Städtebauliche Entwicklungsmaßnahme „Trier Petrisberg“

Energiekonzept
im Auftrag der Stadt Trier

Endbericht

Aldenhoven, den 25. Februar 2002

ENERKO GMBH
GESELLSCHAFT FÜR
ENERGIEWIRTSCHAFT
UND UMWELTTECHNIK
LANDSTRASSE 20
52457 ALDENHOVEN
FON 0 24 64/971 3
FAX 0 24 64/971 555
E-Mail info@enerko.de

Inhalt

1 Einleitung 1-1

2 Ausgangssituation und Rahmendaten 2-1

2.1 Bebauungsentwicklung und Bebauungsstruktur 2-1
2.2 Entwicklung des Energiebedarfs 2-4
2.3 Vorhandene Versorgungsstrukturen 2-7

3 Versorgungsoptionen Wärme 3-1

3.1 Das Angebot konventioneller und regenerativer Energieträger 3-1
3.2 Heizkosten aus Sicht der Endverbraucher – Anlegbare Heizkosten 3-1
3.3 Technische Versorgungsvarianten 3-5
3.3.1 Variante "0": Heizöl-Einzelversorgung aller Gebäude 3-9
3.3.2 Variante 1: Erdgas-Einzelversorgung aller Gebäude 3-9
3.3.3 Variante 2: Erdgas-Einzelversorgung in G1-G6 und Elektro-wärmepumpen in W1-W4 3-10
3.3.4 Variante 3: Fernwärme-Versorgung aus dem Uni-Heizwerk bzw. -Heizkraftwerk 3-11
3.3.5 Variante 4: Nahwärme-Inselnetz für G1/G2 3-12
3.4 Energie- und CO_2-Bilanzen der Varianten 3-14
3.5 Gesamtkostenbetrachtung und Wirtschaftlichkeit aus Betreibersicht 3-18

4 Zusammenfassung und Empfehlungen 4-1

4.1 Bebauungsentwicklung und Wärmebedarfsentwicklung 4-1
4.2 Vorhandene Versorgungsstrukturen 4-1
4.3 Versorgungsoptionen 4-1
4.4 Empfehlung 4-4

Anlagen

1 Einleitung

Die Stadt Trier bearbeitet z.Zt. den Flächennutzungsplan und die Bebauungspläne für den bis 1996 durch die französischen Streitkräfte als Kaserne/Lager genutzten rd. 80 ha umfassenden städtebaulichen Entwicklungsbereich Trier Petrisberg.

Wissenschaftspark 18,5 ha Bruttobaufläche 4 Wohngebiete 400 WE, 17,6 ha Bruttobaufläche

Die Rahmenplanung für das Gebiet sieht neben der Erweiterung der bestehenden Universitätsflächen (Geozentrum und Studentenwohnheim) einen Wissenschaftspark in fünf bis sechs Teilflächen mit 18,5 ha Bruttobaufläche vor sowie vier Wohngebiete mit insgesamt 17,6 ha Bruttobaufläche und rd. 400 Wohneinheiten.

Beginn Haupterschließung 2003 Endausbau bis 2012

Der Beginn der Haupterschließung ist für Anfang 2003 vorgesehen. Die Sanierung vorhandener weiterhin genutzter Gebäude und die Neubebauung wird sich voraussichtlich über rd. 10 Jahre bis Ende 2012 erstrecken. Nach den Angaben im Rahmenplan ist für den Wissenschaftspark eine 2- bis 3-geschossige Bebauung vorgesehen, die Wohngebiete umfassen neben rd. 10 Mehrfamilienhäusern überwiegend freistehende Einfamilienhäuser.

Die bestehenden Gebäude der Universität werden seit Herbst 2001 über eine neu erstellte Fernwärmeanbindung aus dem zentralen Heizwerk der Universität versorgt.

Untersuchung von Varianten zur Wärmeversorgung

Um für die künftige Wärmeversorgung des gesamten Gebietes eine hinsichtlich Umweltfreundlichkeit, Versorgungssicherheit und Preiswürdigkeit optimierte Wärmeversorgung umsetzen zu können, sind verschiedene Optionen zu untersuchen und gegenüberzustellen.

Konventionelle und alternative Energieträger

Unter Einbeziehung bestehender Versorgungsstrukturen sind dabei sowohl Lösungen auf Basis „konventioneller“ als auch alternativer Energieträger zu prüfen und zu bewerten.

2 Ausgangssituation und Rahmendaten

2.1 Bebauungsentwicklung und Bebauungsstruktur

Geschossflächen, Gebäudezahlen und Realisierungszeiträume gem. Rahmenplan Stand 31.08.2001.

Einen Überblick über die gem. Rahmenplan vorgesehene Bebauung gibt die **Abbildung 2-1**, die zeitliche Bebauungsentwicklung ist in **Abbildung 2-2** dargestellt. Alle im weiteren genannten Kennzahlen wie Nettogeschossflächen, Realisierungszeiträume und Gebäudezahlen wurden aus der Rahmenplanung, Stand Sommer 2001, abgeleitet und entsprechen im wesentlichen den in der Projektskizze vom 31.08.2001 und im Zwischenbericht vom 07.11.2001 vorgelegten Daten.

Ausgehend von der vorhandenen Bebauung (Geozentrum, Wohnheime in U1 sowie bereits sanierte Gebäude Nr. 001 und 002 im Bereich der sog. „Krone“ in G1) sollen zunächst in 2002/2003 weitere bestehende Gebäude im Bereich G1 verkauft und saniert werden.

Bebauung G1-G6 in 2003 bis 2007 68 Gebäude Nettogeschossfläche 108.500 m²

Durch sukzessive Sanierung und Zubau soll bis 2007 im Bereich G1 eine Nettogeschossfläche von rd. 66.000 m² realisiert werden. Die bestehenden Gebäude haben i.d.R. vier Geschosse, für den Zubau ist eine 2-3-geschossige Bauweise vorgesehen. Mit den zeitlich versetzt hinzukommenden Bereichen G2 und G3-G6 wird für den „Wissenschaftspark“ im Endausbau eine Nettogeschossfläche 108.500 m² in 68 Gebäuden unterstellt.

Bebauung W1-W4 in 2004 bis 2012 340 Gebäude Nettogeschossfläche 63.870 m²

Für die für Wohnbebauung vorgesehenen Bereiche W1 bis W4 ist eine Bebauung im Zeitraum 2004 bis 2012 vorgesehen. Die Bebauung umfasst hier überwiegend freistehende Einfamilienhäuser, in W1 und W2 auch Reihenhäuser sowie in W1 rd. 10 Mehrfamilienhäuser. Insgesamt wird von 340 Gebäuden und einer Nettogeschossfläche von 63.870 m² ausgegangen.

Zubau U1 und U2 in 2008 bis 2010 Nettogeschossfläche 76.000 m²

Für den Zubau auf den Flächen der Universität U1 und U2 wird die Realisierung in den Jahren 2008 bis 2010 vorausgesetzt. Im Endausbau umfassen diese Bereiche eine Nettogeschossfläche von rd. 76.000 m² in 17 Gebäuden.

Insgesamt ergibt sich hieraus eine zu versorgende Nettogeschossfläche von rd. 250.000 m² in 430 Gebäuden.

Hinsichtlich der Wärmeversorgung der Baubereiche können zunächst drei bis vier zusammengehörige Bereiche unterschieden werden:

- Wissenschaftspark G1 und G2, u.U. zusammen mit Wohngebieten W1 und W2
- Uni-Gebäude U1, U2 und Wissenschaftspark Bereiche G3-G6
- Wohngebiete W3 und W4 mit ausschließlich individueller Einfamilienhausbebauung.

Für die Gebäude in U1 und U2 kann die Wärmeversorgung aus dem universitätseigenen Fernwärmesystem vorausgesetzt werden. Hinsichtlich der neu zu konzipierenden Versorgungsoptionen bleibt dann eine Nettogeschossfläche von rd. 172.000 m² in 410 Gebäuden.

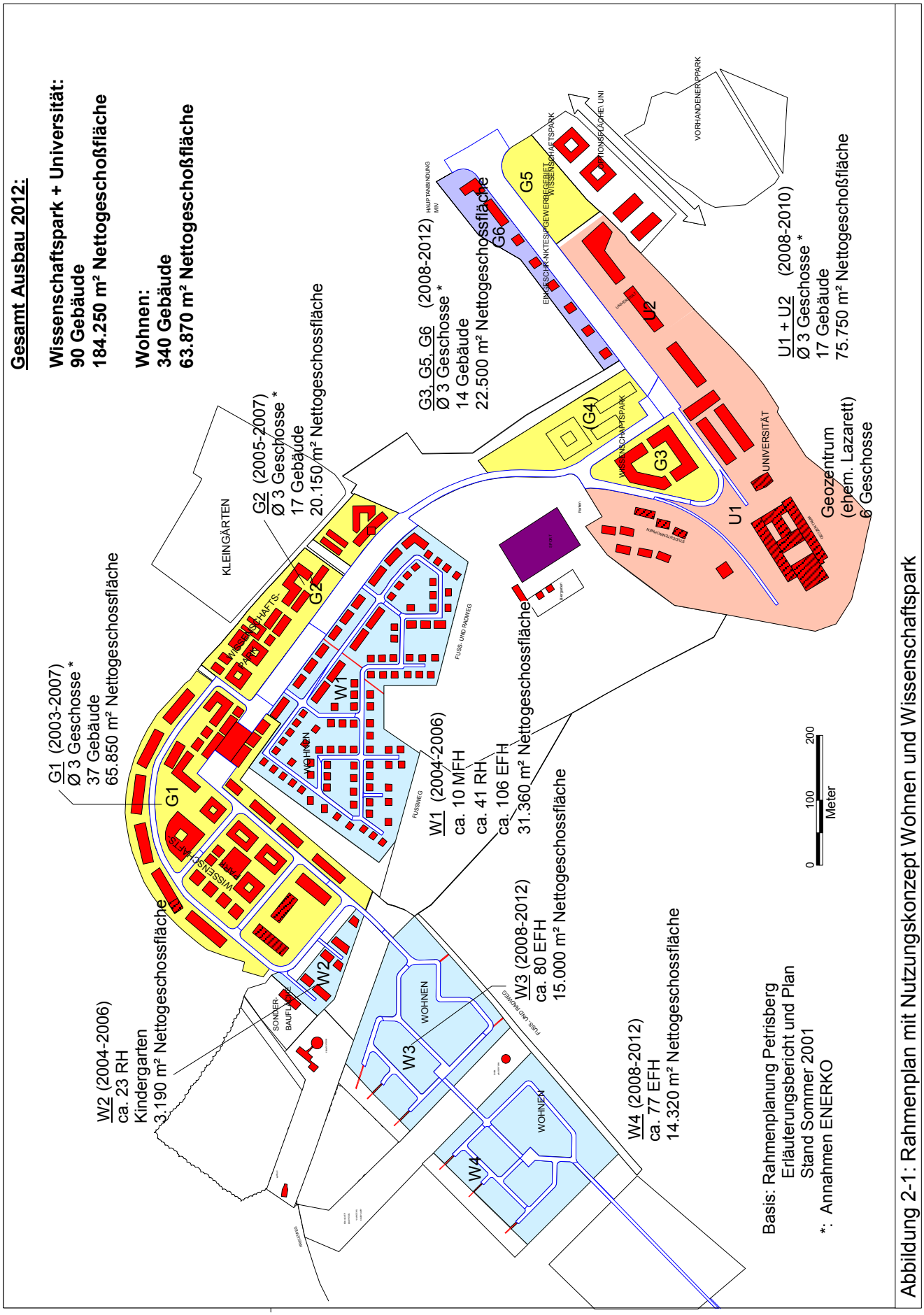


Abbildung 2-1: Rahmenplan mit Nutzungskonzept Wohnen und Wissenschaftspark

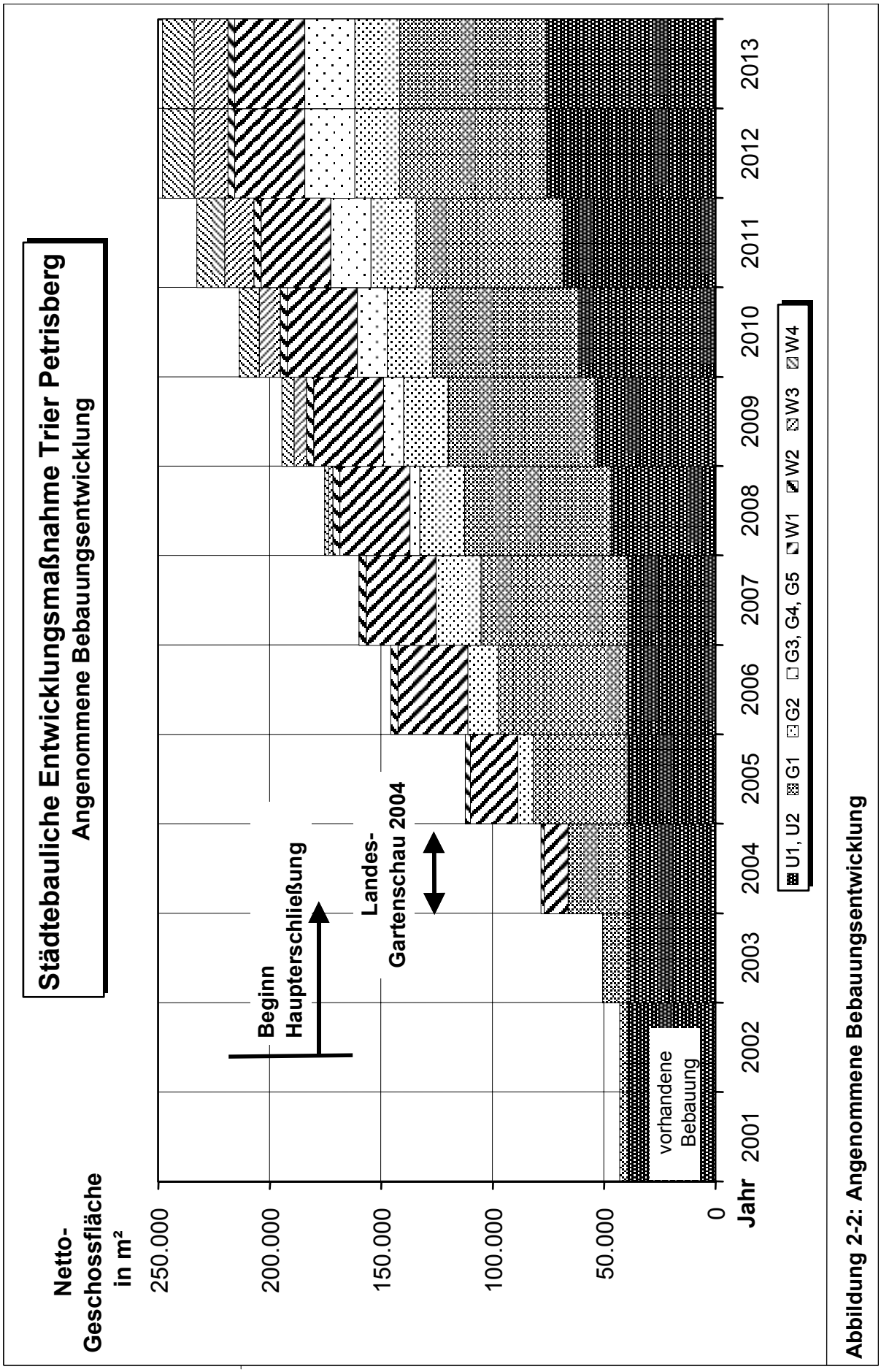


Abbildung 2-2: Angenommene Bebauungsentwicklung

2.2 Entwicklung des Energiebedarfs

Für die Ermittlung der Entwicklung des Wärme-, Kälte- und Strombedarfs werden die folgenden Verbrauchskennwerte, jeweils bezogen auf die Nettogeschossfläche, unterstellt:

1) spez. Wärmeverbrauch (Nutzwärme, jeweils inkl. Warmwasser):

- Freistehende Einfamilienhäuser: 100 kWh/(m²a)
- Reihenhausbebauung: 90 kWh/(m²a)
- Mehrfamilienhäuser: 80 kWh/(m²a)
- Bürogebäude, neu: 65 kWh/(m²a)
- Bürogebäude sanierter Bestand im Ber. „Krone“: 80 kWh/(m²a)
- Ø 1.500 Vollaststunden für alle Gebäude

2) spez. Stromverbrauch (Licht, Kraft):

- Wohngebäude: Ø 25 kWh/(m²a)
- Bürogebäude: Ø 25 kWh/(m²a)
- Ø 1.500 Vollaststunden für alle Gebäude

3) spez. Kälteverbrauch (für Raumluftkühlung):

- Bürogebäude: Ø 10 kWh/(m²a)
- Ø 1.000 Vollaststunden

Die zeitliche Entwicklung des Wärme-, Kälte- und Strombedarfs ist in der **Abbildung 2-3** (Wärme) und in den **Anlagen 2-1** und **2-2** dargestellt (Kälte bzw. Strom).

Die sich in der baulichen Umsetzung und der späteren Gebäudenutzung tatsächlich ergebenden spezifischen Wärmeverbrauchskennwerte hängen vom Dämmstandard der Gebäude und von der Gebäudenutzung ab.

Nach neuer EnEV werden Wärmedämmstandard und Anlagentechnik als Ganzes betrachtet

Die zum 01.01.2002 in Kraft getretene Energieeinsparverordnung (EnEV) definiert als neuen, baugenehmigungsrelevanten Kennwert zur energetischen Einstufung eines Gebäudes den spezifischen Primärenergieverbrauch zur Beheizung und Brauchwarmwasserversorgung. Dieses Vorgehen erfordert, dass Wärmedämmstandard und Anlagentechnik als Ganzes betrachtet werden. Die endgültige Festlegung des Wärmedämmstandards für ein neu zu errichtendes Gebäude wird damit in Zukunft u.U. erst nach Festlegung der Beheizungstechnik erfolgen.

Vorgehen nach EnEV im Rahmen eines Energiekonzeptes für strukturierte Bebauung nicht praktikabel

Für die Entwicklung eines Energiekonzeptes und den Vergleich verschiedener Beheizungssysteme untereinander hinsichtlich Umweltrelevanz und Wirtschaftlichkeit führt die Anwendung der EnEV zu einer unüberschaubaren Vielzahl möglicher Kombinationen aus Bauphysik und Heizungstechnik für die verschiedenen gegebenen Gebäudegrößen und –typen und ist daher u.A. nach nicht praktikabel.

Ermittlung des voraussichtlichen Wärmeverbrauchs auf Basis WSchV'95

Vor diesem Hintergrund wurden zur Ermittlung des Wärmeverbrauchs unabhängig von der Anlagentechnik die o.a., unter Beachtung der Vorgaben der Wärmeschutzverordnung von 1995 und bei heutiger baulicher Ausführung im Mittel erzielten spezifischen Wärmeverbrauchskennwerte angesetzt.

Entwicklung von Anschlusswert bzw. Wärmeverbrauch von IST 2001: 2 MW, 3.100 MWh/a bis 2013 auf: 12,2 MW, 18.700 MWh/a

Unter diesen Voraussetzungen ergibt sich eine Entwicklung des Wärmebedarfs ausgehend von einem Anschlusswert von 2,0 MW und einem jährlichen Wärmeverbrauch von 3.100 MWh/a in 2001 auf einen Endwert von 12,2 MW bzw. 18.700 MWh/a im Jahr 2013. Die genannten Werte sind als Anschlusswerte bzw. Summe der Anschlusswerte und Nutzwärmeverbräuche zu verstehen. Hinzu kommen für die verschiedenen Versorgungsvarianten die Umwandlungs- und ggfs. Verteilverluste. Bei der Berechnung von Höchstlasten in Verteilnetzen muss ggfs. die Gleichzeitigkeit berücksichtigt werden.

Für den Strombedarf ist eine analoge Entwicklung auf einen Anschlusswert von knapp 1,5 MW bei jährlich 6.000 MWh zu erwarten.

Der tatsächliche Kältebedarf wird davon abhängen, inwieweit die Bürogebäude mit Anlagen zur Raumluftklimatisierung ausgestattet werden. Bei vollständiger Klimatisierung wäre ein Anschlusswert von 1,5 MW bei jährlich 1.400 MWh/a möglich.

Deckung des Kältebedarfs für Klimatisierung aus dezentralen Kleinanlagen

Kältekonzepte nicht Untersuchungsgegenstand

Bei tatsächlich bestehendem Klimatisierungsbedarf ist davon auszugehen, dass dieser durch dezentrale elektrisch betriebene Kältemaschinen gedeckt werden wird. Die Entwicklung eines Gesamtkonzeptes mit zentraler Kälteerzeugung oder die Kälteerzeugung über Absorptions- oder Adsorptionskälteanlagen mit Wärme aus einem Nahwärmesystem ist hinsichtlich möglicher Energieeinsparungen und der Preiswürdigkeit vor dem Hintergrund der geringen Anschlusswerte der einzelnen Gebäude und der geringen Auslastung der Systeme nicht erfolgversprechend und wird daher nicht weiter verfolgt.

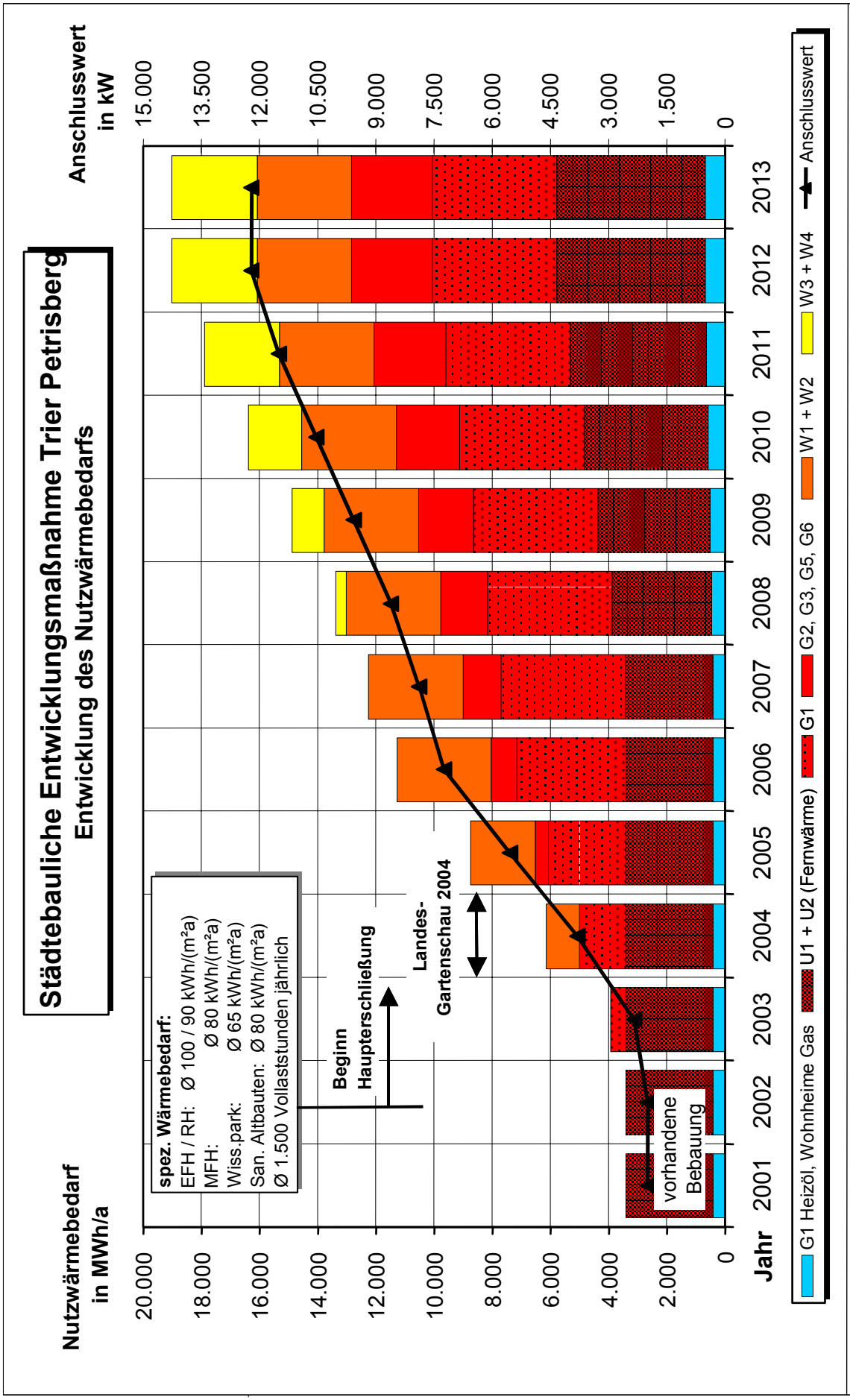


Abbildung 2-3: Entwicklung des Nutzwärmebedarfs für Heizung und Brauchwarmwasser

2.3 Vorhandene Versorgungsstrukturen

Die für die künftige Wärmeversorgung u.U. relevanten vorhandenen Versorgungsstrukturen umfassen (vgl. Darstellung in **Abbildung 2-4**):

- Erdgasversorgungsleitungen im gesamten Gebiet
- die alte Öl-Heizzentrale im Bereich „Krone“ sowie die Versorgung zweier bereits sanierter Gebäude im Bereich „Krone“
- das Fernwärmesystem der Universität mit der erfolgten Neuanbindung des Bereiches U1/U2

1) Erdgasversorgung:

Vorhandene ND-Gasleitungen 50 Jahre alt Kapazität nicht ausreichend

- Die vorhandene Niederdruckanbindung ist vermascht über die Pluwiger Straße, Aveler Tal und Sickingenstraße.
- Im Bereich Krone/Belvedere sind die Leitungen entlang der Hauptachsen der Kaserne verlegt, d.h. außerhalb der vorgesehenen neuen Erschliessungsachsen
- Die vorhandenen Leitungen sind gem. Aussage der Stadtwerke Trier GmbH (SW Trier) älter als 50 Jahre, die Kapazität der Niederdruckleitungen trotz Vermaschung zudem nicht ausreichend für eine flächendeckende Erschließung.

