

Energetisches Quartierskonzept Würzburg Faulenbergkaserne Teil I (Gesamtbericht) und Teil II (Wärmeverbundnetze)

Erstellt von der

in Zusammenarbeit mit dem


Energieagentur
Unterfrankene.V.


Institut für
Energietechnik
Ostbayerische Technische Hochschule
Amberg-Weiden 



Fördergeber

KfW

Palmengartenstraße 5-9
60325 Frankfurt
Fon: 069 / 7431 - 0
Fax: 069 / 7431 - 2944
www.kfw.de



Zuschussnummer: 820 69 26

Auftraggeber

Stadt Würzburg

Fachbereich Umwelt- und Klimaschutz

Karmelitenstraße 20
97070 Würzburg
Fon: 0931 / 36-2686
Fax: 0931 / 36-3686
christian.goepfert@stadt.wuerzburg.de
www.wuerzburg.de



Auftragnehmer

Energieagentur Unterfranken e.V.

Domstraße 5
97070 Würzburg
Fon: 0931 / 4521 - 303
Fax: 0931 / 4521 - 305
info@ea-ufr.de
www.ea-ufr.de



in Zusammenarbeit mit dem

Institut für Energietechnik IfE GmbH

an der Hochschule Amberg-Weiden
Kaiser-Wilhelm-Ring 23a
92224 Amberg
Fon: 09621 / 482-3921
Fax: 09621 / 482-4924
info@ifeam.de
www.ifeam.de



Dieser Bericht ist für alle interessierten Bürgerinnen und Bürger erarbeitet worden. Um die Lesbarkeit des Berichtes zu verbessern, wird im Text jeweils die in der Regel kürzere, männliche Form verwendet. In diesem Bericht sind Frau und Mann selbstverständlich gleichermaßen angesprochen.

Studie zum
Energetischen Quartierskonzept
Würzburg Faulenbergkaserne

Berichtsteil I
Gesamtbericht

mit Auszügen aus Berichtsteil II – Wärmeverbundnetze

Datenstand Dez. 2013

Juli 2014 - Energieagentur Unterfranken e.V.

Inhaltsverzeichnis

1.	Zielsetzungen und Aufgabenstellung	5
2.	Kurzdarstellung	6
3.	Zusammenfassung.....	10
3.1.	Das Quartier Faulenbergkaserne heute.....	10
3.2.	Potentiale	13
3.2.1.	Energiestandards der Gebäude	13
3.2.2.	Nutzung von Solarenergie	15
3.2.3.	Versorgung mit Nah- und Fernwärme / -Kälte	16
3.2.4.	Weitere Energieversorgungsansätze	18
3.2.5.	Faulenbergkaserne 2050	21
3.3.	Maßnahmen zur Umsetzung	23
4.	Untersuchungen und Ergebnisse.....	25
4.1.	Detaillierung Nutzungskonzept	25
4.2.	Sanierungspotential – historische Gebäude.....	29
4.3.	Angestrebter Neubaustandard	31
4.4.	Regenerative Energieerzeugung im Gebiet	33
4.5.	Wärmeverbundnetze (IfE).....	37
4.6.	Innovative Wärmeversorgungsansätze	46
4.6.1.	Kaltwassernetzoptionen	46
4.6.2.	Restwärmenutzung.....	48
4.6.3.	Versorgung der Faulenbergkaserne mit PV-Strom mit erhöhter Eigenstromnutzung.....	48
4.7.	Öffentlichkeitsarbeit	53
4.7.1.	Relevante lokale Akteure	53
4.7.2.	Durchführungskonzept	53
4.7.3.	Einbindung der Öffentlichkeit - Zeitablauf	55
5.	Abbildungs- und Bildverzeichnis	57
6.	Glossar	59
7.	Anlagen	60
7.1.	Gebäudesteckbriefe - Altbauten.....	61
7.2.	Berechnungsgrundlagen Neubauberechnung - Nutzungsprofile.....	84
7.3.	Nutzungskonzept	95
7.4.	Gesamtübersicht Energiebilanz	101
7.5.	Energiedichtenplan.....	104

Berichtsteil II: Gutachten (IfE) –Erstellung von Wärmekatastern und Vorauslegung von Nahwärmeverbundnetzen

1. Zielsetzungen und Aufgabenstellung

Ziel des integrierten Quartierskonzeptes ist die Erstellung eines ganzheitlichen Energiekonzeptes, welches das Quartier Faulenbergkaserne möglichst unabhängig vom Import fossiler Energieträger werden lässt und die eigenständige Versorgung durch erneuerbare Energien sicherstellt. Dabei wurden alle orts- und quartiersrelevanten Gegebenheiten, insbesondere die bestehenden und geplanten baulichen Strukturen gemäß beschlossener Masterplanung sowie die Entwicklungsmöglichkeiten des Gebietes berücksichtigt. Die Bebauung des ehemaligen Kasernengelände besteht aus einer Mischung aus nicht erhaltenswerten Bauten aus der Nachkriegszeit (überwiegend Hallenbauten), als auch aus einer erhaltenswerten, teilweise denkmalgeschützten Bausubstanz. Der Großteil der nicht erhaltenswerten Nachkriegsbauten sollen abgerissen werden. Für den Wiederaufbau gibt es einen städtebaulichen Plan mit Gebäuden, die nach einem nachhaltigen Standard gebaut werden sollen. Die schützenswerte Bausubstanz soll nach den heutigen Möglichkeiten optimal gedämmt werden. Für beide Aufgaben wurden Berechnungen und Ausführungshinweise erstellt (Siehe Kapitel 4.1 und 4.2).

In einem zweiten Schritt wurde für das Gebiet eine Umstellung auf regenerative Energieträger untersucht und bewertet. Dafür wurde ein Wärme- und Kältekataster erstellt und eine Vorauslegung eines Nahwärmenetzes in verschiedenen Varianten mit Wirtschaftlichkeitsdaten berechnet. In einem dritten Schritt wurde zudem die Gesamtbilanz über die Wärme- und Kälteversorgung hinaus um den Strombedarf der Nutzung erweitert. Dabei wurde untersucht, wie hoch die Selbstversorgung des Gebietes mit dort erzeugtem PV-Strom möglich ist.

Das Konzept soll eine Balance zwischen den Klimaschutzzielen der Stadt Würzburg und der Attraktivität für einen Investor herstellen, der dieses wirtschaftlich umsetzen können muss. Das vorliegende Quartierskonzept wird als Chance gesehen, beide Ziele zu vereinen und als Leuchtturmprojekt eine Immobilienvermarktung mit der Vision einer nachhaltigen Gesellschaft im Gebäudebereich zu vereinen.

2. Kurzdarstellung

Das Ziel, einer regenerativen Selbstversorgung des Gebietes mit Energie zum Heizen, Kühlen und für übliche Stromverbraucher kann in der Summe über die Eigenproduktion an PV (Photovoltaik) auf Dächern und Fassaden erreicht werden. Es bliebe sogar ein Anteil für weitere Nutzungen, wie z.B. die Elektromobilität übrig – allerdings nur als Bilanzsumme mit Nutzung des öffentlichen Stromnetzes als Speicher. Eine echte Autarkie, die gleichzeitig den Strom zur Verfügung stellt, wenn er gebraucht wird, ist in diesem dicht gebauten Gebiet auf Grund des Verhältnisses von zur versorgenden Geschossfläche und der verfügbaren Kollektorfläche heute nicht möglich. Immerhin ist durch intelligente Nutzung des selbst erzeugten Stromes und Speicherung in Kälte (z.B. Eisspeicher) und Kurzzeit-Batterie, ein Autarkiegrad von bis zu 73% für diese Bereiche möglich. Sollte in Zukunft die Speicherung in Methan oder Wasserstoff wirtschaftlich in Kleinanlagen möglich sein, wäre auch eine Autarkie des Untersuchungsgebietes möglich.

Für die regenerative Energieversorgung wurden zudem verschiedene Versorgungsvarianten untersucht, die im Wesentlichen zentral die Energie erzeugen und über ein Wärme – oder Kältenetz verteilen. Die Erzeugung dieser Energie würde außerhalb des Untersuchungsgebietes erfolgen. Die untersuchten Varianten unterteilen sich in der Erzeugung in 4 Gruppen (siehe auch Abb. 1):

- Varianten mit hauptsächlich Fernwärmeversorgung (1.0 , 1.1, 1.2)
- Varianten mit Wärmepumpen (2 und 3)
- Varianten mit Nutzung von Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) (4.1 und 4.2)
- Untervarianten des Betriebs der BHKWs mit Biogas (5.1 und 5.2)

Variante	1.0	1.1	1.2	2	3
Kurzbezeichnung Wärme	Fernwärme	Fernwärme	Fernwärme	WP Erdsonden	WP Grundwasser
Kurzbezeichnung Kälte	Kompression (dez.)	Kompression (zent.)	Absorption	WP Erdsonden	WP Grundwasser

Variante	4.1	4.2	5.1	5.2
Kurzbezeichnung Wärme	Gas- BHKW	Gas- BHKW	Biomethan- BHKW	Biomethan- BHKW
Kurzbezeichnung Kälte	Kompression	Absorption	Kompression	Absorption

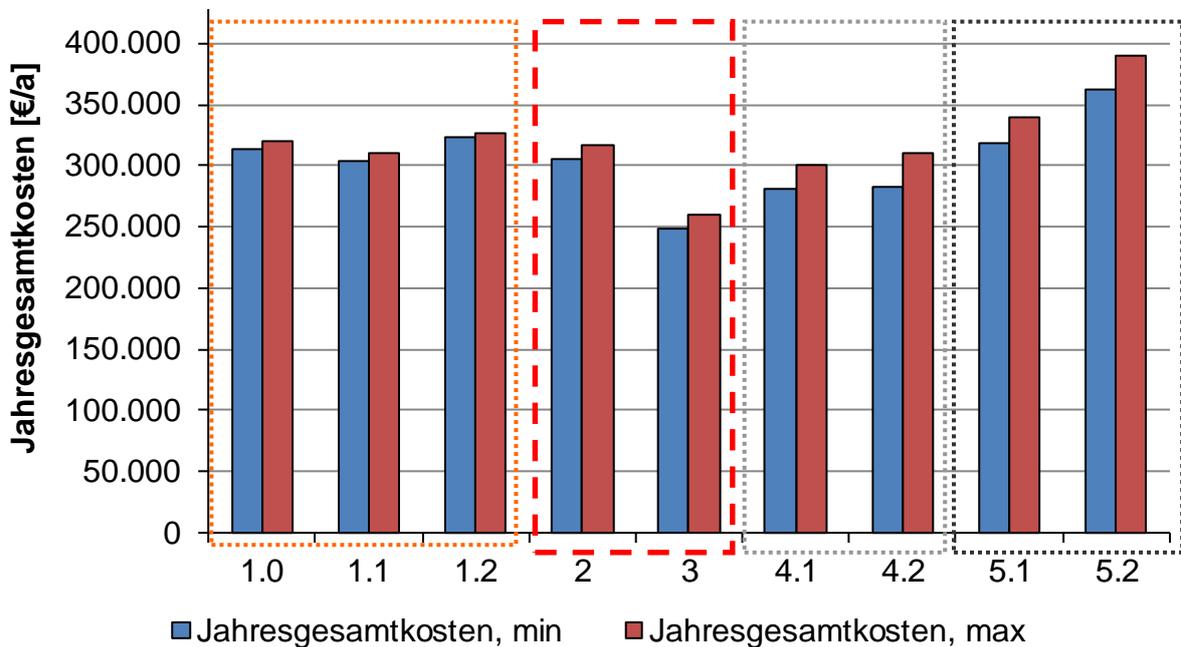
Vordergründig stellt die Wärmeversorgung mit der Variante 3 die kosteneffizienteste Variante dar und die Biomethan-BHKW-Lösung (5.2) die Variante mit dem geringsten CO₂-Ausstoß. Dabei sind aber folgende Punkte zu beachten:

- Die Fernwärmeversorgungsvarianten sind von der Umweltbilanz und Kosteneffizienz durch den lokalen Energieversorger WVV, dessen Kraftwerksmix und Kostenstruktur bestimmt.

- Die Wärmepumpen hängen vom Mix des Strombezugs ab und haben als Quelle den das Erdreich oder Grundwasser. Diese Nutzung wird allerdings vom Wasserwirtschaftsamt sehr kritisch gesehen und es bedarf einer weiteren Klärung durch Bodengutachten.
- Alle Gas-BHKW-Lösungen erzielen ihre gute Wirtschaftlichkeit durch den Verkauf des erzeugten Stromes. Dieser ist an staatliche Subventionen gebunden. Für ein Konzept, das auf 20 oder gar 40 Jahre ausgelegt ist, stellt dies einen Unsicherheitsfaktor dar.
Ein BHKW kann in angepasster Leistung auch noch später zu einer Fernwärmeversorgung ergänzt werden. Insofern können die BHKW-Varianten nicht nur als Alternative, sondern auch als Ergänzung der Varianten 1.1 bis 1.3 gesehen werden. BHKWs können auch auf Grund der relativ kurzen Lebensdauer schnell an Innovationen auf dem Markt angepasst werden.
- Die Abhängigkeit von der Subvention eingespeisten Stromes ist bei den mit Biogas betriebenen BHKWs noch stärker. Außerdem wird die geringste CO₂-Emission der Varianten dadurch erreicht, dass der regenerativ erzeugte Strom in der Umweltwirkung gut geschrieben wird, da damit an anderer Stelle in Deutschland „schlecht“ erzeugter Strom vermieden wird. Dies stellt eine übliche und zulässige Berechnungsart dar. Derzeit ist das verfügbare Biogas sehr begrenzt und macht ca. 0,6 % des jährlichen Erdgasverbrauches aus¹.

¹ Pressemitteilung des Deutschen Biomasseforschungszentrums (DBFZ) vom 19.04.2012, erzeugtes Biogas 2011: 460 Millionen Nm³) = ca. 0,06 % des deutschen Erdgasverbrauchs des Jahres 2011. Dabei ist zu berücksichtigen, dass nicht die gesamte eingespeiste Biomethanmenge in KWK-Anlagen genutzt wird.

Unabhängig von diesen Punkten stellt sich die Kosten-Nutzen-Situation der Varianten, mit heutigen Rahmenbedingungen als Summe aller Kosten der Energieversorgung wie folgt dar:



Variante	1.0	1.1	1.2	2	3
Kurzbezeichnung Wärme	Fernwärme	Fernwärme	Fernwärme	WP Erdsonden	WP Grundwasser
Kurzbezeichnung Kälte	Kompression (dez.)	Kompression (zent.)	Absorption	WP Erdsonden	WP Grundwasser

Variante	4.1	4.2	5.1	5.2
Kurzbezeichnung Wärme	Gas- BHKW	Gas- BHKW	Biomethan- BHKW	Biomethan- BHKW
Kurzbezeichnung Kälte	Kompression	Absorption	Kompression	Absorption

Abb. 1: Jahresgesamtkosten der Netzversorgungsvarianten (Quelle IfE)

Zu bemerken ist, dass sich die Kostenschwankung bis auf die Varianten 3 und 5 in einem Korridor von nur +- 10% bewegt; eine Größenordnung also, die bei der Berechnungstiefe, die hier durchgeführt wurde, als mögliche Fehlertoleranz der Berechnung gesehen werden kann. Da gerade die Varianten 3 und 5 aber mit Unsicherheiten verbunden sind, wird empfohlen, die Bewertung der Maßnahmen an weiteren Faktoren zu messen. Dafür wird eine Bewertungsmatrix vorgeschlagen:

	V 1.0	V 1.1	V 1.2	V2	V3	alternativ	V4.1	V4.2	V5.1	V5.2	
Wärme	Erdgas dezentral	FW	FW	FW	WP Erdsonden	WP Grundwasser	WP dezentral	BHKW	BHKW	Biogas-BHKW	Biogas-BHKW
Kälte	Kompression de-zentral	Kompression de-zentral	Kompression zentral	Absorbtion zentral	WP Erdsonden	WP Grundwasser	Grund-wasser	Kompression zentral	Absorbtion zentral	Kompression zentral	Absorbtion zentral
Spitzenlast	-	FW	FW	FW/Kompr	FW/Kompr	FW/Kompr	Gas/Kompr	FW/Kompr	FW/Kompr	FW/Kompr	FW/Kompr
Energiepreis	+	0	0	0	0	++	+++	0	0	0	--
Eigenstromnutzung	-	++	++	0	+	+	+	-	-	-	-
CO2	---	+	+	+	+	+	++	+	+	+++	++++
Sicherheit	+	+	+	+	--	--	---	0	0	0	-
Innovation	-	0	+	++	+	+	+++	+	++	++	+++

Abb. 2: Punkte-Bewertungstabelle der Energieversorgungsvarianten

Neben den Fernwärmenetzvarianten wurden hier auch zwei dezentrale Varianten gegenübergestellt:

- „Erdgas dezentral“ als heute gängigste Vergleichsvariante und
- eine Innovationsvariante als Alternative zu V3, die dezentrale Grundwasser-Wärmepumpen und direkt das Grundwasser zur Kühlung der Gebäude nutzt.

Es ist erkennbar, dass keine eindeutig „beste Variante“ ermittelt werden kann und diese von der Gewichtung der einzelnen Faktoren abhängt.

Das vorliegende Quartierskonzept kann zwar keine eindeutig beste Lösung zur zukünftigen Energieversorgung liefern, es bietet aber Lösungen zu den energetischen Standards der Gebäude und kann Optionen einer zukünftigen Energieversorgung aufzeigen, verbunden mit einer Vision einer möglichst hohen Deckung des Energieverbrauchs mit regenerativen Energieträgern und sogar der Möglichkeit einer teilweisen autarken Energieversorgung.

Eine Vision, die schon unter heutigen Marktbedingungen konkurrenzfähig ist und eine Vision, die stark genug sein könnte, einen möglichen Investor für die Sanierung des Gebietes zu gewinnen. Dieser kann diese Vision werbewirksam einsetzen und die teilweise geringen Mehrkosten, welche sich kurz- bis mittelfristig rechnen, durch eine gute Vermarktung erzielen.

Die Stadt sollte dafür verbindliche Vorgaben energetische Standards des Sanierungsgebietes festlegen und im Gegenzug durch Förderung und bei der Vermarktung unterstützend tätig sein.

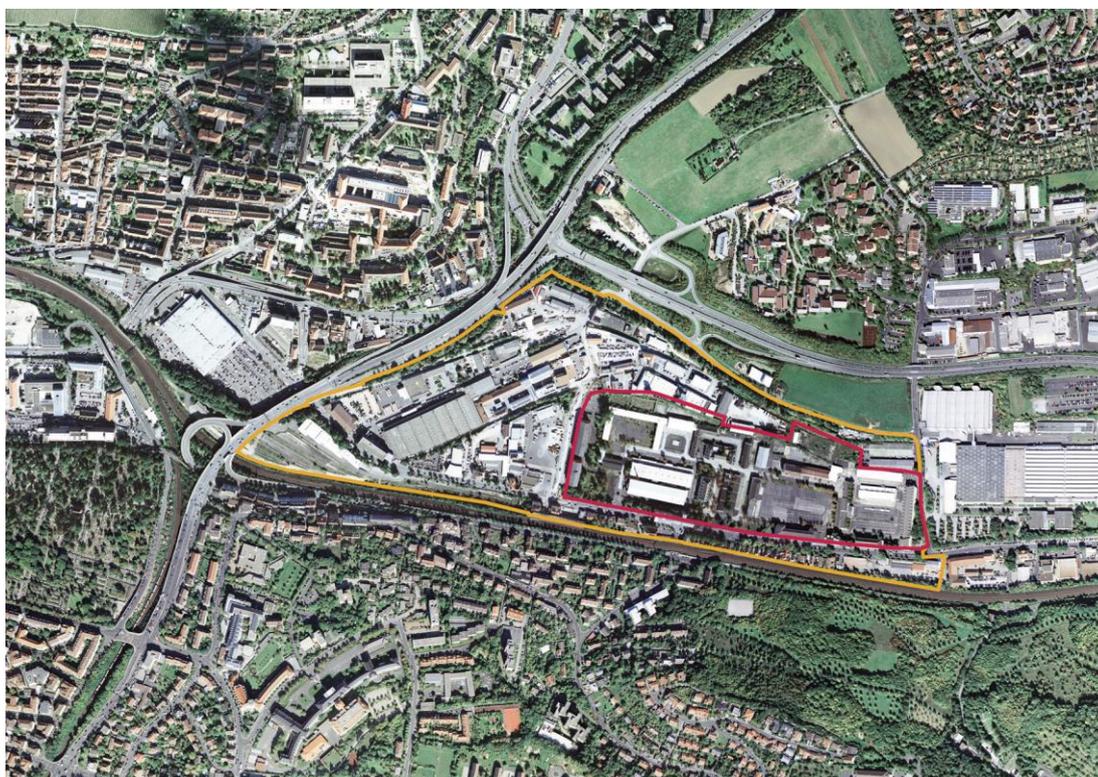
Bei den folgenden Betrachtungen ist zu beachten, dass die erstellten Energiebilanzen sich auf einen städtebaulichen Entwurf mit fiktiver Fassaden- und Gebäudegeometrie beziehen und dass eine detaillierte Planung davon stark abweichen kann.

3. Zusammenfassung

3.1. Das Quartier Faulenbergkaserne heute

Lage

Das Gelände der ehemaligen Faulenbergkaserne liegt am östlichen Rand der Innenstadt Würzburgs und wird westlich und nördlich durch das Gewerbegebiet "Aumühle" eingefasst. Im Norden, Westen und Süden wird das Planungsgebiet durch Verkehrskorridore begrenzt und von den umliegenden Stadtgebieten räumlich getrennt. Die zentrale Lage der ehemaligen Kaserne, nahe der Innenstadt ermöglicht eine gute Anbindung und Erreichbarkeit durch öffentliche Verkehrsmittel, dem Auto, Fahrrad oder sogar zu Fuß.



- Plangebiet
- Untersuchungsgebiet

Abb. 3: Luftbild Untersuchungsgebiet

Die insgesamt ca. 39 ha große Fläche des Untersuchungsgebiets umfasst die ehemals militärisch genutzten Fläche Faulenbergkaserne (ca. 12,5 ha) und die Fläche der Aumühle. Es liegt eine Altlastenverdachtsfläche vor.

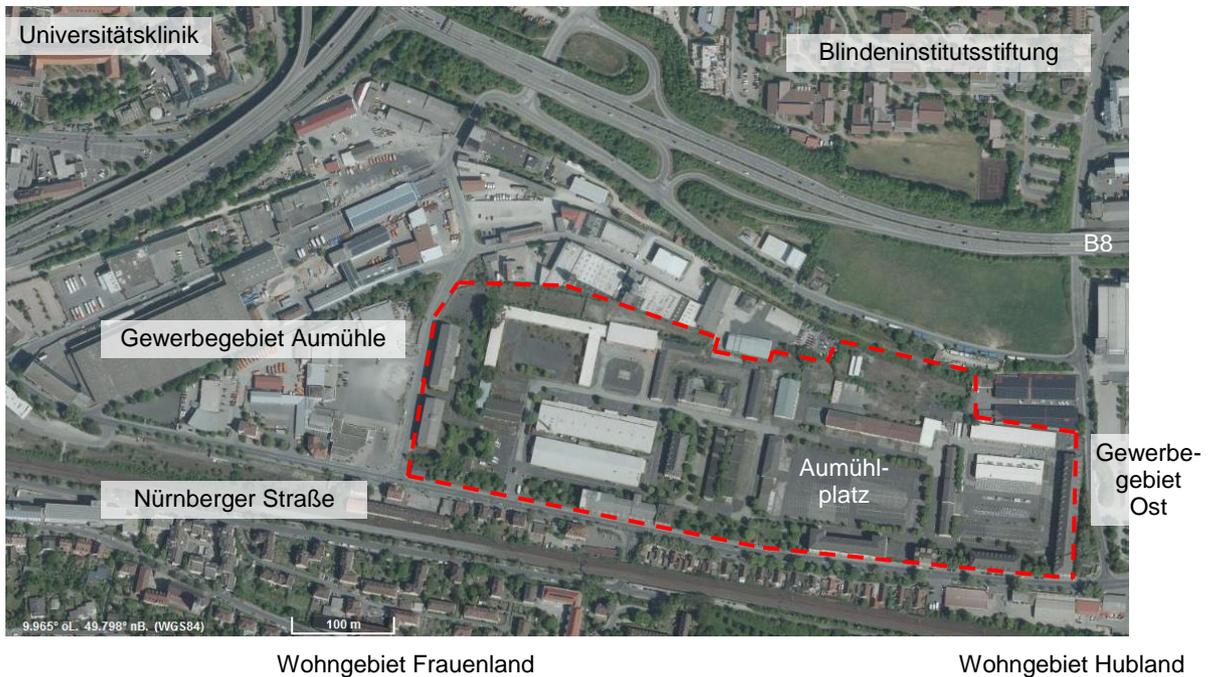


Abb. 4: Luftaufnahme des Geländes „Faulenbergkaserne“
[Quelle: <http://geoportal.bayern.de/bayernatlas>, Abgerufen am 12.10.2013]



Abb. 5 Topographiekarte

Die Tallage bedingt eine geringe Verschattung im Winter, die bei der Simulation der PV-Erträge berücksichtigt wurde.

Nutzung

Der 2007 von den US-Streitkräften freigegebene Standort Faulenberg ist derzeit eine Brachfläche im Gewerbegebiet Aumühle. Die ehem. Kasernenfläche ist das Eigentum der Bundesanstalt für Immobilienaufgaben (BIMA) und wird seither von der dieser für Immobilienaufgaben verwaltet. Westlich der Konversionsfläche befindet sich das Gewerbegebiet Aumühle zwischen Innerer und Äußerer Aumühlstraße. Nördlich und östlich sind weitere Gewerbebetriebe, u. a. ein großer Fahrzeugteilehersteller und zahlreiche Kleinnutzungen und Lagerflächen vorhanden.

Denkmalschutz

Einige Gebäude wurden Mitte 2009 als neue Denkmäler auf der Konversionsfläche anerkannt. Denkmäler sind die roten Backsteingebäude im Westen, eine Lagerhalle im Zentrum der Fläche, das Ensemble am ehem. Exerzierplatz im Osten, das Waaghaus an der Nürnberger Straße (außerhalb der ehem. Kaserne, Eigentum der Stadtbau Würzburg) und die Feuerweherschule (außerhalb der ehem. Kaserne, Eigentum der Stadtbau Würzburg). Die Denkmäler sind auf den nachfolgenden Grafiken dunkelrot markiert.



Abb. 6 Überlagerung bestehende / geplante Baustruktur
(Baudenkmäler in dunkelrot)

3.2. Potentiale

- 3.2.1. Energiestandards der Gebäude
- 3.2.2. Nutzung von Solarenergie
- 3.2.3. Versorgung mit Nah- und Fernwärme
- 3.2.4. weitere Energieversorgungsansätze

3.2.1. Energiestandards der Gebäude

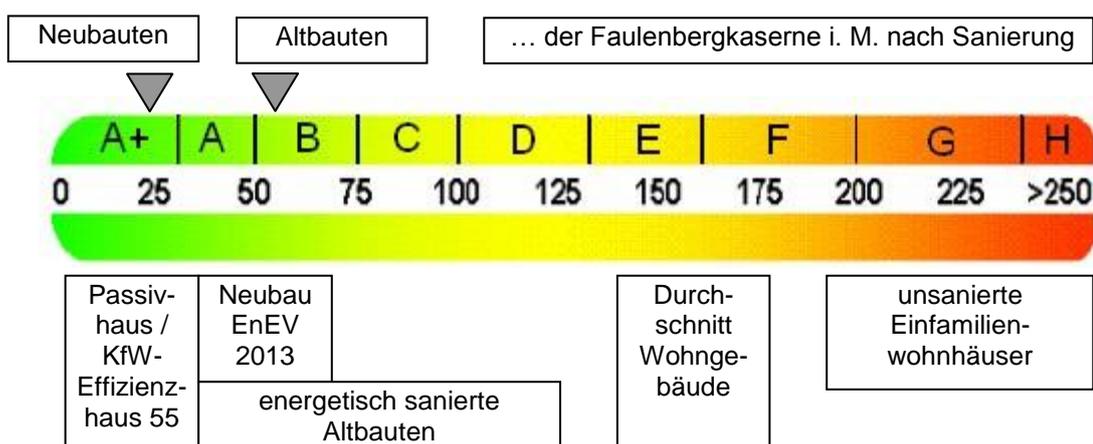


Abb. 7: Energiekennzahlen Endenergie Wärme im Vergleich – Auszug aus der EnEV 2013²

Neubauten

Für die neuen Gebäude (Nichtwohngebäude: vor allem Büros, hochwertiger Einzelhandel, Kunstwerkstätten) wurde ein heute gängiger und zukunftsfähiger Energieeffizienzstandard gewählt, mit Nutzung der besten, heute verfügbaren und kosteneffizienten Bauweisen und Anlagentechniken:

- Niedrigstenergiestandard der Gebäudehülle, fast Passivhausstandard (mittlerer Dämmwert inkl. 35% Fensterflächenanteil an den Fassaden von ca. 0,3 W/(m²K))
- Passivhausstandard bei der Effizienz der Anlagentechnik (Stromeffizienz von Lüftung, Pumpen und Beleuchtung, Wärme- und Kältegrundlast über Bauteilaktivierung)
- Möglichst passive Maßnahmen zur Vermeidung einer aktiven Kühlung (Verschattung, effektiver Sonnenschutz mit Tageslichtnutzung, Reduktion interner Lasten durch höchste Effizienz der Ausstattung – von der Kaffeemaschine bis zum Großkopierer).

² Endenergie beinhaltet zusätzlich zu der Nutzenergie die Anlagenverluste, der Erzeugung, Speicherung und Verteilung im Gebäude, hier für den Vergleich mit 15% angesetzt. Zu beachten ist zudem, dass die Vergleichskennwerte Wohngebäude darstellen, die den Energiebedarf für Warmwasser beinhalten (20-50%). Die Grafik stammt aus der EnEV 2013, die Beschriftung wurde angepasst.

Dadurch ergeben sich folgende durchschnittliche Energiebedarfskennwerte für die Neubauten:

- Heizung: 20 kWh/(m²a)
- Kälte: (nur die aktiv gekühlten Gebäude) 16 kWh/(m²a)
- Strom: (Gebäudetechnik und Ausstattung) 15 kWh/(m²a)

Warmwasser spielt bei den geplanten Nutzungen eine zu vernachlässigende Größe und ist im Strombedarf beinhaltet.

Altbauten:

Für die Sanierung der Altbauten mussten die Einschränkungen durch die Gestaltung, Denkmalpflege und Statik berücksichtigt werden. Dadurch können bei diesen Gebäuden weit geringere Dämmstandards erreicht werden. Da die meisten Gebäude allerdings stark sanierungsbedürftig sind, stehen sowieso hohe Sanierungskosten an, so dass sich eine energetische Ertüchtigung in diesem Zuge sehr gut rechnet. In Kapitel 4.2 sind die Sanierungsmaßnahmen zusammenfassend dargestellt, in der Anlage detailliert als Gebäudesteckbriefe mit den empfohlenen Einzelmaßnahmen. Diese Vorabschätzung ersetzt nicht eine qualifizierte Energieberatung und eine notwendige Detailklärung und die notwendigen noch durchzuführenden bauphysikalischen Berechnungen, speziell bei den Innendämmsystemen.

