

Magistrat der Reformationsstadt Homberg (Efze)
Kreisstadt des Schwalm-Eder-Kreises



Quartierkonzept Altstadt

Studie



Januar 2021

INHALT	SEITE
1	VERANLASSUNG..... 1
2	ZIELE FÜR DEN KLIMASCHUTZ IN HOMBERG (EFZE) 3
3	DIE KREISSTADT HOMBERG (EFZE)..... 4
3.1	Historisches..... 4
3.2	Vorhandene Studien / Konzepte zu dem Thema / Quartier..... 4
3.2.1	Sanierungsmaßnahme „Altstadt“ Homberg (Efze) 5
3.2.2	Integriertes Klimaschutzkonzept 5
3.2.3	Entwicklungskonzept - Quartier Kasseler Straße / Ziegenhainer Straße..... 9
3.2.4	Verkehrsentwicklungsplan Altstadt 10
3.2.5	Lokale Ökonomie Altstadt..... 11
3.2.6	EMobilHomberg..... 12
3.2.7	Radverkehrskonzept..... 14
3.2.8	Integriertes Städtebauliches Entwicklungskonzept – Zukunft Stadtgrün 15
3.2.9	Zusammenfassung – Informationen für das Quartierskonzept 16
4	DAS QUARTIER ALTSTADT HOMBERG (EFZE)..... 17
4.1	Vorbemerkungen..... 17
4.2	Die bestehende Bausubstanz im Quartier Altstadt 17
4.3	Quartiersnutzung – historische Entwicklung..... 24
4.4	Zieldefinition für die zukünftige Quartiersnutzung 26
4.5	Handlungskonzept für das Quartier mit Hemmnissen..... 27
5	ENERGETISCHE GESAMTBILANZ DES QUARTIERS ALTSTADT..... 28
5.1	Vorbemerkungen..... 28
5.2	CO ₂ -Emission im Bestand 28
5.3	Die Energieträger der Zukunft 29
5.4	Der Energieträger Holz - Energieholz aus der Region..... 32
5.5	Energetisches Gesamtkonzept für das Quartier Altstadt..... 37
6	ENERGETISCHE GEBÄUDESANIERUNG 39
6.1	Vorbemerkungen..... 39
6.2	Umfrage..... 39
6.3	Energetische Bewertung eines Referenzgebäudes 41
6.4	Sanierungsmöglichkeiten - Energieeinsparung..... 46
6.5	Hemmnisse der energetischen Gebäudesanierung - Lösungswege 48

7	PV-ANLAGEN	49
7.1	Grundlage.....	49
7.2	Dachflächen – Installation von PV-Anlagen.....	49
7.3	Hemmnisse für die Errichtung von PV-Anlagen und Lösungswege.....	50
8	DAS NAHWÄRMENETZ	52
8.1	Der Energieträger Holz	52
8.2	Grundlagen für das Leitungsnetz.....	52
8.3	Auslegung des Nahwärmenetzes	53
8.4	Nahwärmenetz in der Altstadt	54
8.5	Ermittlung der Heizlast und Verteilung auf die Straßen	56
8.6	Holzackschnitzel-Anlage und BHKW.....	58
8.7	Heizzentrale und Standort	60
8.8	Solarthermie für das Schwimmbad	63
8.9	Hemmnisse für das Nahwärmenetz - Lösungswege	64
9	CO₂- UND ENERGIEEINSPARUNG	66
10	NAHWÄRME: INVESTITIONSKOSTEN - WIRTSCHAFTLICHKEIT	68
10.1	Grundlagen	68
10.2	Investitionskosten für das Konzept Homberg (Efze).....	68
10.3	Wirtschaftlichkeitsberechnung für das Konzept Homberg (Efze)	68
10.4	Vergleich mit anderen Nahwärmeanbietern	68
10.5	Vergleich der geplanten Nahwärme mit dem Bestand.....	69
11	FÖRDERUNG	72
11.1	Grundlage.....	72
11.2	KfW-Förderprogramm 271	72
11.3	KfW-Förderprogramm 202.....	73
11.4	BaFa-Förderung.....	73
11.5	Modellvorhaben Wärmenetzsysteme 4.0.....	74
12	ÖRTLICHE VORNACHTEILE FÜR EIN NAHWÄRMEKONZEPT	76
13	HANDLUNGSKONZEPT UND MASSNAHMENKATALOG	78
14	ERFOLGSKONTROLLE	80
15	ZUSAMMENFASSUNG	81

TABELLENVERZEICHNIS

	Seite
Tabelle 1:	Energetisches Potential in Homberg (Efze) – Hochrechnung6
Tabelle 2:	Ergebnis der Leerstandkartierung 2018.....18
Tabelle 3:	Baumbestand: Gesamte oberirdische und unterirdische Biomasse36
Tabelle 4:	Energieverbrauch der Varianten des Referenzhauses47
Tabelle 5:	PMR: Druckbegrenzung in Abhängigkeit von der Temperatur und Betriebsdauer52
Tabelle 6:	Ergebnis der Umfrage / Daten EVU und Ermittlung der Heizleistung56
Tabelle 7:	Investitionskosten als Bruttopreise mit 19 % Mehrwertsteuer68
Tabelle 8:	Vergleich der spezifischen Energiekosten mit anderen Nahwärmeanbietern.....69
Tabelle 9:	Investitionskosten als Bruttopreise mit 19 % Mehrwertsteuer81

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

	Seite
Abbildung 1:	CO ₂ -Emissionen in Deutschland von 1990 bis 2050.....2
Abbildung 2:	Endenergie- und CO ₂ -Anteile nach Handlungsfeldern im Jahr 2013.....5
Abbildung 3:	Entwicklung der CO ₂ -Emissionen bei verschiedenen Szenarien7
Abbildung 4:	Potential für die Reduzierung des Energieimportes in die Region.....7
Abbildung 5:	Öffentliche Parkplätze in der Altstadt10
Abbildung 6:	Ganglinie der Parkplatzbelegung in der Altstadt.....10
Abbildung 7:	Leerstand in der südlichen Altstadt11
Abbildung 8:	Vorhandene Ladeinfrastruktur für E-Autos – Stand Ende 201912
Abbildung 9:	PKW: Verteilung der Fahr- und Stehzeiten.....13
Abbildung 10:	Empfohlene Ladeinfrastruktur für E-Autos13
Abbildung 11:	Standorte und empfohlene Standorte für Car-Sharing14
Abbildung 12:	Ausschnitt Schwarzplan – Quartier Altstadt (rote Umrandung).....15
Abbildung 13:	Altersverteilung in Homberg (Efze)16
Abbildung 14:	Quartier Altstadt - Abgrenzung17
Abbildung 15:	Leerstandkataster 2018 im Quartier Altstadt.....18
Abbildung 16:	Stadtkirche St. Marien19
Abbildung 17:	Ostseite vom Marktplatz mit Marktplatz 15, Löwen und Engel Apotheke.....19
Abbildung 18:	Kleinere Fachwerkgebäude nördlich der Stadtkirche20
Abbildung 19:	Westseite des Markplatzes mit größeren Wohnhäusern21
Abbildung 20:	Typisches kleineres Fachwerkhaus in der Untergasse21
Abbildung 21:	Wohngebäude und Laden in der Untergasse mit erheblichen Sanierungsstau22
Abbildung 22:	Alte Brauerei in der Untergasse – Gebäude mit erheblichem Sanierungsstau.....22
Abbildung 23:	Häufiger Zwischenraum zwischen zwei Fachwerkgebäuden23
Abbildung 24:	Wohngebäude mit Anbau für Handwerk mit erheblichem Sanierungsstau23
Abbildung 25:	Wohnhäuser mit erheblichem Sanierungsstau24
Abbildung 26:	Einzelhandel in der Altstadt im Jahr 201525
Abbildung 27:	Handlungszyklus für das Quartier Altstadt26
Abbildung 28:	Jährliche CO ₂ -Emission im Quartier für Strom und Wärme28

Abbildung 29:	Ganglinie der Heizungstechnologien in der Gebäudeheizung	30
Abbildung 30:	2012 – 2017: Zuwachs und Abgang nach Baumarten.....	33
Abbildung 31:	Wuchsgebiet Nordost- und Hessisches Bergland	33
Abbildung 32:	Entwicklung der stofflichen und energetischen Holzverwendung.....	35
Abbildung 33:	Schematische Darstellung der möglichen Holznutzung.....	35
Abbildung 34:	Dauerlinie des jährlichen spezifischen Energieverbrauchs	40
Abbildung 35:	Vergleich des Endenergiebedarfs der Varianten.....	44
Abbildung 36:	Vergleich des Primärenergieeinsatzes der Varianten.....	44
Abbildung 37:	Vergleich der CO ₂ -Emissionen der Varianten	45
Abbildung 38:	Vergleich: Bestand – Variante 2.....	45
Abbildung 39:	EnEV-Gesamtbewertung – Variante 2.....	46
Abbildung 40:	Dachflächen für PV-Anlagen.....	50
Abbildung 41:	Lageplanskizze des Nahwärmenetzes der Altstadt.....	54
Abbildung 42:	Einbausituation für die Nahwärmeleitungen	55
Abbildung 43:	Beispiel für eine Hausübergabestation.....	55
Abbildung 44:	Ganglinie der Grundlast und Grundlastversorgung	57
Abbildung 45:	Entnahmeganglinie für die beiden Pufferspeicher.....	58
Abbildung 46:	Grundriss der Heizzentrale – Innenwände ausgeblendet	60
Abbildung 47:	Standort für die Heizzentrale - Reithausplatz.....	61
Abbildung 48:	Ansicht der Heizzentrale in den Nachtstunden.....	61
Abbildung 49:	Ansicht der Heizzentrale vom Reithausplatz	62
Abbildung 50:	Ansicht der Heizzentrale als Luftbild	62
Abbildung 51:	Innenansicht des Kesselraums der Heizzentrale	63
Abbildung 52:	Jahresganglinie der Energieerzeugung mit Solarthermie	64
Abbildung 53:	Mögliche CO ₂ -Einsparung bei der Gebäudeheizung, Sanierung und Strom.....	67
Abbildung 54:	Energiekosten in Abhängigkeit der Preissteigerung für den Energieträger	70
Abbildung 55:	Waldrestholz im Wald der Region	74
Abbildung 56:	GEG/EnEV-Anforderung für das Referenzgebäude mit Nahwärmanschluss.....	76
Abbildung 57:	GEG/EnEV-Anforderung für das Referenzgebäude mit Gasheizung	77

ANLAGENVERZEICHNIS

Anlage 1	Referenzgebäude: Energiebedarfsrechnung nach DIN 18599 – Bestand
Anlage 2	Referenzgebäude: Energiebedarfsrechnung nach DIN 18599 – Variante 1
Anlage 3	Referenzgebäude: Energiebedarfsrechnung nach DIN 18599 – Variante 2
Anlage 4	Referenzgebäude: Außenwand - Bestand
Anlage 5	Ansichten der geplanten Heizzentrale
Anlage 6	Geplantes Nahwärmenetz
Anlage 7	Rückläufer und Auswertung der Fragebögen
Anlage 8	Einheitspreise für das Nahwärmenetz
Anlage 9	Investitionskosten für das Nahwärmekonzept
Anlage 10	Wirtschaftlichkeitsberechnung
Anlage 11	Betriebskostenberechnung für das BHKW
Anlage 12	Betriebskostenberechnung für die Holzhackschnitzelheizung
Anlage 13	Auslegung / Jahresmittelwert des Nahwärmenetzes
Anlage 14	Literaturnachweis

1 VERANLASSUNG

Der Homo sapiens lebt seit etwa 200.000 Jahren auf dieser Erde und er hat die Erde wie kein anderes Lebewesen geprägt. Insbesondere durch die Industrialisierung mit der Nutzung der fossilen Brennstoffe wurde z. B. der CO₂-Kreislauf massiv verändert. Die Veränderungen sind so gravierend, dass man von einem neuen Erdzeitalter - dem Anthropozän - spricht.

Die Wissenschaft und die Politik haben sich bisher nur in ihrer jeweils eigenen Sprache und Raum bewegt. Wissenschaftlich wurde vieles bisher belegt, die Politik nimmt es zur Kenntnis, es folgen aber keine eindeutigen politischen Zielsetzungen und so lebt die Bevölkerung weitestgehend auf der Basis der bisherigen Randbedingungen weiter.

Die Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina e. V. - Nationale Akademie der Wissenschaften - möchte dies durch Ihre Veröffentlichung [13] „Klimaziele 2030: Wege zu einer nachhaltigen Reduktion der CO₂-Emissionen“, Juli 2019, ändern. Die Leopoldina wurde 1652 gegründet und ist damit die älteste naturwissenschaftlich-medizinische Gelehrten-gesellschaft im deutschsprachigen Raum. Einige der bekanntesten Mitglieder der Leopoldina waren Johann Wolfgang von Goethe, Alexander von Humboldt, Charles Darwin, Werner von Siemens, Marie Curie, Albert Einstein, Nils Bohr und Carl Friedrich von Weizsäcker.

In der oben genannten Veröffentlichung [13] werden die folgenden Punkte angesprochen / zitiert:

- Seit 1900 beträgt die globale Erderwärmung an der Oberfläche mehr als 1,0°C.
- Die derzeitige CO₂-Konzentration von 415 ppm hatten wir auf der Erde zuletzt vor 3,0 Mio. Jahren. Da war die Durchschnittstemperatur um 2,0 bis 3,0°C wärmer und der Meeresspiegel um 20 m höher.
- Die Ozeane nehmen heute 90 % der vom Menschen verursachten Wärme und 25 % des CO₂ auf. Dieser Puffer wird überlastet und verändert sich.
- Seit mehr als 40 Jahren warnt die Wissenschaft vor einer globalen Erderwärmung.
- Seit 1988 – der ersten Klimakonferenz – sind die Emissionen aus fossilen Energieträgern um 75 % angestiegen.
- Bis zum 2,0°C-Ziel könnte die Erdatmosphäre noch etwa 1.000 Gigatonnen CO₂ aufnehmen. Zurzeit sind weltweit neue Kohlekraftwerke in Planung, welche über ihre Nutzungsdauer etwa 650 Gigatonnen CO₂ emittieren würden.
- Die Grundversorgung der Gesellschaft mit Energie ist eine Grundvoraussetzung für ihr Handeln, ihr Funktionieren und ihre Weiterentwicklung.
- Klimapolitik muss für alle nachvollziehbar sein und spürbar werden. Zu einer transparenten Klimapolitik gehört auch, offen zu kommunizieren, dass eine Klima- und Energiewende nicht zum Nulltarif zu haben ist, dass aber die gesellschaftlichen Kosten des „*Business as usual*“ bei weitem die Investitionen in Vermeidungsmaßnahmen übersteigen.
- Aus volkswirtschaftlicher Sicht müsste bei einem „*Business as usual*“ und einer damit verbundenen Verfehlung der Klimaziele 2030 die Bundesrepublik Deutschland bis zu 62 Milliarden Euro als Lastenteilung zahlen.
- Die Klimaziele 2020 werden mit großer Wahrscheinlichkeit verfehlt¹. Bis 2030 müssen jährlich 26 Mio. Tonnen CO₂ eingespart werden, um das vereinbarte Ziel erreichen zu können.

¹ Stand Ende 2019 vor Corona. Nur durch die Einflüsse durch Corona konnte das Ziel erreicht werden.

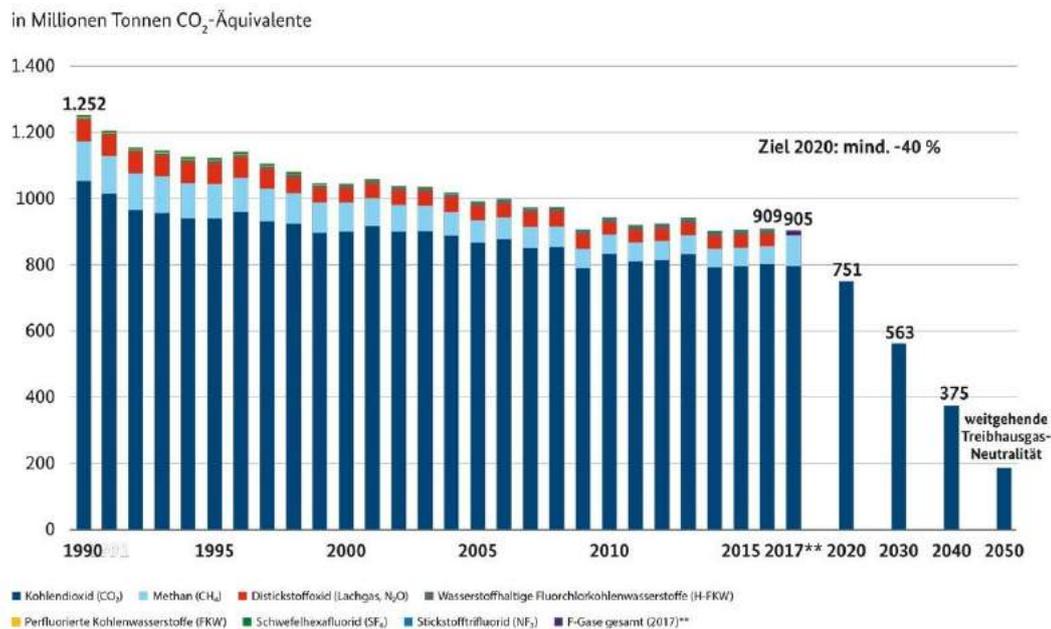


Abbildung 1: CO₂-Emissionen in Deutschland von 1990 bis 2050²

- Die Politik muss der Bevölkerung nicht nur die Ziele, sondern auch die Wege und die Dringlichkeit vermitteln und rasch die Signale für ein Klimaschutzpaket setzen.
- Der Verkehr trägt mit rund 20 % wesentlich zu den CO₂-Emissionen bei. Hier muss kurzfristig durch die Umstellung auf hybridisierte und batterieelektrische Antriebe der Verkehr effizienter gemacht werden. Für den Verkehr muss regenerativer Strom zum Einsatz kommen.
- Bei der Wasserstofftechnik liegt heute noch der Primärenergieeinsatz um das 2,0 bis 2,5-fache höher als bei der Batterietechnik. Diese Technik muss aber langfristig weiterentwickelt werden.
- Gebäude verursachen in Deutschland etwa 30 % der CO₂-Emissionen.
- Der direkte Einsatz von grünen Brennstoffen bei der Anwendung Wärme ist zu empfehlen.
- Emissionsreduzierung bei den Gebäuden ist auch durch eine stark isolierte Außenhülle anzustreben.
- Mit ambitionierten und längst überfälligen Neuregelungen zum nachhaltigen Klimaschutz kann die Politik ihre Verantwortung für die Zukunft wahrnehmen.

In dem Klimaschutzkonzept für die Kreisstadt Homburg [2] wird über Klimaschutz und die Herausforderungen detailliert referiert. Daher wird an dieser Stelle darauf verzichtet diese Aussagen zu wiederholen. Die oben aufgeführten Aussagen der Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina e. V. sind an dieser Stelle zielführend und ausreichend.

² International vereinbarte Ziele

2 ZIELE FÜR DEN KLIMASCHUTZ IN HOMBERG (EFZE)

Die Erläuterungen und Empfehlungen der Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina e. V. sind kurzgefasst und allgemeingültig. Bezogen auf die Region Homberg (Efze) lassen sich daraus die folgenden Ergänzungen / Ziele ableiten:

- Die einzelnen Sektoren der Region sollten übergreifend optimiert werden.
- Für den Sektor Wärme kann grüner Brennstoff aus der Region verwendet werden. Dies sind z. B. Holzhackschnitzel aus unseren regionalen Wäldern in Nordhessen.
- Lokale Wertschöpfung und Stärkung der lokalen Infrastruktur.
- Die bestehenden Dachflächen der Gebäude sollten für die Erzeugung von erneuerbarem Strom über PV-Anlagen genutzt werden.
- Der Strom aus erneuerbarer Energie sollte bevorzugt für den Verkehr, die Industrie und elektrische Antriebe in den Haushalten genutzt werden.
- Die Effizienz der Nutzung von Strom und Gebäudewärme muss verbessert werden. Dabei müssen die Randbedingungen der mittelalterlichen Altstadt von Homberg (Efze) berücksichtigt werden.
- Die Randbedingungen für die E-Mobilität müssen verbessert werden, um die Akzeptanz zu verbessern.
- Ganzheitlicher Klimaschutz mit Priorisierung der Einzelmaßnahmen nach deren Auswirkungen auf den Klimaschutz.

3 DIE KREISSTADT HOMBERG (EFZE)

3.1 Historisches

Homburg (Efze) ist die Kreisstadt des Schwalm-Eder-Kreises, hat ca. 14.000 Einwohner in 20 Stadtteilen auf einer Gemarkungsfläche von 99,99 km².

Homburg wurde 1231 erstmalig namentlich beurkundet und wurde vom Landgraf Konrad gefördert. Mit der Hohenburg erlangte Homburg (Efze) schon sehr früh eine strategische Bedeutung entlang der Handelsstraße *Lange Hessen*. Im dreißigjährigen Krieg wurde die Burg und auch die Stadt fast vollständig zerstört. Der Aufbau der Gebäude erfolgte nicht mehr so prunkvoll wie der Gebäudebestand vor dem Krieg. Die Fachwerkgebäude waren aber weiterhin der dominierende Baustil in Homburg.

Die Stadtkirche St. Marien ist heute noch das dominierende Gebäude direkt am Marktplatz. Das erste Kirchengebäude wurde vermutlich vor dem Jahr 900 an dem Platz errichtet. Die Reformation in Hessen wurde mit der Homberger Synode im Oktober 1526 durch den Landgraf Philipp dem Großmütigen eingeführt.

In den 70er Jahren des letzten Jahrhunderts erfolgte in der Altstadt eine umfangreiche Stadtsanierung [1]. In diesem Zuge wurden einige alte Fachwerkhäuser durch neuere Gebäude ersetzt, aber die Charakteristik wurde durch die Sanierung nicht nachhaltig gestört.

Die Altstadt wird durch die Stadtkirche und die Fachwerkhäuser geprägt. Dies ist das touristische Aushängeschild der Reformationsstadt Homburg (Efze). Dieses gilt es zu bewahren. Dafür müssen in den nächsten Jahren einige Sanierungen und Erneuerungen an der bestehenden Gebäudesubstanz durchgeführt werden. Ein Hauptaugenmerk muss dabei auch auf die energetische Sanierung gelegt werden.

3.2 Vorhandene Studien / Konzepte zu dem Thema / Quartier

In den letzten Jahren wurden für die Entwicklung von Homburg (Efze) die folgenden Studien / Konzepte, die als Grundlage zu dem Quartierskonzept gesehen werden, ausgearbeitet:

- [1] „Altstadt“ Homburg (Efze), Abschlussbericht der städtebaulichen Sanierungsmaßnahme, Hessische Landesgesellschaft mbH, 2018
- [2] Integriertes Klimaschutzkonzept für die Kreisstadt Homburg (Efze), KEEA Klima und Energieeffizienz Agentur, 34121 Kassel, Endbericht Dezember 2015
- [3] Entwicklungskonzept, Quartier Kasseler Straße / Ziegenhainer Straße, ANP Architekten und Planungsgesellschaft, 34130 Kassel, Januar 2016
- [4] Verkehrsentwicklungsplan Homburg (Efze) – Teil 1: Altstadt, IKS – Ingenieurbüro für Stadt- und Mobilitätsplanung, 34127 Kassel, 2018
- [5] Lokale Ökonomie Altstadt, akp_Stadtplanung + Regionalentwicklung, 34119 Kassel, 2019
- [6] EMobilHomburg – Version 1.0, EcoLibro GmbH, 53842 Troisdorf, 2019

- [7] Radverkehrskonzept - Schlussbericht, IKS - Ingenieurbüro für Stadt- und Mobilitätsplanung, 34127 Kassel, 2020
- [8] Integriertes Städtebauliches Entwicklungskonzept (ISEK) - Zukunft Stadtgrün, akp_Stadtplanung + Regionalentwicklung, Foundation 5+, 34117 Kassel, 2020

Kurze inhaltliche Zusammenfassung der Ausarbeitungen bezüglich dem Quartierskonzept:

3.2.1 Sanierungsmaßnahme „Altstadt“ Homberg (Efze)

Die Bausubstanz und die städtebauliche Struktur der „Altstadt“ stammt aus dem Mittelalter. In den Jahren 1970 bis 2010 erfolgte im Rahmen der „Altstadtsanierung“ eine Anpassung des Quartiers (Bebauungsplan Nr. 23) an die heutigen Anforderungen einer städtebaulichen Struktur. Hierbei mussten Kompromisse zwischen der Denkmalpflege und den heutigen Anforderungen eingegangen werden. Es erfolgte Kernsanierungen von Gebäuden, überwiegend private Teilsanierungen, verkehrsberuhigter Umbau der öffentlichen Straßenräume und die Schaffung von Stellplätzen für die Anwohner. Bei der Sanierungsmaßnahme wurden Investitionen in Höhe von 23.476.386 € getätigt.

3.2.2 Integriertes Klimaschutzkonzept

Das Klimaschutzkonzept betrachtet das gesamte Gemarkungsgebiet von Homberg (Efze) hinsichtlich der Einsparung von Energie und Reduzierung der CO₂-Emissionen zur Einhaltung der Klimaschutzziele.

Nach dem Konzept aus dem Jahr 2015 beträgt der Gesamtenergieverbrauch in Homberg (Efze) für alle Sektoren 352 GWh/Jahr. In der nachfolgenden Abbildung 2 ist dieser Gesamtenergieverbrauch auf die einzelnen Sektoren aufgeteilt. Der Anteil an erneuerbaren Energie beträgt etwa 18 %. Bei den CO₂-Emissionen sind die beiden Sektor Mobilität gefolgt vom Sektor Wohnen die größten Emittenten. Bei der Mobilität ist mit 39.594 t CO₂/Jahr der Personenverkehr und beim Wohnen mit 36.960 t CO₂/Jahr die Wärmeerzeugung die größten Erzeuger in Homberg (Efze).

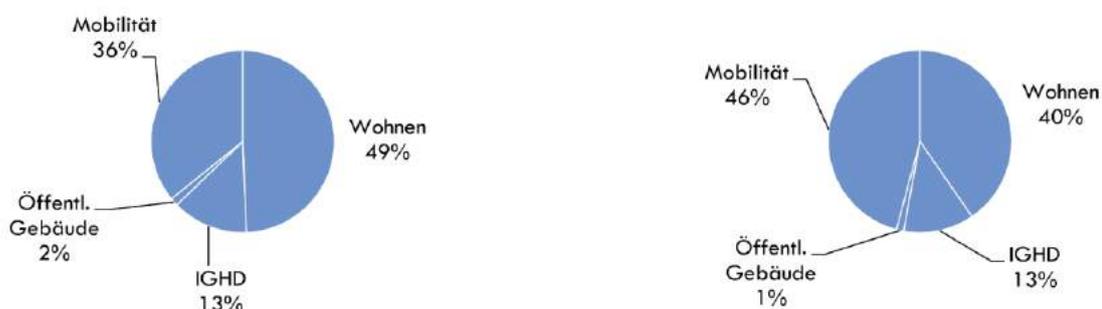


Abbildung 2: Endenergie- und CO₂-Anteile nach Handlungsfeldern im Jahr 2013

Quelle: [2] – links: Endenergie – rechts: CO₂-Emissionen

Aus den örtlichen Kenntnissen des Verfassers liegt der überwiegende Anteil an PV-Anlagen in den Neubaugebieten der Kernstadt und den Ortsteilen. In der Altstadt befinden sich, bedingt durch die Dachgeometrie der vorhandenen Bausubstanz, nur wenig PV-Anlagen.

Das Ergebnis der Potentialanalyse ist in Tabelle 1 aufgeführt. Danach liegt das größte Potential bei der energetischen Sanierung von Wohngebäuden, gefolgt von der Wärmeeffizienz. Unter Wärmeeffizienz wird dabei der Austausch von Öl- und Gaskesseln sowie der Anschluss an ein Nah- und Fernwärmenetz verstanden.

In dem Klimaschutzkonzept wurden verschiedene Szenarien durchgerechnet. In Abbildung 3 sind die Ergebnisse dargestellt. Mit dem Szenario Pionier werden insbesondere im Sektor Wärme die größten Emissionseinsparungen erzielt. Bei diesem Szenario wird eine hohe Modernisierungsrate im Gebäudebereich angesetzt und über die Wärmeversorgung aus Biomasse ein höherer Anteil an erneuerbarer Wärme bereitgestellt. In dem Konzept wird die Aussage getroffen: „Es wird empfohlen, den notwendigen Energieimport möglichst durch die Nutzung erneuerbarer Energien aus der Region zu gewährleisten.“

	Verbrauch 2013 [GWh]	Energieerzeugung aus erneuerbaren Energien [GWh]	
Strom (ohne Wärme und Mobilität)	53	20	
Wärme	172	10	
Mobilität	126	–	
Summe	352	30	
	Gesamtpotenzial [GWh]	bereits erschlossen [GWh]	noch erschließbar [GWh]
Energieeinsparung Wohngebäude	75	12	63
Energieeinsparung Unternehmen (NWG)	9	–	9
Energieeinsparung Öffentliche Gebäude	–	–	–
Mobilität	24	–	24
Wärmeeffizienz	39	–	39
Stromeffizienz	10	–	10
Solarthermie	9	1	8
PV-Anlagen	21	18	3
Geothermie	4	0,1	4
Wasserkraft	–	–	–
Biomasse (Wärme und Strom)	40	35	4
Windenergie	22	0,2	21
Summe	253	67	185

Tabelle 1: Energetisches Potential in Homberg (Efze) – Hochrechnung
 Quelle: [2]

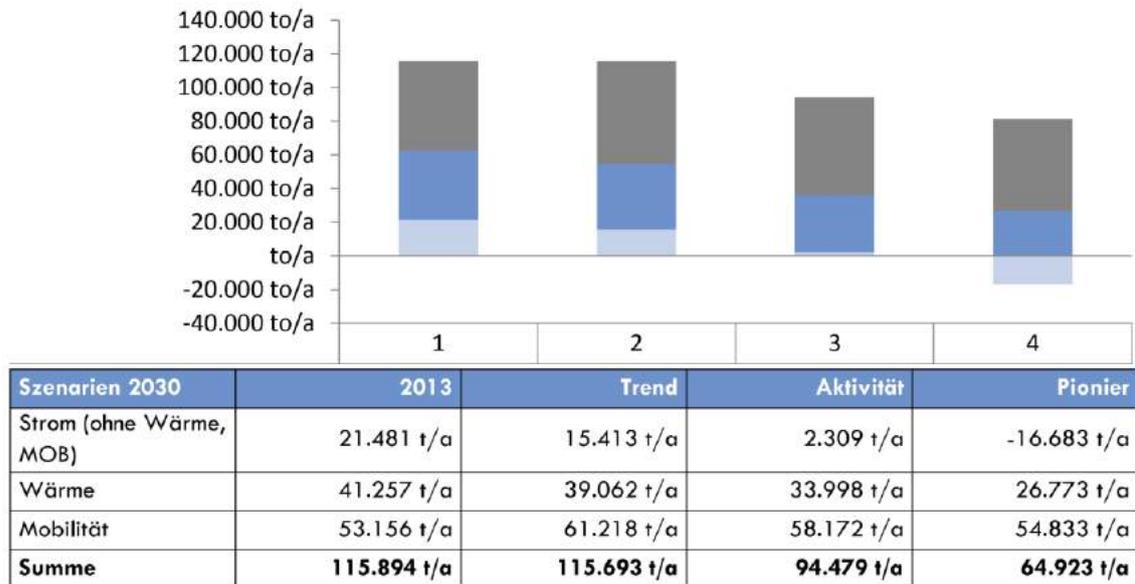


Abbildung 3: Entwicklung der CO₂-Emissionen bei verschiedenen Szenarien

Quelle: [2]

Das Einsparpotential beim Energieverbrauch in der Region und Nutzung aus der Region liegt bei 58 %. Es verbleibt ein Import in die Region von 135 GWh/Jahr. Die Abbildung 4 aus dem Konzept zeigt die Potentiale für die Reduzierung des Energieimportes in die Region Homberg (Efze).

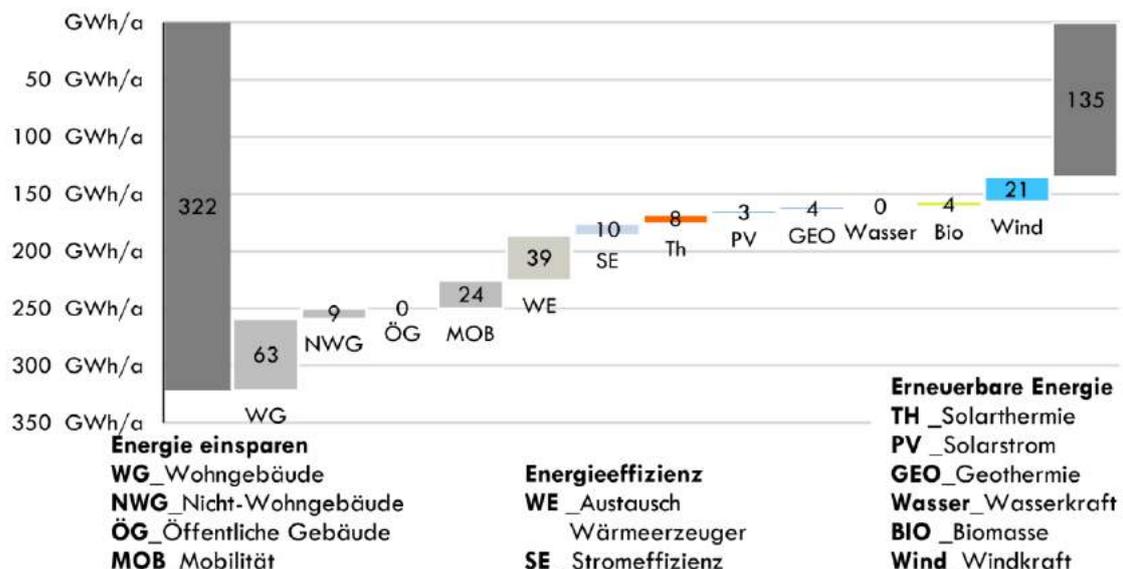


Abbildung 4: Potential für die Reduzierung des Energieimportes in die Region

Quelle: [2]

Handlungsfelder für die Stadtverwaltung Homberg (Efze):

- Öffentlichkeitsarbeit und Bewusstseinsbildung
- Einführung eines Klimaschutzmanagements
- Energie-Reformation
- Best-Practice-Beispiele im Bereich Gebäudesanierung
- Internetauftritt öffentlicher Klimaschutz
- Förderdatenbank
- Klimaschutzatlas/-stadtplan
- Bildungsprojekte fördern
- Sensibilisierung mit Schwerpunkt Mobilität
- Klimaschutzwettbewerb für Jugendliche (Beste Klimaschutzidee)
- Klimamappe für Bürger bei Neubau
- Nutzer- und Hausmeisterschulungen
- Vortragsreihe zum Thema Klimaschutz
- Regionales Klimaschutznetzwerk
- Regionale und saisonale Lebensmittel
- Aktionswoche – Umweltbewusstes Handeln

Klimaschutz im Gebäudebestand und in der Verwaltung:

- Energetische Sanierung des privaten Wohngebäudebestandes
- Erhöhung der Stromeffizienz im privaten Wohngebäudebereich
- Minderung des Wärmeverbrauchs in den kommunalen Liegenschaften
- Erhöhung der Stromeffizienz in den kommunalen Liegenschaften
- Aufbau eines Controllings „Zentrales Gebäudemanagement für kommunale Liegenschaften“
- Haus-zu-Haus-Beratung
- Energiebeirat
- Umstellung der Straßenbeleuchtung auf LED-Leuchtmittel
- Thermographie-Spaziergänge
- Sanierung der kommunalen Liegenschaften
- Klimafreundliche Siedlungsentwicklung
- Stromeffizienz in der Verwaltung
- Energetische Gebäudesanierung privater Gebäudeeigentümer
- Jährlicher Klimaschutzbericht

Erneuerbare Energie:

- Nutzung erneuerbarer Energien, Effizienzerhöhung bestehender Anlagen
- Effiziente Energieerzeugung über gemeinschaftliche Wärmeversorgung
- Nutzung von KWK-Anlagen und Geothermie
- Ausbau der Windenergienutzung
- Eigenstromnutzung aus Photovoltaikanlagen
- Restholzpotenziale

Unternehmen – IGHD (Industrie, Gewerbe, Handwerk und Dienstleistungen):

- Reduktion des Wärmeverbrauchs von Unternehmen
- Erhöhung der Stromeffizienz in Unternehmen
- Beratungsnetzwerk für Kleine Mittelständische Unternehmen
- Gemeinsame Energieversorgung in Gewerbegebieten
- Branchenorientierte Veranstaltungen

Verkehr und Mobilität:

- Vermeidung und Verlagerung von Verkehr
- Förderung des Einsatzes klimafreundlicher Antriebstechniken
- E-Bike-Testwochen
- E-Ladesäule für Elektrofahräder an der Theodor-Heuss-Schule
- Förderung des lokalen Radverkehrs
- Stadtradeln
- Mit dem Rad zur Arbeit
- Fahrradverleih
- Mit dem Rad zur Schule
- Förderung von Mitfahrgelegenheiten
- Anruf-Sammel-Taxi (AST); E-Ruf-Bus
- Effizienter kommunaler Fuhrpark
- E-Mobilität

Das Integriertes Klimaschutzkonzept ist die Grundlage für weitere Klimaschutzprojekte.

3.2.3 Entwicklungskonzept - Quartier Kasseler Straße / Ziegenhainer Straße

Mit der Schließung des Autohauses Ulrich bestand für die Stadt Homberg (Efze) die einmalige Gelegenheit, für dieses Areal ein Entwicklungskonzept aufzustellen.

Homberg (Efze) als Mittelzentrum und Kreisstadt des Schwalm-Eder-Kreises hat eine gute Verkehrsanbindung. Vor dem Hintergrund des wachsenden Gebäudeleerstands bei Handel, Gewerbe und bei Wohngebäuden im Altstadtbereich bietet sich hier eine Quartiersentwicklung mit der Verbesserung der Einzelhandelsstruktur an.

Den Bestand, das Potential und die Möglichkeiten mit der Entwicklung des ehemaligen Ulrich-Geländes wird in dem Entwicklungskonzept ausgearbeitet, vorgestellt und diskutiert.

Durch die Nähe zum Quartier Altstadt hat das Entwicklungskonzept für das Quartier Kasseler Straße / Ziegenhainer Straße einen großen Einfluss auf die zukünftige Entwicklung der Altstadt.

3.2.4 Verkehrsentwicklungsplan Altstadt

Für die Aufstellung eines verkehrsträgerübergreifenden Handlungsrahmens bis 2030 werden die Themenschwerpunkte:

- Fußverkehr
- Radverkehr
- Kfz-Verkehr / Durchgangsverkehr
- Ruhender Kfz-Verkehr

vom Bestand und der zukünftigen Entwicklung in dem Plan ausgearbeitet. Hierbei wurden auch frühere Studien und Konzept in den Plan integriert. Aus dem Verkehrsentwicklungsplan ergeben sich die folgenden Aussagen:

- Der Marktplatz wird durch Kfz dominiert. Dies verringert die Aufenthaltsqualität und den Charakter als hochwertiger öffentlicher Raum.
- „Die Wahrnehmung des Radverkehrs sollte positiv besetzt werden - das Fahrrad soll als komfortable Alternative besetzt werden.“
- In der Altstadt gibt es 244 öffentliche Parkplätze für Kfz, davon 84 Parkplätze für Anwohner.



Abbildung 5: Öffentliche Parkplätze in der Altstadt

Quelle: [4]

- Am 21.02.2017 erfolgt in der Altstadt eine Erfassung der Kraftfahrzeuge über den Tag. In Abbildung 6 ist die Ganglinie über den Tag aufgetragen. Die Auswertung zeigt, dass zu keinem Zeitpunkt ein Parkdruck vorgelegen hatte. In den Nachtstunden standen 114 Kfz auf 244 Parkplätzen.