Bei Erdgasversorgung mitteldruckseitige Neuerschließung über Pluwiger Straße

Bei Erdgasversorgung ist damit eine Neuerschließung unumgänglich. Diese sollte gem. Konzept der SW Trier über eine neue Mitteldruckleitung von der Kohlenstraße über die Pluwiger Straße erfolgen. Die Vermaschung mit der vorhandenen ND-Leitung Sickingenstraße ist möglich. Evtl. ist die Stillegung der ebenfalls 50 Jahre alten ND-Leitung ins Aveler Tal zu erwägen.

Studentenwohnheime am Geozentrum aus bestehendem ND-System versorgt

Die bereits erdgasversorgten Studentenwohnheime im Gebiet U1 wurden von der Pluwiger Straße her über die vorhandenen Niederdruckleitungen angebunden. Sie werden daher bei den weiteren Berechnungen nicht mitbetrachtet.

2) Alte Öl-Heizzentrale Krone, sanierte Gebäude

- Die alte Heizzentrale im Tiefgeschoss Geb. Nr. „7“ umfasst 3 Niederdruck-Dampfkessel Bj. 1972-1975 sowie drei Heizöltanks mit je 100.000 ltr. Fassungsvermögen.
- Das Verteilnetz ist kanalverlegt und älter als 50 Jahre.

Alte Öl-Heizzentrale "Krone" in Geb. 07 nicht nutzbar. Raumnutzung Tiefgeschoss für neue Heizzentrale möglich

Die Nutzung der vorhandenen Kessel und Leitungen für ein neues zentrales Wärmeversorgungssystem scheidet aufgrund der Technik und des Alters aus. Die Nutzung des Tiefgeschosses Geb. 7 sowie der vorh. Öltanks für eine neue Heizzentrale ist hingegen denkbar. Das LBB hat vor ca. 5 Jahren für die französischen Streitkräfte eine Neuplanung für die Fernwärmeversorgung erstellt. Diese ist sicher in Teilen nutzbar bei Errichtung einer neuen Heizzentrale.

Versorgung der sanierten Geb. 001 und 002 mittels neuer Ölheizungen

Die beiden Gebäude Nr. 001 und 002 wurden bereits im Laufe des Jahres 2001 saniert und haben jeweils eine moderne Ölheizung erhalten. Sie werden daher bei den weiteren Berechnungen nicht mitbetrachtet.

3) Fernwärme-System der Universität

Installierte Leistung Uni-Heizwerk:
15,6 MW
Höchstlast inkl. Geozentrum vorauss.
8 MW

weiterer Fernwärme-Ausbau U1/U2 ist vorgesehen

- Die Fernwärme-Versorgung der Universität erfolgt über ein Heißwasser-System aus dem Heizwerk am südwestlichen Rand des Universitätsgeländes.
- Die installierte Kesselleistung beträgt 2 x 6,3 MW + 3 MW, insgesamt 15,6 MW.
- Die Höchstlast liegt bisher bei 6 MW, nach der im Herbst 2001 erfolgten Anbindung des Geozentrums an das System wird die Höchstlast auf rd. 8 MW steigen. Die Erzeugungsanlagen bieten vor diesem Hintergrund genügend Kapazität für einen weiteren Ausbau der Fernwärme.
- Die neu erstellte Anbindung des Geozentrums an das Uni-System ist in Kunststoff-Mantelrohr ausgeführt; Dimensionierung bis zum ehemaligen Fahrschulgelände DN 200, von dort bis zum Geozentrum DN 125.
- Wird eine Spreizung zwischen Vor- und Rücklauftemperatur von 40 K und ein max. spezifischer Druckverlust in der Heißwasserleitung von 1,5 mbar je m Rohrlänge unterstellt, so beträgt die Transportkapazität der DN 200-Leitung max. rd. 12 MW. Zur Zeit ist diese Kapazität mit max. 2-2,5 MW bei weitem nicht ausgelastet. Die seitens des LBB angedachte Fernwärmeversorgung der geplanten Uni-Neubauten im Bereich U1/U2 aus dieser Leitung ist also sicher möglich.

Schaffung eines Fernwärme-Verbundes Uni ⇔ Petrisberg über die neue Anbindung U1/U2 bei zusätzl. Spitzenheizwerk "Krone" denkbar

Bei Fortführung des Fernwärmesystems bis zur „Krone“ (G1) und Zubau eines Reserve- bzw. Spitzenheizwerkes in diesem Bereich ist darüber hinaus auch die Bildung eines Wärmeverbundes zwischen Uni-Gelände und Wissenschaftspark denkbar. Dieser Wärmeverbund würde eine vernünftige Auslastung der durch BHKW-Zubau zum Heizkraftwerk erweiterten Erzeugungsanlagen der Universität garantieren.

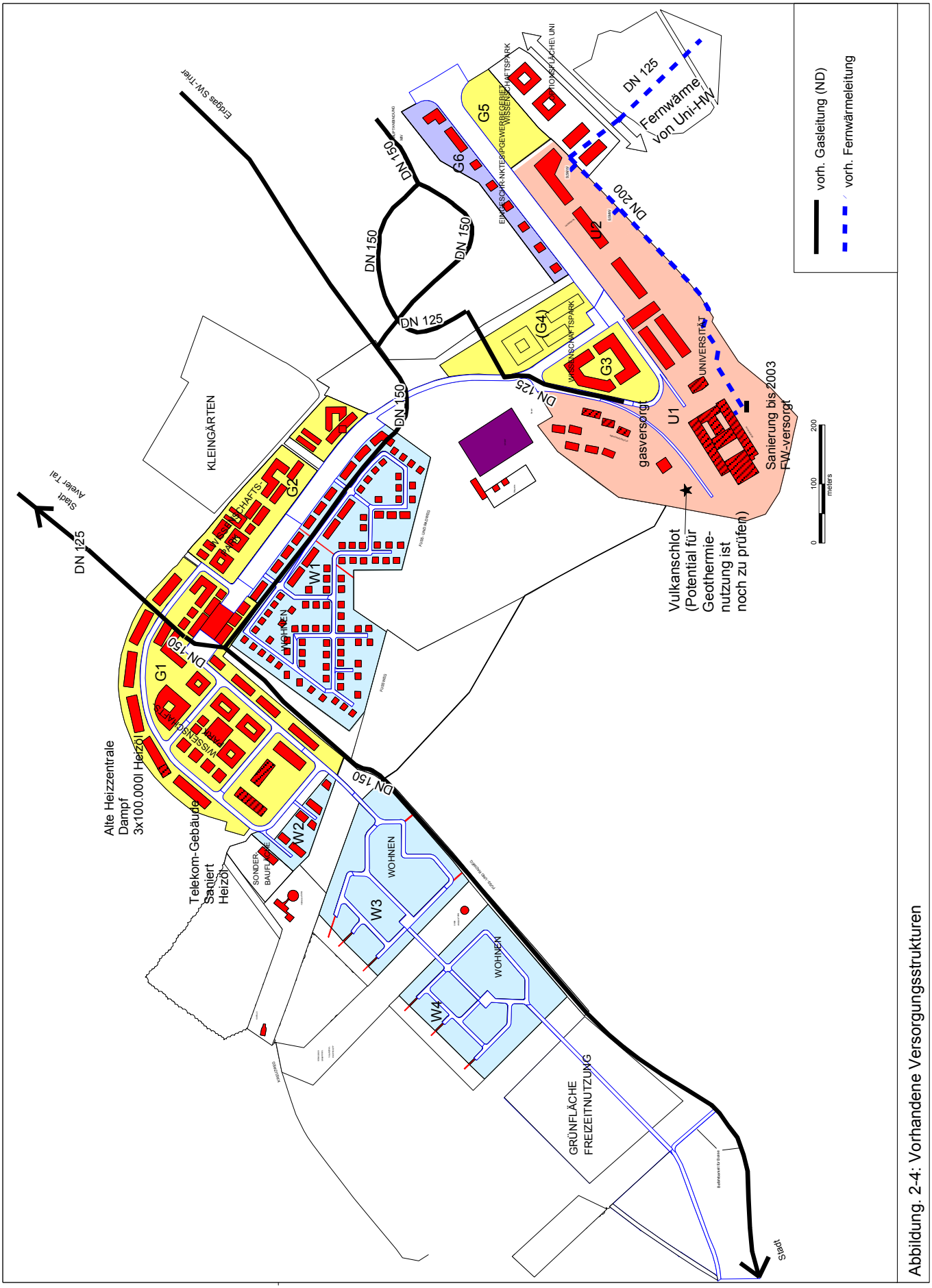


Abbildung. 2-4: Vorhandene Versorgungsstrukturen

3 Versorgungsoptionen Wärme

3.1 Das Angebot konventioneller und regenerativer Energieträger

Konventionelle Energieträger Heizöl, Erdgas

Als „konventionelle“ Energieträger stehen für die dezentrale Beheizung zunächst Heizöl, Erdgas und Strom zur Verfügung. Als Versorger für Gas und Strom fungieren die Stadtwerke Trier GmbH.

Einsatz von Strom nur in Verbindung mit Wärmepumpentechnik

Für die direkte Beheizung scheidet die Edelenergie Strom aufgrund des hohen Primärenergieeinsatzes aus. In Verbindung mit der Wärmepumpentechnik, bei der der Stromeinsatz nur ca. ein Drittel des Heizenergieeinsatzes ausmacht und zwei Drittel durch Nutzung der Umweltwärme eingebracht werden, ist Strom jedoch auch unter dem Gesichtspunkt des sparsamen Primärenergieeinsatzes eine durchaus denkbare Alternative.

Fernwärme-Verbund mit der Universität oder Nahwärme-Insel-Lösung mit BHKW

Bei Anbindung an das Uni-System ist über die o.g. dezentralen Systeme hinaus ein Fernwärme-Verbund machbar. Eine weitere Option bildet die Nahwärme-Versorgung als „Insel-Lösung“ mit einer zentralen Erzeugung im Bereich „Krone“ G1. Die Fern- bzw. Nahwärme-Lösungen sind jedoch durch die zusätzlichen Wärmeverluste der Verteilleitungen hinsichtlich des erforderlichen Primärenergieeinsatzes vorbelastet. Sie können daher nur in Verbindung mit Primärenergie- und CO_2-sparender Wärmeerzeugung in Kraft-Wärme-Kopplung oder mittels Holzhackschnitzeln als regenerative Energiequelle als energiesparende Alternative angesehen werden.

Dezentrale Kessel mit Brennstoff Holz-Pellets

Als dezentrale Erzeugungsoption mit regenerativem Energieträger etablieren sich in jüngster Zeit Kessel mit Holz-Pellet-Befeuerung. Diese finden vor allem Einsatz im Einfamilienhaus-Bereich. In Trier sind Holz-Pellets auf Basis von Säge- und Hobelspänen von Holz aus den Forsten des Umlandes erhältlich (d.h. ohne lange Transportwege).

Im folgenden werden zunächst die Heizkosten verschiedener Versorgungslösungen aus der Sicht der Endverbraucher gegenübergestellt und im Anschluss die technischen, umweltrelevanten und wirtschaftlichen Eckpunkte der einzelnen Versorgungsoptionen dargestellt.

3.2 Heizkosten aus Sicht der Endverbraucher – Anlegbare Heizkosten

Anlegbare Heizkosten für Heizöl-Kessel als Vergleichsmaßstab aus Kundensicht

Unter „anlegbaren“ Heizkosten ist zunächst die Summe der aus Endverbrauchersicht anfallenden jährlichen Kosten für die Wärmeversorgung einer Wohnung bzw. eines Haus zu verstehen, die sich bei „üblicher“ Beheizung ergeben. Als Vergleichsmaßstab wird i.d.R. die Beheizung mittels Pumpenwarmwasserheizung mit Heizöl-Niedertemperaturkessel herangezogen.

Als Kosten für die Wärmeversorgung fallen an:

- Die kapitalgebundenen Kosten aufgrund der Investitionen für die Versorgungsanlagen
- Die verbrauchsgebundenen Kosten (Energiebezug Heizöl, Gas, Strom etc.)
- Die betriebsgebundenen Kosten für Wartung, Reparaturen, Schornsteinfegergebühren, Versicherungen etc.

An den resultierenden anlegbaren Heizkosten müssen sich alle anderen Versorgungsvarianten messen lassen, um aus Endkundensicht gleiche Akzeptanz unter Kostengesichtspunkten zu erzielen bzw. die tatsächliche Akzeptanz und Umsetzbarkeit einer angedachten Versorgungslösung einstufen zu können.

Heizkostenvergleich für:
- **Einfamilienhaus**
- **Mehrfamilienhaus**
- **Bürogebäude**

In den **Abbildungen 3-1** bis **3-3** sind für die Gebäudetypen „Einfamilienhaus“, „Mehrfamilienhaus“ und „Bürogebäude“ die Ergebnisse des Heizkostenvergleichs für die Wärmeversorgung auf Basis Heizöl, Erdgas, Fernwärme und Wärmepumpen bzw. Holz-Pellets (Letztere nur für das Einfamilienhaus), grafisch gegenübergestellt. Die ausführlichen Rechengänge sind in den **Anlagen 3-1** bis **3-3** dargestellt.

Die Preis- und Investitionsansätze entsprechen dem Preisstand (brutto) zu Beginn des Jahres 2002. Die Baukostenzuschüsse und Hausanschlusskosten für die Erdgasversorgung wurden entsprechend dem Preisblatt der SW Trier ermittelt, für die Fernwärme wurde die Umlage von 70% der ermittelten Investitionen für die Wärmeverteilnetze auf die Endkunden unterstellt und die Hausanschlusskosten auf Basis von Erfahrungswerten angesetzt (Ermittlung der Gesamtinvestitionen in Abschnitt 3.3).

Die Investitionsansätze für die Anlagen entsprechen i.d.R. unverhandelten Richt- bzw. Katalogpreisen.

Jahresheizkosten Erdgas vergleichbar Heizöl

Es zeigt sich, dass die Heizkosten bei Beheizung mit Erdgas für alle drei Gebäudetypen in der gleichen Größenordnung liegen wie die anlegbaren Kosten bei Heizöl.

Holzpellet-Heizung aufgrund teurer Anlagentechnik 20-30% teurer als Heizöl/Gas

Die Beheizung mit einer Holzpellet-Heizung (nur EFH) ist rd. 20-30% teurer als bei den konventionellen Energieträgern Heizöl bzw. Gas. Dies ist in erster Linie zurückzuführen auf die um 25-40% höheren Investitionen für die Holzheizung und die daraus resultierenden höheren kapitalgebundenen Kosten. Die verbrauchsgebundenen Brennstoff- und Stromkosten sind nur unwesentlich höher als bei Heizöl oder Gas.

Elektro-Wärmepumpe aufgrund teurer Anlagentechnik rd. 10% teurer als Heizöl/Gas

Die Beheizung mittels Elektro-Wärmepumpe ist um rd. 10% teurer als mit Erdgas-Kesseln. Auch hier ist die Ursache in der höheren Investition zu suchen. Die verbrauchsgebundenen Kosten sind aufgrund des geringen Endenergieeinsatzes und des günstigen Heizstromtarifes deutlich geringer als bei Gas oder Heizöl.

Weder für die Beheizung mit Holz-Pellets noch für die Wärmepumpen wurden im Rahmen des Heizkostenvergleichs Fördermittel berücksichtigt. Das Land Rheinland-Pfalz gewährt z.Zt. aus dem Förderprogramm „Erneuerbare Energien“ für Wärmepumpenanlagen bis zu einer Leistung von 12 kW einen Investitionszuschuss von 1.000 € und für Holzfeuerungsanlagen bis zu 20 kW einen Zuschuss von 1.500 € je Anlage. Für Holzfeuerungsanlagen, die in Kombination mit solarthermischen Anlagen errichtet werden, beträgt der Zuschuss 2.750 €.

Fördermittel vom Land können die Heizkosten für Holzpellets und Wärmepumpen senken, jedoch nicht bis auf Niveau von Öl/Gas.

Wärmekosten Bei Berücksichtigung dieser Förderbeträge reduzieren sich die Jahreskosten um rd. 150 €/a für Holz-Pellet-Heizung bzw. 100 €/a für die Wärmepumpenheizung (vgl. **Abbildung 3-1**). Die künftige Entwicklung möglicher Fördermittel bis zum Beginn der Bebauung in den Einfamilienhausbereichen W1 bis W4 im Jahr 2004 ist jedoch aus heutiger Sicht völlig offen.

Dezentrale Lösungen auch über Modell Vollwärmeservice denkbar

Für die Umsetzung der Varianten Erdgas-Einzelversorgung, Versorgung aus Wärmepumpen und Holz-Pellets ist sowohl das klassische Modell – Investor bzw. Endkunde finanziert und betriebt die Heizungsanlage selbst – als auch der Vollwärmeservice – Finanzierung und Betrieb der Anlagen durch die Stadtwerke Trier GmbH – denkbar. SW Trier haben ihre grundsätzliche Bereitschaft zu solchen Dienstleistungen in der Besprechung vom 07.11.2001 erklärt.

Um ein Fernwärmeversorgungssystem wirtschaftlich betreiben zu könne, ist ein möglichst hoher Anschlussgrad anzustreben. Die Bereitschaft der Endkunden zur Nutzung des Fernwärme-Angebotes ist nicht durch einen Anschluss- und Benutzungszwang erreichbar (da rechtlich nicht haltbar), sondern muss über attraktive preisliche Angebote erzielt werden.

Heizkosten Fernwärme müssen vergleichbar Öl/Gas sein, um hohen Anschlussgrad erzielen zu können.

Die Jahresheizkosten der Fernwärmeversorgung müssen sich daher an den anlegbaren Heizkosten orientieren. Die Abgeltung des Bezugs von Wärme aus einem Fernwärmesystem erfolgt üblicherweise über einen jährlichen Grundpreis und einen Arbeitspreis. In Anlehnung an das Gaspreissystem der SW Trier wurde daher ein Grundpreis in €/(kW x a) und ein Arbeitspreis in €/MWh Wärme unterstellt, der zu vergleichbaren Jahresheizkosten wie bei Heizöl bzw. Erdgas führt.

Grundpreis 20 €/(kW x a) Arbeitspreis 45 €/MWh als erste Orientierung

Der resultierende Grundpreis liegt bei 20 €/(kW x a) und bei 45 €/MWh Wärme. Diese Preise können nur eine erste Orientierung bieten. U.a. ist zu prüfen, ob die aus dem Betrieb der Erzeugungs- und Verteilanlagen resultierenden Aufwendungen des Versorgers aus den zu erwartenden Erlösen gedeckt werden können.

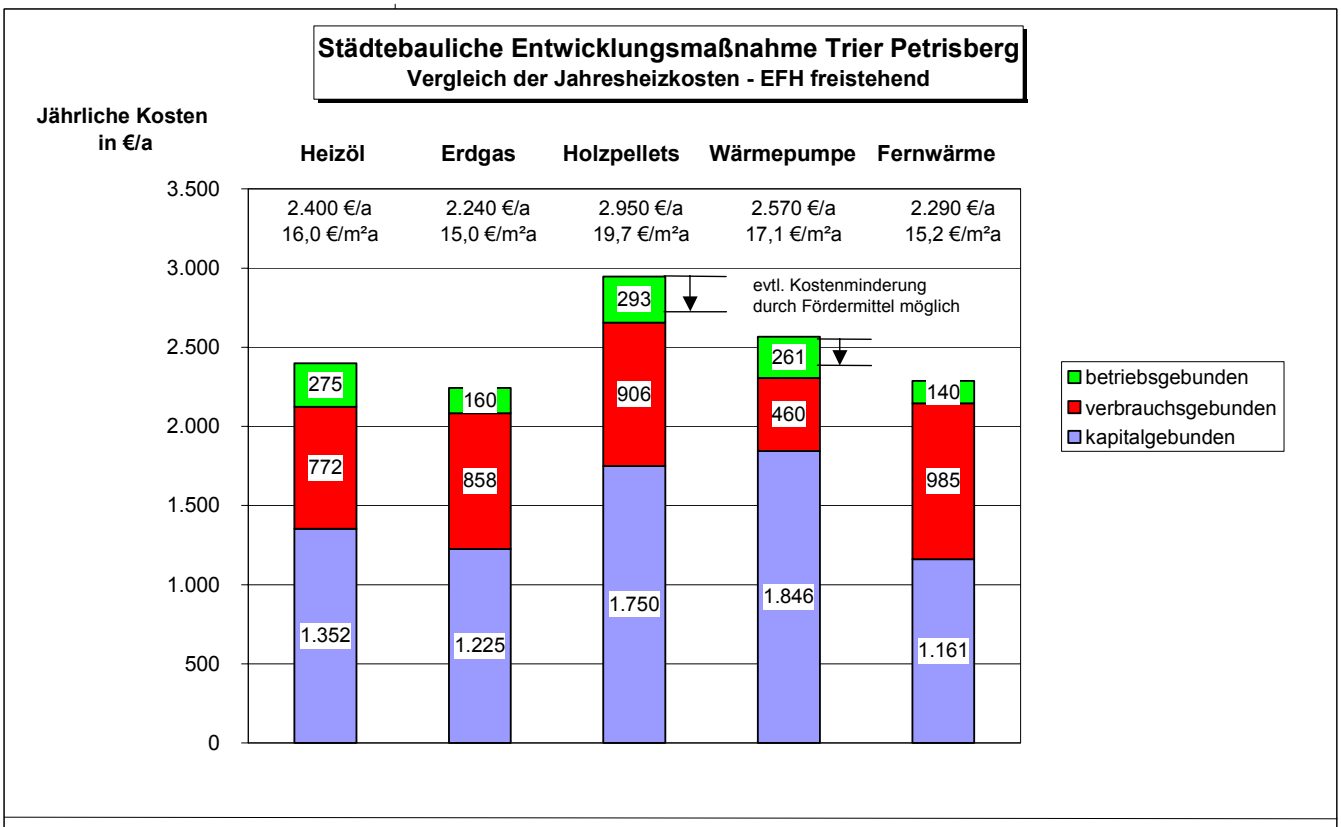


Abbildung 3-1: Vergleich der Jahresheizkosten - freistehendes Einfamilienhaus (11 kW, 150 m²)

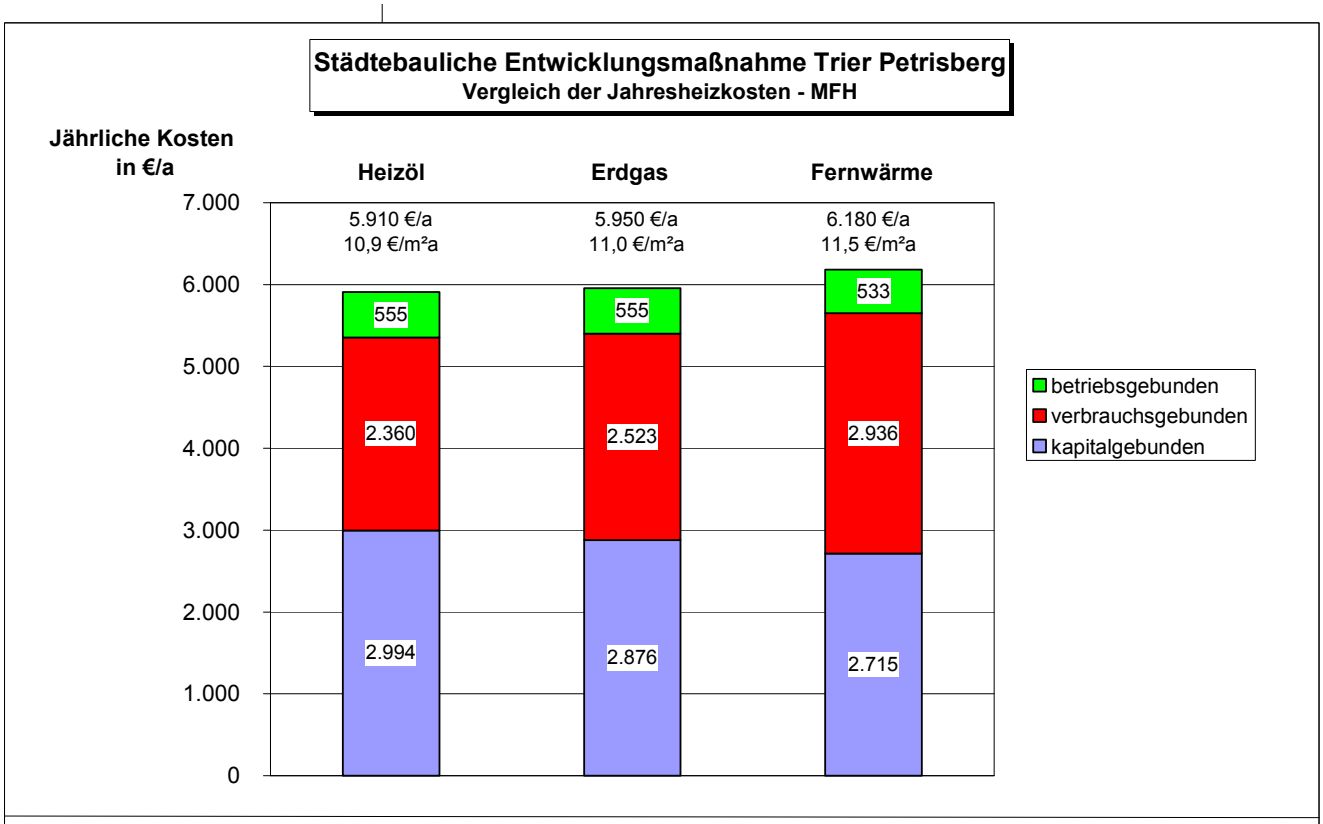


Abbildung 3-2: Vergleich der Jahresheizkosten - Mehrfamilienhaus (30 kW, 540 m²)