Dadurch ergeben sich folgende durchschnittliche Energiebedarfskennwerte nach der Sanierung für die Altbauten:

- Heizung: 48 kWh/(m²a)
- Strom: (Gebäudetechnik und Ausstattung) 14 kWh/(m²a)

3.2.2. Nutzung von Solarenergie

Der absolute Energiebedarf zur Beheizung der alten und neuen Gebäudesubstanz ist durch den gewählten Energiestandard gering, obwohl eine städtebauliche dicht bebaute Struktur vorliegt: 2.732 MWh/a Nutzenergie. Neubauten wurden in einen Fast-Passivhausstandard und die bestehende Altbausubstanz mit einem durchschnittlichen Potential der Energieeinsparung von 50% bewertet. Dazu kommt noch die Nutzenergie der Kälteversorgung in Höhe von 848 MWh/a, die aber nur bei den Nutzungen „Dienstleistung“, „Büro“ und „Kreativwirtschaft“ in den Neubauten angesetzt wurde und dort den Wärmebedarf erwartungsgemäß sogar übersteigt. Der Wärmebedarf für Warmwasserbereitung ist auf Grund der geplanten Nutzungen zu vernachlässigen, wohingegen der Strombedarf für Beleuchtung und Ausstattung mit 1.766 MWh/a zu Buche schlägt:

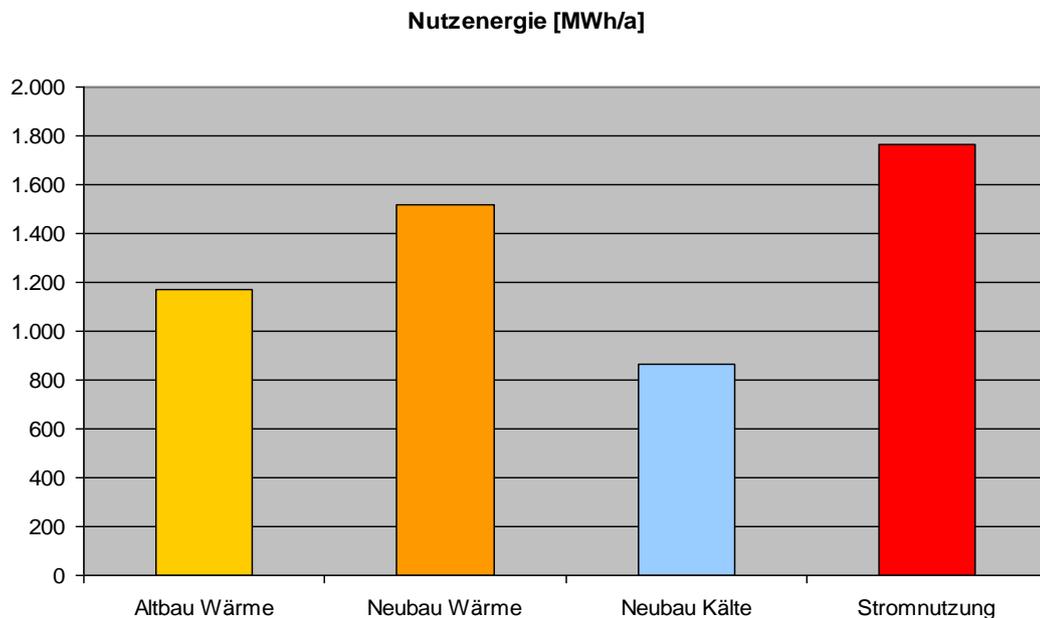


Abb. 8 Nutzenergien des Untersuchungsgebietes

Setzt man allerdings eine Wärmepumpe zur Kälte- und Wärmeerzeugung mit einem Leistungsverhältnis (JAZ) von 350% an, so blieben von dem Potential des PV-Stroms (4.950 MWh/a) sogar noch in der Bilanz 2.157 MWh/a für weitere Stromverbraucher, wie z.B. die Elektromobilität. Unter Berücksichtigung der Gleichzeitigkeit von Erzeugung und Nutzung können bis zu 73% des notwendigen Stromes selbst erzeugt werden und bis zu 37% des erzeugten Stromes im Gebiet selber genutzt werden:

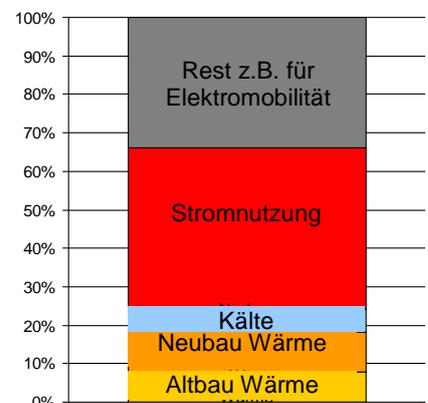


Abb. 9 mögliche Aufteilung selbst erzeugten PV-Stromes

3.2.3. Versorgung mit Nah- und Fernwärme / -kälte

Die Versorgung mittels Wärme und Kälte über ein Versorgungsnetz bringt extern erzeugte Energie in das Gebiet:

- als Energiemix über die Fernwärme der WVV;
- als Erdgas oder Biomethan, welches über Kraft-Wärme-Kopplung zu Strom und Wärme umgewandelt wird;
- als Mix, des in Deutschland produzierten Stromes 2012 mit ca. 23% Anteil aus regenerativen Energien³.

Bei der Betrachtung der Netzberechnungen wurde keine Eigenstromerzeugung aus Photovoltaik berücksichtigt. Diese würde die Wirtschaftlichkeit der Varianten mit Wärmepumpen (nutzen Strom, um Wärme aus der Umwelt verfügbar zu machen) verbessern.

Es wurde ein Nah- und Fernwärme / -kältenetz untersucht, welches im Westen des Gebietes ca. 74% der Wärme und 100% der Kälteversorgung abdeckt:

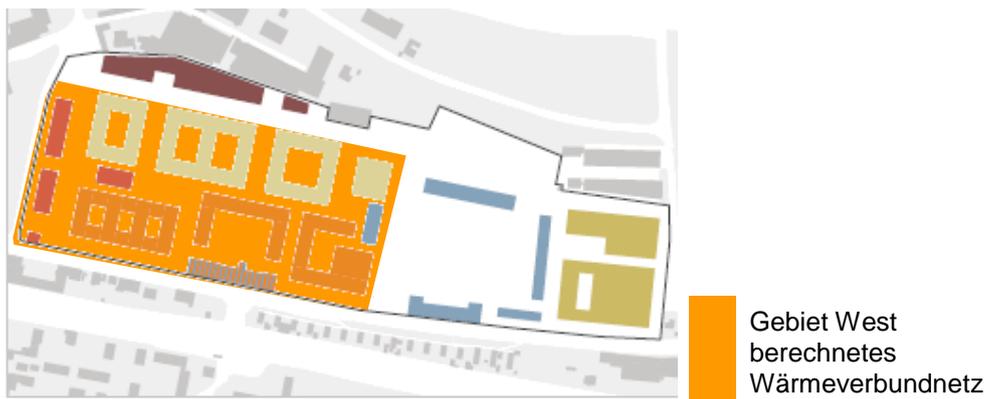


Abb. 10: Übersichtsplan Untersuchungsgebiet

Dabei wurden folgende Energieversorgungsvarianten untersucht:

	Wärme	Kälte	Anmerkung
1.0		Kompression dezentral	ohne Kältenetz
1.1	Fernwärme WVV	Kompression <u>zentral</u>	mit Kältenetz
1.2		<u>Absorption</u> zentral	mit Kältenetz, Kälte aus Wärme
2	WP Erdsonden	WP Erdsonden	rote Umrandung, da Nutzung Erdreich
3	WP Grundwasser	WP Grundwasser	und Grundwasser unsicher
4.1	Gas- BHKW	Kompression	Verkauf des erzeugten Stromes an die Gebäude im Gebiet
4.2		Absorption BHKW	
5.1	Biomethan- BHKW	Kompression	Verkauf des erzeugten Stromes an das öffentliche Netz
5.2		Absorption BHKW	

Abb. 11: Übersicht der Versorgungsvarianten des Verbundnetzes

³ Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU); Stand: Februar 2013.

wirtschaftliche Bewertung:

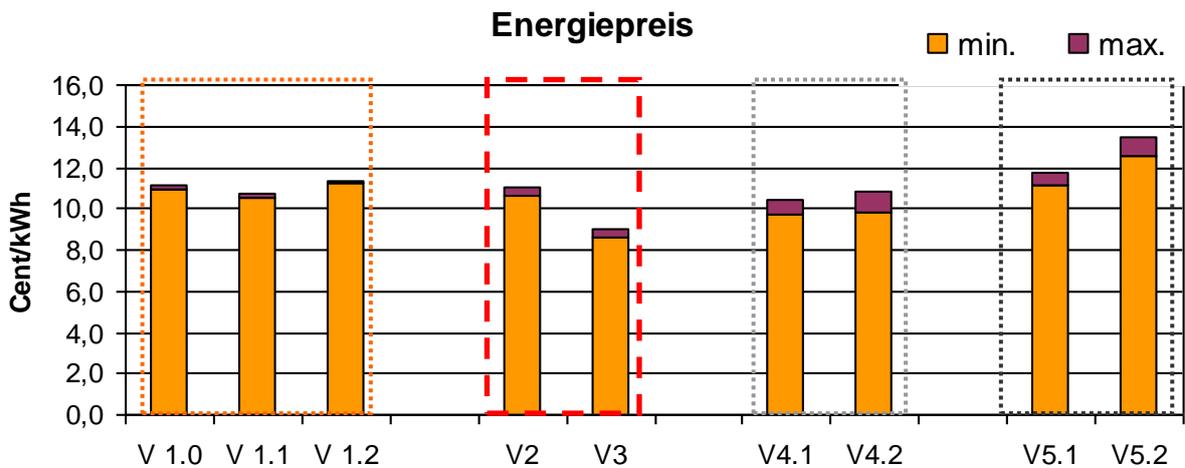


Abb. 12: Spezifischer Energiepreis der Maßnahmen in Cent / kWh (Quelle IfE)

Variante	1.0	1.1	1.2	2	3
Kurzbezeichnung Wärme	Fernwärme	Fernwärme	Fernwärme	WP Erdsonden	WP Grundwasser
Kurzbezeichnung Kälte	Kompression (dez.)	Kompression (zent.)	Absorption	WP Erdsonden	WP Grundwasser

Variante	4.1	4.2	5.1	5.2
Kurzbezeichnung Wärme	Gas- BHKW	Gas- BHKW	Biomethan- BHKW	Biomethan- BHKW
Kurzbezeichnung Kälte	Kompression	Absorption	Kompression	Absorption

Die spezifischen Energiepreise sind ein Mix aus Wärme- und Kältebezug und liegen im Mittel heute leicht über vergleichbaren Preisen einer herkömmlichen Energieerzeugung mittels dezentralen Gasbrennwertthermen und Kompressionskältemaschinen (ca. 10 Cent/kWh). Die Detailbetrachtung der Wärme- und Kältenetze befinden sich im Berichtsteil II im Anhang zu diesem Bericht.

ökologische Bewertung:

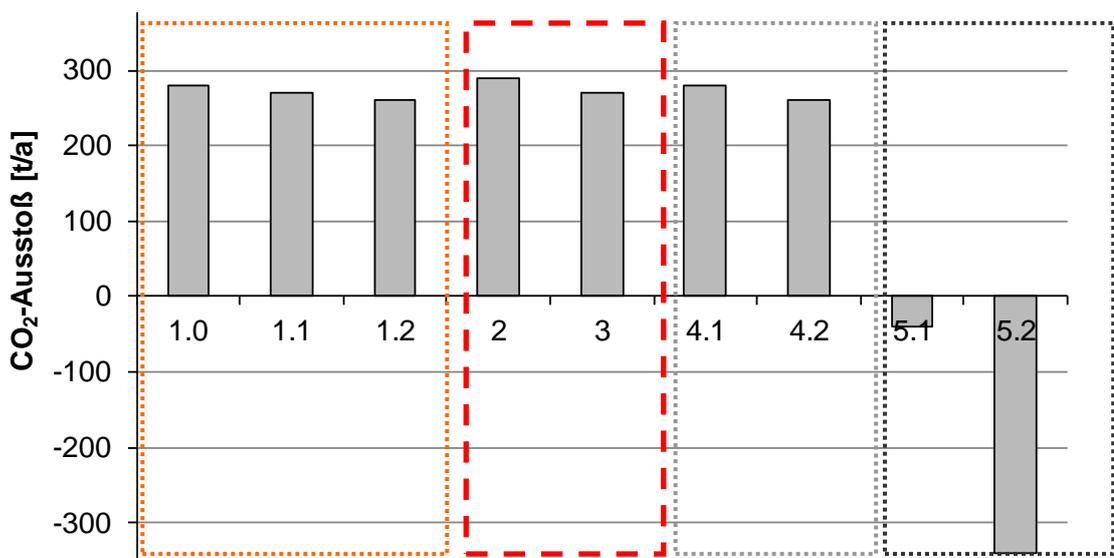


Abb. 13: CO₂-Ausstoß der Energieversorgungsvarianten (Quelle IfE)

Als Vergleichswert kann der CO₂-Ausstoß bei Einsatz eines zentral aufgestellten, konventionellen Gaskessel und einer Kompressionskälteanlage in Höhe von rund 670 t/a herangezogen werden.

Gebäude ohne Netzanschluss:

Die Gebäude ohne Anschluss an das Wärme- und Kältenetz müssten dezentral mit Wärme versorgt werden. Je nach Gebäudetyp kommen dafür z.B. folgende Wärmeerzeugungsarten in Frage:

- **Stadtreiniger** – hauptsächlich niedrig beheizte Lagerflächen, z.B. über Temperierung der Fußböden über Solarthermieanlagen, Backup Luft – oder Solewärmepumpen und Spitzenlast über Gas-Strahlungsheizung // Alternative Direktdurchfluss der Bodentemperierung mit Grundwasser
- **Altbauten – Ostgebiet**, z.B. über Grundlast Wärmepumpe und Spitzenlast Gaskessel; bei Warmwasserbedarf auch kombiniert mit Mittellast Gas-BHVK
- **Gewerbe – Ostgebiet**, z.B. als Gasstrahlungsheizung mit Abgaswärmenutzung für die Nichthallenteile, sollte Gewerbekälte im niederen Temperaturbereich notwendig sein, so könnte auch diese Abwärme rückgewonnen und zur weiteren Beheizung oder Warmwasserzeugung genutzt werden.

Mit einem Ansatz für den Gasverbrauch als Biogas, wäre auch die Wärmeversorgung der dezentralen Gebäude CO₂- frei.

3.2.4. Weitere Energieversorgungsansätze

Neben einer Netzversorgung kämen auch dezentrale Lösungen in Frage, die z.B. mittels Wärmepumpen die Gebäude heizen und kühlen. Besser als Luft als Wärmequelle für eine Wärmepumpe wäre eine Nutzung des Erdreichs oder des Grundwassers.

Das Grundwasser hätte zudem den Vorteil, dass man auch ohne Wärmepumpe die Gebäude direkt kühlen könnte, indem man z.B. die Bauteile temperiert, was 10 bis 50 mal effektiver als die Kühlung über Wärmepumpen sein kann. Die Grundwasser- als auch die Erdreichnutzung bedarf einer weiteren Klärung und wird vom Wasserwirtschaftsamt als kritisch betrachtet, da eine Altlastenverdachtsfläche vorliegt. Möglicherweise ergibt sich eine Option, das Grundwasser zu fördern und vor der Versickerung oder Ableitung in den öffentlichen Kanal, dieses zu reinigen. Die topografischen Gegebenheiten auf dem Grundstück würden dies zulassen, wenn man die Abwässer zusammen in einem Abwasserkanal im Gebiet fassen würde. Der Kosten-Nutzen dieser Varianten konnte auf Grund der Unwägbarkeiten nicht geprüft werden. Ein großer

Vorteil der Wärmepumpenlösungen wäre zudem die Nutzung des selbst erzeugten PV-Stromes und die kurzzeitige Speicherung von Überschüssen in Wärme und Kälte. Die dezentrale Nutzung von Wärmepumpen wird wirtschaftlich als Alternative zur derzeit wirtschaftlichsten Netz-Variante V3 (zentrale Grundwasserwärmepumpe siehe Berichtsteil II, Gutachten (IfE) – „Erstellung von Wärmekatastern und Vorauslegung von Nahwärmeverbundnetzen“) gesehen.

Die Versorgung des Gebietes mit PV-Strom:

Es würde in der Summe 1,8-fach mehr Strom produziert, als genutzt werden kann, d.h. mehr als 44% des Stromes kann unter Idealbedingungen selbst verbraucht werden. Folgende Grafik zeigt eine mögliche Aufteilung des erzeugten PV-Stromes auf die verschiedenen Bereiche unter Berücksichtigung der Erzeugung der Wärme und Kälte über Wärmepumpen:

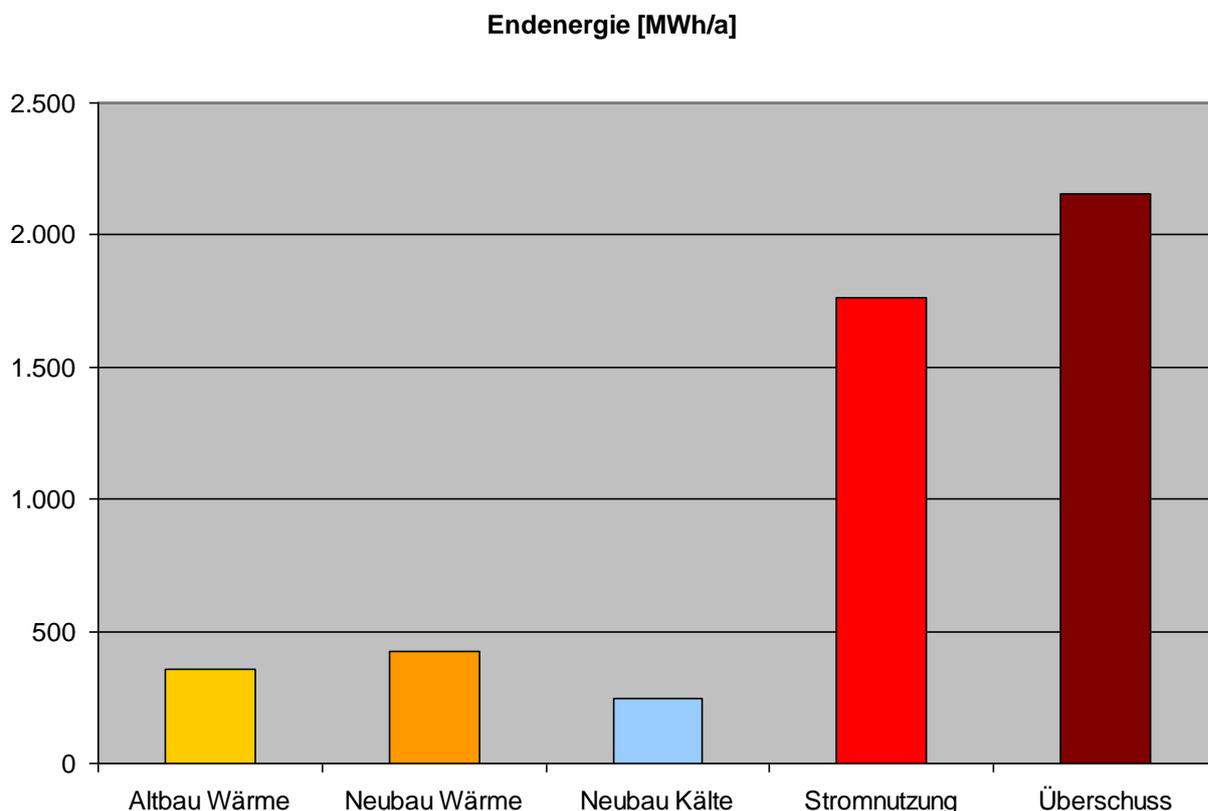


Abb. 14: Beispiel - Aufteilung der Eigenstromerzeugung als Jahresbilanz

Diese Jahresbilanz berücksichtigt aber nicht die Gleichzeitigkeit von Angebot an PV-Strom und Nachfrage. Im Winter sind die PV-Erträge sehr gering und fallen nachts ganz aus. Umgekehrt wird zur Mittagszeit und im Sommer viel mehr produziert, als genutzt werden kann. Deshalb kann ohne weitere Maßnahmen nur ca. 23% des Stromes statt theoretisch 44% der Jahresbilanz genutzt werden.

Durch folgende Maßnahmen ließe sich die Eigenstromnutzung erhöhen:

- Erhöhung des Verbrauches, z.B. durch Wärme- und Kälteerzeugung oder zusätzliche Verbraucher, wie Elektromobilität
- Pufferung des Stromes z.B. durch Batterien

Mit der Nutzung von Batterien, der Erzeugung der Kälte mittels Wärmepumpen und der Ladung von 200 Elektroautos zusammen ließe sich die Eigenstromnutzung auf knapp 40% erhöhen. Dies ließe sich sogar wirtschaftlich unter Zuhilfenahme von Fördermitteln gut darstellen (ca. 10-15 Jahre Amortisationszeit).

Folgende Grafik zeigt die monatliche Verteilung von erzeugtem und selbst genutztem Strom und den restlichen, ungenutzten Teil, der in das öffentliche Netz eingespeist würde sowie den notwendigen Strombezug aus diesem, um die kleine Versorgungslücke im Winter zu decken.

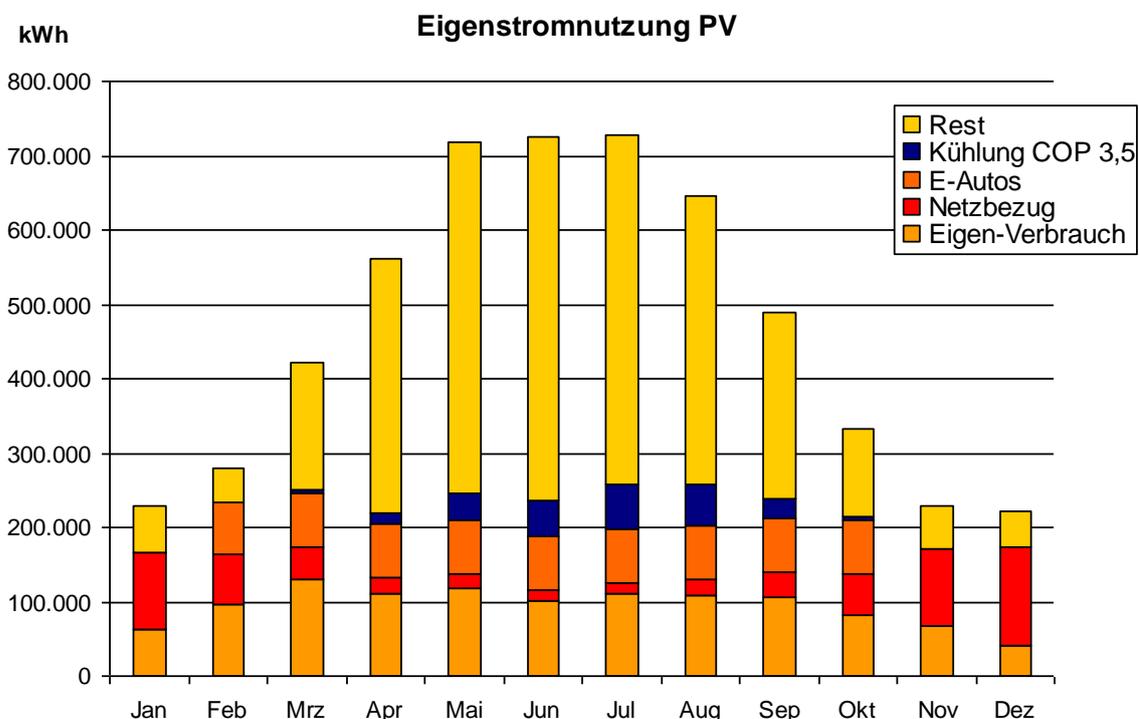


Abb. 15: Optimierte Nutzung selbst erzeugten PV-Stroms

Eine weitere Erhöhung der Eigenstromnutzung und Schließung der Versorgungslücke im Winter ließe sich nur mittels einer Saisonspeicherung der Energie, also vom Sommer in den Winter erreichen. Dafür käme die Umwandlung von Strom in einen chemischen Energieträger, wie Wasserstoff oder Methan in Frage – ergänzt durch die Speicherung von Wärme vom Sommer in den Winter. Diese Technologien sind heute nicht wirtschaftlich verfügbar bzw. haben einen sehr schlechten Wirkungsgrad, so

dass die PV-Energie ggf. nicht einmal ausreichen würde, den Eigenenergiebedarf über das Jahr hinweg zu decken.

3.2.5. Faulenbergkaserne 2050

Bei der Neubebauung und der Sanierung würden folgende Effizienzstandards in den Bereichen Wärme- und Kälteversorgung der Gebäude sowie dem Strombezug umgesetzt:

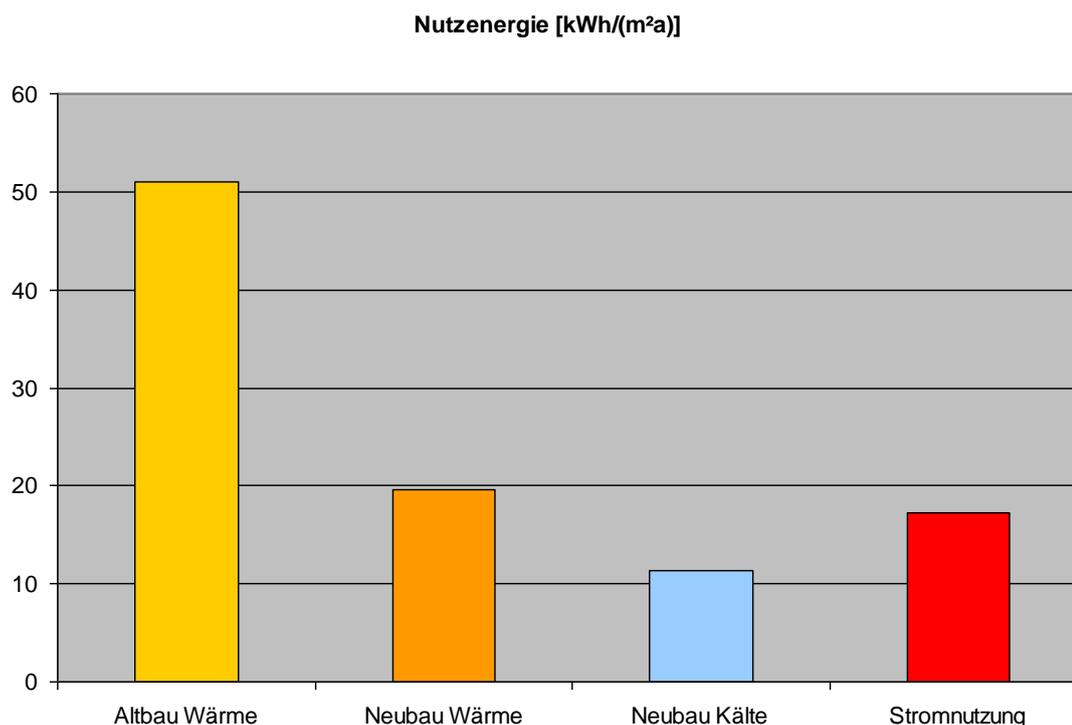


Abb. 16: spezifische mittlere Kennwerte pro m² Nutzfläche der Gebäude im Untersuchungsgebiet

Diese Standards sind bereits heute wirtschaftlich zu erreichen und würden demnach nicht stufenweise sondern direkt bei Neubauten und bei Sanierungen umgesetzt.

Da eine autarke Energieversorgung des Gebietes heute nicht wirtschaftlich umsetzbar ist, bietet es sich an, die Energieversorgung der Gebäude mit Wärme- und Kälte in den nächsten 20-30 Jahren mit Verbundnetzen regenerativ zu gestalten. Wenn entsprechende Speichertechnologien verfügbar sind, könnte dann das Gebiet damit vollständig autark mit Energie versorgt werden. Wichtig wäre, die für die PV-Erzeugung möglichen Flächen dafür langfristig zu reservieren. Damit wäre das Gebiet in Zukunft nicht nur energieautark sondern es stände sogar noch Strom für den „Export“ außerhalb des Gebietes zur Verfügung.

Die Faulenbergkaserne wäre dann ein Plusenergie-Stadtquartier.

Dies wäre auch notwendig, um andere Stadtquartiere, wie z.B. das Quartier Heidingsfeld, welche nicht durch Eigenproduktion seinen Energiebedarf decken können, mit zu versorgen.

Weiter- und Nachnutzung der Wärme- und Kälteverbundnetze

Wie in Kapitel 4.6 beschrieben wird, wäre eine weitere Nutzung der Netzstrukturen durch z.B. ein Kaltwassernetz denkbar. Auch bestände die Option, die Energieerzeuger der Netze später zu wechseln, da Investitionen, die heute z.B. in BHKW-Anlagen investiert würden, sich schnell amortisieren und konventionelle Wärmeanlagen eine rechnerische Lebensdauer von ca. 20 Jahren haben. Auch ist es denkbar, dass heutige Vorbehalte gegenüber der Nutzung von Grundwasser als Wärmequelle für eine Wärmepumpe dann aufgehoben sind oder weitere Potentiale und Technologien hierfür noch entdeckt werden.

Bei der Detail-Auslegung der Wärmenetze sollte heute schon der zukünftigen Entwicklung einer Wärme- und Kälteversorgung mittels Wärmepumpen Rechnung getragen werden und zumindest die Mehrkosten hierfür beziffert werden. Auch wäre hierfür wichtig, das Abwärmepotential des städtischen Abwasserkanals in der Nürnberger Straße noch zu prüfen.

3.3. Maßnahmen zur Umsetzung

Vor einer möglichen Umsetzung muss zuerst ein Investor gefunden werden, der dieses finanziert, plant und vermarktet. Um durchzusetzen, dass der Investor auch tatsächlich ein zukunftsfähiges Konzept in Bezug auf die Energieeffizienz und den Klimaschutz umsetzt, werden folgende Schritte empfohlen:

- Beschluss der Stadt, Vorgaben aufzustellen.
- Festlegung von Mindesteffizienzen für die Neubauten in der Stadtplanung, z.B. in einem Bebauungsplan.
- Bezuschussung der Sanierung der Bestandsgebäude durch die Stadt Würzburg in ähnlicher Form, wie die KfW Bestandswohngebäude fördert – ohne die Ausnahme für denkmalgeschützte Gebäude KfW Effizienzhaus 160%; also Mindeststandard KfW 115%.
- Privilegierung von Elektrofahrzeugen, z.B. durch kostenlose Parkplätze im öffentlichen Raum inkl. Ladestationen und unkompliziertem Abrechnungssystem.
- Forderung der wirtschaftlichen Untersuchung der aufgezeigten Varianten der netzgekoppelten Wärme- und Kälteversorgung. Der Investor sollte ein auf seine Planung angepasstes Energiekonzept vorlegen müssen, das das Potential hat, die Energie- und Klimaschutzziele der Stadt Würzburg und des Bundes zu erfüllen.
- Erarbeitung von Marketinghilfen (Broschüre, Internetauftritt, etc.), die zur Vermarktung des Gebietes unter dem Gesichtspunkt der wirtschaftlichen ökologischen Ausrichtung aufzeigt durch die Stadt Würzburg. Diese sollte dem Investor für seine Vermarktung an die Hand gegeben werden.
- Die Stadt hält sich an dieselben Auflagen für die eigenen Gebäude im Gebiet, die sie dem Investor auferlegt.
- Einrichtung eines Energiemanagements, das den Fortschritt der Umsetzung und die Kontrolle der Erfolge bei der Energieeffizienz dokumentiert und vermarktet. Dafür bietet es sich an, eine bis zu 60% geförderte Stelle eines Sanierungsmanagers zu schaffen.

Als die drei relevantesten Punkte der technischen Umsetzung werden für das Quartier der ehemaligen Kaserne derzeit gesehen:

- Sanierung der historischen Gebäude;
- Neubau nahe dem Passivhausstandard mit Nutzung solarer Energie von Dächern und Fassaden, vorrangig PV-Strom;
- Versorgung der Gebäude durch regenerative Energien, dezentral oder über ein Wärme – und Kältenetz.