Abbildung 6: Ganglinie der Parkplatzbelegung in der Altstadt

Quelle: [4]

Der Verfasser des Quartierkonzeptes ist Bürger von Homberg. Er stellt sich die Frage, ob die Parkanalyse am 21.02.2017 repräsentativ war. Sein persönlicher Eindruck sieht bei den Parkplatzverhältnissen eine größere Auslastung.

- Mit dem neuen Einkaufszentrum Drehscheibe werden insgesamt 290 zusätzliche Parkplätze entstehen.
- Durchgangsverkehr aus der Altstadt fernhalten.
- Ausbau der Infrastruktur für Radverkehr / E-Bikes.

3.2.5 Lokale Ökonomie Altstadt

Das Fördergebiet umfasst den Marktplatz, Westheimer Straße, Untergasse und Holzhäuser Straße.

In dem Fördergebiet befinden sich 118 Gebäude mit Laden- und Gewerbeflächen. Derzeit werden jedoch davon nur 85 Gebäude genutzt. Der Schwerpunkt liegt im Einzelhandel und Dienstleistungen. Dies sind kleinere, zum größten Teil inhabergeführte Läden und Betriebe.

Mit verschiedenen Konzepten – „Cittáslow“ und „HOMEberger“ – wird von der Stadt gemeinsam mit den Bürgern und Gewerbetreibenden die Besonderheiten des ländlichen Raums und der Region ausgearbeitet.

In der Abbildung 7 ist aus [5] der im Jahr 2018 vorhandene Leerstand und die unter Denkmalschutz stehenden Gebäude aufgeführt. Der Leerstand ist innerhalb von zwei Jahren von 25 % auf 28 % angestiegen.



Abbildung 7: Leerstand in der südlichen Altstadt

Quelle: [5]

Der energetische Gebäudezustand entspricht aufgrund des Gebäudealters und der denkmalgeschützten Fachwerkbauweise bei den meisten Gebäuden in der Altstadt nicht dem aktuellen Energieeffizienzstandard. Etwa 50 % des Energieverbrauchs und etwa 40 % der CO₂-Emissionen gehen von den privaten Wohngebäuden aus.

Im Jahr 2018 finden verstärkt Investitionen in die Gebäudesubstanz statt. Eine Nahwärmeversorgung könnte die Aktivitäten der Gebäudeeigentümer weiter stärken. Ein größeres Entwicklungspotential bezüglich der Produktion von erneuerbaren Energien besteht in der Errichtung von Photovoltaikanlagen auf den Dachflächen zur Stromerzeugung. Hiermit könnte ein großer Teil der Stromerzeugung innerhalb des Quartiers erfolgen. Für die Beratung der Bürger bei Fragen des Klimaschutzes sollte eine kommunale Stelle für eine*n Klimaschutzmanager*in eingerichtet werden.

Als Risiko wird die Zunahme der Leerstände bei Ladenlokalen und Wohnungen aufgezeigt.

Als Entwicklungsstrategie für die südliche Altstadt wird die Ansiedlung von Gewerbe einschließlich Einzelhandel und Gastronomie sowie die Beseitigung des Leerstandes aufgezeigt.

3.2.6 EMobilHomberg

In der Studie wird als Maßnahme der Stadt empfohlen, den ruhenden und fahrenden Verkehr in der historischen Altstadt schrittweise zu reduzieren. Dies hat Auswirkungen auf die Standortwahl für öffentliche Ladeinfrastruktur und die Schaffung eines Car-Sharing-Angebots.

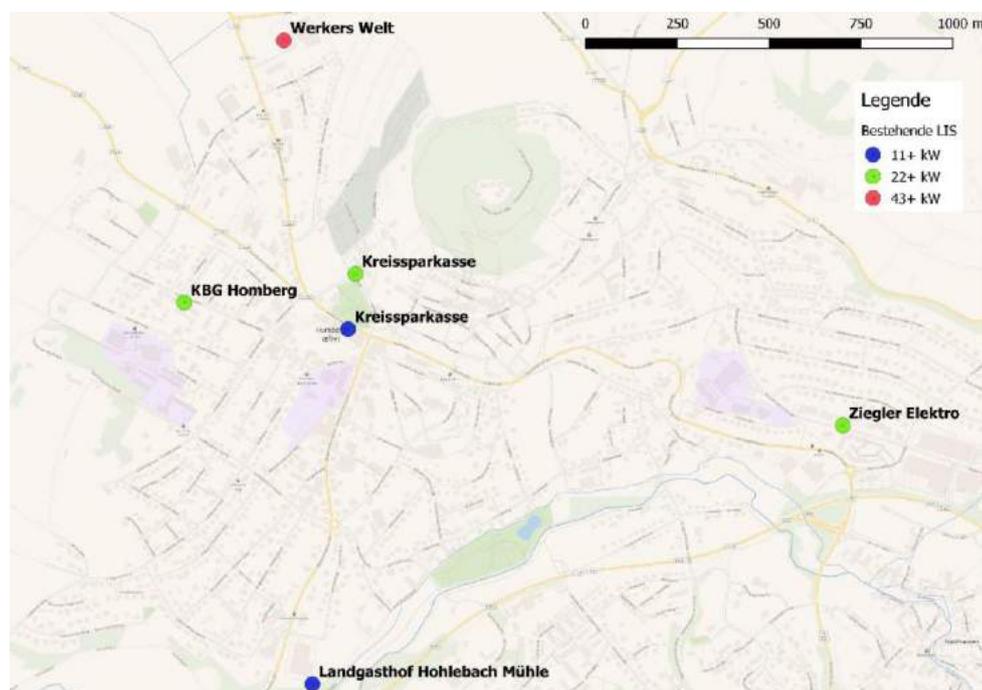


Abbildung 8: Vorhandene Ladeinfrastruktur für E-Autos – Stand Ende 2019

Quelle: [6]

In Abbildung 8 ist die bestehende Ladeinfrastruktur in der Kernstadt abgebildet. Nach der Erhebung sind in dem Quartier Altstadt keine öffentlichen Ladesäulen vorhanden. Nach der Erhebung wurde am Rathaus eine Ladesäule installiert.

Der größte Anteil der Stehzeiten für PKW ist der Wohnort. Hier besteht durch die dichte Bebauung im Quartier Altstadt jedoch das Problem der Zuordnung von festen / privaten Stellplätze für die Bewohner, um dort eine private Ladeinfrastruktur aufbauen zu können. In den vorhandenen privat genutzten Parkhäusern müsste für die Einrichtung einer Ladeinfrastruktur mit den jeweiligen Eigentümern gesprochen werden. Bei einer nicht ausreichenden Elektroinfrastruktur können erhebliche Investitionskosten entstehen. Auch wäre die Möglichkeit der Nutzung von erneuerbarem Strom sehr wichtig für die CO₂-Bilanz.



Abbildung 9: PKW: Verteilung der Fahr- und Stehzeiten

Quelle: [6]

In Abbildung 10 ist die Empfehlung für zukünftige öffentliche Ladesäulen eingetragen.

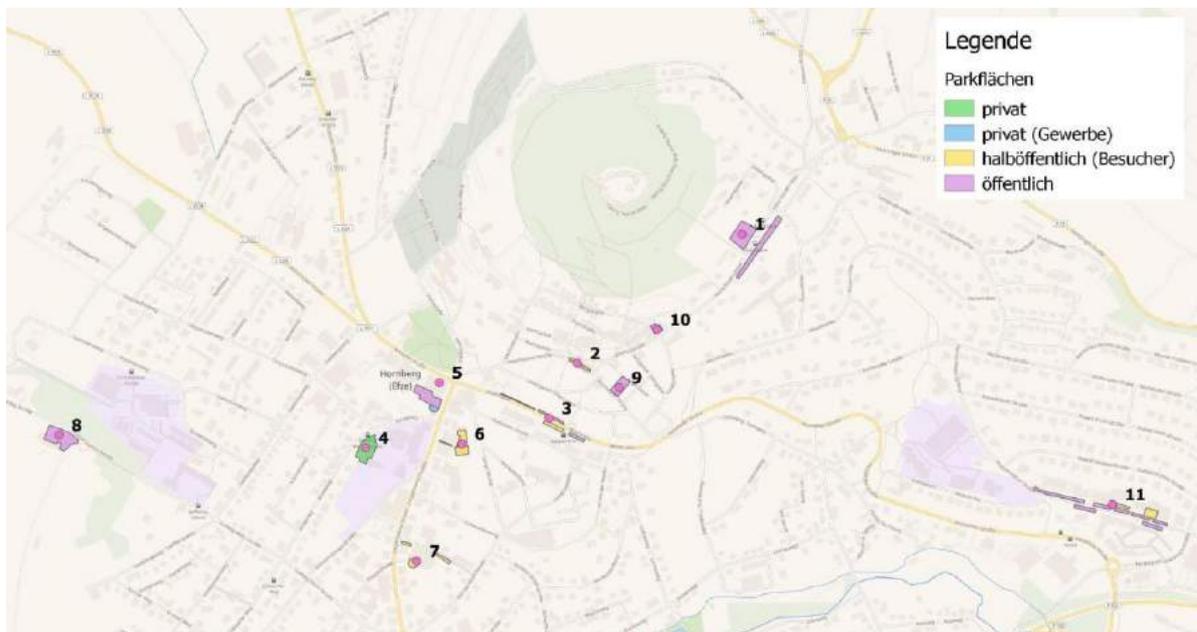


Abbildung 10: Empfohlene Ladeinfrastruktur für E-Autos

Quelle: [6]

Zur Reduzierung der Anzahl an privaten Fahrzeugen wird der Aufbau eines Angebots für Car-Sharing empfohlen. In Abbildung 11 sind für das Quartier die vorhandenen und die empfohlenen Standorte für Car-Sharing-Stationen dargestellt.



Abbildung 11: Standorte und empfohlene Standorte für Car-Sharing

Quelle: [6]

Für den Individualverkehr mit kurzen Wegen wird die Unterstützung der Nutzung von E-Bikes empfohlen. Für den Lastentransport wäre die Vermietung von Lasten-E-Bikes möglich.

3.2.7 Radverkehrskonzept

In dem Radverkehrskonzept werden Handlungsempfehlungen für:

- Optimierung des Netzes für Alltags- und touristischen Radverkehr
- Lösungsskizzen für konkrete Problemstellen
- Konzept Öffentlichkeitsarbeit

ausgesprochen, die auch für das Quartier Altstadt gelten.

Die Nahmobilitätsstrategie für Hessen hat die Zielsetzung, eine deutliche Verlagerung des individuellen Kraftfahrzeugverkehrs auf den Fuß- und Radverkehr zu verlagern. Insbesondere durch die positive Entwicklung der E-Bikes sind auch topografisch problematische Gebiete kein Hinderungsgrund mehr.

Radverkehr ist umwelt- und klimafreundlich. Am Marktplatz in der Altstadt ist eine Ladesäule mit zwei Anschlüssen für E-Bikes vorhanden.

3.2.8 Integriertes Städtebauliches Entwicklungskonzept – Zukunft Stadtgrün

In dem Konzept wird die städtebauliche Grundstruktur beschrieben. Der mittelalterliche Stadtkern ist durch seine Fachwerkbauweise geprägt. Homberg (Efze) ist Mitglied der Deutschen Fachwerkstraße und der Arbeitsgemeinschaft Deutsche Fachwerkstädte e.V. Im Rahmen der regelmäßigen stattfindenden Fachwerktriennale hat Homberg (Efze) 2012 und 2015 aktiv daran teilgenommen. Die Kernstadt steht in großen Bereichen unter Denkmalschutz.



Abbildung 12: Ausschnitt Schwarzplan – Quartier Altstadt (rote Umrandung)

Quelle: [8]

Der Ausschnitt der Altstadt im Schwarzplan der Abbildung 12 zeigt die bauliche Verdichtung in dem Quartier.

In Abbildung 13 ist für die Altstadt und die Kernstadt (Homberg ohne die Stadtteile) die Verteilung der Altersgruppen aufgetragen. Insbesondere in der Altersgruppe der 16 bis 24-Jährigen und 25 bis 39-Jährigen liegt in der Altstadt der Anteil höher und in der Gruppe der über 40-Jährigen der Anteil niedriger. Dies zeigt, dass die Altstadt mit einem Durchschnittsalter von 39,5 Jahren von der Altersstruktur auf dem richtigen Weg ist. Das geringe Durchschnittsalter in der Altstadt ergibt sich durch einen deutlich höheren Ausländeranteil. Hier muss für die Zukunft auf eine bleibende ausgewogene Bevölkerungsstruktur geachtet werden, auch um die zukünftige Investitionsbereitschaft in die Sanierung der vorhandenen Bausubstanz anzuregen.

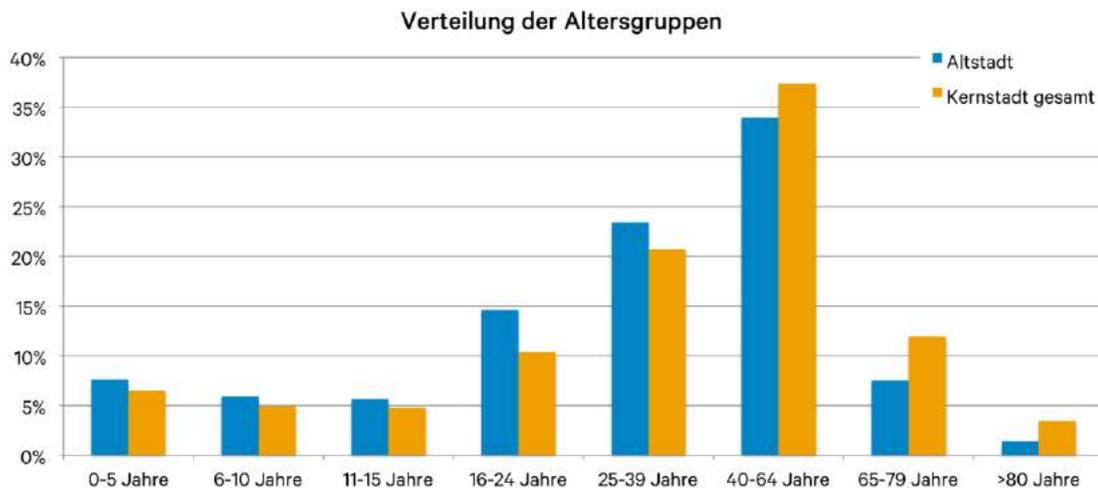


Abbildung 13: Altersverteilung in Homberg (Efze)

Quelle: [8]

Das Fördergebiet Zukunft Stadtgrün liegt nördlich des Quartiers Altstadt und umfasst den Burgberg, Stadtpark, Friedhof und Efzeauen.

3.2.9 Zusammenfassung – Informationen für das Quartierskonzept

Als Zusammenfassung aus den oben aufgeführten Studien / Konzepten der letzten Jahre lassen sich die folgenden Punkte aufzählen:

- Mittelalterliche Fachwerkstatt mit denkmalgeschützter Gebäudesubstanz.
- Höherer Bevölkerungsanteil mit jüngerer Altersstruktur und ausländischen Wurzeln.
- Hoher und weiterwachsender Leerstand bei Ladenlokalen und Wohnungen.
- Die mittelalterliche Gebäudesubstanz entspricht zum größten Teil nicht mehr den heutigen Anforderungen an die Energieeffizienz von Gebäuden und der technischen Gebäudeausstattung.
- Der Errichtung einer privaten Ladeinfrastruktur für private E-Fahrzeuge stehen aufgrund der verdichteten Bebauung größere Hemmnisse im Weg.
- Aufbau eines Car-Sharing-Angebots.
- Verbesserung der Infrastruktur für E-Bikes.
- Nutzung der vorhandenen Dachflächen für die Stromerzeugung durch Photovoltaik.
- Nahwärmeversorgung erhöht die Attraktivität für Investitionen in die Gebäudesubstanz.
- Seit dem Jahr 2018 ist ein Anstieg der Investitionen in die Bausubstanz in der Altstadt zu beobachten. Dieser Trend muss weiter unterstützt werden.

4 DAS QUARTIER ALTSTADT HOMBERG (EFZE)

4.1 Vorbemerkungen

Aufbauend auf den vorhandenen – in Kapitel 3.2.1 ff vorgestellten – Studien und Konzepten werden hier für das Quartier Altstadt konkrete Maßnahmen zum Thema Klimaschutz aufgestellt, diskutiert und empfohlen.

4.2 Die bestehende Bausubstanz im Quartier Altstadt

Das Quartier Altstadt wird durch die historische Stadtmauer begrenzt und hat eine Größe von 19,5 ha. Die Stadtmauer ist in der Örtlichkeit noch weiterstehend erkennbar. Die Entwicklung des Quartiers in den letzten Jahrzehnten / Jahrhunderten hat sich am Verlauf der Stadtmauer orientiert. Aus diesem Grund kann man heute das Quartier Altstadt sehr gut als eigene Funktionseinheit eingrenzen. In Abbildung 14 ist das Quartier Altstadt im Lageplan aufgeführt.

Die gesamte Altstadt innerhalb der Stadtmauer steht weitestgehend unter Denkmalschutz. Daher ist eine auf den Denkmalschutz angepasste energetische Sanierung des Quartieres wichtig.



Abbildung 14: Quartier Altstadt - Abgrenzung

Nach [2] gibt es in Homberg (Efze) in der Summe 3.636 Gebäude. Nach der Leerstandkartierung aus dem Jahr 2018 gibt es in der Altstadt 369 Gebäude. In dem hier betrachteten Quartier befinden sich damit 10 % der in Homberg (Efze) vorhandenen Gebäude.

Bezogen auf die jeweils nutzbaren Wohngeschosse bei den 369 aufgenommenen Gebäuden ist ein Leerstand von 11,5 % vorhanden. Bei insgesamt 21 Gebäuden wurde ein kompletter Leerstand vorgefunden. In 132 Gebäuden war / ist Gewerbe vorhanden und 317 Gebäude können zu Wohnzwecken genutzt werden. Die Gebäudestruktur zeigt somit eine aus dem Mittelalter geprägte Altstadt, welche zwar in den letzten Jahrzehnten an die heutigen Randbedingungen in Teilbereichen angepasst wurde, aber die Grundstrukturen immer noch zu erkennen sind. Die Ergebnisse der Umfrage sind in Tabelle 2 aufgeführt.

Beschreibung	Anzahl
Anzahl der Gebäude	369
Anzahl Wohngebäude	317
mit Gewerbe	132
mit Gastronomie	15
Gebäude mit Anzahl der Geschosse:	
- nur Erdgeschoss	9
- Erdgeschoss + 1 Obergeschoss	34
- Erdgeschoss + 2 Obergeschosse	164
- Erdgeschoss + 3 Obergeschosse	119
- Erdgeschoss + 4 Obergeschosse	31
- Erdgeschoss + 5 Obergeschosse	2
Gebäude mit Leerstand von:	
- Erdgeschoss	46
- 1. Obergeschoss	34
- 2. Obergeschoss	34
- 3. Obergeschoss	35
- Ganzes Gebäude	21

Tabelle 2: Ergebnis der Leerstandkartierung 2018

Quelle: Magistrat der Stadt Homberg (Efze)

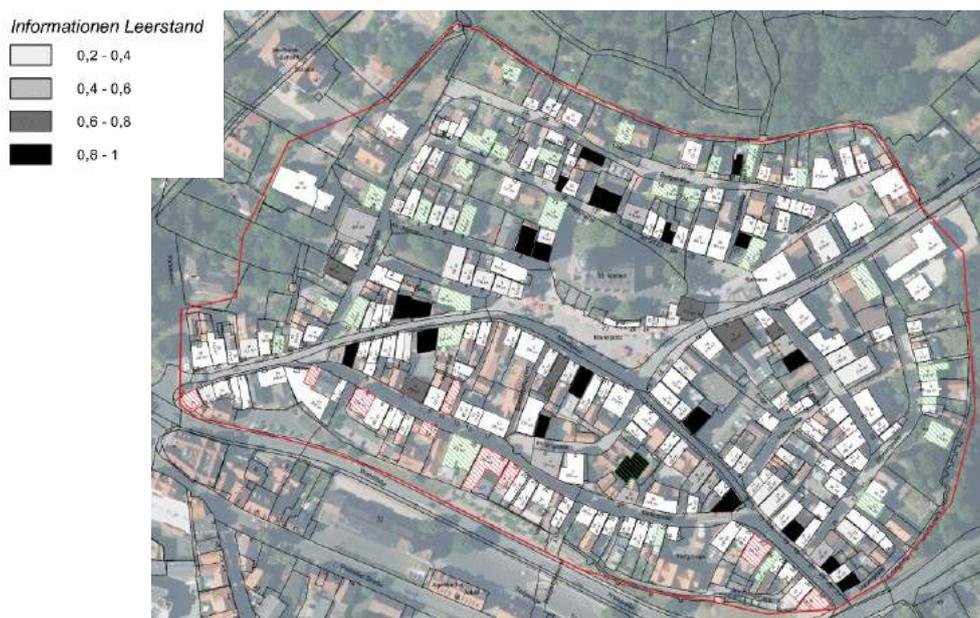


Abbildung 15: Leerstandkataster 2018 im Quartier Altstadt

Mit den nachfolgenden Bildern werden einige Gebäude in der Altstadt kurz vorgestellt.



Abbildung 16: Stadtkirche St. Marien



Abbildung 17: Ostseite vom Marktplatz mit Marktplatz 15, Löwen und Engel Apotheke

Die Stadtkirche St. Marien grenzt direkt an den Marktplatz. Sie ist das dominierende Gebäude in Homberg (Efze). Zwischen dem Marktplatz und der Stadtkirche befinden sich die Schirnen. Errichtet wurden sie im Mittelalter als Unterstand für die Marktbesicker. In den letzten Jahren wurde ein Teil der Schirnen saniert und seitdem gastronomisch genutzt und wird gut angenommen.

Auf der Ostseite des Marktplatzes befinden sich zwei Gebäude mit Apotheken. Die Löwen-Apotheke existiert dort noch bis Ende 2020 und zieht dann in das neue Einkaufszentrum. Die Engel-Apotheke wurde vor Jahren geschlossen und das Gebäude von der Stadt grundhaft saniert. Heute befindet sich dort das Hohenburg-Museum.

Im Bereich des Marktplatzes 15 wird ein multifunktionales Bildungszentrum errichtet. Für das Bildungszentrum werden zwei alte Fachwerkgebäude grundhaft saniert. Im Bereich eines Anbaus aus den 1960er Jahren wird ein Neubau errichtet.

Die Engel-Apotheke und die Gebäude des Marktplatzes 15 sollen im Jahr 2021 an den ersten Bauabschnitt des Nahwärmenetzes angeschlossen werden. Für den ersten Bauabschnitt des Nahwärmenetzes wird in einen bestehenden Lagerraum ein BHKW und ein Gaskessel eingebaut. Das BHKW und der Gaskessel sollen später in die geplante Heizzentrale vom Nahwärmenetz umgesetzt werden. Das BHKW wird dann dort für die Grundlastversorgung genutzt.



Abbildung 18: Kleinere Fachwerkgebäude nördlich der Stadtkirche

Im Rahmen der Stadtsanierung in den 1980er Jahren wurde im Bereich der Altstadt größtenteils die Mischwasserkanalisation und die Straßen erneuert. Für die historische Ansicht wurden die Straßen mit Kopfsteinpflaster befestigt.

Nördlich der Stadtkirche steigt das Gelände zum Schlossberg an. Die Straßen wurden entlang der Höhenlinien angelegt. Die einzelnen Grundstücke wurden an den vorhandenen Höhenunterschied des Geländes angepasst. Damit sind jedoch vorhandene Flächen hinter den Gebäuden von der jeweiligen Straße schlecht erreichbar.



Abbildung 19: Westseite des Markplatzes mit größeren Wohnhäusern

Auf der Westseite des Markplatzes sind größere Wohnhäuser vorhanden. Diese haben mehrere Wohneinheiten und teilweise im Erdgeschoss noch eine gewerbliche Nutzung.



Abbildung 20: Typisches kleineres Fachwerkhaus in der Untergasse

In der Untergasse war noch bis in die 1990er Jahre im größten Teil der Gebäude eine gewerbliche Nutzung vorhanden. Mit der Verlagerung der Einkaufsgewohnheiten in die außerhalb der Stadt liegenden Einkaufszentren reduzierte sich die gewerbliche Nutzung in der Untergasse. Da für die weitere Nutzung dieser Flächen keine Alternativen gefunden wurden, stieg der Leerstand in der Untergasse an. Zur Erhöhung der Attraktivität wurde in den 1990er Jahren die Infrastruktur und die Straße grundhaft erneuert. Dies konnte jedoch die Reduzierung der gewerblichen Nutzung nicht aufhalten.



Abbildung 21: Wohngebäude und Laden in der Untergasse mit erheblichen Sanierungsstau



Abbildung 22: Alte Brauerei in der Untergasse – Gebäude mit erheblichem Sanierungsstau

Bei vielen Fachwerkhäusern in Homberg gibt es zwischen den Gebäuden einen Zwischenraum. Dieser wurde früher als Zugang für die Flächen hinter den Häusern genutzt. Hier besteht zukünftig die Möglichkeit, über diesen Zwischenraum für die beiden Gebäude eine Außendämmung anzubringen.



Abbildung 23: Häufiger Zwischenraum zwischen zwei Fachwerkgebäuden

Das Foto in der nachfolgenden Abbildung 24 zeigt zwei Gebäude mit kombinierter Wohn- und gewerblichen Nutzung. Nach dem Wegfall der gewerblichen Nutzung wurde für die weitere Nutzung keine Alternative gefunden. Die Gebäude weisen einen erheblichen Sanierungsstau auf.



Abbildung 24: Wohngebäude mit Anbau für Handwerk mit erheblichem Sanierungsstau



Abbildung 25: Wohnhäuser mit erheblichem Sanierungsstau

Auch bei einigen Wohnhäusern mit mehreren Wohneinheiten wurden seit vielen Jahren keine Sanierungen der Gebäude mehr vorgenommen. Mit der Errichtung von Neubaugebieten hat die Attraktivität der wohnlichen Nutzung im Altstadtbereich abgenommen. Bedingt durch stagnierende Mieteinnahmen und die sinkende Attraktivität der Wohnlage reduzierten sich auch die Investitionen in die Sanierung der Gebäude.

4.3 Quartiersnutzung – historische Entwicklung

Historisch gesehen entwickelte sich innerhalb der Stadtmauer der Einzelhandel und das Handwerk über die letzten Jahrhunderte. Dabei wurde bei den meisten Gebäuden das Erdgeschoss gewerblich und die Obergeschosse zu Wohnzwecken genutzt. Soziale sowie Sport- und Freizeiteinrichtungen haben sich in der Neuzeit außerhalb des historischen Stadtkerns entwickelt. Ein gutes Beispiel dafür sind die beiden Schulen, die Theodor-Heus-Schule und die Hermann-Schafft-Schule. Die heutigen Gebäude wurden 1879 bzw. 1912 direkt außerhalb der damaligen Siedlungsgrenze errichtet.

Seit den 1960er Jahren haben sich um Homberg (Efze) die Neubaugebiete entwickelt. Anfänglich konzentrierte sich der Einzelhandel weiterhin auf die historische Altstadt. Ab den 1970er und 1980er Jahren wurden im Neubaugebiet Osterbach zusätzliche Einkaufsmöglichkeiten erschlossen. Mit dem Einkaufszentrum Osterbach verlagerten sich die Einkaufsgewohnheiten von der Altstadt weg zur grünen Wiese.

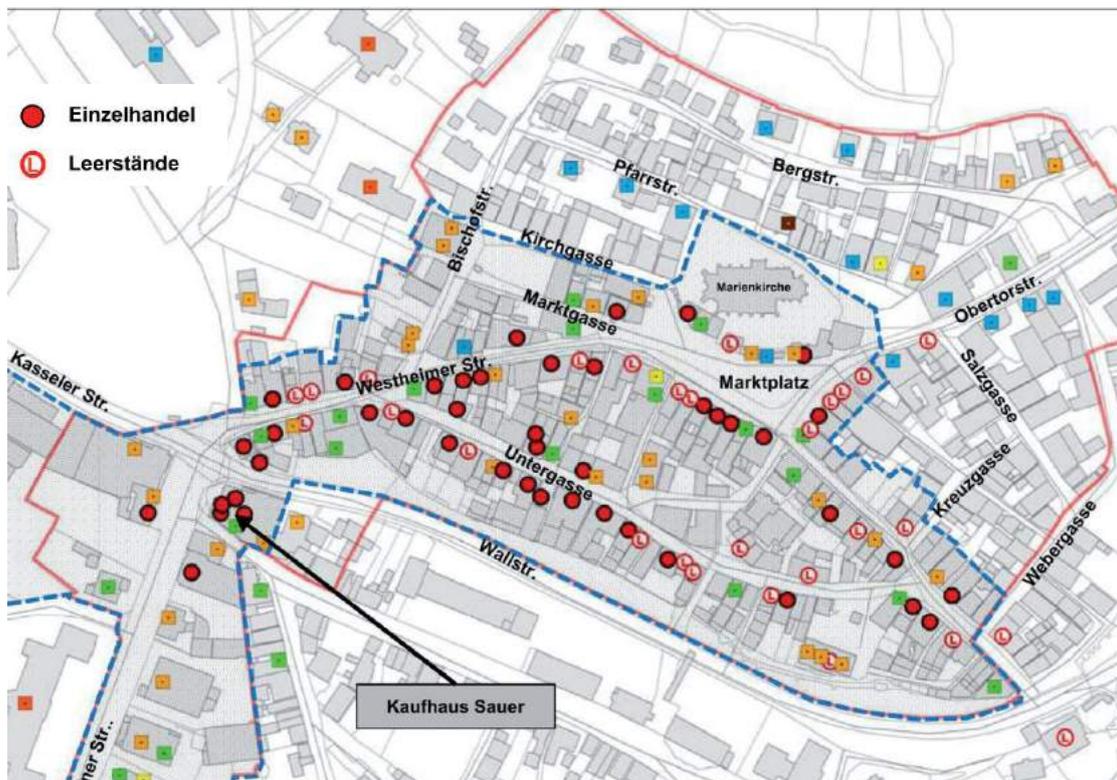


Abbildung 26: Einzelhandel in der Altstadt im Jahr 2015

Quelle: Entwicklungskonzept Kasseler Straße / Ziegenhainer Straße, 2016

In dem Entwicklungskonzept Kasseler Straße / Ziegenhainer Straße erfolgte für das Jahr 2015 eine Bestandsanalyse für den Einzelhandel in der Altstadt. In der Abbildung 26 ist der Lageplan aus diesem Entwicklungskonzept abgebildet. Der Bereich Westheimer Straße, Marktplatte, Holzhäuserstraße und Untergasse zeigt noch eine akzeptable Dichte an Einzelhändlern auf. In den letzten fünf Jahren jedoch hat sich die Anzahl der Einzelhändler in diesem Bereich fast halbiert.

Mit dem jetzt eröffneten Einkaufszentrum „Drehscheibe“ im Bereich der Kasseler Straße und Ziegenhainer Straße kann jedoch der Trend der letzten Jahre gebrochen werden. Dieser Bereich liegt aber außerhalb des hier betrachteten Quartiers.

Der zukünftige Trend für die Altstadt wird das Wohnen sein. Um diesen Trend zu unterstützen, wurde in den letzten Jahren in einem alten Scheunengebäude ein neuer Kindergarten eingerichtet. Wichtig ist daher, generell die Wohnqualität für die Altstadt zu verbessern, um damit auch an die steigende Einkaufsattraktivität (Nähe zum Quartier) durch das neue Einkaufszentrum anzuknüpfen.

4.4 Zieldefinition für die zukünftige Quartiersnutzung

Mit dem jetzt eröffneten Einkaufszentrum „Drehscheibe“ ergibt sich für das Quartier Altstadt die einmalige Gelegenheit, die wohnliche und gewerbliche Nutzung aufzuwerten.

Um das vorhandene Quartier Altstadt zukunftsfähig zu machen, werden die folgenden Ziele definiert:

- Sicherung der bestehenden Fachwerkgebäude,
- Sicherung des noch vorhandenen Einzelhandels,
- Reduzierung des Leerstands,
- Aufwertung der wohnlichen Nutzung,
- Umbau zur Klimaneutralität und
- Erhöhung der Attraktivität zum Kauf / Sanierung von Gebäuden.

Diese Zieldefinition ist Grundlage für die Aufstellung eines zukunftsfähigen **Energiekonzepts**. Hierbei muss der Wandel von den fossilen Energieträgern hin zu den erneuerbaren Energieträgern vollzogen werden. Hierbei muss aber der Fokus auf der bestehenden Bausubstanz liegen. Die weitere Nutzung der vorhandenen Fachwerkgebäude zu dennoch günstigen Konditionen muss möglich sein. Die Anschaffung und Sanierung der Gebäude müssen auch für die zukünftigen Generationen finanzierbar bleiben. Die vorhandene Gebäudesubstanz in dem Quartier steht im Wettbewerb mit Gebäuden aus den 1960er und 1970er Jahren der damaligen Neubaugebiete und den aktuellen Neubauten nach dem heutigen energetischen Standard. Der Charme des alten / historischen Fachwerkgebäudes muss dabei im Focus liegen. Die Zieldefinition / das Handlungskonzept muss daher an die besonderen örtlichen Randbedingungen angepasst werden.

In der Abbildung 27 ist der grobe Handlungszyklus aufgezeigt.



Abbildung 27: Handlungszyklus für das Quartier Altstadt

4.5 Handlungskonzept für das Quartier mit Hemmnissen

Aufbauend auf den in den letzten Jahren ausgearbeiteten Studien und Konzepten bezüglich Klimaschutz, Verkehrsentwicklung, Ökonomie und Ökologie werden für das Quartier Altstadt die folgenden vordringlichen **Maßnahmen** definiert:

- Einsatz von erneuerbaren Wärmeenergien
- Energetische Sanierung der bestehenden Gebäudesubstanz
- Erzeugung von erneuerbarem Strom durch PV-Anlagen auf den Dächern
- Reduzierung des Bestands an Personenkraftwagen
- Erhöhung des Anteils an Elektro-Fahrzeugen
- Erhöhung der Effizienz beim Stromverbrauch

Für die Erfüllung der oben definierten Maßnahmen ergeben sich die folgenden **Hemmnisse**:

- Der energetischen Sanierung der bestehenden Gebäudesubstanz ist durch die Historie der Gebäude, dem Denkmalschutz und der dafür notwendigen Investitionen Grenzen gesetzt.
- Der Einsatz von erneuerbaren Wärmeenergie wird in den folgenden Punkten behindert:
 - Bei der bestehenden Bausubstanz gibt es nur wenige / geeignete / trockene Lagerflächen/-räume für Pellets / Energieholz.
 - Die vorhandene Bausubstanz benötigt eine Energieerzeugung mit hohen Vorlauftemperaturen. Die für eine Wärmepumpe notwendigen Flächenheizungen und energetisch sanierte Gebäudeaußenhülle ist bei den meisten Häusern nicht vorhanden.
 - Für die Solarthermie sind die meisten Dachflächen – wegen der Ost-West-Ausrichtung – nicht geeignet. Auch hier werden die erforderlichen Vorlauftemperaturen für eine Unterstützung der Gebäudeheizung nicht erreicht.
- Der Errichtung von privaten Ladesäulen / Wallboxen sind durch die geringe Anzahl an privaten Stellplätzen / Stellplätzen, welche sich nicht direkt am Wohnhaus befinden, Grenzen gesetzt.
- Bei der Errichtung von PV-Anlagen auf den vorhandenen Dächern gibt es Hemmnisse durch:
 - Denkmalschutz
 - Ost-West-Ausrichtung der meisten Dächer
 - Kleingliedrige Struktur der Dächer mit kleinen Flächen, Dachfenstern und Dachgauben.

In dem Quartierskonzept für die Altstadt sollen daher Wege gefunden werden, um an die örtlichen Randbedingungen angepasst, eine möglichst zeitnahe Lösung zur Verbesserung der klimaneutralen Energieversorgung zu erreichen.

5 ENERGETISCHE GESAMTBILANZ DES QUARTIERS ALTSTADT

5.1 Vorbemerkungen

Über die energetische Gesamtbilanz des Quartiers Altstadt liegen nur wenige Informationen vor.

Von UNGER ingenieure wurde versucht, über den Energieversorger Daten für den Energieverbrauch zu erhalten. Aus Datenschutzgründen konnten keine gebäudebezogenen Daten übergeben werden. Die Daten für den Stromverbrauch wurden aus dem Jahresmittelwert der Versorgungszone ermittelt.

Als weitere Möglichkeit, Informationen über die energetische Gesamtbilanz zu erhalten, wurde eine Umfrage gestartet. Die Rückmeldung war jedoch nicht repräsentativ. Die Daten sind Stichproben, daher ist die weitere Bearbeitung mit größeren Unsicherheiten behaftet.

5.2 CO₂-Emission im Bestand

Auf der Basis der vorliegenden Informationen des Netzbetreibers – der kbg – und aus der Umfrage für die Gebäudeheizungen ergeben sich für das Quartier im Bereich der Energieversorgung durch **Strom** und **Heizenergie** die folgenden jährlichen CO₂-Emissionen:

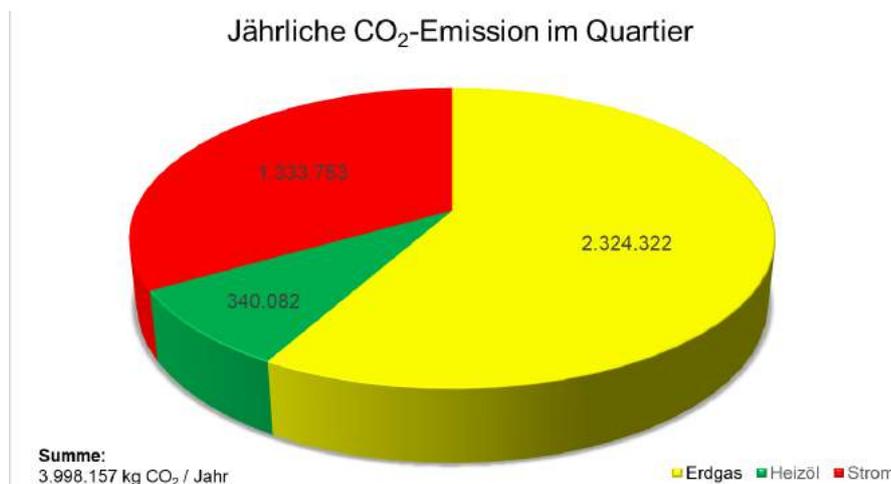


Abbildung 28: Jährliche CO₂-Emission im Quartier für Strom und Wärme
 Datenstand 2019

Für die Datenauswertung wurden die folgenden Eingangsdaten verwendet:

➤ Anzahl der Gebäude:	369 Stück
➤ Leerstand:	11,5 %
➤ Erdgasheizung:	81,9 %
➤ Heizölheizung:	9,1 %
➤ Erneuerbare Energie:	9,0 %
➤ Wärmeverbrauch – 50%-Wert:	103 ,0 kWh/m ² Jahr
➤ Mittlere Wohnfläche pro Gebäude:	459 m ²
➤ Heizöl – leicht:	0,266 kg CO ₂ /kWh ³
➤ Erdgas:	0,202 kg CO ₂ /kWh ³
➤ Anzahl der Stromzähler:	704 Stück
➤ Mittlerer Stromverbrauch pro Zähler:	3.528 kWh/Jahr
➤ Strom-Inland:	0,537 kg CO ₂ /kWh ³

Auf die Emissionsangaben aus dem **Verkehr** wird hier verzichtet und auf das Integriertes Klimaschutzkonzept für die Kreisstadt Homburg (Efze) [2] verwiesen. Das Quartier kann beim Verkehr nicht losgelöst von der Kernstadt betrachtet werden.

5.3 Die Energieträger der Zukunft

In der aktuellen Studie des Fraunhofer Institutes für Solare Energiesysteme ISE [19] werden die Möglichkeiten für zukünftige klimaneutrale Energiesysteme in Deutschland mit verschiedenen Varianten vorgestellt.