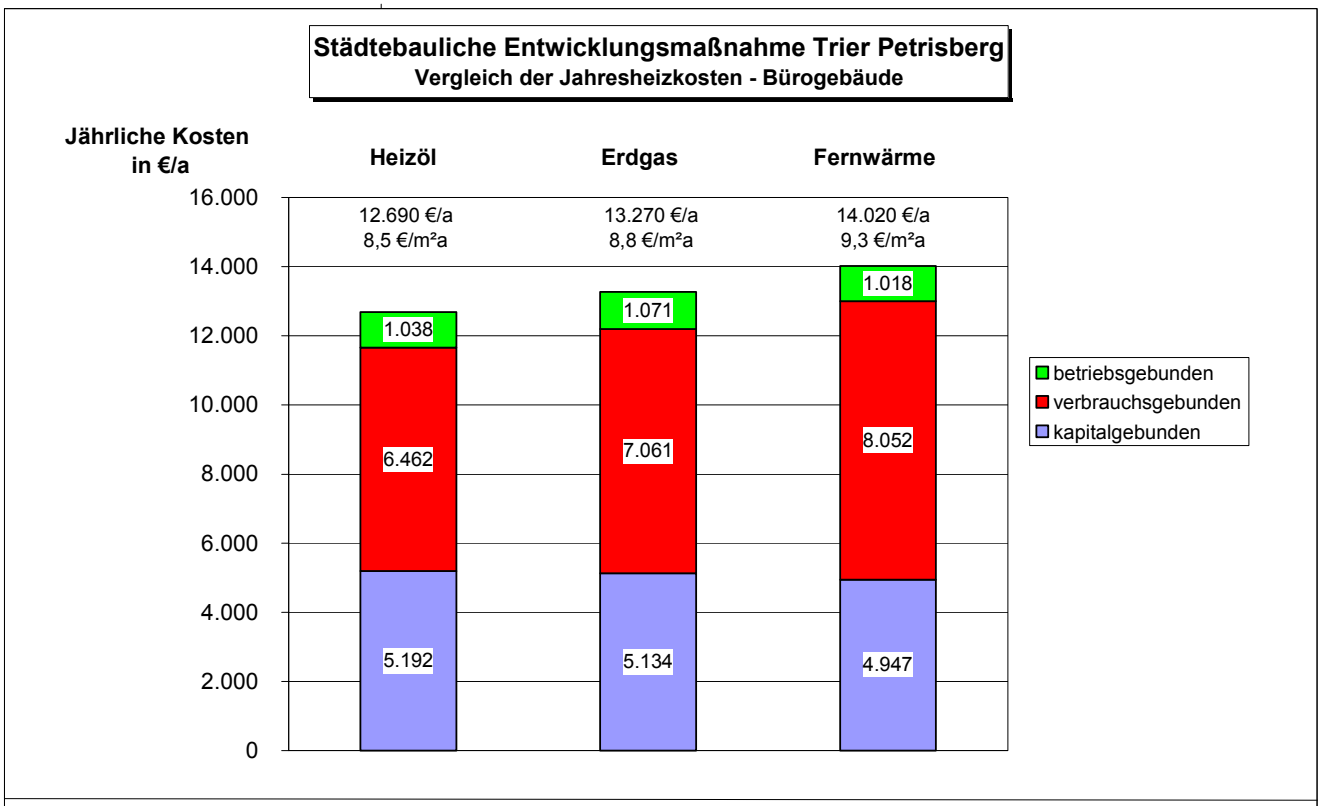


Abbildung 3-3: Vergleich der Jahresheizkosten - Bürogebäude (80 kW, 1.500 m²)

3.3 Technische Versorgungsvarianten

Ausgehend von den zur Verfügung stehenden Energieträgern werden im Rahmen des Konzeptes folgende vier Hauptvarianten untersucht:

Variante "0": Heizöl-Einzelversorgung aller Gebäude

Variante 1: Erdgas-Einzelversorgung aller Gebäude

Variante 2: Erdgas-Einzelversorgung im Wissenschaftspark
Elektrowärmepumpen in den Wohngebieten W1-W4

Variante 3: Zentrale Fernwärme aus der Universität mit BHKW

Variante 4: Dezentrale Nahwärme mit BHKW

Neben diesen Hauptvarianten ist durch Kombination verschiedener Versorgungssysteme für die Gebiete G1/G2, G3-G5 und W1-W4 eine Vielzahl weiterer Varianten definierbar.

So wäre z.B. unter Var. 2 grundsätzlich auch die Kombination der Erdgasversorgung im Wissenschaftspark mit der Versorgung durch Heizöl- oder Holz-Pellet-Anlagen (im Extremfall flächendeckend) in den Wohngebieten W1-W4 denkbar. In der Realisierung wird aber vor allem im Bereich der Wohnbebauung die Umsetzung der einzelnen Versorgungstechniken auch durch subjektive Entscheidungen der Bauherren beeinflusst, so dass an dieser Stelle zunächst grundsätzliche Varianten vorgestellt werden sollen.

Neben den hier genannten Energieträger sind auch individuelle Beiträge zum Einsatz regenerativer Energie zu erwarten wie die solarthermische Brauchwarmwasserbereitung und die Photovoltaik. Da diese Techniken z.Zt. im Vergleich zu den konventionellen Systemen sehr teuer sind und ein Einsatz in großem Rahmen nicht zu erwarten ist, wird die flächendeckende Nutzung nicht untersucht.

Aussagen über mögliche Geothermienutzung im Bereich des erloschenen Vulkanschlotes und den erforderlichen Investitionsaufwand erfordern langfristige Prüfung.

Im Rahmen der Konzeptarbeiten wurden auch Gespräche mit der Universität geführt über die evtl. Nutzung von Erdwärme (Geothermie) über den im Bereich des Geozentrums befindlichen erloschenen Vulkanschlot. Über den für die Wirtschaftlichkeit der Geothermie entscheidenden, zu erwartenden Temperaturgradienten (Temperaturanstieg je m Bohrtiefe) liegen jedoch keine Erkenntnisse vor und waren in der zur Verfügung stehenden Zeit auch nicht zu beschaffen.

Fundierte Kenntnisse über geologischen Aufbau und Temperaturgradienten sind jedoch Voraussetzung für die Beurteilung des möglichen Nutzungspotentials und des Investitionsaufwandes. Die erschließung geothermischer Quellen ist aufgrund der erforderlichen Voruntersuchungen zeitaufwändig und zudem je nach Bohrtiefe sehr kostenintensiv (bis mehrere Mio.€). Für die vergleichsweise kurzfristig umzusetzende Wärmeversorgung des Wissenschaftsparks wurde die Geothermienutzung daher nicht weiter untersucht. wurde. Langfristig, insbesondere bei Verknappung und Verteuerung fossiler Energieträger, wird jedoch eine Kosten-Nutzen-Analyse zur Nutzung der Geothermie für diesen Standort u.U. sinnvoll sein. Hierbei sind dann mögl. Fördermittel des Bundes, des Landes oder weiterer Institutionen (z.B: Deutsche Bundesstiftung Umwelt) auszuschöpfen.

Eine Übersicht über die untersuchten Varianten zeigt **Abbildung 3-4**. Der technische und investive Aufwand für die Umsetzung der Versorgungsvarianten ist sehr unterschiedlich. Die Tabellen in **Abbildung 3-5** bzw. **3-6** geben einen Überblick über die technischen Eckdaten und die erforderlichen Investitionen.

In den folgenden Abschnitten werden die Eckdaten und Investitionsansätze kurz erläutert.

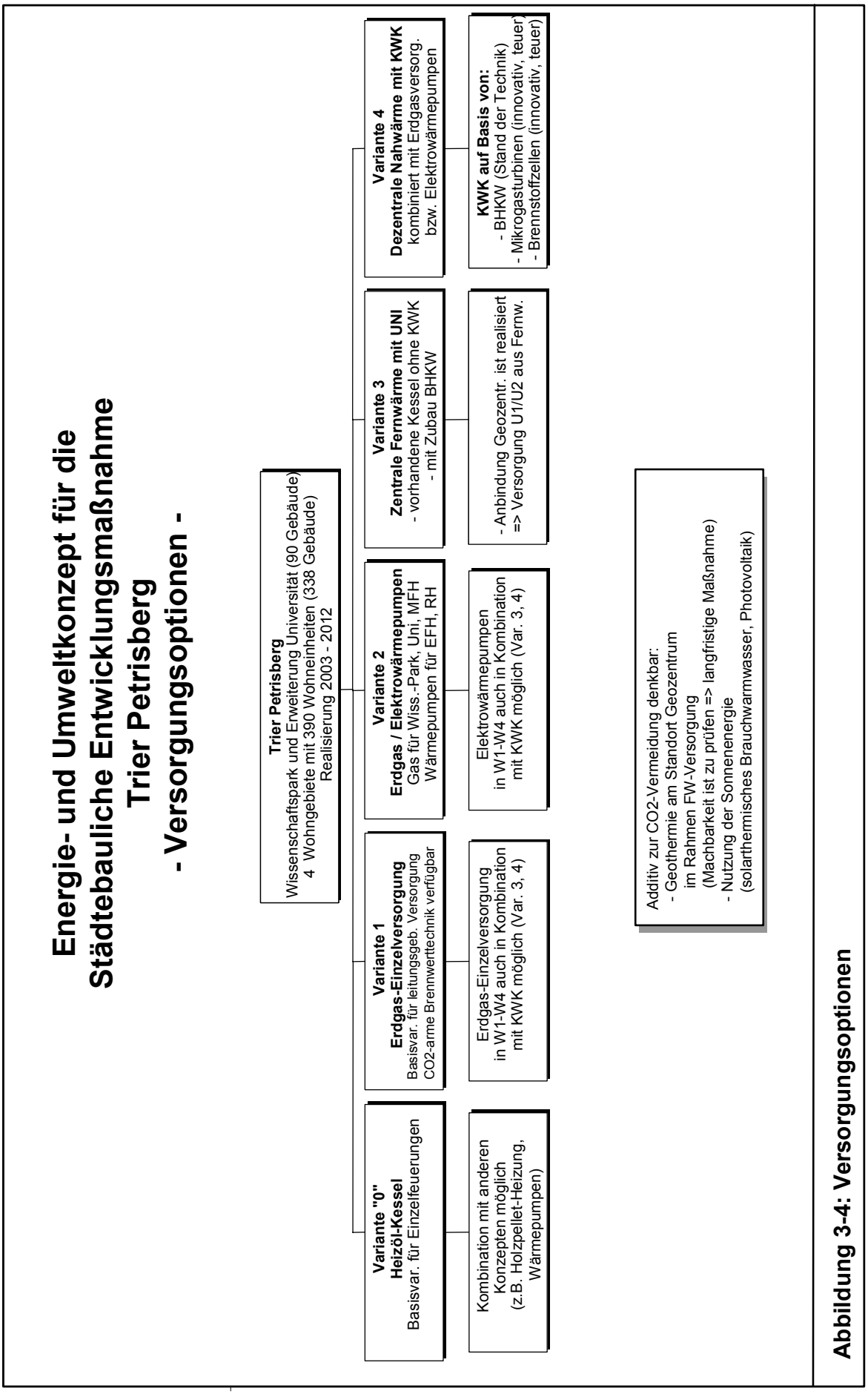


Abbildung 3-4: Versorgungsoptionen

Technische Eckdaten der Versorgungsalternativen für das Baugebiet Trier Petrisberg

Technische Eckdaten (ohne Fernwärme Uni U1/U2)				Var 0 Heizöl-Kessel	Var 1 Erdgas-Einzel-versorgung	Var 2 Erdgas / + Elektro-Wärmep. in W1-W4	Var 3 Fernwärme-Verbund mit Uni (BHKW)	Var 4a Nahwärme mit BHKW + Erdgas in W1-W4	Var 4b Nahwärme mit BHKW + Elektro-WP in W1-W4
1.	**Bedarfswerte Petrisberg**								
1.1	Summe Anschlusswerte		kW	8.820	8.820	8.820	8.820	8.820	8.820
1.2	Wärmeverbrauch		MWh/a	13.230	13.230	13.230	13.230	13.230	13.230
2.	**Bedarfsdeckung**								
2.1	Heizöl	Jahresverbrauch	MWhHu/a	15.660	-	-	-	-	-
2.2	Erdgas, dezentral	Höchstlast	kWHu	-	7.700	4.420	-	3.590	-
		Jahresverbrauch	MWhHo/a	-	14.100	7.750	-	6.900	-
2.3	Fernwärme-	Höchstlast	kW	-	-	-	8.540	970	970
	aus Uni	jährl. Einspeisung	MWh/a	-	-	-	17.840	1.780	1.780
2.4	Nahwärme-	Höchstlast	kW	-	-	-	-	3.870	3.870
	insel	jährl. Einspeisung	MWh/a	-	-	-	-	7.430	7.430
2.5	Wärmepumpen	Höchstlast Strom	kW	-	-	970	-	-	970
		Jahresverbrauch	MWh/a	-	-	1.860	-	-	1.860
3.	**Dezentrale Erzeugungsanlagen (Inst. Leistung)**								
3.1	Heizkessel Öl/Gas		kW	8.820	8.820	5.060	-	5.060	5.060
3.2	Wärmepumpen		kW	-	-	3.760	-	-	3.760
3.3	Wärmeübergabestationen		kW	-	-	-	8.820	3.760	-
4.	**Zentrale Erzeugungsanlagen**								
4.1	Kessel	Inst. Leistung	kW	-	-	-	4.000	4.000	4.000
	Standort G1	Wärmeerzeugung	MWh/a	-	-	-	800	3.230	3.230
		Brennstoffeinsatz	MWhHu/a	-	-	-	940	3.670	3.670
4.2	Kessel Uni	Inst. Leistung	kW	-	-	-	15.600	-	-
	(anteilig für	Wärmeerzeugung	MWh/a	-	-	-		-	-
	Petrisberg)	Brennstoffeinsatz	MWhHu/a	-	-	-		-	-
4.3	BHKW-Module	Vollaststunden	h/a	-	-	-	5.500	14.410	14.410
	Standort G1 bzw.	Elektr. Leistung	kW	-	-	-	1 x 2.000	1 x 800	1 x 800
	Uni-Heizwerk	Stromerz., netto	MWh/a	-	-	-	11.000	3.360	3.360
		davon anteilig Petrisberg	MWh/a	-	-	-	5.600	3.360	3.360
		Wärmeleistung	kW	-	-	-	1 x 2.500	1 x 1.000	1 x 1.000
		Wärmeerzeugung	MWh/a	-	-	-	13.750	4.200	4.200
		davon anteilig Petrisberg	MWh/a	-	-	-	7.000	4.200	4.200
		Brennstoffeinsatz	MWhHu/a	-	-	-	28.950	8.840	8.840
		davon anteilig Petrisberg					14.740	8.840	8.840

Abbildung 3-5: Technische Eckdaten der Varianten für die Wärmeversorgung des Baugebietes Trier Petrisberg

Investitionen für die Wärmeversorgung des Baugebietes Trier Petrisberg

lfd. Nr.	Investitionen in T€	Var 0 Heizöl-Kessel	Var 1 Erdgas-Einzel-versorgung	Var 2 Erdgas / + Elektro-Wärmep. in W1-W4	Var 3 Fernwärme-Verbund mit Uni (BHKW)	Var 4a Nahwärme mit BHKW + Erdgas in W1-W4	Var 4b Nahwärme mit BHKW + Elektro-WP in W1-W4
1	**Gesamt:**						
1.1	Gasnetz/Erschließung	-	520	330	-	570	170
1.2	Nahwärmenetz (innere Erschließung)	-	-	-	1.030	500	500
1.3	Hausanschlüsse Gas/Nahwärme	-	900	230	930	920	250
1.4	Heizungsanlagen Gas/Heizöl/Holz	5.560	3.310	1.270	-	2.040	-
1.5	Hausübergabestationen für Nahwärme	-	-	-	2.360	750	750
1.6	Elektrowärmepumpen	-	-	4.420	-	-	4.420
1.7	BHKW inkl. Kessel (0,8 MWel) bzw. BHKW-Zubau Uni-Heizwerk (anteilig)	-	-	-	1.130	1.100	1.100
1.8	Anbindung Uni (äußere Erschließung)	-	-	-	230	-	-
	Summe Gesamt:	**5.560**	**4.730**	**6.250**	**5.680**	**5.880**	**7.190**
2	**Kunden:**						
2.1	Hausanschlüsse Gas/Nahwärme	-	900	230	930	920	250
2.2	Wärmeerzeuger (Heizöl-/Gasheizung, Übergabestation, Wärmepumpen)	5.560	3.310	5.690	2.360	2.790	5.170
2.3	BKZ Gas (70% des Netzes)	-	360	230	-	400	-
2.4	BKZ Fernwärme (70% des Netzes)	-	-	-	720	350	350
	Summe Kunden	**5.560**	**4.570**	**6.150**	**4.010**	**4.460**	**5.770**
3	**Versorger:**						
3.1	Gasnetz (30 %)	-	160	100	-	170	170
3.2	Nahwärmenetz (30%)	-	-	-	310	150	150
3.3	BHKW und Kessel	-	-	-	1.130	1.100	1.100
3.4	Anbindung Uni	-	-	-	230	-	-
	Summe Versorger:	**0**	**160**	**100**	**1.670**	**1.420**	**1.420**

Abbildung 3-6: Investitionen für die Wärmeversorgung des Baugebietes Trier Petrisberg

3.3.1 Variante "0": Heizöl-Einzelversorgung aller Gebäude

Primärenergieeinsatz inkl. U1/U2
22.580 MWh/a
CO_2-Ausstoß
5.610 t/a

Die Versorgung mit Heizöl-Einzelversorgung erfordert die Installation der Kesselanlagen (Niedertemperaturkessel), Abgaskamine und Heizöltanks in den Gebäuden. Die im Endausbau installierte Leistung in den insgesamt rd. 420 Gebäuden beträgt rd. 9.600 kW, der jährliche Heizöleinsatz 15.700 MWh/a (Hu) bzw. 1,57 Mio. ltr. Hinzu kommt der Energieeinsatz für die Fernwärmeversorgung im Bereich U1/2 in Höhe von 6.880 MWh/a (Hu). Der durch die Wärmeversorgung verursachte CO_2-Ausstoß beträgt 4.230 t/a ohne bzw. 5.610 t/a zusammen mit den Uni-Bereichen U1/U2.

Gesamtinvestition
5,56 Mio.€

Die Gesamtinvestition summiert sich auf 5,56 Mio.€. Diese sind vollständig von den Bauherren/Eigentümern aufzubringen.

3.3.2 Variante 1: Erdgas-Einzelversorgung aller Gebäude

Die Versorgung mit Erdgas-Einzelversorgung erfordert die Installation der Kesselanlagen (Brennwerttechnik) und Abgaskamine in den Gebäuden sowie die Erschließung des Gesamtgebietes (vgl. Abschnitt 2.3). Einen Überblick über die Gaserschließung des Gebietes und die technischen Eckdaten gibt **Anlage 3-4**, die zeitliche Entwicklung des Anschlusswertes und des Wärmebedarfs ist in **Anlage 3-5** dargestellt.

Primärenergieeinsatz inkl. U1/U2
20.980 MWh/a
CO_2-Ausstoß
4.200 t/a

Die im Endausbau installierte Leistung in den insgesamt rd. 420 Gebäuden beträgt rd. 8.800 kW, der jährliche Erdgaseinsatz 14.100 MWh/a (Hu) zzgl. 6.880 MWh/a für die Fernwärmeversorgung U1/U2. Der durch die Wärmeversorgung verursachte CO_2-Ausstoß beträgt 2.820 t/a ohne bzw. 4.200 t/a zusammen mit den Uni-Bereichen U1/U2.

Gesamtinvestition
4,73 Mio.€

Die Gesamtinvestition summiert sich auf 4,73 Mio.€. Davon sind 4,57 Mio.€ langfristig durch die Bauherren/Eigentümern für die Heizungsanlagen, Hausanschlüsse und Baukostenzuschüsse aufzubringen und 0,16 Mio.€ durch die Stadtwerke Trier. In der Erschließungsphase müssen die Stadtwerke jedoch für die kompletten Erschließungskosten von 0,52 Mio.€ in Vorleistung gehen.

3.3.3 Variante 2: Erdgas-Einzelversorgung in G1-G6 und Elektrowärmepumpen in W1-W4

Bei Beschränkung der Erdgas-Einzelversorgung auf die verdichtete Bebauung in den Bereichen des Wissenschaftsparks reduziert sich die Investition für die Gaserschließung von 0,52 Mio.€ auf 0,33 Mio.€. In den Gebäuden der Bereiche G1-G6 sind Kesselanlagen und Abgaskamine zu installieren.

Für die Einfamilienhausbebauung in den Bereichen W1-W4 wurde hier zunächst die flächendeckende Installation von Elektrowärmepumpen unterstellt. Einen Überblick über die verschieden beheizten Bereiche des Gebietes und die technischen Eckdaten gibt **Anlage 3-6**, die zeitliche Entwicklung des Anschlusswertes und des Wärmebedarfs ist in **Anlage 3-7** dargestellt.

Alternativ könnten in den Einfamilienhausbereichen auch Heizölkessel oder Kessel mit Holz-Pellet-Feuerung zum Einsatz kommen.

Primärenergieeinsatz inkl. U1/U2
19.940 MWh/a
CO_2-Ausstoß
3.990 t/a

Die im Endausbau installierte Leistung in den insgesamt rd. 83 erdgasbeheizten Gebäuden beträgt rd. 5.100 kW, der jährliche Erdgaseinsatz 7.750 MWh/a (Hu). Die in W1-W4 zu installierende Wärmepumpenleistung beträgt 3.800 kW, der jährliche Stromeinsatz beläuft sich auf 1.860 MWh/a, der Primaärenergieeinsatz auf 5.310 MWh/a. Hinzu kommt wiederum der Energieeinsatz für die Fernwärmeversorgung im Bereich U1/2 in Höhe von 6.880 MWh/a (Hu).

Der durch die Wärmeversorgung verursachte CO_2-Ausstoß beträgt 2.610 t/a ohne bzw. 3.990 t/a zusammen mit den Uni-Bereichen U1/U2.

Unterstellt man in den Bereichen W1-W4 statt der Wärmepumpen flächendeckend Heizölkessel, erhöht sich der CO_2-Ausstoß auf 3.440 t/a ohne bzw. 4.820 t/a zusammen mit den Uni-Bereichen U1/U2.

Gesamtinvestition bei Wärmepumpen in W1-W4 6,25 Mio.€ bei Heizölkesseln in W1-W4 5,45 Mio.€

Die Gesamtinvestition summiert sich bei Wärmepumpen in W1-W4 auf 6,25 Mio.€. Davon sind 6,15 Mio.€ langfristig durch die Bauherren/Eigentümern für die Heizungsanlagen, Hausanschlüsse und Baukostenzuschüsse aufzubringen und 0,10 Mio.€ durch die Stadtwerke Trier. In der Erschließungsphase müssen die Stadtwerke jedoch für die Gaserschließungskosten von 0,33 Mio.€ in Vorleistung gehen.

Auf die Gasheizungsanlagen in G1-G6 entfallen 1,5 Mio.€, (zzgl. BKZ Gaserschließung 0,23 Mio.€), auf die Wärmepumpenanlagen 4,42 Mio.€.

Für die Installation von Heizölkesselanlagen in W1-W4 wären 3,62 Mio.€ zu veranschlagen.

3.3.4 Variante 3: Fernwärme-Versorgung aus dem Uni-Heizwerk bzw. -Heizkraftwerk

Fernwärme-Verbund Universität ⇔ Petrisberg

In Variante 3 wird die vollständige Erschließung aller Gebiete mit Fernwärme sowie die Anbindung an das Fernwärme-System der Universität vom Geozentrum entlang der Hauptachse im Bereich G1/G2 untersucht.