4. Untersuchungen und Ergebnisse

4.1. Detaillierung Nutzungskonzept

Für die Neuordnung des Gebietes wurde ein städtebaulicher Masterplan erstellt und neue Nutzungen geplant:



- hochwertiger Einzelhandel, Kreativwirtschaft, Gastronomie
- Kreativwirtschaft, hochwertige Dienstleistungen, Showrooms
- Kreativwirtschaft, hochw. Dienstleistungen, Kultur, Bildung
- kulturelle Nutzungen, Bildung, Kreativwirtschaft, Gastronomie
- kleinteiliges Gewerbe, Handwerkerhöfe
- produzierendes Gewerbe, Lagerflächen
- kleinteiliges Gewerbe, Lagerflächen

Abb. 17: Masterplanung Faulenbergkaserne, weiße Gebäude Neubau, braune Bestand

Diese Nutzungen wurden in Abstimmung mit der Stadt Würzburg verfeinert, um für die Neubauten Profile zu entwickeln, die als Grundlage der Berechnung von Energiebilanzen dienen:

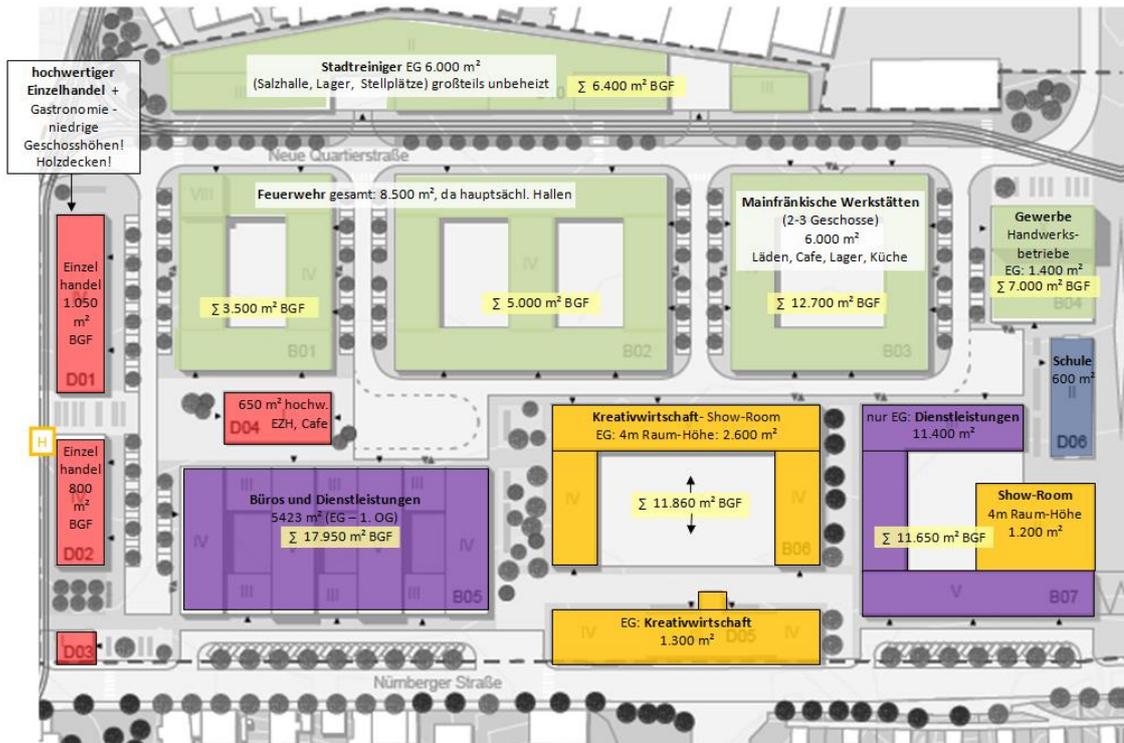
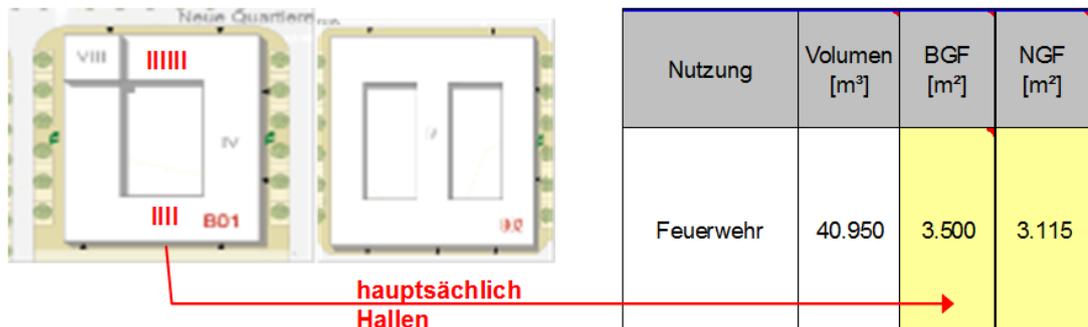


Abb. 18. Auszug aus Nutzungsplan, gesamter Plan siehe Anlage 7.3

Die Nutzungsprofile der Gebäude wurden in Anlehnung an die Flächenaufteilung aus der ages-Datenbank für öffentliche Gebäude und den Profilen der DIN V 18599 erstellt:



Flächenaufteilung nach Hauptnutzfläche, Nebennutzflächen und Verkehrsflächen								
	Aufteilung gem BGF Nutzungskonzept	Bezeichnung Nutzungskonzept	Auswahl Tabelle	HNF Hauptnutzfl.	NNF Nebenfläche	NF	VF + FF Verkehrsfläche	NGF
B01 + B02	100%	Feuerwehr	Feuerwehrhaus, Gerätehaus	53%	24%	77%	9%	86%

Abb. 19 Aufteilung Flächenanteile nach ages, Beispiel B01 + 02 Feuerwehr

B01, B02 Nutzungsprofil - Feuerwehr

Standard-Nutzungsprofile gem. DIN V 18 599 - 10
Magenta: Änderungen zum Nutzungsprofil

[Symbol]

	B01 / B02	Abweichung	35%	30%	10%	7%	3%	15%
			Halle	Lager/ Technik	Aufenth. Bereitschaft	Büro	Sanitär	Verkehr
18	Nebentfläche							
20	Lager, Technik							
17	sonstige Aufenthaltsräume							
01	Einzelbüro							
16	WC, Sanitär							
19	Verkehrsfläche							
Nutzung Beginn	-	=	6,30	7:00	7:00	0:00	7:00	7:00
Nutzung Ende	-	=	18,60	18:00	18:00	24:00	18:00	18:00
tägliche Nutzungsstunden	t _{nutz,d}	=	12,30	11	11	24	11	11
jährliche Nutzungstage	d _{nutz,a}	=	246,50	250	200	365	250	250
jährliche Nutzungsstunden zur Tagzeit	t _{Tag}	=	2543,00	2543	2543	2543	2543	2543
jährliche Nutzungsstunden zur Nachtzeit	t _{Nacht}	=	207,00	207	207	207	207	207
tägliche Betriebsstunden RLT und Kühlung	t _{v,op,d}	=	13,00	13	13	13	13	13
jährliche Betriebsstage RLT, Kühlung und Heizung	t _{RLT-Betrieb=d_{op}}	=	261,50	250	250	365	250	250
tägliche Betriebsstunden Heizung	t _{h,op,d}	=	13,00	13	13	13	13	13

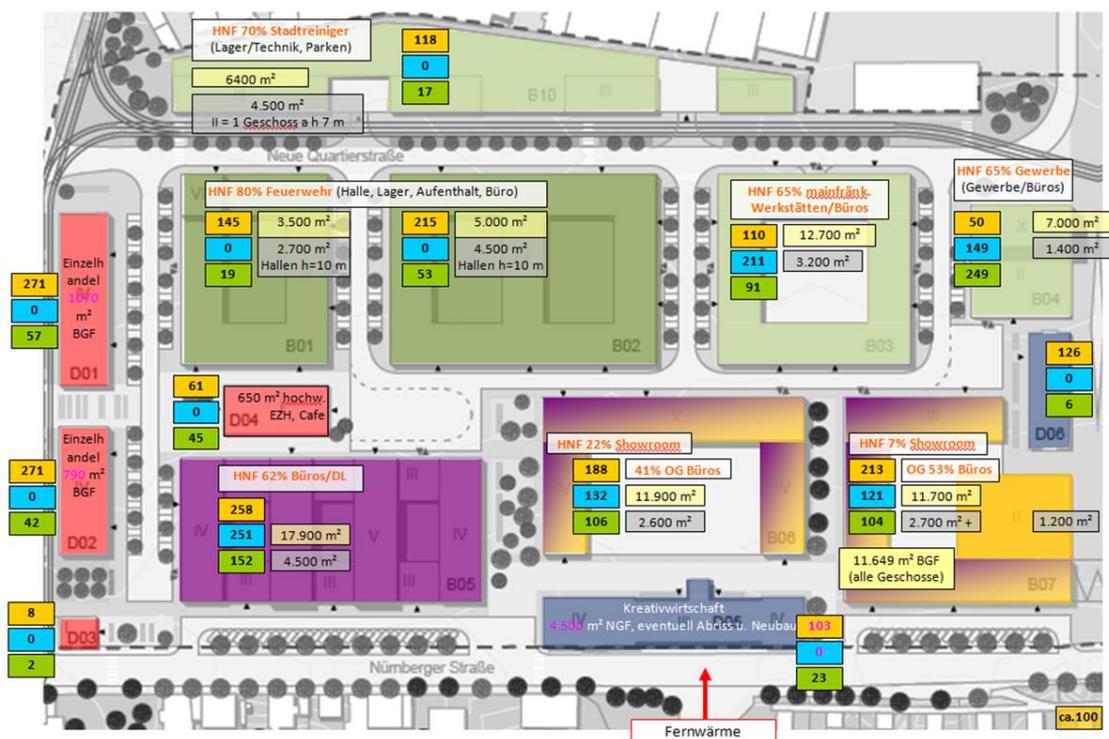
Abb. 20: Zuordnung der Einzelflächen zu Nutzungen de DIN V 18599 inkl. Anpassungen

Diese Einzelnutzungen wurden dann monatlich bilanziert und auf einen Jahresverbrauch für Wärme und Kältebedarf hochgerechnet. Der Strombedarf der Ausstattung wurde gemäß den besten 25% vergleichbarere Nutzungen im deutschen Durchschnittsbestand angenommen.

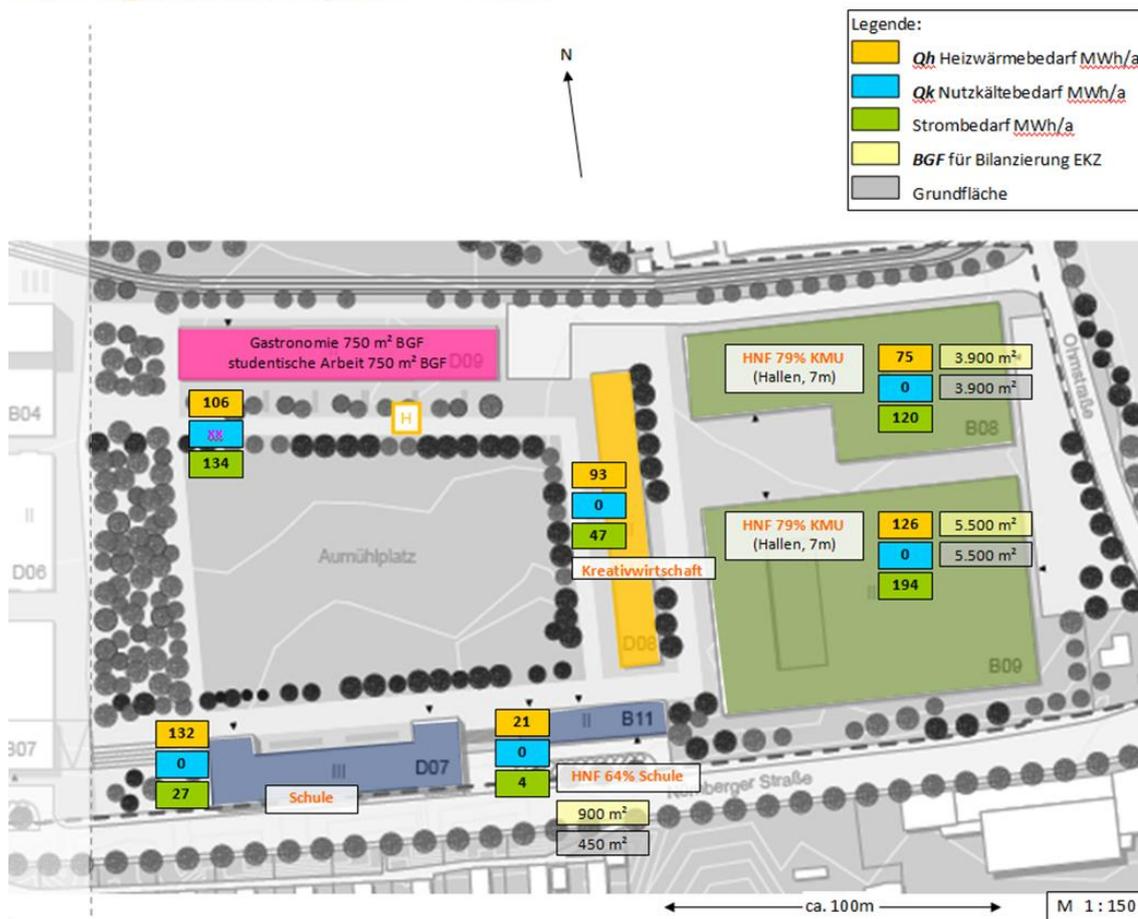
Daraus wurde der Energiedichteplan erstellt, der die Grundlage für die Netzauslegung darstellt:

Energiedichteplan – West

QK FBK - Energiedichtenplan V4 (2013-01) ca. 100.000 m² NGF (Darstellung Hauptnutzung); ca: 2.700 900 1.800 MWh/a (Klima heute, Altbauten saniert)



Energiedichteplan – Ost



Plan in Anlage: Auszug aus Energiedichtenplan

4.2. Sanierungspotential – historische Gebäude

Für die historischen Gebäude wurden Einzelbegehungen mit einem Expertenteam aus Energieberatern, Architekten, Baustatiker, einem Fachmann Gebäudetechnik und einem Experten für Schadstoffbelastungen durchgeführt.



Abb. 21: Begehung am 22.11.2012

Die Ergebnisse der Besichtigung wurde in Gebäudesteckbriefe übertragen, welche als Grundlage für das Ermitteln des Sanierungspotentials dienen:

Gebäude-Steckbrief

Gebäude / Objekt Baujahr
D05 1881

bisherige Nutzung
Alte Feuerweherschule
Leerstand

NGF	BRI	Geschosse
$A_N = 4553\text{m}^2$	25287	4

Anmerkung
Es war keine Gebäudebegehung
von innen möglich



Energiebedarf [kWh/a]		Ist-Situation		Zukunft		Einsparung
Strom	ca.		kWh		kWh	
Wärme		714.000	kWh	103.000	kWh	86%
Gesamt		714.000		103.000		86%

Energetische Bewertung der Bauteile

Bauteil	Beschreibung	Fläche	U-Wert- Ist	U-Wert - Zukunft	Einsparung
<i>Wände unterschiedlich dick, wg Denkmal Innendämmung 8cm WLG 045</i>					
Wand t=24	massiv-verputzt-Denkmal	97 m ²	2,05	0,44	79%
Wand t=43	massiv-verputzt-Denkmal	1046 m ²	1,37	0,40	71%

Abb. 22: Auszug aus Gebäudesteckbriefen

Trotz der sensiblen historischen Bausubstanz sind Einsparpotentiale von bis zu 86% möglich. Die Maßnahmen bestehen i. d. R. aus der Innendämmung, der Außenfassaden, der Außendämmung durch Dämmputze, des Austausches der Fenster, der Dämmung der Keller- und der Dachbereiche sowie des Einbaus einer kontrollierten Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung und neuer Heizflächen, wenn möglich als Niedertemperatursysteme.

Sanierungskosten (rein energetisch, netto, ohne NK)				
Bauteil	EP	Fläche	Kosten	Beschreibung
Wand	50,00 €	1867 m²	93.350,00 €	=> Innendämmung 8cm 045
Fenster	600,00 €	128,0 m²	76.800,00 €	Fenstertausch U = 1,0 Komplettkosten
Haustür	1.500,00 €	20,0 m²	30.000,00 €	Türentausch U = 1,8 Komplettkosten
Fensteranl.	800,00 €	184,0 m²	147.200,00 €	Türentausch U = 1,3 Komplettkosten
Dach	300,00 €	1720 m²	516.000,00 €	Dämmung auf 0,14 Dacherneuerung*
Fußboden V1	50,00 €	1493 m²	74.650,00 €	2cm GeMIwo 019
			938.000,00 €	

* ohne Sanierungskosten für schadhafte Dachkonstruktion / Versetzen Kehlbalken

Abb. 23.: Auszug aus Gebäudesteckbrief mit Maßnahmen und Kosten

Die Gesamtkosten der energetischen Sanierung wird auf 3,9 Mio € netto geschätzt. Eine Zusammenstellung der Steckbriefe der historischen Gebäude finden Sie im Anhang.

Die Energiekennwerte der sanierten Gebäude werden in die Gesamtbilanz übertragen:

NR	Netz	Bild	Nutzung	Volumen [m ³]	BGF [m ²]	NGF [m ²]	Qh [MWh/a]	Qh spezifisch [kWh/m ² ;a]	Nutzkälte Qk [MWh/a]	Qk spezifisch [kWh/m ² ;a]	Strom-Bedarf [MWh/a]
D01	X		Einzelhandel			4.725	353	75			57
D02	X		Einzelhandel			3.520	271	77			42
D03	X		Verwaltung/Büro			119	8	67			1

Abb. 24: Ausschnitt aus Gesamtenergiebilanz des Untersuchungsgebietes

4.3. Angestrebter Neubaustandard

Die Energiebilanzen der im Masterplan angenommenen Neubaustrukturen und Nutzungen wurden mittels der DIN V 18599-2007 mit angepassten Profilen berechnet. Es wurden vereinfachte Annahmen, wie 35% Fensterflächenanteile in alle Himmelsrichtungen, und ein hoher Dämmstandard angenommen:

Bauteil	U-Wert W/m ² K	Fläche A m ²	
Außenwand NWG BJ 2013	0,165	35.889	28%
Bodenplatte NWG BJ 2013	0,276	36.531	28%
Fenster/Verglasungen 3-fach	0,8	19.321	15%
Warmdach BJ 2013	0,158	36.525	28%
		128.266	100%

Abb. 25: Flächenanteile und Dämmwerte der Neubaustrukturen

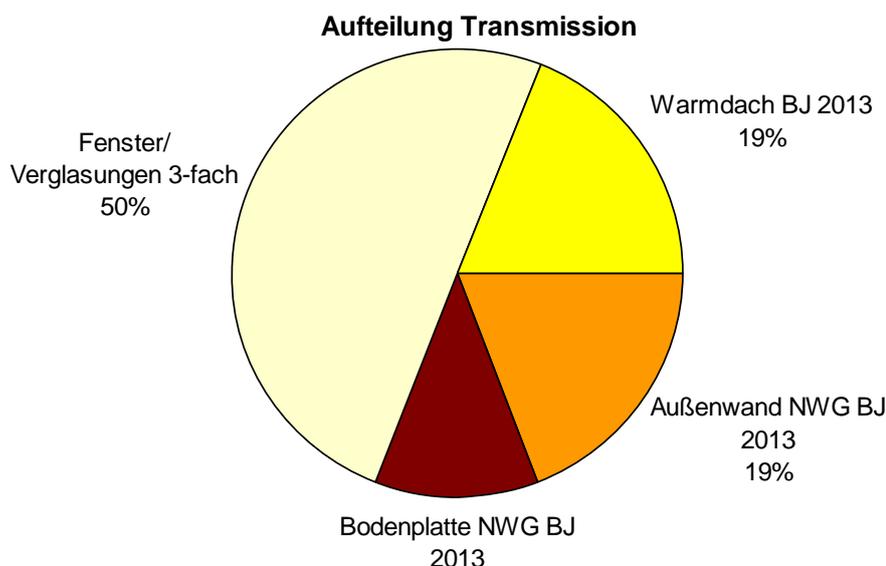


Abb. 26: Durchschnittliche Aufteilung der Transmissionsverluste der Neubauten

Ferner wurde fest gelegt, welche Nutzungen aktiv gekühlt werden (65% der Flächen von Büro, Kreativwirtschaft und Mainfränkische Werkstätten). Es wird davon ausgegangen, dass alle üblichen Möglichkeiten ausgenutzt werden, eine aktive Kühlung zu verhindern. Auch bei der Ausstattung wird davon ausgegangen, dass die Möglichkeiten zur passiven Kühlung ausgenutzt werden sowie Geräte mit bester Energieeffizienz genutzt werden⁴.

⁴ Es wird davon ausgegangen, dass die Stromverbrauchskennwerte im Durchschnitt der besten 25% der jeweiligen Nutzung liegen, Datengrundlage ages 2005 („25% Median“). Bei der Beleuchtung wird von T5, EVG direkte Abstrahlung, mit Präsenz und Konstantlichtregelung ausgegangen.

Daraus ergibt sich eine Gesamtbilanz, die die Energieflüsse Heizung, Kühlung, Be- und Entlüftung sowie übliche Gebäudeausstattung berücksichtigt (siehe Anlage 7.1):

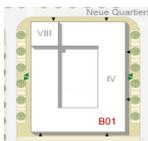
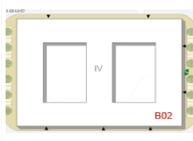
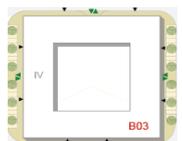
NR	Netz	Bild	Nutzung	Volumen [m ³]	BGF [m ²]	NGF [m ²]	Qh [MWh/a]	Qh spezifisch [kWh/m ² ;a]	Nutzkälte Qk [MWh/a]	Qk spezifisch [kWh/m ² ;a]	Strom-Bedarf [MWh/a]
B01	X		Feuerwehr	40.950	3.500	3.115	135	43	0	0	19
B02	X		Feuerwehr	63.420	5.000	4.450	200	45	0	0	53
B03	X		Kleine und mittlere Unternehmen (KMU = Mainfränkische Werkstätten)	44.520	12.720	11.321	106	9	211	19	91

Abb. 27: Ausschnitt aus Gesamtenergiebilanz des Untersuchungsgebietes

Bei der Gesamtbilanz wurde ferner ein Ansatz für den Strombedarf der Tiefgaragen- und Straßenbeleuchtung von 200 MWh/a und zusätzlichen Hilfsstrombedarf von 100 MWh/a für z.B. die Pumpen einer Fernwärmeverteilung als pauschaler Ansatz berücksichtigt. Dieser Ansatz nur eine Grobeinschätzung und bedarf in einer Detailplanung einer genaueren Berechnung.

4.4. Regenerative Energieerzeugung im Gebiet

Der Masterplan sieht für das Untersuchungsgebiet eine dichte Bausubstanz vor. Die wenigen Restflächen werden vorwiegend für Verkehr, Erholung und Raum bildende Grünflächen genutzt. Ein Leerraum für die Nutzung zur Erzeugung regenerativer Energien ist praktisch bis auf wenige Sonderfälle (z. B. Überdachungen mit PV-Paneelen) nicht vorhanden.



Abb. 28: Auszug Masterplan, Stand 2011, Beschlussfassung

Der Platz für die Erzeugung von **Biomasse** ist für den Energiebedarf des Untersuchungsgebietes nicht signifikant und kann nur symbolischen Charakter der Nutzung haben (z. B. Baumbepflanzung am Aermühlplatz). Die geplante Bepflanzung ist nicht zur Forst-/Energiewirtschaft geeignet. Der jährliche Anfall an Grünschnitt und Laub kann aus heutiger Sicht wohl nur in einem größeren Zusammenhang an anderer Stelle sinnvoll genutzt werden. Die Bäume sind jedoch ein positiver ökologischer Beitrag und tragen zum gewünschten Erholungswert bei.

Für die Nutzung von **Windkraft bzw. Windenergie** bedarf es grundsätzlich großer Flächen mit den nötigen Abstandsflächen. Für ein freistehendes Windrad sind die Abstandsflächen zur nächsten Bebauung auf der Faulenbergkaserne viel zu gering und nicht realisierbar. Eine Integration von Kleinanlagen ist im derzeitigen städtebaulichen Entwurf nicht vorgesehen.

Die Nutzung von **Tiefengeothermie** an dieser Stelle kommt nicht in Frage, da laut Aussage des Wasserwirtschaftsamtes der Grundwasserlevel nicht durchbrochen werden darf. Die Nutzung von Tiefengeothermie ist auch eher eine Entscheidung für die gesamte Stadt Würzburg, als für ein kleines Stadtquartier, wie die Faulenbergkaserne.

Die **oberflächennahe Geothermie** käme als weitere Option zur Nutzung direkt oder mittels Wärmepumpen in Frage:

- Gebiet relativ feucht, Grundwasser ausreichend vorhanden
- Klüftiger Muschelkalk
- daher gute Wärmekapazität, guter Wärmetransport
- Sperrschicht für Grundwasserleiter darf nicht durchbrochen werden

(Auskunft Fachabteilung Wasserrecht, FB Umwelt- und Klimaschutz, Stadt Würzburg).



Abb. 29: Auszug aus IOG (Informationssystem oberflächennahe Geothermie)

Das für das Gelände der Faulenbergkaserne zuständige Wasserwirtschaftsamt Aschaffenburg sieht eine Entnahme von Grundwasser in dieser Größenordnung, aufgrund der Altlastensituation als äußerst bedenklich an. Eine zuverlässige Aussage kann aber nur durch ein geologisches Bodengutachten getroffen werden. Der kontaminierte Untergrund und der Grundwasserlevel kann auch ein Hindernisgrund für die Nutzung von Erdwärmesonden sein. So steht dieses Potential der Nutzung zur Verfügung, bedingt aber weitere Vorabklärungen.

Die passive Nutzung der **Sonnenenergie** in den Gebäuden könnte verbessert werden, indem man eine Sonnenstandsstudie vor Umsetzung der Bebauung des städtebaulichen Masterplans erstellt und noch Anpassungen vornimmt. Dabei ist zu beachten, dass die gut gedämmten Gebäude eher ein Überhitzungs- als ein Beheizungsproblem haben.

Die Nutzung der Kürnach zur Erzeugung von **Strom aus Wasserkraft** ist auf Grund der niedrigen und fluktuativen Durchflussmenge und der Nutzung als Naherholungsraum aus heutiger Sicht nicht sinnvoll. Die Kürnach ist Gewässer dritter Ordnung und daher energetisch für Wasserkraft nicht nutzbar (Wassermenge zu gering).

Die Nutzung der **Abwärme aus dem Abwasserkanal** wäre prinzipiell möglich: Im Bereich der Nürnberger Straße liegt ein Mischwasserkanal mit 80/140 cm Abmessung. Gem. Merkblatt „DWA-M 114“ zur Abwasserwärmenutzung sollte der Kanaldurchmesser größer 80 cm betragen und eine minimale dauerhafte Durchflussmenge von 12-13 L/sec aufweisen und max. 200 m entfernt zur Wärmeentnahmestelle sein. Durch die anstehende Sanierungs- und Neubauplanung in diesem Bereich könnte dieses Potential geprüft werden.

Nutzung von Sonnenenergie zur Stromerzeugung: Die Dachflächen und Teile der Fassadenflächen des Neubaubestandes sind für eine Nutzung geeignet:



Abb. 30: Nutzung von Dachflächen und Fassaden zur Nutzung mit PV-Anlagen

Die unverschatteten Südfassaden der Neubauten haben eine Fläche ca. 6.000 m², wovon 2.400 m² geschlossen und für eine Nutzung für PV-Kollektoren geeignet sind. Die unverschattete Dachfläche der Neubauten beträgt 29.500 m². Für die Nutzung der Dächer wurde die Randverschattung durch die Attika und Aufbauten berücksichtigt. Es wurde von einer Flachdachnutzung O/W-Ausrichtung, 10° Aufständigung und einem Ertrag von 1.000 kWh/KWp ausgegangen. Das bedingt den Einsatz der besten heute verfügbarer marktgängiger Module. Da das Energiekonzept langfristig angelegt ist, kann davon ausgegangen werden, dass der Ertrag in Zukunft durch den technischen Fortschritt sogar noch steigerbar ist.

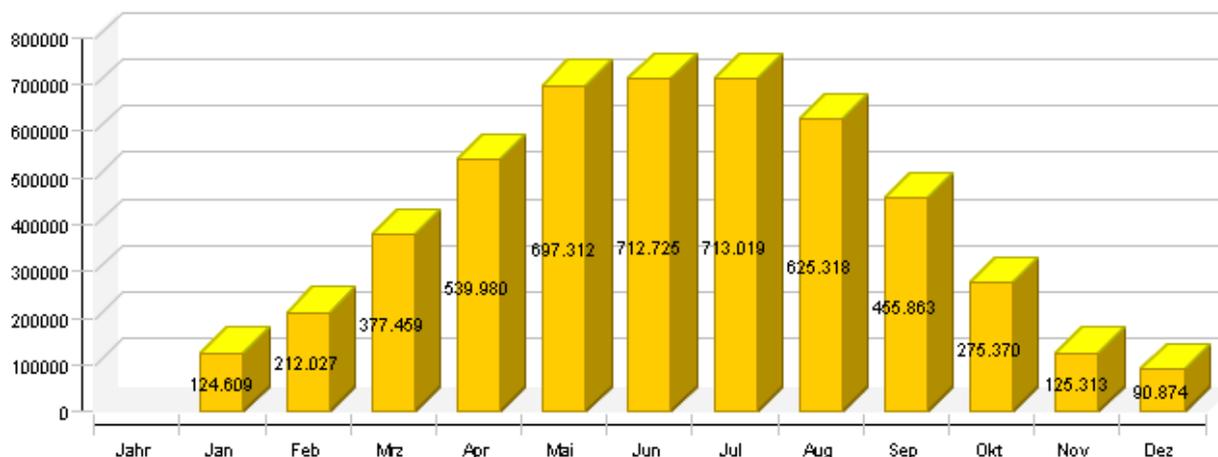


Abb. 31: Simulationsergebnis Solarertrag

Es wurde ein Ertrag von 4.950 MWh Solarenergie pro Jahr simuliert.

Bruttogesamtfläche	28.974,1 m ²
Energieproduktion DC [Qpvf]	5.049.285 kWh
Energieproduktion AC [Qinv]	4.949.866,5 kWh
Gesamte Nennleistung Generatorfeld	5.515,2 kW
Performance Ratio	83,9 %
Spezifischer Jahresertrag	897,5 kWh/kWp/a
Phasen-Schieflast	0,001 kVAh
Blindenergie [Qinvr]	0 kvarh
Scheinenergie [Qinva]	4.949.866,5 kVAh
CO ₂ Einsparung	2.655.108,5 kg

Abb. 32: Solarsimulation PV-Ertrag, heutige Module

Bei einem Nettopreis von 1.200 €/kWp ergäbe sich bei einer Investition von ca. 6,6 Mio € + 0,45 Mio € kapitalgebundene und 0,04 Mio € betriebsgebundene Kosten ein **Energieproduktionspreis von ca. 0,099 €/kWh** und wäre schon heute sehr konkurrenzfähig zum Bezugspreis von Strom für Endkunden. Bei 30% Eigenstromnutzung ergäbe sich eine Amortisationszeit von ca. 10 Jahren. Außerdem ergäbe sich eine jährliche CO₂-Einsparung von ca. 2.800 t CO₂.

Alternativ wäre auch eine **Nutzung von Sonnenenergie zur Wärmeerzeugung** denkbar. Auf Grund der fehlenden Sommerwärmebedarfs (kein Warmwasser) und den großen Entfernungen von Erzeuger zu den Verbrauchern, erscheint eine Solarstromnutzung sinnvoller.

4.5. Wärmeverbundnetze (Berechnung durch IfE)

Aus den aus dem städtebaulichen Masterplan entwickelten detaillierten Nutzungskonzeptes und den Energiebedarfswerten der sanierten Altbausubstanz wurde ein Energiedichtenplan erstellt und unterschiedliche Netzvarianten diskutiert:

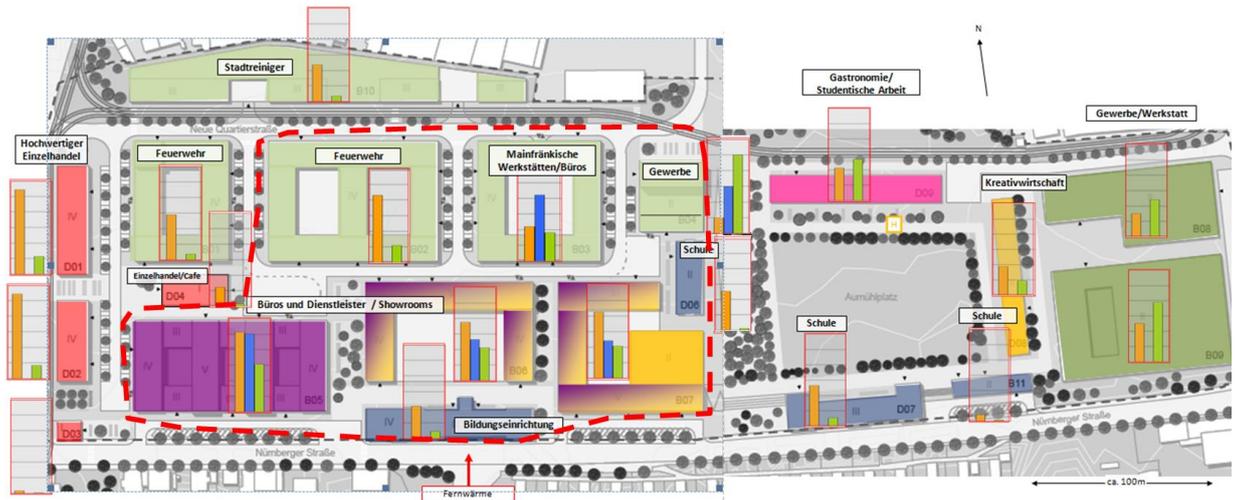


Abb. 33: Verkleinerter Energiedichtenplan – großer Plan siehe Anlage 7.5

Im westlichen Kerngebiet **rot gestrichelt** sind die höchsten Energiedichten und damit die beste Wirtschaftlichkeit für ein Nahwärmenetz zu erwarten. Das Kernnetz hätte einen Anteil von 1.400 MWh/a Wärmebedarf = 50% des gesamten Wärmebedarfes des Gebietes (2.700 MWh/a).