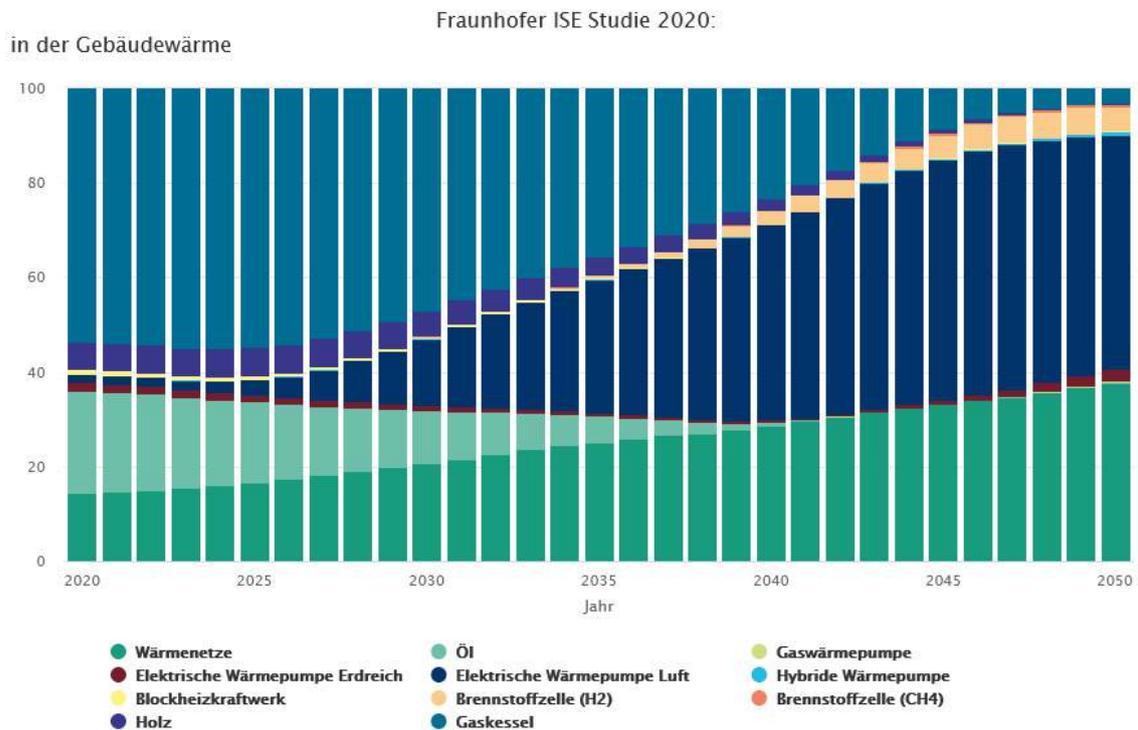
In Abbildung 29 ist als Ganglinie über den Zeitraum von 2020 bis 2050 die jeweiligen Anteile der verschiedenen Gebäudeheizungen in Deutschland dargestellt. Liegen im Jahr 2020 noch die Anteile bei der Erzeugung der Gebäudewärme bei Gas bei etwa 55 % und beim Heizöl bei etwa 20 %, so sollte der Anteil auf etwa 0 % für Heizöl bis 2040 und für Gas bis 2050 sinken.

Die dominierende Quelle für die Gebäudeheizung wird 2050 bei der elektrischen Luft-Wasser-Wärmepumpe mit 50 % und der Wärmenetze bei etwa 40 % liegen. Die verbleibenden 10 % teilen sich im Wesentlichen auf in Brennstoffzelle, elektrische Wasser-Wasser-Wärmepumpe und einen restlichen Anteil an Gaskesseln.

Bei den Wärmenetzen wird als Energieträger geothermische Energie, KWK-Anlagen, elektrische Großwärmepumpen oder solarthermische Kollektoren genannt.

Alle hier aufgezählten Gebäudeheizungen im Jahr 2050 haben als wesentlichen Energieträger Strom. Dieser muss dann zu 100 % aus regenerativen Quellen stammen, um die gesteckten Ziele erreichen zu können.

³ BaFa-Merkblatt – Stand: 01.01.2019



Energy-Charts.info; Datenquelle: Fraunhofer ISE; Letztes Update: 29.07.2020, 12:58 MESZ

Abbildung 29: Ganglinie der Heizungstechnologien in der Gebäudeheizung

Ergänzend zu der Gebäudeheizung wird der Straßenverkehr in den nächsten Jahren einen Anstieg des Elektrifizierungsgrades erfahren. Nach [19] wird er 2030 zunächst zwischen 10 bis 18 % und 2050 im Bereich von 90 % liegen. Auch hier muss der Strom zu 100 % aus regenerativen Quellen stammen.

Im Jahr 2018 lag der **Endenergieverbrauch** nach den Sektoren in Deutschland bei:

➤ Industrie:	736	TWh/Jahr
➤ Verkehr:	751	TWh/Jahr
➤ Haushalte:	636	TWh/Jahr
➤ <u>Gewerbe, Handel und Dienstleistungen:</u>	<u>375</u>	<u>TWh/Jahr</u>
➤ Summe:	2.498	TWh/Jahr

Die **Nettoproduktion von erneuerbarem Strom** im Jahr 2020 lag bei:

➤ Windenergie:	131,9	TWh/Jahr
➤ Solarenergie:	51,4	TWh/Jahr
➤ Biomasse:	45,5	TWh/Jahr
➤ <u>Wasserkraft:</u>	<u>18,3</u>	<u>TWh/Jahr</u>
➤ Summe:	247,1	TWh/Jahr

Der Vergleich des vorhandenen Endenergieverbrauchs von 2.498 TWh/Jahr und die aktuelle Erzeugung von erneuerbarem Strom von 247,1 TWh/Jahr zeigt, dass wir mit der erneuerbaren Stromproduktion bei etwa 10 % des jährlichen Endenergieverbrauchs liegen. Wenn bis zum Jahr 2050 der größte Bereich der Endenergie aus erneuerbarem Strom kommen soll, dann muss in die Anlagen der erneuerbaren Stromgewinnung, die Stromübertragungsnetze und die Stromspeicherung in den nächsten Jahren sehr viel investiert werden.

Auch eine energetische Sanierung der Bestandsgebäude kann die große Differenz zwischen der bestehenden Gewinnung von erneuerbarem Strom und dem vorhandenen Endenergieverbrauch nur geringfügig reduzieren. Dies bedeutet jedoch nicht, dass man die Gebäudesanierung vernachlässigen sollte.

Für das Quartierskonzept Altstadt ergeben sich die folgenden Möglichkeiten:

- Stromerzeugung durch Photovoltaik auf den bestehenden Dachflächen:
 - Mit der Kombination von Elektro Speichern (stationär oder über E-Fahrzeugen) kann damit der Strombedarf der Haushalte teilweise gedeckt werden.
 - Deckung des zusätzlichen Strombedarfs für die zukünftige E-Mobilität.
 - Diese Stromgewinnung ist nicht für die Gebäudeheizung geeignet, da der Lastfall Wärme zeitlich nicht mit der solaren Stromgewinnung zusammenfällt.
 - Strom ist im Vergleich zu Wärme eine höherwertige Energieform und sollte daher zielgerichtet eingesetzt werden.
- Nahwärmenetz für die Gebäudewärme und Brauchwassererwärmung. Wichtig ist dabei eine Energiequelle aus erneuerbaren Energie und hoher Vorlauftemperatur für die bestehenden Gebäude.
- Nahwärmenetz mit den folgenden Energiequellen und Randbedingungen:
 - Heizung mit Biomasseverbrennung wie z.B. Pellets oder Holzhackschnitzel.
 - Holz als Energieträger ist ein Nischenprodukt. Es gibt nicht genügend Holz für die Energieversorgung aller Gebäudeheizungen in Deutschland.
 - Für den ländlichen Raum Homberg (Efze) mit seiner walddreichen Region ist jedoch der Einsatz von Energieholz als regionaler Energieträger ein Standortvorteil. Kurze Transportwege, die Wertschöpfung in der Region und der regionale Bezug sind dabei von großer Bedeutung.
 - Alternativ zur regenerativen Biomasseverbrennung könnte auch regenerativer Strom in Kombination mit Geothermie und Großwärmepumpe zum Einsatz kommen.
 - Da in den nächsten Jahren die Elektromobilität stark ausgebaut wird, werden die vorhandenen Stromnetze stark ausgelastet und die Nachfrage nach regenerativen Strom stark ansteigen. Für den Ausbau einer dezentralen Geothermie mit Wärmepumpen wäre eine elektrische Leistung von ca. 1.700.000 kWh/a erforderlich. Diese Leistung in Kombination mit den zukünftig erforderlichen Leistungen für die Elektromobilität würde das vorhandene Stromnetz stark belasten.
 - Wärmepumpen können am energieeffizientesten bei Vorlauftemperaturen im Bereich von 50 bis 60°C laufen. Technisch können Wärmepumpen eine Vorlauftemperatur bis 75°C erreichen, laufen dann aber unwirtschaftlicher. Für die meisten Häuser der bestehenden Bausubstanz im Quartier wird aufgrund der Ausstattung der Gebäudeheizung und der Energiekennwerte der Gebäudeaußenhülle eine hohe Vorlauftemperatur an kalten Wintertagen bis 90°C benötigt. Bei einem Einsatz einer Wärmepumpe müsste daher eine zusätzliche Wärmeenergie für die höheren Vorlauftemperaturen eingebracht werden.
- Dezentrale Wärmepumpen mit Geothermie. Hierfür müssten im Straßenraum für eine Gruppe von Häusern jeweils eine geothermische Bohrung niedergebracht werden. Eine Tiefe zwischen 150 bis 200 m wäre

sinnvoll. Die Wärmepumpen würden dann in den einzelnen Häusern aufgestellt. Der Eingriff in den Straßenraum für die Bohrungen wäre erheblich. Das Problem der Vorlauftemperatur besteht auch bei dieser Lösung.

- Bei den einzelnen Schritten der Sanierung eines alten Fachwerkhäuses ist bezüglich der Klimaschutzziele als erster Schritt der Einsatz von Heizenergie aus erneuerbaren Quellen sinnvoll. Bei einer ausreichenden Vorlauftemperatur und einer vorhandenen Zentralheizung (85 % haben eine Zentralheizung) ist für eine externe Heizenergieversorgung durch ein Nahwärmenetz die geringste Investition für den Hauseigentümer erforderlich. Für eine energetische Sanierung der Bausubstanz sind jedoch Investitionen erforderlich, die oft in der Größenordnung eines Neubaus liegen. Bezüglich der zeitlichen Umsetzung für die Erreichung der Klimaziele ist daher zunächst die Umstellung der Heizenergie auf eine erneuerbare Quelle vor der energetischen Sanierung der Bausubstanz sinnvoll.

Für **Gebäude Neubauten** mit einem energetischen Stand nach GEG⁴ (früher: EnEV) und besser ist aufgrund der geringen Heizlast, der Möglichkeit Flächenheizungen einzubauen und der erforderlichen, damit verbundenen geringen Vorlauftemperatur die Nutzung einer Luft-Wasser-Wärmepumpe eine wirtschaftliche Lösung. Mit der Erhöhung des Anteils im Strom aus erneuerbarer Energie verbessert sich damit über die Jahre die Klimabelastung dieser Heizungsart automatisch. Das System der Wärmepumpe hat zusätzlich den Vorteil, dass nur etwa 1/3 der benötigten Heizenergie über Strom abgedeckt werden muss. Die verbleibenden 2/3 werden der Umgebungsluft entzogen.

Im Quartier Altstadt ist es jedoch nicht zielführend, alte Bausubstanz durch Neubauten zu ersetzen. Damit muss die Erzeugung der Gebäudewärme auf die vorhandene Bausubstanz angepasst werden.

5.4 Der Energieträger Holz - Energieholz aus der Region

Deutschland ist ein sehr waldreiches Land. Die Wälder in Deutschland haben einen Flächenanteil von 32 %. Regelmäßig wird der Waldzustand der Länder und der Bundesregierung analysiert und dokumentiert. Aus dem Waldbericht der Bundesregierung 2017 [14] ergeben sich die folgenden Informationen:

- Im Zeitraum 2002 bis 2012 wurden durchschnittlich 76 Mio. m³ Rohholz pro Jahr genutzt.
- Der Holzvorrat ist in dem Zeitraum um 7,0 % gestiegen.
- Die Fichtenbestände haben um 15,0 % abgenommen. Dies ist eine Folge der forstpolitischen Umsetzung mehr Laubbäume anzupflanzen.
- Nach [15] beträgt die Holzentnahme aus den Wäldern 2012 bis 2017 etwa 76 % des Holzzuwachses. In der Abbildung 30 ist für die einzelnen Baumarten in Deutschland die jeweilige Bilanz aufgetragen.
- Deutschland ist nach China und den USA der größte Exporteur von Holz und Holzprodukten.
- Die Auswirkungen der letzten extrem trockenen Jahre sind jedoch noch nicht in den Waldbericht eingeflossen.

⁴ GEG: Gebäudeenergiegesetz – löste seit dem 01.11.2020 die EnEV ab

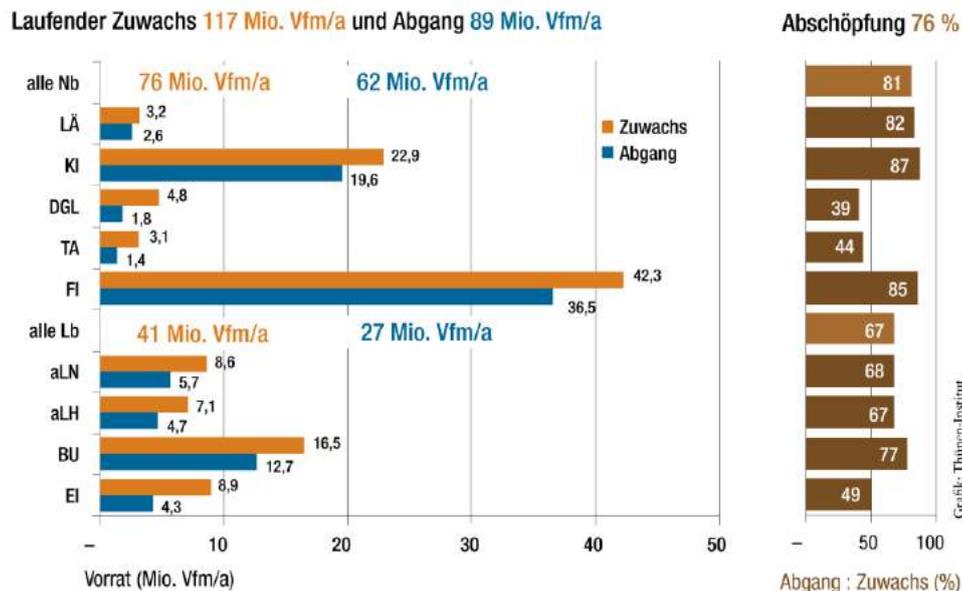


Abbildung 30: 2012 – 2017: Zuwachs und Abgang nach Baumarten
 Quelle: [15]

Hessen zählt vom Flächenanteil neben Rheinland-Pfalz mit zu den walddreichsten Bundesländern in Deutschland. Homberg (Efze) mit seiner Region zählt zu dem Wuchsgebiet Nordost- und Hessisches Bergland (siehe Abbildung 31). Die Waldfläche in dem Wuchsgebiet beträgt 136.500 ha. Der Waldanteil an der Gesamtfläche liegt bei 45 %. Der Holzvorrat beträgt 286 Vfm⁵/ha und der Zuwachs liegt bei 8,2 Vfm/ha. Der Baumbestand besteht aus 10 % Eichen, 36 % Buchen, 33 % Fichten und 21 % Kiefern.



Abbildung 31: Wuchsgebiet Nordost- und Hessisches Bergland
 Quelle: Wald- und Wuchsgebiete in Hessen, Land Hessen

⁵ Vorratsfestmeter: Stehender Baum – Holzdurchmesser > 7 cm mit Rinde = Derbholz

Als Energieträger für die Energieerzeugung des Nahwärmenetzes im Quartier Altstadt werden für die Studie als Energieträger Holzhackschnitzel gewählt. Die Auswahl begründet sich wie folgt:

- Bei den Holzbrennstoffen sind die Holzhackschnitzel der wirtschaftlichste Energieträger.
- Holzhackschnitzel sind ein regenerativer Energieträger.
- Homberg (Efze) hat eine Gemarkungsfläche von 9.999 ha und einen Waldanteil von 21 %. Damit beträgt die Waldfläche in Homberg (Efze) 2.100 ha. Die Nachbargemeinde Knüllwald hat eine Waldfläche von 6.000 ha. In der Summe ist dies in der **Region** eine Waldfläche von 8.100 ha.-
- Bei einer Holzhackschnitzelheizung für das Quartier wäre bei einem Anschlussgrad von 62 % der Gebäude eine Holzmenge von etwa 2.034 t/Jahr erforderlich. Bei einem Zuwachs am Holzvorrat von 8,2 Vfm/ha nach [12] im Wuchsgebiet Nordost- und Hessisches Bergland und einem nach dem Baumbestand im Wuchsgebiet gewichteten Nichtderbholzanteil nach [16] von 21,8 % wäre eine **Waldfläche von etwa 4.200 ha** erforderlich, um die Heizzentrale mit Energieholz zu versorgen. Zur Veranschaulichung stünde in der Gemarkung von Homberg (Efze) und Knüllwald mit 8.100 ha eine fast doppelt so große Fläche zur Verfügung. Das Wuchsgebiet Nordost- und Hessisches Bergland hat eine Waldfläche von 136.500 ha [12].
- Homberg (Efze) gehört zum **ländlichen Raum** mit großen Waldflächen. Dieser Standortvorteil gegenüber den Ballungsräumen sollte genutzt werden und damit der regionale Energieträger Holz zum Einsatz kommen.
- Mit der Nutzung von regionalem Energieholz bleibt die **Wertschöpfung** in der Region. Bezogen auf das heutige Energiepreisniveau bliebe beim Einsatz von Holzhackschnitzeln ein Wert von ca. 178.000 € für den Holzeinkauf in der Region.
- Die Stadt Homberg ist im Besitz von Waldflächen und zuständig für die landschaftlichen Pflegearbeiten in der Gemarkung. Der dort anfallende Heckenschnitt / Holzschnitt kann zu Holzhackschnitzeln verarbeitet werden.
- In Abbildung 32 ist von 1987 bis 2015 die Entwicklung der stofflichen und energetischen Holzverwendung in Deutschland grafisch aufgetragen. Die energetische Verwertung hat seit dem Jahr 1995 kontinuierlich zugenommen und stagniert seit dem Jahr 2010. Bei der energetischen Verwertung werden zahlreiche Reststoffe und Nebenprodukte aus der Holzverarbeitung genutzt. Dieser Anteil liegt bei ca. 58 % an der gesamten energetischen Holznutzung.
- Besonders stark haben sich in Deutschland die **Hackschnitzel** entwickelt. Diese werden direkt aus Waldholz oder Waldholzresten erzeugt. Der Import an Hackschnitzeln lag 2015 bei nur 5 %. Für die Energieerzeugung in Feuerungsanlagen wurden 2015 etwa 5 Mio. m³ Hackschnitzel in Deutschland jährlich verwendet.
- Die zukünftige **Rohstoffverfügbarkeit** von Holz ist **begrenzt**. Die energetische Holznutzung ist daher nur dann eine klimaschonende Alternative, wenn das Holz aus nachhaltiger und legaler Forstwirtschaft stammt und der Wald als CO₂-Senke erhalten bleibt. Durch die Nutzung von regionalem Energieholz besteht eine räumliche Nähe und damit können die Wuchsgebiete auch regelmäßig durch eine Begehung inspiziert werden.
- Holzenergie ist eine Ergänzung zur erneuerbaren Energieerzeugung aus Wind und Sonne.

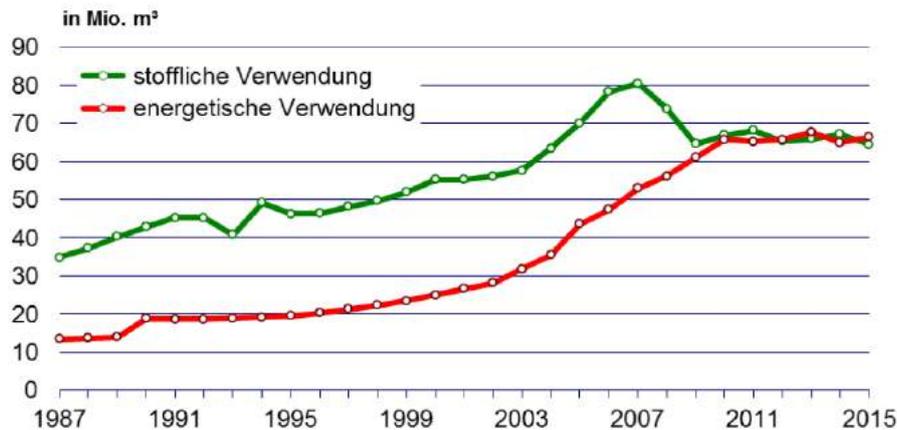


Abbildung 32: Entwicklung der stofflichen und energetischen Holzverwendung
 Quelle: [14]

Nach [10] werden bei der reinen stofflichen Holznutzung Stammholz- und Industrieholzsortimente zur stofflichen Verwertung produziert. Das verbleibende sogenannte „Schlagabraum“ als technisch ungenutztes Waldrestholz kann der energetischen Nutzung zugeführt werden. In der Abbildung 33 ist schematisch die Bezeichnung der Holzarten und die Holznutzung dargestellt [16]. Die Abbildung I stellt dabei die thermische Verwertung aus Schwachholz und die Abbildung II die thermische Verwertung aus Waldrestholz dar. Der Anteil des Energieholzes kann je nach Holznutzung und Holzqualität schwanken.

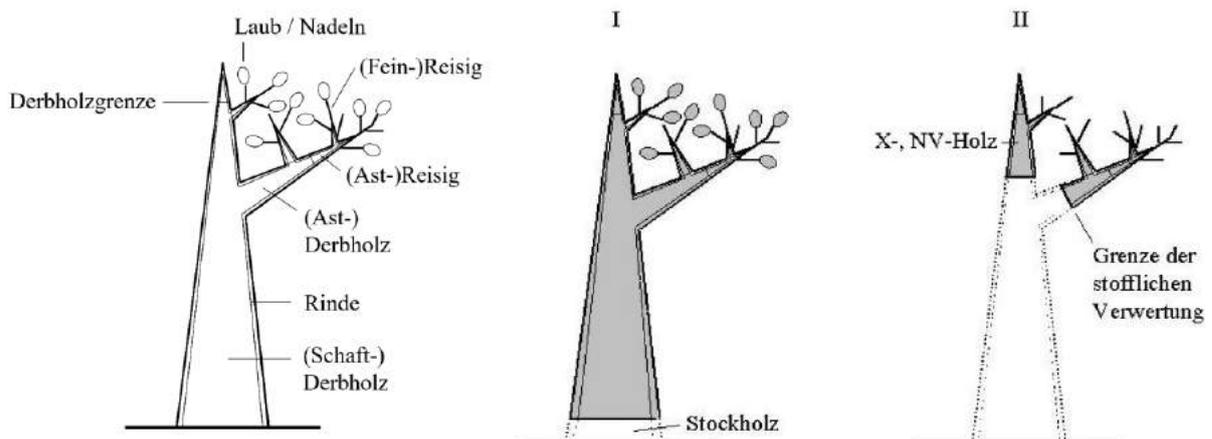


Abbildung 33: Schematische Darstellung der möglichen Holznutzung
 Quelle: [16]

Zusätzlich können nach [16] Holzhackschnitzel aus den folgenden Bereichen gewonnen werden:

- Straßenbegleitholz
- Stromtrassenauftrieb
- Eingriffe in junge Nadelholzbestände
- Schnellwachsendes Plantagenholz

Die **Nährstoffnachhaltigkeit** spielt bei der Verwendung von Holz eine immer größere Rolle [10]. Das Nichtderbholz ⁶ hat dabei einen hohen Anteil der Biomasse eines Baumbestands.

Oberirdische Biomasse [t_{atro}/ha]		Unterirdische Biomasse [t_{atro}/ha]	
Derbholz (inkl. Rinde)	63,68	Grobwurzeln (> 2 mm ø)	21,49
Nichtderbholz (inkl. Feinreisig und Nadeln)	41,81	Feinwurzeln (< 2 mm ø)	1,17
Gesamt	105,49	Gesamt	22,66
SUMME	128,15 t_{atro}/ha		

Tabelle 3: Baumbestand: Gesamte oberirdische und unterirdische Biomasse

Quelle: [10]

Bezogen auf die Trockenmasse haben die Blätter / Nadeln und Äste / Reisig einen deutlich höheren Nährstoffanteil als das Derbholz. Mit dem Derbholz / Nichtderbholz werden über die Entnahme der Biomasse die folgenden Nährstoffanteile entnommen:

	Derbholz	Nichtderbholz
➤ Stickstoff:	10,0 %	17,0 %
➤ Phosphor:	10,7 %	16,2 %
➤ Kalium:	11,5 %	13,6 %
➤ Kalzium:	12,5 %	11,0 %
➤ Magnesium:	11,7 %	10,2 %

Bei Stickstoff, Phosphor und Kalium liegt der Anteil beim Nichtderbholz höher als bei Kalzium und Magnesium.

Bei Hessenforst wird die Nichtderbholzentnahme durch die vorgenommene Zertifizierung zukünftig beschränkt. Nach den Vorgaben der Zertifizierung nach FSC Standard [17] wird gefordert, dass das Nichtderbholz in der Regel im Wald verbleiben soll. Die Nutzung von Nichtderbholz ist auf die Nutzung aus einem Gassenauftrieb, Verkehrssicherungsmaßnahmen, Böschungspflege, Stromleitungstrassen, Lichtraumprofile und Waldschutzmaßnahmen beschränkt.

Begründet werden die Maßnahmen bei der Nichtderbholznutzung in erster Linie mit dem Einfluss auf den Nährstoffkreislauf. Insbesondere bei nährstoffarmen Standorten ist die Nichtderbholznutzung nach dem Zertifizierungsstandard untersagt. Bei Standorten mit einer mittleren und guten Nährstoffversorgung wird die Nichtderbholznutzung alle 10 Jahre erlaubt.

Für eine Rückführung der Asche als Dünger in den Wald [18] gibt es rechtliche, aber auch ökologische Bedenken. Die Asche ist rechtlich zunächst Abfall. Durch die oxidierte Form der Nährstoffe in der Asche hat diese einen hohen pH-Wert. Schnelle pH-Änderungen haben einen negativen Einfluss auf die Bodenlebewesen.

⁶ Nichtderbholz: Oberirdische Holzmasse bis 7,0 cm Durchmesser mit Rinde
 Derbholz: Oberirdische Holzmasse ab 7,0 cm Durchmesser mit Rinde

Aus diesem Grund darf die Rohasche nicht direkt verwendet werden und müsste vor einer Ausbringung z. B. mit gemahlenem Dolomit aufbereitet werden. Die Entsorgung der Asche als Abfall ist jedoch aktuell noch günstiger als die Aufbereitung zu einem Düngemittel. Hier sollten aber die Ziele der Kreislaufwirtschaft weiterverfolgt und verbessert werden.

Bei der Entastung des Hackholzes reduziert sich zwar bei einer Fallstudie [10] die Hackschnitzelmenge von 47 Sm⁷/ha mit Entastung, auf 26 Sm⁷/ha ohne Entastung, jedoch war die Hackschnitzelqualität durch den niedrigeren Grünanteil der Entastung höher. Damit konnte der Nährstoffentzug reduziert werden. Durch die höhere Hackschnitzelqualität reduzierte sich der Umsatz nur geringfügig.

An dieser Stelle steht der Gewinnung von Energieholz für erneuerbare Energie dem aktuellen Ziel der Waldbewirtschaftung gegenüber. Die stoffliche Holznutzung hat dabei vor der energetischen Holznutzung eine größere Priorität. Dies sollte jedoch von Fall zu Fall überdacht werden.

5.5 Energetisches Gesamtkonzept für das Quartier Altstadt

Als energetisches Gesamtkonzept für den Klimaschutz für das Quartier Altstadt werden die folgenden Maßnahmen empfohlen:

- PV-Anlagen auf den Dächern der vorhandenen Bausubstanz für die Erzeugung von erneuerbarem Strom. In Kombination mit stationären Stromspeicher und E-Autos kann so diese erzeugte Strommenge auch im Quartier genutzt werden. Die Anlagen wären Privatanlagen auf privaten Dächern. Ggf. könnten auch Dächer vermietet werden. Für die Beratung der Bürger wird die in [2] empfohlene Einrichtung eines Klimaschutzmanagements durch die Stadt empfohlen. Für die Unterbringung des Klimaschutzmanagements könnte z. B. im Quartier ein altes Fachwerkhaus saniert werden. Dies wäre dann auch ein praktisches Beispiel für die Bürger.
- Schaffung von privat nutzbaren Ladesäulen für die E-Autos der Anwohner. Bei fehlenden privaten und wohnortnahen Stellflächen könnten die privaten Ladesäulen im öffentlichen Raum aufgestellt werden. Die Stadt könnte dafür eine unkomplizierte Nutzung des öffentlichen Raums gestatten. Die Planung und Aufstellung der Ladesäulen müsste durch eine Hand erfolgen (z. B. kbg), um die Synergieeffekte besser ausnutzen zu können.
- Errichtung eines Nahwärmenetzes mit einem Energieträger aus erneuerbaren Energie. Energieerzeugung mit einer Kesselanlage für Holz hackschnitzel und einer KWK-Anlage (Gas-BHKW) für die Jahresgrundlast (Brauchwassererwärmung) und zur Stromerzeugung. Das Nahwärmenetz muss auf den Gebäudebestand ausgelegt werden. Die vorhandene Gebäudesubstanz benötigt durch die schlechte Wärmedämmung der Außenhaut und wegen der vorhandenen Heizungstechnik eine größere Vorlauftemperatur. Erfahrungsgemäß sind bei sehr kalten Wintertagen Vorlauftemperaturen bis zu 90°C erforderlich.
- Nach einer energetischen Gebäudesanierung werden diese hohen Vorlauftemperaturen bei diesen Häusern meistens nicht mehr benötigt. Die Vorlauftemperatur kann dann an den Gebäudebestand angepasst werden. Mit der fortschreitenden energetischen Gebäudesanierung im Quartier werden Kapazitäten im

⁷ Sm: Schüttraummeter: 1m³ geschüttetes Holz – bei WG 30%: Fichte 220 und Buche 320 kg Holz/m³

Nahwärmenetz frei, um zusätzliche Gebäude – die bei der Auslegung vom Nahwärmenetz nicht berücksichtigt wurden – zu einem späteren Zeitpunkt doch noch anschließen zu können.

- Holz als regionaler Energieträger. Aufbau einer Bewirtschaftungsstruktur mit dem Waldbesitzer als Lieferanten, der Logistik für Lagerung und Transport, dem Betrieb der Heizzentrale mit dem Nahwärmenetz und dem Aufbau eines Stoffkreislaufs für die Nährstoffversorgung der Waldregionen.
- Die Gebäudeheizung gehört mit zu den kritischen Infrastrukturen, insbesondere als Nahwärmekonzept. Bei einem Ausfall des Nahwärmenetzes / der Heizzentrale fällt die Gebäudeheizung für ein ganzes Quartier aus. Daher muss über die Möglichkeiten zur Verbesserung der Verfügbarkeit nachgedacht werden. Wie in Kapitel 5.3 erläutert soll bis zum Jahr 2050 fast die gesamte Erzeugung von Gebäudewärme auf den Energieträger Strom umgestellt werden. Dies bringt auch neue Abhängigkeiten mit sich. Bei einem überregionalen Stromausfall – Blackout – fallen auch in dem betroffenen Versorgungsgebiet alle Gebäudeheizungen aus. Insbesondere in den Wintermonaten ist dies kritisch. Eine Notstromversorgung für das betroffene Gebiet ist aufgrund der erforderlichen Kapazität für das Notstromaggregat nicht möglich. Bei einer Heizzentrale mit Holzhackschnitzel als Energieträger fällt bei einem Stromausfall nur die Hilfsenergie für die Pumpen, E-Motoren und Steuerung aus. Die Heizzentrale hat Stromverbraucher mit einer Anschlussleistung von etwa 50 kW. Das dann vorhandene BHKW hat eine elektrische Leistung von 50 kW und könnte für einen Inselbetrieb ausgelegt werden. Bei einer intakten Gasversorgung könnte man damit den erforderlichen Notstrom erzeugen. Ggf. könnte das BHKW auch über Flüssiggas betrieben werden. Der auf der Kläranlage vorhandene Flüssiggastank könnte in einem Notfall zur Heizzentrale transportiert werden. Als zusätzliche Maßnahme gibt es auch die Möglichkeit der Anschaffung eines mobilen Notstromaggregates. Mit Holzhackschnitzel als Energieträger besteht eine höhere Verfügbarkeit der Infrastruktur für die Gebäudewärme bei einem Stromausfall bzw. kann mit einem geringeren finanziellen Aufwand verbessert werden.
- Energetische Sanierung der vorhandenen Bausubstanz im Quartier. Auch hier könnte eine Beratung der Bürger durch das Klimaschutzmanagement erfolgen.
- Verbesserung der Energieeffizienz von technischen Geräten und Beleuchtung in den Haushalten, der Verwaltung und im öffentlichen Raum. Auch hier könnte eine Beratung der Bürger durch das Klimaschutzmanagement erfolgen. Für die vorhandenen Laternen im Quartier müsste ein passender LED-Einbausatz gefunden und eingebaut werden.
- Durch das neue Einkaufszentrum „Drehscheibe“ ist eine altstadtnahe Einkaufsmöglichkeit geschaffen worden, welche fußläufig bzw. mit dem Rad erreicht werden kann. Die notwendigen Wege für die Fußgänger und Radfahrer müssen angelegt werden.

6 ENERGETISCHE GEBÄUDESANIERUNG

6.1 Vorbemerkungen

Wie schon in Kapitel 4 erläutert stammen die meisten Gebäude im Quartier noch aus dem Mittelalter. Zwar wurden in den letzten Jahrzehnten an einigen Gebäuden schon Sanierungen vorgenommen, jedoch besteht zwischen den bestehenden energetischen Kenndaten und den Anforderungen an einen heutigen Neubau erhebliche Differenzen.

Aus den Gründen des Denkmalschutzes und dem mittelalterlichen Charakter der Altstadt können die vorhandenen Gebäude nicht immer mit privaten Investitionsmitteln auf den heutigen Stand der Technik gebracht werden. Dieser Standortnachteil für die Hausbesitzer muss durch geeignete Maßnahmen reduziert werden, um die Attraktivität für das Quartier zu verbessern. Nur so hat das Quartier Altstadt trotz steigender Klimaschutzanforderungen eine Zukunft.

6.2 Umfrage

In den Jahren 2018 / 2019 wurde im Altstadtgebiet eine Umfrage bei den privaten und gewerblichen Hausbesitzern gestartet. Die Beantwortung der Fragebögen konnte anonym durchgeführt werden.

Nach der Liegenschaftskarte gibt es in dem Planungsraum etwa 248 Gebäude. Von den Hausbesitzern gab es 60, von den Mietern 33 und vom Gewerbe 11 Rückmeldungen.

Ergänzend wurden vom regionalen Gasversorger anonymisierte Verbrauchszahlen ausgewertet. Hier konnten weitere 83 Gebäude bei der Auswertung berücksichtigt werden. In der Summe konnte von den insgesamt 248 Gebäuden von 109 Gebäuden der spezifische Jahresverbrauch pro m² Wohnfläche ermittelt werden.

Die Auswertung der Fragebögen und die Auswertung der Gasverbrauchszahlen des Gasversorgers haben eine gewisse Ungenauigkeit. Z. B. wurde bei den Fragebögen teilweise der Gasverbrauch in m³ mit dem in kWh verwechselt und bei den Daten des Gasversorgers konnte der jeweilige Wohnraum nur anhand der Daten aus der Liegenschaftskarte und des Leerstandskatasters abgeschätzt werden.

Der Energieverbrauch im Quartier erfolgt zum größten Teil über die privaten Haushalte. Einzelhandel ist nur noch wenig vorhanden. Es haben in den letzten zehn Jahren viele Einzelhändler ihr Geschäft aufgegeben. Gewerbe und Handel sind nicht nennenswert vorhanden. Für den Dienstleistungssektor sind im Wesentlichen nur die städtischen Einrichtungen (Rathaus, Bauverwaltung, Museum etc.) vorhanden.

In Abbildung 34 sind die Ergebnisse der Umfrage und der Auswertung als Dauerlinie grafisch dargestellt. Bei der Dauerlinie werden die ermittelten Ergebnisse des spezifischen Jahresverbrauchs der Größe nach sortiert. Mit der Verteilung der Dauerlinie kann der energetische Zustand der ausgewerteten Gebäude besser ermittelt werden.

Der 50 %-Wert – d. h. der Wert, der genauso oft unter- wie überschritten wird – liegt bei 103 kWh/(m²·a). Der 90 %-Wert – d. h. nur 10 % der Gebäude ist schlechter – liegt etwas über dem Doppelten des 50 %-Wertes bei 213 kWh/(m²·a). Das energetisch beste Gebäude aus der Auswertung hat einen spezifischen Jahresverbrauch von 39 kWh/(m²·a). Das Maximum liegt bei 465 kWh/(m²·a).

In dem nachfolgenden Kapitel wurde für ein Referenzfachwerkgebäude eine energetische Berechnung mit zwei Varianten durchgeführt. Dieses Gebäude hat im ungedämmten Bestand einen spezifischen Verbrauch von 414 kWh/(m²·a). Dieser Wert liegt in dem maximalen Bereich der Dauerlinie für die Gebäude aus der Auswertung.

Der Vergleich zeigt, dass für ein ungedämmtes Fachwerkhaus die Auswertung und die Berechnung (Referenzgebäude) ziemlich gut übereinstimmen.

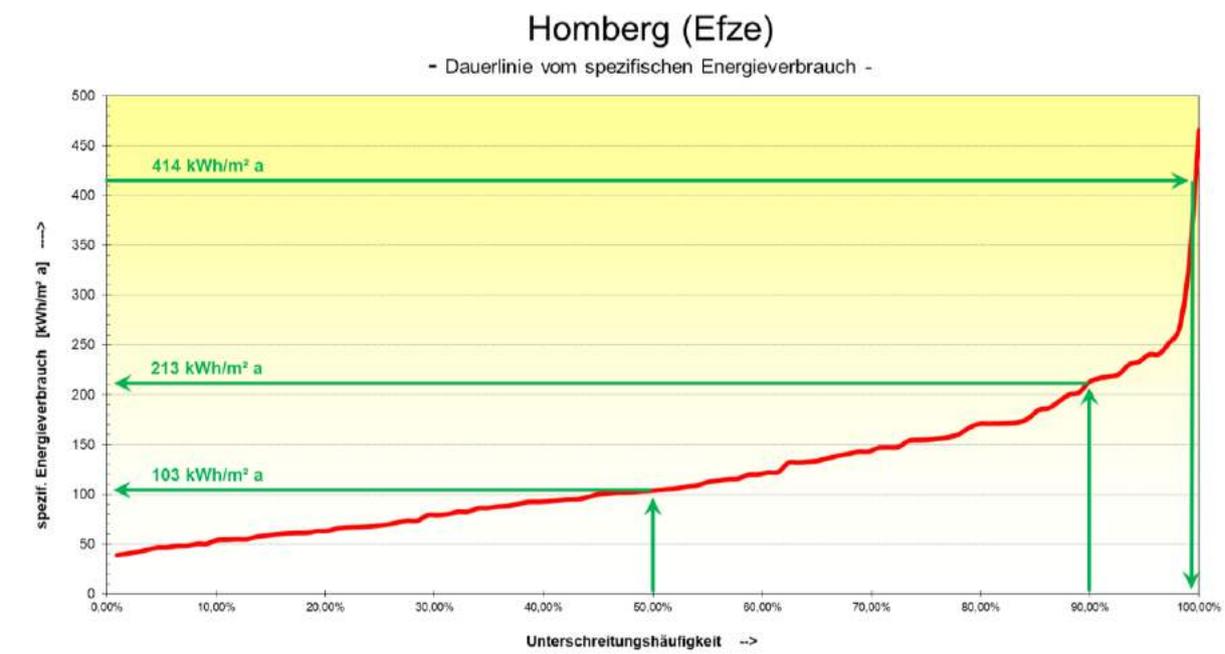


Abbildung 34: Dauerlinie des jährlichen spezifischen Energieverbrauchs

(Quelle: Daten Umfrage und anonym vom EVU)

Über die Auswertung der **Fragebögen** können die folgenden Aussagen getroffen werden:

- 90 % der Gebäude in der Umfrage werden noch genutzt, 8 % werden nicht genutzt und 2 % haben keine Angaben gemacht.
- Das mittlere Alter der Heizungsanlagen beträgt bei der Auswertung 16,3 Jahre.
- 85 % der Gebäude haben eine Zentralheizung und 15 % eine Einzel-/Etagenheizung
- 90 % der Gebäude, bei denen die Fragebögen entsprechend ausgefüllt wurden, nutzen Erdgas als Energieträger. Die verbleibenden 10 % teilen sich in Heizöl und Strom auf.
- 91 % der Befragten gaben an, keine erneuerbare Energie für die Gebäudeheizung zu nutzen.
- 62 % der Befragten gaben an, sich an das Nahwärmenetz anschließen zu wollen, 32 % verneinten einen Anschluss und 6 % machten keine Angaben.