Die Versorgung mit Fernwärme erfordert flächendeckend Hausanschlüsse und Wärmeübergabestationen. Einen Überblick über die Erschließung des Gebietes und die technischen Eckdaten gibt **Anlage 3-8**, die zeitliche Entwicklung des Anschlusswertes und des Wärmebedarfs ist in **Anlage 3-9** dargestellt.

Spitzen- und Reserveheizwerk 4 MW im Bereich G1

Da die Transportkapazität der Fernwärmeleitung zwischen Uni-Hauptgelände und Erweiterung Geozentrum begrenzt ist, ist es erforderlich, im Bereich G1 ein Spitzen- und Reserveheizwerk mit ca. 4 MW Kesselleistung zu errichten. Hierfür bieten sich die Räume im Tiefgeschoss Gebäude 7 an (vgl. Abschnitt 2.3). In dieser Heizzentrale kann zur Vermeidung zusätzlicher Kosten für eine Gasleitung als Brennstoff Heizöl EL eingesetzt werden.

Zubau BHKW 2 MWel im Heizwerk der Universität

Unter dem Aspekt der rationellen Energieverwendung und CO_2-Minimierung macht eine Fernwärmeverbundlösung nur Sinn, wenn ein großer Anteil der Heizwärme in Kraft-Wärme-Kopplung erzeugt wird. Der Standort Uni-Heizwerk bietet aufgrund der ausreichenden Platzverhältnisse, der Netzstruktur und der Lastverhältnisse ideale Voraussetzungen für den Zubau eines erdgasbetriebenen BHKW mit einer elektrischen Leistung von rd. 2 MW. Diese elektrische Leistung ergibt sich auch vor dem Hintergrund der wirtschaftlichen Optimierung des Betriebs durch Nutzung steuerlicher Vorteile (Stromsteuer) und der KWK-Förderung im Rahmen des KWK-Gesetzes. Die Wärmeleistung des BHKW beträgt rd. 2,2 MWth.

BHKW-Betrieb in Grundlast über jährlich 5.500 h

In **Anlage 3-10** sind die geordneten Jahresdauerlinien des Wärmebedarfs der einzelnen Netzteile (Uni Ist 2001, Uni mit Geozentrum und Wärmeverbund Uni ⇔ Petrisberg) und die Wärmeerzeugung aus der BHKW-Anlage dargestellt. Der heutige Wärmeabsatz im Fernwärme-System der Uni von 6 MW und 11.000 MWh/a wird durch den Zuwachs Geozentrum/Uni-Erweiterung und den Verbund Petrisberg bis zum vorgesehenen Endausbau auf 18 MW Höchstlast und 35.000 MWh/a Wärmeeinspeisung verdreifachen. Die BHKW-Anlage kann rd. 5.500 h jährlich in Grundlast betrieben werden.

Primärenergieeinsatz inkl. U1/U2
14.520 MWh/a
CO_2-Ausstoß
2.460 t/a

Die im Endausbau installierte Leistung in den insgesamt rd. 420 Gebäuden in G1-G6 und W1-W4 beträgt rd. 8.800 kW, der jährliche Fernwärmeabsatz 13.200 MWh/a. Der durch die Wärmeversorgung verursachte CO_2-Ausstoß beträgt 1.830 t/a ohne bzw. 2.460 t/a zusammen mit den Uni-Bereichen U1/U2. Dabei sind die CO_2-Gutschriften, die sich aus der Verdrängung von Kondensationsstrom der öffentl. Stromversorgung durch den in Kraft-Wärme-Kopplung erzeugten Strom ergeben, anteilig auf den Wärmeabsatz im Untersuchungsgebiet Petrisberg umgerechnet.

Gesamtinvestition
5,68 Mio.€

Die Gesamtinvestition inkl. dem Aufwand für das Spitzenheizwerk und den BHKW-Zubau summiert sich auf 5,68 Mio.€. Davon sind 4,0 Mio.€ langfristig durch die Bauherren/Eigentümern für die Übergabestationen, die Hausanschlüsse und Baukostenzuschüsse aufzubringen und 1,68 Mio.€ durch den Betreiber (z.B. Stadtwerke Trier). In der Erschließungsphase muss der Betreiber für die kompletten Erschließungskosten und die Investition für die Erzeugungsanlagen, in Summe rd. 2,39 Mio.€, in Vorleistung gehen.

Ergänzend ist in **Anlage 3-11** die geordnete Jahresdauerlinie und die Auslastung des BHKW dargestellt, die sich ergibt, wenn der Fernwärmeverbund nur den Wissenschaftspark mit einbezieht, die Einfamilienhausbereiche W1-W4 jedoch aus dezentralen Anlagen (Wärmepumpen, Heizöl oder Holz) versorgt werden. Für die Auslastung des BHKW sind weiterhin rd. 5.000 Vollaststunden zu erwarten. Der Fernwärmeabsatz geht auf insgesamt 26.500 MWh/a zurück.

Die Investitionen für die Fernwärme-Erschließung reduzieren sich durch den Verzicht auf W1-W4 um 0,57 Mio.€ auf 0,69 Mio.€.

3.3.5 Variante 4: Nahwärme-Inselnetz für G1/G2

Nahwärme-Insel G1/G2 mit BHKW

Statt der Fernwärme-Verbund-Lösung der Variante 3 wird in Variante 4 eine Insellösung für den Wissenschaftspark G1/G2 untersucht. Für die Einfamilienhausbereiche W1-W4 kommen dezentrale Erdgaskessel, Heizölkessel, Wärmepumpen oder Holzkessel in Frage. Unterstellt wird hier zunächst die Versorgung über Wärmepumpen. Für die Bereiche G3-G6 wurde die Anbindung na das Fernwärme-System der Uni vorausgesetzt.

Neue Erdgasanbindung für BHKW über Pluwiger Straße erforderlich

Der Betrieb des Inselnetzes G1/G2 erfordert die Errichtung eines BHKW mit Spitzen- und Reservekesseln. Auch hier bietet sich die Nutzung des Tiefgeschosses in Geb. 7 an. Für den Erdgasbetrieb der Anlagen muss wie bei der dezentralen Erdgasversorgung eine mitteldruckseitige Erdgasanbindung von der Kohlenstraße her erfolgen. Heizöl kann in den Kesseln als Reservebrennstoff eingesetzt werden.

Die Versorgung mit Nahwärme erfordert im Bereich G1/G2 Hausanschlüsse und Wärmeübergabestationen. Einen Überblick über die Erschließung des Gebietes und die technischen Eckdaten gibt **Anlage 3-12**, die zeitliche Entwicklung des Anschlusswertes und des Wärmebedarfs ist in **Anlage 3-13** dargestellt.

BHKW 0,8 MWel Betrieb in Grundlast über 4.200 h/a

Die Auslastung einer BHKW-Anlage mit einer elektrischen Leistung von 0,8 MW ist anhand der geordneten Jahresdauerlinie in **Anlage 3-14** dargestellt. Bei einer Wärmehöchstlast von rd. 4 MW und einer jährlichen Wärmeeinspeisung von 7.430 MWh/a kann die BHKW-Anlage über rd. 4.200 Vollaststunden betrieben werden.

Primärenergieeinsatz inkl. U1/U2 17.000 MWh/a
CO_2-Ausstoß 3.200 t/a

Die im Endausbau mittels Nahwärme versorgten 83 Gebäuden weisen einen Anschlusswert von 6.100 KW auf. Hinzu kommen die dezentral versorgten Einfamilienhausgebiete W1-W4 und der Bereich G3-G6. Der insgesamt durch die Wärmeversorgung verursachte CO_2-Ausstoß beträgt 1.830 t/a ohne bzw. 3.200 t/a zusammen mit den Uni-Bereichen U1/U2. Dabei wurden die CO_2-Gutschriften, die sich aus der Verdrängung von Kondensationsstrom der öffentl. Stromversorgung durch den in Kraft-Wärme-Kopplung erzeugten Strom des BHKW ergeben, berücksichtigt.

Gesamtinvestition bei Wärmepumpen in W1-W4: 7,19 Mio.€
bei Erdgasanlagen in W1-W4: 5,88 Mio.€

Die Gesamtinvestition inkl. dem Aufwand für die BHKW-Anlage mit Spitzenheizwerk summiert sich auf 7,19 Mio.€. Davon sind 5,77 Mio.€ langfristig durch die Bauherren/Eigentümern für die Übergabestationen, die Hausanschlüsse und Baukostenzuschüsse sowie die dezentralen Wärmepumpenanlagen aufzubringen und 1,42 Mio.€ durch den Betreiber des Nahwärme-Systems (z.B. Stadtwerke Trier). Für den Bau der zentralen Erzeugungsanlagen wurde ein Investitionsbedarf von 1,1 Mio.€ veranschlagt. In der Erschließungsphase muss der Betreiber für die kompletten Erschließungskosten und die Investition für die Erzeugungsanlagen, in Summe rd. 1,60 Mio.€, in Vorleistung gehen.

Wird in den Bereichen W1-W4 statt Wärmepumpenanlagen dezentrale Erdgasversorgung unterstellt, so reduziert sich der Investitionsbedarf auf 5,88 Mio.€.

3.4 Energie- und CO_2-Bilanzen der Varianten

Wärmeverbrauch Endausbau 18.700 MWh/a

Die Energienachfrage wird im Endausbauzustand bei 18.700 MWh/a Wärme zur Raumheizung und Warmwasserbereitung inkl. der Uni-Erweiterungsbereiche U1/U2 liegen. Diese Energienachfrage wird gemäß den beschriebenen Versorgungsalternativen aus verschiedenen Energiequellen bzw. Energieträgern gedeckt:

Var. 0: dezentraler Heizöleinsatz in Niedertemperaturkesseln

Var. 1: dezentraler Erdgaseinsatz in Brennwertkesseln

Var. 2: dezentraler Erdgaseinsatz in Brennwertkesseln
Stromeinsatz in Wärmepumpen, verbunden mit Primärenergieeinsatz in Kraftwerken der öffentl. Versorgung

Var. 3: Erdgaseinsatz in BHKW/Kesseln, zusätzlich Heizöl in Spitzen-/Reservekesseln
Stromüberschuss aus dem BHKW-Betrieb => Primärenergie- und CO_2-Gutschrift aus der Verdrängung von Kondensationsstrom aus den Kraftwerken der öffentlichen Versorgung

Var. 4: Erdgaseinsatz in BHKW/Kesseln, zusätzlich Heizöl in zu Spitzenlastzeiten
Stromüberschuss aus dem BHKW-Betrieb => Primärenergie- und CO_2-Gutschrift aus der Verdrängung von Kondensationsstrom aus den Kraftwerken der öffentlichen Versorgung
Zusätzlich ggfs. dezentraler Erdgaseinsatz in Kesseln bzw. Stromeinsatz in Wärmepumpen

Holz-Pellets annähernd Primärenergie- und CO_2-neutral

Der dezentrale Einsatz von Holz-Pellets kommt aufgrund des nachwachsenden Energieträgers Holz zunächst ohne Einsatz fossiler Primärenergieträger aus und ist CO_2-neutral. Lediglich der gegenüber Heizöl- bzw. Erdgaskesseln erhöhte Hilfsenergie-Bedarf (Strom) der Kesselanlage ist durch Stromeinsatz aus Kondensationskraftwerken zu decken, was einen geringen Primärenergieeinsatz und CO_2-Emissionen verursacht.

In den **Abbildungen 3-7** und **3-8** sind zunächst für eine isolierte Betrachtung der Gebiete mit reiner Wohnbebauung W1-W4 der Primärenergieeinsatz bzw. die CO_2-Emissionen gegenübergestellt, die sich bei ausschließlichem Einsatz der einzelnen Versorgungssysteme ergeben würden.

Aus beiden Abbildungen ist ersichtlich, dass der Einsatz von Holzpellets hinsichtlich Primärenergieeinsatz und CO2-Ausstoß die günstigste Bilanz aufweist, gefolgt von der Fernwärme-Versorgung mit Kraft-Wärme-Kopplung (BHKW).

Am ungünstigsten schneidet hinsichtlich des Primärenergieeinsatzes die Fernwärmeversorgung aus einem reinen Heizwerk (Erdgas) ohne Kraft-Wärme-Kopplung ab, da zusätzlich zum Heizwärmebedarf der Gebäude die Wärmeverluste des Verteilnetzes (rd. 10% der Wärmeeinspeisung) zu decken sind. Hinsichtlich des CO_2-Ausstoßes ist die Versorgung aus dem Heizwerk gleichwertig mit dezentralem Heizöl-Einsatz.

Fernwärme-Verbund Uni ⇔ Petrisberg mit BHKW-Zubau weist günstigste Primärenergie- und CO_2-Bilanz auf

In den **Abbildungen 3-9** und **3-10** sind die Primärenergie- und CO_2-Bilanzen für die untersuchten Varianten 0 bis 4 gegenübergestellt. Für den Fernwärme-Verbund Variante 3 wurde zusätzlich zur BHKW-Lösung (hier Var. 3b) die Versorgung aus einem reinen Heizwerk bilanziert (Var. 3a). Diese zeigt erwartungsgemäß wie in den Bilanzen für die Versorgung W1-W4 in **Abb. 3-7** und **3-8** die ungünstigsten Ergebnisse bzgl. des Primärenergieeinsatzes und mit der Heizöl-Variante vergleichbare Ergebnisse hinsichtlich der CO_2-Emissionen.

Die günstigsten Primärenergie- und CO_2-Bilanzen weisen die BHKW-Varianten 3a und 4 mit bzw. ohne Fernwärme-Verbund auf.

Die Bilanzen der Heizöl-Variante können durch Einsatz von Holz-Pellet-Heizungen und Wärmepumpen im Einfamilienhausbereich verbessert werden. Vor dem Hintergrund der mit diesen Lösungen verbundenen großen Investitionssummen und hohen Jahresheizkosten ist jedoch nicht mit einem großen Anteil am Gesamt-Wärmemarkt zu rechnen.

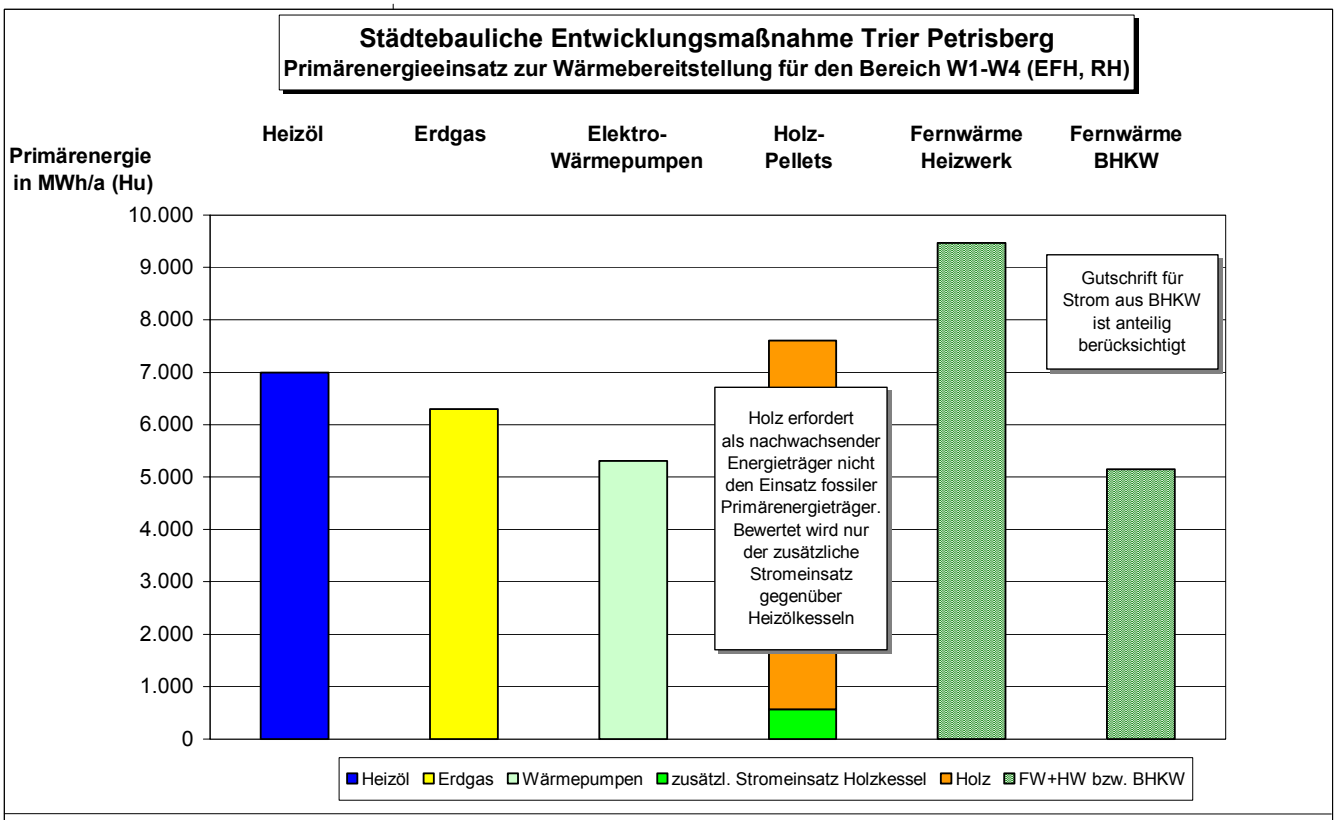


Abbildung 3-7: Vergleich - Primärenergieeinsatz zur Wärmebereitstellung Bereich W1-W4 (EFH, RH, Endausbau 2012)

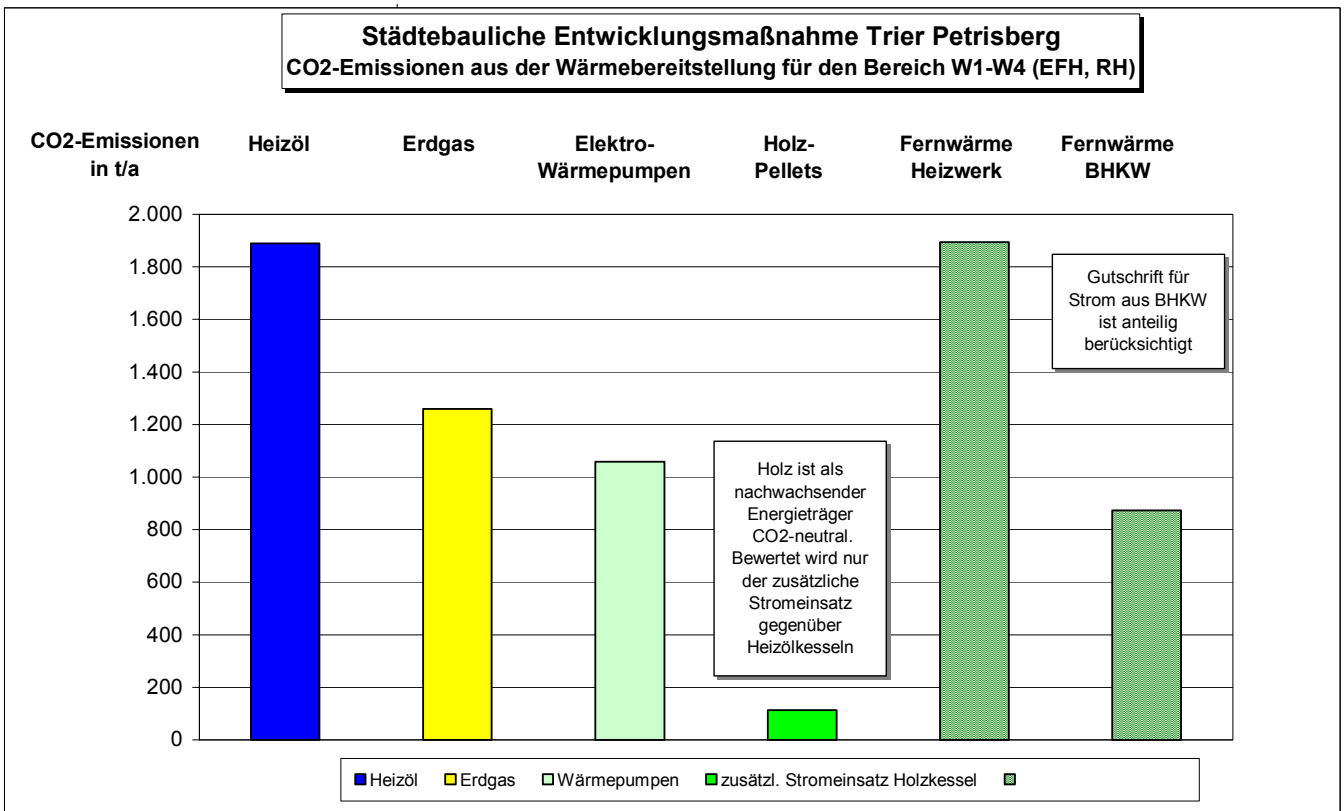


Abbildung 3-8: Vergleich - CO2-Emissionen aus der Wärmebereitstellung Bereich W1-W4 (EFH, RH, Endausbau 2012)

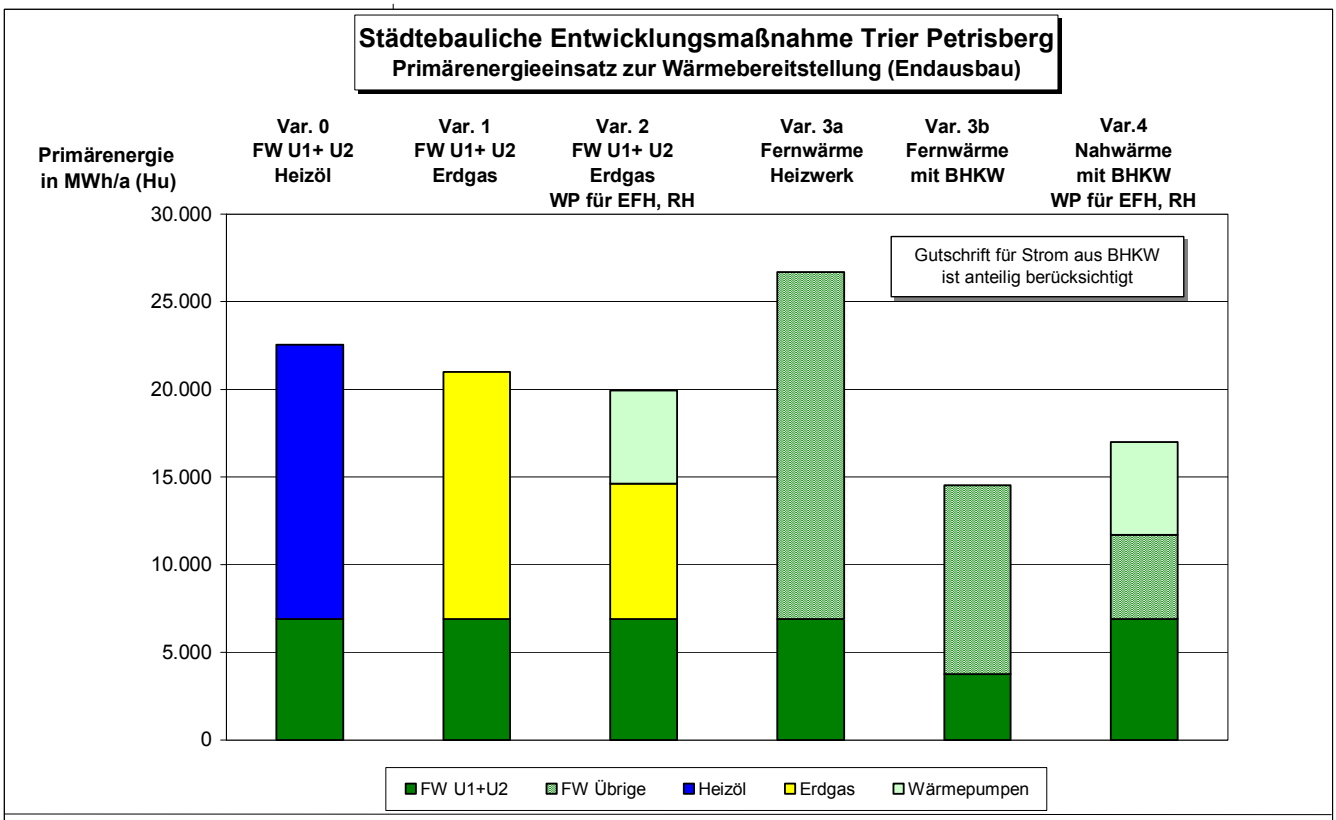


Abbildung 3-9: Variantenvergleich - Primärenergieeinsatz zur Wärmebereitstellung (Endausbau 2012)

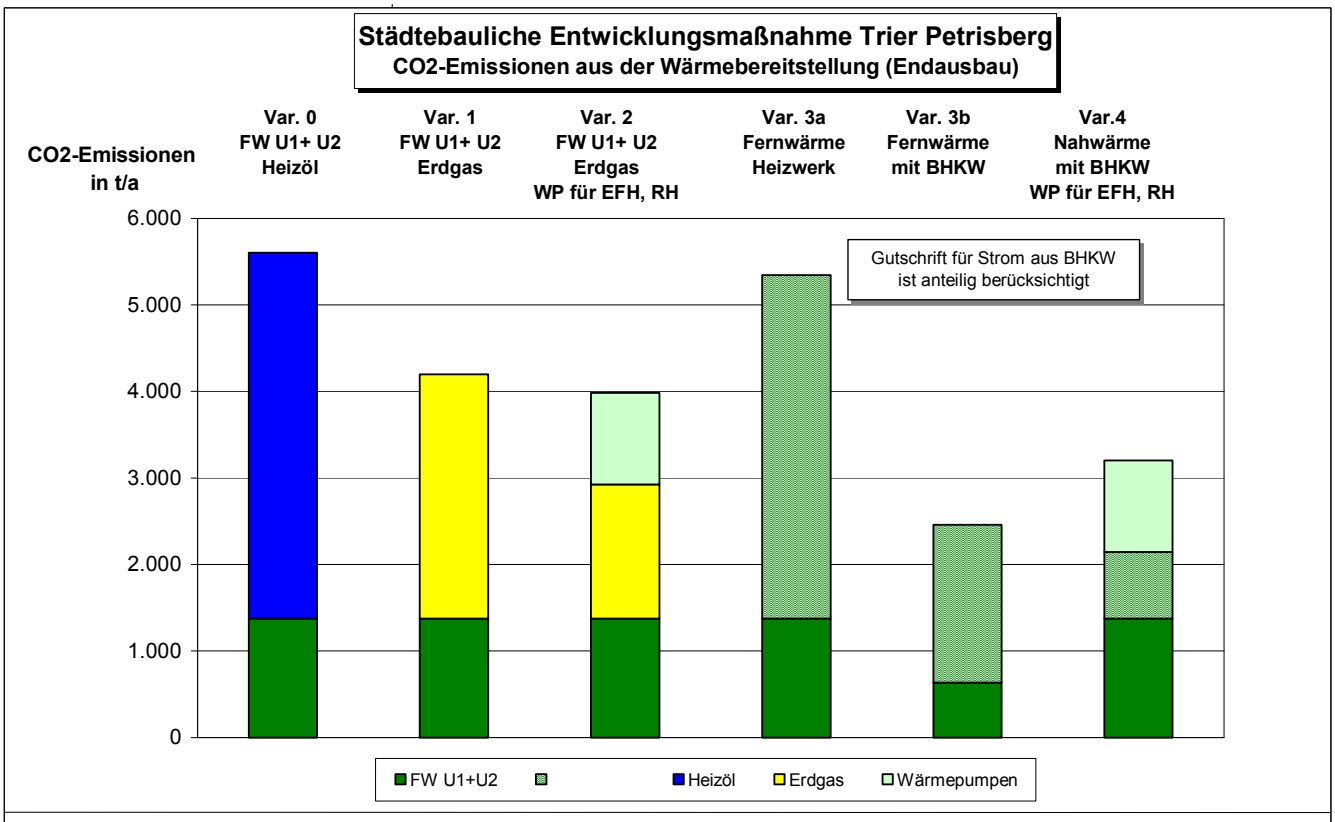


Abbildung 3-10: Variantenvergleich - CO2-Emissionen aus der Wärmebereitstellung (Endausbau 2012)

3.5 Gesamtkostenbetrachtung und Wirtschaftlichkeit aus Betreibersicht

Die im Zeitraum bis 2012 von den Endkunden und dem Gas- bzw. Wärmeversorger aufzubringenden Investitionen sind in der Tabelle **Abbildung 3-6** tabellarisch und in **Abbildung 3-11** graphisch dargestellt.