Mit folgender Erweiterung **rot hinterlegt** würde der Anteil um 800 MWh/a auf 2.200 MWh/a auf 80% steigen:

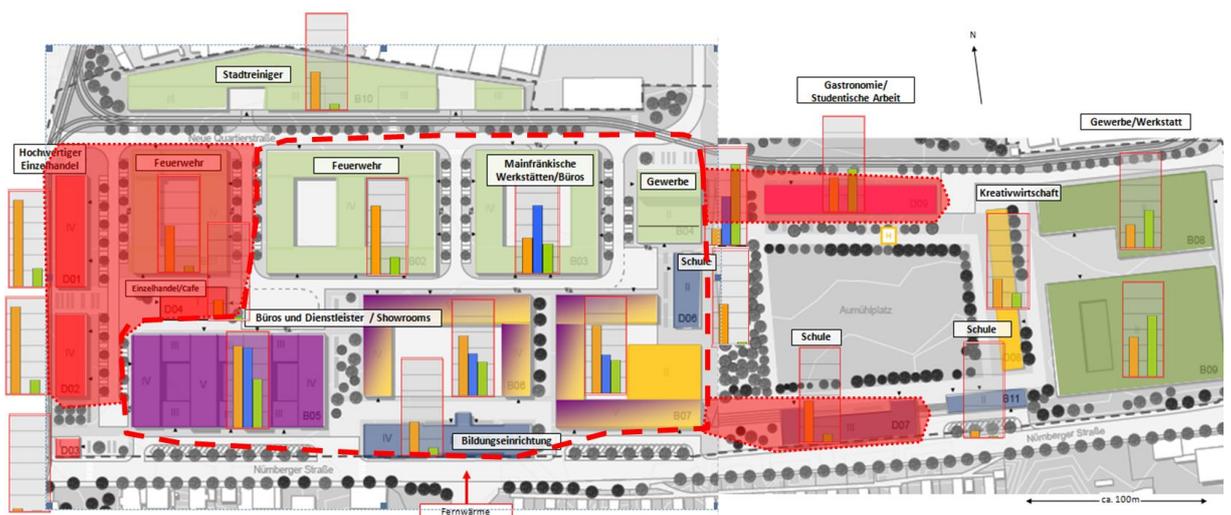


Abb. 34: Verkleinerter Energiedichtenplan – großer Plan siehe Anlage 7.5

Aufbauend auf dieser Untersuchung wurde ein wirtschaftliches Optimum für eine erste Umsetzungsstufe des westlichen Bereichs des Gebietes mit den höchsten Energiedichten und den besten zu erwartenden Wirtschaftlichkeit untersucht:

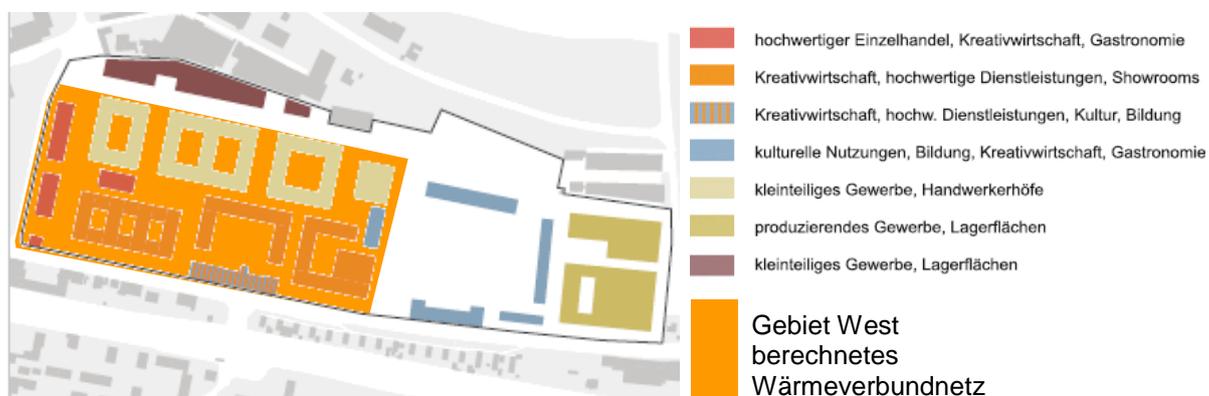


Abb. 35: Übersichtsplan Untersuchungsgebiet

Bei der Vorplanung eines möglichen Netzes wurden die Versorgung der Neubauten B01- 07 sowie die Altbauten D01-05 berücksichtigt. Diese haben in der Summe:

- 2.023 MWh/a Wärme = 74 % des Untersuchungsgebietes
- 864 MWh/a Kälte = 100 % des Untersuchungsgebietes

Die Heizzentrale wurde am östlichen Ende des Kerngebietes positioniert, um eine mögliche Erweiterung auf den östlichen Teil des Gebietes zu ermöglichen. Die relativ hohe Dichte der Bebauung und damit hohe Bedarfsdichte auf dem Gelände der Faulenbergkaserne machen eine zentrale Energieversorgung interessant. Dies zeigt sich auch in der Belegung der Netze, die angibt, wie viel thermische Energie je Trassenmeter und Jahr über das jeweilige Netz verteilt wird. Ab einer Belegung von 1.500 kWh/(m*a) bei Wärmenetzen kann ein wirtschaftlicher Betrieb erwartet werden:

Wärmenetz		
Trassenlänge, ca.	[m]	800
Nutzwärme, ca.	[kWh/a]	2.023.000
Belegung, ca.	[kWh/(m*a)]	2.530
Verluste, ca.	[kWh/a]	93.000
Verluste, ca.	[%]	5

Abb. 36: Kennzahlen des Wärmenetzes

Die Verluste in Höhe von 5 % im Wärmenetz sind in einem guten Bereich. Durch den geringeren Temperaturunterschied zwischen dem Erdreich und dem Kältenetz werden bei diesem die Verluste vernachlässigt:

Kältenetz		
Trassenlänge, ca.	[m]	350
Nutzwärme, ca.	[kWh/a]	864.000
Belegung, ca.	[kWh/(m*a)]	2.470
Verluste, ca.	[kWh/a]	vernachlässigbar
Verluste, ca.	[%]	/

Abb. 37: Kennzahlen des Kältenetzes

Die Lage der Heizzentrale könnte auch in einem der Neubauten integriert sein.

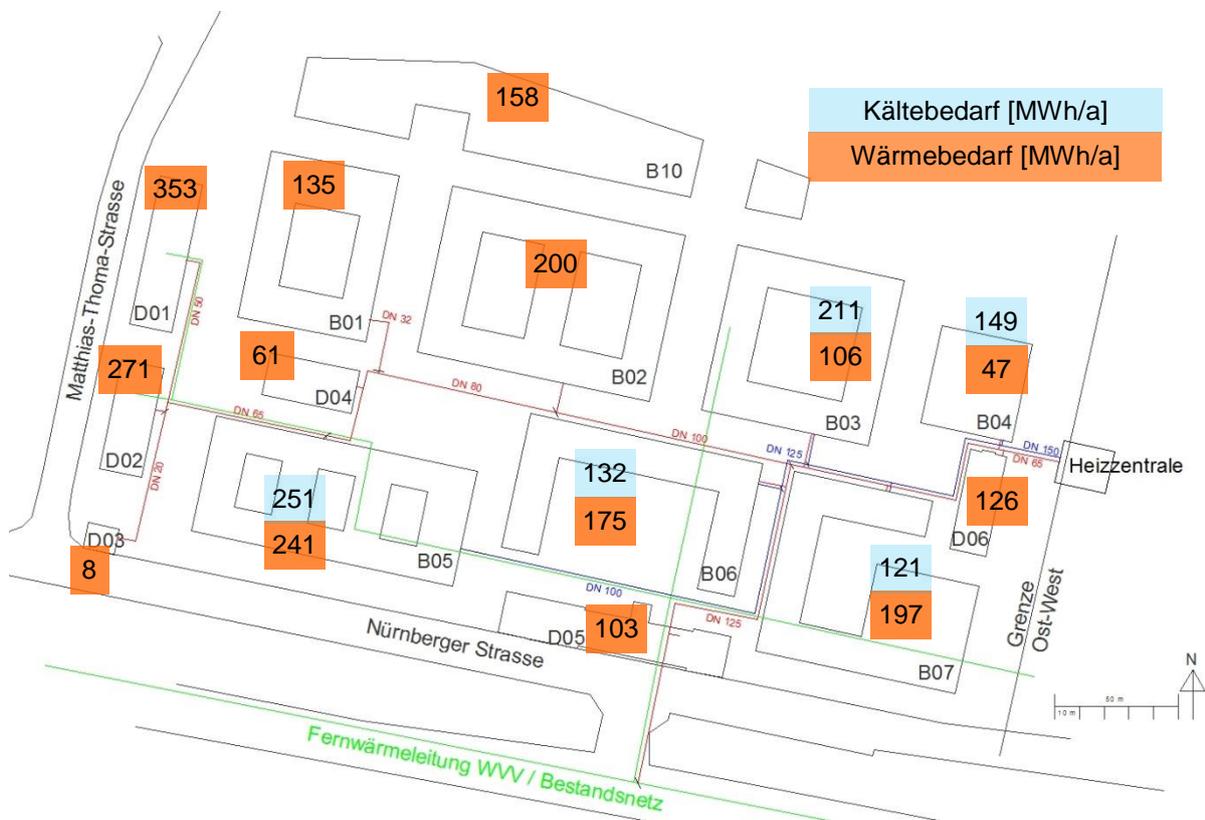


Abb. 38: Wärme- und Kältebedarf in der Faulenbergkaserne – West (Trassenplan IfE, Wärme – und Kältebedarf EA-Ufr)

Netzauslastung:

Zählt man die Stunden im Jahr welche jeweilige Leistung im Netz gebraucht wird zusammen, so ergibt sich nachfolgende Aufteilung. Die Abbildung zeigt bei welchen Zeitanteilen welche Leistungen benötigt werden. („Jahresdauerlinie“ -1 Jahr hat 8.760 h):

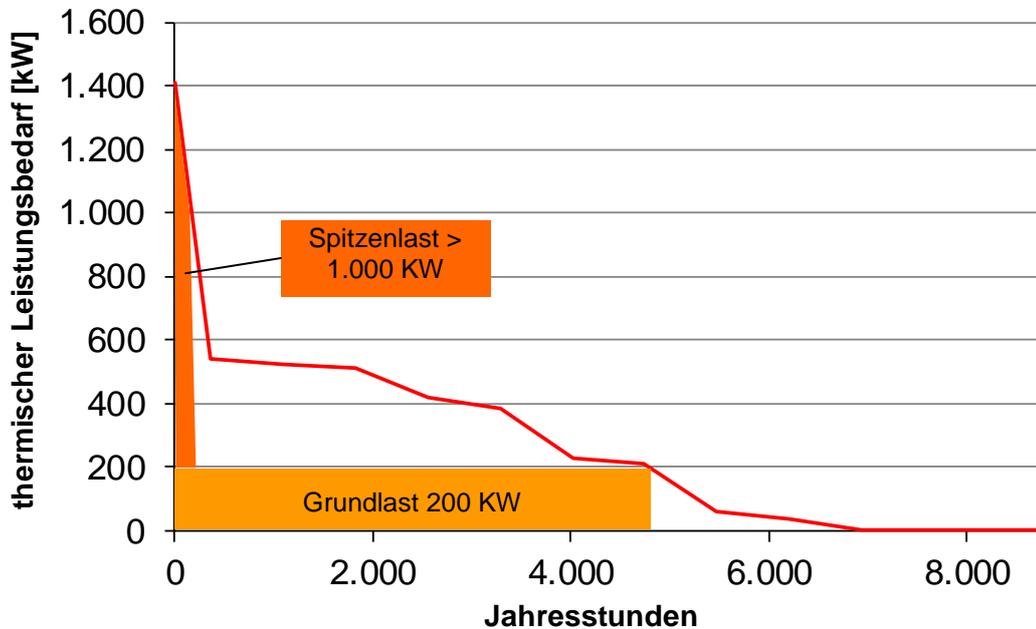


Abb. 39: Thermische Jahresdauerlinie Wärme, inkl. Netzverluste

Es zeigt sich, dass eine Grundlast von ca. 200 kW für ca. 4.800 Stunden im Jahr benötigt wird, wohingegen die Spitzenlast von 1.000-1.400 kW nur wenige Stunden im Jahr anfällt.

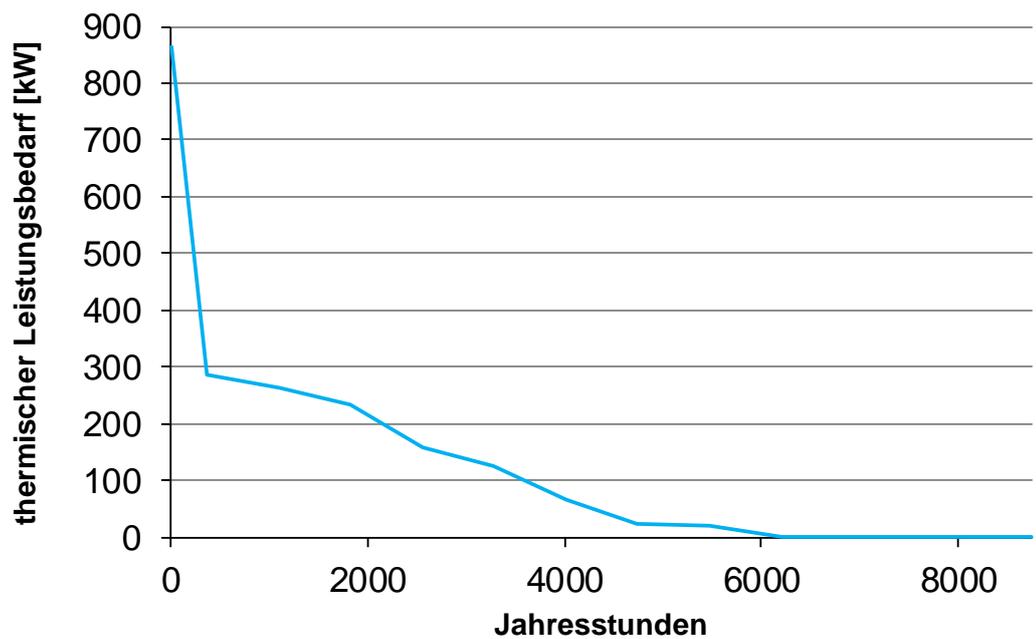


Abb. 40: Thermische Jahresdauerlinie Kälte

Bei der Netzauslegung wurden getrennte Leitungen für Wärme und Kälte berücksichtigt, auch wenn die Gleichzeitigkeit der Nutzung auf wenige Wochen im Jahr beschränkt ist:

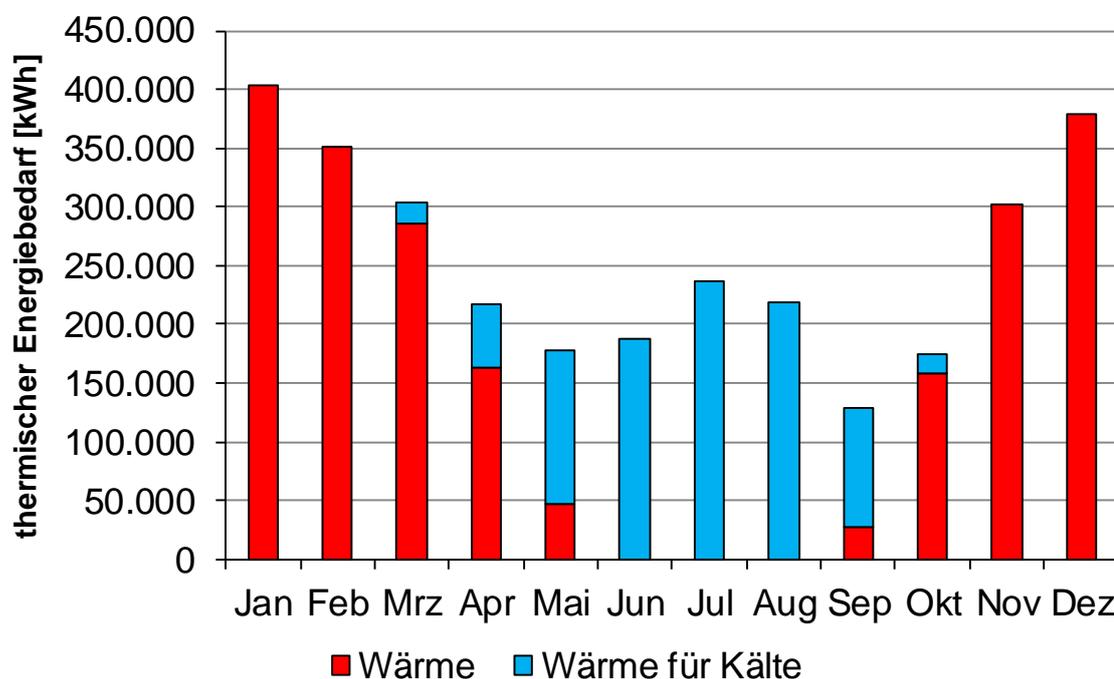


Abb. 41: „Der monatliche Bedarf an Wärme und Wärme für Absorptionskälte Verbund inkl. Netzverluste“ (Quelle: IfE)

Die Gleichzeitigkeit des Bedarfs an Wärme und Kälte, z.B. im März bis Mai entsteht durch den höheren Wärmebedarf der Altbauten und der schon notwendigen Kühlung in Teilbereichen der gut gedämmten Neubauten. Ggf. fällt dieser geringe Kältebedarf durch eine intelligente Gebäudelüftung mit Nachtluftkühlung überhaupt nicht an oder kann effizient dezentral abgedeckt werden.

Ob eine Doppelnutzung des Netzes technisch sinnvoll umsetzbar ist, kann daher aber erst in einer Detailplanung erfolgen. Durch eine solche Doppelnutzung würde die Wirtschaftlichkeit des Verbundnetzes weiter verbessert werden. Außerdem würde das Dämmmaterial der Kälteleitung durch die Wärmenutzung profitieren: Der Feuchtigkeitseintrag im Sommer würde im Winter wieder ausgetrieben.

In der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung wurde von keiner Doppelnutzung, nur von einer gemeinsamen Verlegung der Leitungen ausgegangen.

Für die Wärme – und Kälteversorgung des Verbundnetzes wurden verschiedene Varianten wirtschaftlich geprüft und gegenüber gestellt:

Variante	Wärme Grundlast	kW	Anteil	Spitze	kW
kein Netz	Gas-Brennwert dezentral				
1.0	Fernwärme WVV	1410	100%	-	
1.1					
1.2					
2	WP Erdsonden	400	76%	WVV	1.010
3	WP Grundwasser	400	76%	WVV	1.010
kein Netz	WP Grundwasser			Gas dezentral	
4.1	Gas- BHKW	210	59%	WVV	1.200
4.2	Gas- BHKW	370	78%		1.040
5.1	Biomethan- BHKW	210	59%		1.200
5.2	Biomethan- BHKW	370	78%		1.040

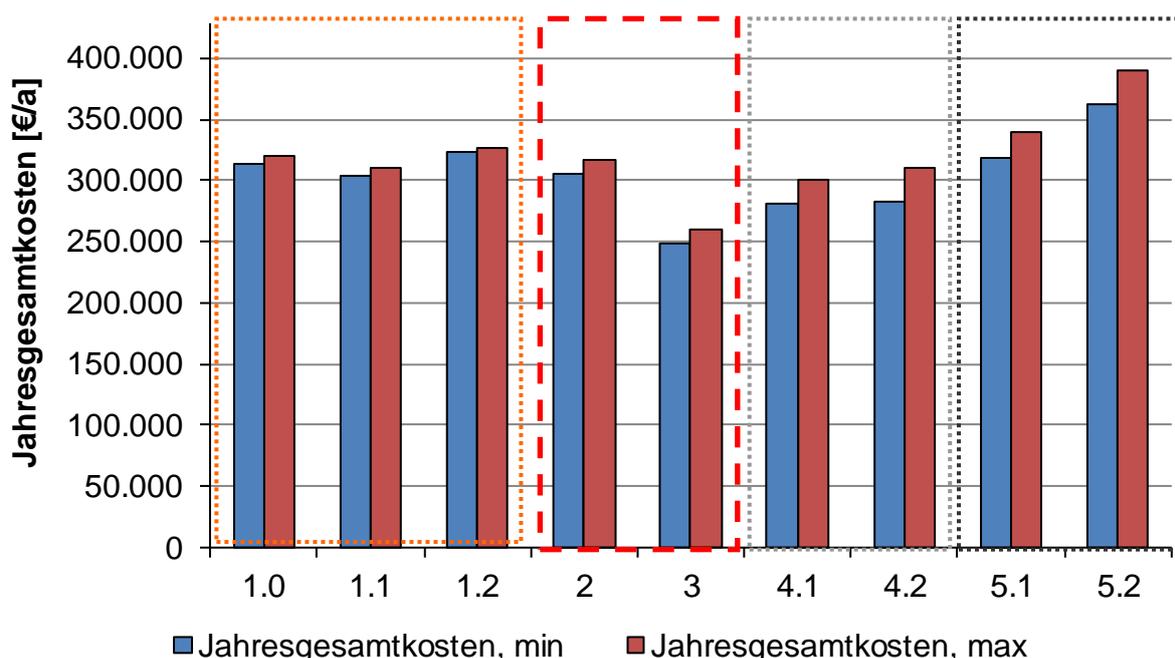
Variante	Kälte Grundlast	kW	Anteil	Spitze
kein Netz	Kompression dezentral			-
1.0	Kompression dezentral	850	100%	-
1.1	Kompression <u>zentral</u>	850	100%	-
1.2	<u>Absorption</u> zentral	270	78%	Kompress. zentral
2	WP Erdsonden	400	78%	Kompress. zentral
3	WP Grundwasser	400	78%	Kompress. zentral
kein Netz	WP Grundwasser			Kompr. dezentral
4.1	Kompression	850	100%	-
4.2	Absorption BHKW	270	78%	Kompress. zentral
5.1	Kompression	850	100%	-
5.2	Absorption BHKW	270	78%	Kompress. zentral

Abb. 42: Variantenübersicht Wärme- und Kälteversorgung
 Eine genaue Beschreibung der Anlagen und des Verbundnetzes finden Sie in Berichtsteil II „Wärmeverbundnetze (IfE)“.

Kurzerläuterung:

- dezentral bedeutet ohne Wärmenetz, mit vielen kleineren Erzeugern im jeweiligen Gebäude
- die grauen Varianten sind Vergleichsvarianten, die nicht berechnet wurden
- WP = Wärmepumpe, die Varianten mit WP sind rot gestrichelt, da die Nutzung von Erdreich und Grundwasser nicht sicher ist
- BHKW erzeugt Wärme und Strom gleichzeitig
- Kompression = Wärmepumpe zur Kälteerzeugung, wie beim Kühlschrank, die entstehende Wärme wird an die Umwelt abgegeben
- Absorption = Verfahren zur Umwandlung von Wärme in Kälte (hier mit 70% Effizienz)

Kosten-Nutzen-Übersicht



Variante	1.0	1.1	1.2	2	3
Kurzbezeichnung Wärme	Fernwärme	Fernwärme	Fernwärme	WP Erdsonden	WP Grundwasser
Kurzbezeichnung Kälte	Kompression (dez.)	Kompression (zent.)	Absorption	WP Erdsonden	WP Grundwasser

Variante	4.1	4.2	5.1	5.2
Kurzbezeichnung Wärme	Gas- BHKW	Gas- BHKW	Biomethan- BHKW	Biomethan- BHKW
Kurzbezeichnung Kälte	Kompression	Absorption	Kompression	Absorption

Abb. 43: Übersicht Jahreskosten der Varianten (Quelle IfE)

Die Kosten sind Vollkosten nach VDI 2067 netto und setzen sich aus Investition, Verzinsung, Abschreibung bzw. Reinvestitionen und Restwert, Energiekosten, Grundgebühren, Wartung und Instandhaltung sowie sonstige Kosten zusammen.

Die Rahmenbedingungen der Wirtschaftlichkeit wurden auf einen Zeitraum von 20 Jahren bezogen. Auf Grund der Unsicherheit der Förderlage für die Erdgas-BHKW-Erzeugung wurde kein KWK-Bonus berücksichtigt. Allerdings wurden berücksichtigt, dass der Strom im Gebiet verkauft wird oder werden kann. Strom aus Biomethan-Blockheizkraftwerken wird komplett eingespeist und nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz vergütet.

Gesamtinvestitionskosten:

Variante	Wärme	Kälte	Investition netto
1.0	Fernwärme WVV	Kompression dezentral	1.222.000 €
1.1	Fernwärme WVV	Kompression zentral	1.202.000 €
1.2	Fernwärme WVV	Absorption zentral	1.301.000 €
2	WP Erdsonden	WP Erdsonden	2.374.000 €
3	WP Grundwasser	WP Grundwasser	1.414.000 €
4.1	Gas- BHKW	Kompression	1.478.000 €
4.2	Gas- BHKW	Absorption BHKW	1.671.000 €
5.1	Biomethan- BHKW	Kompression	1.478.000 €
5.2	Biomethan- BHKW	Absorption BHKW	1.671.000 €

Abb. 44: Übersicht der Gesamtkosten (Daten IfE)

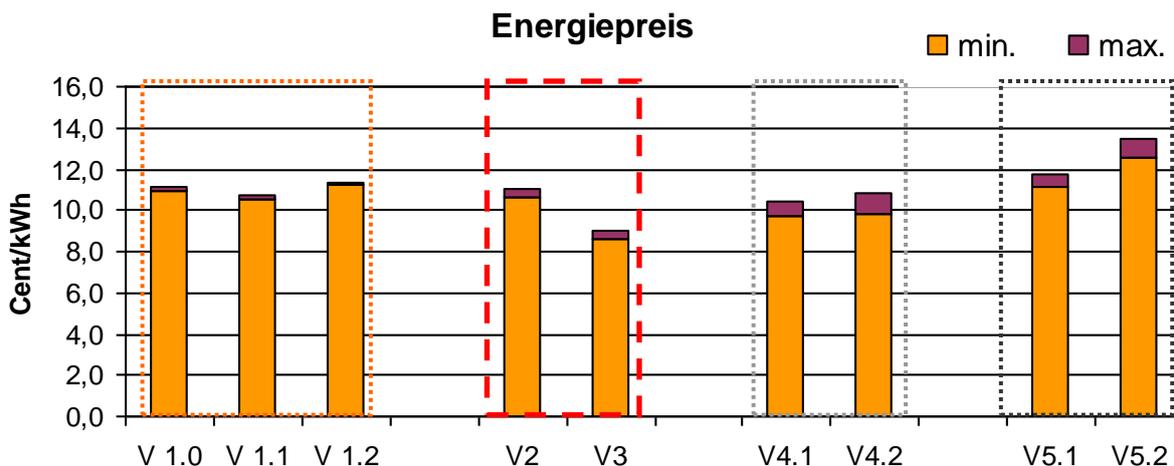


Abb. 45: Spezifischer Energiepreis der Maßnahmen in Cent / kWh (Quelle IfE)

Ökologische Betrachtung:

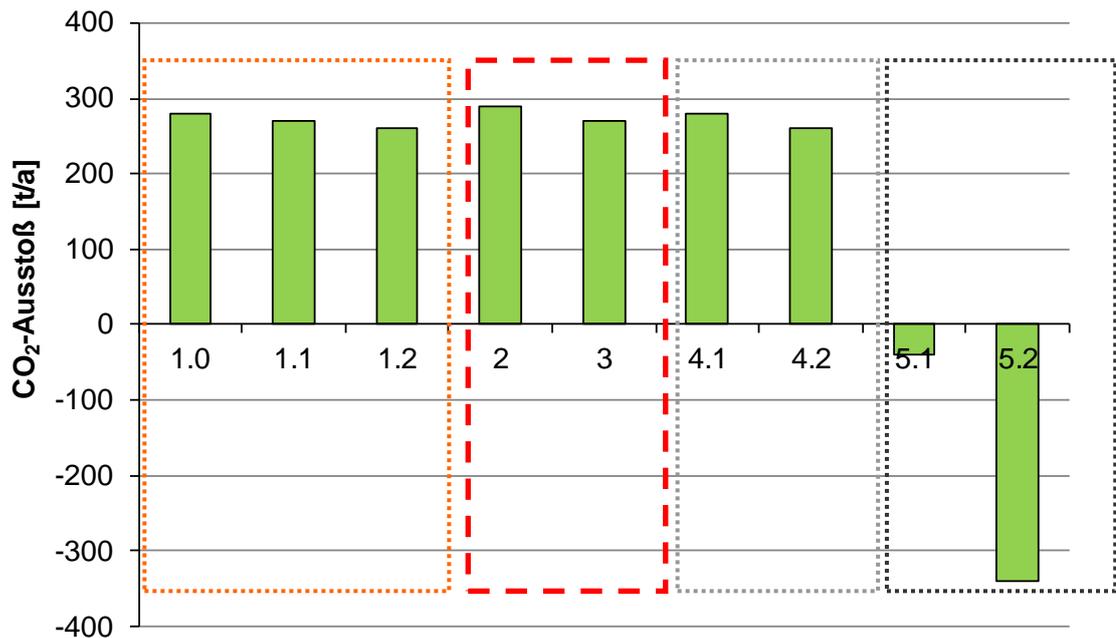


Abb. 46: CO₂-Ausstoß der Energieversorgungsvarianten (Quelle IfE)

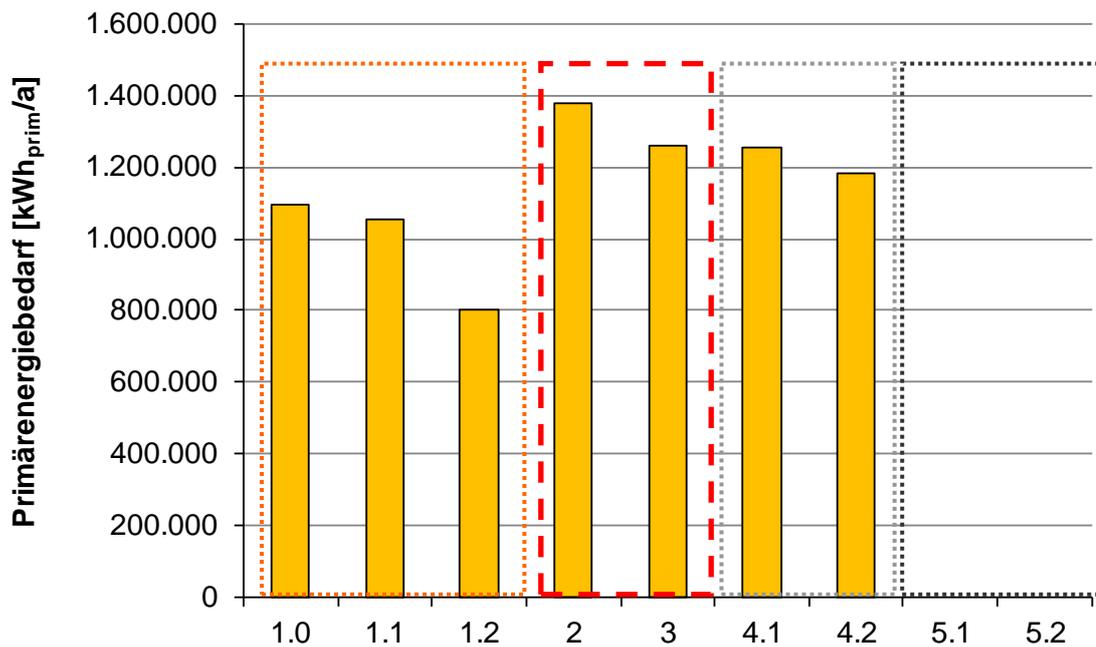


Abb. 47: Primärenergiebedarf der Energieversorgungsvarianten (Quelle IfE)

Variante	1.0	1.1	1.2	2	3
Kurzbezeichnung Wärme	Fernwärme	Fernwärme	Fernwärme	WP Erdsonden	WP Grundwasser
Kurzbezeichnung Kälte	Kompression (dez.)	Kompression (zent.)	Absorption	WP Erdsonden	WP Grundwasser
Variante	4.1	4.2	5.1	5.2	
Kurzbezeichnung Wärme	Gas- BHKW	Gas- BHKW	Biomethan- BHKW	Biomethan- BHKW	
Kurzbezeichnung Kälte	Kompression	Absorption	Kompression	Absorption	

4.6. Innovative Wärmeversorgungsansätze

- 4.6.1 **Kaltwassernetzoptionen**
Umnutzung Wärmenetz zum "Kaltwassernetz" (ca. 15 - 20°C), Wärme und Kälteentzug durch Wärmepumpen dezentral in den Gebäuden
- 4.6.2 **Restwärmenutzung**
Einbindung von ungenutzten Restenergien in dieses Netz (Unternehmensabwärme, Gewerbekälte)
- 4.6.3 **Versorgung der Faulenbergkaserne mit PV-Strom; erhöhte Eigenstromnutzung**
durch Wärme- und Kälteerzeugung
durch Nutzung von Speichertechnologien
bis hin zur autarken Energieversorgung

4.6.1. Kaltwassernetzoptionen

a) Netz als Wärmefluss:

Im Netz wird statt warmes Wasser, kaltes Wasser im Bereich 10-15° C genutzt. Die Gebäude nutzen dieses Medium, wie Erdwärme oder Grundwasser, in dem sie sich mittels Wärmepumpen, das notwendige Temperaturniveau zum Heizen oder Kühlen in die Gebäude holen. Interessant wird diese Option durch eine gleichzeitige Nutzung von Wärme und Kälte oder durch die Einspeisung kostenloser Fremdwärme, was aber beides derzeit hier nicht der Fall ist. Deshalb wird diese Option nicht weiter untersucht.

b) Temperaturreduzierung im Fernwärmenetz:

Das vorhandene Netz wird mit niedrigerem Temperaturniveau z.B. 30/28° C betrieben, um die Verluste zu minimieren und es zu ermöglichen, regenerative Energien auf niedrigerem Temperaturniveau im Netz zu nutzen (z.B. Abwasserkanalwärmehückgewinnung). Voraussetzung dabei ist, dass der Wärmebedarf der Gebäude weiter zurück geht, da sonst die Einsparung durch das geringere Temperaturniveau durch den zusätzlichen Pumpstrombedarf höherer Volumenströme (warmes Wasser muss schneller fließen) kompensiert wird. Ein geringerer Energiebedarf der Gebäude kann in Zukunft z.B. durch noch höhere Eigenstromerzeugung und dezentrale Wärme- und Kälteerzeugung erzielt werden. Das Netz heute schon auf ein wesentlich niedrigeres Temperaturniveau zu senken, lohnt nicht, da wesentlich mehr Investitionskosten für die größere Dimensionierungen der Leitungen notwendig wären. Allerdings sollte vor Umsetzung der Netze eine Berechnung der optimalen Temperaturen im Netz erstellt werden (siehe Abbildung 48 „Abwasserkanaloptionen“ nachfolgende Seite).

c) Kein Netz, aber gemeinsamer Rückfluss dezentraler Grundwasserwärmepumpen:

Dezentrale Wärmepumpen in den Gebäuden nutzen Grauwasserkanal als Schluckbrunnen mit zentraler Versickerung bzw. Rückstauwerk mit Reinigung zur Dekontaminierung vor Versickerung im Aumühlplatz oder Über-/Ableitung in öffentlichen Kanal siehe Abbildung 49 „Grauwassersammlung“.