- Die mittleren Kosten für den Wärmebezug betragen 3.050 € pro Jahr bei einer mittleren beheizten Fläche von 379 m² auf 2,78 Stockwerken. Hier muss man davon ausgehen, dass die vorhandene Wohnfläche nicht komplett genutzt/geheizt wird.

Das hier angegebene Interesse von 62 % der Befragten, sich an das Nahwärmenetz anschließen zu wollen, wird für die weitere Auslegung des Netzes und der Heizzentrale zugrunde gelegt.

6.3 Energetische Bewertung eines Referenzgebäudes

Um die Auswirkungen einer energetischen Sanierung eines typischen Fachwerkhauses in der Homberger Altstadt abschätzen zu können, werden hier anhand eines **Referenzgebäudes** der Bestand und zwei Varianten für eine schrittweise Sanierung berechnet.

Die vorhandenen Gebäude in der Altstadt haben die folgenden Kenndaten

- Anzahl der Gebäude: 248 Stück
- Grundfläche der Gebäude
 - Mittelwert: 129 m²
 - Maximum: 540 m²
 - Minimum: 25 m²
- Anzahl der Geschosse
 - Mittelwert: 3
 - Maximum: 6
 - Minimum: 2
- Wohnfläche
 - Mittelwert: 459 m²
 - Maximum: 2.159 m²
 - Minimum: 50 m²

Bei einem typischen Seitenverhältnis der Fachwerkhäuser von Tiefe / Breite = 1,50, ergibt sich mit einer mittleren Grundfläche = 129 m² eine Gebäudeabmessung T x B = 13,90 m x 9,30 m.

Für das Referenzgebäude werden die folgenden geometrische Daten gewählt:

- Grundfläche: 129 m²
- Stockwerke: 3 Stück
- Wohnfläche: 387 m²
- T x B: 13,90 x 9,30 m
- Geschosshöhe: 2,50 m
- Fenster: Straßen- und Rückseite
- Dachboden / Keller: unbeheizt

Für das Referenzobjekt erfolgt eine Energieberechnung mit der Software Energieberater 18599 3D der Firma Hottgenroth in der Version 10.0.15.19. Dabei werden neben der Berechnung des Bestands auch zwei Sanierungsvarianten berechnet. Die wesentlichen Kenndaten der Varianten:

➤ Bestand:

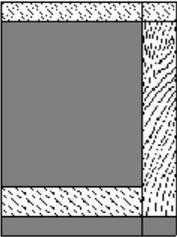
- Außenwände als Holz-Fachwerk mit Stroh-Lehm-Wickel



U-Wert = 1,327

Bauteilaufbau: Schichtenfolge von innen nach außen		Schichtdicke	Wärmeleitfähigkeit
		s(cm)	λ (W/mk)
A Fachwerk			
1	Strohlehmputz	3,00	0,590
2	Konstruktionsholz (DIN 12524 - 700 kg/m ³)	20,00	0,180
B Ausfächung			
1	Strohlehmputz	3,00	0,590
2	Lehmwickel mit Stroh	20,00	0,470
Gesamtdicke:		23,00	

- Decke zum Dachboden als Holzkonstruktion mit Stroh-Lehm-Füllung



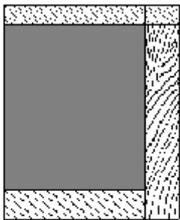
U-Wert = 1,067

Bauteilaufbau: Schichtenfolge von innen nach außen		Schichtdicke	Wärmeleitfähigkeit
		s(cm)	λ (W/mk)
A Ausfächung			
1	Strohlehmputz	2,00	0,590
2	Konstruktionsholz (DIN 12524 - 700 kg/m ³)	3,00	0,180
3	Lehmwickel mit Stroh	17,00	0,470
4	Konstruktionsholz (DIN 12524 - 700 kg/m ³)	2,00	0,180
B Deckenbalken			
1	Strohlehmputz	2,00	0,590
2	Konstruktionsholz (DIN 12524 - 700 kg/m ³)	20,00	0,180
3	Konstruktionsholz (DIN 12524 - 700 kg/m ³)	2,00	0,180
Gesamtdicke:		24,00	

- Decke zum Keller als Holzkonstruktion mit Stroh-Lehm-Füllung

U-Wert = 1,096

Bauteilaufbau: Schichtenfolge von innen nach außen		Schichtdicke	Wärmeleitfähigkeit
		s(cm)	λ (W/mk)
A Ausfachung			
1	Konstruktionsholz (DIN 12524 - 700 kg/m ³)	2,00	0,180
2	Lehmwickel mit Stroh	17,00	0,470
3	Konstruktionsholz (DIN 12524 - 700 kg/m ³)	3,00	0,180
B Deckenbalken			
1	Konstruktionsholz (DIN 12524 - 700 kg/m ³)	2,00	0,180
2	Konstruktionsholz (DIN 12524 - 700 kg/m ³)	20,00	0,180
Gesamtdicke:		22,00	



- Dacheindeckung mit Ziegeln ohne Dämmung
- Fenster mit Doppelverglasung (kein Isolierglas)
- Keller ungedämmt, Wände gegen Erdreich und unbeheizt
- Zentralheizung mit Erdgaskessel inkl. Brauchwassererwärmung

➤ Variante 1:

- Austausch der Fenster mit Wärmeschutzverglasung
- Dämmung der letzten Decke zum unbeheizten Dachboden
→ Forderung EnEV: Nachrüstung bis zum 31.12.2015
- Dämmung des Fußbodens zum unbeheizten Keller
- Anschluss der bestehenden Zentralheizung an die Nahwärmeversorgung aus regenerativen Energieträgern

➤ Variante 2:

- Variante 1
- Außendämmung der Außenwände auf der Rückseite und den beiden Seiten zu den Nachbargebäuden
- Innendämmung der Wand zur Straße.

Die genauen Berechnungsergebnisse des Bestands und der zwei Varianten sind in der Anlage 1 bis 3 enthalten. Hierzu die wesentlichen Auszüge in den nachfolgenden Erläuterungen und Abbildungen.

Der Endenergiebedarf ist die Energie, welche im Gebäude z. B. in der Form von Erdgas, Heizöl oder Holz bezogen wird. Verbesserungen an der Wärmedämmung oder dem Wirkungsgrad der Gebäudeheizung reduzieren den Endenergiebedarf. Aus dem Endenergiebedarf lassen sich Rückschlüsse auf die jeweiligen Heizkosten ziehen.

In Abbildung 35 sind für den Bestand und die beiden Varianten der Endenergiebedarf dargestellt.

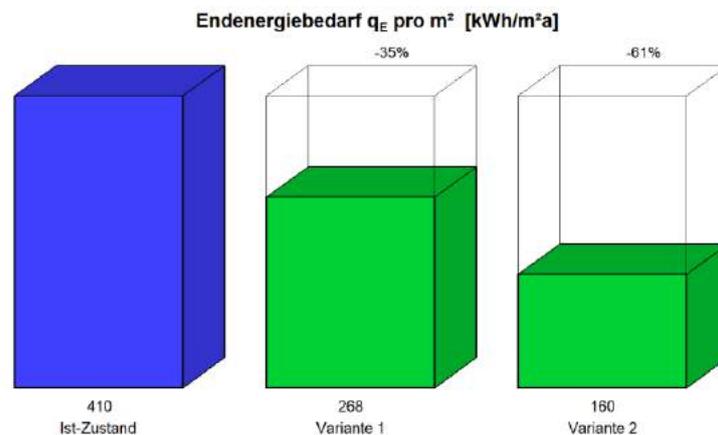


Abbildung 35: Vergleich des Endenergiebedarfs der Varianten

Interessant für die Umwelt ist der Primärenergieeinsatz. Durch den Einsatz von erneuerbaren Energiequellen lässt sich der Primärenergieeinsatz reduzieren. Mit einem Primärenergiefaktor für regenerative **Nahwärme** von 0,10 ergibt sich der in Abbildung 36 aufgetragene Vergleich der Varianten. Allein durch den Anschluss des Gebäudes an das Nahwärmenetz aus regenerativer Energie reduziert sich der Primärenergiebedarf um 90 %. Der Austausch der Fenster und der Dämmung der Decken gegenüber dem Dachboden und Keller verbessern die Reduzierung um weitere 2 % bei der Variante 1. Mit der Dämmung der Außenwände bei der Variante 2 lässt sich der Primärenergieeinsatz um weitere 3 % reduzieren.

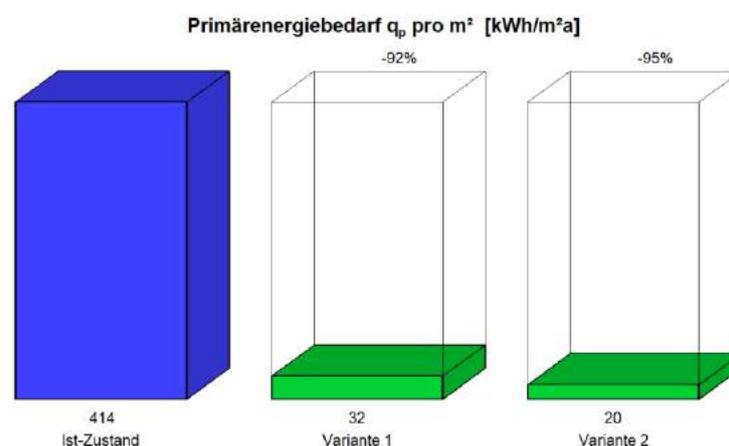


Abbildung 36: Vergleich des Primärenergieeinsatzes der Varianten

Ein direkter Vergleich der Maßnahmen mit deren Auswirkungen beim Klimaschutz kann durch den spezifischen CO₂-Emission pro m² und Jahr ausgedrückt werden. In der Abbildung 37 sind die spezifischen CO₂-Emissionen der Varianten aufgetragen.

Bei der Variante zwei kann die CO₂-Emissionen bis zu 80 % reduziert werden. Der Anschluss an das Nahwärmenetz aus regenerativer Energie hat dabei einen Anteil bei der Reduzierung von 59 %.

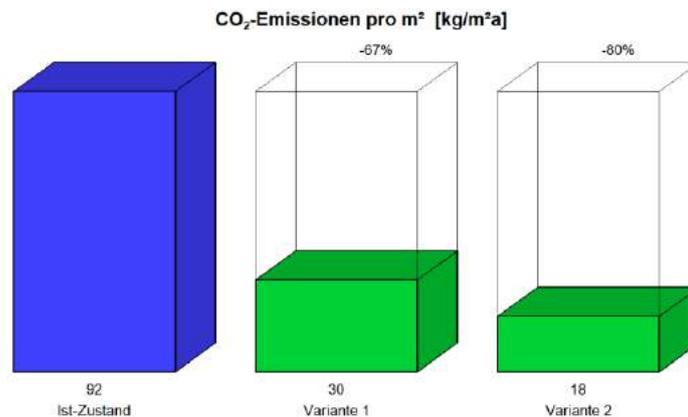


Abbildung 37: Vergleich der CO₂-Emissionen der Varianten

In der nachfolgenden Abbildung 38 ist für die einzelnen Bauteile der Vergleich beim jährlichen Energieverbrauch zwischen dem Bestand und der Variante 2 aufgetragen. Die Grafik zeigt, dass im Bereich der Außenwände und der Heizung das größte Einsparpotenzial vorhanden ist. Aber auch im Bereich der Wohnungslüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung ist ein weiteres Einsparpotenzial vorhanden. Dieses Einsparpotenzial wird jedoch bei der Variantenbetrachtung hier nicht berücksichtigt, da der Einbau einer Wohnungslüftungsanlage in ein altes Fachwerkhaus erhebliche Umbauarbeiten und Investitionen notwendig macht.

Bezüglich der Kosten für die Sanierung des Referenzgebäudes einige Kenndaten:

- Gesamtinvestitionen: 83.900 €
- Anteil Erhaltungsaufwand: 63.573 €
- Anteil Energiesparmaßnahmen: 20.327 €

Auch wenn der größte Anteil als Erhaltungsaufwand bezeichnet wird, muss dieser finanziert werden. Für den Hausbesitzer zählen zunächst nur die Gesamtinvestitionen.

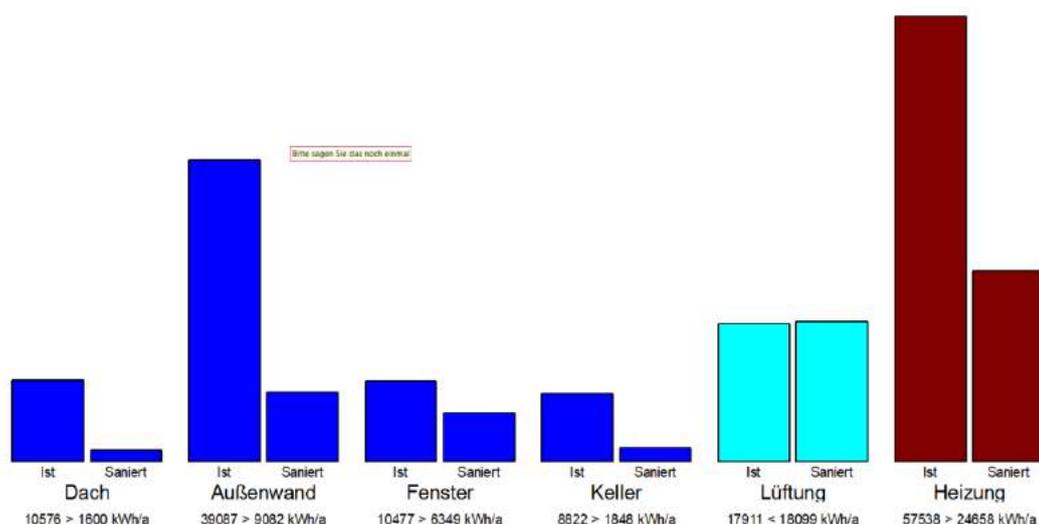


Abbildung 38: Vergleich: Bestand – Variante 2

In der nachfolgenden Abbildung 39 ist die Gesamtbewertung der Variante 2 grafisch aufgetragen. Die Brennstoff-Einsparung beträgt 61 %. Die Bewertung nach der EnEV 2016 liegt unterhalb den Anforderungen EnEV – 50 %. Mit einem EnEV-Primärenergiebedarf von 19 kWh/m²a liegt das Referenzgebäude mit seinem Anschluss an das Nahwärmenetz aus regenerativer Energie im *„grünen Bereich“* der Bewertungsskala.

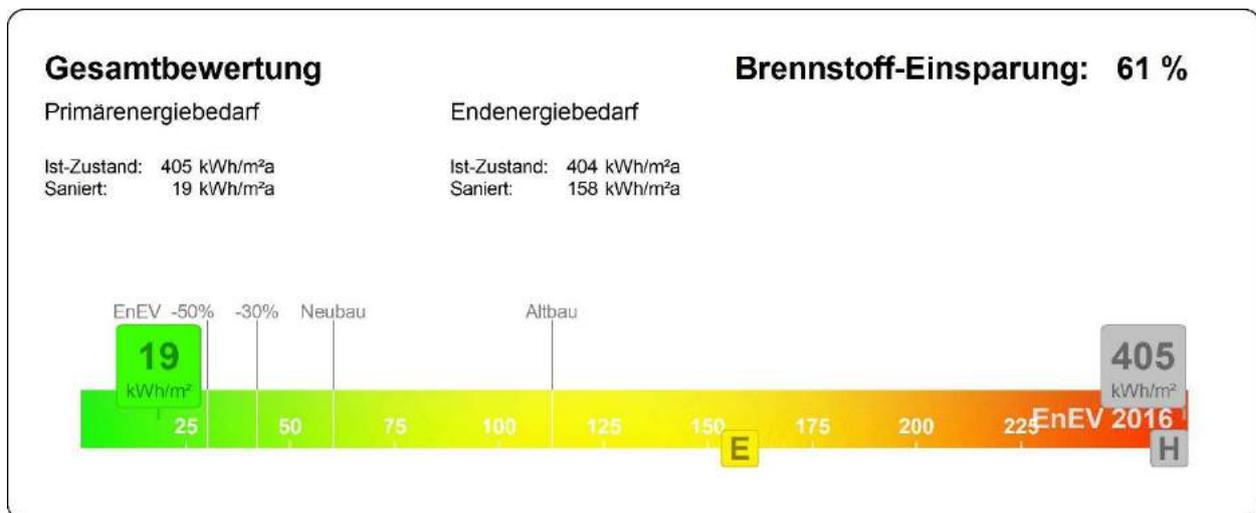


Abbildung 39: EnEV-Gesamtbewertung – Variante 2

Der Vergleich zwischen den Ergebnissen der Umfrage / Daten des EVU der 109 Gebäude und der energetischen Berechnung des Referenzgebäudes nach DIN 18599 (hier: Variante 2) zeigt ein Problem. Der mittlere Endenergiebedarf aus der Umfrage lag bei 103 kWh/(m²a) und bei der Berechnung nach DIN 18599 für das sanierte Referenzhaus bei 158 kWh/(m²a). Diese unterschiedlichen Ergebnisse zeigen das Problem zwischen der praktischen Nutzung eines Gebäudes und den Vorgaben aus der EnEV.

Um dieses Problem für die weitere Auswertung / Berechnung des Nahwärmenetzes zu lösen, wird hier ein zusätzlicher Parameter für den „unbeheizten“ Flächenanteil bzw. die effektive Raumtemperatur eingeführt. Nach den Benutzerdaten aus einem Fachwerkhaus in Homberg mit einer Wohnfläche von 173 m² und drei Personen ergibt sich ein Faktor zwischen dem berechneten Endenergieverbrauch nach DIN 18599 und dem praktischen Endenergieverbrauch ein Faktor von 0,58. Damit wird für die Studie ein mittlerer Endenergiebedarf eines sanierten Fachwerkhauses von 93 kWh/(m²a) verwendet. Damit liegt gegenüber dem Mittelwert der Auswertung aus der Umfrage und der Daten von EVU von 103 kWh/(m²a) der Faktor für die sanierten Gebäude bei 90 %.

6.4 Sanierungsmöglichkeiten - Energieeinsparung

Mit dem Referenzgebäude werden die Sanierungsmöglichkeiten für ein Fachwerkhaus in der denkmalgeschützten Altstadt von Homberg (Efze) aufgezeigt.

Wie in dem vorherigen Kapitel erläutert, wurden für das Referenzgebäude – neben dem Bestand – zwei Sanierungsvarianten aufgezeigt. In Tabelle 4 sind die Kenndaten und Energieverbräuche des Bestands und der zwei Varianten aufgeführt.

Beschreibung	Bestand [kWh/a]	Variante 1 [kWh/a]	Variante 2 [kWh/a]
Nutzenergie	69.684	52.081	24.827
Endenergie	127.222	83.019	49.485
Primärenergie	128.289	10.040	6.147
Spez. Energieverbrauch [kWh/(m ² -a)]	414	268	160
mit Faktor = 0,58	240	155	93

Tabelle 4: Energieverbrauch der Varianten des Referenzhauses

Mit dem in Kapitel 6.3 aufgeführten Faktor für die beheizte Fläche von 0,58 ergibt sich so zwischen dem Bestand und der Variante 2 eine Einsparung bei der Endenergie von 147 kWh/(m²-a).

Die Hochrechnung des Einsparpotentials für das Altstadtquartier ist wegen fehlender Gebäudedaten nur sehr schwer. Darüber hinaus sind die Gebäude in Privatbesitz. Die Stadt hat damit keinen Einfluss auf eine zukünftige energetische Sanierung der Gebäude.

Das mögliche Einsparpotential durch eine energetische Gebäudesanierung im Quartier wird wie folgt grob abgeschätzt:

- Über das Leerstandskataster wurden die Grundflächen und die Anzahl der Geschosse der Gebäude aufgenommen. Es wird davon ausgegangen, dass dies die beheizbare Wohnfläche ist. Somit steht im Quartier bei den 248 aufgenommenen Gebäuden eine Wohnfläche = 113.886 m² zur Verfügung.
- In Abbildung 34 ist die Dauerlinie für den spezifischen Energieverbrauch von 109 Gebäuden aufgeführt. Die Informationen stammen aus der Umfrage und den anonymisierten Daten des Energieversorgers. Die Daten sind nicht repräsentativ. Bezogen auf das sanierte Referenzgebäude (Variante 2) wird davon ausgegangen, dass etwa 39 % der erfassten Gebäude dem sanierten Referenzgebäude – und besser – entsprechen. Bei den anderen 61 % kann eine Sanierung / Teilsanierung durchgeführt werden. Unter der Annahme, dass die sanierten / teilsanierten Gebäude einen spezifischen Energieverbrauch von 93 kWh/(m²-a) aufweisen, beträgt das Endenergieeinsparpotential bei den 109 Gebäuden etwa 1.852.000 kWh/a. Dies entspricht der Fläche von 66 Gebäuden unter der Dauerlinie, die einen höheren Energieverbrauch haben als die angesetzten 93 kWh/(m²-a).
- Hochgerechnet auf die 248 Gebäude im Altstadtquartier und unter der Annahme, dass bei den zusätzlichen Gebäuden die gleichen Randbedingungen vorliegen, wäre bei einer Gesamtsanierung der nicht sanierten Gebäude ein Einsparpotential von 4.214.000 kWh/a vorhanden. Dies entspricht einer Einsparung von 27,3 %.

6.5 Hemmnisse der energetischen Gebäudesanierung - Lösungswege

Die folgenden **Hemmnisse** können einer privaten energetischen Gebäudesanierung im Wege stehen:

- Hohe Eigenfinanzierung für eine energetische Gebäudesanierung.
- Lange Amortisationszeiten für eine energetische Sanierung der Gebäudeaußenhülle.
- Mit der Finanzierung der energetischen Sanierung wurde noch nicht die Verbesserung der Wohnqualität (Bad, Küche Wohnräume) finanziert. Von den Hauseigentümern / Mietern werden oft zuerst die Sanierungen in die Wohnqualität vorgenommen.
- Bei baugenehmigungspflichtigen Bauvorhaben müssen die Anforderungen des GEG 2020 (**G**ebäude **E**nergie**G**esetz) eingehalten werden. Dies ist mit zusätzlichen hohen Investitionskosten verbunden. Ein Neubau / Gebäude in einem Neubaugebiet kann daher einer Sanierung von einem alten Fachwerkgebäude den Vorzug gegeben werden.
- Alter / Einkommen der Hausbesitzer.
- Energie ist zu günstig.

Lösungswege für die oben aufgeführten Punkte könnten sein:

- Fachliche Beratung durch ein städtisches Klimaschutzmanagement.
- Handwerkerinitiative: Zusammenschlüsse von Handwerkern der verschiedenen Handwerksbereiche, um eine Sanierung aus einer Hand anbieten zu können.
- Ein Investitionsmodell, bei dem die notwendigen Investitionen z.B. über den Wärmebezug abgerechnet werden. Eine Kooperation mit der örtlichen Sparkasse/Volksbank für ein solches Modell wäre sinnvoll.
- Eine regionale/überregionale Vermarktungsstrategie für den Kauf von Fachwerkhäusern. Hier muss insbesondere die junge Generation angesprochen werden. Bei neuen/jungen Hauskäufern ist die Investitionsbereitschaft ggf. noch größer.

7 PV-ANLAGEN

7.1 Grundlage

PV-Anlagen müssen in das historische und denkmalgeschützte Umfeld passen. Zwar gibt es mittlerweile PV-Module mit matten Oberfläche, jedoch wird das Gesamtbild der Dachflächen durch den Einbau der Module verändert. Insbesondere der Blick von der Hohenburg auf die Dächer der Altstadt sind dabei ein wesentliches Kriterium.

Die Einbaumöglichkeit muss in Zusammenarbeit mit der Denkmalbehörde für jede Dachfläche einzeln geprüft werden. Hier kommt es auch auf die vorhandene Sichtbeziehung von der Straße und/oder dem Burgberg oder vergleichbaren Aussichtspunkten ab.

Die hier ermittelte Fläche aus den Daten des Solarkatasters konnte die Anforderungen des Denkmalschutzes nicht berücksichtigen. Hier geht es mehr um eine Potentialanalyse für eine mögliche Stromerzeugung und der Bewertung der Möglichkeiten im Vergleich zu dem Strombedarf.

7.2 Dachflächen – Installation von PV-Anlagen

Die vorhandenen Dachflächen im Quartier Altstadt haben zum größten Teil eine West-Ost-Ausrichtung und eine kleingliedrige Struktur. In Abbildung 40 sind aus dem Solarkataster der Landes Hessen die Dächer im Quartier abgebildet. Es ist zu erkennen, dass nur wenige Dachflächen eine rote Markierung und damit eine Strahlungsenergie $> 1.000 \text{ kWh/m}^2 \text{ Jahr}$ aufweisen. Die gelbe Flächenfarbe dominiert.

In dem Solarkataster nicht richtig berücksichtigt sind Dacheinbauten wie Dachfenster und Gauben.

Unter Berücksichtigung der Dachgeometrie, Dachfenster, Dachgauben und einer Mindestfläche von 25 m^2 könnten auf den Dachflächen mit einer Sonneneinstrahlung mit mehr als $1.000 \text{ kWh/m}^2 \text{ Jahr}$ (rote Flächen) auf einer Gesamtfläche von etwa 3.510 m^2 Solarkollektoren installiert werden. Die installierte Leistung betrüge etwa 575 kW_p . Damit könnte eine Strommenge von etwa 558.000 kWh pro Jahr an erneuerbarer Energie erzeugt werden. Die Anlagen wären Privatanlagen. Häufig wären bei einer Installation einer PV-Anlage zusätzlich Investitionen in die Sanierung / Erneuerung des jeweiligen Daches / der Dachtragkonstruktion erforderlich.

Bezogen auf den derzeitigen Stromverbrauch im Quartier von $2.483.712 \text{ kWh/Jahr}$ wäre dies ein Anteil von $22,5 \%$.



Abbildung 40: Dachflächen für PV-Anlagen
 Quelle: Solarkataster Hessen

7.3 Hemmnisse für die Errichtung von PV-Anlagen und Lösungswege

Für die Errichtung von PV-Anlagen ergeben sich die folgenden **Hemmnisse**:

- Bei der vorhandenen Bausubstanz sind die Dachkonstruktionen meistens einige Jahrhunderte alt. Die Dachkonstruktion erfüllt meistens nicht die heutigen statischen Vorgaben (hat aber viele Jahre gehalten). Die Dachziegel sind alt und Ersatz nicht immer beschaffbar. Die Dachflächen haben durch die Setzung der Holzkonstruktion Unebenheiten.
- Durch den vorhandenen Einbau von Dachfenstern und Dachgauben sind die Dachflächen kleingliedrig.
- Sehr viele Dächer haben eine West-Ost-Ausrichtung.
- Hohe zusätzliche Eigenfinanzierung für die Ertüchtigung der Dachkonstruktion.
- Man möchte an der vorhandenen Bausubstanz keine Veränderungen vornehmen. Bei Veränderungen besteht kein Bestandsschutz mehr.
- Die Denkmalpflege macht zusätzliche Auflagen.
- Auflagen wegen dem Brandschutz.
- Die vorhandene Elektroinstallation entspricht nicht mehr den heutigen VDE-Richtlinien. Bei Eingriff in den Bestand erlischt der Bestandsschutz. Zusätzliche Investitionen sind erforderlich.
- Es stehen keine zusätzlichen Räumlichkeiten für einen stationären E-Speicher zur Verfügung.
- Aufstellungsort für den E-Speicher. Probleme mit Statik.
- Das bestehende Gebäude hat einen Sanierungsstau. Das vorhandene Geld (wenn vorhanden) möchte man lieber für andere Modernisierungsarbeiten ausgeben.

Lösungswege für die oben aufgeführten Punkte könnte sein:

- Um die Hemmung gegenüber Bauanträgen und der Diskussion mit der Denkmalpflege für die interessierten Bürger / Eigentümer zu reduzieren, empfehlen wir über die Stadt einen Musterantrag zu erstellen und in diesem Zuge mit der Bauaufsicht und der Denkmalpflege die technischen und gestalterischen Randbedingungen abzuklären. Damit gäbe es für das Quartier Altstadt ein einheitliches Konzept für zukünftige PV-Anlagen.
- Eine kostenlose Beratung der Bürger hinsichtlich der oben aufgeführten Punkte durch ein städtisches Klimaschutzmanagement. Aufzeigen von Lösungswegen, Ermittlung von Investitionskosten, Wirtschaftlichkeitsbetrachtung und Vermitteln von Handwerkern. Über diesen Weg kann auch das regionale Handwerk gestärkt werden.
- Gründung einer Energiegenossenschaft / Übernahme der Aufgaben durch die vorhandene Kraftstrombezugsgenossenschaft mit Vermietung / Nutzung der privaten Dachflächen. Damit könnten die privaten Hausbesitzer die Möglichkeiten der Aufstellung einer PV-Anlage delegieren. Wichtig ist aber auch hier der regionale Bezug.

8 DAS NAHWÄRMENETZ

8.1 Der Energieträger Holz

Über die zukünftigen Möglichkeiten, Energieträger und Energieholz wurde schon in den Kapiteln 5.3 und 5.4 ausführlich gesprochen. Für das hier in der Studie konzipierte Nahwärmenetz werden Holzhackschnitzel als Energieträger vorgestellt. Die folgenden Kriterien waren dafür entscheidend:

- Holzhackschnitzel gehören zu den erneuerbaren Energieträgern.
- Holzhackschnitzel können in der Region gewonnen werden.
- Die Wertschöpfung bleibt in der Region.
- Als walddreicher ländlicher Raum hat Homberg (Efze) einen Standortvorteil für die Gewinnung von Energieholz. Dieser Standortvorteil sollte genutzt werden.
- Es können auch Holzreste aus den landschaftlichen Pflegearbeiten der Stadt Homberg (Efze) verwendet werden.

8.2 Grundlagen für das Leitungsnetz

Für die Studie erfolgt eine überschlägige Bemessung des Nahwärmenetzes. Für eine spätere Ausführung muss das Nahwärmenetz in der Lage und Dimensionierung durchgeplant werden.

Es gibt verschiedene Materialien für die Rohre des Nahwärmenetzes:

- Kunststoffmantelrohre – KMR
 Das Medienrohr besteht aus einem Stahlrohr, die Dämmung aus Polyurethan-Hartschaum - PU-Hartschaum - und die Ummantelung aus einem Kunststoffrohr aus Polyethylen (PE-Rohr). Bei den Stahlrohren muss die Wärmeausdehnung über Kompensatoren erfolgen.

Bei der Verlegung der Rohre müssen die Medienrohre verschweißt werden. Diese Montagestellen müssen dann nachträglich wasserdicht nachgedämmt werden. Bei einer unsachgemäßen Bauausführung sind dies die späteren Schwachstellen im System.

Temperatur [°C]	Max. Druck [bar]	Mindestlebensdauer [Jahre]
40	18,9	50
50	16,8	50
60	15,0	50
70	13,4	50
80	12,1	25
90	11,0	10
95	10,6	5

Tabelle 5: PMR: Druckbegrenzung in Abhängigkeit von der Temperatur und Betriebsdauer

➤ Flexible Kunststoffrohre – Kunststoffmediumrohr - PMR

Das Medienrohr besteht aus vernetzten Polyethylen (PEX), die Dämmung aus Polyurethan-Hartschaum - PU-Hartschaum - und die Ummantelung aus einem Kunststoffrohr aus Polyethylen (PE-Rohr). Die Rohrsysteme sind bis zu einer maximalen Temperatur von 95°C und einem Druck von 6 bar belastbar. Höhere Temperaturen reduzieren jedoch die Lebensdauer des Leitungssystems. In Tabelle 5 sind diese Eigenschaften nach Herstellerangaben aufgeführt. Bei der Betriebstemperatur ist dabei der gleitende Mittelwert über die Betriebszeit maßgebend. Die mittlere Temperatur sollte bei maximal 70°C liegen. In der kalten Jahreszeit kann die Temperatur erhöht werden. Die Temperaturregelung sollte witterungsgeführt erfolgen. Die Verbindung einzelner Rohrabschnitte erfolgt mittels Presskupplungen. Bei kleineren Medienrohren wird der Vor- und Rücklauf als Doppelrohrausführung (Duo) hergestellt. Die Kunststoffrohre werden flexibel verlegt. Für die Längenausdehnung sind daher keine Kompensatoren notwendig. Dieser Rohrtyp hat die niedrigsten Investitionskosten.

Die für die Infrastruktur notwendigen Leitungen und Kabel sind im Altstadtbereich der Stadt Homberg (Efze) historisch gewachsen. Aus diesem Grund gibt es keine Korridore für die einzelnen Versorgungsleitungen im Straßenbereich. Bei einer Neuverlegung eines Nahwärmenetzes muss daher auf viele bestehende Leitungen und Kabel geachtet werden. Aus diesem Grund werden für das Nahwärmenetz die flexiblen Kunststoffmediumrohre (PMR) für die Ausführung empfohlen. Bei diesem Rohrsystem soll die mittlere Betriebstemperatur 70°C nicht überschreiten. Aus diesem Grund wird für die Vorlauftemperatur eine außentemperaturgeführte Regelung empfohlen.

8.3 Auslegung des Nahwärmenetzes

Für das Nahwärmenetz ergeben sich die folgenden Kenndaten:

- Temperaturen für Auslegung:
 - Vorlauf: 80,0°C
 - Rücklauf: 40,0°C
- Temperaturen für Jahresmittel:
 - Vorlauf: 60,0°C
 - Rücklauf: 40,0°C
- Wärmeabgabemenge / Wassermenge:
 - Auslegung: 1.640 kWh/h - 860 m³/d
 - Mittelwert: 623 kWh/h - 651 m³/d
- Wärmeleitungen: Kunststoffmediumrohr - PMR
- Trassenlänge: 3.668 m
- Anschlussdichte: 1.622 kWh/(m·a)
- Wärmeverluste bezogen auf die jeweilige Wärmeabgabe:
 - Auslegung: 3,3 %
 - Mittelwert: 7,0 %

In Anlage 6 ist als DIN A3-Lageplan das Nahwärmenetz mit den Knotenpunkten und den Strängen skizziert. Dieser Lageplan ist die Grundlage für die hydraulische Netzauslegung. Die Tabelle der hydraulischen Netzauslegung ist in Anlage 13 enthalten. Dort sind auch die Dimensionen der einzelnen Stränge aufgeführt.

8.4 Nahwärmenetz in der Altstadt

Die **Lageplanskizze** für das Nahwärmenetz der Altstadt ist in Abbildung 41 abgebildet. Für die überschlägige hydraulische Netzauslegung ist das Netz in Knotenpunkte und Stränge aufgeteilt. Abgebildet sind für das Nahwärmekonzept in diesem Planungsstadium nur die Hauptstränge.



Abbildung 41: Lageplanskizze des Nahwärmenetzes der Altstadt

Die Verlegung der Nahwärmeleitungen erfolgt mit einer **Überdeckung** von 0,80 m. In Abbildung 42 ist der Rohrgraben für die Einzel- und Doppelleitungen sowie ein Foto eines Anschlusses bei einer Doppelleitung dargestellt. Die Rohrgräben haben je nach Leitungstyp eine Breite von 0,50 bis 0,90 m.

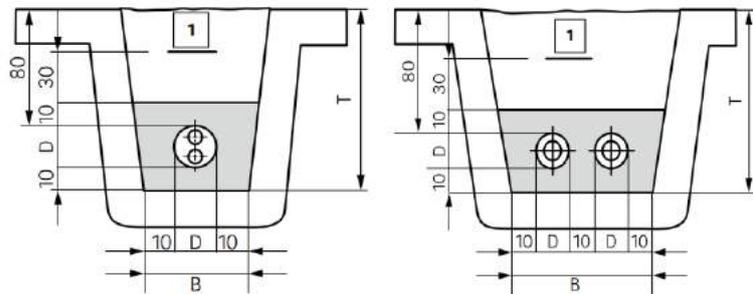


Abbildung 42: Einbausituation für die Nahwärmeleitungen

Quelle: Rehau

Das Nahwärmenetz erhält eine kontinuierliche **Lecküberwachung**. Damit können Leckagen frühzeitig erkannt und repariert werden. Damit werden die Wirtschaftlichkeit und die Verfügbarkeit vom späteren Betrieb verbessert.

In Abbildung 43 ist ein Beispiel für eine **Hausübergabestation** abgebildet. Bei diesem Beispiel wird die Gebäudeheizung über den Wärmetauscher indirekt und die Brauchwassererwärmung direkt über eine eigentümerseitige Durchflusserwärmung angeschlossen.

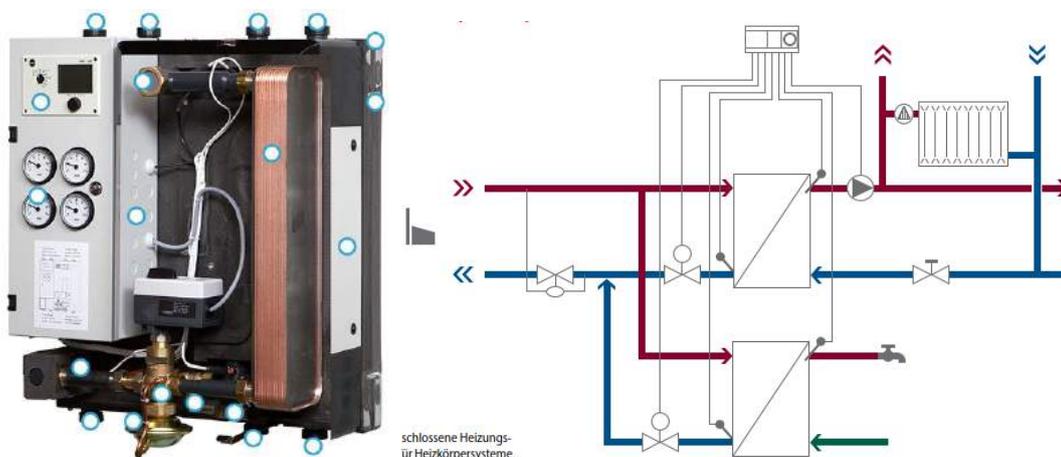


Abbildung 43: Beispiel für eine Hausübergabestation

Es gibt auf dem Markt verschiedene Typen für eine Hausübergabestation. So kann jeweils individuell an den vorliegenden Bestand angepasst ein Typ ausgewählt werden.

Bei der Nahwärmestudie wird davon ausgegangen, dass die Kosten in Höhe von 7.818,20 € für den Hausanschluss ab der Hauptleitung von dem Hausbesitzer übernommen werden. Je nach Förderungsmodell gibt es auch für den Hausanschluss einen Tilgungszuschuss in Höhe von 1.800 €. Damit reduzieren sich die Kosten für den einzelnen Hausbesitzer.