Niedrigste Gesamtinvestition für dezentrale Varianten Heizöl und Erdgas

Die aus Endkundensicht mit den niedrigsten Investitionen verbundenen Versorgungsoptionen sind die dezentrale Erdgasversorgung und die Fernwärmeversorgung. Neben der zu tätigenden Investition sind für eine wirtschaftliche Bewertung der Wärmeversorgung aus Endkundensicht die sich ergebenden Jahresheizkosten die relevante Größe.

Der Heizkostenvergleich in Abschnitt 3.2 hat gezeigt, dass die dezentrale Ölversorgung und die dezentrale Gasversorgung vergleichbare Jahresheizkosten bieten, die Versorgung aus Wärmepumpen und Holz-Pellet-Kesseln hingegen teurer sind. Fördergelder können, falls entsprechende Programme künftig weiterhin aufgelegt werden, die Wärmekosten senken.

Anlegbarer Fernwärmepreis
20 €/(kW x a)
45 €/MWh

Um bei den Endkunden hinreichende Akzeptanz für die Fern- bzw. Nahwärmeversorgung zu erzielen, müssen die Jahresheizkosten vergleichbar der Gas- bzw. Heizölversorgung sein. Diese Bedingung hatte in den Untersuchungen in Abschnitt 3.2 zu anlegbaren Fernwärmepreisen mit einem Grundpreis von 20 €/(kW x a) bei einem Arbeitspreis von 45 €/MWh geführt.

Für die wirtschaftliche Bewertung der Fern- bzw. Nahwärmevarianten aus Betreibersicht ist daher zunächst diese Preisstruktur der Berechnung der erzielbaren Wärmeerlöse zugrunde zu legen.

Anhand einer einfachen Vergleichsrechnung wurde zunächst für die zentrale Wärmeversorgung aus einem Heizwerk (Nahwärme Bereich G1/G2) ohne Kraft-Wärme-Kopplung geprüft, ob die jährlichen Gesamtkosten (fixe Kosten und variable Kosten) durch die Erträge aus dem Verkauf der Wärme gedeckt werden können.

Nahwärmeversorgung aus Heizwerk zu anlegbaren Wärmepreisen kaum wirtschaftlich darstellbar.

Der zeitliche Verlauf des jährlichen Betriebsergebnisses in **Abbildung 3-12** zeigt, dass unter den gegebenen Randbedingungen (Wärmepreis, zeitliche Anschlussentwicklung) erst nach 5 Jahren ein positives Betriebsergebnis zu erwarten wäre. Die Investition für die Versorgungssysteme könnten sich frühestens in zehn Jahren amortisieren. Bleibt die tatsächliche Anschlussentwicklung hinter der hier skizzierten erwarteten Entwicklung zurück, wird das finanzielle Risiko des Betreibers weiter erhöht. Die Nahwärmeversorgung aus einem reinen Heizwerk ist, gleiche Heizkosten aus Endkundensicht wie bei Gas oder Öl vorausgesetzt, also kaum wirtschaftlich darstellbar.

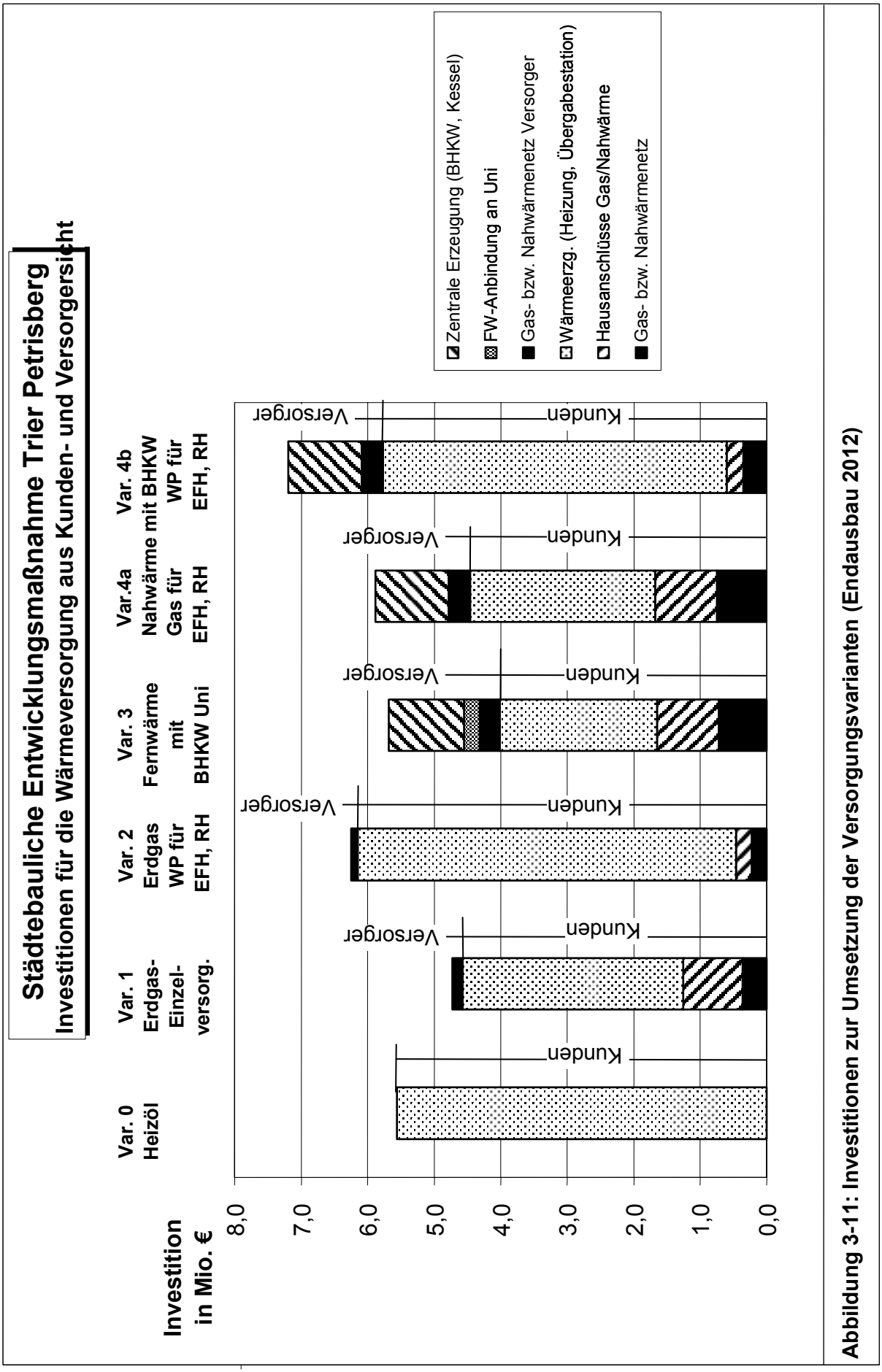


Abbildung 3-11: Investitionen zur Umsetzung der Versorgungsvarianten (Endausbau 2012)

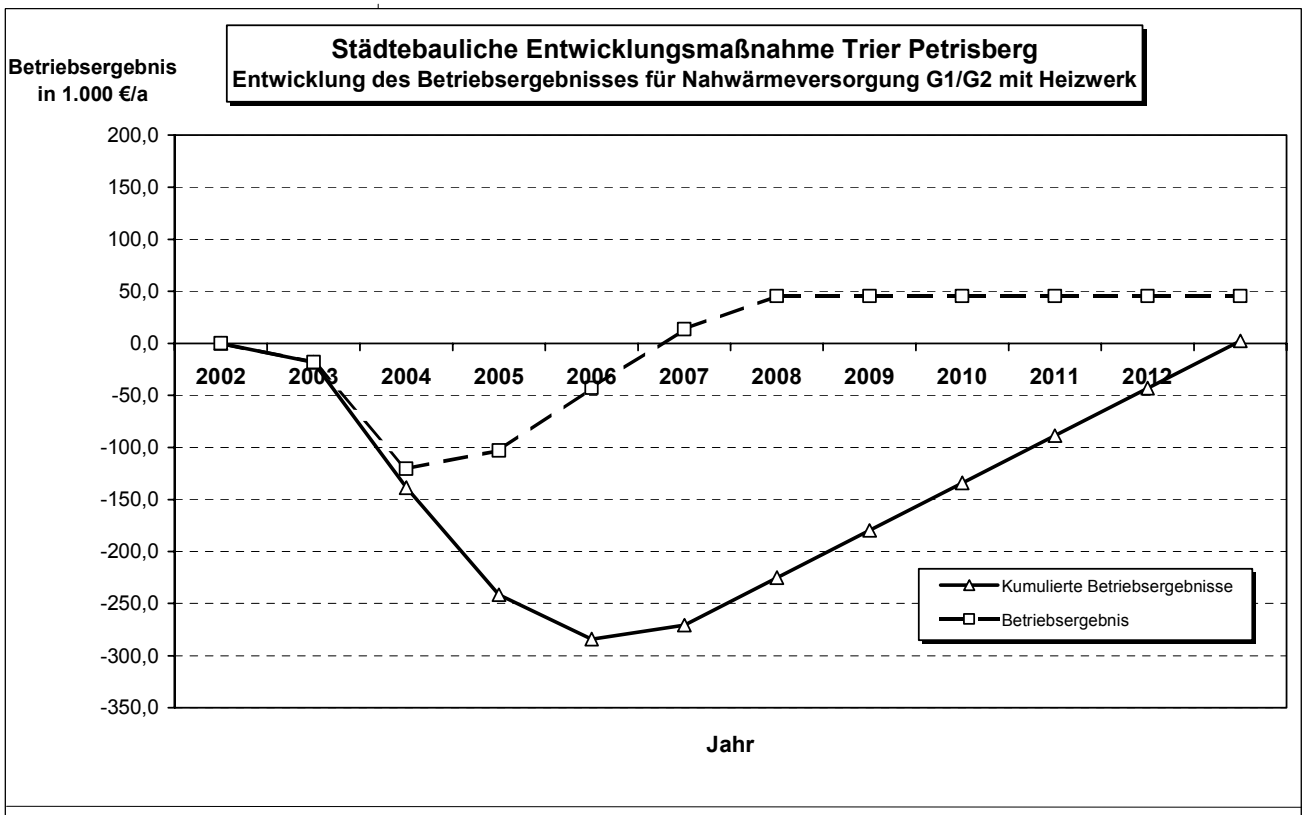


Abbildung 3-12: Zeitliche Entwicklung des Betriebsergebnisses für eine Nahwärmeversorgung G1/G2 mit Heizwerk

Der Zubau eines BHKW kann nur dann die Gesamtwirtschaftlickeit verbessern, wenn ein deutlich positives Betriebsergebnis des BHKW zu erwarten ist. Dieses wird wesentlich bestimmt durch das Verhältnis von Brennstoffpreis zu erzielbarer Stromgutschrift.

Bei heutigem Gaspreis- und Strompreisniveau kann der Betrieb eines BHKW in der Fernwärmeversorgung nur dann wirtschaftlich gestaltet werden, wenn es gelingt, gleichzeitig die volle Förderung aus dem KWK-Gesetz und den Erlass der Stromsteuer für die Stromversorgung eines Endkunden mit KWK-Strom zu erzielen.

Bedingung hierfür ist eine installierte Leistung kleiner 2 MW sowie die Möglichkeit, aus der BHKW-Anlage Stromabnehmer auf dem gleichen bzw. direkt angrenzenden Grundstücken zu versorgen (Bedingung für die Gewährung der Befreiung von der Stromsteuer).

Idealer BHKW-Standort: Heizwerk der Universität

Ideale Voraussetzungen hierfür bietet der Standort Uni-Heizwerk. Die Stadtwerke könnten durch Gründung einer Betriebergesellschaft gleichermaßen die KWK-Gutschrift erhalten und steuerbefreiten Strom an die Universität liefern. Der Standort G1 ist für ein solches Modell nur bedingt geeignet, da eine hohe Stromabnahme auf gleichem Grundstück bzw. direkt benachbarten Grundstücken nicht gewährleistet ist.

Förderung nach KWK-Gesetz im Zeitraum 2002 bis 2010 mit degressiven Stromgutschriften

Die Förderung nach dem KWK-Gesetz sieht für Neuanlagen mit max. 2 MW elektrischer Leistung eine Gutschrift von 2,56 ct/kWh in den Jahren 2002 und 2003 vor. Diese Gutschrift sinkt bis zum Jahr 2010 auf 1,94 ct/kWh, danach läuft die Förderung aus.

Zügige Realisierung eines BHKW-Bauvorhabens bringt wirtschaftliche Vorteile

Die zügige Realisierung eines BHKW-Bauvorhabens kann also deutliche wirtschaftliche Vorteile bringen. Bei der Nahwärme-Insellösung nach Variante 4 kann aber erst ab dem Jahr 2006 von einer hinreichenden wärmeseitigen Auslastung eines Blockheizkraftwerkes ausgegangen werden. Die höhere KWK-Förderung der kommenden drei Jahre wäre also nicht nutzbar, insgesamt wäre die KWK-Förderung aus heutiger Sicht nur über 5 Jahre gesichert.

BHKW-Betrieb Variante 4 kaum wirtschaftlich darstellbar

Unter diesen Randbedingungen wird sich der BHKW-Betrieb in der Nahwärme-Lösung kaum wirtschaftlich gestalten lassen und sicher nicht zu einer Abtragung von Verlusten aus dem Heizwerks-Betrieb der Anlaufphase beitragen können.

Wärmeseitige Auslastung eines BHKW am Standort Uni bereits gegeben

Etwas anders verhält es sich am Standort Universität. Die vernünftige Auslastung eines BHKW-Moduls ist bereits mit der heute gegebenen Wärmeabnahme erzielbar, die Wärmeabnahme zudem langfristig gesichert und nicht abhängig von der nicht exakt vorhersehbaren Bebauungsentwicklung am Petrisberg.

Nennenswerte Erhöhung der BHKW-Auslastung durch Wärmeverbund erst ab 2006

Die Verbundlösung mit dem Petrisberg würde, wie in Abschnitt 3.3.4 gezeigt, die Wärmeabnahme deutlich erhöhen. Wie bei der Nahwärme-Lösung Var. 4 wäre aber auch hier erst ab dem Jahr 2006 ein im Vergleich zur Universität nennenswerter Beitrag zu erwarten.

Bei einer Wirtschaftlichkeitsbewertung des BHKW-Zubaus mit Berücksichtigung der zeitlichen Entwicklung der KWK-Gutschrift, des Wärmeabsatzes und der erforderlichen Vorleistungen für die Fernwärme-Erschließung und das Spitzenheizwerk am Petrisberg werden die ersten Betriebsjahre mit höherer KWK-Gutschrift daher voraussichtlich bessere Betriebsergebnisse liefern können als die Jahre nach Inbetriebnahme des Fernwärme-Verbundes.

BHKW-Zubau für Uni-Versorgung wirtschaftlich attraktiver als Fernwärme-Verbund

Vor diesem Hintergrund ist u.A. nach der BHKW-Zubau am Standort Uni-Heizwerk für eine gezielte Optimierung der Uni-Versorgung und damit eine deutliche Umweltentlastung (Primärenergie- und CO_2-Reduzierung) wirtschaftlich attraktiver und damit auch die Chancen für eine Realisierung dieses seit Jahren in der Diskussion befindlichen Projektes größer, als bei einer Fernwärme-Verbundlösung nach Variante 3.

4 Zusammenfassung und Empfehlungen

4.1 Bebauungsentwicklung und Wärmebedarfsentwicklung

430 Gebäude
Nettogeschossfläche
250.000 m²
(inkl. U1/U2,
Geozentrum)

Im Rahmen der städtebaulichen Entwicklungsmaßnahme Trier Petrisberg wird in den kommenden Jahren bis 2012 durch die Bebauung in den Bereichen Wissenschaftspark G1-G6 und den Wohngebieten W1-W4 eine Nettogeschossfläche von insgesamt rd. 172.000 m² in 410 Gebäuden entstehen. Hinzu kommen die Baumaßnahmen im Erweiterungsgebiet U1/U2 der Universität Trier.

Endausbau:
Anschlusswert
12 MW
Wärmeverbrauch
18.700 MWh/a

Die Summe der Anschlusswerte bzw. der Jährliche Wärmeverbrauch für Heizwärme und Brauchwarmwasserbereitung wird sich ausgehend von heute 2 MW bzw. 3.100 MWh/a (bestehende Gebäude) bis zum Endausbau auf rd. 12 MW und 18.700 MWh/a etwa versechsfachen. Davon sind knapp 40% bzw. 7.200 MWh/a in den Bereichen G1-G6 des Wissenschaftsparks zu erwarten, 34% bzw. 6.200 MWh/a entfallen auf die Wohngebiete W1-W4 und 5.300 MWh/a auf die Erweiterung der Uni U1/U2 inkl. Geozentrum.

4.2 Vorhandene Versorgungsstrukturen

Von den vorhandenen Versorgungsstrukturen bzgl. Wärme (Erdgas-Niederdrucknetz, Fernwärmeanbindung U1/U2, Öl-Heizzentrale im Bereich Krone in Geb. 7) kann nur die Fernwärmeanbindung zur künftigen Versorgung herangezogen werden.

Für die Erdgasversorgung ist gem. Angabe der SW Trier eine neue mitteldruckseitige Erschließung von der Kohlenstraße über die Pluwiger Straße zu schaffen.

Weitere Nutzung bzw. Reaktivierung des ölgefeuerten Heizwerks in Geb. 7 und des Dampfverteilnetzes scheiden aufgrund Alters und Technik aus. Im Rahmen einer neuen Nah- bzw. Fernwärmelösung wären das Tiefgeschoss Geb.7 und die Heizöltanks für die Errichtung eines Heizwerkes bzw. BHKWs nutzbar.

4.3 Versorgungsoptionen

Folgende Versorgungsoptionen wurden untersucht und hinsichtlich des Energieeinsatzes, des CO_2-Ausstoßes und der wirtschaftlichen Aspekte aus der Sicht der Endkunden und des Betreibers bewertet:

Variante "0": Heizöl-Einzelversorgung aller Gebäude

Variante 1: Erdgas-Einzelversorgung aller Gebäude

Variante 2: Erdgas-Einzelversorgung im Wissenschaftspark
Elektrowärmepumpen in den Wohngebieten W1-W4

Variante 3: Zentrale Fernwärme aus der Universität mit BHKW

Variante 4: Dezentrale Nahwärme mit BHKW

Die Ergebnisse der Bewertung der Varianten sind in **Abbildung 4-1** zusammenfassend dargestellt.

Die umweltseitige Bewertung zeigt, dass die Basisvariante Heizöl-Einzelversorgung den höchsten Primärenergieeinsatz und CO2-Ausstoß verursacht.

Jahresheizkosten Heizöl und Erdgasversorgung vergleichbar

Die Erdgas-Einzelversorgung bietet aufgrund des geringeren Kohlenstoffgehaltes im Brennstoff und des besseren Kesselwirkungsgrades (Brennwerttechnik) deutliche umweltseitige Vorteile. Die für drei verschiedene Gebäudetypen ermittelten Jahresheizkosten (aus Sicht des Endkunden) sind vergleichbar.

Durch Einsatz von Elektrowärmpumpen und Holz-Pellet-Heizungen können im Bereich der Einfamilienhausbebauung der Primärenergieeinsatz und der CO_2-Ausstoß weiter gesenkt werden. Aufgrund der im Vergleich zu Öl oder Gas höheren Investitionen und Jahresheizkosten ist nicht mit einem flächendeckenden Einsatz dieser Techniken zu rechnen.

Durch Nutzung von Fördergeldern können z.Zt. die Investitionen und Jahresheizkosten für Wärmepumpen und Holz-Pellet-Heizung verringert werden, die langfristige Fördersituation ist jedoch nicht abschätzbar. Die Jahresheizkosten sind daher wiederkehrend neu zu ermittlen und zu bewerten.

Etablierung von Wärmepumpen und Holz-Pellet-Heizung über Vollwärmeservice-Angebote SW Trier denkbar

Die Stadtwerke Trier haben Ihre Bereitschaft signalisiert, im Rahmen des Vollwärmeservices auch die Beheizung über Wärmepumpen und Holz-Pellets anzubieten. Hier sind aufgrund der größeren Abnahmemengen (Anlagen, Brennstoff) und der koordinierten Bauabwicklung (Erdsonden für Wärmepumpen) Einsparungen gegenüber den individuellen Lösungen zu erwarten.

Es ist jedoch davon auszugehen und auch verständlich, dass die Stadtwerke solche Angebote nur aufrechterhalten werden, wenn das betr. Baugebiet nicht mit Erdgas erschlossen wird.

Fernwärme-Versorgung energetisch nur vorteilhaft bei Kraft-Wärme-Kopplung

Die untersuchten Fernwärme-Lösungen bzw. Nahwärme-Lösungen bieten nur dann umweltseitige Vorteile, wenn die Wärmeerzeugung mittels Kraft-Wärme-Kopplung erfolgt. Als idealer Standort für den Zubau einer BHKW-Anlage bietet sich hier das Uni-Heizwerk an. Durch Schaffung eines Fernwärme-Verbundes könnte das Gebiet Petrisberg in das System eingebunden werden.

Vorteile gegenüber einer Nahwärme-Lösung im Bereich G1/G2 sind sowohl hinsichtlich der Primärenergie- und CO_2-Bilanz als auch der Wirtschaftlichkeit aus Betreibersicht zu erwarten.