Abwasserkanaloptionen:

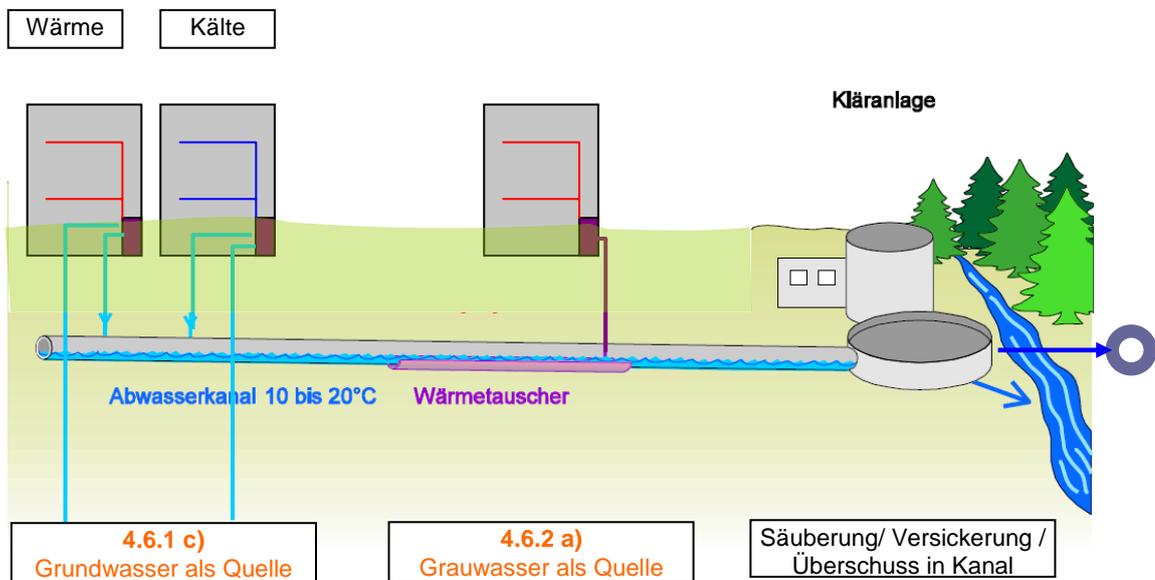


Abb. 48: Abwasserkanaloptionen

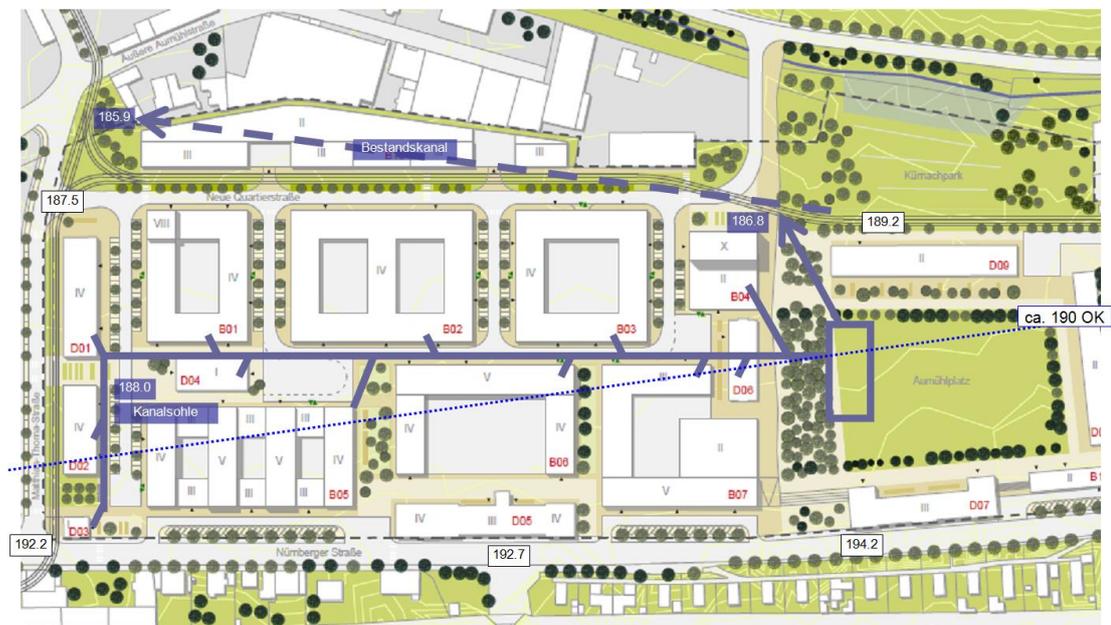


Abb. 49: Grauwassersammlung zur Abwassersammlung, zentraler Reinigung; Abfluss über ca. 500 m, bei 2 bis 3% Gefälle in gegebener Höhenlage prinzipiell möglich

4.6.2. Restwärmenutzung

a) Abwasserwärmenutzung Nürnberger Straße

Eine weitere Möglichkeit der Abwasserwärmenutzung wäre der Kanal in der Nürnberger Straße. Der vorhandene Kanal soll zu Teilen erneuert werden (neuer Kanal 1.200 mm und 1.150 mm Durchmesser mit einem Gefälle von 5 % – 10%). Die Abwassermengen könnten für eine wirtschaftliche Nutzung ausreichen. Zum Zeitpunkt der Erstellen des Quartierskonzeptes lagen aber noch keine Messergebnisse vor. Sobald dies der Fall ist, sollte die Abwasserwärmenutzung anhand der Vorgaben des DWA-Merkblatts M-114 geprüft werden.

b) Einbindung von Restenergien

Die Anfrage bei den umgebenden Firmen nach Nutzung von Abwärme aus deren Prozessen war negativ. Selbst wenn Wärme verfügbar wäre, ist diese nicht für einen langen Zeitraum wie 20 bis 40 Jahre sicher verfügbar. Auch wäre abzuwägen, ob eine Eigennutzung solcher Restwärme direkt in den Firmen energetisch nicht sinnvoller wäre. Derzeit ist kein Potential verfügbar.

4.6.3. Versorgung der Faulenbergkaserne mit PV-Strom mit erhöhter Eigenstromnutzung

- a) durch Wärme- und Kälteerzeugung
- b) durch Nutzung von Speichertechnologien
- c) bis hin zur autarken Energieversorgung

Eine ausgeglichene Energiebilanz ohne Nutzung des öffentlichen Stromnetzes ist derzeit schwierig umzusetzen. So wird versucht, den vorhandenen Verbrauch an das unregelmäßige Angebot an Solarstrom anzugleichen, das sowohl monatlich als auch minütlich wechselt:

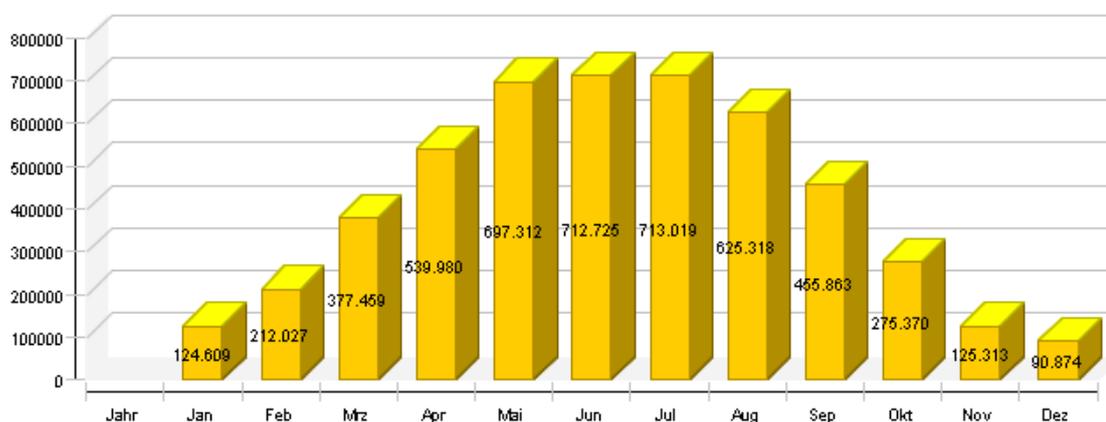


Abb. 50: Grafik Solarstromertrag Potential (AC)

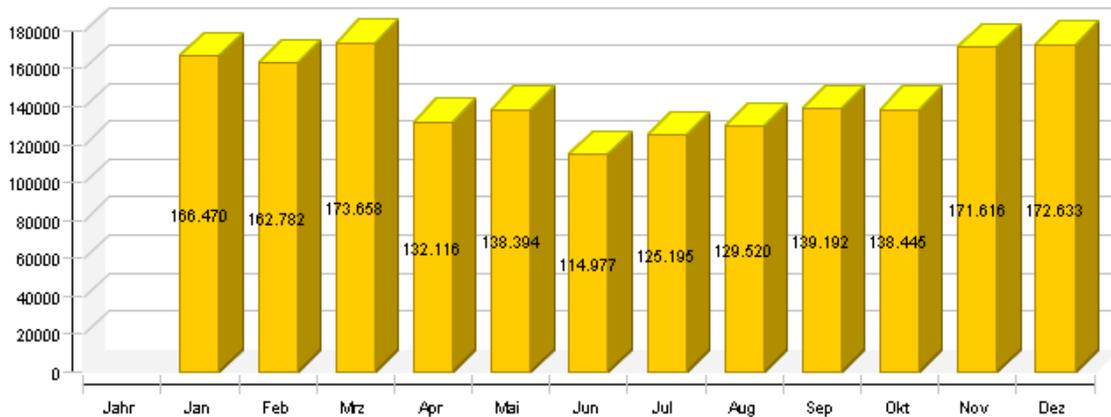


Abb. 51: Grafik Stromverbrauch Ausstattung (ohne Heizen und Kühlen)



Abb. 52: Grafik Energieflussdiagramm Strom Ausstattung – ohne Heizen und Kühlen

Obwohl der PV-Ertrag den Verbrauch von ca. 1.765 MWh/a bei weitem übersteigt und noch eine Restmenge von ca. 3.812 MWh/a zur Netzeinspeisung übrigbleiben, muss auf Grund der fehlenden Gleichzeitigkeit zusätzlich Strom (627 MWh/a) aus dem öffentlichen Netz bezogen werden. Der Eigenstromverbrauch beträgt lediglich 23%. Die Stromautarkie 64,5%.

Durch Einsatz heute üblicher Elektrokleinspeicher, hier 150 Batterien mit 900 kWh Gesamtkapazität kann die Eigenstromrate auf 26% und die Stromautarkie auf 73% erhöht werden. Die Batterie schafft eine bessere Ausnutzung des Solarangebots, wie an der Batterieladung und –Entladung in der Grafik zu sehen ist:

Projekt QKFWÜ - mit Akku: Flachdach mit 10° Neigung nach Ost-West + Fassade

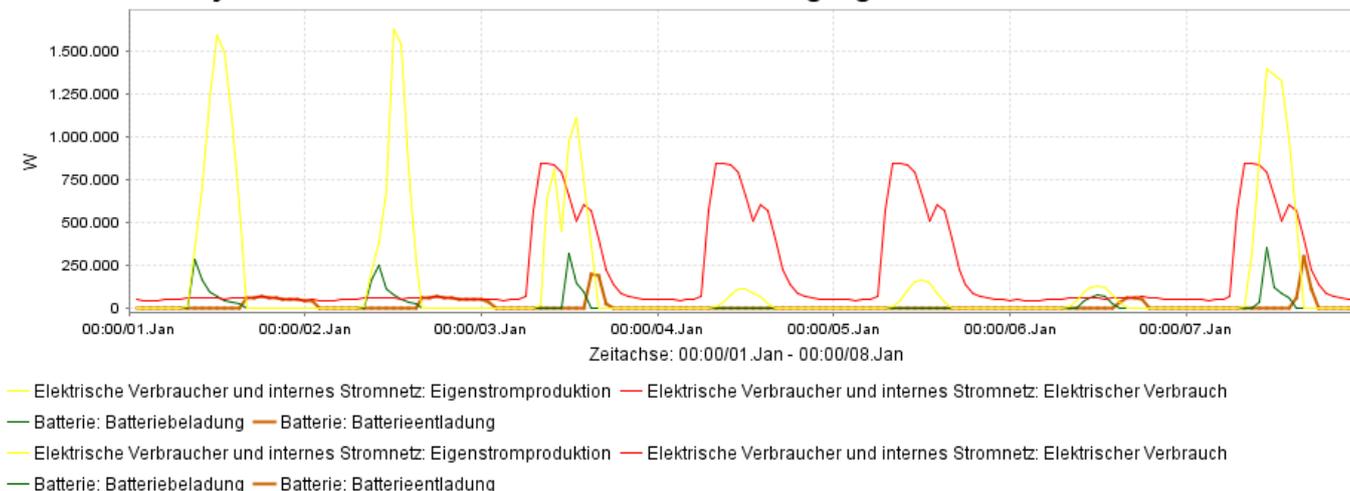


Abb. 53: Gegenüberstellung Solarangebot und Strombedarf + Batterieladung- / Entladung

Die Mehrkosten von ca. 300.000 € hierfür amortisieren sich unter Berücksichtigung von 30% Zuschuss in ca. 12 Jahren.

Erhöht man das Batterieangebot um die Kapazität von 200 Elektroautos⁵, die Tagsüber, während die Autofahrer ihre Fahrzeuge während der Arbeitszeit an der Faulenbergkaserne parken, ihre Batteriespeicher zu 50% laden, so erhöht sich der Eigenstromnutzungsanteil auf 32 %. Die Mehrkosten von ca. 100.000 € mit 30% Zuschuss für die Ladestationen würden sich schon in 10 Jahren rechnen.

Man kann erkennen, dass selbst mit heute üblichen Maßnahmen zur Speicherung von Strom keine 100%igen Deckungsgrade bei dem hier hohen PV-Ertrag zu erreichen sind. Daher wäre es sehr sinnvoll, einen zusätzlichen Teil des Angebots in Kälte (Sommer) und den restlichen Teil durch zusätzliche Umwandlung PV-Strom in Methan oder Wasserstoff zu speichern, um ihn im Winter für die Beheizung der Gebäude mittels Wärmepumpen wieder nutzen zu können. Wohingegen die saisonale Speicherung von Strom heute noch nicht wirtschaftlich darstellbar ist, wäre die zusätzliche Nutzung durch Kühlung sehr sinnvoll direkt umzusetzen. In jedem Monat würde ge-

⁵ 200 Autos x 12 kWh/d x 250 d/a --> ca. 600 MWh/a

nügend PV-Strom überschüssig produziert, um die gesamt Kälte produzieren zu können:

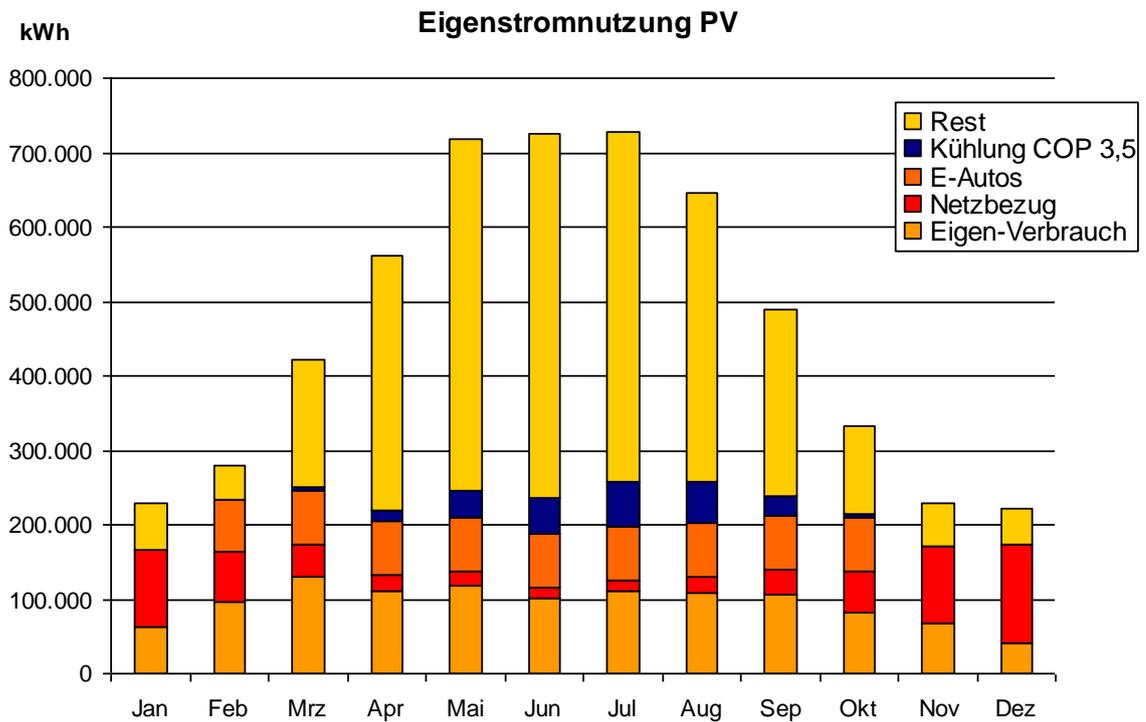


Abb. 54: Anteil der Eigenstromnutzung, der notwendige Fremdbezug aus dem Netz auf Grund der fehlenden Gleichzeitigkeit von Angebot und Nachfrage

Eine echte Autarkie wäre demnach in der Summe nur zu erreichen, wenn es möglich wäre, mittelfristig (Tages, bis Monatsweise) den Strom zwischen zu speichern, um einen Fremdbezug aus dem öffentlichem Stromnetz zu minimieren und zudem die hohen PV-Überschüsse im Sommer saisonal, chemisch (z.B. Wasserstoff) oder als Wärme für die Nutzung im Winter zu speichern. Die dabei auftretenden Verluste dürften dabei nicht mehr als 44% betragen (mit E-Autos nur 31%). Mit der heute verfügbaren Technologie ist das wirtschaftlich nicht umzusetzen.

PV-Versorgung contra Fern-Wärme/Kälte:

Mit der Voll-Versorgung des Gebietes ausschließlich mit selbst produziertem Solarstrom würde die zentrale Erzeugung und Verteilung über Kältenetze in Frage gestellt. Auch wenn es sich heraus stellen sollte, dass als Energiequelle Boden oder Grundwasser für die Wärmepumpen nicht in Frage kommen, so bleiben Luft oder heute schon angewandte Technologien, wie z.B. über Solarthermie regenerierte Eisspeicher als mögliche Quellen.

Eine interessante Frage, die wir heute noch nicht beantworten können, wird sein, ob die Innovation im Bereich der Stromspeicherung so schnell von statten geht, dass

sich die Investition in ein Nahwärmnetz, das mindestens 20, besser 50 Jahre betrieben werden soll, noch lohnen wird.

4.7. Öffentlichkeitsarbeit

- 4.7.1 Relevante lokale Akteure
- 4.7.2 Durchführungskonzept
- 4.7.3 Einbindung der Öffentlichkeit - Zeitablauf

4.7.1. Relevante lokale Akteure

Von Beginn des Projektes an wurden die örtlichen relevanten Akteure am Quartierskonzept Faulenberg beteiligt:

- Industrie- und Handelskammer (IHK)
- Handwerkskammer (HWK)
- Würzburger Versorgungs- und Verkehrs-GmbH (WVV)
- Stadtbau Würzburg GmbH (potentielle Interessentin)
- Amt für Zivil- und Brandschutz Würzburg (potentieller Interessent)
- Eigenbetrieb Stadtreiniger Würzburg (potentielle Interessentin)
- Mainfränkische Werkstätten (potentielle Interessentin)
- Montessori Trägerverein Würzburg e. V. (potentieller Interessent)
- Förderkreis Umweltschutz in Unterfranken e. V.
- Bundesanstalt für Immobilienaufgaben (derzeit Eigentümerin der Kaserne)
- Stadtverwaltung Würzburg (Fachbereich Umwelt- und Klimaschutz, Fachabteilung Stadtentwicklung)

In vier Foren wurden die Akteure geladen, bei denen die Zwischenergebnisse vorgestellt und diskutiert wurden.

4.7.2. Durchführungskonzept

Zum Projektstart wurden in einem Koordinierungsgespräch die Ziele und Wünsche ausgetauscht und ein Projektablaufplan erarbeitet. Über die einschlägigen Zeitungen sowie Zeitschriften wurde die Bevölkerung Würzburgs über die Aktivitäten im Konversionsgebiet Faulenberg informiert.

Mit folgenden Fragebogen (samt Anschreiben) wurden die ansässigen Unternehmen im und um das Untersuchungsgebiet Faulenberg in das energetische Quartierskonzept mit einbezogen:



Stabsstelle Klimaschutz und Nachhaltigkeitsmanagement

Kornelienstraße 20
97070 Würzburg

Justus-Liebig-Universität Würzburg
Herrn Dr. Björn Dietrich

Zimmer: 208
Telefon: (09 31) 57 2666
Telefax: (09 31) 57 2666
E-Mail: info@es-ufra.de

Öffnungszeiten:
Mo. Mi. 8:00 – 12:00 Uhr
Di. Do. Fr. 8:00 – 12:00 Uhr
Sa. So. 12:00 – 16:00 Uhr

Ziele aufweist, die Sie weiterverkauften würden. Von Interesse sind hierbei auch Expansionsüberlegungen und Entwicklungsoptionen in Bezug auf die nächsten Jahre.

Wir bitten Sie daher um Ihr Mitwirken und Ihre Unterstützung. Nehmen Sie sich die Zeit, die beigefügte Energie-Checkliste auszufüllen und bis zum **11. Januar 2013** an die

Energieagentur Unterfranken e.V.
Domstraße 5
97070 Würzburg

oder an die Faxnummer 0931 - 4521 - 305 zu senden. Gerne können Sie die Daten auch per E-Mail an info@es-ufra.de übermitteln.

Zur Bearbeitung der Checkliste und präzisen Bestandsaufnahme kann je nach Bedarf ein Vor-Or-Termin mit der Energieagentur Unterfranken e.V. in Anspruch genommen werden. Die Energieagentur Unterfranken e. V. wird sich diesbezüglich bei Ihnen in den nächsten Tagen telefonisch melden.

Als attraktiver Anreiz und zur Ermittlung weiterführender Energie-Daten kann zudem optional eine förderfähige Initialberatung gemäß des KfW-Programms „Energieberatung Mittelstand“ in Anspruch genommen werden (förderfähig mit bis zu 80 % der Beraterkosten, Eigenanteil ab 200,- €, siehe auch im Anhang „Steckbrief zur Energieberatung Mittelstand“).

Wir freuen uns auf eine gute Zusammenarbeit und bedanken uns bereits jetzt sehr herzlich für Ihre Unterstützung.

Mit freundlichen Grüßen

A. Kraft
A. Kraft
Erster Vorsitzender
Energieagentur - Unterfranken e.V.

Dr. Björn Dietrich
Leiter des Fachbereichs
Umwelt- und Klimaschutz

Anlagen:

- Energie-Check-Liste für Unternehmen
- Steckbrief zur Energieberatung Mittelstand

- 2 -



Energie-Check für Ihr Unternehmen

Die Energieagentur Unterfranken entwickelt im Auftrag der Stadt Würzburg mehrere Energie-Versorgungsvarianten im Rahmen des „Energetischen Quartierskonzepts“ für die ehemalige „Faulenbergkaserne“.

Dabei könnten auch Sie als Anlieger von einem Anschluss an das mögliche Nahwärmenetz profitieren:

- Nutzung regenerativer Energie (niedrige Energiekosten, gute CO₂-Bilanz, einfache Erfüllung der Vorgaben des BSWärme-Gesetzes etc.)
- Verkauf Ihrer ungenutzten Abwärme an den Netzbetreiber

Helfen Sie uns, die energetische Situation im Quartier besser einschätzen zu können und füllen Sie bitte folgende kurze Energie-Check-Liste aus und senden Sie diese an uns zurück!

Sie erhalten von uns bei Interesse einen kostenlosen Energiecheck...

b) Daten Unternehmen:

Name, Adresse, Ansprechpartner oder einfach Firmenstempel	
Branche	
Wärmeverbrauch	kWh/a Erdgas in m³/a Heizöl in Liter/a
Stromverbrauch	kWh/a
Wärmekosten	€/a
Stromkosten	€/a
Umsatz	€/a
Anzahl Mitarbeiter	
Produktionsmenge	

b) Welche Technologien werden in Ihrem Unternehmen eingesetzt, die maßgeblich für den Energieverbrauch sind? (Schätzung)

	wenig	mittel	viel
Raumbheizung			
Warmwasser			
Dampf			
Druckluft			
Kälte			
Beleuchtung			
Maschinenpark			
...			

c) Welche Modernisierungsmaßnahmen wurden bisher durchgeführt bzw. stehen an?

	durchgeführt	noch geplant	im Jahr
Gedächtdämmung			
Heizung			
Warmwasser			
Dampf			
Druckluft			
Kälte			
Beleuchtung			
Maschinenpark			
...			

d) Haben Sie noch Fragen oder weiterführende Anregungen?

Vielen Dank für Ihr Mitwirken!

Seite 2 von 2

Abb. 55: Fragebogen mit Quartier-Anschätzen, der an die Unternehmen im und um das Quartier versendet wurde

Es wurde zudem bei einigen Unternehmen ein kostenloser Energiecheck durchgeführt und über die Möglichkeiten, der Beteiligung der Firmen am Energiekonzept der

Faulenbergkaserne besprochen. Es konnten keine konkreten Möglichkeiten dafür gefunden werden.

4.7.3. Einbindung der Öffentlichkeit - Zeitablauf

In enger Abstimmung mit dem Auftraggeber ist die Öffentlichkeit mit folgenden Schritten eingebunden worden. Die Informationen wurden für die Stadt Würzburg aufgearbeitet und von dieser über die Presse sowie auf der städtischen Homepage veröffentlicht:

05. Oktober 2012	Treffen der relevanten Akteure „Start-Sitzung“
10. Oktober 2012	Allgemeine Pressemitteilung zum Energiekonzept
23. November 2012	Pressemitteilung „Datenaufnahme“
14. Dezember 2012	Treffen der relevanten Akteure „Ergebnisvorstellung der Datenaufnahme“
18. Dezember 2012	Anschreiben der Unternehmen im und um das Untersuchungsgebiet mit Fragebogen
30. Januar 2013	Treffen der relevanten Akteure
25. Februar 2013	Präsentation des Zwischenberichts im Konversions-Ausschuss der Stadt Würzburg
05. Mai 2013	Treffen der relevanten Akteure „Präsentation der Energieversorgungsvarianten“
24. Juli 2013	Treffen der relevanten Akteure „Präsentation und Diskussion der Ergebnisse“
11. November 2013	Präsentation des Abschlussberichts im Konversions-Ausschuss der Stadt Würzburg

FÜR DIE EHEMALIGE FAULENBERGKASERNE ENTSTEHT EIN ZUKUNFTSWEISENDES ENERGIEKONZEPT

Sie ziehen mit Klemmbrett und Fotoapparat durch die ehemalige Faulenbergkaserne, machen sich Notizen, begutachten und beraten - Neun Mitarbeiter der Energieagentur Unterfranken sowie Vertreter des Instituts für Energietechnik an der Hochschule Amberg-Weiden, der Bundesanstalt für Immobilienaufgaben und der Stadt Würzburg waren am 21.11.2012 dabei, eine Bestandsaufnahme für das energetische Quartierskonzept Faulenberg zu sammeln, welches die städtischen Fachbereiche Umwelt- und Klimaschutz sowie Stadtplanung in Auftrag gegeben haben.

Für Dr. Björn Dietrich, Leiter des Fachbereichs Umwelt- und Klimaschutz, ist das Ziel im Zeichen der nachhaltigen Standortentwicklung gesetzt: „Das energetische Konzept soll dazu beitragen, die ehemalige Faulenbergkaserne zu einem Musterbeispiel für inner-

städtische Konversionslagen werden zu lassen.“

„Besonders viel Energieeinsparpotential steckt im Gebäudebestand“, weiß Daniel Miller, der Projektleiter auf Seiten der Energieagentur Unterfranken. Darüber hinaus kann auch bei den geplanten Neubauten z. B. durch die Einhaltung des Passivhaus-Standards der Energiebedarf auf das mindeste reduziert werden.

So wurden die denkmalgeschützten Gebäude hinsichtlich der energetischen Ist-Situation und dem möglichen Einsparpotential untersucht. Ebenso wurden erste Aussagen zur Statik, dem Brandschutz, der bestehenden Heiztechnik und den Gebäude-Schadstoffen in Erfahrung gebracht.

Mit Hilfe dieser Bestandsaufnahme werden die technischen Grundla-



gen zur Abschätzung des zukünftigen Energiebedarfs ermittelt, die für die Bereiche Beheizung, Kühlung sowie Stromverbrauch auszuweisen sind. Mit den ermittelten Jahresdauerlinien des gesamten Gebietes können die Varianten für die zukünftige Energieversorgung ausgearbeitet werden.

Weitere Informationen zur Konzepterstellung erhalten Sie bei Christian Göpfert, Klimaschutzbeauftragter der Stadt Würzburg (Tel. 0931/372686) oder auf www.wuerzburg.de (Thema „Umwelt & Verkehr“, Kategorie „Klima & Energie“).

Abb. 56: Auszug aus Zeitungsbericht

5. Abbildungs- und Bildverzeichnis

Abb. 1:	Jahresgesamtkosten der Netzversorgungsvarianten (Quelle IfE)	8
Abb. 2:	Punkte-Bewertungstabelle der Energieversorgungsvarianten	8
Abb. 3:	Luftbild Untersuchungsgebiet.....	10
Abb. 4:	Luftaufnahme des Geländes „Faulenbergkaserne“	11
Abb. 5:	Topographiekarte.....	11
Abb. 7:	Energiekennzahlen Endenergie Wärme im Vergleich – Auszug aus der EnEV 2013.....	13
Abb. 8:	Nutzenergien des Untersuchungsgebietes.....	15
Abb. 10:	Übersichtsplan Untersuchungsgebiet.....	16
Abb. 11:	Übersicht der Versorgungsvarianten des Verbundnetzes.....	16
Abb. 12:	Spezifischer Energiepreis der Maßnahmen in Cent / kWh (Quelle IfE).....	17
Abb. 13:	CO ₂ -Ausstoß der Energieversorgungsvarianten (Quelle IfE).....	17
Abb. 14:	Beispiel - Aufteilung der Eigenstromerzeugung als Jahresbilanz	19
Abb. 15:	Optimierte Nutzung selbst erzeugten PV-Stroms	20
Abb. 16:	spezifische mittlere Kennwerte pro m ² Nutzfläche der Gebäude im Untersuchungsgebiet	21
Abb. 17:	Masterplanung Faulenbergkaserne, weiße Gebäude Neubau, braune Bestand.....	25
Abb. 18:	Auszug aus Nutzungsplan, gesamter Plan siehe Anlage 7.3.....	26
Abb. 19:	Aufteilung Flächenanteile nach ages, Beispiel B01 + 02 Feuerwehr	26
Abb. 20:	Zuordnung der Einzelflächen zu Nutzungen de DIN V 18599 inkl. Anpassungen.....	27
Abb. 21:	Begehung am 22.11.2012.....	29
Abb. 22:	Auszug aus Gebäudesteckbriefen.....	29
Abb. 23.:	Auszug aus Gebäudesteckbrief mit Maßnahmen und Kosten	30
Abb. 24:	Ausschnitt aus Gesamtenergiebilanz des Untersuchungsgebietes.....	30
Abb. 25:	Flächenanteile und Dämmwerte der Neubaustrukturen.....	31
Abb. 26:	Durchschnittliche Aufteilung der Transmissionsverluste der Neubauten	31
Abb. 26:	Ausschnitt aus Gesamtenergiebilanz des Untersuchungsgebietes.....	32
Abb. 27:	Auszug Masterplan, Stand 2011, Beschlussfassung.....	33
Abb. 28:	Auszug aus IOG (Informationssystem oberflächennahe Geothermie)	34
Abb. 29:	Nutzung von Dachflächen und Fassaden zur Nutzung mit PV-Anlagen	35
Abb. 30:	Simulationsergebnis Solarertrag	36
Abb. 31:	Solarsimulation PV-Ertrag, heutige Module	36
Abb. 32:	Verkleinerter Energiedichtenplan – großer Plan siehe Anlage 7.5.....	37
Abb. 33:	Verkleinerter Energiedichtenplan – großer Plan siehe Anlage 7.5.....	37
Abb. 34:	Übersichtsplan Untersuchungsgebiet.....	38
Abb. 35:	Kennzahlen des Wärmenetzes	38
Abb. 36:	Kennzahlen des Kältenetzes.....	39
Abb. 37:	Wärme- und Kältebedarf in der Faulenbergkaserne – West (Trassenplan IfE, Wärme – und Kältebedarf EA-Ufr).....	39
Abb. 38:	Thermische Jahresdauerlinie Wärme, inkl. Netzverluste	40
Abb. 39:	Thermische Jahresdauerlinie Kälte	40
Abb. 40:	„Der monatliche Bedarf an Wärme und Wärme für Absorptionskälte Verbund inkl. Netzverluste“ (Quelle: IfE)	41
Abb. 40:	Variantenübersicht Wärme- und Kälteversorgung Eine genaue Beschreibung der Anlagen und des Verbundnetzes finden Sie in Berichtsteil II „Wärmeverbundnetze (IfE)“.....	42
Abb. 40:	Übersicht Jahreskosten der Varianten (Quelle IfE).....	43
Abb. 44:	Übersicht der Gesamtkosten (Daten IfE).....	44

Abb. 41: Spezifischer Energiepreis der Maßnahmen in Cent / kWh (Quelle IfE).....	44
Abb. 42: CO ₂ -Ausstoß der Energieversorgungsvarianten (Quelle IfE).....	45
Abb. 43: Primärenergiebedarf der Energieversorgungsvarianten (Quelle IfE)	45
Abb. 48: Abwasserkanaloptionen	47
Abb. 49: Grauwassersammlung zur Abwassersammlung, zentraler Reinigung; Abfluss über ca. 500 m, bei 2 bis 3% Gefälle in gegebener Höhenlage prinzipiell möglich.....	47
Abb. 50: Grafik Solarstromertrag Potential (AC).....	48
Abb. 51: Grafik Stromverbrauch Ausstattung (ohne Heizen und Kühlen)	49
Abb. 52: Grafik Energieflussdiagramm Strom Ausstattung – ohne Heizen und Kühlen.....	49
Abb. 49: Gegenüberstellung Solarangebot und Strombedarf + Batterieladung- / Entladung.....	50
Abb. 50: Anteil der Eigenstromnutzung, der notwendige Fremdbezug aus dem Netz auf Grund der fehlenden Gleichzeitigkeit von Angebot und Nachfrage	51
Abb. 51: Fragebogen mit Anschreiben, der an die Unternehmen im und um das Quartier versendet wurde	54
Abb. 52: Auszug aus Zeitungsbericht	56

Soweit in den Abbildungen keine andere Quelle genannt ist, liegen alle Rechte hierfür bei der Energieagentur Unterfranken e.V., dem Institut für Energietechnik IfE GmbH oder der Stadt Würzburg.