Für die Kostenaufstellung der Hausanschlüsse wurde für das Nahwärme-Konzept generell eine Leitungslänge von der Hauptleitung bis in das Gebäude von 5,00 m angenommen.

8.5 Ermittlung der Heizlast und Verteilung auf die Straßen

Für die Ermittlung der Heizleistung der Heizzentrale und der Auslegung des Nahwärmenetzes müssen für die zukünftige Entwicklung einige Annahmen getroffen werden. Diese Annahmen müssen in den nächsten Planungsphasen kontrolliert und gegebenenfalls neu angepasst werden. Im Einzelnen sind dies:

- Anschlussbereitschaft an das Nahwärmenetz: 62 %
- Gebäudeanzahl: 229 Gebäude
- Gesamt Energieeinsparung durch Gebäudesanierung: 12 %

Straße	Umfrage / EVU	Anschluss	Sanierung
	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]
Am neuen Tor	58.278	36.132	31.923
Bergstraße	840.849	521.326	460.589
Bischofsstraße	452.053	280.273	247.620
Enge Gasse	131.054	81.253	71.787
Entengasse	376.601	233.493	206.290
Hochzeitgasse	51.515	31.939	28.218
Holzhäuser Straße	1.028.517	637.681	563.388
Kirchgasse	273.381	169.496	149.749
Kirchplatz	55.007	34.104	30.131
Kreuzgasse	66.270	41.087	36.301
Kurze Gasse	33.468	20.750	18.333
Marktgasse	210.499	130.509	115.304
Marktplatz	1.116.677	692.340	611.679
Mauergasse	67.455	41.822	36.950
Obertorstraße	957.455	593.622	524.462
Pfarrstraße	822.229	509.782	450.390
Rathausgasse	182.861	113.374	100.165
Rosenthal	36.812	22.823	20.164
Salzgasse	429.874	266.522	235.471
Untergasse	1.527.085	946.793	836.487
Webergasse	523.307	324.450	286.650
Westheimer Straße	1.621.182	1.005.133	888.030
SUMME	10.862.429	6.734.706	5.950.080
Heiztage im Jahr	227	227	227
mittlere Heizleistung [kW]	1.994	1.236	1.092
Faktor Auslegung	1,80	1,80	1,80
Heizleistung [kW]	3.589	2.225	1.966

Tabelle 6: Ergebnis der Umfrage / Daten EVU und Ermittlung der Heizleistung

Basierend auf der Datenauswertung für die Altstadt und unter der Annahme der oben genannten Randbedingungen wurde für die einzelnen Straßen der jeweilige mittlere Jahresenergiebedarf für den Bestand, die angeschlossenen Gebäude und die sanierten Gebäude ermittelt. Das Ergebnis ist in Tabelle 6 aufgeführt. Bei 227 Heiztagen in der Region ergibt sich über die Heizperiode für die Heizzentrale eine Heizleistung von 1.092 kW. Unter der Annahme eines Auslegungsfaktors von 1,80 ergibt sich somit eine Auslegungsheizleistung von 1.966 kW. Gewählt wird eine Auslegungsheizleistung für die Holzhackschnitzelheizung von $2 \times 950 \text{ kW} = 1.900 \text{ kW}$. Bei dem Anschluss von 229 Gebäuden und unter Berücksichtigung vom BHKW mit 82,9 kW ist dies im Mittel eine Anschlussleistung pro Gebäude von 8,7 kW.

Für das **Brauchwasser** wird davon ausgegangen, dass pro Einwohner 25 l/(E-d) benötigt werden. Die Verteilung auf die einzelnen Stränge des Nahwärmenetzes erfolgt über die Anzahl der Gebäude. In der Summe werden für das Brauchwasser 420.107 kWh/a benötigt.

Die Brauchwassernutzung erfolgt über das gesamte Jahr. In den Sommermonaten ist der Betrieb der Holzhackschnitzelkessel für die Brauchwassererwärmung nicht wirtschaftlich. Daher wird für die Grundlastversorgung das Gas-BHKW aus dem ersten Bauabschnitt mit einer Gesamtleistung von 145 kW und einer thermischen Leistung von 82,9 kW eingesetzt. In Abbildung 44 ist die Jahresganglinie der angenommenen Brauchwasserversorgung und die Heizenergieerzeugung des BHKWs aufgetragen. In den Sommermonaten kann das BHKW nicht komplett in Vollast laufen. Um die Wirtschaftlichkeit und die Laufzeiten des BHKWs zu verbessern werden zwei Pufferspeicher mit einem Gesamtvolumen von 60 m³ vorgesehen.

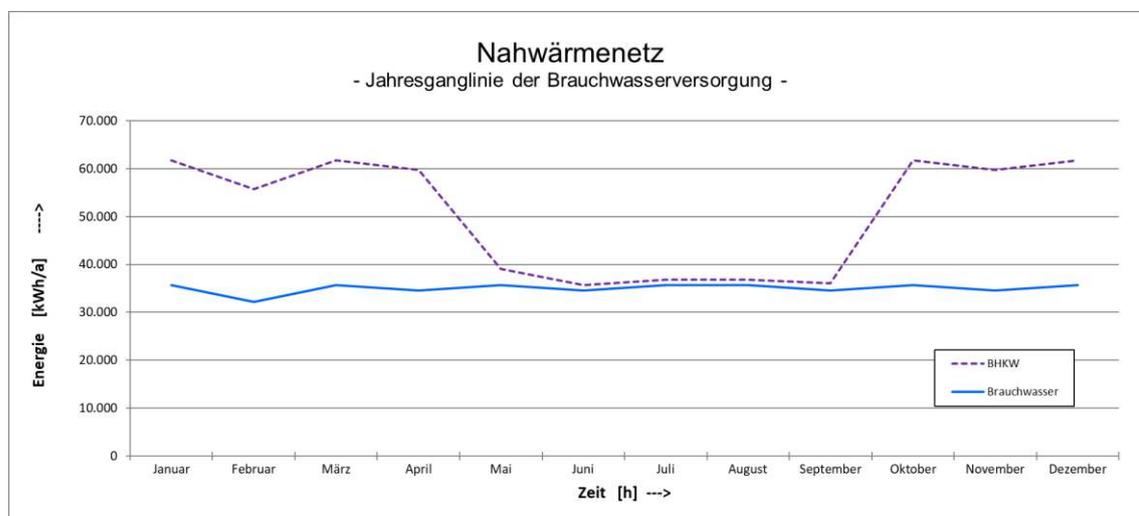


Abbildung 44: Ganglinie der Grundlast und Grundlastversorgung

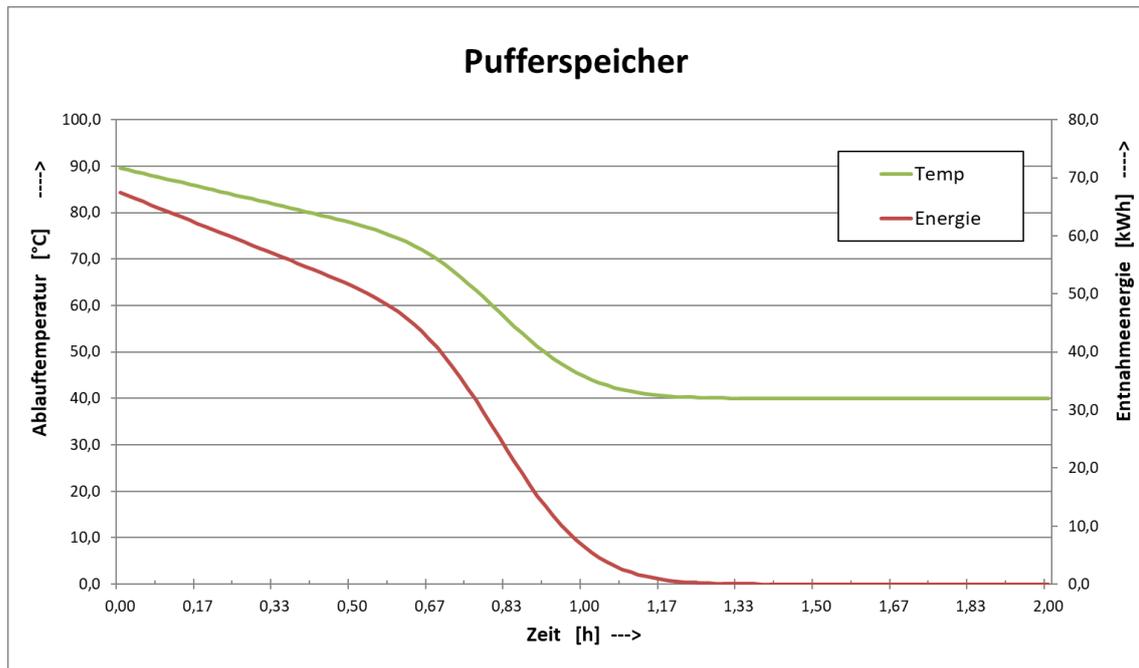


Abbildung 45: Entnahmeganglinie für die beiden Pufferspeicher.

In Abbildung 45 ist eine Entnahmeganglinie für die beiden Pufferspeicher ersichtlich. Zwischen der Temperaturspreizung von 90°C und 70°C können aus den Speichern 26,7 kWh entnommen werden. Durch die Pufferspeicher können die Laufzeiten des BHKWs optimiert werden.

Die Pufferspeicher stehen aber auch für die Kessel der Holzhackschnitzelanlage zur Verfügung. Auch hier können damit in der Übergangszeit die Laufzeiten optimiert werden.

8.6 Holzhackschnitzel-Anlage und BHKW

Die geplante Heizzentrale hat die folgenden Kenndaten:

- Holzhackschnitzelheizung:
 - Anzahl der Kessel: 2 Stück
 - Leistung pro Kessel: 950 kW
 - Lastbereich pro Kessel: 25 – 100 %
 - Thermischer Wirkungsgrad: 92 %
 - Bunker für Holzhackschnitzel: 230 m³
 - Abgasreinigung: Multizyklon und Elektrofilter
- Holzhackschnitzel nach DIN EN ISO 17225-4:
 - Typ: M35
 - Heizwert H_u: 3,15 kWh/kg
 - Wassergehalt: 50,0 %
 - Schüttdichte: 341 kg/m³

- BHKW aus 1. Bauabschnitt:
 - Gesamtleistung: 145 kW
 - Thermische Leistung: 83 kW
 - Elektrische Leistung: 50 kW
 - Gesamtwirkungsgrad: 91,7 %
- Erdgas-Kessel aus 1. Bauabschnitt:
 - Leistung: 109 kW
 - Typ: Brennwerttechnik
 - Gesamtwirkungsgrad: 102,0 %
 - Der Erdgas-Kessel wird für extreme Wintertage vorgehalten.
- Pufferspeicher:
 - Gesamtvolumen: 60 m³
 - Anzahl: 2 Stück

Die Grenzwerte im Rauchgas werden durch die 1. BImSchV definiert. Bei Kesseln für Holzhackschnitzel in einer Größenklasse > 4 kW gelten ab der Errichtung nach dem 31.12.2014 die folgenden Anforderungen:

- Staub: 20 mg/m³
- CO: 400 mg/m³

Für die Holzhackschnitzelheizung wird eine zweistufige Abgasreinigung vorgesehen. Diese besteht aus einer Rauchentstaubung und einem Elektrofilter. Mit dieser Anlage werden die Grenzwerte der 1. BImSchV eingehalten.

Für die Studie wurde eine Variante für die Heizzentrale als 3D-Modell mit dem Programm Revit[®] konstruiert. Die nachfolgenden fotorealistischen Ansichten und die Ansichten in der Anlage wurden mit dem Programm erzeugt. Es besteht auch die Möglichkeit bei einem vereinbarten Termin das 3D-Modell über eine VR-Brille begehen und anschauen zu können.

Im Rahmen einer späteren Vor- und Entwurfsplanung würden weitere Varianten für eine Optimierung der Bau- und Verfahrenstechnik konstruiert. Im Rahmen der Studie soll anhand der hier konstruierten Variante lediglich die Machbarkeit überprüft werden.

In Abbildung 46 ist ein Blick auf den Grundriss als fotorealistische Ansicht abgebildet. Das Dach und die Innenwände sind bei der Ansicht ausgeblendet.

In der Ansicht sieht man im hinteren Bereich (rot) die Fördereinrichtung für die Holzhackschnitzel. Im Kesselraum stehen links beginnend die beiden Pufferspeicher, davor der Gaskessel und das BHKW. Mittig befinden sich (grün-schwarz) die beiden Holzhackschnitzelkessel. Jeweils rechts daneben sind die beiden Multizyklone für die erste Stufe der Rauchgasreinigung. In der rechten Ecke (blau) befindet sich der Elektrofilter als zweite Stufe der Rauchgasreinigung. Vorne rechts sind der NSHV-Raum (NSHV = Niederspannungshauptverteilung) und ein Büroraum mit Warte.

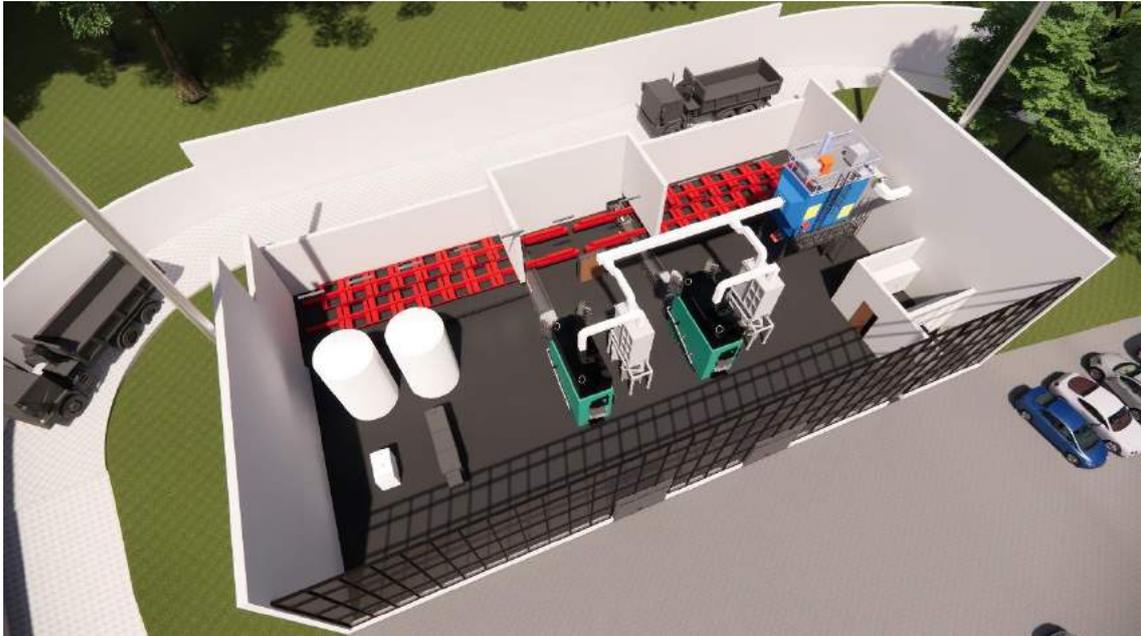


Abbildung 46: Grundriss der Heizzentrale – Innenwände ausgeblendet

8.7 Heizzentrale und Standort

Die Standortsuche im Umfeld der Altstadt gestaltet sich durch die vorhandene Bebauung als sehr schwer. Wichtig ist jedoch ein Standort im näheren Umfeld der Altstadt.

Für die Studie wurde als Standort der Hangbereich vom Reithausplatz gewählt. Die Entfernung von diesem Standort zur Stadtmauer der Altstadt beträgt etwa 250 m und das Grundstück befindet sich im Besitz der Stadt.

Die Integration des Gebäudes in den vorhandenen Hang ist für das Stadtbild positiv zu bewerten. Die Gestaltung der Zufahrt der LKWs für die Holzhackschnitzel ist durch die Hanglage jedoch komplizierter. Bei einer späteren Vor- und Entwurfsplanung können für die Anlieferung der Holzhackschnitzel noch weitere Varianten vorgestellt werden.

Im Rahmen der politischen Diskussion über das vorliegende Nahwärmeconcept können weitere Standorte für die Heizzentrale aufgeführt werden. Diese müssen dann mit den jeweiligen Vor- und Nachteilen bewertet werden.

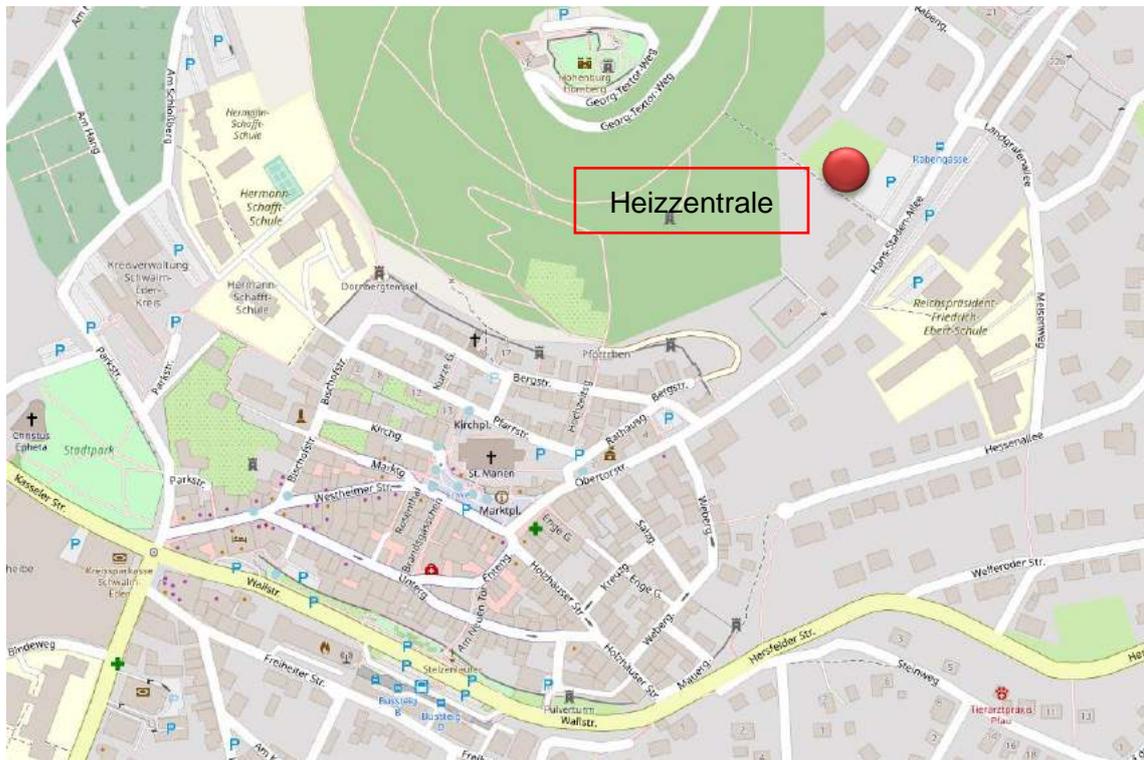


Abbildung 47: Standort für die Heizzentrale - Reithausplatz

Die Akzeptanz der Bürger für das Nahwärmekonzept ist ein wichtiger Punkt. Aus diesem Grund wurde das Gebäude der Heizzentrale transparent gestaltet. Über die Glasfassade sieht der Bürger die Technik für seine Wärmeerzeugung. Die Abbildung 48 zeigt die Ansicht in den Nachtstunden.



Abbildung 48: Ansicht der Heizzentrale in den Nachtstunden

Das Gebäude der Heizzentrale teilt sich auf in den Kesselraum, die beiden Lagerbunker für die Holzhackschnitzel mit der Fördereinrichtung, einen Raum für die Niederspannungshauptverteilung (NSHV-Raum) und einen Büroraum mit Warte. Das Gebäude ist ebenerdig gegründet. Die Zufahrt der LKWs für die Anlieferung der Holzhackschnitzel wird bei dieser Variante hier hinter dem Gebäude angeordnet. In der Fensterfront sind zwei Sektionaltore angeordnet, um bei Wartungsarbeiten an den beiden Heizkesseln die Zugänglichkeit zu ermöglichen. Über diese Sektionaltore werden auch die Ascheboxen abtransportiert. Das Flachdach der Heizzentrale erhält ein Gründach.

Die nachfolgenden Abbildungen zeigen die Heizzentrale als fotorealistische Ansichten. Bei dem Gebäude für die Heizzentrale handelt es sich um ein grobes Vorkonzept im Rahmen der Studie.



Abbildung 49: Ansicht der Heizzentrale vom Reithausplatz



Abbildung 50: Ansicht der Heizzentrale als Luftbild



Abbildung 51: Innenansicht des Kesselraums der Heizzentrale

Die Ansichten in DIN A3 sind in Anlage 5 vorhanden.

8.8 Solarthermie für das Schwimmbad

Zurzeit läuft die Planung für die Erneuerung des Freibads „Am Erleborn“. In der Planungsphase wurde über eine Anbindung der Heizzentrale für das Nahwärmenetz nachgedacht. Da die Planungen noch nicht abgeschlossen sind, können hier keine konkreten Randbedingungen übernommen werden. Aus diesem Grund wurde dieser Punkt in dem Nahwärmekonzept nicht berücksichtigt und wird hier nur kurz angesprochen.

Bei einer Anlage für Solarthermie könnte bei einer Fläche von 3.000 m² in der Jahressumme etwa 1.266.000 kWh erzeugt werden. Bei einer Anbindung an die Heizzentrale könnte überschüssige Energie aus der Solarthermie in das Nahwärmenetz eingespeist werden. Im Gegenzug könnte bei geringer Sonneneinstrahlung im Sommer über die Solarthermie / Heizzentrale das Freibad mit seinen geplanten Gebäuden beheizt werden.

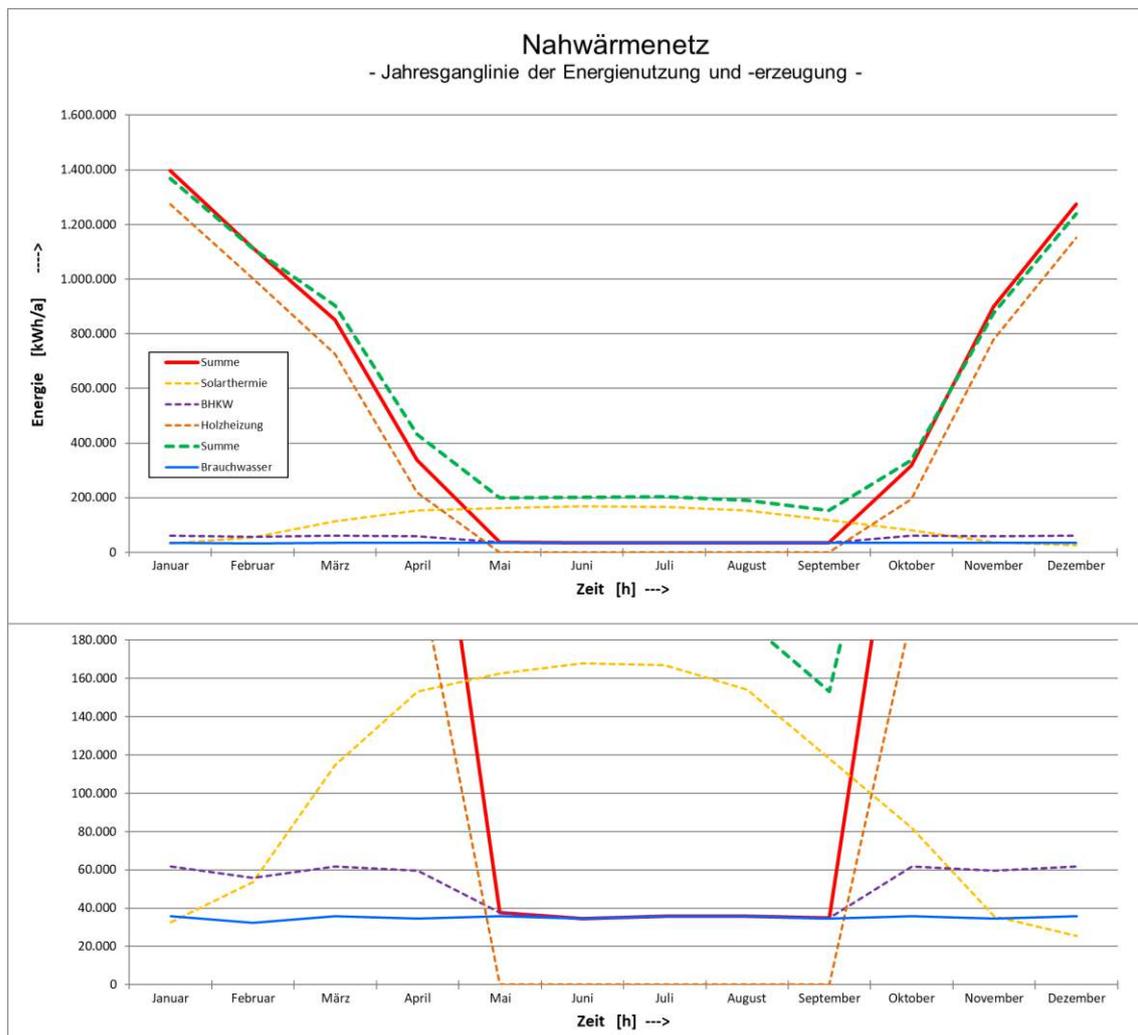


Abbildung 52: Jahresganglinie der Energieerzeugung mit Solarthermie

In Abbildung 52 ist die Jahresganglinie der Energieerzeugung über die Solarthermie dargestellt. Auch in den Übergangszeiten – bei geschlossenem Freibad – würde über die Solarthermie noch Energie erzeugt. Diese würde für die Anhebung der Rücklauftemperatur vor der Holz hackschnitzelheizung verwendet werden.

8.9 Hemmnisse für das Nahwärmenetz - Lösungswege

Für die Errichtung und den Anschluss an das Nahwärmenetzes im Quartier Altstadt können die folgenden **Hemmnisse** auftreten:

- Fehlende Akzeptanz beim Bürger für eine innenstadtnahe Heizzentrale mit Holz hackschnitzel.
- Bürgerinitiative der betroffenen Anwohner am Standort der Heizzentrale.
- Fehlende Akzeptanz der Bürger für die Verlegung der Nahwärmeleitungen in den Straßen und den damit verbundenen Tiefbauarbeiten.
- Es sollte ein Anschlussgrad der Gebäude an das Nahwärmenetz von mindestens 60 % erreicht werden. Ein geringerer Anschlussgrad könnte die Wirtschaftlichkeit des Projektes verschlechtern.

- Alter der Anwohner. Bürger / Anwohner, die schon das Rentenalter erreicht haben, haben oft nicht das Geld / Kreditwürdigkeit, um auch kleine Investitionen zu tätigen. Damit fehlt eventuell das Geld für den Hausanschluss an die Nahwärmeleitung.
- Kosten / Hemmung für die Demontage des alten Energieerzeugers / alten Heizkessels.
- Alternative Heizmethoden: neue Trends und Werbeversprechen.
- Fehlender Erwerb / Sanierung der alten Fachwerkhäuser.
- Fehlende regionale und überregionale Vermarktungsstrategie für den Kauf von Fachwerkhäusern.

Lösungswege für die oben aufgeführten Punkte könnte sein:

- Hier müssen projektbegleitend die Bürger / Anwohner über die Vorteile einer Nahwärmeversorgung aus regenerativer Energie informiert werden. Wichtig wäre auch ein Energieberater als persönlicher Ansprechpartner. Dies könnte durch das schon oben empfohlene Klimaschutzmanagement erfolgen.
- Das städtische Klimaschutzmanagement sollte innerhalb der Altstadt in einem alten Fachwerkhaus untergebracht werden. Hierfür sollte ein altes Fachwerkhaus saniert werden. Die Sanierung wäre dann auch ein Beispiel für die Bürger / Hauseigentümer.
- Mit dem Anschlussgrad an das Nahwärmenetz steht und fällt der Erfolg der Maßnahme. Wie oben beschrieben, könnte über einen Energieberater die Akzeptanz erhöht werden. Hierbei sollte offen über den notwendigen Anschlussgrad gesprochen werden.
- Ein Investitionsmodell, bei dem die notwendigen Investitionen über den Wärmebezug abgerechnet werden. Eine Kooperation mit der örtlichen Sparkasse / Volksbank für ein solches Modell wäre sinnvoll. So könnten die Kosten für den Hausanschluss über einen längeren Zeitraum gestreckt werden.
- Eine regionale / überregionale Vermarktungsstrategie für den Kauf von Fachwerkhäusern. Hier muss insbesondere die junge Generation angesprochen werden. Bei neuen / jungen Hauskäufern ist die Akzeptanz bestimmt höher sich an das Nahwärmenetz anschließen zu wollen.
- Internetseite für das Nahwärmenetz. Auf der Seite vergleichbare Modelle vorstellen.

9 CO₂- UND ENERGIEEINSPARUNG

Da von den bestehenden Gebäudeheizungen im Altstadtquartier nur wenige Informationen vorliegen, werden für die weitere Betrachtung die Informationen aus der Umfrage verwendet und davon ausgegangen, dass bei den Heizungen zu 81,9 % Gasheizungen und zu 9,1 % Ölheizungen vorhanden sind. 9,0 % der bestehenden Heizungen haben schon einen erneuerbaren Energieträger.

Bei der Berücksichtigung der zukünftigen Gebäudesanierung bei der CO₂-Einsparung besteht das Problem der Zuordnung der sanierten Häuser zur Wärmeversorgung über das Nahwärmenetz oder als dezentrale Einzelheizung. Daher wurde bei der Sanierung davon ausgegangen, dass sich die Gebäude mit energetischer Sanierung mit gleichen Anteilen bei der Gruppe mit Anschluss und der Gruppe ohne Anschluss an das Nahwärmenetz befinden.

Die Ergebnisse für die Energie- und CO₂-Einsparung sind in den nachfolgend aufgeführten Zahlen und Berechnungen aufgeführt:

Eingangsdaten

Quelle: BaFa-Merkblatt - Stand 01.01.2019

- Strom - Inland	=	0,537	kg CO ₂ /kWh
- Heizöl - leicht	=	0,266	kg CO ₂ /kWh
- Erdgas	=	0,202	kg CO ₂ /kWh
- Biomasse Holz	=	0,029	kg CO ₂ /kWh

Bestand: Gasheizung - dezentral

- Primärenergie _{gesamt}	=	11.506.542	kWh/a
- CO ₂ -Produktion	=	2.324.322	kg CO ₂ /a

Bestand: Ölheizung - dezentral

- Primärenergie _{gesamt}	=	1.278.505	kWh/a
- CO ₂ -Produktion	=	340.082	kg CO ₂ /a

BHKW

- Primärenergie _{gesamt}	=	1.060.546	kWh/a
-	=	214.230	kg CO ₂ /a
- Stromproduktion	=	365.888	kWh/a
- Einsparung	=	196.482	kg CO ₂ /a

PV-Anlagen

- Stromproduktion	=	558.000	kWh/a
- Einsparung	=	299.646	kg CO ₂ /a

Holzhackschnitzelheizung

- Primärenergie _{gesamt}	=	6.406.595	kWh/a
-	=	185.791	kg CO ₂ /a
- Netzverluste	=	383.846	kWh/a
-	=	11.132	kg CO ₂ /a
- Betriebsstrom	=	7.242	kWh/a
-	=	3.889	kg CO ₂ /a

Energetische Gebäudesanierung

- Anteil im Quartier	=	60,6	%
- Primärenergie _{gesamt}	=	3.834.490	kWh/a
- CO ₂ -Produktion	=	799.108	kg CO ₂ /a

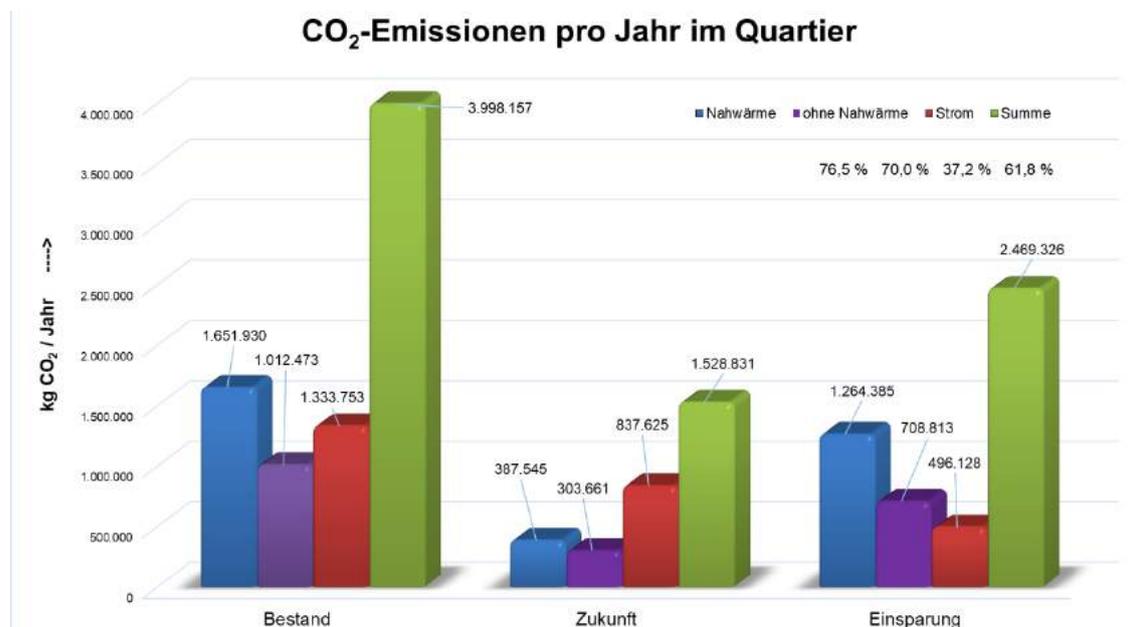


Abbildung 53: Mögliche CO₂-Einsparung bei der Gebäudeheizung, Sanierung und Strom

Der größte Anteil an CO₂-Einsparung wird durch den Anschluss der Gebäude an das Nahwärmenetz mit einer Energieerzeugung aus Holzhackschnitzeln und einem Gas-BHKW für die Grundlast erreicht. Die Einsparung liegt dort bei 76,5 %.

In der Summe werden durch das hier vorgestellte Konzept etwa 61,8 % an dem Treibhausgas CO₂ eingespart.

Die Summe der Energieeinsparung für die Sektoren Gebäudewärme und Strom liegt im Bereich von 4.631.591 kWh/Jahr. Dies entspricht einer Einsparung von 28,0 %.

10 NAHWÄRME: INVESTITIONSKOSTEN - WIRTSCHAFTLICHKEIT

10.1 Grundlagen

Die Kosten- und die Wirtschaftlichkeitsberechnung basiert von der Planungstiefe auf dem Niveau einer Vorplanung. Die angegebenen Preise sind Bruttopreise mit 19 % Mehrwertsteuer. Als Energieträger für die Energieerzeugung wurden Holzhackschnitzel gewählt.

10.2 Investitionskosten für das Konzept Homberg (Efze)

In der nachfolgenden Tabelle 7 ist eine Übersicht der Investitionskosten vorhanden. Eine detailliertere Kostenzusammenstellung ist in Anlage 9 enthalten.

Beschreibung	Bruttopreis
Nahwärmeleitungen	4.368.800 €
Hausanschlüsse	1.790.368 €
Heizzentrale – Verfahrens- und EMSR-Technik	1.206.190 €
Heizzentrale – Bautechnik	1.254.432 €
Baunebenkosten	1.070.560 €
Summe	9.690.350 €

Tabelle 7: Investitionskosten als Bruttopreise mit 19 % Mehrwertsteuer

Die Kosten für die Hausanschlüsse würden die Anwohner tragen. Hier gibt es pro Hausanschluss eine Fördermöglichkeit von 1.800 €.

10.3 Wirtschaftlichkeitsberechnung für das Konzept Homberg (Efze)

Die Wirtschaftlichkeitsberechnung basiert auf der Methode der Jahreskostenberechnung. In Anlage 10 ist die Tabelle der Eingangsdaten, Randbedingungen und Berechnung dargestellt. Die spezifischen Energiekosten betragen nach der Berechnung 0,0765 €/kWh.

10.4 Vergleich mit anderen Nahwärmeanbietern

Für einen Vergleich mit anderen Anbietern von Nah-/Fernwärme wurde eine Internetrecherche durchgeführt. In Tabelle 8 ist die Übersicht der jeweiligen Kosten der Anbieter aufgeführt. Da die Anbieter verschiedene Abrechnungsmodelle haben, wurde die Berechnung für einen typischen Haushalt mit:

- Jahresverbrauch: 30.000 kWh/a
- Anschlussleistung: 12 kW
- Beheizte Wohnfläche: 120 m²

durchgeführt. Als Vergleichsgröße wurde der spezifische Wärmepreis pro kWh ausgerechnet. Bei der Berechnung wurde ein Mehrwertsteuersatz von 19 % angesetzt.

Betreiber	Grundpreis	Leistungspreis	Arbeitspreis		Summe	spez. Preis	
	€/a	€/kW	€	€/kWh	€	€/kWh	
Nahwärme Moosbach	310,00	61,00	732,00	0,0700	2.100,00	3.142,00	0,1047
SW Wetter (Hessen)	-	31,55	378,60	0,0889	2.667,00	3.045,60	0,1015
SW Tübingen	189,61	40,22	482,64	0,1079	3.237,00	3.909,25	0,1303
SW Mengen	190,40	25,39	304,66	0,0877	2.631,34	3.126,40	0,1042
N ERGIE - Nürnberg	-	-	-	0,0752	2.256,00	2.256,00	0,0752
Wasenberg	357,00	-	-	0,0952	2.856,00	3.213,00	0,1071
SW Meerbusch	850,49	-	-	0,0431	1.293,00	2.143,49	0,0714
Hornberg (Efze) - Studie	-	-	-	0,0765	2.295,69	2.295,69	0,0765

Tabelle 8: Vergleich der spezifischen Energiekosten mit anderen Nahwärmeanbietern

Die Spanne des Wärmepreises liegt zwischen 0,0714 und 0,1303 €/kWh. Für das Nahwärmekonzept in Hornberg (Efze) liegt der berechnete Preis mit 0,0765 €/kWh im unteren Bereich.

10.5 Vergleich der geplanten Nahwärme mit dem Bestand

Für den Vergleich des geplanten Nahwärmenetzes mit den bestehenden dezentralen Gebäudeheizungen werden die Jahreskosten für den Energieträger Erdgas und Heizöl den Kosten der Nahwärme gegenübergestellt. Die Kosten der Zentralheizung im Gebäude werden dabei nicht berücksichtigt, da diese Kosten bei allen drei Varianten gleich sind.

Für die Berechnung werden die folgenden Randbedingungen gewählt:

- Energiebedarf:
 - Energiebedarf = 30.000 kWh/Jahr
- Brennstoffkosten:
 - Brennstoffkosten Erdgas H = 0,051 €/kWh
 - Brennstoffkosten Heizöl = 0,058 €/kWh
(Mittelwert der letzten 1.000 Tage)
- Erdgas-Zentralheizung:
 - Energiekosten = 1.539 € pro Jahr
 - Grundpreis = 114 € pro Jahr
 - Schornsteinfeger = 80 € pro Jahr
 - Betriebsstrom = 80 € pro Jahr
 - Wartung & Instandhaltung = 250 € pro Jahr
 - Abschreibung - 25 Jahre = 240 € pro Jahr
 - Summe = 2.303 € pro Jahr
 - **spezifische Energiekosten = 0,0768 €/kWh**

- Heizöl-Zentralheizung:
- | | | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|--------------|
| - | Energiekosten | = | 1.754 € | pro Jahr |
| - | Schornsteinfeger | = | 120 € | pro Jahr |
| - | Betriebsstrom | = | 80 € | pro Jahr |
| - | Wartung & Instandhaltung | = | 350 € | pro Jahr |
| - | Abschreibung - 25 Jahre | = | 560 € | pro Jahr |
| - | Summe | = | 2.864 € | pro Jahr |
| - | spezifische Energiekosten | | 0,0955 | €/kWh |
- Nahwärmekonzept Homberg (Efze):
- | | | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|--------------|
| - | spezifische Energiekosten | = | 0,0765 | €/kWh |
|---|----------------------------------|---|---------------|--------------|

Mit den aktuellen Kosten liegt die Heizung mit Erdgas etwas günstiger und die mit Heizöl etwas höher als die spezifischen Kosten für die Nahwärme.