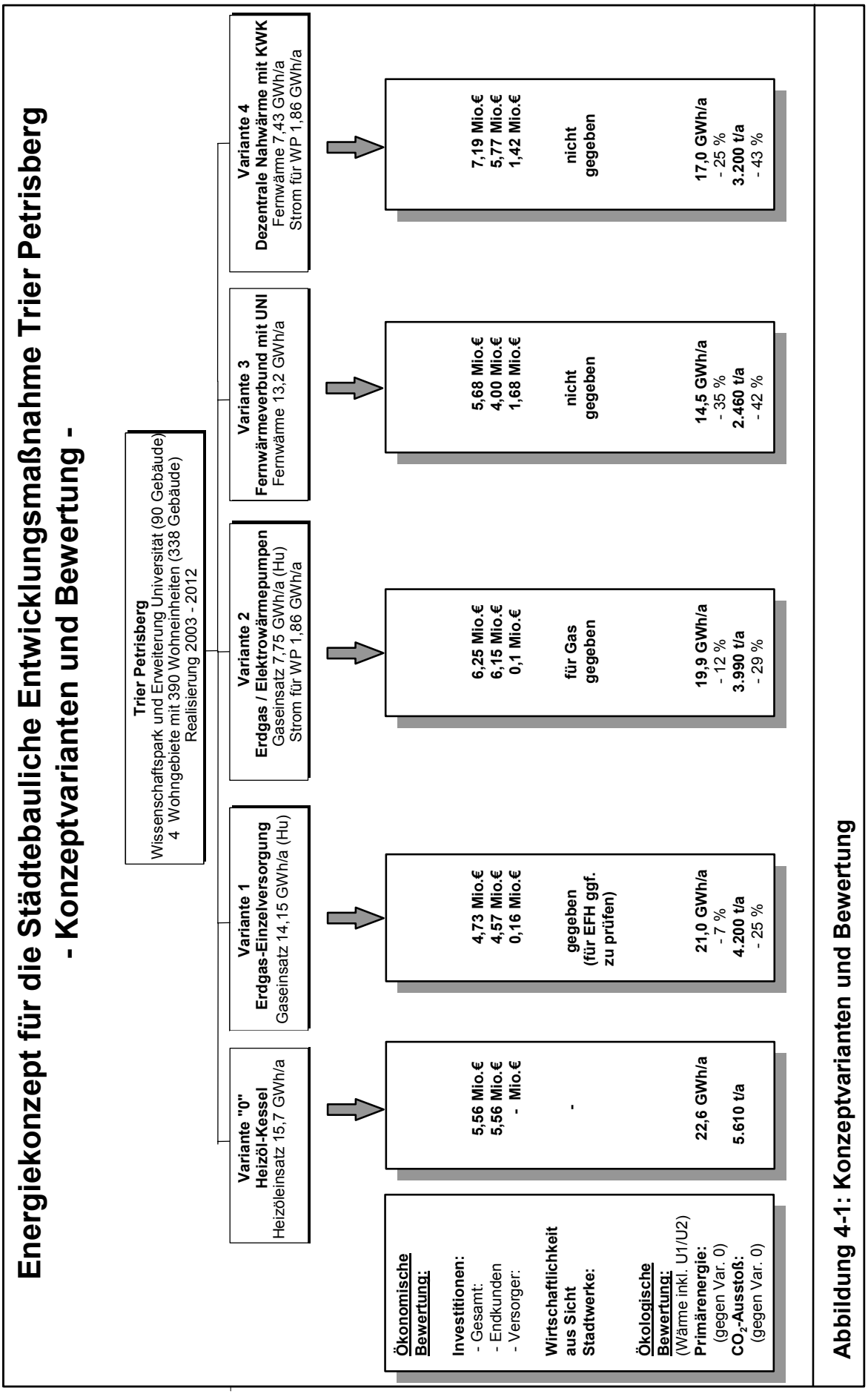


Abbildung 4-1: Konzeptvarianten und Bewertung

Jahresheizkosten Fernwärme müssen vergleichbares Niveau wie Gas/Heizöl haben

Um Akzeptanz der Fernwärmeversorgung durch die Endkunden und damit einen hohen Anschlussgrad zu erreichen, müssen die Jahresheizkosten dasselbe Niveau wie bei Heizöl- oder Erdgas-Einzelversorgung haben.

Wirtschaftlichkeit für Fernwärme-Varianten aus Betreibersicht nicht gewährleistet

Mit dieser Voraussetzung hat eine halb quantitative/halb qualitative Überprüfung der Wirtschaftlichkeit aus Betreibersicht ergeben, dass weder für die Nahwärme-Variante 4 noch für den Fernwärmeverbund Variante 3 wirtschaftlicher Betrieb der Anlagen erwartet werden kann.

Als Ursachen hierfür sind zu nennen:

- Die hohen Erschließungskosten für die Fernwärme-Transport bzw. verteilleitungen und deren Vorfinanzierung durch den Betreiber
- Die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen für den Betrieb von BHKW-Anlagen.

Einerseits ist das Erdgaspreisniveau immer noch recht hoch und die Strombeschaffungskosten für den Bezug vom Vorlieferanten sind niedrig. Durch das neue KWK-Gesetz ist zwar eine zusätzliche Stromgutschrift gegeben, diese sinkt aber von 2002 bis 2010 um rd. ein Viertel. Zudem ist aufgrund der erwarteten Bebauungsentwicklung erst ab 2006 mit einer ausreichenden Auslastung eines BHKW durch den Wärmeabsatz im Gebiet Petrisberg zu rechnen, so dass nur ein Zeitraum von max. 5 Jahren für die Erzielung der dann schon gegenüber heutigem Stand geschmälerten Gutschrift aus dem KWK-Gesetz bleibt.

Vor diesem Hintergrund ist unserer Ansicht nach eine gesicherte Wirtschaftlichkeit weder für eine Nahwärme-Versorgung noch für den Fernwämreverbund zu erwarten, so dass die Umsetzung dieser Varianten nicht empfohlen wird.

4.4 Empfehlung

Vor dem Hintergrund der Preiswürdigkeit der Wärmeversorgung aus Endkundensicht und der umweltseitigen Gesichtspunkte Primärenergieeinsatz und CO_2-Ausstoß empfehlen wir nach Prüfung der zu erwartenden Bebauungs- und Verbrauchsentwicklung mit den gegebenen wirtschaftlichen Rahmendaten für die Gestaltung der Wärmeversorgung des Untersuchungsgebietes:

- Für die Bereiche G1/G2 die Erdgaserschließung mit Beheizung über dezentrale Brennwertkessel.
- Für die Bereiche G3-G6 zunächst ebenfalls die dezentrale Erdgasversorgung wie in G1/G2. Falls die Fernwärme-Erzeugung der Universität durch Zubau eines BHKW bis zur Erschließung von G3-G6 effizienter gestaltet wird, ist in Abhängigkeit von Fernwärmepreisniveau und Erschließungskosten auch die Anbindung an die in U1/U2 bereits vorhandene Fernwärme zu erwägen.

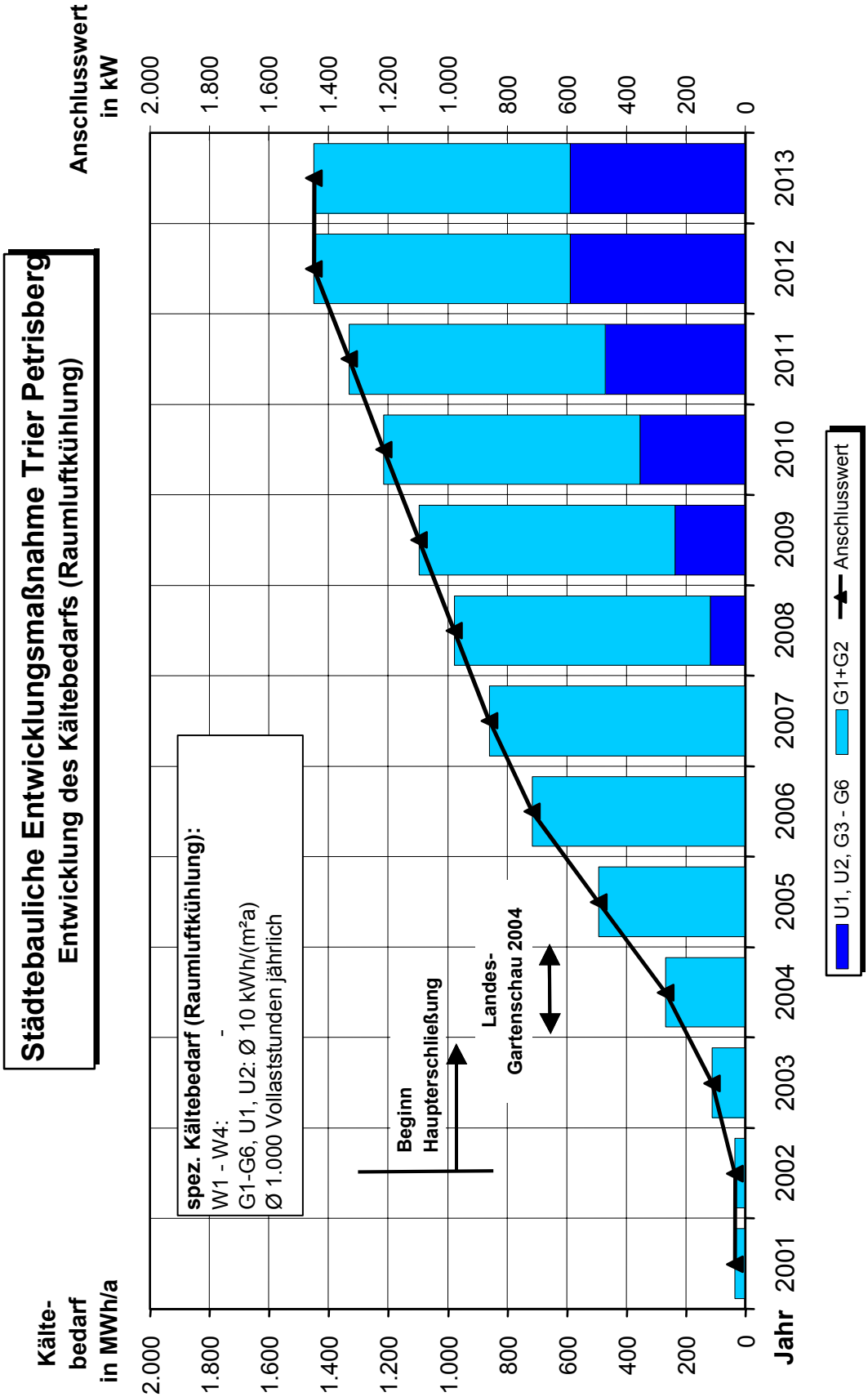
- Für die Bereiche mit ausschließlicher Wohnbebauung unter Umweltgesichtspunkten ebenfalls die dezentrale Gasversorgung mit Brennwertkesseln. Sollten die Stadtwerke die gasseitige Erschließung der Wohngebiete aus wirtschaftlichen Erwägungen nicht anbieten, so bleibt hier die dezentrale Versorgung. Diese wird i.d.R. auf Basis von Heizölkesseln erfolgen, kann aber durch entsprechende Vollwärmeservice-Angebote der SW Trier mit Wärmepumpen und Holz-Pellet-Technik hinsichtlich Umweltgesichtspunkten aufgewertet werden.

Ungeachtet der obigen Ausführungen zur künftigen Wärmeversorgung Trier Petrisberg empfehlen wir dringend, das in der Fernwärmeversorgung der Universität gegebene Potential zur Effizienzsteigerung mittels BHKW-Zubau auszunutzen und dieses Projekt erneut zu prüfen und voranzutreiben. Die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen aus der KWK-Gesetzgebung werden aufgrund der zeitlich gestaffelten, degressiven Gutschriften eher ungünstiger als günstiger, die Förderdauer ist gem. heutigem Stand auf max. 8 Jahre bis 2010 begrenzt.

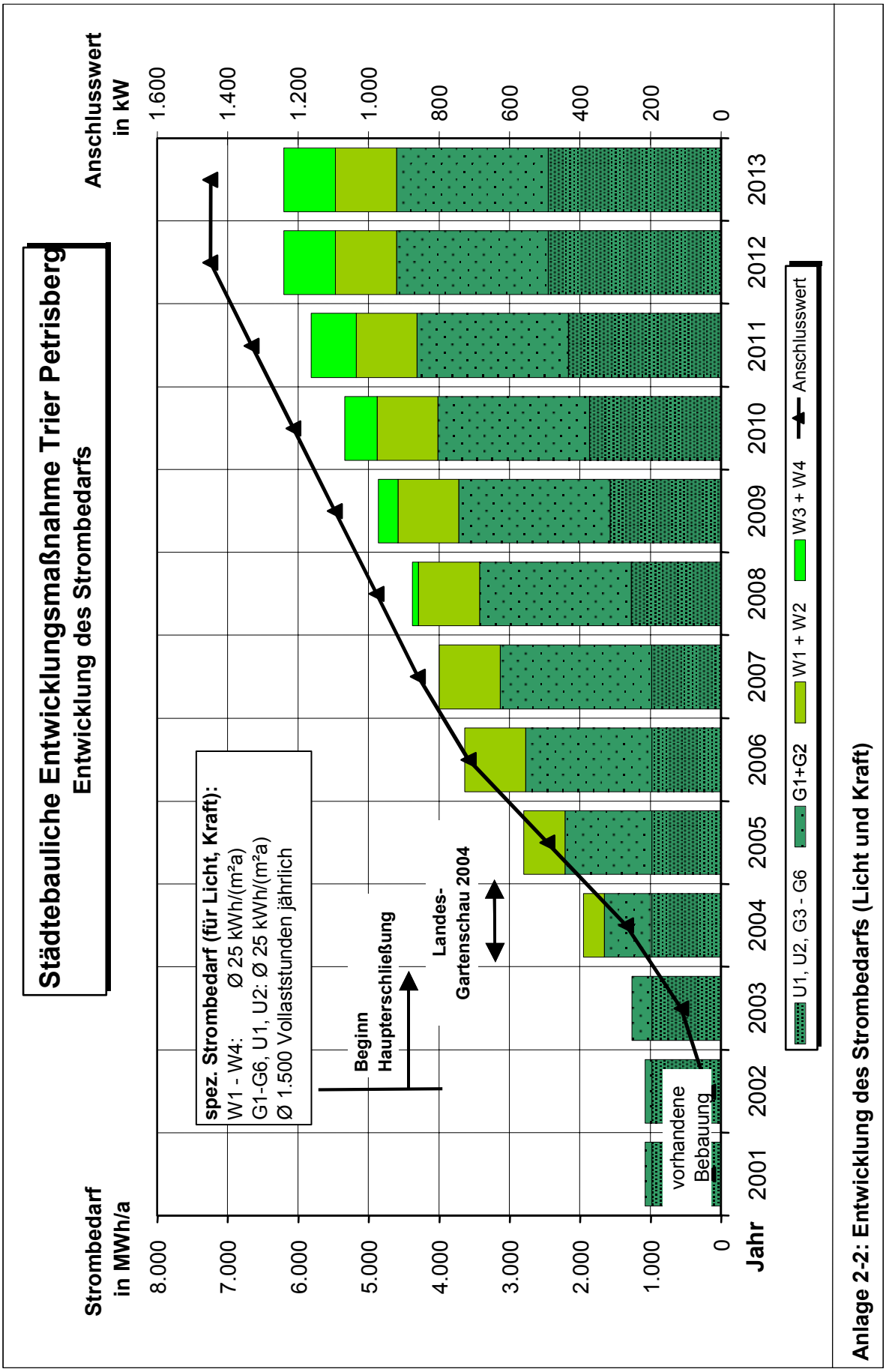
Anlagen

Anlage 2-1: Entwicklung des Kältebedarfs (Raumluftkühlung)
Anlage 2-2: Entwicklung des Strombedarfs (Licht und Kraft)

Anlage 3-1: Heizkostenvergleich Einfamilienhaus
Anlage 3-2: Heizkostenvergleich Mehrfamilienhaus
Anlage 3-3: Heizkostenvergleich Bürogebäude
Anlage 3-4: Übersicht Variante 1: Erdgas-Einzelversorgung
Anlage 3-5: Entwicklung des Nutzwärmebedarfs nach Energieträgern – Variante 1
Anlage 3-6: Übersicht Variante 2: Erdgas-Einzelversorgung und Elektro-Wärmepumpen
Anlage 3-7: Entwicklung des Nutzwärmebedarfs nach Energieträgern – Variante 2
Anlage 3-8: Übersicht Variante 3: Fernwärme aus dem Heizwerk/Heizkraftwerk der Universität
Anlage 3-9: Entwicklung des Nutzwärmebedarfs nach Energieträgern – Variante 3
Anlage 3-10: Geordnete Jahresdauerlinie des Fernwärmebedarfs Verbund Uni ⇔ Petrisberg inkl. W1 – W4
Anlage 3-11: Geordnete Jahresdauerlinie des Fernwärmebedarfs Verbund Uni ⇔ Petrisberg ohne W1 – W4
Anlage 3-12: Übersicht Variante 4: Nahwärme G1/G2, Wärmepumpen oder Erdgas in W1 – W4
Anlage 3-13: Entwicklung des Nutzwärmebedarfs nach Energieträgern – Variante 2
Anlage 3-14: Geordnete Jahresdauerlinie des Wärmebedarfs Nahwärmeinsel G1/G2



Anlage 2-1: Entwicklung des Kältebedarfs (Raumluftkühlung)



Anlage 2-2: Entwicklung des Strombedarfs (Licht und Kraft)

Heizkostenvergleich - Einfamilienhaus freistehend

Neubau Einfamilienhaus, freistehend			Heizenergie	Heizöl EL	Erdgas	Holzpellets	Strom	Fernwärme
			System Heizung	Niedert.Kessel Gebläsebrenner	Gas-Brennwert Dachheizzentr.	Niedertemp.Kes. Gebläsebrenner	El.-Wärmep. Sole/Wasser	indirekte Fern-wärmeübergabe
			System Warmwasser	indirekt beh. Speicher	indirekt beh. Speicher	indirekt beh. Speicher	El.-Wärmep. Luft/Wasser	indirekt beh. Speicher
1	**Allgemeine Daten und technische Daten**							
1.1	Anzahl der Bewohner			4	4	4	4	4
1.2	beheizte Wohnfläche		m²	150	150	150	150	150
1.3	Installierte Leistung Wärmeerzeuger		kW	15,0	11,0	15,0	11,0	11,0
	bzw. bei Erdgas in		kW Ho		11,7			
1.4	Wärmeverbrauch Heizung	85 kWh/[m²a]	kWh/a	12.750	12.750	12.750	12.750	12.750
	Anlagennutzungsgrad (bzw. Jahresarbeitszahl bei WP)			90%	100%	88%	400%	97%
	Verteilungsnutzungsgrad			98%	98%	98%	98%	98%
1.5	Wärmeverbrauch Warmwasser	1,4 kWh/[Pers x d]	kWh/a	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
	bei	35 ltr. / [Pers. x d]						
	Anlagennutzungsgrad (bzw. Jahresarbeitszahl bei WP)			69%	77%	68%	280%	77%
	Verteilungsnutzungsgrad			85%	85%	85%	85%	85%
1.6	Energieeinsatz für Heizung und Warmwasser		kWh/a	17.851	16.066	18.257	4.093	16.468
	bzw. Brennstoff	kWh/a Ho; ltr./a; t/a		1.785	17.801	3,884		
1.7	Hilfsenergie-Einsatz (Strom)		kWh/a	380	280	900	420	180
2	**Investitionen (brutto)**							
2.1	Wärmeerzeuger Heizung mit Zubehör		€	3.830	3.070	9.200	5.110	2.300
2.2	Wärmeerzeuger Warmwasser		€	1.380	1.380	1.380	2.050	1.380
2.3	Abgasanlage		€	1.020	260	1.020	0	0
2.4	Gas-/Öl-/Elektroinstallation		€	710	830	100	460	370
2.5	Heizkostenverteiler/Wärmezähler		€	0	0	0	0	260
2.6	Leitungssystem		€	1.790	1.790	1.790	1.790	1.790
2.7	Heizflächen		€	2.710	2.710	2.710	5.410	2.710
2.8	Heizöltank		€	920	0	0	0	0
2.9	Sonstige Baukosten (Hzgs.raum, Brst.lager, Erdsonden)		€	2.450	260	2.450	5.880	260
2.10	Hausanschluss		€	0	2.210	0	0	2.250
2.11	Baukostenzuschuss		€	0	710	0	0	1.290
2.12	**Investition, gesamt**		**€**	**14.810**	**13.220**	**18.650**	**20.700**	**12.610**
3	**Kapitalgebundene Kosten**	Nutzgs-dauer / Annuität bei 7% Zins						
3.1	Wärmeerz. Heizung	18 a 9,9%	€/a	381	305	915	508	229
3.2	Wärmeerz. Warmwasser	18 a 9,9%	€/a	137	137	137	204	137
3.3	Abgasanlage	18 a 9,9%	€/a	101	26	101	0	0
3.4	Gas-/Öl-/Elektroinstallation	20 a 9,4%	€/a	67	78	9	43	35
3.5	Heizkostenverteiler/Wärmezähler	15 a 11,0%	€/a	0	0	0	0	29
3.6	Leitungssystem	25 a 8,6%	€/a	154	154	154	154	154
3.7	Heizflächen	20 a 9,4%	€/a	256	256	256	511	256
3.8	Heizöltank	25 a 8,6%	€/a	79	0	0	0	0
3.9	Sonstige Baukosten	50 a 7,2%	€/a	178	19	178	426	19
3.10	Hausanschluss	25 a 8,6%	€/a	0	190	0	0	193
3.11	Baukostenzuschuss	25 a 8,6%	€/a	0	61	0	0	111
3.12	**Kapitalgebundene Kosten, gesamt**		**€/a**	**1.352**	**1.225**	**1.750**	**1.846**	**1.161**
4	**Verbrauchsgebundene Kosten (brutto)**							
4.1	Erdgas (inkl. Erdgassteuer)							
	Grundpreis	12,81 €/[kW x a]	€/a		167			
	Arbeitspreis	3,67 ct/kWh Ho	€/a		653			
4.2	Heizöl EL (inkl. Min.ölsteuer)	0,39 €/ltr.	€/a	696				
4.3	Holzpellets (inkl. 2 x 35 €/a Pausch.)	177,6 €/t	€/a			760		
4.4	Fernwärme							
	Grundpreis	20,0 €/[kW x a]	€/a					220
	Arbeitspreis	45,0 €/MWh	€/a					741
4.5	Strom (inkl. Stromsteuer, EEG, KWK)							
	Heizstrom Grundpreis	42,70 €/a	€/a				43	
	Heizstrom Arbeitspreis	7,59 ct/kWh	€/a				247	
	Hifsenergie Arbeitspreis *)	13,49 ct/kWh	€/a	51	38	121	170	24
4.6	Zinskosten gelagerte Brennstoffe **)		€/a	24		24		
4.7	**Verbrauchsgebundene Kosten, gesamt**		**€/a**	**772**	**858**	**906**	**460**	**985**
5	**Betriebsgebundene Kosten**							
5.1	Wartung, Reparaturen ***)	1,5 % der Invest	€/a	129	120	201	195	105
5.2	Tankreinigung, Ölschadensvers., Holzlagerreinigung		€/a	102		25		
5.3	Heizkostenabrechnung		€/a					
5.4	Versicherungen ***)	0,5 % der Invest	€/a	43	40	67	65	35
5.4	**Betriebsgebundene Kosten, gesamt**		**€/a**	**275**	**160**	**293**	**261**	**140**
6	**Gesamtkosten (brutto)**		**€/a**	**2.399**	**2.243**	**2.948**	**2.566**	**2.287**
6.1	**spez. Heizkosten (brutto)**		**€/[m²a]**	**16,0**	**15,0**	**19,7**	**17,1**	**15,2**

Anmerkungen:

*) bei Wärmepumpe auch Strom für BWW-Bereitung in Luft/Wasser-Wärmepumpe

**) Zinskosten aus der Lagerung von Brennstoffen; es wird davon ausgegangen, dass im Jahresmittel die Hälfte des Brennstoffes bzw. des Kapitals hierfür gebunden ist.