6. Glossar

ha	Kurzform von Hektar, 1 ha entspricht 10.000 Quadratmetern
GIS	Geoinformationssystem, elektronische Datenbank der Gemeinden mit georeferenzierten Informationen
ISEK	Integriertes Städtebauliches Entwicklungskonzept von Würzburg, fertig gestellt 2012
to	Kurzzeichen für Tonne, 1 to entspricht 1.000 Kilogramm
kg	Kurzzeichen für Kilogramm, 1 kg entspricht 1.000 Gramm
CO ₂	Kurzschreibweise für Kohlendioxid. Kohlendioxid trägt stark zum Treibhauseffekt und damit zur Klimaerwärmung bei.
MWh/a	heißt Megawattstunde(n) pro Jahr. 1.000 kWh/a = 1 MWh/a
kWh/a	heißt Kilowattstunde(n) pro Jahr
PV	Kürzel für Photovoltaik oder Fotovoltaik. Photovoltaikanlagen wandeln Sonnenstrahlen in Strom um. Dieser wird in der Regel in das öffentliche Stromnetz eingespeist
Solarthermie	Solarthermische Anlagen wandeln Sonnenstrahlen in Wärme um. Diese wird in einem Pufferspeicher gespeichert und bei Bedarf als Warmwasser oder Heizwärme abgegeben
kW	Kurzform Kilowatt, 1 kW = 1.000 Watt, Leistungsangabe
GHD	steht für Gewerbe – Handel – Dienstleistungen
COP	steht für „Coefficient of Performance“. Der COP-Faktor stellt das Verhältnis der eingesetzten elektrischen Energie zur erzeugten Wärmeenergie (aus Elektrischer Energie und Umweltwärme gewonnen) dar.
JAZ	steht für Jahresarbeitszahl und berücksichtigt gegenüber dem „COP“ zusätzlich die Hilfsströme, wie z.B. die Grundwasserpumpe
BHKW	steht für Blockheizkraftwerk. Dort wird in einer KWK = Kraftwärme-Kopplung gleichzeitig Strom und Wärme produziert. Während bei der Stromerzeugung ein Großteil der Wärme nicht genutzt werden kann, wird bei einem Klein-BHKW lokal die Wärme zur Gebäudebeheizung oder Warmwassererzeugung genutzt.

7. Anlagen

7.1 Gebäudesteckbriefe – Altbauten

7.2. Berechnungsgrundlagen Neubauberechnung – Nutzungsprofile

7.3 Nutzungskonzept

7.4 Gesamtübersicht Energiebilanz

7.5 Energiedichtenplan

Berichtteil II - Wärmeverbundnetze (IfE)

7.1. Gebäudesteckbriefe - Altbauten

Gebäude D 01

Bisherige Nutzung: Lager / Büro
 NGF: 4.752 m² (A_n)
 BRI: 14.000 m³
 Geschosse: 5
 Baujahr: 1874?



Das Haferlager für Militärpferde aus dem 19.Jh steht unter Denkmalschutz und steht derzeit leer. Das EG wurde mit Gipskartonplatten zu unattraktiven Aufenthaltsräumen ausgebaut und steht ebenfalls leer, die Einbauten müssen entfernt werden. Es wurde daher bei dem gesamten Gebäude von einer Lagernutzung ausgegangen. Wegen der einfachen 5-geschossigen niedrigen Holzkonstruktion ist das Gebäude für einen Büro- oder Kleingewerbeausbau nur geeignet, wenn Geschosshöhen geändert und Massivdecken eingezogen werden. Dann muss allerdings auch die Fassade verändert werden (Brüstungshöhen, evtl. Atrium mit Glasdach). Auch bei einer weiteren Nutzung als Lagerhalle müssen Massivdecken eingezogen werden (Statik, Brandschutz).

Bei einer angenommenen gleichbleibenden Heizung (Fernwärme fossil) ist bei einer Nutzungsänderung von Lager (12°) auf Büronutzung mit Dämmung mit einer End-Energieeinsparung von 22% zu rechnen, bei gleichzeitig erhöhtem Strombedarf.

Energiebedarf			
[kWh/a]	Ist-Situation	Zukunft	Einsparung
Strom	27.352	39.525	+12.173
Wärme	361.434	271.082	-90.352
Gesamt	388.787	310.608	-78.179

Energetische Bewertung der Bauteile:

Bauteil	Beschreibung	Fläche m2	U-Wert- Ist	U-Wert - Zukunft
Dach	Holzschalung/Wellblech (Wellasbest?) später Aufdachdämmung 16 cm WLG 028	1140	3,0	0,17
Wände	Ziegel 30-60 cm später Innendämmung Mineralschaumplatte 8 cm WLG 045	1672	1,85	0,43
Fenster	Holzfenster einfach später 3-fach Wärmeschutz-Verglasung	203	5,0	0,95
Kellerdecke	12 cm auf vorh. Boden	1042	1,2	0,23

Heizung und Warmwasser:

Energieerzeuger: nicht mehr vorhanden

Zustand Leitungen/ Wärmeübergabe: nicht mehr vorhanden

Beleuchtung:

Beschreibung: Leuchtstoffröhren KVG später EVG

Lüftung:

Art der Lüftung: Fensterlüftung

Einschätzung zur Luftdichtheit des Gebäudes: undicht, n50 = 4 h-1

WRG: keine vorhanden

Sanierungskosten (rein energetisch, Nettokosten ohne Nebenkosten):

Bauteil	EP	Fläche	Kosten	Beschreibung
Dach	150 €	1.140 m²	171.000 €	22 cm Aufdachdämmung WLG 040
Wände	50 €	1.672 m²	83.600 €	8 cm Innendämmung, kapillaraktiv WLG 045
Fenster	600 €	203 m²	121.800 €	3-fach verglaste Fenster
Boden	30 €	1.042 m²	31.260 €	12 cm 035 z.B. Mineralwolle
407.660 €				



Energieagentur Unterfranken e.V.
Domstraße 5 - 97070 Würzburg

Fotodokumentation – Gebäude 250 (D01)

Quartierskonzept Faulenbergkaserne Würzburg



Abbildung 1 Ansicht



Abbildung 2 Ansicht



Abbildung 3 Ansicht



Abbildung 4 Ansicht



Abbildung 5 Flur EG



Abbildung 6 Decke Flur EG



Abbildung 6 OG



Abbildung 7 OG



Abbildung 8 DG



Abbildung 9 DG

Gebäude D 02

Bisherige Nutzung: Lager
 NGF: 3.520 m² (A_n)
 BRI: 10.590 m³
 Geschosse: 5
 Baujahr: 1874?



Das Haferlager für Militärpferde aus dem 19. Jahrhundert steht unter Denkmalschutz und steht derzeit leer. Wegen der einfachen 5-geschossigen niedrigen Holzkonstruktion im Inneren ist es für einen Büro- oder Kleingewerbeausbau nur geeignet, wenn Geschosshöhen geändert und Massivdecken eingezogen werden. Dann muss allerdings auch die Fassade verändert werden (Brüstungshöhen, evtl. Atrium mit Glasdach). Auch bei einer weiteren Nutzung als Lagerhalle müssen Massivdecken eingezogen werden (Statik, Brandschutz). Bei einer angenommenen gleichbleibender Heizung (Fernwärme fossil) ist bei einer Nutzungsänderung von Lager (12°C) auf Büronutzung (21°C) trotz Dämmung, nur mit einer Energieeinsparung von 15% zu rechnen, bei gleichzeitig erhöhtem Strombedarf.

Energiebedarf			
[kWh/a]	Ist-Situation	Zukunft	Einsparung
Strom	27.352	39.525	+12.173
Wärme	361.434	271.082	-90.352
Gesamt	388.787	310.608	-78.179

Energetische Bewertung der Bauteile:

Bauteil	Beschreibung	Fläche m ²	U-Wert-Ist	U-Wert - Zukunft
Dach	Holzschalung/Wellblech (Wellasbest?) später Aufdachdämmung 16 cm WLG 028	863	3,0	0,17
Wände	Ziegel 30-60 cm später Innendämmung Mineralschaumplatte 8 cm WLG 045	1.383	1,85	0,43
Fenster	Holzfenster einfach später 3-fach Wärmeschutz-Verglasung	149	5,0	0,95
Kellerdecke	12 cm auf vorh. Boden	789	1,2	0,23

Heizung und Warmwasser:

Energieerzeuger: nicht vorhanden

Beleuchtung:

Beschreibung: Leuchtrohrröhren KVG später EVG

Lüftung:

Art der Lüftung: Fensterlüftung

Einschätzung zur Luftdichtheit des Gebäudes: undicht, $n_{50} = 4h^{-1}$

WRG: keine vorhanden

Sanierungskosten (rein energetisch, Nettokosten ohne Nebenkosten):

Bauteil	EP	Fläche	Kosten	Beschreibung
Dach	150 €	863	129.450 €	24 cm Aufdachdämmung 040
Wände	50 €	1.383	69.150 €	8 cm Innendämmung
Fenster	600 €	149	89.400 €	3-fach verglaste Fenster
Boden	30 €	789	23.670 €	12 cm 035
			311.670 €	

Fotos siehe Fotodokumentation D 01.

Gebäude D 03 (Hausmeisterwohnung)

Bisherige Nutzung: Hausmeisterwohnen

NGF: 119 m² (A_n)

BRI: 489 m³

Geschosse: 1

Baujahr: 1881



Es war keine Gebäudebegehung von innen möglich.

Energiebedarf [kWh/a]		Ist-Situation		Zukunft		Einsparung
Strom	ca.	3.000	kWh	2.000	kWh	33%
Wärme		41.500	kWh	8.100	kWh	80%
Gesamt		44.500		10.100		77%

Energetische Bewertung der Bauteile:

Bauteil	Beschreibung	Fläche	U-Wert Ist	U-Wert Zukunft	Einsparung
Wand	Backsteinbau, Denkmal -> Innendäm- mung 8 cm, kapillar aktiv	154 m ²	2,05	0,44	79%
Fenster	Fenstertausch 3-fach	14 m ²	5,00	1,00	80%
Haustür	Türentausch	3 m ²	3,50	1,80	49%
OG	30 cm WLG 040	132 m ²	1,00	0,12	88%
Fußboden V1	2 cm GeMiwo WLG 019	132 m ²	1,20	0,51	58%
<i>Fußboden V2</i>	<i>(10 cm 040 – alternativ)</i>	132	1,20	0,30	75%

Heizung und Warmwasser:

Energieerzeuger: Versorgung über Fernwärme (konnte nicht überprüft werden -> angenommen)

Zustand Leitungen: Neuinstallation

Wärmeübergabe: es wird von Heizkörpern ausgegangen

Beleuchtung:

Beschreibung: Neuinstallation von Beleuchtung und Elektrik erforderlich.

Einsparpotential: hoch

Lüftung:

Art der Lüftung: Fensterlüftung

Einschätzung zur Luftdichtheit des Gebäudes: undicht, n50 = 4 h-1

WRG: keine vorhanden

Sanierungskosten (rein energetisch, Nettokosten ohne Nebenkosten):

Bauteil	EP	Fläche	Kosten	Beschreibung
Wand	50,00 €	172 m²	8.600 €	Innendämmung 8 cm 045
Fenster	600,00 €	14,4 m²	8.640 €	Fenstertausch U = 1,0 Komplettkosten
Haustür	1.500,00 €	2,5 m²	3.750 €	Türentausch U = 1,8 Komplettkosten
OG	40,00 €	132 m²	5.280 €	Dämmung 30cm 030
Fußboden V1	50,00 €	132 m²	6.600 €	2cm GelMiwo 019
<i>Fußboden V2</i>	<i>30,00 €</i>	<i>132 m²</i>	<i>3.960 €</i>	<i>10cm 040 Alternative</i>
36.830 €				

Nachnutzung:

Es wird ausschließlich von einer Erdgeschossnutzung ausgegangen. Aus der Stadt kommend befindet sich das Gebäude am Eingang der Faulenbergkaserne. Es bietet sich an, das vergleichsweise kleine Gebäude als Infozentrum für die Faulenbergkaserne zu nutzen. Als Strombedarf wird ausschließlich von Beleuchtung und Bürogeräten ausgegangen.

Gesamtanschlussleistung	Nutzungsdauer	Energieverbrauch
300 W	260 d 24 h	1872 kWh/a

Gebäude D 04 (Lagergebäude)

Gebäude / Objekt		Baujahr
Geb. 254 (D04)		1895-1935
bisherige Nutzung		
Lagergebäude		
NGF	BRI	Geschosse
620	3980	1

Anmerkung
Eisenbeton-Rahmenbinderbau mit Laternenshed,
Massive Bauschäden



Energiebedarf

[kWh/a]	Ist-Situation	Zukunft	Einsparung
Strom	14.500	3.800	74 %
Wärme	359.000	60.700	83 %
Gesamt	373.500	64.500	83 %

Strom: Schätzung nach VDI 3807 Museen (Kultur)

Energetische Bewertung der Bauteile

Bauteil	Beschreibung	Fläche	U-Wert- Ist	U-Wert - Zukunft	Einsparung
Außenwand	Vollziegelmauerwerk verputzt	217,39	1,20	0,37	69 %
Betonbauteile	Rahmenbinder aus Beton	59,63	3,20	0,44	86 %
Fenster	1-Scheiben Verglasung	83	5,80	1,00	83 %
Tore	Holz/Metall	240	3,00	1,30	57 %
Dach	Betonplatte + Abdichtung	685,36	2,50	0,30	88 %
Bodenplatte	Betonplatte ungedämmt	643,94	3,60	0,69	81 %

Heizung

Energieerzeuger	Baujahr	Nennleistung	Energieträger	Anmerkung
Keine Beheizung				
Zustand Leitungen Heizraum			Zustand Pumpen Heizraum	
Systemtemperatur		Regelung		Wärmeübergabe
VL	RL			
Anmerkungen				

Trinkwassererw.

Energieerzeuger Kein Warmwasser	Baujahr	Nennleistung	Energieträger	Anmerkung
Anmerkungen				

Beleuchtung

Beschreibung	Einsparpotential
Einige alte Pendelleuchten	80 %

Lüftung

Art der Lüftung	Fenster	WRG
Einschätzung zur Luftdichtheit des Gebäudes		
Halle ohne jegliche Dichtigkeit		

Sanierungskosten (rein energetisch, netto, ohne NK)

329.000.- €

Bauteil	Kosten	Beschreibung	U-Wert empfohlen
Außenwand	14.000 €	Innendämmung	0,37
Tore	192.000 €	Denkmalschutz: vorh. Tore aufarbeiten	1,30
Fenster	49.800 €	3-fach Verglasung	1,00
Dach	32.100 €	Neue Aufdachdämmung	0,30
Bodenplatte	41.100 €	2 cm Dämmung WLG 019	0,69

Fotodokumentation D 04:



Abbildung 10 Gebäude 254



Abbildung 11 Rückansicht



Abbildung 12 Innenbereich



Abbildung 13 Innenbereich



Abbildung 14 Tore



Abbildung 15 Betonkorrosion

Gebäude D 05

Bisherige Nutzung: Alte Feuerweherschule (Leerstand)

NGF: 4.553 m² (A_n)

BRI: 25.287 m³

Geschosse: 4

Baujahr: 1881

Es war keine Gebäudebegehung
von innen möglich.



Energiebedarf [kWh/a]	Ist-Situation	Zukunft	Einsparung
Strom			
Wärme	714.000 kWh	103.000 kWh	86%
Gesamt	714.000	103.000	86%

Energetische Bewertung der Bauteile:

Bauteil	Beschreibung	Fläche	U-Wert-Ist	U-Wert-Zukunft	Einsparung
<i>Wände unterschiedlich dick, wg Denkmal Innendämmung 8cm WLG 045</i>					
Wand t=24	massiv-verputzt-Denkmal	97 m ²	2,05	0,44	79%
Wand t=43	massiv-verputzt-Denkmal	1046 m ²	1,37	0,40	71%
Wand t=55	massiv-verputzt-Denkmal	833 m ²	1,14	0,38	67%
Wand t=71	massiv-verputzt-Denkmal	708 m ²	0,92	0,35	62%
Wand t=86	massiv-verputzt-Denkmal	494 m ²	0,79	0,33	58%
Fenster	Fenstertausch	427 m ²	5,0	1,0	80%
Haustür	Türentausch	27 m ²	3,5	1,8	49%
Dach	Dämmung auf U= 0,20	1686 m ²	2,6	0,2	92%
<i>Im Mittelteil Gewölbekeller, sonst zugeschüttete Keller. Komplett neuer Fußbodenaufbau</i>					
1 Kellerbereich	10cm 040	594 m ²	1,2	0,28	77%
2 Erdbereich	10cm 040	734 m ²	1,0	0,28	72%

Heizung und Warmwasser:

Energieerzeuger: Versorgung über Fernwärme (konnte nicht überprüft werden -> angenommen)

Zustand Leitungen: **Neuinstallation**

Wärmeübergabe: **es wird von Heizkörpern ausgegangen**

Beleuchtung:

Beschreibung: **Neuinstallation von Beleuchtung und Elektrik erforderlich.**

Einsparpotential: **hoch**

Lüftung:

Art der Lüftung: **Fensterlüftung**

Einschätzung zur Luftdichtheit des Gebäudes: **wg. def. Fenster nicht als offen betr.**

Sanierungskosten (rein energetisch, Nettokosten ohne Nebenkosten):

Bauteil	EP	Fläche	Kosten	Beschreibung
Wand	50,00 €	3.631 m²	181.550 €	Innendämmung 8cm 045
Fenster	600,00 €	427 m²	256.200 €	Fenstertausch U = 1,0 Komplettkosten
Haustür	1.500,00 €	27 m²	40.500 €	Türentausch U = 1,8 Komplettkosten
Dach	300,00 €	1686 m²	505.800 €	Dämmung 30cm 030 Dacherneuerung*
Boden 1	30,00 €	594 m²	17.820 €	10 cm 040
Boden 2	30,00 €	734 m²	22.020 €	10 cm 040
1.023.890 €				

* ohne Sanierungskosten für schadhafte Dachkonstruktion / Versetzen Kehlbalken

Nachnutzung:

Trotz Denkmalschutz liegt für das Gebäude eine Abrissgenehmigung vor. Es ist keine Gebäudebegehung möglich gewesen, es liegen jedoch gute Pläne vor.

Kellerdecke: Laut Plan sind viele Deckenbereiche eingestürzt, nicht standfest. Der Bodenaufbau kann muss hier neu erfolgen, hier ist ein sehr guter Dämmstandard möglich (also U-Wert auch besser 0,28).

Außenwände: Da der Außenputz ggf. nicht durch Dämmputz ersetzt werden kann, wird von einer Innendämmung ausgegangen. Wegen der vielen einbindenden Innenwände entstehen hohe Wärmebrückenverluste (auch wegen der in jedem Geschoss wechselnden Außenwandstärken).

Dach: Der Mittelbereich kann aufgrund der kleinen Fenster mutmaßlich genutzt werden, die drei anderen Dachbereiche sind nur eingeschränkt nutzbar. Da die Dächer bereits eine Art Notdeckung haben, wird hier das Dach als Wärmeabschluss gesehen, konservativ mit U-Wert = 0,20. Sanierungskosten für evtl. defekten Dachstuhl nicht enthalten.

Der Strombedarf ist nutzungsabhängig = daher keine Bewertung.

Gesamtanschlussleistung	Nutzungsdauer	Energieverbrauch
W	260 d 24 h	0 kWh/a

Gebäude D 06

Bisherige Nutzung: Lager
 NGF: 1.114 m² (A_n)
 BRI: 4.064 m³
 Geschosse: 2
 Baujahr: 1874?



Das 2-geschossige Gebäude wird als Lager genutzt. Zwischendecke 20 cm Beton. Der ziegelgedeckte Holzdachstuhl ist nicht zugänglich. Kein Keller. 2 großzügige Treppenhäuser, 6 ungedämmte Stahl-tore. Für Lager-Werkstatt- oder Kulturnutzung (z.B. Bücherei, Kleinkunsthöhne) geeignet. Bei einer angenommenen gleichbleibenden Heizung (Fernwärme fossil) ist bei einer Nutzungsänderung von Lager (12°) auf Werkstattnutzung (19°) mit Dämmung mit einer End-Energieeinsparung von 36% zu rechnen, bei Kulturnutzung (20°) mit 4% erhöhtem Endenergieverbrauch bei gleichzeitig deutlich erhöhtem Strombedarf.

Energiebedarf [kWh/a]	mit / ohne Temperaturerhöhung		
	Ist-Situation	Zukunft	Einsparung
Strom	9.939	20.103/34.831	+10.164/+24.892
Wärme	216.471	125.785/201.118	-90.686/-15.353
Gesamt	226.410	145.889/235.949	-80.521/+9.539

Energetische Bewertung der Bauteile:

Bauteil	Beschreibung	Fläche m2	U-Wert-Ist	U-Wert - Zukunft
Decke	Gika, abgehängt, später darauf 24 cm 035	606	3,85	0,14
Wände	Ziegel 45 cm später Innendämmung Mineralschaum 8 cm WLG 045	602	1,38	0,40
Fenster	Holzfenster einfach später 3-fach Wsch-Verglasung	64	5,0	1,0
Tore	Stahl, später Alu gedämmt	84	5,0	1,8
Boden	Beton, später 2 cm Aero-gel 019	606	1,2	0,53

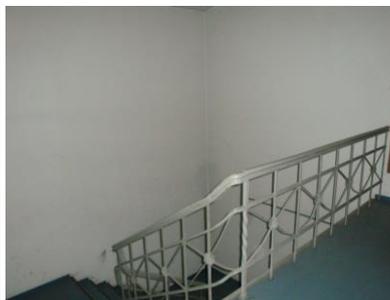
Lüftung:

Art der Lüftung: Fensterlüftung

Einschätzung zur Luftdichtheit des Gebäudes: undicht

Sanierungskosten (rein energetisch, Nettokosten ohne Nebenkosten):

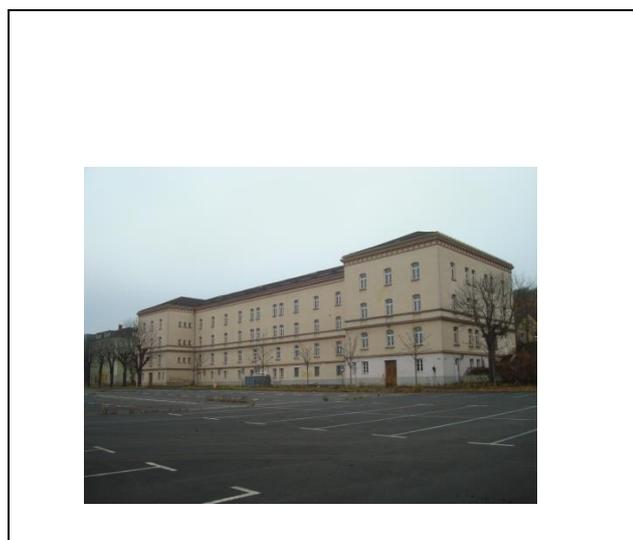
Bauteil	EP	Fläche	Kosten
Decke	40,00 €	606	24.240 €
Wände	50,00 €	602	30.100 €
Fenster	600,00 €	203	121.800 €
Tore	600,00 €	84	50.400 €
Boden	50,00 €	606	30.300 €
			256.840 €



Gebäude D 07 (Verwaltungsgebäude)

Gebäude / Objekt		Baujahr
Geb. 208 (D07)		ca. 1894
bisherige Nutzung		
Büronutzung		
NGF	BRI	Geschosse
5365	23267	4 + D

Anmerkung
 Viergeschossiges Mannschaftsgebäude, Dachgeschoss teilausgebaut.
 Kellergeschoss teilweise als Lagerräume, teilweise als Büroräume genutzt.



Energiebedarf

[kWh/a]	Ist-Situation	Zukunft	Einsparung
Strom	126.000	44.000	65 %
Wärme	462.000	131.600	71 %
Gesamt	588.000	175.600	70 %

Strom: Schätzung nach VDI 3807 Verwaltungsgebäude mit normaler Ausstattung

Energetische Bewertung der Bauteile

Bauteil	Beschreibung	Fläche	U-Wert- Ist	U-Wert - Zukunft	Einsparung
Außenwand	Vollziegelmauerwerk verputzt	2763,66	1,17	0,43	63 %
Kellerwand	Beton (gegen Erdreich)	280,17	2,00	0,51	75 %
Fenster	2-Scheiben Wärmeschutzglas	444,25	1,80	1,80	0 %
Türen	Holztüren	10,00	3,75	1,30	65 %
Dach	teilweise gedämmt (50%)	1435,36	2,85/0,37	0,30	81 %
Bodenplatte	Betonplatte ungedämmt	1262,43	3,63	0,69	81 %

Heizung

Energieerzeuger	Baujahr	Nennleistung	Energieträger	Anmerkung
Wärmetauscher	1989	500 KW	Dampf	
Zustand Leitungen Heizraum			Zustand Pumpen Heizraum	
gedämmt			3-stufig / 4-stufig	
Systemtemperatur		Regelung	Wärmeübergabe	
VL 70	RL 55	witterungsgeführt	Heizkörper	
Anmerkungen				

Trinkwassererw.

Energieerzeuger dezentral	Baujahr	Nennleistung	Energieträger	Anmerkung
Anmerkungen Keine Warmwasserabnahme vorgefunden				

Beleuchtung

Beschreibung Überwiegend veraltete Spiegelrasterleuchten mit KVG	Einsparpotential 60 %
---	--------------------------

Lüftung

Art der Lüftung Fenster	WRG
Einschätzung zur Luftdichtheit des Gebäudes Gebäude mit normaler Dichtigkeit	

Sanierungskosten (rein energetisch, netto, ohne NK)

266.000.- €

Bauteil	Kosten	Beschreibung	U-Wert empfohlen
Außenwand	138.000 €	Innendämmung	0,40
Kellerwand	14.000 €	Innendämmung	0,51
Fenster	0	keine Maßnahmen	1,80
Türen	8.000 €	neue Holztüren	1,30
Dach	43.000 €	ungedämmten Anteil nachdämmen	0,30
Bodenplatte	63.000 €	2 cm Dämmung WLG 019	0,69

Fotodokumentation D 07:



Abbildung 16 Ansicht



Abbildung 17 Ansicht



Abbildung 18 Flur EG



Abbildung 19 Flur DG



Abbildung 20 Büro DG



Abbildung 21 Dachraum

Gebäude D 08

Gebäude / Objekt		Baujahr
Geb. 217 (D08)		ca. 1881
bisherige Nutzung		
Lagerräume		
NGF	BRI	Geschosse
1165	8710	1 ½ - 2

Anmerkung
Dreiteiliges langgestrecktes Lagergebäude, Flügel Nord und Süd eineinhalbgeschossig Mittelteil zweigeschossig



Energiebedarf

[kWh/a]	Ist-Situation	Zukunft	Einsparung
Strom	29.000	6.600	77 %
Wärme	373.500	93.200	75 %
Gesamt	402.500	99.800	75 %

Strom: Schätzung nach VDI 3807 Bürgerhäuser (Kultur)

Energetische Bewertung der Bauteile

Bauteil	Beschreibung	Fläche	U-Wert- Ist	U-Wert - Zukunft	Einsparung
Außenwand	Vollziegelmauerwerk verputzt	1227,76	1,20	0,37	69 %
Fenster	2-Scheiben Verglasung	45,80	2,80	1,00	64 %
Tore	Holz/Metall	193,74	2,10	1,30	38 %
Dach	teilweise gedämmt (50%)	326,90	2,50	0,30	88 %
Decke zum DG	Kappendecke ungedämmt	775,52	0,90	0,30	67 %
Bodenplatte	Betonplatte ungedämmt	1051,98	3,60	0,69	81 %

Heizung

Energieerzeuger	Baujahr	Nennleistung	Energieträger	Anmerkung
Fernwärmeanschluß			Dampf	
Zustand Leitungen Heizraum			Zustand Pumpen Heizraum	
Systemtemperatur		Regelung	Wärmeübergabe	
VL	RL		Heizkörper (veraltet)	
Anmerkungen	Keinen Wärmetauscher gefunden, möglicherweise Sekundärnetz innerhalb des Gebäudes mit Übergabestation.			

Trinkwassererw.

Energieerzeuger dezentral	Baujahr	Nennleistung	Energieträger	Anmerkung
Anmerkungen Keine Warmwasserabnahme vorgefunden				

Beleuchtung

Beschreibung veraltete Leuchten mit KVG	Einsparpotential 60 %
--	--------------------------

Lüftung

Art der Lüftung Fenster	WRG
Einschätzung zur Luftdichtheit des Gebäudes Gebäude mit normaler Dichtigkeit	

Sanierungskosten (rein energetisch, netto, ohne NK)

342.500.- €

Bauteil	Kosten	Beschreibung	U-Wert empfohlen
Außenwand	61.500 €	Innendämmung	0,37
Tore	155.000 €	Einbau neuer Tore	1,30
Fenster	27.500 €	3-fach Verglasung	1,00
Dach	15.000 €	Zwischensparrendämmung/Untersparrendämmung	0,30
Decke zum DG	31.000 €	Deckenoberseite zum Dachraum nachdämmen	0,30
Bodenplatte	52.500 €	2 cm Dämmung WLG 019	0,69

Fotodokumentation D 08:



Abbildung 22 Gebäude 217



Abbildung 23 Flügel Süd



Abbildung 24 Mittelteil



Abbildung 25 Flügel Nord



Abbildung 26 Innenbereich



Abbildung 27 Beheizung

Gebäude D 09

Bisherige Nutzung: Garagen / Lager

NGF: 3.360 m² (A_n)

BRI: 14.603 m³

Geschosse: 3

Baujahr: 1881

Bisher unbeheiztes Gebäude, EG Garagen, OG Lager, Dach ungenutzt.



Energiebedarf [kWh/a]	Ist-Situation	Zukunft	Einsparung
Strom	<i>stark nutzungsabhängig</i>		
Wärme	813.000 kWh	106.000 kWh	87%
Gesamt	813.000	106.000	87%

Energetische Bewertung der Bauteile:

Bauteil	Beschreibung	Fläche	U-Wert-Ist	U-Wert-Zukunft	Einsparung
Wand 40cm	Denkmal massiv, verputzt	995 m ²	1,45	0,4	72%
	=> Innendämmung 8cm				
Wand 60cm	Denkmal massiv, verputzt	540 m ²	1,06	0,37	65%
	=> Innendämmung 8cm				
Fenster	Fenstertausch	128 m ²	5,0	1,0	80%
Haustür	Türentausch	20 m ²	3,5	1,8	49%
Tore	Fenstertüren	184 m ²	5,0	1,3	74%
Dach	Dämmung Schlussdecke	1720 m ²	2,6	0,14	95%
Fußboden V1	2 cm GelMiwo 019	1493 m ²	4,0	0,69	83%

Heizung und Warmwasser:

Energieerzeuger: **Neuinstallation (da bisher unbeheizt)**
 Zustand Leitungen: **Neuinstallation (da bisher unbeheizt)**
 Wärmeübergabe: **Neuinstallation (da bisher unbeheizt)**

Beleuchtung:

Beschreibung: **Neuinstallation von Beleuchtung und Elektrik erforderlich.**
 Einsparpotential: **hoch**

Lüftung:

Art der Lüftung: **Fensterlüftung**
 Einschätzung zur Luftdichtheit des Gebäudes: **undicht n50 = 4 h-1**
 WRG: **keine vorhanden**

Sanierungskosten (rein energetisch, Nettokosten ohne Nebenkosten):

Bauteil	EP	Fläche	Kosten	Beschreibung
Wand	50,00 €	1867 m²	93.350 €	=> Innendämmung 8cm 045
Fenster	600,00 €	128,0 m²	76.800 €	Fenstertausch U = 1,0 Komplettkosten
Haustür	1.500,00 €	20,0 m²	30.000 €	Türentausch U = 1,8 Komplettkosten
Fensteranl.	800,00 €	184,0 m²	147.200 €	Türentausch U = 1,3 Komplettkosten
Dach	300,00 €	1720 m²	516.000 €	Dämmung auf 0,14 Dacherneuerung*
Fußboden	50,00 €	1493 m²	74.650 €	2cm GelMiwo 019
			938.000 €	

* ohne Sanierungskosten für schadhafte Dachkonstruktion / Versetzen Kehlbalken

Nachnutzung:

Erdgeschoss bietet sich für kl. Werkstätten, Bistro, Ausstellung an. Das Obergeschoss ist auch für Büroähnliche Nutzungen geeignet, evtl. Einzelbüros mit zentr. Sekretariat. Das Dachgeschoss ist nutzbar, wenn die Kehlbalkenlage um min 20-40cm nach oben gesetzt wird. Evt. Dachgeschoss als Archiv, Lager nutzen

Der Strombedarf ist nutzungsabhängig = daher keine Bewertung.