Die fossilen und damit auch die regenerativen Energieträger werden in den nächsten Jahren einer deutlichen Preissteigerung unterliegen. Allein durch die jährlich steigende Bepreisung der CO₂-Emissionen ab dem Jahr 2021 ergibt sich eine über der Inflationsrate liegende Preissteigerung.

Die Auswirkungen dieser Preissteigerung auf den Heizenergiebezug wurden untersucht. Hierbei wurde die Preissteigerung nur auf den jeweiligen Energieträger angewendet. In Abbildung 54 ist das Ergebnis aufgeführt. Die dezentrale Gas- und Heizölheizung unterliegt einer deutlich höheren Preissteigerung. Bei den Holzhackschnitzeln gibt es keine Bepreisung der CO₂-Emissionen. Daher muss im Vergleich mit Erdgas und Heizöl in der Grafik eine geringere Preissteigerung gewählt werden. Die Entwicklung für die nächsten Jahre kann jedoch nicht vorausgesagt werden.

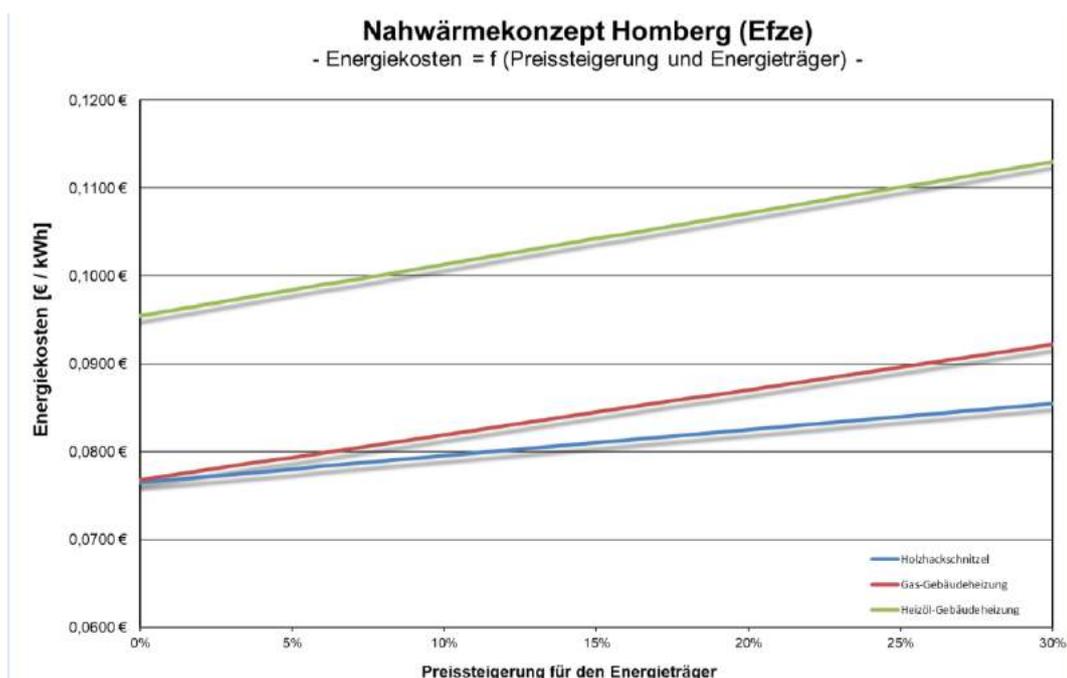


Abbildung 54: Energiekosten in Abhängigkeit der Preissteigerung für den Energieträger

Das Ergebnis lässt sich wie folgt interpretieren: Die Anlagentechnik, bei der prozentual die Kosten für den Energieträger einen geringen Anteil aufweist, hat bezüglich steigender Energiekosten die geringste Abhängigkeit.

Dieses Ergebnis zeigt, dass durch eine Nahwärmeversorgung mit einer Energiegewinnung durch Holzhackschnitzel die zukünftigen Preissteigerungen bei Energieträgern am besten abgefangen werden können. Damit haben die Gebäude mit Nahwärmeversorgung im Altstadtquartier einen Wettbewerbsvorteil gegenüber bestehenden Gebäuden in der Peripherie / älteren Neubaugebieten.

Nur bei Neubauten nach den heutigen Wärmeschutzvorschriften - oder besser - kommt dieser Vorteil durch den geringen Energieverbrauch bei diesen Gebäuden nicht zum Tragen.

11 FÖRDERUNG

11.1 Grundlage

Grundlage der Förderung ist das Marktanreizprogramm der Bundesregierung. Im Dezember 2019 wurde das Marktanreizprogramm aus dem Jahr 2009 aktualisiert. Über die KfW-Bank gibt es Förderprogramme mit günstigen Darlehen und Tilgungszuschüssen.

11.2 KfW-Förderprogramm 271

Gefördert werden Wärmenetze, die aus erneuerbaren Energien gespeist werden.

Voraussetzung für die Förderfähigkeit ist:

- Die Bereitstellung von Wärme aus erneuerbaren Energien.
- Im Jahresmittel wird über das gesamte Netz ein Mindestwärmeabsatz von 500 kWh pro Jahr und Meter Trasse bereitgestellt. Der prognostizierte Wert für das Nahwärmenetz in Homberg (Efze) liegt bei 1.622 kWh pro Jahr und Meter Trasse.
- Mindestens 50 % mit Wärme aus erneuerbaren Energien bei überwiegender Versorgung von Bestandsgebäuden.

Die Tilgungszuschüsse betragen:

- Biomasseanlagen zur Verbrennung fester Biomasse für die thermische Nutzung
 - bis zu 20 € je kW;
 - höchstens jedoch 50.000 € je Einzelanlage;
 - Bonus für niedrige Staubemissionen bis zu 20 € je kW;
 - Bonus für die Errichtung eines Pufferspeichers bis zu 10 € je kW;
 - die Boni sind kumulierbar, die Höchstförderung beträgt dann 100.000 € pro Einzelanlage.
- Wärmenetze mit überwiegend erneuerbarer Energie
 - 60 € je Meter Trassenlänge.
 - Höchstens jedoch 1.000.000 € Förderhöchstbetrag.
 - Hausübergabestation für Bestandsgebäude mit 1.800 € pro Haus.
- Anreizprogramm Energieeffizienz
 - Dient bei einer Wärmenetzinvestition der überwiegende Teil der neuen Hausanschlüsse der Ersetzung ineffizienter dezentraler Wärmeerzeuger, so können:
 - alle Hauptleitungen des Wärmenetzes,
 - alle Hausübergabestationen, die einen ineffizienten Wärmeerzeuger ersetzen und
 - diejenigen Hausanschlussleitungen, die zu Hausübergabestationen führen, deren ineffizienter Wärmeerzeuger ersetzt wird,den Zusatzbonus von 30 % nach Anreizprogramm Energieeffizienz erhalten.

Die Tilgungszuschüsse beziehen sich auf die Nettoinvestitionen.

Dieses Förderprogramm passt am besten zu der geplanten Maßnahme in Homberg (Efze). Die Förderquote beim Nahwärmenetz läge bei 7,8 %, bei den Hausanschlüssen bei 27,4 % und bei der Heizzentrale bei 5,1 %.

11.3 KfW-Förderprogramm 202

Gefördert wird ein Wärmenetz mit einer KWK-Anlage (Kraft-Wärme-Kopplung⁸).

Voraussetzung für die Förderfähigkeit ist:

- Förderung von Anlagen der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK).
- Förderung des Nahwärmenetzes.

Der Tilgungszuschuss beträgt:

- 10 % des Zusagebetrags

Die Förderung ist abhängig von der Wärmeerzeugung durch eine KWK-Anlage. Da die Wärmeabgabe in den Sommermonaten zu gering ist, wäre eine KWK-Anlage nicht wirtschaftlich. Die Anlage käme somit für die Stromerzeugung nicht auf die gewünschte Laufzeit von 5.000 Stunden pro Jahr.

11.4 BaFa-Förderung

Gefördert werden die Wärmenetze im Quartier und nicht die Heizzentrale.

Voraussetzung für die Förderfähigkeit ist:

- Förderung von Anlagen der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK).
- Bei Wärme aus erneuerbaren Energien muss der Wärmeanteil aus einer KWK-Anlage mindestens 25 % betragen.
- Kosten für die Energieerzeugung sind nicht ansatzfähig.
- Kosten für die Hausstationen sind nicht ansatzfähig.

Der Tilgungszuschuss beträgt:

- 10 % des Zusagebetrags

Der Anteil der Wärme aus einer KWK-Anlage (Kraft-Wärme-Kopplung) muss mindestens 25 % betragen. Das geplante BHKW hat jedoch nur einen Anteil von ca. 9,5 %. Der Einsatz eines größeren BHKWs macht wirtschaftlich keinen Sinn, da in den Sommermonaten für die erzeugte Energie keine Abnehmer vorhanden sind.

⁸ Z.B. ein Blockheizkraftwerk – BHKW. Dieses Produziert Strom und Wärme

11.5 Modellvorhaben Wärmenetzsysteme 4.0

Gefördert werden komplette Wärmenetze im Quartier mit der Heizzentrale und den Hausanschlüssen.

Voraussetzung für die Förderfähigkeit ist:

- Neubau eines **innovativen** Wärmenetzsystems 4.0.
- Mindestens 90 % des Wärmebedarfs der angeschlossenen Endkunden wird bezogen.
- Das Wärmenetzsystem muss der experimentellen Entwicklung zuzuordnen sein.

Die Förderung beträgt:

- Grundförderung von 30 %.
- Nachhaltigkeitsprämie von 10 % bei der Nutzung von erneuerbaren Energien.

Anträge können noch bis zum 31.12.2022 gestellt werden.

Dieses Programm hat den größten Förderbetrag. Mit der Nachhaltigkeitsprämie sind dies 40 %. Bei dem Förderprogramm 271 liegt die Förderquote mit den Hausanschlüssen bei etwa 8,2 % und ohne Hausanschlüsse bei nur 5,1 %. Da eine Zusage zu dem Förderprogramm nicht eindeutig ist, wurde bei der Nahwärmestudie nicht mit diesen Fördersätzen gerechnet.

Für die Möglichkeiten eines **innovativen** Wärmenetzsystems 4.0 in Homberg (Efze) sprechen die folgenden Argumente.

- Mit Holzhackschnitzeln würde erneuerbare Energie aus der Region genutzt.
- Homberg (Efze) hat mit 2.400 ha einen großen Waldbestand. 875 ha davon sind Privatwald und 785 ha Gemeindeforest. Der größte Anteil wird in der Holzverarbeitung verwendet.
- Die Region Knüll hat große Waldflächen. Auch diese Wälder werden weitgehend als Nutzwälder genutzt.
- Beim Holzeinschlag fallen größere Mengen an Waldrestholz (siehe Abbildung 55) an. Die Logistik / Nutzung dieses regionalen Waldrestholzes als Holzhackschnitzel im Nahwärmenetz in Homberg (Efze) wäre eine innovative regionale Energiegewinnung.
- Problem ist die Logistik. Wo und wann fallen diese Resthölzer in der Region an. Wie werden sie zerkleinert, getrocknet und transportiert. Mit der RU Recycling- und Umweltdienst GmbH haben wir in der Region eine Firma, welche schon über Jahre Holzhackschnitzel verarbeitet und verkauft. Hier wäre für ein innovatives Wärmenetzsystem 4.0 eine Zusammenarbeit als **Regionalmanagement** denkbar.



Abbildung 55: Waldrestholz im Wald der Region

- Die Verbrennung von Holzhackschnitzeln in einer großen Anlage mit einem Standort in der Innenstadt bringt auch Probleme bei den Immissionen und deren Wahrnehmung bei den Bürgern mit sich. In dem Nahwärmekonzept erfolgt mit Elektrofiltern die Rauchgasreinigung nach den heutigen Vorschriften. Damit ist jedoch der Stand der technischen Möglichkeiten nicht ausgereizt. Als innovatives Wärmenetzsystem 4.0 könnte man sich auch eine **weitergehende Rauchgasreinigung** vorstellen, um die Akzeptanz beim Bürger für eine innenstadtnahe Anlage zu erhöhen. Diese Mehrkosten würden auch mit 40 % gefördert. Für eine Umsetzung müssten weitere Kontakte zu Herstellern von Rauchgasreinigungsanlagen geknüpft werden.
- Der Nährstoffentzug aus dem Waldgebiet ist bei der thermischen Nutzung von Holz ein großes Thema. Die direkte Ausbringung der Asche im Wald ist aus rechtlichen und ökologischen Gründen nicht möglich. Jedoch werden die Ziele der Kreislaufwirtschaft hier nicht eingehalten. Ein Pilotprojekt für eine Aufbereitung der **Asche als Dünger** für den Wald wäre eine innovative Maßnahme im Sinne der Kreislaufwirtschaft.

Die Möglichkeiten / Zulassung für dieses Programm müssten nach einer politischen Entscheidung für ein Nahwärmekonzept mit dem Förderträger abgestimmt werden.

12 ÖRTLICHE VORNACHTEILE FÜR EIN NAHWÄRMEKONZEPT

Wie eingangs erläutert muss für die Zukunftsfähigkeit des Altstadtquartiers in Homberg (Efze) die Attraktivität für die bestehende Bausubstanz aus Fachwerkhäusern verbessert werden. Ein wichtiger Aspekt ist dabei die Gebäudeheizung mit den Anforderungen des GEG. Bei einer Sanierung / einem Umbau eines Fachwerkhäuses müssen auch die Anforderungen des GEG eingehalten werden.

Eine Betrachtungsgröße dabei ist der **Primärenergieverbrauch**. Bei der Nutzung von fossilen Energieträgern müssen erhebliche Aufwendungen in die Sanierung der Gebäudehülle getätigt werden. Dabei ergeben sich häufig Konflikte mit dem Denkmalschutz und mit dem vorhandenen Charakter der Stadt als Fachwerkstadt.

Für eine dezentrale Nutzung von regenerativen Energieträgern bei der Sanierung von Fachwerkhäusern sind häufig die Platzverhältnisse in dem Gebäude / auf dem Grundstück der limitierende Faktor. Durch die sehr engen Bauverhältnisse in der Altstadt wird dies noch verstärkt.

In Abbildung 56 ist das Ergebnis der energietechnischen Berechnung des Referenzgebäudes mit einem **Nahwärmanschluss** (aus regenerativer Energie) aufgeführt. Durch den Einsatz von regenerativer Energie im Nahwärmenetz können die GEG-Anforderungen sogar für einen GEG-Neubau eingehalten werden.

EnEV-Anforderungen

	Ist-Wert	mod. Altbau	EnEV-Neubau	-15 %	-30 %	-50 %	Neubau %
Jahres-Primärenergiebedarf q_p [kWh/(m ² a)]	18,54	112,78	80,42	51,36	42,29	30,21	-69 %
Transmissionswärmeverlust H_{tr} [W/(m ² K)]	0,358	0,560	0,361	0,307	0,253	0,181	-1 %

Berechnung nach DIN V 18589 / EnEV 2016

Gebäudenutzfläche	310,2 m ²
Volumen V_G	969,5 m ³
Hüllfläche A	606,54 m ²
Fensterfläche	40,50 m ²
Außentürfläche	0,00 m ²
Nutzung	Wohngebäude
Gebäudetyp	bestehendes Gebäude

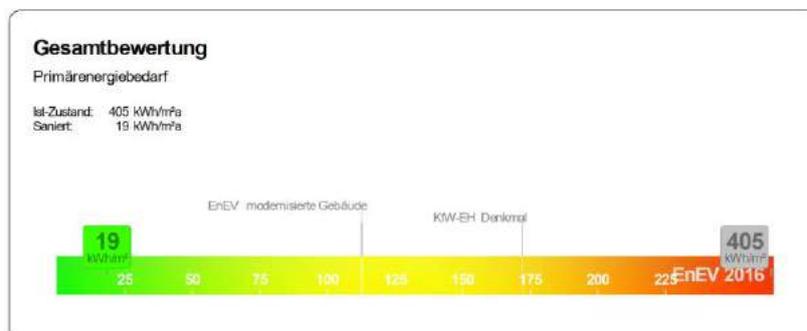


Abbildung 56: GEG/EnEV-Anforderung für das Referenzgebäude mit Nahwärmanschluss

EnEV-Anforderungen

	Ist-Wert	mod. Altbau	EnEV-Neubau	-15 %	-30 %	-50 %	Neubau %
Jahres-Primärenergiebedarf q_p [kWh/(m ² a)]	184,48	112,78	60,42	51,36	42,29	30,21	+205 %
Transmissionswärmeverlust H_T [W/(m ² K)]	0,388	0,560	0,361	0,307	0,253	0,181	-1 %

Berechnung nach DIN V 18599 / EnEV 2016

Gebäudenutzfläche	310,2 m ²
Volumen V_n	969,5 m ³
Hüllfläche A	606,54 m ²
Fensterfläche	40,50 m ²
Außentürfläche	0,00 m ²
Nutzung	Wohngebäude
Gebäudetyp	bestehendes Gebäude

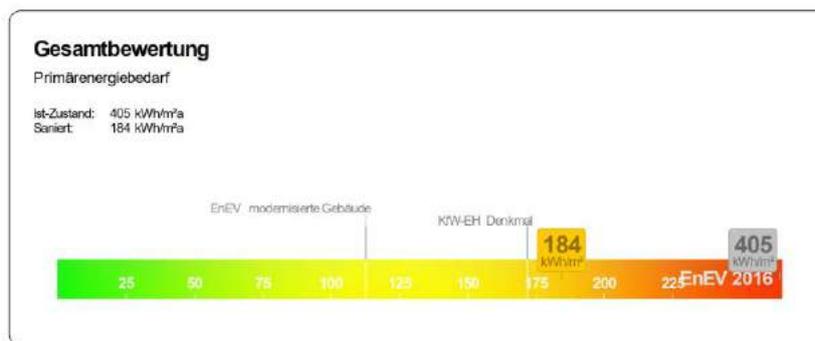


Abbildung 57: GEG/EnEV-Anforderung für das Referenzgebäude mit Gasheizung

In Abbildung 57 erfolgt für das gleiche Referenzgebäude die Energieerzeugung über **Erdgas**. Hier sieht man, dass die Anforderungen beim Primärenergieverbrauch deutlich überschritten werden. Um dennoch die Anforderungen einhalten zu können, müsste dezentral regenerative Energie eingesetzt werden und/oder die Außenhülle des Gebäudes deutlich besser gedämmt werden.

Durch die Errichtung eines Nahwärmenetzes mit dem Einsatz von regenerativer Energie kann der Aufwand für die Dämmung der historischen Fachwerkgebäude in Grenzen gehalten werden. Damit wird der Kauf und die Erhaltung der alten Bausubstanz im Altstadtquartier attraktiver.

Zusätzlich wird durch den Einsatz von regenerativer Energie für die Gebäudeheizung der CO₂-Fußabdruck für die Bewohner reduziert. Damit bekommt das Quartier neben dem historischen auch einen ökologischen Aspekt. Alt und neu kommen zusammen. Dies ist ein gutes Kriterium für zukünftige Interessenten, um sich für ein Fachwerkhaus in der Altstadt von Homberg (Efze) zu entscheiden.

13 HANDLUNGSKONZEPT UND MASSNAHMENKATALOG

Die ersten Ideen und Konzepte von dem Quartierkonzept Altstadt wurden bei einer Bürgerversammlung am 7. Juni 2018 vorgestellt und diskutiert. Für die Bestandsaufnahme wurde ein Fragebogen für Hausbesitzer, Mieter und Gewerbebetriebe erstellt und an die Haushalte versandt. Wegen der geringen Anzahl an Rückantworten wurde die Abgabefrist verlängert. Die Teilnahme an der Befragung lag bei etwa 29 %. Um weitere Bestandsdaten zu erhalten wurden Gespräche mit den Energieversorgern geführt. Parallel dazu wurde von der Stadt ein Leerstandskataster aufgenommen. Darüber konnten die Gebäudekennwerte grob ermittelt werden.

Coronabedingt konnten die geplanten Termine mit der Politik und mit dem Bürger nicht stattfinden. Aus diesem Grund wurde jetzt die Studie auf dem jetzigen Kenntnis-/Diskussionsstand fertiggestellt, um für die weiteren Maßnahmen eine Grundlage für die weitere Diskussion vorlegen zu können.

Nach der Fertigstellung der Studie wird für das weitere Vorgehen das folgende Handlungskonzept mit Maßnahmenkatalog empfohlen:

- Vorstellen des Ergebnisses des Energiekonzepts in den politischen Gremien mit Diskussion.
- Einarbeiten von Anregungen.
- Vorstellen der Ergebnisse bei den Bürgern / Anliegern mit Diskussion.
- Einarbeiten von Anregungen der Bürger / Anliegern.
- Grundsatzentscheidungen der Stadtverordnetenversammlung.
- Einrichtung eines Klimaschutzmanagements im Quartier.
- Modell für die energetische Sanierung von alten Fachwerkhäusern. Beratung durch das Klimaschutzmanagement. Kostenaufstellung und Wirtschaftlichkeit. Kontakt zur Handwerker / Handwerkerinitiativen.
- Möglichkeiten für die Errichtung von PV-Anlagen auf den vorhandenen Dächern. Gespräche mit Bauaufsicht und Denkmalpflege. Interessierte Bürger. Gründung einer Genossenschaft / Möglichkeiten der kbg. Finanzierungsmöglichkeiten. Ausschreibung der Maßnahme als Gesamtleistung.
- Konzept für die energetische Optimierung der Straßenbeleuchtung im Quartier.
- Gespräche über die Lieferung von regionalen Holzhackschnitzeln. Konzept / Aufstellung eines Regionalmanagement für Beschaffung und Logistik.
- Gespräche über die Möglichkeiten zur Verbesserung der Rauchgasreinigung. Möglichkeiten der wissenschaftlichen Begleitung. Aufstellen eines Konzepts.
- Konzept für den Aufbau eines Kreislaufes zum Einsatz der Asche als Düngemittel. Möglichkeiten der wissenschaftlichen Begleitung. Gespräche mit Waldbesitzer über die Einsatzmöglichkeiten
- Anfrage bei den Anwohnern im Quartier bezüglich der Anschlussbereitschaft an das Nahwärmenetz. Schließen von Absichtsverträgen / Vorverträgen.
- Anfragen bezüglich weiterer Anschlüsse in der Peripherie des Quartiers.
- Gespräche mit dem Fördermittelgeber und Fördermittelantrag.
- Vorplanung, Entwurfsplanung, Bauantrag und Baugenehmigung.
- Ausführungsplanung, Einholen von Angeboten und Beauftragungen.
- Bauausführung.
- Inbetriebnahme.
- Aufbau einer regionalen und überregionalen Vermarktungsstrategie für die Fachwerkhäuser.
- Optimierungsphase.

Verantwortlich für das Nahwärmekonzept ist der Magistrat der Kreisstadt Homberg (Efze), für den Anschluss an das Nahwärmenetz und die energetische Sanierung der Gebäude die jeweiligen Eigentümer. Damit sind zwei Gruppen an Akteuren vorhanden, welche auch unterschiedliche Interessen haben. Wichtig ist es, diese beiden Gruppen zusammen zu bekommen. Bei der ersten Bürgerversammlung z.B. waren nur wenige Anwohner / Eigentümer anwesend.

Über den zeitlichen Ablauf der Projektentwicklung können zum jetzigen Zeitpunkt keine Aussagen getroffen werden. Wichtig ist der Termin 31.12.2022, wenn eine Förderung über das Modellvorhaben Wärmenetzsystem 4.0 erfolgen soll.

14 ERFOLGSKONTROLLE

Für einen Erfolg des Energiekonzepts für das Altstadtquartier Hornberg (Efze) sind die folgenden Punkte wichtig:

- Jährliche Statistik über die Energieerzeugung der PV-Anlagen im Quartier.
- Jährliche Statistik über die Energieeinsparung für die Straßenbeleuchtung.
- Jährliche Statistik über die Energieeinsparung für die Gebäudewärme bei den städtischen Gebäuden.
- Anschlussgrad der Anwohner an das Nahwärmenetz:
Dieser Punkt hat den größten Einfluss auf den Erfolg des Konzepts. Mit dem Anschlussgrad steht und fällt das Projekt. Hier muss daher eine intensive Öffentlichkeitsarbeit betrieben werden.
- Auswahl des richtigen Förderprogramms:
Die Höhe der Förderung für das Projekt wirkt sich aus auf die spezifischen Kosten der Anwohner und damit für die Akzeptanz. Die Beobachtung der aktuellen Förderprogramme und die Beratung sind daher ein wichtiger Punkt.
- Vermarktungsstrategie für die Fachwerkhäuser:
Jährliche Fortschreibung des Leerstandkatasters.
Kontrolle des Erfolges der Strategie und ggf. Anpassung an neue Trends.

15 ZUSAMMENFASSUNG

Der Mensch hat mit dem Anthropozän ein neues Erdzeitalter ausgelöst. Durch die CO₂-Emissionen beträgt seit 1900 die globale Erderwärmung etwa 1,0°C. Die derzeitige CO₂-Konzentration von 415 ppm hatten wir auf der Erde zuletzt vor 3,0 Mio. Jahren. Da lag die Durchschnittstemperatur um 2,0 bis 3,0°C wärmer und der Meeresspiegel um 20 m höher. Die Politik muss der Bevölkerung nicht nur die Ziele, sondern auch die Wege und die Dringlichkeit vermitteln und die Signale für ein Klimaschutzpaket rasch setzen.

Im Rahmen des Quartierkonzept Altstadt wird ein Energiekonzept aufgestellt und diskutiert.

Ein wesentliches Standbein des Konzeptes ist das Nahwärmenetz. Als Standort für die Heizzentrale wird für die Studie der Reithausplatz vorgeschlagen. Die Heizzentrale hat die folgenden Funktionseinheiten:

- Holzhackschnitzelheizung - 1.900 kW – 2 Kessel – zweistufige Rauchgasreinigung
- Vorratsbunker für Holzhackschnitzel – V = 230 m³
- BHKW – Leistung = 145 kW – thermische Leistung = 83 kW – elektrische Leistung = 50 kW
- Erdgaskessel – Leistung = 109 kW
- NSHV-Raum und Büro/Warte

Das Nahwärmenetz hat eine Trassenlänge von 3.668 m, die gesamten Investitionskosten betragen 9.690.350 €. Die spezifischen Energiekosten belaufen sich auf 0,0780 €/kWh.

Beschreibung	Bruttopreis
Nahwärmeleitungen	4.368.800 €
Hausanschlüsse	1.790.368 €
Heizzentrale – Verfahrens- und EMSR-Technik	1.206.190 €
Heizzentrale – Bautechnik	1.254.432 €
Baunebenkosten	1.070.560 €
Summe	9.690.350 €

Tabelle 9: Investitionskosten als Bruttopreise mit 19 % Mehrwertsteuer

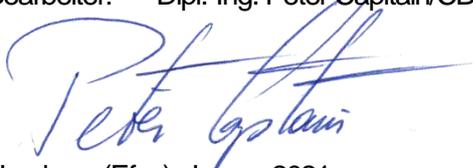
Es gibt verschiedene Fördermodelle:

- KfW-Förderprogramm 271
- KfW-Förderprogramm 202
- BaFa-Förderung
- Modellvorhaben Wärmenetzsysteme 4.0

Die Berechnungen für die Studie hier wurden mit dem KfW-Förderprogramm 271 durchgeführt.

Mit dem Nahwärmenetz wird die Altstadt mit ihren Fachwerkhäusern aufgewertet. Durch den Einsatz von erneuerbarer Energie bei der Nahwärme kann eine energetische Sanierung der Fachwerkgebäude mit einem geringeren Aufwand erfolgen.

Bearbeiter: Dipl.-Ing. Peter Capitain/CB



Homburg (Efze), Januar 2021

Anlage 1 Referenzgebäude: Energiebedarfsrechnung nach DIN 18599 - Bestand

REFERENZGEBÄUDE

Allgemeine Angaben zum Gebäude - BESTAND

Objekt: 34576 Homberg

Beschreibung:

Baujahr Gebäude:	1850
Baujahr Wärmeerzeuger:	1990
Gebäudeart:	Wohngebäude
Gebäudetyp:	Bestandsgebäude
Wohneinheiten:	3

Geometrie:

Beheizte Wohnfläche	A_{Wohn} : 259 m ²
Nutzfläche (0,32 V_e)	A_N : 310 m ²
Hüllfläche	A : 607 m ²
Volumen	V_e : 970 m ³
Luftvolumen	V : 737 m ³

Angaben zur Gebäudegeometrie (zur Bestimmung der Standardleitungslängen):

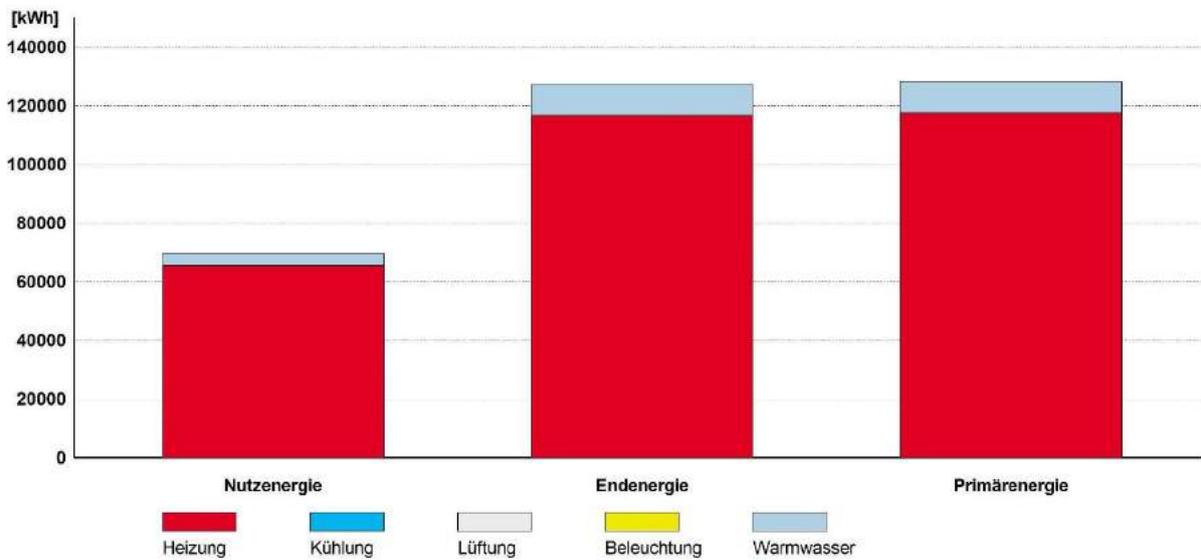
Vollgeschosse	n_G : 3
Geschosshöhe	h_G : 2,50 m
Charakteristische Breite	B : 9,30 m
Charakteristische Länge	L : 13,90 m

Referenzklima:

Klimareferenzort:	Region 07
Norm-Außentemperatur	ϑ_e : -12 °C
Mittl. Außentemperatur	$\vartheta_{e,\text{mittel}}$: 9,3 °C
Außentemperatur Juli	ϑ_{Jul} : 24,6 °C
Außentemperatur September	ϑ_{Sep} : 18,9 °C

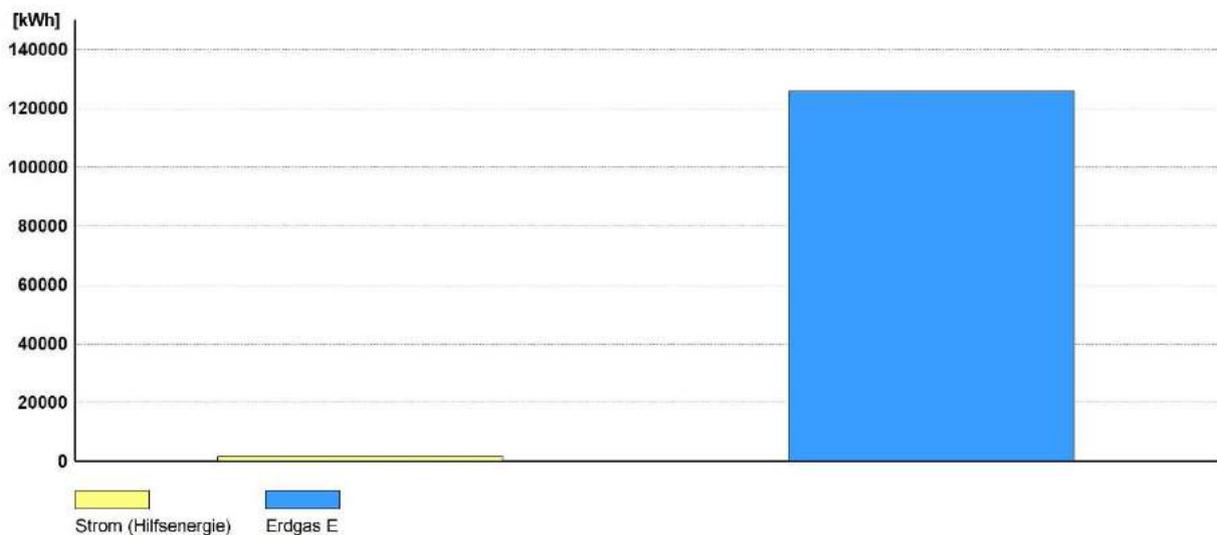
ENERGIEBILANZ - BESTAND

	Gesamt [kWh/a] [kWh/(m²a)]	Heizung [kWh/a] [kWh/(m²a)]	Kühlung [kWh/a] [kWh/(m²a)]	Lüftung [kWh/a] [kWh/(m²a)]	Beleuchtung [kWh/a] [kWh/(m²a)]	Warmwasser [kWh/a] [kWh/(m²a)]
Nutzenergie	69.684 224,61	65.418 210,86	0 0,00	0 0,00	0 0,00	4.266 13,75
Endenergie	127.222 410,06	116.654 376,00	0 0,00	0 0,00	0 0,00	10.568 34,06
Primärenergie	128.289 413,51	117.514 378,77	0 0,00	0 0,00	0 0,00	10.775 34,73



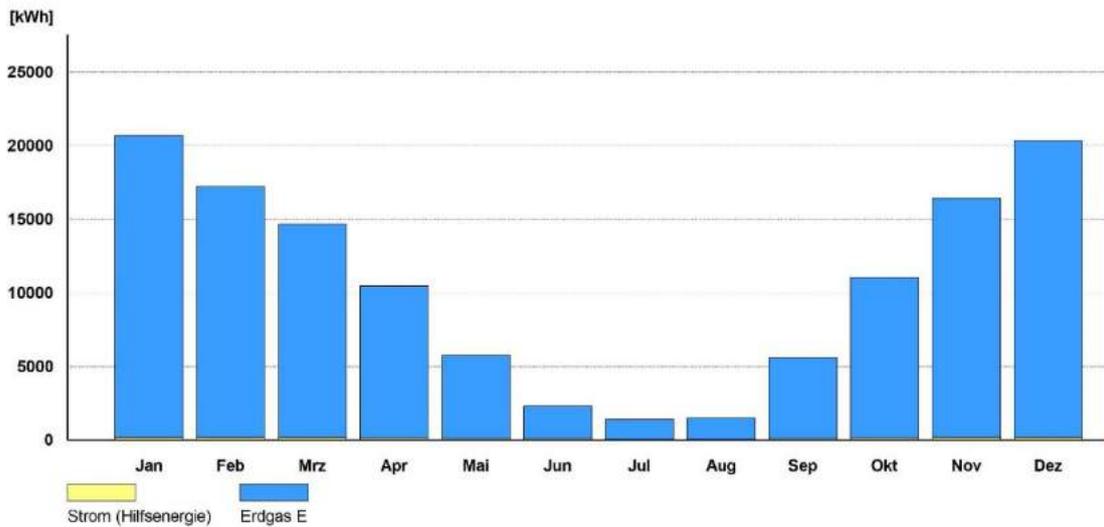
Endenergiebedarf bezogen auf Energieträger

Energieträger	Gesamt [kWh]	Heizung [kWh]	Kühlung [kWh]	Lüftung [kWh]	Beleuchtung [kWh]	Warmwasser [kWh]
Strom (Hilfs...)	1.571	1.356	0	0	0	215
Erdgas E	125.650	115.298	0	0	0	10.353



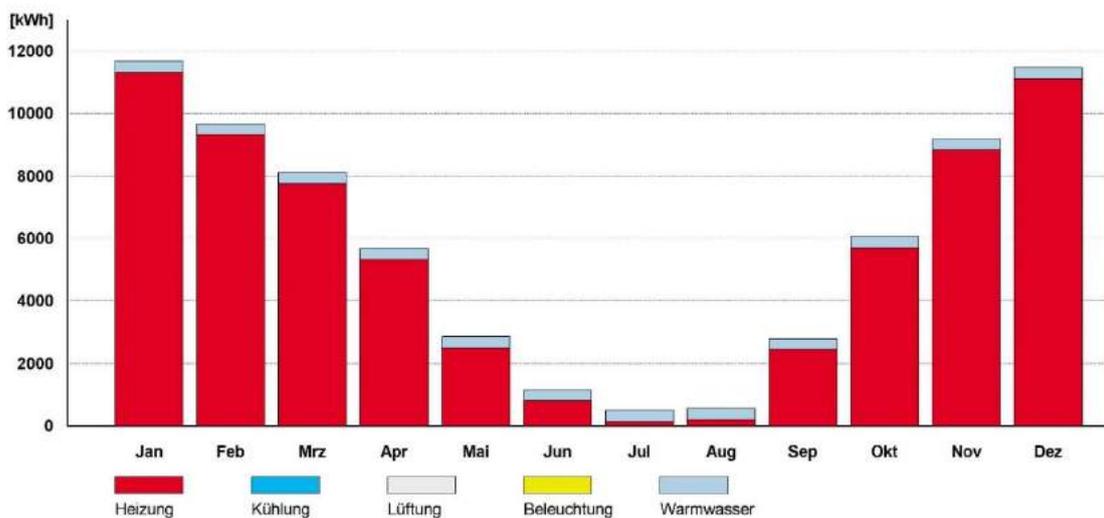
Endenergiebedarf bezogen auf Energieträger - Monatsbilanzierung

[kWh]	Gesamt	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
Strom (Hilfsenergie)	1.571	203	174	168	141	115	76	27	33	111	147	175	200
Erdgas (E)	125.650	20.501	17.011	14.472	10.299	5.639	2.219	1.332	1.431	5.498	10.916	16.205	20.126
Gesamt	127.222	20.704	17.186	14.640	10.440	5.754	2.295	1.360	1.464	5.610	11.063	16.380	20.326



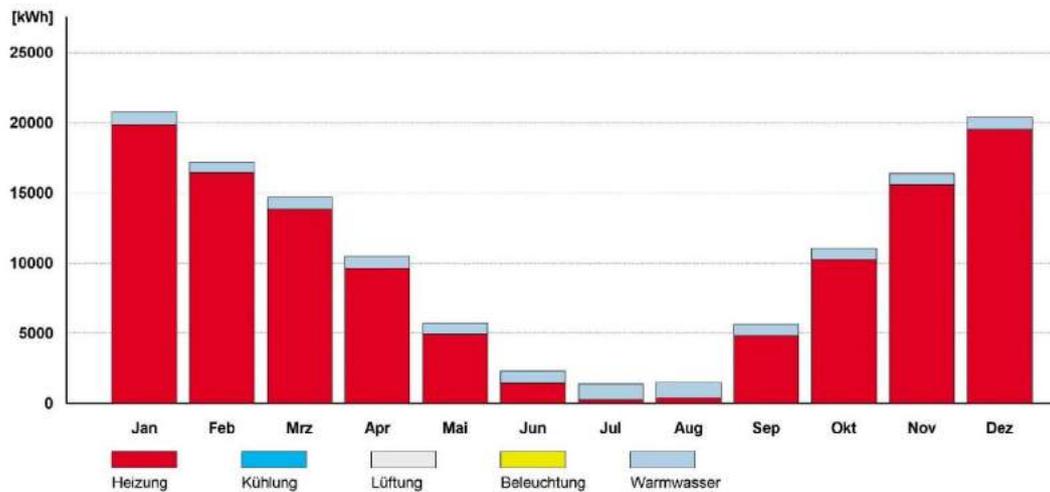
Nutzenergiebedarf - Monatsbilanzierung

[kWh]	Gesamt	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
Heizung	65418	11310	9331	7761	5329	2493	795	130	201	2438	5689	8835	11104
Kühlung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lüftung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Beleuchtung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Warmwasser	4266	362	327	362	351	362	351	362	362	351	362	351	362
Gesamt	69684	11672	9659	8124	5679	2856	1146	493	564	2789	6051	9186	11467



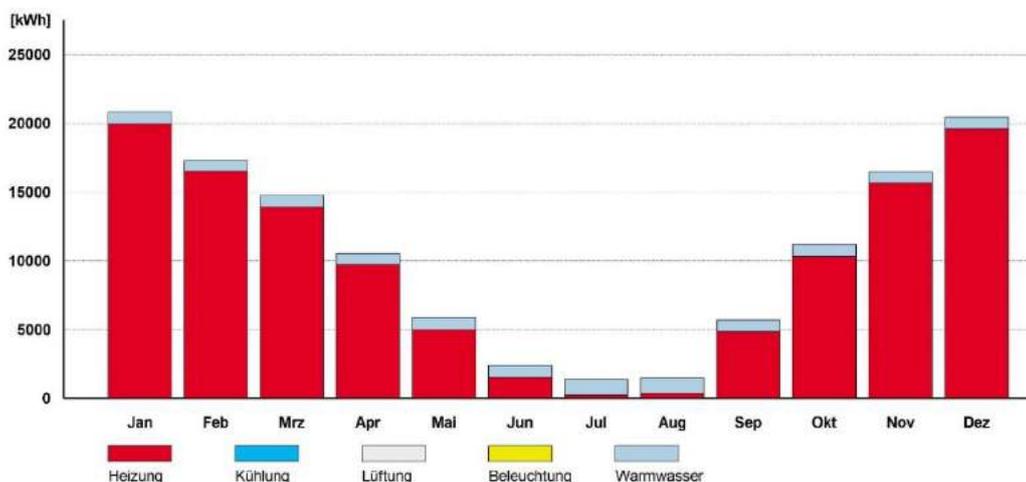
Endenergiebedarf - Monatsbilanzierung

[kWh]	Gesamt	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
Heizung	116.654	19.853	16.417	13.791	9.620	4.909	1.427	233	361	4.792	10.217	15.558	19.475
Kühlung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lüftung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Beleuchtung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Warmwasser	10.568	851	768	849	820	845	869	1.127	1.103	817	847	822	851
Gesamt	127.222	20.704	17.186	14.640	10.440	5.754	2.295	1.360	1.464	5.610	11.063	16.380	20.326



Primärenergiebedarf - Monatsbilanzierung

[kWh]	Gesamt	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
Heizung	117.514	19.933	16.492	13.877	9.707	5.001	1.497	244	378	4.881	10.306	15.640	19.556
Kühlung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lüftung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Beleuchtung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Warmwasser	10.775	869	785	867	837	863	886	1.142	1.119	835	865	840	869
Gesamt	128.289	20.803	17.276	14.745	10.545	5.863	2.383	1.386	1.497	5.716	11.171	16.480	20.425

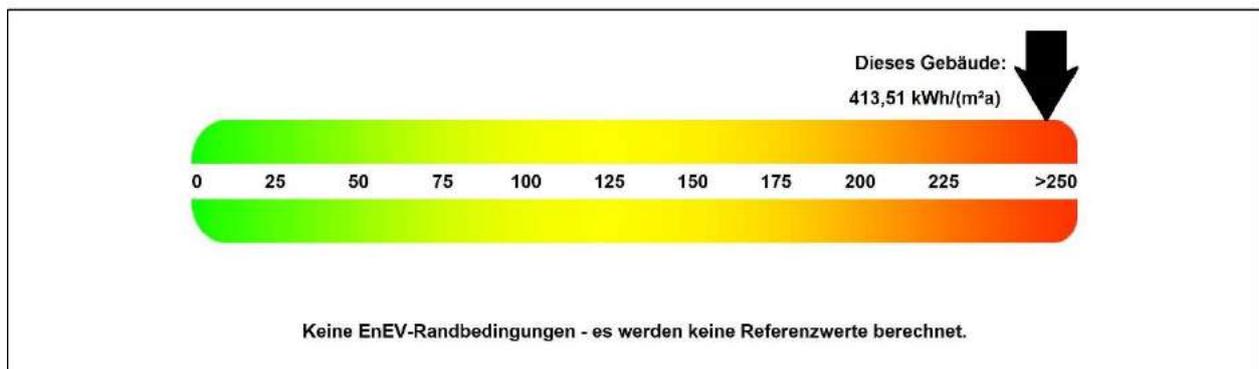


Bewertung des Gebäudes entsprechend den EnEV-Anforderungen

Die Gesamtbewertung des Gebäudes erfolgt aufgrund des jährlichen Primärenergiebedarfs pro m² Gebäudenutzfläche sowie des spezifischen Transmissionswärmekoeffizienten.