***) prozentualer Ansatz bezogen auf Gesamtinvestition abzgl. Baukosten (Kamin, sonst.Baukosten, Hausanschluss, BKZ, Leitungsystem)

Anlage 3-1: Heizkostenvergleich Einfamilienhaus

Heizkostenvergleich - Mehrfamilienhaus (6 WE)

Neubau Mehrfamilienhaus (6 WE) zentral beheizt	**Heizenergie** / **System Heizung** / **System Warmwasser**	**Heizöl EL** Niedertemp.Kessel mit Gebläsebrenner indirekt beh. Speicher	**Erdgas** Gas-Brennwert Keller indirekt beh. Speicher	**Fernwärme** indirekte Fernwärmeübergabe indirekt beh. Speicher
1 Allgemeine Daten und technische Daten				
1.1 Anzahl der Bewohner		18	18	18
1.2 beheizte Wohnfläche	m²	540	540	540
1.3 Installierte Leistung Wärmeerzeuger	kW	30,0	30,0	30,0
bzw. bei Erdgas in	kW Ho		32,0	
1.4 Wärmeverbrauch Heizung 63 kWh/[m²a]	kWh/a	34.020	34.020	34.020
Anlagennutzungsgrad (bzw. Jahresarbeitszahl bei WP)		90%	100%	97%
Verteilungsnutzungsgrad		96%	96%	96%
1.5 Wärmeverbrauch Warmwasser 1,4 kWh/[Pers x d]	kWh/a	9.000	9.000	9.000
bei 35 ltr. / [Pers. x d]				
Anlagennutzungsgrad		69%	77%	77%
Verteilungsnutzungsgrad		85%	85%	85%
1.6 Energieeinsatz für Heizung und Warmwasser	kWh/a	54.654	49.188	50.284
bzw. Brennstoff	kWh/a Ho; ltr./a	5.465	54.501	
1.7 Hilfsenergie-Einsatz (Strom)	kWh/a	1.140	840	540
2 Investitionen (brutto)				
2.1 Wärmeerzeuger Heizung mit Zubehör	€	5.110	5.110	4.090
2.2 Wärmeerzeuger Warmwasser	€	2.300	2.300	2.300
2.3 Abgasanlage	€	1.530	1.530	0
2.4 Gas-/Öl-/Elektroinstallation	€	710	730	370
2.5 Heizkostenverteiler/Wärmezähler	€	950	950	1.200
2.6 Leitungssystem	€	7.060	7.060	7.060
2.7 Heizflächen	€	7.670	7.670	7.670
2.8 Heizöltank	€	2.300	0	0
2.9 Sonstige Baukosten (Heizungsraum, Brennstofflager)	€	5.620	1.530	510
2.10 Hausanschluss	€	0	2.210	2.670
2.11 Baukostenzuschuss	€	0	2.140	3.700
2.12 Investition, gesamt	**€**	**33.250**	**31.230**	**29.570**
3 Kapitalgebundene Kosten Nutzgs-dauer / Annuität bei 7% Zins				
3.1 Wärmeerz. Heizung 18 a 9,9%	€/a	508	508	407
3.2 Wärmeerz. Warmwasser 18 a 9,9%	€/a	229	229	229
3.3 Abgasanlage 18 a 9,9%	€/a	152	152	0
3.4 Gas-/Öl-/Elektroinstallation 20 a 9,4%	€/a	67	69	35
3.5 Heizkostenverteiler/Wärmezähle 15 a 11,0%	€/a	104	104	132
3.6 Leitungssystem 25 a 8,6%	€/a	606	606	606
3.7 Heizflächen 20 a 9,4%	€/a	724	724	724
3.8 Heizöltank 25 a 8,6%	€/a	197	0	0
3.9 Sonstige Baukosten 50 a 7,2%	€/a	407	111	37
3.10 Hausanschluss 25 a 8,6%	€/a	0	190	229
3.11 Baukostenzuschuss 25 a 8,6%	€/a	0	184	317
3.12 Kapitalgebundene Kosten, gesamt	**€/a**	**2.994**	**2.876**	**2.715**
4 Verbrauchsgebundene Kosten (brutto)				
4.1 Erdgas (inkl. Erdgassteuer)				
Grundpreis 12,81 €/[kW x a]	€/a		409	
Arbeitspreis 3,67 ct/kWh Ho	€/a		2.000	
4.2 Heizöl EL (inkl. Min.ölsteuer) 0,39 €/ltr.	€/a	2.131		
4.3 Fernwärme				
Grundpreis 20,0 €/[kW x a]	€/a			600
Arbeitspreis 45,0 €/MWh	€/a			2.263
4.4 Strom (inkl. Stromsteuer, EEG, KWK)				
Heizstrom Grundpreis 42,70 €/a	€/a			
Heizstrom Arbeitspreis 7,59 ct/kWh	€/a			
Hifsenergie Arbeitspreis *) 13,49 ct/kWh	€/a	154	113	73
4.5 Zinskosten gelagerte Brennstoffe **)	€/a	75		
4.6 Verbrauchsgebundene Kosten, gesamt	**€/a**	**2.360**	**2.523**	**2.936**
5 Betriebsgebundene Kosten				
5.1 Wartung, Reparaturen ***) 1,5 % der Invest	€/a	251	251	234
5.2 Tankreinigung, Ölschadensvers.	€/a	102		
5.3 Heizkostenabrechnung	€/a	220	220	220
5.4 Versicherungen ***) 0,5 % der Invest	€/a	84	84	78
5.4 Betriebsgebundene Kosten, gesamt	**€/a**	**555**	**555**	**533**
6 Gesamtkosten (brutto)	**€/a**	**5.909**	**5.954**	**6.184**
6.1 spez. Heizkosten (brutto)	**€/[m²a]**	**10,9**	**11,0**	**11,5**

Anmerkungen:

*) bei Wärmepumpe auch Strom für BWW-Bereitung in Luft/Wasser-Wärmepumpe

**) Zinskosten aus der Lagerung von Brennstoffen; es wird davon ausgegangen, dass im Jahresmittel die Hälfte des Brennstoffes bzw. des Kapitals hierfür gebunden ist.

***) prozentualer Ansatz bezogen auf Gesamtinvestition abzgl. Baukosten (Kamin, sonst.Baukosten, Hausanschluss, BKZ, Leitungsystem)

Anlage 3-2: Heizkostenvergleich Mehrfamilienhaus

Heizkostenvergleich - Bürogebäude

Neubau Bürogebäude zentral beheizt			**Heizenergie** / **System Heizung** / **System Warmwasser**	**Heizöl EL** Niedertemp.Kessel mit Gebläsebrenner dezentral Untertischgeräte	**Erdgas** Gas-Brennwert Keller dezentral Untertischgeräte	**Fernwärme** indirekte Fernwärmeübergabe dezentral Untertischgeräte
1	**Allgemeine Daten und technische Daten**					
1.1	Anzahl der Nutzer			120	120	120
1.2	beheizte Wohnfläche		m²	1.500	1.500	1500
1.3	Installierte Leistung Wärmeerzeuger		kW	80,0	80,0	80,0
	bzw. bei Erdgas in		kW Ho		85,2	
1.4	Wärmeverbrauch Heizung	63 kWh/[m²a]	kWh/a	94.500	94.500	94.500
	Anlagennutzungsgrad (bzw. Jahresarbeitszahl bei WP)			90%	100%	97%
	Verteilungsnutzungsgrad			96%	96%	96%
1.5	Wärmeverbrauch Warmwasser	0,4 kWh/[Pers x d]	kWh/a	12.250	12.250	12.250
	bei	10 ltr. / [Pers. x d]				
	Anlagennutzungsgrad			95%	95%	95%
	Verteilungsnutzungsgrad			100%	100%	100%
1.6	Energieeinsatz für Heizung und Warmwasser		kWh/a	109.375	98.438	101.482
	bzw. Brennstoff		kWh/a Ho; ltr./a	10.938	109.069	
1.7	Energieeinsatz für Warmwasser		kWh/a	12.895	12.895	12.895
1.8	Hilfsenergie-Einsatz (Strom)		kWh/a	2.280	1.680	1.080
2	**Investitionen (brutto)**					
2.1	Wärmeerzeuger Heizung mit Zubehör		€	6.650	8.180	5.620
2.2	Wärmeerzeuger Warmwasser		€	3.070	3.070	3.070
2.3	Abgasanlage		€	3.070	3.070	0
2.4	Gas-/Öl-/Elektroinstallation		€	1.020	1.120	770
2.5	Heizkostenverteiler/Wärmezähler		€	0	0	260
2.6	Leitungssystem		€	10.600	10.600	10.600
2.7	Heizflächen		€	19.170	19.170	19.170
2.8	Heizöltank		€	5.110	0	0
2.9	Sonstige Baukosten (Heizungsraum, Brennstofflager)		€	9.200	3.070	1.020
2.10	Hausanschluss		€	0	3.930	4.150
2.11	Baukostenzuschuss		€	0	3.800	9.700
2.12	**Investition, gesamt**		**€**	**57.890**	**56.010**	**54.360**
3	**Kapitalgebundene Kosten**	Nutzgs-dauer / Annuität bei 7% Zins				
3.1	Wärmeerz. Heizung	18 a / 9,9%	€/a	661	813	559
3.2	Wärmeerz. Warmwasser	18 a / 9,9%	€/a	305	305	305
3.3	Abgasanlage	18 a / 9,9%	€/a	305	305	0
3.4	Gas-/Öl-/Elektroinstallation	20 a / 9,4%	€/a	96	106	73
3.5	Heizkostenverteiler/Wärmezähle	15 a / 11,0%	€/a	0	0	29
3.6	Leitungssystem	25 a / 8,6%	€/a	910	910	910
3.7	Heizflächen	20 a / 9,4%	€/a	1.810	1.810	1.810
3.8	Heizöltank	25 a / 8,6%	€/a	438	0	0
3.9	Sonstige Baukosten	50 a / 7,2%	€/a	667	222	74
3.10	Hausanschluss	25 a / 8,6%	€/a	0	337	356
3.11	Baukostenzuschuss	25 a / 8,6%	€/a	0	326	832
3.12	**Kapitalgebundene Kosten, gesamt**		**€/a**	**5.192**	**5.134**	**4.947**
4	**Verbrauchsgebundene Kosten (brutto)**					
4.1	Erdgas (inkl. Erdgassteuer)					
	Grundpreis	12,81 €/[kW x a]	€/a		1.092	
	Arbeitspreis	3,67 ct/kWh Ho	€/a		4.003	
4.2	Heizöl EL (inkl. Min.ölsteuer)	0,39 €/ltr.	€/a	4.266		
4.3	Fernwärme					
	Grundpreis	20,0 €/[kW x a]	€/a			1.600
	Arbeitspreis	45,0 €/MWh	€/a			4.567
4.4	Strom (inkl. Stromsteuer, EEG, KWK)					
	Heizstrom Grundpreis	42,70 €/a	€/a			
	Heizstrom Arbeitspreis	7,59 ct/kWh	€/a			
	Hifsenergie Arbeitspreis *)	13,49 ct/kWh	€/a	2.047	1.966	1.885
4.5	Zinskosten gelagerte Brennstoffe **)		€/a	149		
4.6	**Verbrauchsgebundene Kosten, gesamt**		**€/a**	**6.462**	**7.061**	**8.052**
5	**Betriebsgebundene Kosten**					
5.1	Wartung, Reparaturen ***)	1,5 % der Invest	€/a	449	473	433
5.2	Tankreinigung, Ölschadensvers.		€/a	200		
5.3	Heizkostenabrechnung		€/a	440	440	440
5.4	Versicherungen ***)	0,5 % der Invest	€/a	150	158	144
5.4	**Betriebsgebundene Kosten, gesamt**		**€/a**	**1.038**	**1.071**	**1.018**
6	**Gesamtkosten (brutto)**		**€/a**	**12.692**	**13.266**	**14.016**
6.1	**spez. Heizkosten (brutto)**		**€/[m²a]**	**8,5**	**8,8**	**9,3**

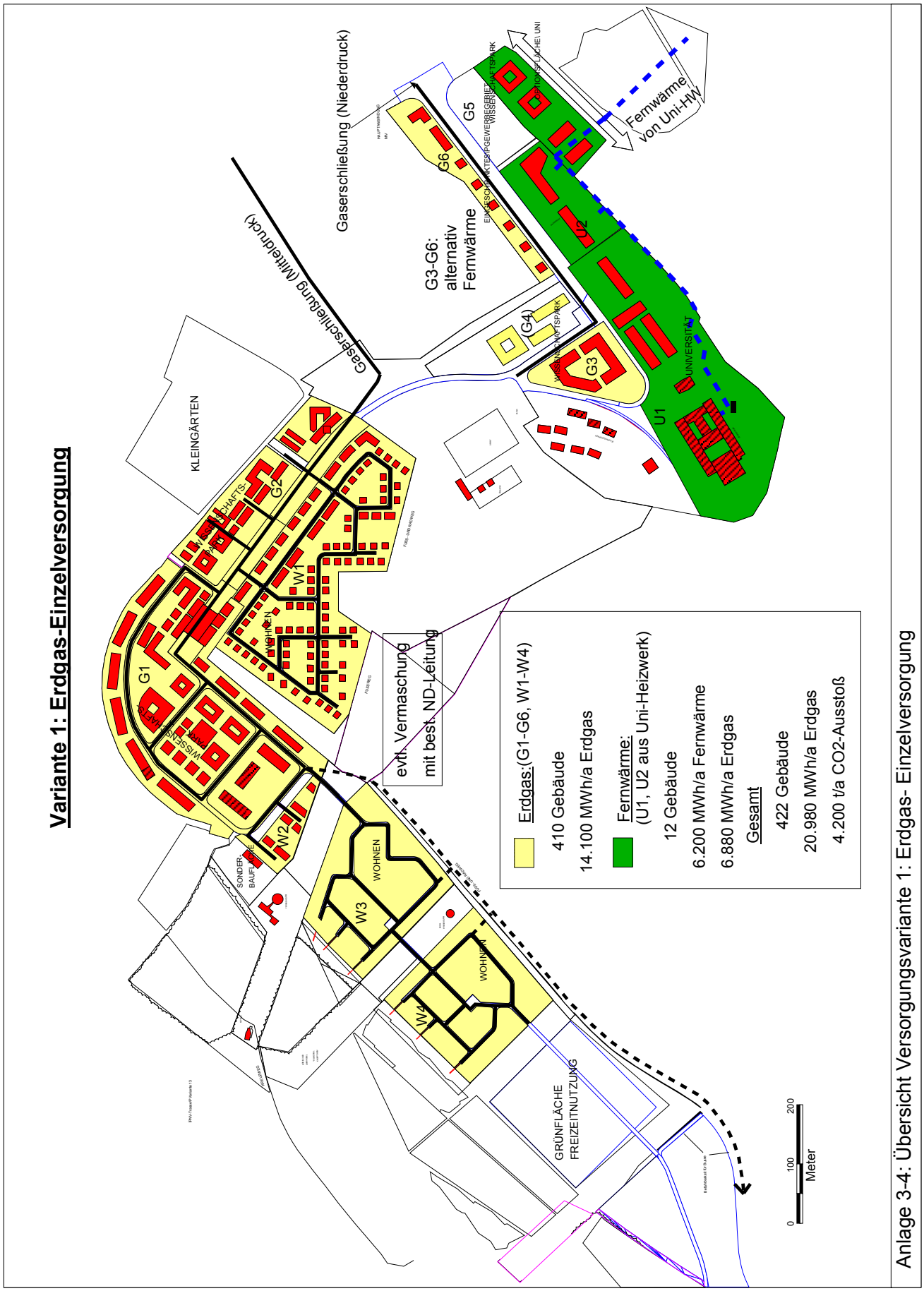
Anmerkungen:

*) auch Strom für BWW-Bereitung in Untertischgeräten

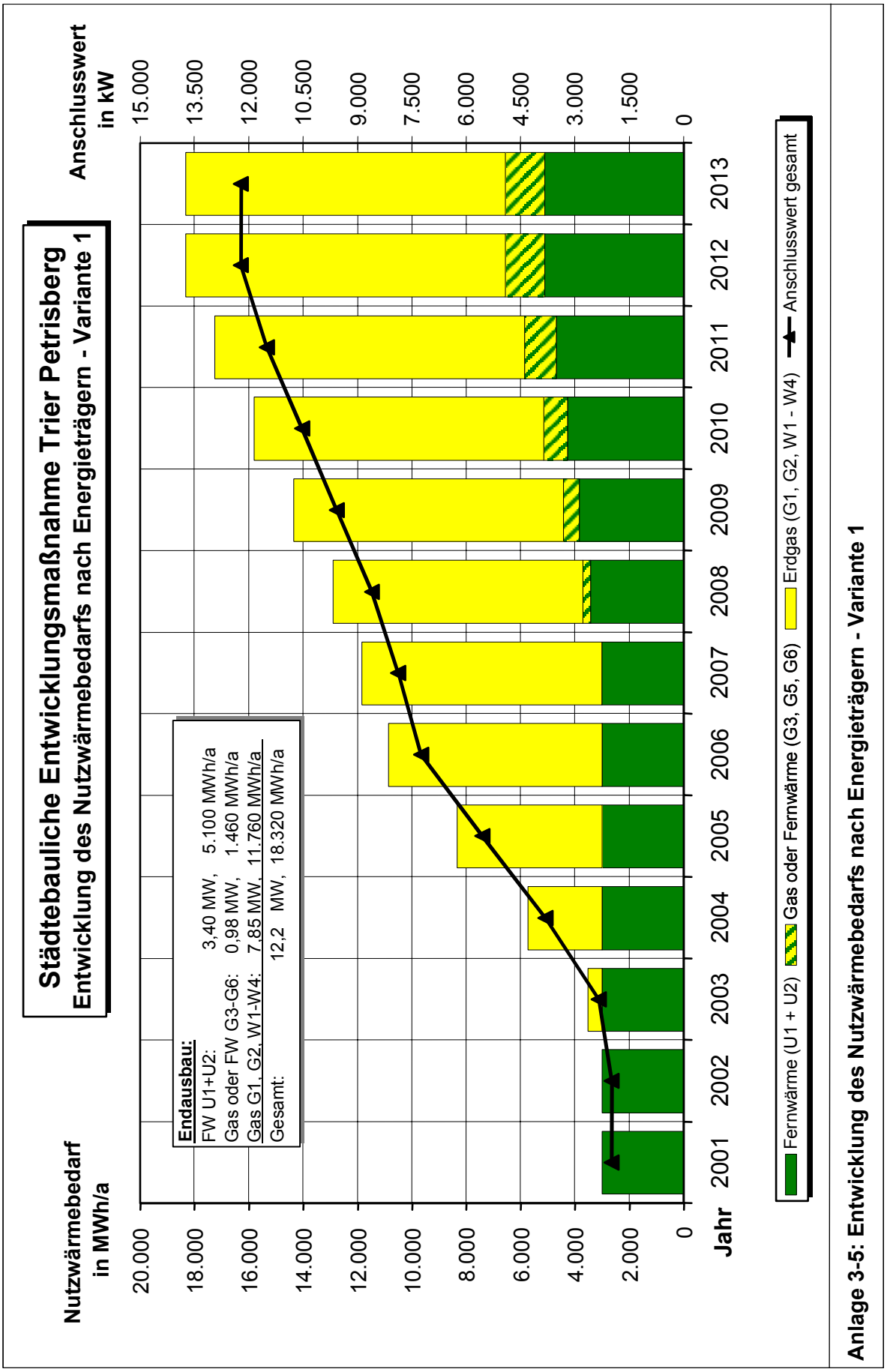
**) Zinskosten aus der Lagerung von Brennstoffen; es wird davon ausgegangen, dass im Jahresmittel die Hälfte des Brennstoffes bzw. des Kapitals hierfür gebunden ist.

***) prozentualer Ansatz bezogen auf Gesamtinvestition abzgl. Baukosten (Kamin, sonst.Baukosten, Hausanschluss, BKZ, Leitungsystem)