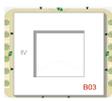
Gesamtanschlussleistung W	Nutzungsdauer 260 d 24 h	Energieverbrauch 0 kWh/a
-------------------------------------	---	------------------------------------

7.2. Berechnungsgrundlagen Neubauberechnung - Nutzungsprofile

Detaillierung des Nutzungskonzeptes aus dem Masterplan

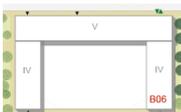
Nutzungsprofile:

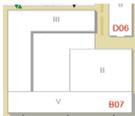
B01, B02 Nutzungsprofil - Feuerwehr Standard-Nutzungsprofile gem. DIN V 18 599 - 10 Magenta: Änderungen zum Nutzungsprofil [Symbol]				35% 30% 10% 7% 3% 15%						
				Halle	Lager/ Technik	Aufenth. Bereitschaft	Büro	Sanitär	Verkehr	
				18 Nebenfläche	20 Lager, Technik	17 sonstige Aufenthalts- räume	01 Einzelbüro	16 WC, Sanitär	19 Verkehrsfläche	
Nutzungs- und Betriebszeiten										
Nutzung Beginn	-	=	6,30	7:00	7:00	0:00	7:00	7:00	7:00	
Nutzung Ende	-	=	18,60	18:00	18:00	24:00	18:00	18:00	18:00	
tägliche Nutzungsstunden	$t_{\text{nutz,d}}$	=	12,30	11	11	24	11	11	11	
jährliche Nutzungstage	$d_{\text{nutz,a}}$	=	246,50	250	200	365	250	250	250	
jährliche Nutzungsstunden zur Tagzeit	t_{Tag}	=	2543,00	2543	2543	2543	2543	2543	2543	
jährliche Nutzungsstunden zur Nachtzeit	t_{Nacht}	=	207,00	207	207	207	207	207	207	
tägliche Betriebsstunden RLT und Kühlung	$t_{\text{v,op,d}}$	=	13,00	13	13	13	13	13	13	
jährliche Betriebsstage RLT, Kühlung und Heizung	$t_{\text{RLT-Betrieb}}=d_{\text{op}}$	=	261,50	250	250	365	250	250	250	
tägliche Betriebsstunden Heizung	$t_{\text{h,op,d}}$	=	13,00	13	13	13	13	13	13	
Beleuchtung										
Wartungswert der Beleuchtungsstärke	E_m	=	151,00	100	100	300	500	200	100	
Höhe der Nutzenebene	h_{Ne}	=	0,68	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0	
Minderungsfaktor Bereich Sehaufgabe	k_A	=	0,99	1	1	0,93	0,92	1	1	
relative Abwesenheit	C_A	=	0,83	0,9	0,98	0,5	0,3	0,9	0,8	
Raumindex	k	=	1,31	1,5	1,5	1,25	0,9	0,8	0,8	
Teilbetriebsfaktor der Gebäudebetriebszeit für Beleuchtung	F_t	=	0,98	1	1	1	0,7	1	1	
Raumklima										
Feuchteanforderung	-	=	-	-	-	m. T.	m. T.	-	-	
Mindestaußenluftvolumenstrom	V'_A	=	1,04	1	0,15	0,5	2	15	0	
Mindestaußenluftvolumenstrom - reduzierter Betrieb	V'_A	=	0,00	0	0	0	0	0	0	0,5
Wärmequellen (negative Werte => Senken)										
Personen	$q_{l,p}$	=	11,70	0	0	96	30	0	0	
Arbeitshilfen	$q_{l,fac}$	=	8,99	15	0	8	42	0	0	
Personen - reduzierter Betrieb	$q_{l,p}$	=	0,00	0	0	0	0	0	0	
Arbeitshilfen - reduzierter Betrieb	$q_{l,fac}$	=	0,00	0	0	0	0	0	0	
Raumlufttemperatur										
Raum-Solltemperatur Heizung	$\vartheta_{i,h,soll}$	=	16,44	18	12	21	21	19	16	
Temperaturabsenkung reduzierter Betrieb	$\Delta\theta_{i,NA}$	=	4,54	7	2	4	4	7	4	
Raum-Solltemperatur Kühlung	$\vartheta_{i,c,soll}$	=	24,00	24	24	24	24	24	24	
Minimaltemperatur Auslegung Heizung	$\vartheta_{i,h,min}$	=	18,27	18	17	21	21	20	18	19
Maximaltemperatur Auslegung Kühlung	$\vartheta_{i,c,max}$	=	26,00	26	26	26	26	26	26	
weitere Randbedingungen										
Tagesmittel Außentemperatur Auslegungstag Heizung	$\vartheta_{e,min}$	=	-12,00	-12	-12	-12	-12	-12	-12	
Tagesmittel Außentemperatur Auslegungstag Juli Kühlung	$\vartheta_{e,max,Jul}$	=	24,60	24,6	24,6	24,6	24,6	24,6	24,6	
Tagesmittel Außentemperatur Auslegungstag September	$\vartheta_{e,max,Sep}$	=	18,90	18,9	18,9	18,9	18,9	18,9	18,9	

				15%	20%	30%	10%	15%	10%
				Halle	Büro	Produktion	Nebenflächen	Lager/Technik	Verkehr
B03 Nutzungsprofil - Mainfr. Werkstätten									
 <p>Standard-Nutzungsprofile gem. DIN V 18 599 - 10 Magenta: Änderungen zum Nutzungsprofil</p>				[Symbol]					
			B03	Abweichung					
				06 Einzelhandel	02 Gruppenbüro	22.2 Gewerbl./Industr. Hallen - mittelschwere Arbeit	18 Nebenflächen	20 Lager, Technik	19 Verkehrsfläche
Nutzungs- und Betriebszeiten									
Nutzung Begin	-	=	7,15	8:00	7:00	7:00	7:00	7:00	7:00
Nutzung Ende	-	=	17,70	20:00	18:00	16:00	18:00	18:00	18:00
tägliche Nutzungsstunden	t _{nutz,d}	=	10,55	12	11	9	11	11	11
jährliche Nutzungstage	d _{nutz,a}	=	244,00	300	250	230	250	200	250
jährliche Nutzungsstunden zur Tagzeit	t _{Tag}	=	2453,90	2999	2543	2018	2543	2543	2543
jährliche Nutzungsstunden zur Nachtzeit	t _{Nacht}	=	219,60	601	207	52	207	207	207
tägliche Betriebsstunden RLT und Kühlung	t _{v,op,d}	=	12,25	14	13	10	13	13	13
jährliche Betriebsstage RLT, Kühlung und Heizung	t _{RLT-Betrieb=d_{op}}	=	251,50	300	250	230	250	250	250
tägliche Betriebsstunden Heizung	t _{h,op,d}	=	12,25	14	13	10	13	13	13
Beleuchtung									
Wartungswert der Beleuchtungsstärke	E _m	=	300,00	300	500	400	100	100	100
Höhe der Nutzebene	h _{Ne}	=	0,72	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0
Minderungsfaktor Bereich Sehaufgabe	k _A	=	0,93	0,93	0,92	0,85	1	1	1
relative Abwesenheit	c _A	=	0,41	0	0,3	0,1	0,9	0,98	0,8
Raumindex	k	=	1,83	2,5	1,25	2,5	1,5	1,5	0,8
Teilbetriebsfaktor der Gebäudebetriebszeit für Beleuchtung	F _t	=	0,91	1	0,7	0,9	1	1	1
Raumklima									
Feuchteanforderung	-	=	-	m. T.	m. T.	-	-	-	-
Mindestaußenluftvolumenstrom	V' _A	=	1,17	1	1	2,5	0,5	0,15	0
Mindestaußenluftvolumenstrom - reduzierter Betrieb	V' _A	=	0,83	0,5	0,5	2	0,3	0,15	0
Wärmequellen (negative Werte => Senken)									
Personen	q _{l,p}	=	30,60	84	30	40	0	0	0
Arbeitshilfen	q _{l,fac}	=	96,00	24	42	280	0	0	0
Personen - reduzierter Betrieb	q _{l,p}	=	0,00	0	0	0	0	0	0
Arbeitshilfen - reduzierter Betrieb	q _{l,fac}	=	0,00	0	0	0	0	0	0
Raumlufttemperatur									
Raum-Solltemperatur Heizung	ϑ _{i,h,soll}	=	17,85	21	21	17	19	12	17
Temperaturabsenkung reduzierter Betrieb	Δθ _{i,NA}	=	3,90	4	4	4	4	2	6
Raum-Solltemperatur Kühlung	ϑ _{i,c,soll}	=	24,60	24	24	26	24	24	24
Minimaltemperatur Auslegung Heizung	ϑ _{i,h,min}	=	18,05	20	20	15	20	17	20
Maximaltemperatur Auslegung Kühlung	ϑ _{i,c,max}	=	26,60	26	26	28	26	26	26
weitere Randbedingungen									
Tagesmittel Außentemperatur Auslegungstag Heizung	ϑ _{e,min}	=	-12,00	-12	-12	-12	-12	-12	-12
Tagesmittel Außentemperatur Auslegungstag Juli Kühlung	ϑ _{e,max,Jul}	=	24,60	24,6	24,6	24,6	24,6	24,6	24,6
Tagesmittel Außentemperatur Auslegungstag September Kühlung	ϑ _{e,max,Sep}	=	18,90	18,9	18,9	18,9	18,9	18,9	18,9

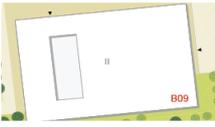
				10%	25%	30%	10%	15%	10%
				Verkaufs- flächen	Büro	Produktion	Neben- räume	Lager/ Technik	Verkehr
B04 Nutzungsprofil - Turm									
									
Standard-Nutzungsprofile gem. DIN V 18 599 - 10 Magenta: Änderungen zum Nutzungsprofil									
	[Symbol]		B04	Abweichung					
				06 Einzelhandel	02 Gruppenbüro	22.2 Gewerbl./Industr.- Hallen - mittelschwere Arbeit	18 Nebenflächen	20 Lager, Technik	19 Verkehrsfläche
Nutzungs- und Betriebszeiten									
Nutzung Begin	-	=	7,10	8:00	7:00	7:00	7:00	7:00	7:00
Nutzung Ende	-	=	17,60	20:00	18:00	16:00	18:00	18:00	18:00
tägliche Nutzungsstunden	$t_{nutz,d}$	=	10,50	12	11	9	11	11	11
jährliche Nutzungstage	$d_{nutz,a}$	=	241,50	300	250	230	250	200	250
jährliche Nutzungsstunden zur Tagzeit	t_{Tag}	=	2431,10	2999	2543	2018	2543	2543	2543
jährliche Nutzungsstunden zur Nachtzeit	t_{Nacht}	=	199,90	601	207	52	207	207	207
tägliche Betriebsstunden RLT und Kühlung	$t_{v,op,d}$	=	12,20	14	13	10	13	13	13
jährliche Betriebsstage RLT, Kühlung und Heizung	$t_{RLT-Betrieb=d_{op}}$	=	249,00	300	250	230	250	250	250
tägliche Betriebsstunden Heizung	$t_{h,op,d}$	=	12,20	14	13	10	13	13	13
Beleuchtung									
Wartungswert der Beleuchtungsstärke	E_m	=	310,00	300	500	400	100	100	100
Höhe der Nutzebene	h_{Ne}	=	0,72	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0
Minderungsfaktor Bereich Sehaufgabe	k_A	=	0,93	0,93	0,92	0,85	1	1	1
relative Abwesenheit	C_A	=	0,42	0	0,3	0,1	0,9	0,98	0,8
Raumindex	k	=	1,77	2,5	1,25	2,5	1,5	1,5	0,8
Teilbetriebsfaktor der Gebäudebetriebszeit für Beleuchtung	F_t	=	0,90	1	0,7	0,9	1	1	1
Raumklima									
Feuchteanforderung	-	=	-	m. T.	m. T.	-	-	-	-
Mindestaußenluftvolumenstrom	V'_A	=	1,17	1	1	2,5	0,5	0,15	0
Mindestaußenluftvolumenstrom - reduzierter Betrieb	V'_A	=	0,83	0,5	0,5	2	0,3	0,15	0
Wärmequellen (negative Werte => Senken)									
Personen	$q_{l,p}$	=	27,90	84	30	40	0	0	0
Arbeitshilfen	$q_{l,fac}$	=	96,90	24	42	280	0	0	0
Personen - reduzierter Betrieb	$q_{l,p}$	=	0,00	0	0	0	0	0	0
Arbeitshilfen - reduzierter Betrieb	$q_{l,fac}$	=	0,00	0	0	0	0	0	0
Raumlufttemperatur									
Raum-Solltemperatur Heizung	$\vartheta_{i,h,soll}$	=	17,85	21	21	17	19	12	17
Temperaturabsenkung reduzierter Betrieb	$\Delta\theta_{i,NA}$	=	3,90	4	4	4	4	2	6
Raum-Solltemperatur Kühlung	$\vartheta_{i,c,soll}$	=	24,60	24	24	26	24	24	24
Minimaltemperatur Auslegung Heizung	$\vartheta_{i,h,min}$	=	18,05	20	20	15	20	17	20
Maximaltemperatur Auslegung Kühlung	$\vartheta_{i,c,max}$	=	26,60	26	26	28	26	26	26
weitere Randbedingungen									
Tagesmittel Außentemperatur Auslegungstag Heizung	$\vartheta_{e,min}$	=	-12,00	-12	-12	-12	-12	-12	-12
Tagesmittel Außentemperatur Auslegungstag Juli Kühlung	$\vartheta_{e,max,Jul}$	=	24,60	24,6	24,6	24,6	24,6	24,6	24,6
Tagesmittel Außentemperatur Auslegungstag September Kühlung	$\vartheta_{e,max,Sep}$	=	18,90	18,9	18,9	18,9	18,9	18,9	18,9

				20% 20% 20% 13% 25% 2%					
				Einzelbüros	Gruppenbüros	Großbüros	Nebenzimmer	Verkehr	Serverräume
				01 Einzelbüro	02 Gruppenbüro	03 Großbüro	18 Nebenfläche	19 Verkehrsfläche	21 Serverraum
B05 Nutzungsprofil - Büros / Dienstleist.									
Standard-Nutzungsprofile gem. DIN V 18 599 - 10 Magenta: Änderungen zum Nutzungsprofil				[Symbol]					
				B05	Abweichung				
Nutzungs- und Betriebszeiten									
Nutzung Begin	-	=	6,87	7:00	7:00	7:00	7:00	7:00	0:00
Nutzung Ende	-	=	18,14	18:00	18:00	18:00	18:00	18:00	24:00
tägliche Nutzungsstunden	$t_{\text{nutz,d}}$	=	11,27	11	11	11	11	11	24
jährliche Nutzungstage	$d_{\text{nutz,a}}$	=	252,54	250	250	250	250	250	365
jährliche Nutzungsstunden zur Tagzeit	t_{Tag}	=	2582,70	2543	2543	2543	2543	2543	4407
jährliche Nutzungsstunden zur Nachtzeit	t_{Nacht}	=	290,12	207	207	207	207	207	4353
tägliche Betriebsstunden RLT und Kühlung	$t_{\text{v,op,d}}$	=	13,23	13	13	13	13	13	24
jährliche Betriebsstage RLT, Kühlung und Heizung	$t_{\text{RLT-Betrieb}}=d_{\text{op}}$	=	252,54	250	250	250	250	250	365
tägliche Betriebsstunden Heizung	$t_{\text{h,op,d}}$	=	13,23	13	13	13	13	13	24
Beleuchtung									
Wartungswert der Beleuchtungsstärke	E_m	=	348,10	500	500	500	100	100	500
Höhe der Nutzenebene	h_{Ne}	=	0,60	0,8	0,8	0,8	0,8	0	0,8
Minderungsfaktor Bereich Sehaufgabe	k_A	=	0,95	0,92	0,92	0,93	1	1	0,96
relative Abwesenheit	C_A	=	0,45	0,3	0,3	0	0,9	0,8	0,5
Raumindex	k	=	1,36	0,9	1,25	2,5	1,5	0,8	1,5
Teilbetriebsfaktor der Gebäudebetriebszeit für Beleuchtung	F_t	=	0,87	0,7	0,7	1	1	1	0,5
Raumklima									
Feuchteanforderung	-	=	-	m. T.	m. T.	m. T.	-	-	-
Mindestaußenluftvolumenstrom	V_A	=	1,05	1,5	1,5	2	0,15	0	1,3
Mindestaußenluftvolumenstrom - reduzierter Betrieb	V_A	=	0,70	0	0	0	0	0	0
Wärmequellen (negative Werte => Senken)									
Personen	$q_{\text{I,p}}$	=	20,70	30	30	42	0	0	15
Arbeitshilfen	$q_{\text{I,fac}}$	=	64,80	42	42	60	0	0	1800
Personen - reduzierter Betrieb	$q_{\text{I,p}}$	=	0,00	0	0	0	0	0	0
Arbeitshilfen - reduzierter Betrieb	$q_{\text{I,fac}}$	=	0,00	0	0	0	0	0	0
Raumlufttemperatur									
Raum-Solltemperatur Heizung	$\vartheta_{\text{t,h,soll}}$	=	19,44	21	21	21	17	17	18
Temperaturabsenkung reduzierter Betrieb	$\Delta\theta_{\text{t,NA}}$	=	4,25	4	4	4	4	5	4
Raum-Solltemperatur Kühlung	$\vartheta_{\text{t,c,soll}}$	=	24,02	24	24	24	24	24	24
Minimaltemperatur Auslegung Heizung	$\vartheta_{\text{t,h,min}}$	=	20,02	20	20	20	20	20	20
Maximaltemperatur Auslegung Kühlung	$\vartheta_{\text{t,c,max}}$	=	26,02	26	26	26	26	26	26
weitere Randbedingungen									
Tagesmittel Außentemperatur Auslegungstag Heizung	$\vartheta_{\text{e,min}}$	=	-12,01	-12	-12	-12	-12	-12	-12
Tagesmittel Außentemperatur Auslegungstag Juli Kühlung	$\vartheta_{\text{e,max,Jul}}$	=	24,62	24,6	24,6	24,6	24,6	24,6	24,6
Tagesmittel Außentemperatur Auslegungstag September Kühlung	$\vartheta_{\text{e,max,Sep}}$	=	18,92	18,9	18,9	18,9	18,9	18,9	18,9

B06 Nutzungsprofil - Kreativwirtschaft 				41% 11% 26% 22%			
				Büro	Nebenräume	Verkehr	Show-room
Standard-Nutzungsprofile gem. DIN V 18 599 - 10 Magenta: Änderungen zum Nutzungsprofil				[Symbol]			
B06				Abweichung			
				01 Einzelbüro	18 Nebenflächen	19 Verkehrsfläche	27 Ausstellung
Nutzungs- und Betriebszeiten							
Nutzung Begin	-	=	7,67	7:00	7:00	7:00	10:00
Nutzung Ende	-	=	18,00	18:00	18:00	18:00	18:00
tägliche Nutzungsstunden	$t_{\text{nutz,d}}$	=	10,33	11	11	11	8
jährliche Nutzungstage	$d_{\text{nutz,a}}$	=	250,00	250	250	250	250
jährliche Nutzungsstunden zur Tagzeit	t_{tag}	=	2387,67	2543	2543	2543	1850
jährliche Nutzungsstunden zur Nachtzeit	t_{nacht}	=	194,45	207	207	207	151
tägliche Betriebsstunden RLT und Kühlung	$t_{\text{v,op,d}}$	=	15,47	13	13	13	24
jährliche Betriebstage RLT, Kühlung und Heizung	$t_{\text{RLT-Betrieb}}=d_{\text{op}}$	=	275,78	250	250	250	365
tägliche Betriebsstunden Heizung	$t_{\text{h,op,d}}$	=	15,47	13	13	13	24
Beleuchtung							
Wartungswert der Beleuchtungsstärke	E_m	=	285,75	500	100	100	200
Höhe der Nutzebene	h_{Ne}	=	0,59	0,8	0,8	0	0,8
Minderungsfaktor Bereich Sehaufgabe	k_A	=	0,94	0,92	1	1	0,88
relative Abwesenheit	C_A	=	0,43	0,3	0,9	0,8	0
Raumindex	k	=	1,18	0,9	1,5	0,8	2
Teilbetriebsfaktor der Gebäudebetriebszeit für Beleuchtung	F_t	=	0,88	0,7	1	1	1
Raumklima							
Feuchteanforderung	-	=	-	m. T.	-	-	o. T.
Mindestaußenluftvolumenstrom	V'_A	=	1,11	1,5	0,5	0	2
Mindestaußenluftvolumenstrom - reduzierter Betrieb	V'_A	=	0,00	0	0	0	0
Wärmequellen (negative Werte => Senken)							
Personen	$q_{l,p}$	=	18,53	30	0	0	28
Arbeitshilfen	$q_{l, \text{fac}}$	=	17,15	42	0	0	0
Personen - reduzierter Betrieb	$q_{l,p}$	=	0,00	0	0	0	0
Arbeitshilfen - reduzierter Betrieb	$q_{l, \text{fac}}$	=	0,00	0	0	0	0
Raumlufttemperatur							
Raum-Solltemperatur Heizung	$\vartheta_{i,h,\text{soll}}$	=	19,09	21	15	17	20
Temperaturabsenkung reduzierter Betrieb	$\Delta\theta_{i,NA}$	=	4,00	4	4	4	4
Raum-Solltemperatur Kühlung	$\vartheta_{i,c,\text{soll}}$	=	24,00	24	24	24	24
Minimaltemperatur Auslegung Heizung	$\vartheta_{i,h,\text{min}}$	=	20,00	20	20	20	20
Maximaltemperatur Auslegung Kühlung	$\vartheta_{i,c,\text{max}}$	=	26,00	26	26	26	26
weitere Randbedingungen							
Tagesmittel Außentemperatur Auslegungstag Heizung	$\vartheta_{e,\text{min}}$	=	-12,00	-12	-12	-12	-12
Tagesmittel Außentemperatur Auslegungstag Juli Kühlung	$\vartheta_{e,\text{max,Jul}}$	=	24,60	24,6	24,6	24,6	24,6
Tagesmittel Außentemperatur Auslegungstag September Kühlung	$\vartheta_{e,\text{max,Sep}}$	=	18,90	18,9	18,9	18,9	18,9

				53%	12%	28%	7%
				Büro	Nebenräume	Verkehr	Show-room
				01 Einzelbüro	18 Nebenflächen	19 Verkehrsfläche	27 Ausstellung
B07 Nutzungsprofil - Showroom / Dienstleist.							
							
Standard-Nutzungsprofile gem. DIN V 18 599 - 10 Magenta: Änderungen zum Nutzungsprofil				B07	Abweichung		
[Symbol]							
Nutzungs- und Betriebszeiten							
Nutzung Begin	-	=	7,22	7:00	7:00	7:00	10:00
Nutzung Ende	-	=	18,00	18:00	18:00	18:00	18:00
tägliche Nutzungsstunden	$t_{\text{nutz,d}}$	=	10,78	11	11	11	8
jährliche Nutzungstage	$d_{\text{nutz,a}}$	=	250,00	250	250	250	250
jährliche Nutzungsstunden zur Tagzeit	t_{tag}	=	2491,22	2543	2543	2543	1850
jährliche Nutzungsstunden zur Nachtzeit	t_{Nacht}	=	202,82	207	207	207	151
tägliche Betriebsstunden RLT und Kühlung	$t_{\text{v,op,d}}$	=	13,82	13	13	13	24
jährliche Betriebsstage RLT, Kühlung und Heizung	$t_{\text{RLT-Betrieb}}=d_{\text{op}}$	=	258,59	250	250	250	365
tägliche Betriebsstunden Heizung	$t_{\text{h,op,d}}$	=	13,82	13	13	13	24
Beleuchtung							
Wartungswert der Beleuchtungsstärke	E_m	=	317,47	500	100	100	200
Höhe der Nutzebene	h_{Ne}	=	0,58	0,8	0,8	0	0,8
Minderungsfaktor Bereich Sehaufgabe	k_A	=	0,95	0,92	1	1	0,88
relative Abwesenheit	C_A	=	0,49	0,3	0,9	0,8	0
Raumindex	k	=	1,03	0,9	1,5	0,8	2
Teilbetriebsfaktor der Gebäudebetriebszeit für Beleuchtung	F_t	=	0,84	0,7	1	1	1
Raumklima							
Feuchteanforderung	-	=	-	m. T.	-	-	o. T.
Mindestaußenluftvolumenstrom	V'_A	=	1,00	1,5	0,5	0	2
Mindestaußenluftvolumenstrom - reduzierter Betrieb	V'_A	=	0,00	0	0	0	0
Wärmequellen (negative Werte => Senken)							
Personen	$q_{l,p}$	=	17,84	30	0	0	28
Arbeitshilfen	$q_{l, \text{fac}}$	=	22,05	42	0	0	0
Personen - reduzierter Betrieb	$q_{l,p}$	=	0,00	0	0	0	0
Arbeitshilfen - reduzierter Betrieb	$q_{l, \text{fac}}$	=	0,00	0	0	0	0
Raumlufttemperatur							
Raum-Solltemperatur Heizung	$\vartheta_{i,h,\text{soll}}$	=	19,32	21	17	17	20
Temperaturabsenkung reduzierter Betrieb	$\Delta\theta_{i,NA}$	=	4,00	4	4	4	4
Raum-Solltemperatur Kühlung	$\vartheta_{i,c,\text{soll}}$	=	24,00	24	24	24	24
Minimaltemperatur Auslegung Heizung	$\vartheta_{i,h,\text{min}}$	=	20,00	20	20	20	20
Maximaltemperatur Auslegung Kühlung	$\vartheta_{i,c,\text{max}}$	=	26,00	26	26	26	26
weitere Randbedingungen							
Tagesmittel Außentemperatur Auslegungstag Heizung	$\vartheta_{e,\text{min}}$	=	-12,00	-12	-12	-12	-12
Tagesmittel Außentemperatur Auslegungstag Juli Kühlung	$\vartheta_{e,\text{max,Jul}}$	=	24,60	24,6	24,6	24,6	24,6
Tagesmittel Außentemperatur Auslegungstag September Kühlung	$\vartheta_{e,\text{max,Sep}}$	=	18,90	18,9	18,9	18,9	18,9

				79%			7%			14%		
				Produktions- halle			Neben- räume			Verkehr		
B08 Nutzungsprofil - KMU												
Standard-Nutzungsprofile gem. DIN V 18 599 - 10 Magenta: Änderungen zum Nutzungsprofil				[Symbol]								
				B08			Abweichung			22.2 Gewerbl./industr. Hallen - mittelschwere Arbeit		
										18 Nebenflächen		
										19 Verkehrsfläche		
Nutzungs- und Betriebszeiten												
Nutzung Begin	-	=	7,00	7:00	7:00	7:00	7:00	7:00	7:00	7:00	7:00	
Nutzung Ende	-	=	16,42	16:00	18:00	18:00	18:00	18:00	18:00	18:00	18:00	
tägliche Nutzungsstunden	$t_{\text{nutz,d}}$	=	9,42	9	11	11	9	11	11	11	11	
jährliche Nutzungstage	$d_{\text{nutz,a}}$	=	234,22	230	250	250	230	250	250	250	250	
jährliche Nutzungsstunden zur Tagzeit	t_{Tag}	=	2128,83	2018	2543	2543	2018	2543	2543	2543	2543	
jährliche Nutzungsstunden zur Nachtzeit	t_{Nacht}	=	84,72	52	207	207	52	207	207	207	207	
tägliche Betriebsstunden RLT und Kühlung	$t_{\text{v,op,d}}$	=	10,63	10	13	13	10	13	13	13	13	
jährliche Betriebsstage RLT, Kühlung und Heizung	$t_{\text{RLT-Betrieb}}=d_{\text{op}}$	=	234,22	230	250	250	230	250	250	250	250	
tägliche Betriebsstunden Heizung	$t_{\text{h,op,d}}$	=	10,63	10	13	13	10	13	13	13	13	
Beleuchtung												
Wartungswert der Beleuchtungsstärke	E_m	=	336,67	400	100	100	400	100	100	100	100	
Höhe der Nutzebene	h_{Ne}	=	0,68	0,8	0,8	0	0,8	0,8	0	0	0	
Minderungsfaktor Bereich Sehaufgabe	k_A	=	0,88	0,85	1	1	0,85	1	1	1	1	
relative Abwesenheit	C_A	=	0,25	0,1	0,9	0,8	0,1	0,9	0,8	0,8	0,8	
Raumindex	k	=	2,19	2,5	1,5	0,8	2,5	1,5	0,8	0,8	0,8	
Teilbetriebsfaktor der Gebäudebetriebszeit für Beleuchtung	F_t	=	0,92	0,9	1	1	0,9	1	1	1	1	
Raumklima												
Feuchteanforderung	-	=	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Mindestaußenluftvolumenstrom	V'_A	=	1,59	2	0,15	0	2	0,15	0	0	0	
Mindestaußenluftvolumenstrom - reduzierter Betrieb	V'_A	=	0,00	0	0	0	0	0	0	0	0	
Wärmequellen (negative Werte => Senken)												
Personen	$q_{\text{l,p}}$	=	31,56	40	0	0	40	0	0	0	0	
Arbeitshilfen	$q_{\text{l,fac}}$	=	220,89	280	0	0	280	0	0	0	0	
Personen - reduzierter Betrieb	$q_{\text{l,p}}$	=	0,00	0	0	0	0	0	0	0	0	
Arbeitshilfen - reduzierter Betrieb	$q_{\text{l,fac}}$	=	0,00	0	0	0	0	0	0	0	0	
Raumlufttemperatur												
Raum-Solltemperatur Heizung	$\vartheta_{\text{i,h,soll}}$	=	17,84	17	21	21	17	21	21	21	21	
Temperaturabsenkung reduzierter Betrieb	$\Delta\theta_{\text{i,NA}}$	=	4,00	4	4	4	4	4	4	4	4	
Raum-Solltemperatur Kühlung	$\vartheta_{\text{i,c,soll}}$	=	25,58	26	24	24	26	24	24	24	24	
Minimaltemperatur Auslegung Heizung	$\vartheta_{\text{i,h,min}}$	=	16,06	15	20	20	15	20	20	20	20	
Maximaltemperatur Auslegung Kühlung	$\vartheta_{\text{i,c,max}}$	=	27,58	28	26	26	28	26	26	26	26	
weitere Randbedingungen												
Tagesmittel Außentemperatur Auslegungstag Heizung	$\vartheta_{\text{e,min}}$	=	-12,00	-12	-12	-12	-12	-12	-12	-12	-12	
Tagesmittel Außentemperatur Auslegungstag Juli Kühlung	$\vartheta_{\text{e,max,Jul}}$	=	24,60	24,6	24,6	24,6	24,6	24,6	24,6	24,6	24,6	
Tagesmittel Außentemperatur Auslegungstag September Kühlung	$\vartheta_{\text{e,max,Sep}}$	=	18,90	18,9	18,9	18,9	18,9	18,9	18,9	18,9	18,9	

				79%			7%			14%		
				Produktions- halle			Neben- räume			Verkehr		
B09 Nutzungsprofil - KMU												
												