Der Höchstwert für den Jahres-Primärenergiebedarf für Neubauten bezogen auf die Gebäudenutzfläche ergibt sich aus dem Jahres-Primärenergiebedarf eines Referenzgebäudes gleicher Geometrie, Gebäudenutzfläche, Ausrichtung und Nutzung, das hinsichtlich seiner Ausführung bestimmten Anforderungen entspricht, multipliziert mit dem Faktor 0,75. Die Anforderungen sind in der Energieeinsparverordnung (EnEV 2014), Anlage 1, Tabelle 1, aufgelistet.

Der Primärenergiebedarf umfasst Heizung, Lüftung, Warmwasserbereitung und ggf. Kühlung. Der Höchstwert des spezifischen Transmissionswärmekoeffizienten für Neubauten ergibt sich aus dem spezifischen Transmissionswärmekoeffizienten des Referenzgebäudes (s.o.). Zusätzlich ist der Höchstwert entsprechend EnEV 2014, Anlage 1, Tabelle 2 einzuhalten. Der Höchstwert für den Jahres-Primärenergiebedarf, bezogen auf die Gebäudenutzfläche für modernisierte Altbauten, darf den Höchstwert für das Referenzgebäude und der spezifische Transmissionswärmeverlust darf den Höchstwert aus EnEV 2014, Anlage 1, Tabelle 2 um maximal 40 % übersteigen.



	Ist-Wert	mod. Altbau	EnEV-Neubau	EnEV -15%	EnEV -30%	EnEV -50%
Jahres-Primärenergiebedarf q_p [kWh/(m ² a)]	413,51	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Transmissionswärmeverlust H_t [W/(m ² K)]	0,00	0,56	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Gebäudeart: Wohngebäude
 Gebäudetyp: Bestandsgebäude
 Energiebezugsfläche: AEBF: 310 m²
 Hüllfläche: A: 607 m²
 Volumen: Ve: 970 m³

ZONE WOHNEN

Bezeichnung der Zone:	Wohnen
Nutzungsprofil:	** Wohnung Mehrfamilienhaus kein Standardnutzungsprofil
Konditionierung:	Heizung
Betriebsunterbrechung:	Nein
Beschreibung:	

Geometrie

Bruttovolumen	V_e :	969,53 m ³
Luftvolumen	V :	736,84 m ³
Nutzfläche	A_N :	310,25 m ²
Hüllfläche	A_{zone} :	606,54 m ²

Randbedingungen

Bauart:		pauschal - mittelschwere Bauart
Wirksame Wärmespeicherfähigkeit	C_{wtk} :	90,00 Wh/(m ² K)
Berechnung mit Temperaturkorrekturfaktor	F_x :	Ja
Wärmebrücken	ΔU_{WB} :	pauschal - 0,10 W/m ² K
Wärmebrückenverluste	$H_{T,D,WB}$:	60,7 W/K
Nutzungsprofil:		** Wohnung Mehrfamilienhaus
Anteil der mitbeheizten Fläche an der Gesamfläche	a_{TB} :	15,00 %

Luftwechsel

Luftvolumen (Nettovolumen)	V :	736,84 m ³
Nutzungsbedingter Mindestaußenluftwechsel	n_{nutz} :	0,50 1/h
Mindestaußenvolumenstrom	V_{nutz} :	368,42 m ³ /h
Art der Lüftung:		Fenster und Infiltration
Luftdichtheit:		Kategorie III - Gebäudebestand
Luftwechsel bei 50 Pa	n_{50} :	6,00 1/h

Lage des Gebäudes:		mehr als eine Fassade
Windexponierte Fassaden:		halbfrei
Windschutzkoeffizienten	e :	0,07
	f :	15,00

Luftwechselrate - Nutzungstage:		
Infiltration	n_{inf} :	0,42 1/h
Fenster	n_{win} :	0,37 1/h
Infiltration und Fenster	$n_{inf+win}$:	0,79 1/h

Nutzungszeiten

Jährliche Nutzungstage	d_{nutza} :	365 d/a
Jährliche Betriebstage Heizen,RLT,Kühlen	$d_{\text{op.a}}$:	365 d/a
Tägliche Nutzungszeit	$t_{\text{nutz,d}}$:	24 h/d

Heizung

Tägliche Betriebsstunden	$t_{\text{h,op,d}}$:	17 h/d
Raum-Solltemperatur	$\vartheta_{\text{ih,setpoint}}$:	20 °C
Minimaltemperatur Auslegung	$\vartheta_{\text{ih,min}}$:	20 °C
Temperaturabsenkung reduzierter Betrieb	$\Delta\vartheta_{\text{INA}}$:	4 °C

Lüftung

Nutzungsbedingter Mindestaußenluftwechsel	n_{nutz} :	0,50 1/h
Luftbefeuchtung erforderlich:		keine Befeuchtung
Mittlerer Anlagenluftwechsel	n_{mech} :	0,40 1/h

Beleuchtung

Abminderungsfaktor Verschmutzung	F_v :	1,00
Verschmutzungsfaktor	k_z :	0,90

Wärmequellen

Interne Wärmequellen		
Tägliche Wärmeabgabe Personen	q_{tp} :	90 Wh/(m ² d)

Senken / Quellen für die Heizung

Senken

in [kWh/d]	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
Transmission	334,84	315,46	260,83	197,38	118,08	72,26	33,48	38,77	111,03	185,05	273,16	322,51
Lüftung	79,64	76,71	67,34	54,41	35,12	22,4	10,74	12,38	33,24	51,63	69,6	77,8
Solare Strahlung	3,47	1,1	0	0	0	0	0	0	0	0,74	3,05	5,2
Innere Senken	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Wärmespeicherung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gesamt	417,95	393,27	328,17	251,79	153,2	94,66	44,22	51,15	144,27	237,42	345,81	405,51

* Wärmespeicherung: Bei reduziertem Heizbetrieb an Wochenenden und Ferientagen ist die im reduzierten Betrieb aus den Bauteilen entspeicherte Wärme und die an Tagen mit normalem Betrieb (Nutzungstage) gespeicherte Wärme durch einen Übertrag dieser Wärmemenge zwischen den Nutzungstagen und den Nichtnutzungstagen zu berücksichtigen. Für Nichtnutzungstage ist die Wärmemenge direkt vom Heizwärmebedarf abzuziehen, an den Nutzungstagen ist diese Wärmemenge als Wärmesenke anzurechnen.

Quellen

in [kWh/d]	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
Transmission	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lüftung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Solare Strahlung	12,41	20,33	41,45	40,78	47,23	61,66	53,9	52,92	35,11	19,05	12,8	6,82
Innere Quellen	40,9	40,03	37,75	35,69	33,21	31,54	30,56	30,66	33,22	35,73	38,79	40,63
Gesamt	53,32	60,36	79,21	76,48	80,45	93,2	84,46	83,58	68,34	54,78	51,59	47,45

BERECHNUNG / ERGEBNISSE

Energiebilanz

	Gesamt [kWh/a] [kWh/(m²a)]	Heizung [kWh/a] [kWh/(m²a)]	Kühlung [kWh/a] [kWh/(m²a)]	Lüftung [kWh/a] [kWh/(m²a)]	Beleuchtung [kWh/a] [kWh/(m²a)]	Warmwasser [kWh/a] [kWh/(m²a)]
Nutzenergie	69684 224,61	65418 210,86	0 0,00	0 0,00	0 0,00	4266 13,75
Endenergie	127222 410,06	116654 376,00	0 0,00	0 0,00	0 0,00	10568 34,06
Primärenergie	128289 413,51	117514 378,77	0 0,00	0 0,00	0 0,00	10775 34,73

Endenergiebedarf bezogen auf Energieträger

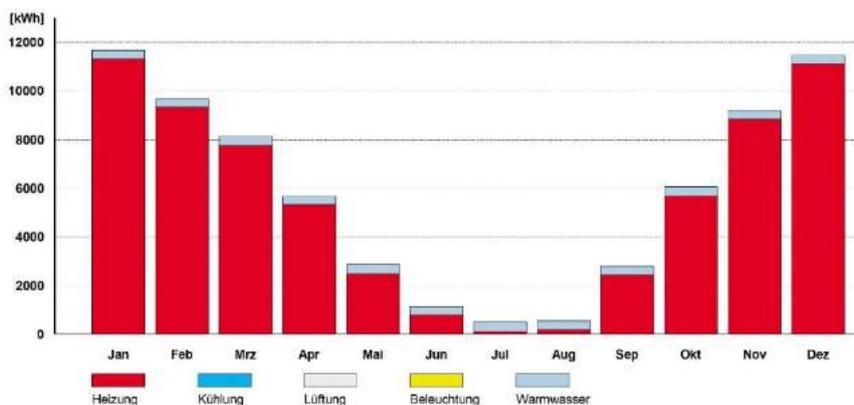
Energieträger	Gesamt [kWh]	Heizung [kWh]	Kühlung [kWh]	Lüftung [kWh]	Beleuchtung [kWh]	Warmwasser [kWh]
Strom (Hilfs...)	1.571	1.356	0	0	0	215
Erdgas E	125.650	115.298	0	0	0	10.353

Endenergiebedarf bezogen auf Energieträger - Monatsbilanzierung

[kWh]	Gesamt	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
Strom (Hilfs...)	1.571	203	174	168	141	115	76	27	33	111	147	175	200
Erdgas E	125.650	20.501	17.011	14.472	10.299	5.639	2.219	1.332	1.431	5.498	10.916	16.205	20.126
Gesamt	127.222	20.704	17.186	14.640	10.440	5.754	2.295	1.360	1.464	5.610	11.063	16.380	20.326

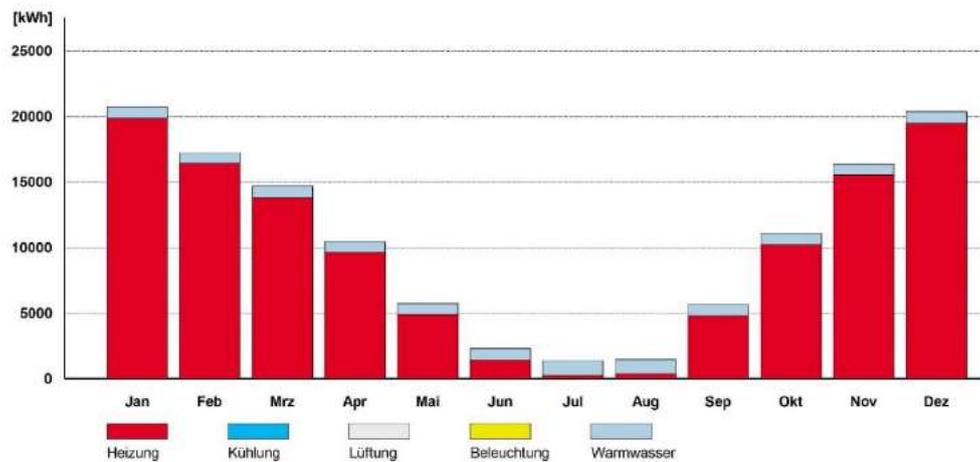
Nutzenergiebedarf - Monatsbilanzierung

[kWh]	Gesamt	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
Heizung	65.418	11.310	9.331	7.761	5.329	2493	795	130	201	2.438	5.689	8.835	11.104
Kühlung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lüftung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Beleuchtung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Warmwasser	4.266	362	327	362	351	362	351	362	362	351	362	351	362
Gesamt	69.684	11.672	9.659	8.124	5.679	2.856	1.146	493	564	2.789	6.051	9.186	11.467



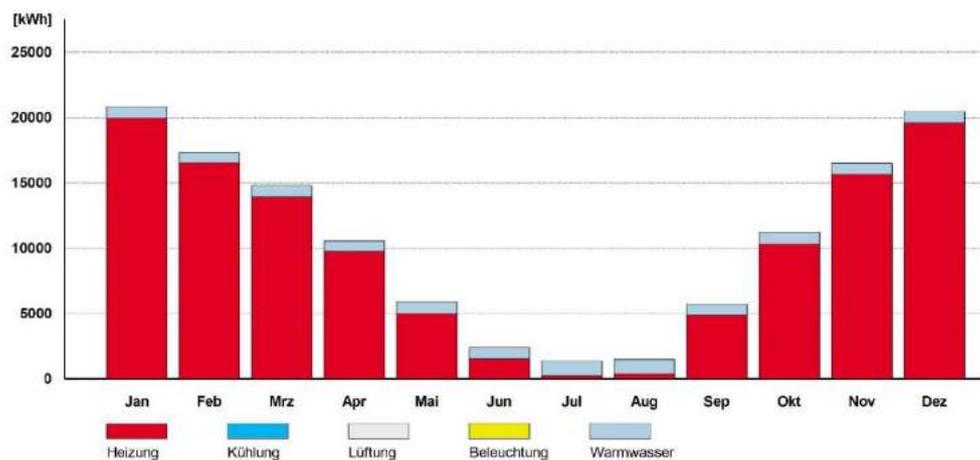
Endenergiebedarf - Monatsbilanzierung

[kWh]	Gesamt	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
Heizung	116.654	19.853	16.417	13.791	9.620	4.909	1.427	233	361	4.792	10.217	15.558	19.475
Kühlung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lüftung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Beleuchtung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Warmwasser	10.568	851	768	849	820	845	869	1127	1103	817	847	822	851
Gesamt	127.222	20.704	17.186	14.640	10.440	5.754	2.295	1.360	1.464	5.610	11.063	16.380	20.326



Primärenergiebedarf - Monatsbilanzierung

[kWh]	Gesamt	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
Heizung	117.514	19.933	16.492	13.877	9.707	5.001	1.497	244	378	4.881	10.306	15.640	19.556
Kühlung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lüftung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Beleuchtung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Warmwasser	10.775	869	785	867	837	863	886	1.142	1.119	835	865	840	869
Gesamt	128.289	20.803	17.276	14.745	10.545	5.863	2.383	1.386	1.497	5.716	11.171	16.480	20.425



ANLAGENTECHNIK

Versorgungsbereiche sind Bereiche, die von der gleichen Technik (Heizung, Warmwasser, Lüftung usw.) versorgt werden. Ein Versorgungsbereich kann sich dabei über das gesamte Gebäude erstrecken, ein Gebäude kann aber auch mehrere Versorgungsbereiche umfassen.

Für einen Versorgungsbereich werden die Technik, die Kreise (Verteilung) sowie die Übergaben angegeben. Eine 1 hinter einer Bezeichnung bedeutet, dass vom Standardwert der Norm abgewichen wurde.

Heizungsanlage

Versorgungsbereich: Heizwärme-Erzeugung 1
 Versorgte Fläche: A_N : 310,25 m²

Erzeuger

Erzeuger: Erzeuger 1
 Typ: 1987-1994 NT-Gebläsekessel
 Baujahr: 1990
 Brennstoff: Erdgas E
 Aufstellort: in keiner Zone - im Beheizten
 Erzeugernutzwärmeabgabe: Q_{out} : 92.115,96 kWh
 El. Kesselregelung vorhanden: Nein
 Pumpenmanagement: kein integriertes Pumpenmanagement

Heizkreis: Verteilung 1

Rohrleitungen

Leitung	Typ	Lage	Länge [m]	U-Wert [W/(mK)]
Leitung 1	Anbinde-Leitung	in Zone Wohnen	35,57	0,40
Leitung 2	Strang-Leitung	in Zone Wohnen	5,78	0,40
Leitung 3	Verteilungs-Leitung	in keiner Zone - im Unbeheizten	229,68	0,40

Pumpen

Pumpe	Regelung	Max. Leitungslänge [m]	Leistung [W]	
Pumpe 1	ungeregelt	-	72,10	117,99

Art des Rohrmetzes: Zweirohrheizung
 Auslegungstemperatur: 70/55°C

Übergaben

Übergabe	Versorgte Zone	Proz. Anteil* [%]	Übergabekomponente	Regelung
Übergabe 1	Wohnen	100,00	Heizkörper (freie Heizfläche...)	P-Regler

* Prozentualer Anteil, mit der o. g. Warmwasserkreis die Zone versorgt.

Trinkwarmwasseranlage

Versorgungsbereich: Warmwasser-Erzeugung 1
 Versorgte Fläche: A_N: 310,25 m²

Erzeuger

Die Versorgung des Trinkwarmwasserbereiches "Warmwasser-Erzeugung 1" erfolgt über:

- den Kessel "Erzeuger 1" des Heizkreises "Warmwasser-Erzeugung 1"

Speicher

Trinkwarmwasserspeicher: Speicher 1
 Baujahr: 1990
 Speicher und Erzeuger im selben Raum: Ja
 Art des Trinkwasserspeichers: indirekt beheizter Speicher
 Umgebungstemperatur: in keiner Zone - im Unbeheizten

TWW-Kreis: DHW-Kreis 1

Rohrleitungen

Leitung	Typ	Lage	Länge [m]	U-Wert [W/(mK)]
Leitung 1	Anbinde-Leitung	in Zone Wohnen	25,60	0,40
Leitung 2	Strang-Leitung	in Zone Wohnen	12,17	0,40
Leitung 3	Verteilungs-Leitung	in keiner Zone - im Unbeheizten	31,09	0,40

Pumpen

Pumpe	Regelung	Max. Leitungslänge [m]	Leistung [W]	
Pumpe 1	ungeregelt	-	47,80	22,51

Art der Verteilung: zentral
 Art der Zirkulation: mit Zirkulation

Übergaben

Übergabe	Versorgte Zone	Proz. Anteil* [%]	Übergabekomponente	Regelung
Übergabe 1	Wohnen	100,00	-	-

* Prozentualer Anteil, mit der o. g. TWW-Kreis die Zone versorgt.

Kühlungsanlage

Keine Anlagentechnik vorhanden!

Lüftungsanlage

Keine Anlagentechnik vorhanden!

BRENNSTOFFDATEN

	Einheit	Heizwert Hi kWh/Einheit	Brennwert Hs kWh/Einheit	Verhältnis Hs/Hi *
Erdgas E	m ³	10,42	11,57	1,11
Strom	kWh	1,00		

	Einheit	Arbeitspreis Cent/Einheit	Arbeitspreis Cent/kWh	Grundpreis Euro/Jahr
Erdgas E	m ³	65,2	6,26	182
Strom	kWh	19,2	19,20	50

	Primär- energie- faktor	CO2- Emissionen g/kWh	SO2- Emissionen g/kWh	NOx- Emissionen g/kWh
Erdgas E	1,1	244	0,157	0,200
Strom	1,8	633	1,111	0,583

ANHANG - U - WERT – ERMITTLUNG - BESTAND

Bauteilbezeichnung :		Oberste Geschossdecke			Fläche : 129,27 m ²	
Nr.	Baustoff	Dicke	Lambda	Dichte	Wärmedurchlasswiderstand	
Ausfachung = 0,80 (80,00%)						
1	Strohlehmputz	2,00	0,590	-	0,03	
2	Konstruktionsholz (DIN 12524 - 700 kg/m ³)	3,00	0,180	700,0	0,17	
3	Lehmwickel mit Stroh	17,00	0,470	-	0,36	
4	Konstruktionsholz (DIN 12524 - 700 kg/m ³)	2,00	0,180	700,0	0,11	
					R = 0,67	
Deckenbalken = 0,20 (20,00%)						
1	Strohlehmputz	2,00	0,590	-	0,03	
2	Konstruktionsholz (DIN 12524 - 700 kg/m ³)	20,00	0,180	700,0	1,11	
3	Konstruktionsholz (DIN 12524 - 700 kg/m ³)	2,00	0,180	700,0	0,11	
					R = 1,26	
Anforderung nach DIN 4108 Teil 2 ist nicht erfüllt!			R_{m,zul} = 1,0		R_m = 0,74	
Bauteilfläche		spezif. Bauteilmasse	spezif. Transmissionswärmeverlust	wirksame Wärmespeicherfähigkeit		R _g = 0,10 R _{se} = 0,10
129,27 m ²	21,3 %	58,8 kg/m ²	137,99 WK	17,8 %	10cm-Regel : 1609 Wh/K 3cm-Regel : 402 Wh/K	U - Wert = 1,07 W/(m²K)

Bauteilbezeichnung :		Außenwand			Fläche / Ausrichtung :		104,25 m ² O	49,50 m ² N	104,25 m ² W	49,50 m ² S
Nr.	Baustoff	Dicke	Lambda	Dichte	Wärmedurchlasswiderstand					
1	70,0%: Strohlehmputz	3,00	0,590	-	0,05					
	30,0%: Strohlehmputz		0,590	-	0,05					
2	70,0%: Lehmwickel mit Stroh	20,00	0,470	-	0,43					
	30,0%: Konstruktionsholz (DIN 12524 - 700 kg/m ³)		0,180	700,0	1,11					
Anforderung nach DIN 4108 Teil 2 ist nicht erfüllt!			R_{m,zul} = 1,0		R_m = 0,58					
Bauteilfläche		spezif. Bauteilmasse	spezif. Transmissionswärmeverlust	wirksame Wärmespeicherfähigkeit		R _g = 0,13 R _{se} = 0,04				
307,50 m ²	50,7 %	42,0 kg/m ²	407,97 WK	52,6 %	10cm-Regel : 2009 Wh/K 3cm-Regel : 0 Wh/K	U - Wert = 1,33 W/(m²K)				

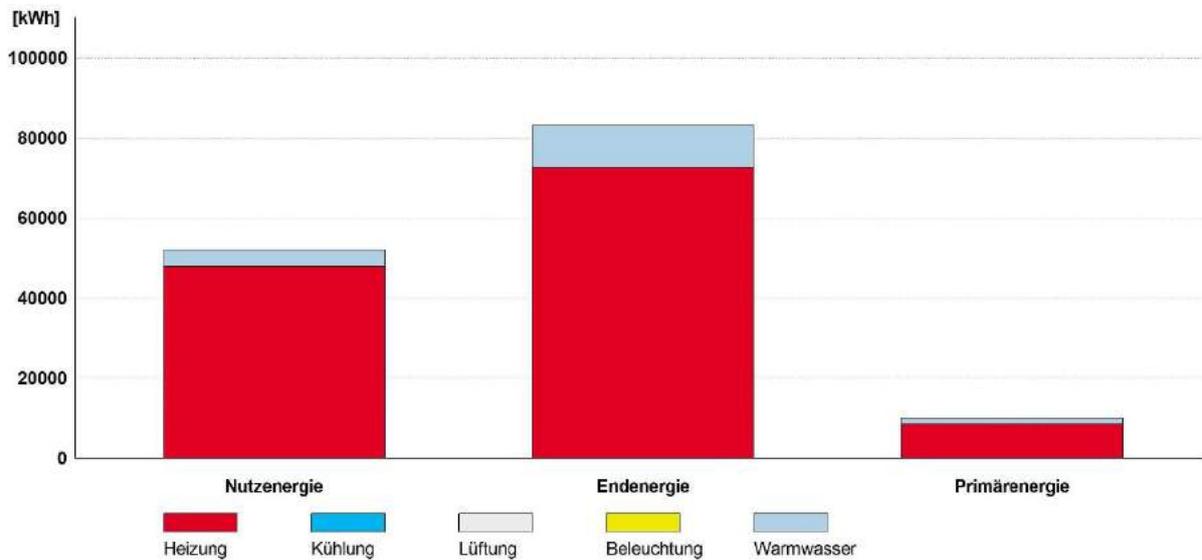
Bauteilbezeichnung : Kellerdecke				Fläche : 129,27 m ²	
Nr.	Baustoff	Dicke	Lambda	Dichte	Wärmedurchlasswiderstand
Ausfachung = 0,80 (80,00%)					
1	Konstruktionsholz (DIN 12524 - 700 kg/m ³)	2,00	0,180	700,0	0,11
2	Lehmwickel mit Stroh	17,00	0,470	-	0,36
3	Konstruktionsholz (DIN 12524 - 700 kg/m ³)	3,00	0,180	700,0	0,17
					R = 0,64
Deckenbalken = 0,20 (20,00%)					
1	Konstruktionsholz (DIN 12524 - 700 kg/m ³)	2,00	0,180	700,0	0,11
2	Konstruktionsholz (DIN 12524 - 700 kg/m ³)	20,00	0,180	700,0	1,11
					R = 1,22
Anforderung nach DIN 4108 Teil 2 ist nicht erfüllt!				R_{maß} = 1,0	
Bauteilfläche		spezif. Bauteilmasse	spezif. Transmissionswärmeverlust	wirksame Wärmespeicherfähigkeit	R _{si} = 0,17 R _{se} = 0,04
129,27 m ²	21,3 %	58,8 kg/m ²	141,66 W/K	18,3 % 10cm-Regel : 1448 Wh/K 3cm-Regel : 885 Wh/K	U - Wert = 1,10 W/(m²K)

Bauteilbezeichnung : Doppelverglasung Doppelverglasung		Fläche / Ausrichtung : 20,25 m ² N 20,25 m ² S	
Maßnahme:	- keine oder energetisch nicht relevant -		
U-Wert U_w = 2,70 W/m² K			

Anlage 2 Referenzgebäude: Energiebedarfsrechnung nach DIN 18599 – Variante 1

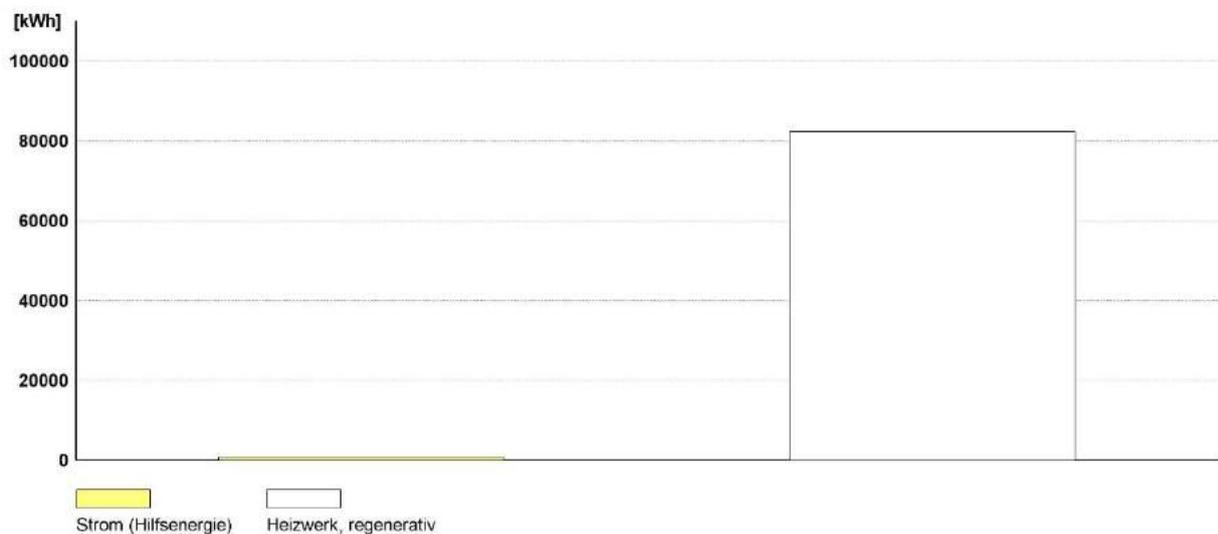
ENERGIEBILANZ – VARIANTE 1

	Gesamt [kWh/a] [kWh/(m²a)]	Heizung [kWh/a] [kWh/(m²a)]	Kühlung [kWh/a] [kWh/(m²a)]	Lüftung [kWh/a] [kWh/(m²a)]	Beleuchtung [kWh/a] [kWh/(m²a)]	Warmwasser [kWh/a] [kWh/(m²a)]
Nutzenergie	52.081 167,87	47.815 154,12	0 0,00	0 0,00	0 0,00	4.266 13,75
Endenergie	83019 267,59	72.567 233,90	0 0,00	0 0,00	0 0,00	10.451 33,69
Primärenergie	10.040 32,36	8.623 27,79	0 0,00	0 0,00	0 0,00	1.417 4,57



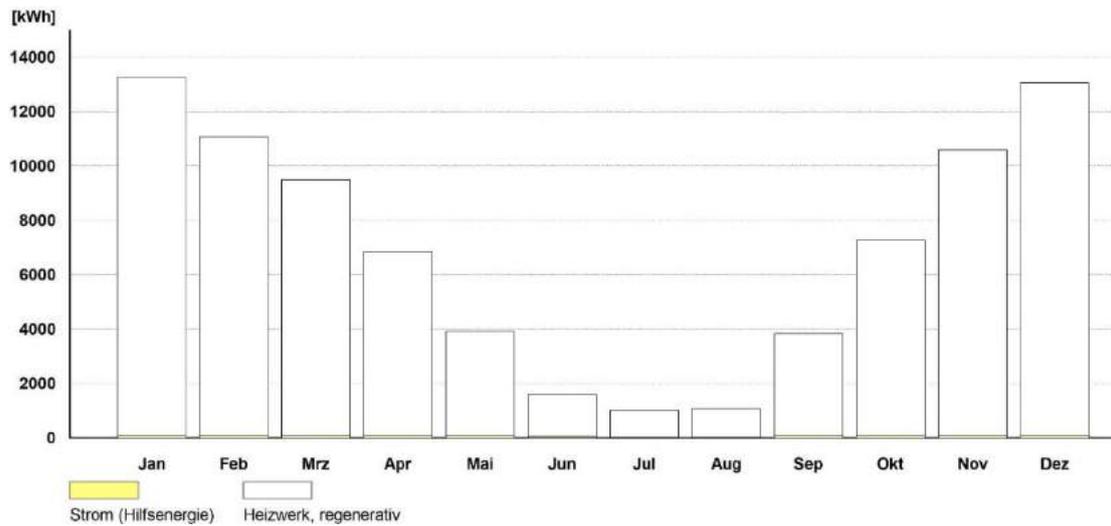
Endenergiebedarf bezogen auf Energieträger

Energieträger	Gesamt [kWh]	Heizung [kWh]	Kühlung [kWh]	Lüftung [kWh]	Beleuchtung [kWh]	Warmwasser [kWh]
Strom (Hilfs...	756	594	0	0	0	162
Heizwerk, re...	82.263	71.973	0	0	0	10.289



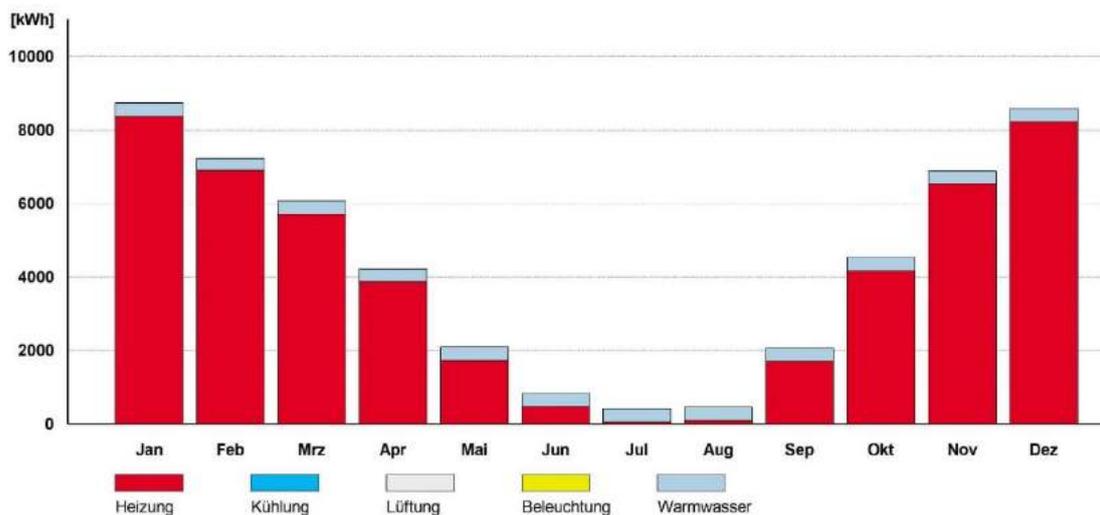
Endenergiebedarf bezogen auf Energieträger - Monatsbilanzierung

[kWh]	Gesamt	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
Strom (Hilfs...	756	80	71	76	72	71	48	18	21	69	74	75	80
Heizwerk, re...	82.263	13.207	10.991	9.426	6.777	3.817	1.554	988	1.043	3.739	7.210	10.530	12.979
Gesamt	83.019	13.288	11.062	9.503	6.849	3.888	1.602	1.006	1.064	3.808	7.284	10.606	13.059



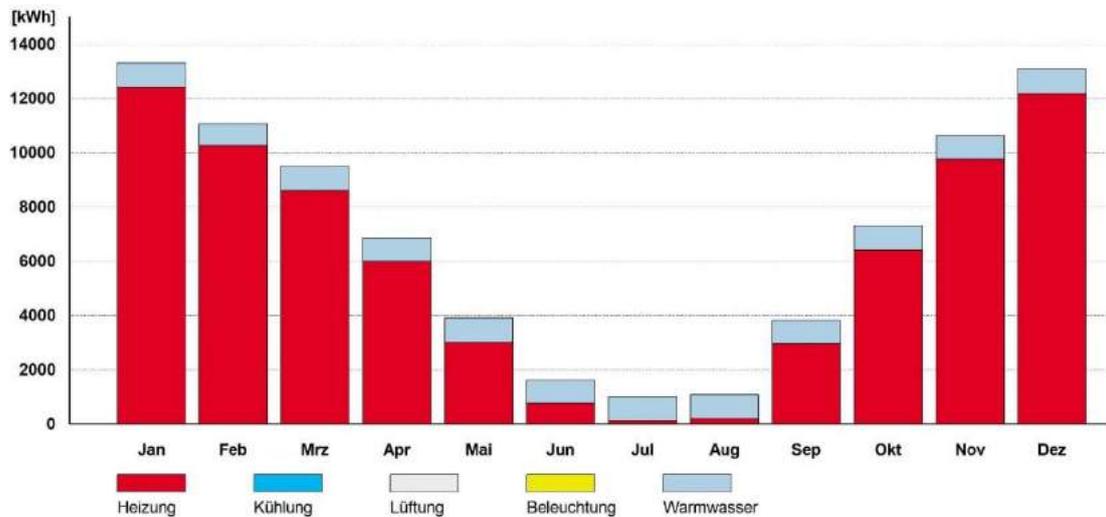
Nutzenergiebedarf - Monatsbilanzierung

[kWh]	Gesamt	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
Heizung	47.815	8.361	6.892	5.701	3.877	1.727	479	59	98	1.705	4.171	6.532	8.214
Kühlung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lüftung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Beleuchtung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Warmwasser	4.266	362	327	362	351	362	351	362	362	351	362	351	362
Gesamt	52.081	8.723	7.219	6.063	4.228	2.090	830	421	460	2.055	4.533	6.883	8.576