Anlage 3-3: Heizkostenvergleich Bürogebäude

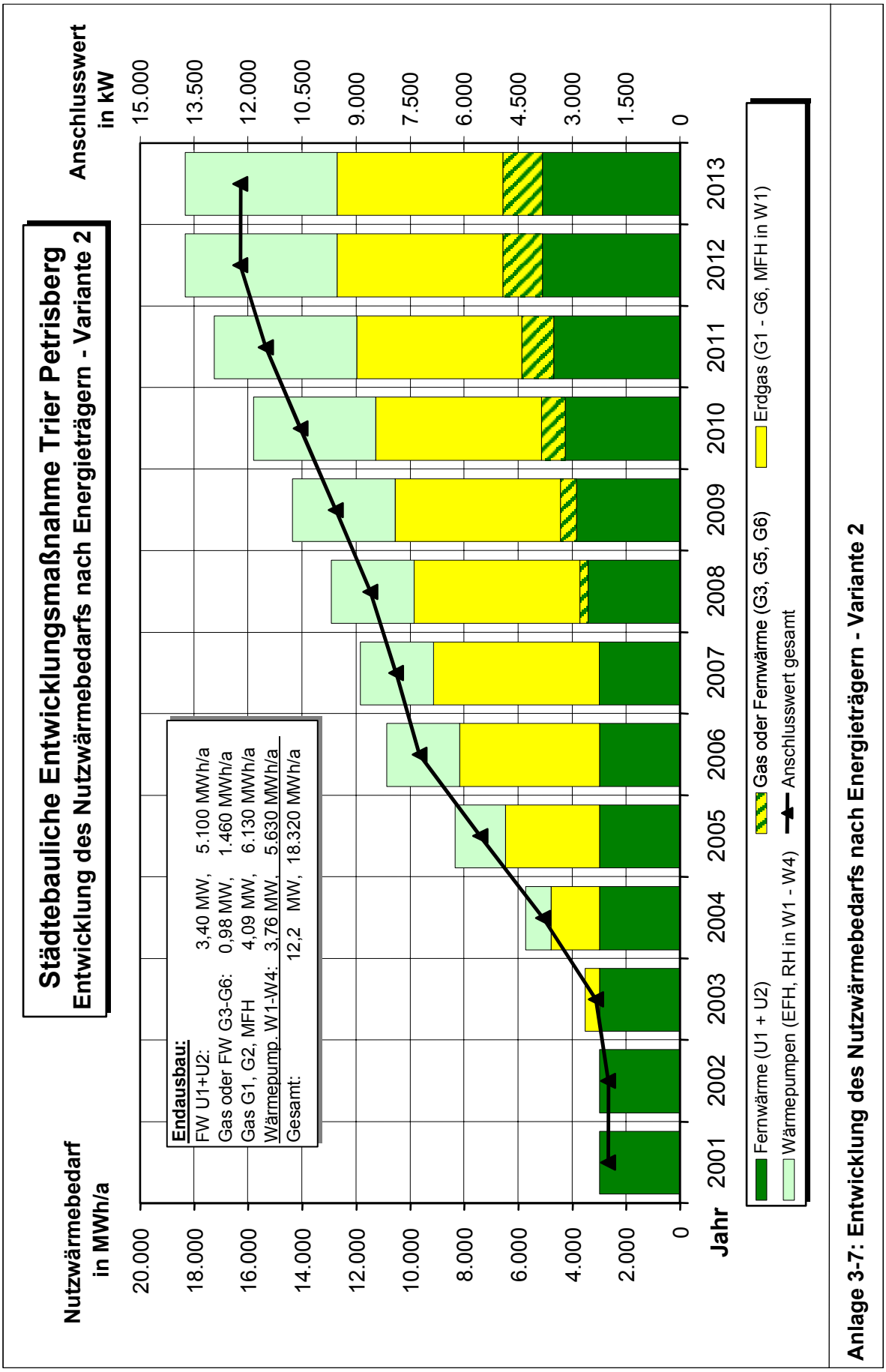


Anlage 3-4: Übersicht Versorgungsvariante 1: Erdgas- Einzelversorgung

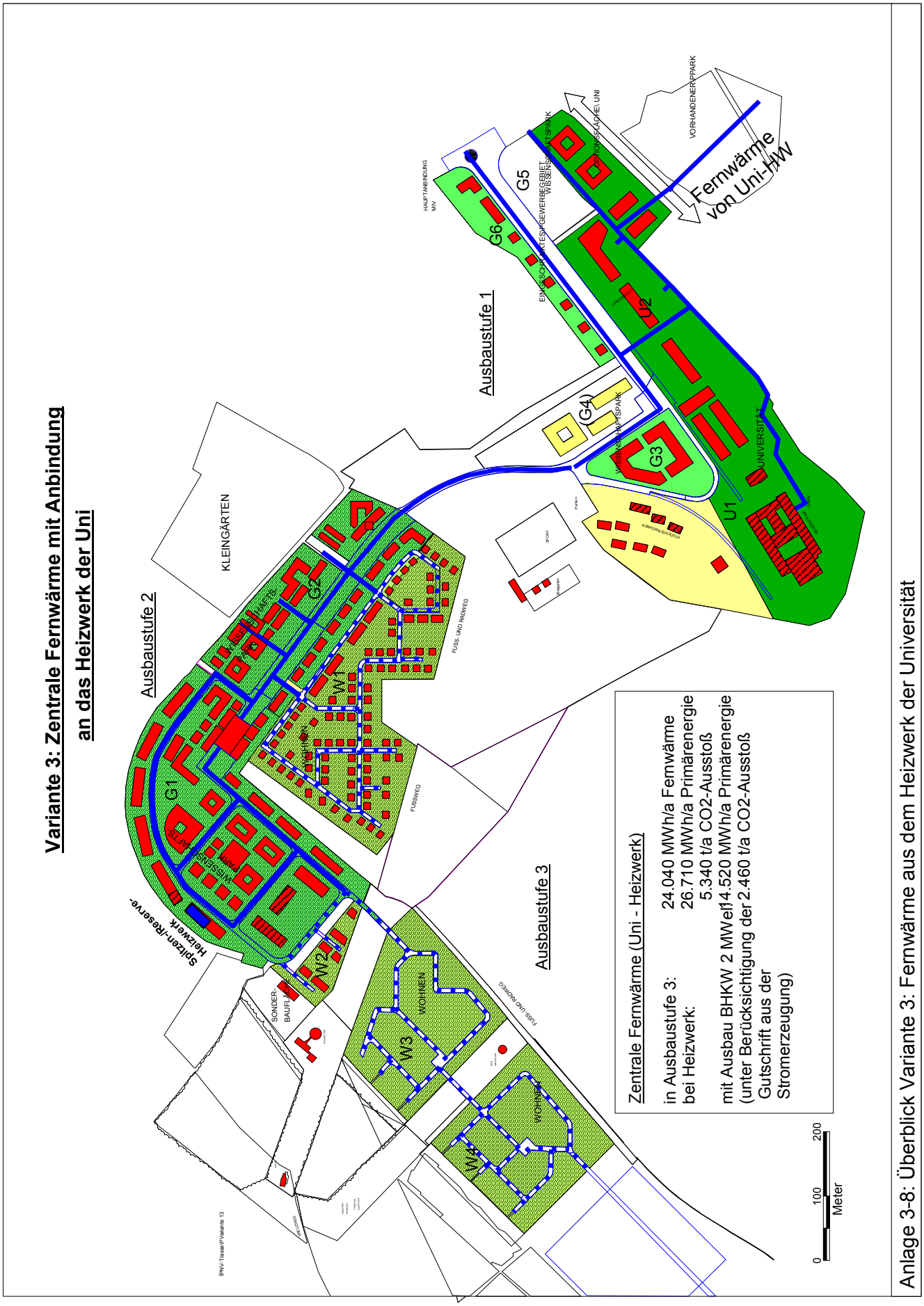


Anlage 3-5: Entwicklung des Nutzwärmebedarfs nach Energieträgern - Variante 1

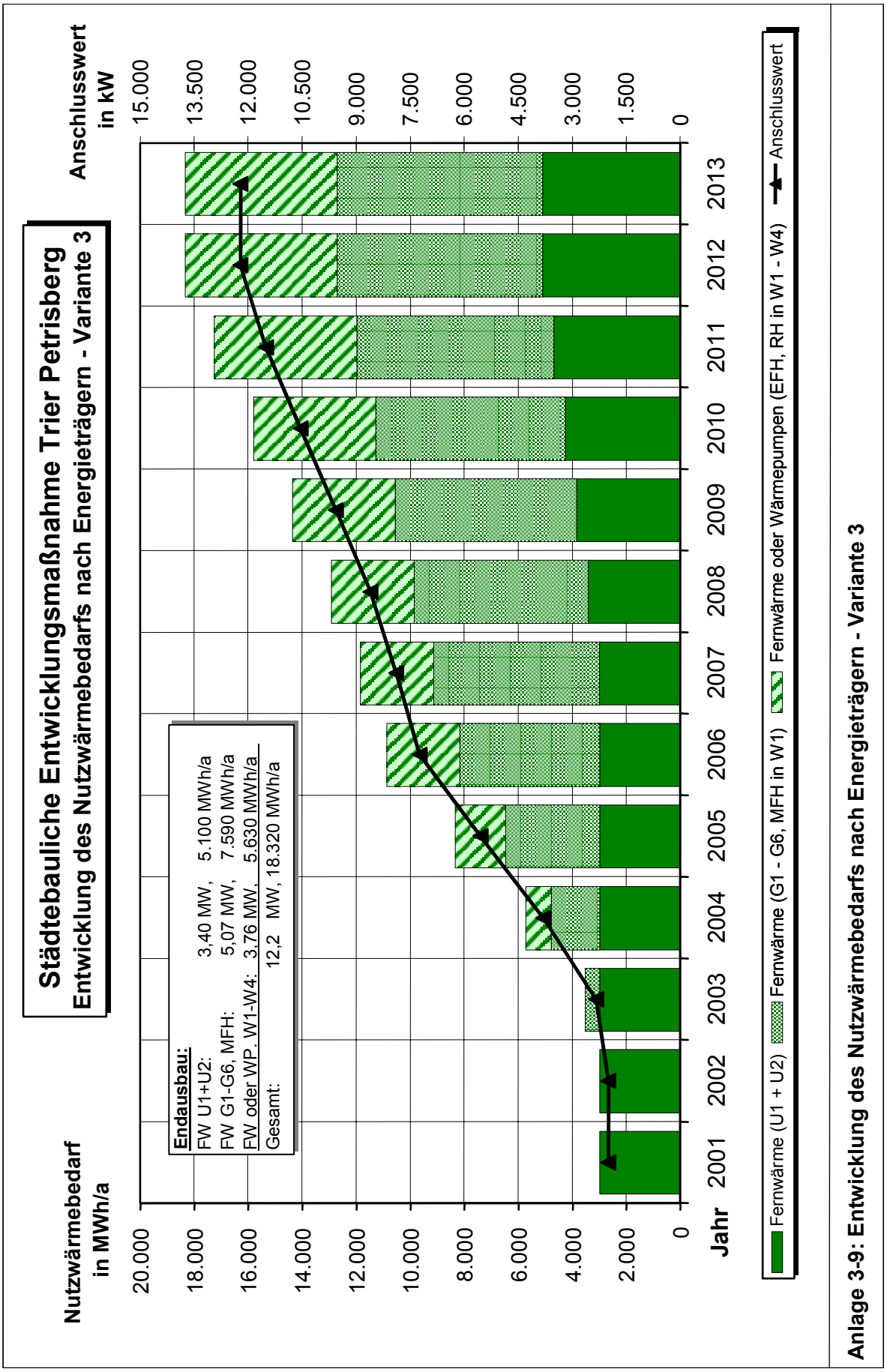
Anlage 3-6: Überblick Variante 2: Erdgasversorgung und Elektro-Wärmepumpen



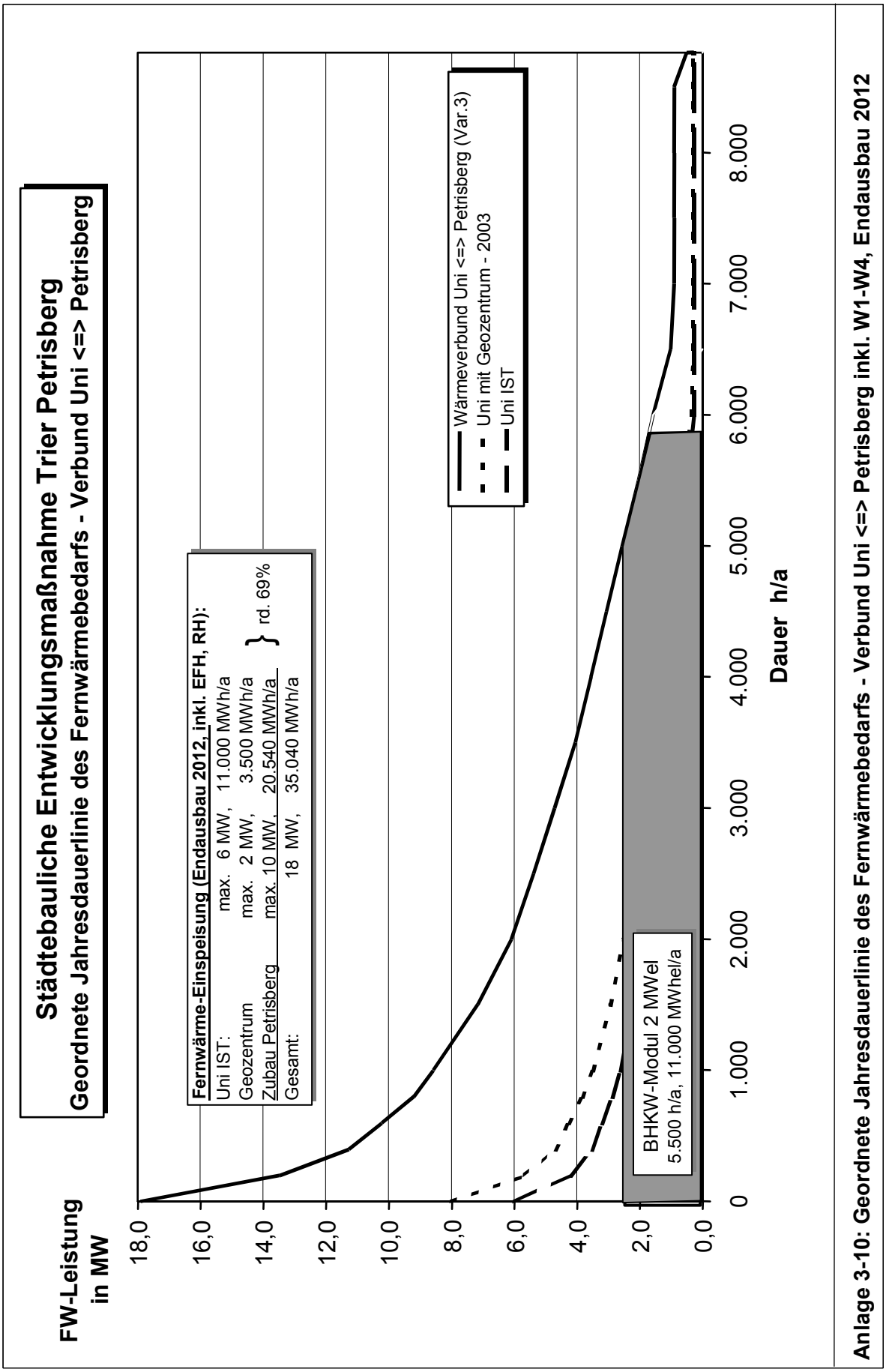
Anlage 3-7: Entwicklung des Nutzwärmebedarfs nach Energieträgern - Variante 2



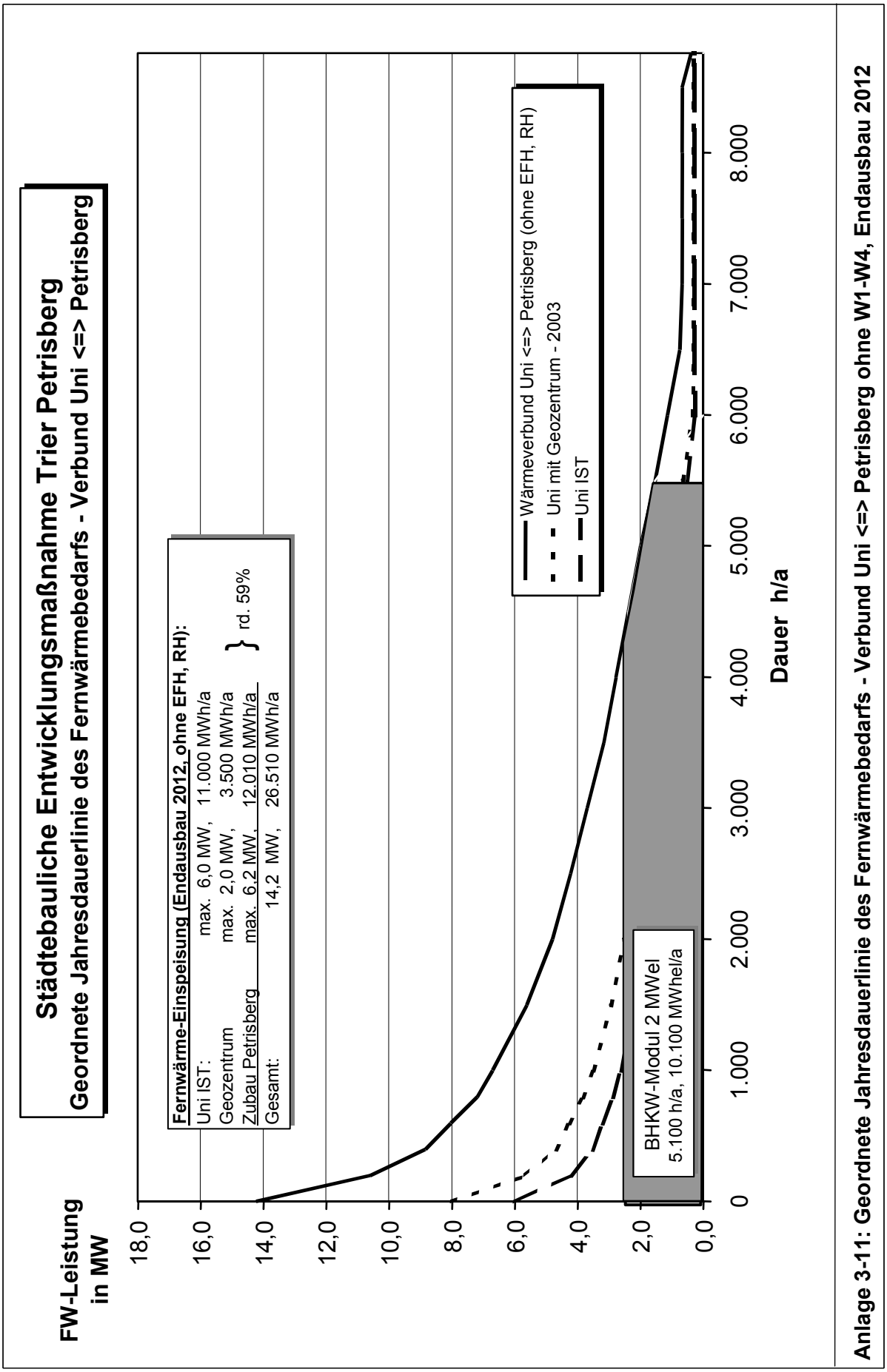
Anlage 3-8: Überblick Variante 3: Fernwärme aus dem Heizwerk der Universität



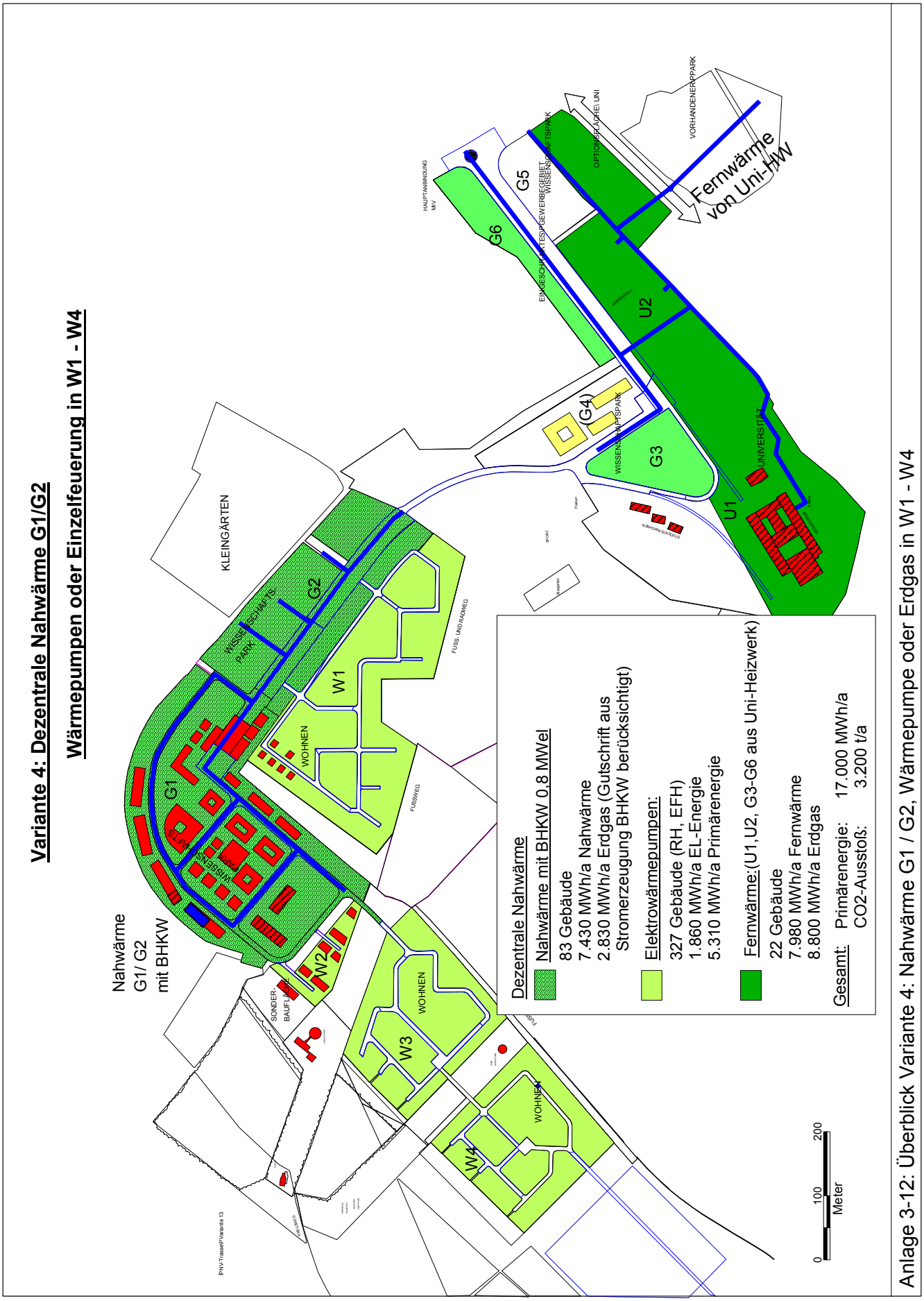
Anlage 3-9: Entwicklung des Nutzwärmebedarfs nach Energieträgern - Variante 3



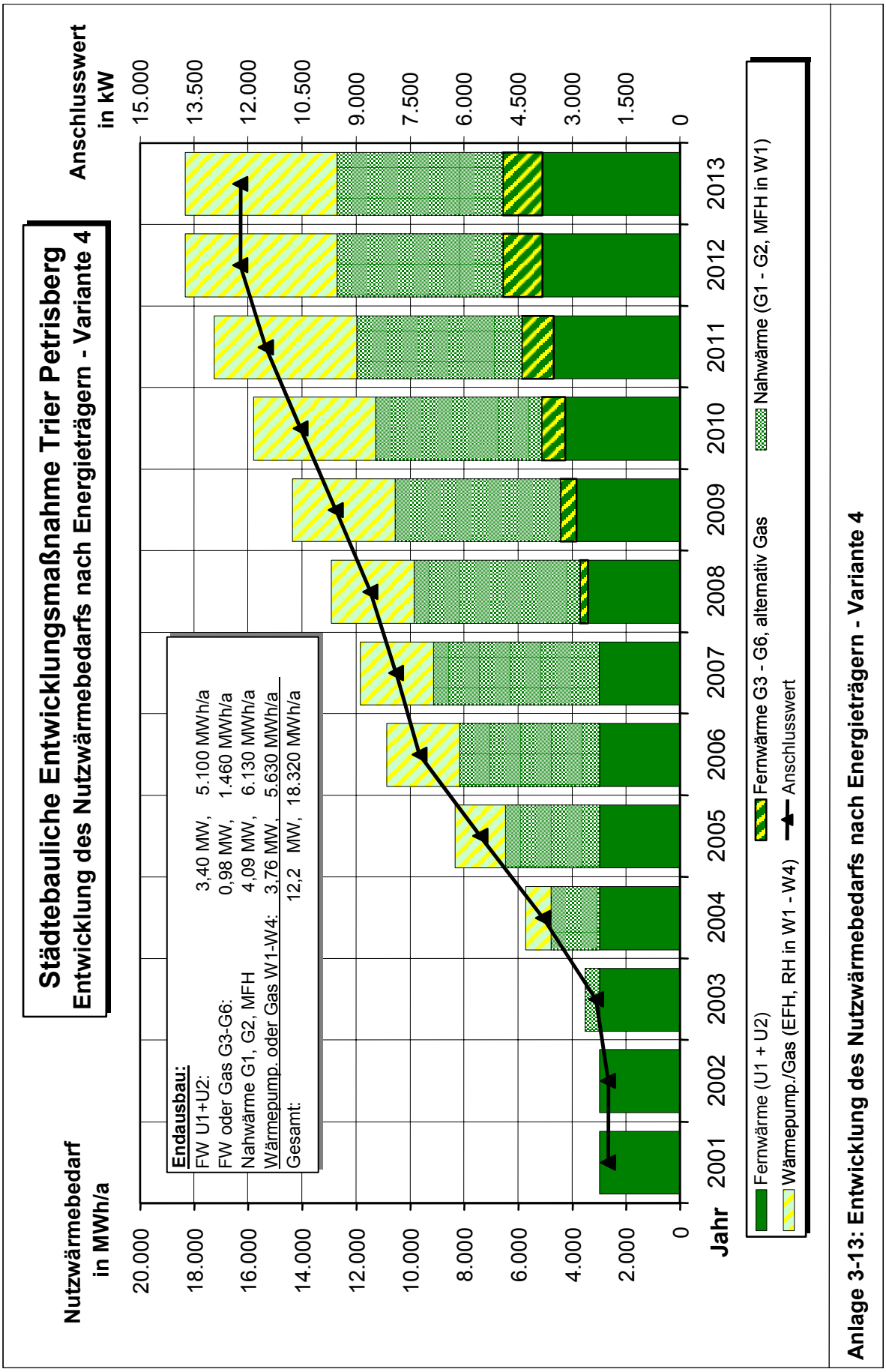
Anlage 3-10: Geordnete Jahresdauerlinie des Fernwärmebedarfs - Verbund Uni <=> Petrisberg inkl. W1-W4, Endausbau 2012



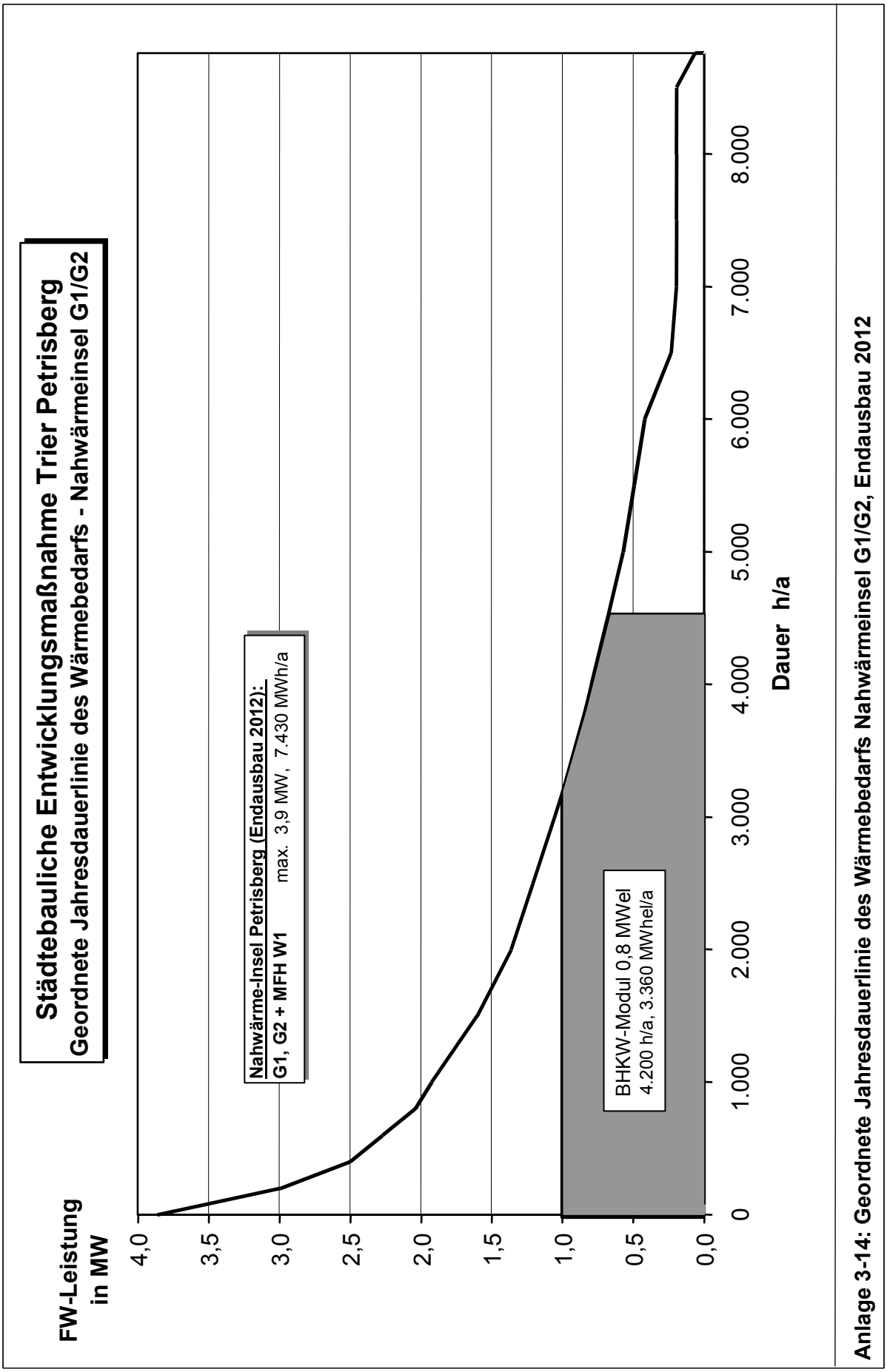
Anlage 3-11: Geordnete Jahresdauerlinie des Fernwärmebedarfs - Verbund Uni <=> Petrisberg ohne W1-W4, Endausbau 2012



Anlage 3-12: Überblick Variante 4: Nahwärme G1 / G2, Wärmepumpe oder Erdgas in W1 - W4



Anlage 3-13: Entwicklung des Nutzwärmebedarfs nach Energieträgern - Variante 4



Anlage 3-14: Geordnete Jahresdauerlinie des Wärmebedarfs Nahwärmeinsel G1/G2, Endausbau 2012