Standard-Nutzungsprofile gem. DIN V 18 599 - 10 Magenta: Änderungen zum Nutzungsprofil				[Symbol]								
				B09			Abweichung			22.2 Gewerbl./industr. Hallen - mittelschwere Arbeit 18 Nebenflächen 19 Verkehrsfläche		
Nutzungs- und Betriebszeiten												
Nutzung Begin	-	=	7,00	7:00			7:00			7:00		
Nutzung Ende	-	=	16,42	16:00			18:00			18:00		
tägliche Nutzungsstunden	$t_{\text{nutz,d}}$	=	9,42	9			11			11		
jährliche Nutzungstage	$d_{\text{nutz,a}}$	=	234,22	230			250			250		
jährliche Nutzungsstunden zur Tagzeit	t_{Tag}	=	2128,83	2018			2543			2543		
jährliche Nutzungsstunden zur Nachtzeit	t_{Nacht}	=	84,72	52			207			207		
tägliche Betriebsstunden RLT und Kühlung	$t_{\text{v,op,d}}$	=	10,63	10			13			13		
jährliche Betriebsstage RLT, Kühlung und Heizung	$t_{\text{RLT-Betrieb}}=d_{\text{op}}$	=	234,22	230			250			250		
tägliche Betriebsstunden Heizung	$t_{\text{h,op,d}}$	=	10,63	10			13			13		
Beleuchtung												
Wartungswert der Beleuchtungsstärke	E_m	=	336,67	400			100			100		
Höhe der Nutzebene	h_{Ne}	=	0,68	0,8			0,8			0		
Minderungsfaktor Bereich Sehaufgabe	k_A	=	0,88	0,85			1			1		
relative Abwesenheit	C_A	=	0,25	0,1			0,9			0,8		
Raumindex	k	=	2,19	2,5			1,5			0,8		
Teilbetriebsfaktor der Gebäudebetriebszeit für Beleuchtung	F_t	=	0,92	0,9			1			1		
Raumklima												
Feuchteanforderung	-	=	-	-			-			-		
Mindestaußenluftvolumenstrom	V'_A	=	1,59	2			0,15			0		
Mindestaußenluftvolumenstrom - reduzierter Betrieb	V'_A	=	0,00	0			0			0		
Wärmequellen (negative Werte => Senken)												
Personen	$q_{l,p}$	=	31,56	40			0			0		
Arbeitshilfen	$q_{l, \text{fac}}$	=	220,89	280			0			0		
Personen - reduzierter Betrieb	$q_{l,p}$	=	0,00	0			0			0		
Arbeitshilfen - reduzierter Betrieb	$q_{l, \text{fac}}$	=	0,00	0			0			0		
Raumlufttemperatur												
Raum-Solltemperatur Heizung	$\vartheta_{i,h,\text{soll}}$	=	17,84	17			21			21		
Temperaturabsenkung reduzierter Betrieb	$\Delta\theta_{i,NA}$	=	4,00	4			4			4		
Raum-Solltemperatur Kühlung	$\vartheta_{i,c,\text{soll}}$	=	25,58	26			24			24		
Minimaltemperatur Auslegung Heizung	$\vartheta_{i,h,\text{min}}$	=	16,06	15			20			20		
Maximaltemperatur Auslegung Kühlung	$\vartheta_{i,c,\text{max}}$	=	27,58	28			26			26		
weitere Randbedingungen												
Tagesmittel Außentemperatur Auslegungstag Heizung	$\vartheta_{e,\text{min}}$	=	-12,00	-12			-12			-12		
Tagesmittel Außentemperatur Auslegungstag Juli Kühlung	$\vartheta_{e,\text{max,Jul}}$	=	24,60	24,6			24,6			24,6		
Tagesmittel Außentemperatur Auslegungstag September Kühlung	$\vartheta_{e,\text{max,Sep}}$	=	18,90	18,9			18,9			18,9		

B10 Nutzungsprofil - Stadtreiniger		[Symbol]		15% 16% 35% 35%			
				Nebenflächen	Verkehr	Lager/Technik	Fahrzeuge
				18 Nebenflächen	19 Verkehrsfläche	20 Lager, Technik	32 Parkhaus
Standard-Nutzungsprofile gem. DIN V 18 599 - 10							
Magenta: Änderungen zum Nutzungsprofil							
		B10		Abweichung			
Nutzungs- und Betriebszeiten							
Nutzung Beginn	-	=	7,00	7:00	7:00	7:00	7:00
Nutzung Ende	-	=	18,00	18:00	18:00	18:00	18:00
tägliche Nutzungsstunden	$t_{\text{nutz,d}}$	=	11,00	11	11	11	11
jährliche Nutzungstage	$d_{\text{nutz,a}}$	=	250,00	250	250	250	250
jährliche Nutzungsstunden zur Tagzeit	t_{Tag}	=	2543,00	2543	2543	2543	2543
jährliche Nutzungsstunden zur Nachtzeit	t_{Nacht}	=	207,00	207	207	207	207
tägliche Betriebsstunden RLT und Kühlung	$t_{\text{v,op,d}}$	=	13,00	13	13	13	13
jährliche Betriebsstage RLT, Kühlung und Heizung	$t_{\text{RLT-Betrieb}}=d_{\text{op}}$	=	250,00	250	250	250	250
tägliche Betriebsstunden Heizung	$t_{\text{h,op,d}}$	=	8,49	13	13	13	0
Beleuchtung							
Wartungswert der Beleuchtungsstärke	E_m	=	91,34	100	100	100	75
Höhe der Nutzebene	h_{Ne}	=	0,40	0,8	0	0,8	0
Minderungsfaktor Bereich Sehaufgabe	k_A	=	1,00	1	1	1	1
relative Abwesenheit	C_A	=	0,93	0,9	0,8	0,98	0,95
Raumindex	k	=	1,56	1,5	0,8	1,5	2
Teilbetriebsfaktor der Gebäudebetriebszeit für Beleuchtung	F_t	=	1,00	1	1	1	1
Raumklima							
Feuchteanforderung	-	=	-	-	-	-	-
Mindestaußenluftvolumenstrom	V'_A	=	0,20	1	0	0,15	0
Mindestaußenluftvolumenstrom - reduzierter Betrieb	V'_A	=	0,00	0	0	0	0
Wärmequellen (negative Werte => Senken)							
Personen	$q_{\text{i,p}}$	=	0,00	0	0	0	0
Arbeitshilfen	$q_{\text{i,fac}}$	=	0,00	0	0	0	0
Personen - reduzierter Betrieb	$q_{\text{i,p}}$	=	0,00	0	0	0	0
Arbeitshilfen - reduzierter Betrieb	$q_{\text{i,fac}}$	=	0,00	0	0	0	0
Raumlufttemperatur							
Raum-Solltemperatur Heizung	$\vartheta_{\text{i,h,soll}}$	=	12,99	18	17	17	5
Temperaturabsenkung reduzierter Betrieb	$\Delta\theta_{\text{i,NA}}$	=	5,52	4	7	7	4
Raum-Solltemperatur Kühlung	$\vartheta_{\text{i,c,soll}}$	=	24,00	24	24	24	24
Minimaltemperatur Auslegung Heizung	$\vartheta_{\text{i,h,min}}$	=	20,00	20	20	20	20
Maximaltemperatur Auslegung Kühlung	$\vartheta_{\text{i,c,max}}$	=	26,00	26	26	26	26
weitere Randbedingungen							
Tagesmittel Außentemperatur Auslegungstag Heizung	$\vartheta_{\text{e,min}}$	=	-12,00	-12	-12	-12	-12
Tagesmittel Außentemperatur Auslegungstag Juli Kühlung	$\vartheta_{\text{e,max,Jul}}$	=	24,60	24,6	24,6	24,6	24,6
Tagesmittel Außentemperatur Auslegungstag September Kühlung	$\vartheta_{\text{e,max,Sep}}$	=	18,90	18,9	18,9	18,9	18,9

				64%			28%			8%		
				Unter- richt			Verkehr			Neben- räume		
				08	19	18						
				Klassenzim- mer	Verkehrsfäch- e	Nebenflächen						
B11 Nutzungsprofil - Schule												
Standard-Nutzungsprofile gem. DIN V 18 599 - 10												
Magenta: Änderungen zum Nutzungsprofil												
				B11	Abweichung							
				[Symbol]								
Nutzungs- und Betriebszeiten												
Nutzung Begin	-	=	7,64				8:00	7:00	7:00			
Nutzung Ende	-	=	16,09				15:00	18:00	18:00			
tägliche Nutzungsstunden	$t_{\text{nutz,d}}$	=	8,45				7	11	11			
jährliche Nutzungstage	$d_{\text{nutz,a}}$	=	218,18				200	250	250			
jährliche Nutzungsstunden zur Tagzeit	t_{Tag}	=	1814,36				1398	2543	2543			
jährliche Nutzungsstunden zur Nachtzeit	t_{Nacht}	=	76,55				2	207	207			
tägliche Betriebsstunden RLT und Kühlung	$t_{\text{v,op,d}}$	=	10,45				9	13	13			
jährliche Betriebsstage RLT, Kühlung und Heizung	$t_{\text{RLT-Betrieb}}=d_{\text{op}}$	=	218,18				200	250	250			
tägliche Betriebsstunden Heizung	$t_{\text{h,op,d}}$	=	10,45				9	13	13			
Beleuchtung												
Wartungswert der Beleuchtungsstärke	E_m	=	227,27				300	100	100			
Höhe der Nutzebene	h_{Ne}	=	0,57				0,8	0	0,8			
Minderungsfaktor Bereich Sehaufgabe	k_A	=	0,98				0,97	1	1			
relative Abwesenheit	C_A	=	0,46				0,25	0,8	0,9			
Raumindex	k	=	1,62				2	0,8	1,5			
Teilbetriebsfaktor der Gebäudebetriebszeit für Beleuchtung	F_t	=	0,94				0,9	1	1			
Raumklima												
Feuchteanforderung	-	=	-				m. T.	-	-			
Mindestaußenluftvolumenstrom	V'_A	=	3,19				5	0	0,15			
Mindestaußenluftvolumenstrom - reduzierter Betrieb	V'_A	=	0,00				0	0	0			
Wärmequellen (negative Werte => Senken)												
Personen	$q_{\text{i,p}}$	=	63,64				100	0	0			
Arbeitshilfen	$q_{\text{i,fac}}$	=	12,73				20	0	0			
Personen - reduzierter Betrieb	$q_{\text{i,p}}$	=	0,00				0	0	0			
Arbeitshilfen - reduzierter Betrieb	$q_{\text{i,fac}}$	=	0,00				0	0	0			
Raumlufttemperatur												
Raum-Solltemperatur Heizung	$\vartheta_{\text{i,h,soll}}$	=	18,83				20	17	16			
Temperaturabsenkung reduzierter Betrieb	$\Delta\theta_{\text{i,NA}}$	=	4,16				4	4	6			
Raum-Solltemperatur Kühlung	$\vartheta_{\text{i,c,soll}}$	=	24,00				24	24	24			
Minimaltemperatur Auslegung Heizung	$\vartheta_{\text{i,h,min}}$	=	20,00				20	20	20			
Maximaltemperatur Auslegung Kühlung	$\vartheta_{\text{i,c,max}}$	=	26,00				26	26	26			
weitere Randbedingungen												
Tagesmittel Außentemperatur Auslegungstag Heizung	$\vartheta_{\text{e,min}}$	=	-12,00				-12	-12	-12			
Tagesmittel Außentemperatur Auslegungstag Juli Kühlung	$\vartheta_{\text{e,max,Jul}}$	=	24,60				24,6	24,6	24,6			
Tagesmittel Außentemperatur Auslegungstag September Kühlung	$\vartheta_{\text{e,max,Sep}}$	=	18,90				18,9	18,9	18,9			

Flächenaufteilung

Flächenaufteilung nach Hauptnutzfläche, Nebennutzflächen und Verkehrsflächen									NGF 100,00%				
	Aufteilung gem BGF Nutzungskonzept	Bezeichnung Nutzungskonzept	Auswahl Tabelle	HNF Hauptnutzfl.	NNF Nebenfläche	NF	VF + FF Verkehrsfläche	NGF	HNF Hauptnutzfl.	NNF Nebenfläche	VF + FF Verkehrsfläche	BGF	Hauptnutzung nach DIN 18599-10
B01 + B02	100%	Feuerwehr	Feuerwehrhaus, Gerätehaus	53%	24%	77%	9%	86%	62%	28%	10%	100%	
B03	100%	Mainfr. Werkstätten	Geschäftsh./ Läden**	65%	8%	73%	15%	88%	74%	9%	17%	100%	
B04	100%	Gerwerbe (Turm)	Geschäftsh., Läden	65%	8%	73%	15%	88%	74%	9%	17%	100%	
B05	100%	Büros/DL	Verwalt. höhere techn. Ausstattung	49%	11%	60%	24%	84%	58%	13%	29%	100%	1, 2, 3 - Büros + 21 Server
B06	30%	Showroom	Ausstellung klein	65%	4%	69%	18%	87%	75%	5%	21%	100%	27 - Ausstellung
B06	70%	Büros/DL	Verwalt. höhere techn. Ausstattung	49%	11%	60%	24%	84%	58%	13%	29%	100%	
B07	90%	Büros/DL	Verwalt. höhere techn. Ausstattung	49%	11%	60%	24%	84%	58%	13%	29%	100%	
B07	10%	Showroom	Ausstellung klein	65%	4%	69%	18%	87%	75%	5%	21%	100%	27 - Ausstellung
B08	100%	KMU (Halle)	Werkstattgebäude	71%	6%	77%	13%	90%	79%	7%	14%	100%	22.2 Gewerbe mittelschwere Arbeit
B09	100%	KMU (Halle)	Werkstattgebäude	71%	6%	77%	13%	90%	79%	7%	14%	100%	22.2 Gewerbe mittelschwere Arbeit
B10	100%	Stadtreiniger	Hallen, Bauhöfe	61%	13%	74%	14%	88%	69%	15%	16%	100%	20 - Lager/Technik + 22 - Parkhaus = je 1/2
B11	100%	Schule	Gesamtschule	56%	7%	63%	25%	88%	64%	8%	28%	100%	8 - Klassenzimmer
									↓				
B06	30%	Showroom	Ausstellung klein						22%	1%	6%	100%	
	70%	Büros/DL	Verwalt. höhere techn. Ausstattung						41%	9%	20%	100%	
100%									11%			26%	
									↓				
B07	90%	Büros/DL	Verwalt. höhere techn. Ausstattung						53%	12%	26%	100%	
	10%	Showroom	Ausstellung klein						7%	0%	2%	100%	
100%									12%			28%	

Geschäftsh./ Läden** Es gibt kein Profil für kleinteiliges Gewerbe/Werkstätten, daher wird die Flächenaufteilung hilfsweise mit diesem Profil ermittelt

7.3. Nutzungskonzept

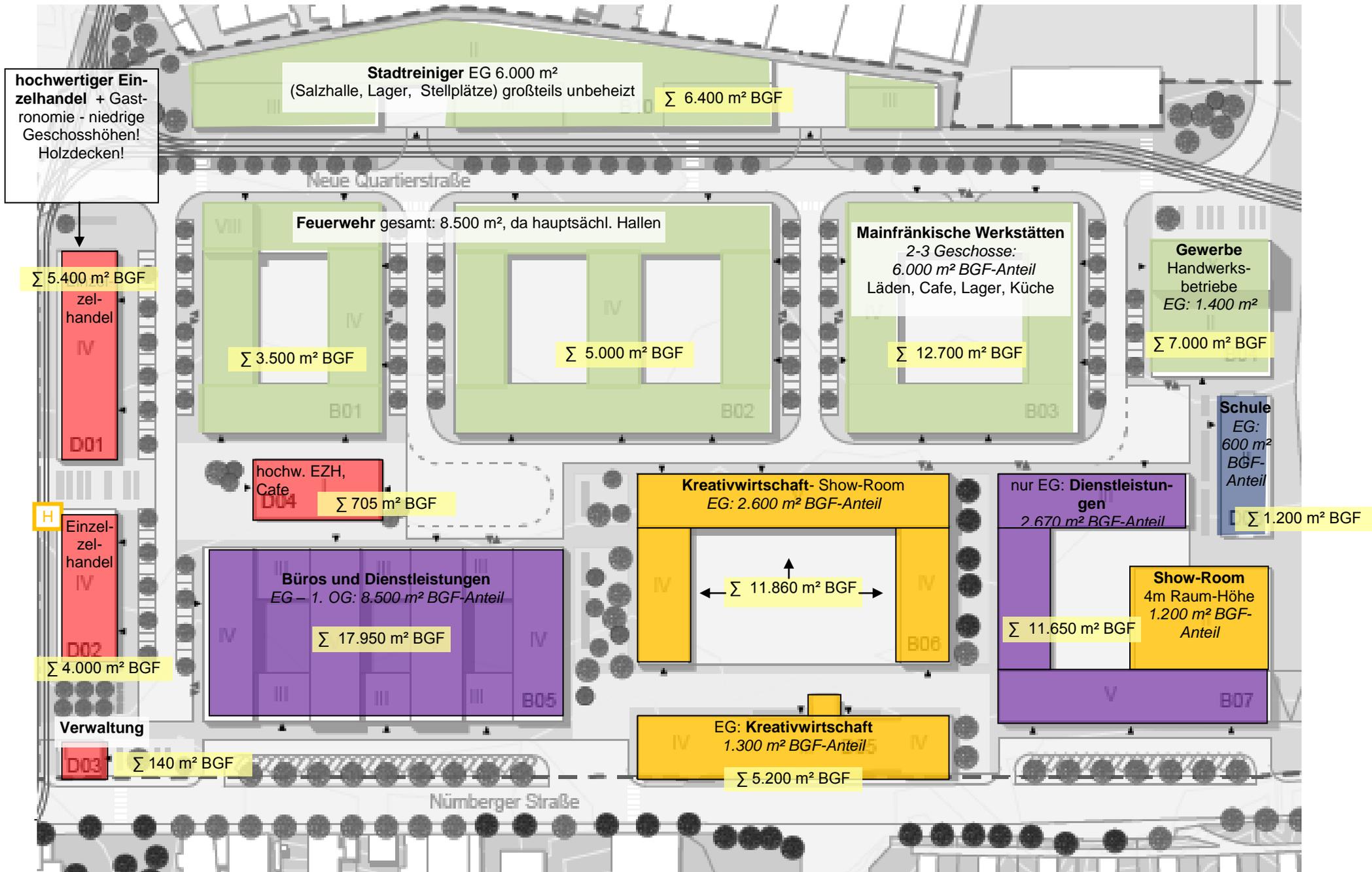
Ursprüngliches Nutzungskonzept, städtebauliche Studie aus Masterplan:



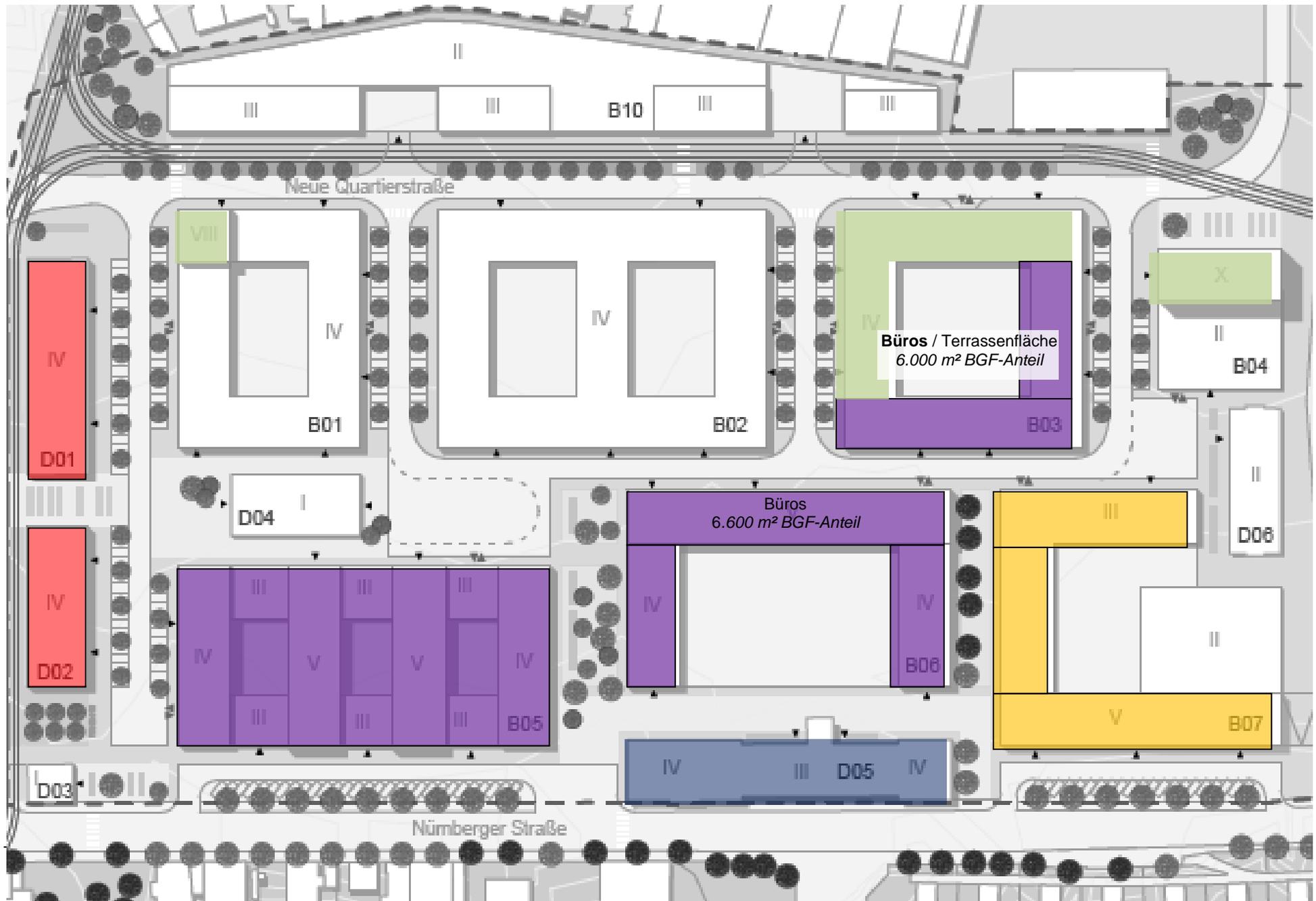
Überlagerung bestehende / geplante Baustruktur
(Baudenkmäler in dunkelrot)

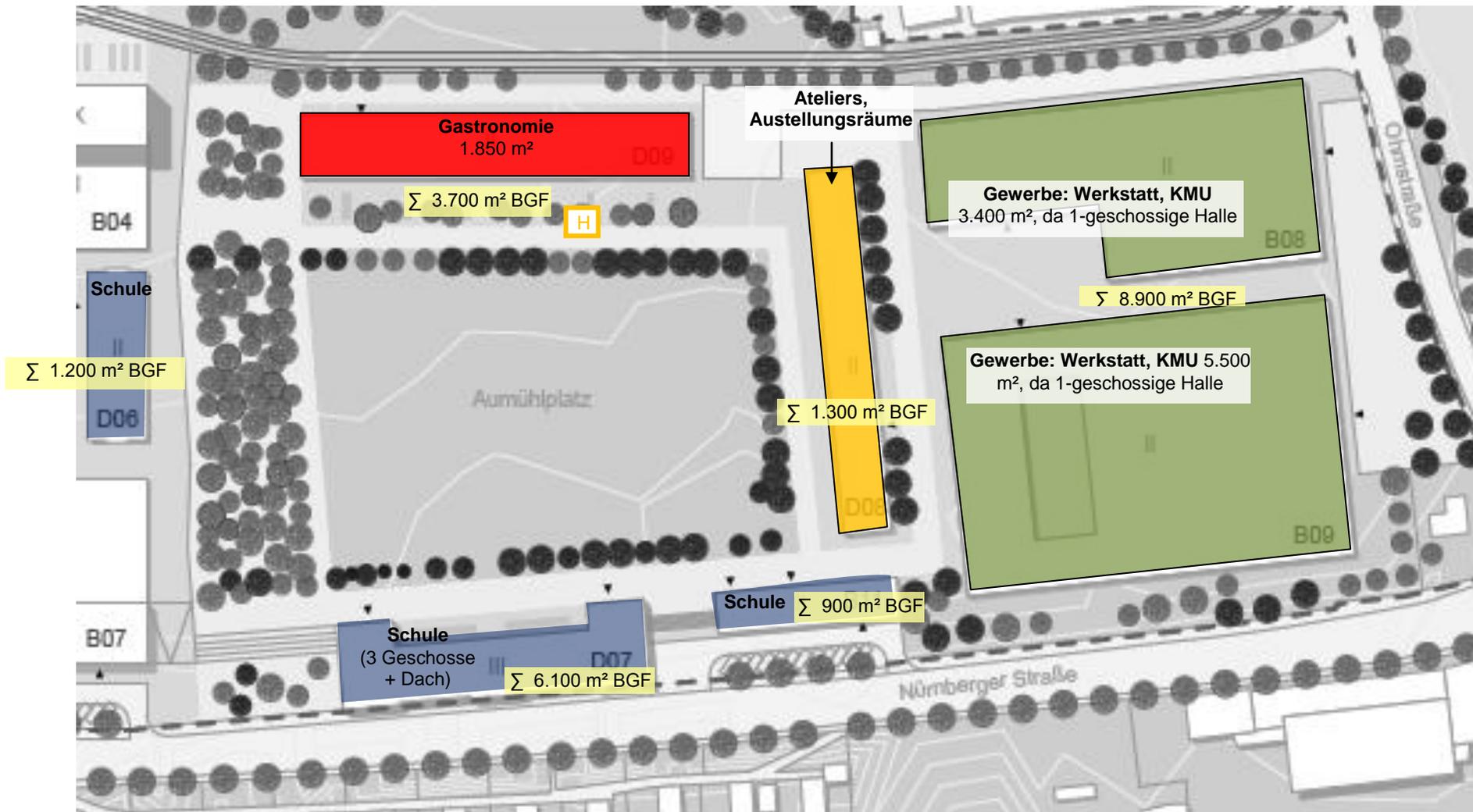
folgende Seiten: Detaillierung Nutzungskonzept Stand 2013-01

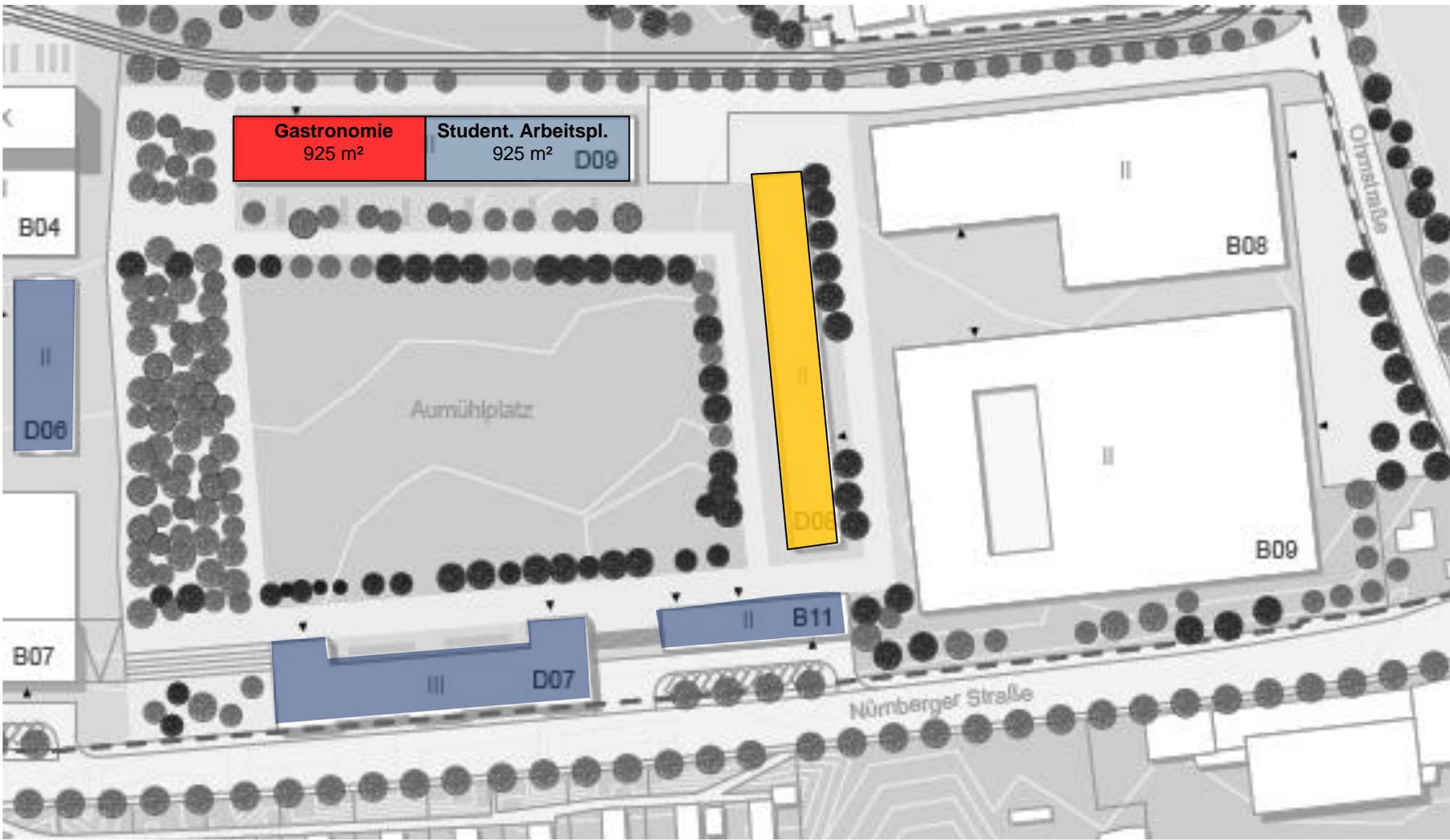
Nutzungsplan EG - West (Darstellung der Erschließungsebene)



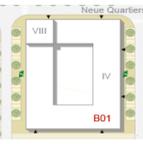
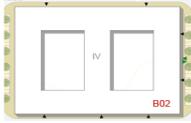
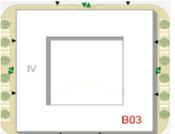
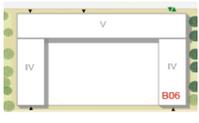
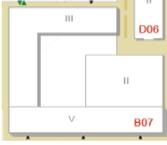


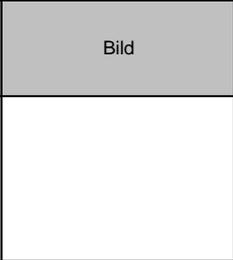






7.4. Gesamtübersicht Energiebilanz

NR	Netz	Bild	Nutzung	Volumen [m ³]	BGF [m ²]	NGF [m ²]	Qh [MWh/a]	Qh spezifisch [kWh/m ² ;a]	Nutzkälte Qk [MWh/a]	Qk spezifisch [kWh/m ² ;a]	Strom-Bedarf [MWh/a]
B01	X		Feuerwehr	40.950	3.500	3.115	135	43	0	0	19
B02	X		Feuerwehr	63.420	5.000	4.450	200	45	0	0	53
B03	X		Kleine und mittlere Unternehmen (KMU = Mainfränkische Werkstätten)	44.520	12.720	11.321	106	9	211	19	91
B04	X		Gewerbe wie Handwerksbetriebe	24.500	7.000	6.230	47	8	149	24	249
B05	X		Dienstleistung/Büros	62.860	17.940	15.249	241	16	251	16	152
B06	X		Kreativwirtschaft + 2. OG: Büros	41.501	11.860	10.556	175	17	132	13	106
B07	X		Kreativwirtschaft	44.835	11.649	10.367	197	19	121	12	104
B08			KMU: Halle	23.690	3.384	3.012	74	25	0	0	120
B09			KMU: Halle	38.206	5.458	4.858	124	26	0	0	194

NR	Netz	Bild	Nutzung	Volumen [m ³]	BGF [m ²]	NGF [m ²]	Qh [MWh/a]	Qh spezifisch [kWh/m ² ;a]	Nutzkälte Qk [MWh/a]	Qk spezifisch [kWh/m ² ;a]	Strom-Bedarf [MWh/a]
B11			Schule	3.150	900	801	21	26	0	0	4
D01	X		Einzelhandel			4.725	353	75			57
D02	X		Einzelhandel			3.520	271	77			42
D03	X		Verwaltung/Büro			119	8	67			1
D04	X		Einzelhandel plus Gastronomie 20%			620	61	98			7
D05	X		Kreativwirtschaft + Schule			4.553	103	23			23
D06	x		Schule			1.114	126	113			6
D07			Schule			5.365	132	25			27
D08			Kreativwirtschaft			1.165	93	80			47

NR	Netz	Bild	Nutzung	Volumen [m ³]	BGF [m ²]	NGF [m ²]	Qh [MWh/a]	Qh spezifisch [kWh/m ² ;a]	Nutzkälte Qk [MWh/a]	Qk spezifisch [kWh/m ² ;a]	Strom-Bedarf [MWh/a]
			Str-Beleuchtung								100
			Gewerbekälte								100
			Hilfsstrom Wärme + Kälte-Verteilung								100
			Tiefgaragenbeleuchtung und Belüftung			2.000					12
Summe				425.695	85.800	102.186	2.732	27	864		1.765
pro m ²								-	8		17
Vergleich Alt- und Neubauten			Nutzung	Volumen [m ³]	BGF [m ²]	NGF [m ²]	Qh [MWh/a]	Qh spezifisch [kWh/m ² ;a]	Nutzkälte Qk [MWh/a]		Strom-Bedarf [MWh/a]
Neubauten B01...B11						75.645	1.479	20	864	16	1.109
Altbauten D01...D09						24.541	1.253	51	0		344
Endenergien			n=				350%		350%		
							780		247		1.765
PV-Ertrag											4.950
Rest z.B. für Elektromobilität											2.157
Summe Netz West = untersuchtes Netz							2.023		864		909
							74%		100%		52%

7.5. Energiedichtenplan

Energetisches Quartierskonzept Würzburg Faulenbergkaserne

Berichtsteil II

Gutachten (IfE) – Erstellung von Wärmekatastern und Vorauslegung von Nahwärmeverbundnetzen