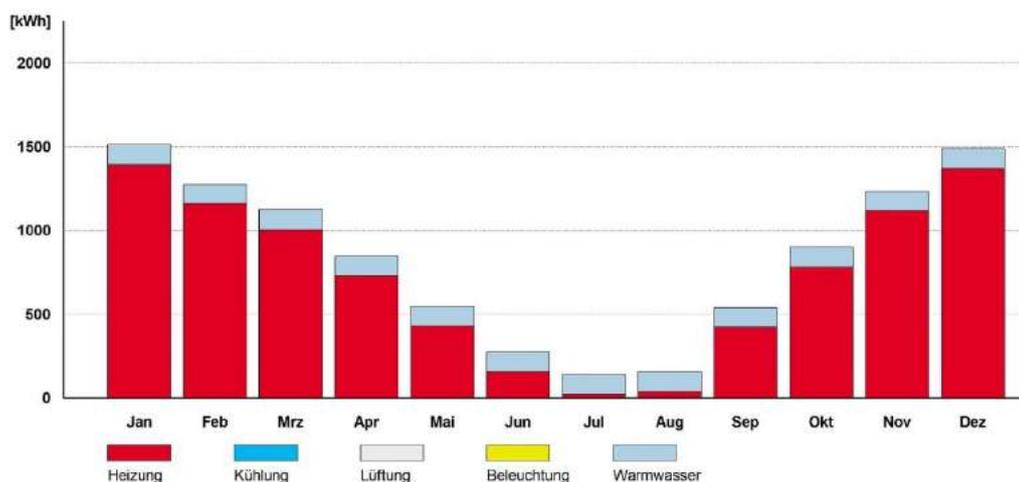
Endenergiebedarf - Monatsbilanzierung

[kWh]	Gesamt	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
Heizung	72.567	12.391	10.253	8.608	5.985	2.997	759	136	194	2.947	6.392	9.740	12.163
Kühlung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lüftung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Beleuchtung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Warmwasser	10.451	896	809	894	864	890	843	870	870	861	892	866	896
Gesamt	83.019	13.288	11.062	9.503	6.849	3.888	1.602	1.006	1.064	3.808	7.284	10.606	13.059



Primärenergiebedarf - Monatsbilanzierung

[kWh]	Gesamt	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
Heizung	8623	1392	1161	1005	733	431	156	23	36	422	778	1117	1369
Kühlung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lüftung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Beleuchtung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Warmwasser	1417	121	109	121	117	121	115	118	118	117	121	117	121
Gesamt	10040	1513	1271	1126	850	552	271	142	154	539	899	1234	1490



ZONE WOHNEN

Bezeichnung der Zone:	Wohnen
Nutzungsprofil:	** Wohnung Mehrfamilienhaus kein Standardnutzungsprofil
Konditionierung:	Heizung
Betriebsunterbrechung:	Nein
Beschreibung:	

Geometrie

Bruttovolumen	V_e :	969,53	m ³
Luftvolumen	V :	736,84	m ³
Nutzfläche	A_N :	310,25	m ²
Hüllfläche	A_{zone} :	606,54	m ²

Randbedingungen

Bauart:		pauschal - mittelschwere Bauart
Wirksame Wärmespeicherfähigkeit	C_{wik} :	90,00 Wh/(m ² K)
Berechnung mit Temperaturkorrekturfaktor	F_x :	Ja
Wärmebrücken	ΔU_{WB} :	pauschal - 0,10 W/m ² K
Wärmebrückenverluste	$H_{TD,WB}$:	60,7 W/K
Nutzungsprofil:		** Wohnung Mehrfamilienhaus
Anteil der mitbeheizten Fläche an der Gesamtfläche	a_{TB} :	15,00 %

Luftwechsel

Luftvolumen (Nettovolumen)	V :	736,84	m ³
Nutzungsbedingter Mindestaußenluftwechsel	n_{nutz} :	0,50	1/h
Mindestaußenluftvolumenstrom	V_{nutz} :	368,42	m ³ /h
Art der Lüftung:		Fenster und Infiltration	
Luftdichtheit:		Kategorie III - Gebäudebestand	
Luftwechsel bei 50 Pa	n_{50} :	6,00	1/h

Lage des Gebäudes:		mehr als eine Fassade
Windexponierte Fassaden:		halbfrei
Windschutzkoeffizienten	e :	0,07
	f :	15,00

Luftwechselrate - Nutzungstage:		
Infiltration	n_{inf} :	0,42 1/h
Fenster	n_{win} :	0,37 1/h
Infiltration und Fenster	$n_{inf+win}$:	0,79 1/h

Nutzungszeiten

Jährliche Nutzungstage	d_{nutza} :	365 d/a
Jährliche Betriebstage Heizen,RLT,Kühlen	$d_{\text{op.a}}$:	365 d/a
Tägliche Nutzungszeit	$t_{\text{nutz,d}}$:	24 h/d

Heizung

Tägliche Betriebsstunden	$t_{\text{h,op,d}}$:	17 h/d
Raum-Solltemperatur	$\vartheta_{\text{ih,setpoint}}$:	20 °C
Minimaltemperatur Auslegung	$\vartheta_{\text{ih,min}}$:	20 °C
Temperaturabsenkung reduzierter Betrieb	$\Delta\vartheta_{\text{INA}}$:	4 °C

Lüftung

Nutzungsbedingter Mindestaußenluftwechsel	n_{nutz} :	0,50 1/h
Luftbefeuchtung erforderlich:		keine Befeuchtung
Mittlerer Anlagenluftwechsel	n_{mech} :	0,40 1/h

Beleuchtung

Abminderungsfaktor Verschmutzung	F_v :	1,00
Verschmutzungsfaktor	k_z :	0,90

Wärmequellen

Interne Wärmequellen		
Tägliche Wärmeabgabe Personen	q_{tp} :	90 Wh/(m ² d)

Senken / Quellen für die Heizung

Senken

in [kWh/d]	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
Transmission	235,56	221,92	183,49	138,86	83,07	50,83	23,56	27,28	78,11	130,18	192,17	226,88
Lüftung	79,83	76,89	67,5	54,53	35,2	22,46	10,76	12,41	33,32	51,75	69,77	77,98
Solare Strahlung	3,47	1,1	0	0	0	0	0	0	0	0,74	3,05	5,2
Innere Senken	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Wärmespeicherung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gesamt	318,86	299,91	250,99	193,39	118,27	73,29	34,32	39,68	111,43	182,68	264,98	310,06

* Wärmespeicherung: Bei reduziertem Heizbetrieb an Wochenenden und Ferientagen ist die im reduzierten Betrieb aus den Bauteilen entspeicherte Wärme und die an Tagen mit normalem Betrieb (Nutzungstage) gespeicherte Wärme durch einen Übertrag dieser Wärmemenge zwischen den Nutzungstagen und den Nichtnutzungstagen zu berücksichtigen. Für Nichtnutzungstage ist die Wärmemenge direkt vom Heizwärmebedarf abzuziehen, an den Nutzungstagen ist diese Wärmemenge als Wärmesenke anzurechnen.

Quellen

in [kWh/d]	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
Transmission	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lüftung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Solare Strahlung	8,35	13,92	30,16	29,97	35,11	46,57	40,32	39,55	25,4	12,99	8,59	4,55
Innere Quellen	40,92	40,04	37,73	35,64	33,09	31,34	30,49	30,57	33,11	35,7	38,81	40,64
Gesamt	49,27	53,96	67,89	65,6	68,2	77,91	70,82	70,12	58,51	48,69	47,4	45,19

BERECHNUNG / ERGEBNISSE

Energiebilanz

	Gesamt [kWh/a] [kWh/(m²a)]	Heizung [kWh/a] [kWh/(m²a)]	Kühlung [kWh/a] [kWh/(m²a)]	Lüftung [kWh/a] [kWh/(m²a)]	Beleuchtung [kWh/a] [kWh/(m²a)]	Warmwasser [kWh/a] [kWh/(m²a)]
Nutzenergie	52.081 167,87	47.815 154,12	0 0,00	0 0,00	0 0,00	4.266 13,75
Endenergie	83.019 267,59	72.567 233,90	0 0,00	0 0,00	0 0,00	10.451 33,69
Primärenergie	10.040 32,36	8.623 27,79	0 0,00	0 0,00	0 0,00	1.417 4,57

Endenergiebedarf bezogen auf Energieträger

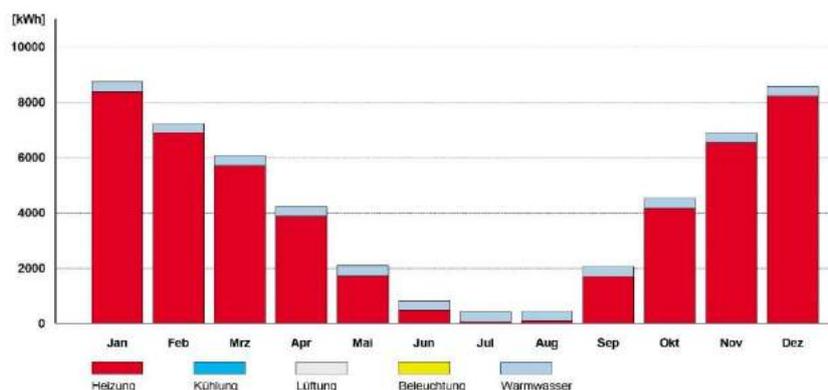
Energieträger	Gesamt [kWh]	Heizung [kWh]	Kühlung [kWh]	Lüftung [kWh]	Beleuchtung [kWh]	Warmwasser [kWh]
Strom (Hilfs...)	756	594	0	0	0	162
Heizwerk, re...	82.263	71.973	0	0	0	10.289

Endenergiebedarf bezogen auf Energieträger - Monatsbilanzierung

[kWh]	Gesamt	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
Strom (Hilfs...)	756	80	71	76	72	71	48	18	21	69	74	75	80
Heizwerk, re...	82263	13207	10991	9426	6777	3817	1554	988	1043	3739	7210	10530	12979
Gesamt	83019	13288	11062	9503	6849	3888	1602	1006	1064	3808	7284	10606	13059

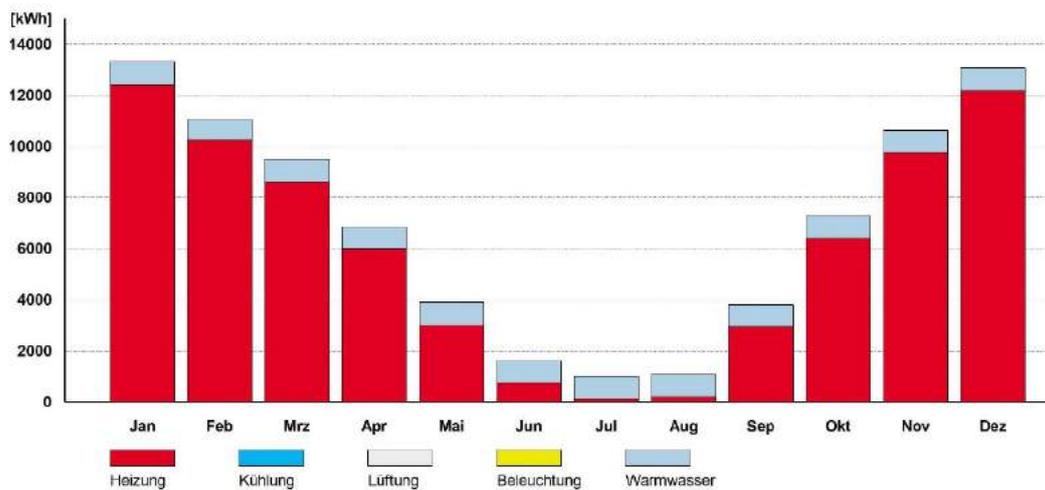
Nutzenergiebedarf - Monatsbilanzierung

[kWh]	Gesamt	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
Heizung	47.815	8.361	6.892	5.701	3.877	1727	479	59	98	1705	4.171	6.532	8.214
Kühlung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lüftung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Beleuchtung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Warmwasser	4.266	362	327	362	351	362	351	362	362	351	362	351	362
Gesamt	52.081	8.723	7.219	6.063	4.228	2.090	830	421	460	2.055	4.533	6.883	8.576



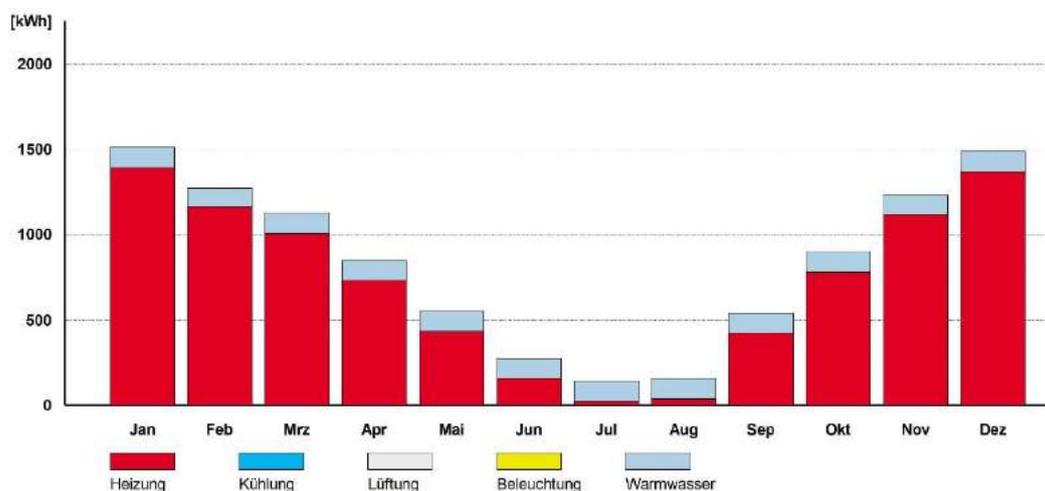
Endenergiebedarf - Monatsbilanzierung

[kWh]	Gesamt	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
Heizung	72.567	12.391	10.253	8.608	5.985	2.997	759	136	194	2947	6.392	9.740	12.163
Kühlung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lüftung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Beleuchtung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Warmwasser	10.451	896	809	894	864	890	843	870	870	861	892	866	896
Gesamt	83.019	13.288	11.062	9.503	6.849	3.888	1.602	1.006	1.064	3.808	7.284	10.606	13.059



Primärenergiebedarf - Monatsbilanzierung

[kWh]	Gesamt	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
Heizung	8.623	1.392	1.161	1.005	733	431	156	23	36	422	778	1.117	1.369
Kühlung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lüftung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Beleuchtung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Warmwasser	1.417	121	109	121	117	121	115	118	118	117	121	117	121
Gesamt	10.040	1.513	1.271	1.126	850	552	271	142	154	539	899	1.234	1.490



ANLAGENTECHNIK

Versorgungsbereiche sind Bereiche, die von der gleichen Technik (Heizung, Warmwasser, Lüftung usw.) versorgt werden. Ein Versorgungsbereich kann sich dabei über das gesamte Gebäude erstrecken, ein Gebäude kann aber auch mehrere Versorgungsbereiche umfassen.

Für einen Versorgungsbereich werden die Technik, die Kreise (Verteilung) sowie die Übergaben angegeben. Eine ¹ hinter einer Bezeichnung bedeutet, dass vom Standardwert der Norm abgewichen wurde.

Heizungsanlage

Versorgungsbereich: Heizwärme-Erzeugung 1
 Versorgte Fläche: A_N : 310,25 m²

Erzeuger

Erzeuger: Erzeuger 1
 Typ: Nah-/Fernwärme
 Baujahr: 1990
 Brennstoff: Heizwerk, regenerativ
 Erzeugernutzwärmeabgabe: Q_{out} : 71.324,38 kWh
 Art der Fernwärme-Hausstation: Wasser - niedrige Temperatur
 Dämmklasse nach DIN EN ISO 12828: Dämmklasse 4/5 - Sekundärseite/Primärseite
 Vorlauftemperaturregelung erfolgt in der Hauszentrale der Hausstation: Nein

Heizkreis: Verteilung 1

Rohrleitungen

Leitung	Typ	Lage	Länge [m]	U-Wert [W/(mK)]
Leitung 1	Anbinde-Leitung	in Zone Wohnen	35,57	0,40
Leitung 2	Strang-Leitung	in Zone Wohnen	5,78	0,40
Leitung 3	Verteilungs-Leitung	in keiner Zone - im Unbeheizten	229,68	0,40

Pumpen

Pumpe	Regelung	Max. Leitungslänge [m]	Leistung [W]	
Pumpe 1	ungeregelt	-	72,10	98,01

Art des Rohmetzes: Zweirohrheizung
 Auslegungstemperatur: 70/55°C

Übergaben

Übergabe	Versorgte Zone	Proz. Anteil* [%]	Übergabekomponente	Regelung
Übergabe 1	Wohnen	100,00	Heizkörper (freie Heizfläche...	P-Regler

* Prozentualer Anteil, mit der o. g. Warmwasserkreis die Zone versorgt.

Trinkwarmwasseranlage

Versorgungsbereich: Warmwasser-Erzeugung 1
 Versorgte Fläche: A_N: 310,25 m²

Erzeuger

Erzeuger: Erzeuger 1
 Typ: Nah-/Fernwärme
 Baujahr: 2020
 Brennstoff: Heizwerk, regenerativ
 Erzeugernutzwärmeabgabe: Q_{outg}: 9.632,25 kWh
 Art der Fernwärme-Hausstation: Wasser - niedrige Temperatur
 Dämmklasse nach DIN EN ISO 12828: Dämmklasse 4/5 - Sekundärseite/Primärseite
 Vorlauftemperaturregelung erfolgt in der Hauszentrale der Hausstation: Nein

Speicher

Trinkwarmwasserspeicher: Speicher 1
 Baujahr: 1990
 Speicher und Erzeuger im selben Raum: Ja
 Art des Trinkwasserspeichers: indirekt beheizter Speicher
 Umgebungstemperatur: in keiner Zone - im Unbeheizten

TWW-Kreis: DHW-Kreis 1

Rohrleitungen

Leitung	Typ	Lage	Länge [m]	U-Wert [W/(mK)]
Leitung 1	Anbinde-Leitung	in Zone Wohnen	25,60	0,40
Leitung 2	Strang-Leitung	in Zone Wohnen	12,17	0,40
Leitung 3	Verteilungs-Leitung	in keiner Zone - im Unbeheizten	31,09	0,40

Pumpen

Pumpe	Regelung	Max. Leitungslänge [m]	Leistung [W]	
Pumpe 1	ungeregelt	-	47,80	22,51

Art der Verteilung: zentral
 Art der Zirkulation: mit Zirkulation

Übergaben

Übergabe	Versorgte Zone	Proz. Anteil* [%]	Übergabekomponente	Regelung
Übergabe 1	Wohnen	100,00	-	-

* Prozentualer Anteil, mit der o. g. TWW-Kreis die Zone versorgt.

Kühlungsanlage

Keine Anlagentechnik vorhanden!

Lüftungsanlage

Keine Anlagentechnik vorhanden!

BRENNSTOFFDATEN

	Einheit	Heizwert Hi kWh/Einheit	Brennwert Hs kWh/Einheit	Verhältnis Hs/Hi *
Erdgas E	m ³	10,42	11,57	1,11
Strom	kWh	1,00		

	Einheit	Arbeitspreis Cent/Einheit	Arbeitspreis Cent/kWh	Grundpreis Euro/Jahr
Erdgas E	m ³	65,2	6,26	182
Strom	kWh	19,2	19,20	50

	Primär- energie- faktor	CO2- Emissionen g/kWh	SO2- Emissionen g/kWh	NOx- Emissionen g/kWh
Erdgas E	1,1	244	0,157	0,200
Strom	1,8	633	1,111	0,583

ANHANG - U - WERT - ERMITTLUNG - SANIERTE BAUTEILE

Bauteilbezeichnung : Oberste Geschossdecke		Fläche : 129,27 m ²	
Maßnahme:	Dämmung 24 cm, WLS 035	d = 24,0 cm	$\lambda = 0,040 \text{ W/m K}$
			U-Wert $U_w = 0,13 \text{ W/m}^2 \text{ K}$

Bauteilbezeichnung :		Fläche / Ausrichtung :	
	Außenwand	104,25 m ²	O
	Außenwand	49,50 m ²	N
	Außenwand	104,25 m ²	W
	Außenwand	49,50 m ²	S
Maßnahme:	- keine oder energetisch nicht relevant -		
			U-Wert $U_w = 1,33 \text{ W/m}^2 \text{ K}$

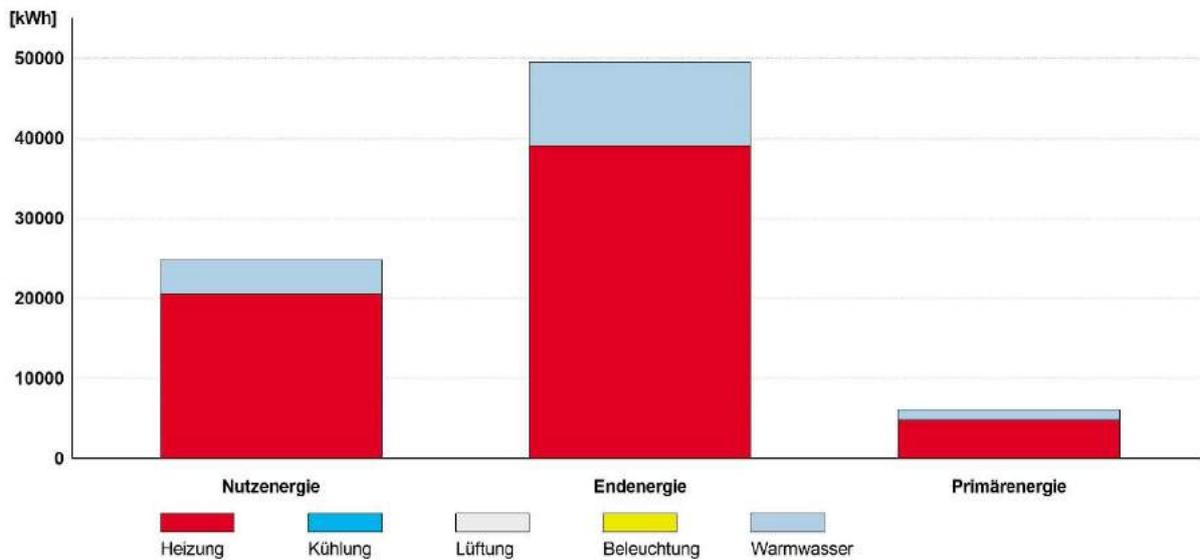
Bauteilbezeichnung :		Fläche / Ausrichtung :	
	Doppelverglasung	20,25 m ²	N
	Doppelverglasung	20,25 m ²	S
Maßnahme:	Wärmeschutzverglasung		
			U-Wert $U_w = 1,30 \text{ W/m}^2 \text{ K}$

Bauteilbezeichnung : Kellerdecke		Fläche : 129,27 m ²	
Maßnahme:	Dämmung 16 cm, WLS 035	d = 16,0 cm	$\lambda = 0,040 \text{ W/m K}$
			U-Wert $U_w = 0,18 \text{ W/m}^2 \text{ K}$

Anlage 3 Referenzgebäude: Energiebedarfsrechnung nach DIN 18599 – Variante 2

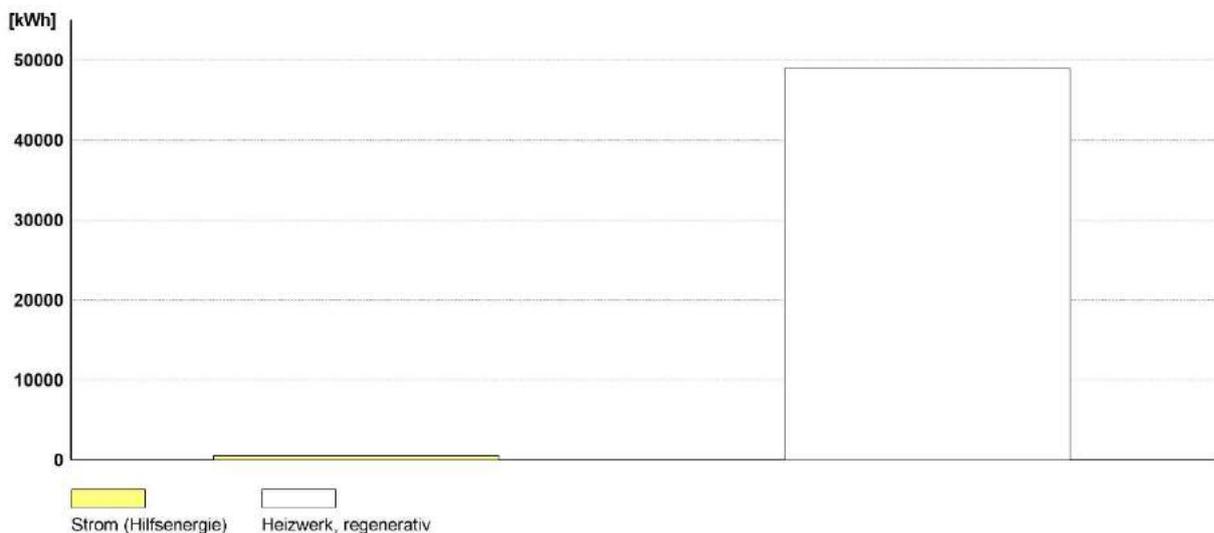
ENERGIEBILANZ – VARIANTE 2

	Gesamt [kWh/a] [kWh/(m²a)]	Heizung [kWh/a] [kWh/(m²a)]	Kühlung [kWh/a] [kWh/(m²a)]	Lüftung [kWh/a] [kWh/(m²a)]	Beleuchtung [kWh/a] [kWh/(m²a)]	Warmwasser [kWh/a] [kWh/(m²a)]
Nutzenergie	24.827 80,02	20.561 66,27	0 0,00	0 0,00	0 0,00	4.266 13,75
Endenergie	49.485 159,50	39.044 125,85	0 0,00	0 0,00	0 0,00	10.441 33,65
Primärenergie	6.147 19,81	4.731 15,25	0 0,00	0 0,00	0 0,00	1.416 4,56



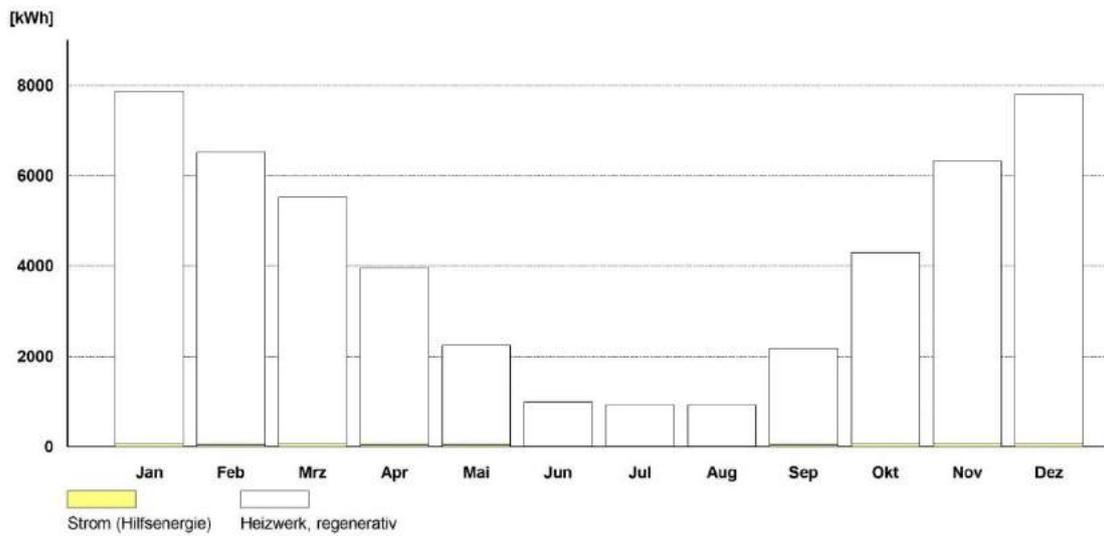
Endenergiebedarf bezogen auf Energieträger

Energieträger	Gesamt [kWh]	Heizung [kWh]	Kühlung [kWh]	Lüftung [kWh]	Beleuchtung [kWh]	Warmwasser [kWh]
Strom (Hilfs...)	521	359	0	0	0	162
Heizwerk, re...	48.964	38.685	0	0	0	10.279



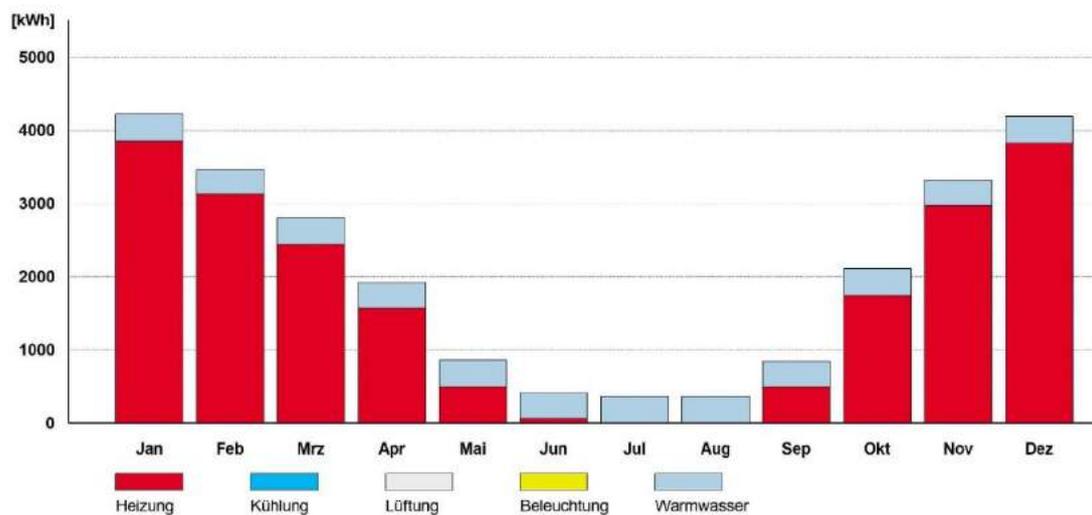
Endenergiebedarf bezogen auf Energieträger - Monatsbilanzierung

[kWh]	Gesamt	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
Strom (Hilfs...	521	57	51	54	51	50	19	14	14	49	53	53	57
Heizwerk, re...	48.964	7.816	6.468	5.457	3.919	2.188	972	893	893	2.136	4.227	6.255	7.741
Gesamt	49.485	7.873	6.518	5.511	3.969	2.238	992	907	907	2.185	4.280	6.308	7.797



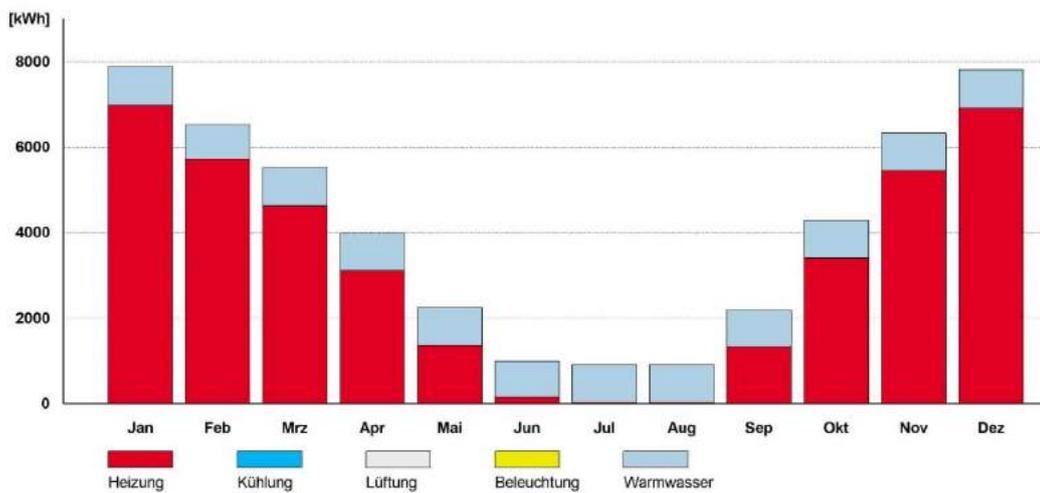
Nutzenergiebedarf - Monatsbilanzierung

[kWh]	Gesamt	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
Heizung	2.0561	3.851	3.125	2.443	1.564	497	63	0	0	492	1.738	2.969	3.820
Kühlung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lüftung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Beleuchtung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Warmwasser	4.266	362	327	362	351	362	351	362	362	351	362	351	362
Gesamt	24.827	4.213	3.452	2.805	1.915	859	414	362	362	843	2.101	3.320	4.182



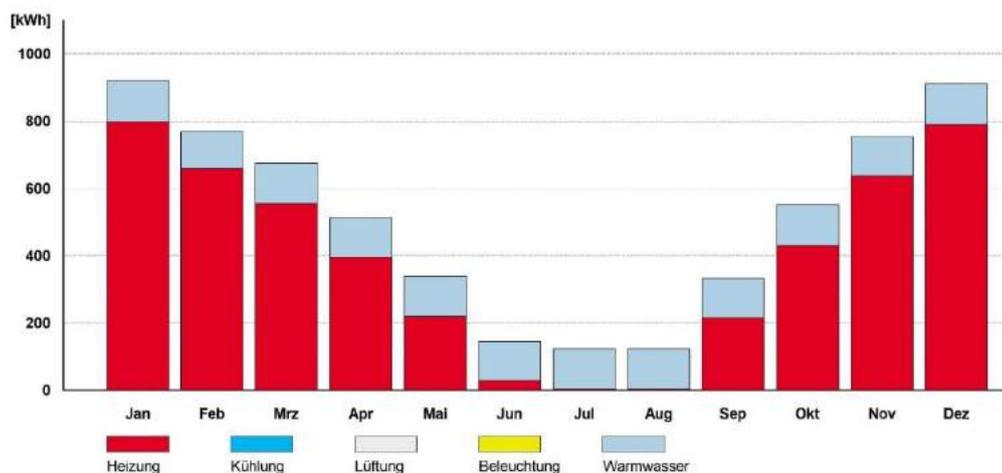
Endenergiebedarf - Monatsbilanzierung

[kWh]	Gesamt	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
Heizung	39.044	6.978	5.710	4.618	3.107	1348	149	37	37	1.324	3.388	5.444	6.903
Kühlung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lüftung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Beleuchtung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Warmwasser	10.441	895	808	893	863	890	842	870	870	861	891	865	895
Gesamt	49.485	7.873	6.518	5.511	3.969	2.238	992	907	907	2.185	4.280	6.308	7.797



Primärenergiebedarf - Monatsbilanzierung

[kWh]	Gesamt	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
Heizung	4731	797	659	555	397	219	29	4	4	214	428	637	789
Kühlung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lüftung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Beleuchtung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Warmwasser	1416	121	109	121	117	121	115	118	118	117	121	117	121
Gesamt	6147	918	768	675	514	340	144	122	122	331	549	754	910

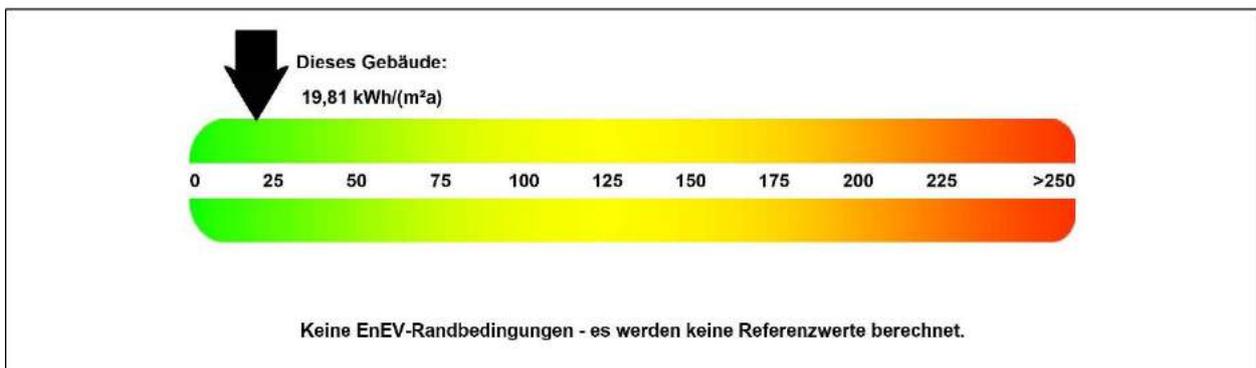


Bewertung des Gebäudes entsprechend den EnEV-Anforderungen

Die Gesamtbewertung des Gebäudes erfolgt aufgrund des jährlichen Primärenergiebedarfs pro m² Gebäudenutzfläche sowie des spezifischen Transmissionswärmekoeffizienten.

Der Höchstwert für den Jahres-Primärenergiebedarf für Neubauten bezogen auf die Gebäudenutzfläche ergibt sich aus dem Jahres-Primärenergiebedarf eines Referenzgebäudes gleicher Geometrie, Gebäudenutzfläche, Ausrichtung und Nutzung, das hinsichtlich seiner Ausführung bestimmten Anforderungen entspricht, multipliziert mit dem Faktor 0,75. Die Anforderungen sind in der Energieeinsparverordnung (EnEV 2014), Anlage 1, Tabelle 1, aufgelistet.

Der Primärenergiebedarf umfasst Heizung, Lüftung, Warmwasserbereitung und ggf. Kühlung. Der Höchstwert des spezifischen Transmissionswärmekoeffizienten für Neubauten ergibt sich aus dem spezifischen Transmissionswärmekoeffizienten des Referenzgebäudes (s.o.). Zusätzlich ist der Höchstwert entsprechend EnEV 2014, Anlage 1, Tabelle 2 einzuhalten. Der Höchstwert für den Jahres-Primärenergiebedarf bezogen auf die Gebäudenutzfläche für modernisierte Altbauten darf den Höchstwert für das Referenzgebäude und der spezifische Transmissionswärmeverlust darf den Höchstwert aus EnEV 2014, Anlage 1, Tabelle 2, um maximal 40 % übersteigen.



	Ist-Wert	mod. Altbau	EnEV-Neubau	EnEV -15%	EnEV -30%	EnEV -50%
Jahres-Primärenergiebedarf q_p [kWh/(m ² a)]	19,81	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Transmissionswärmeverlust H_t [W/(m ² K)]	0,00	0,56	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Gebäudeart: Wohngebäude
 Gebäudetyp: Bestandsgebäude
 Energiebezugsfläche: A_{EBF} : 310 m²
 Hüllfläche: A : 607 m²
 Volumen: V_e : 970 m³

ZONE WOHNEN

Bezeichnung der Zone:	Wohnen
Nutzungsprofil:	** Wohnung Mehrfamilienhaus kein Standardnutzungsprofil
Konditionierung:	Heizung
Betriebsunterbrechung:	Nein
Beschreibung:	

Geometrie

Bruttovolumen	V_e :	969,53	m ³
Luftvolumen	V :	736,84	m ³
Nutzfläche	A_N :	310,25	m ²
Hüllfläche	A_{zone} :	606,54	m ²

Randbedingungen

Bauart:		pauschal - mittelschwere Bauart
Wirksame Wärmespeicherfähigkeit	C_{wtk} :	90,00 Wh/(m ² K)
Berechnung mit Temperaturkorrekturfaktor	F_x :	Ja
Wärmebrücken	ΔU_{WB} :	pauschal - 0,10 W/m ² K
Wärmebrückenverluste	$H_{T,D,WB}$:	60,7 W/K
Nutzungsprofil:		** Wohnung Mehrfamilienhaus
Anteil der mitbeheizten Fläche an der Gesamtläche	a_{TB} :	15,00 %

Luftwechsel

Luftvolumen (Nettovolumen)	V :	736,84	m ³
Nutzungsbedingter Mindestaußenluftwechsel	n_{nutz} :	0,50	1/h
Mindestaußenluftvolumenstrom	V_{nutz} :	368,42	m ³ /h
Art der Lüftung:		Fenster und Infiltration	
Luftdichtheit:		Kategorie III - Gebäudebestand	
Luftwechsel bei 50 Pa	n_{50} :	6,00	1/h
Lage des Gebäudes:		mehr als eine Fassade	
Windexponierte Fassaden:		halbfrei	
Windschutzkoeffizienten	e :	0,07	
	f :	15,00	
Luftwechselrate - Nutzungstage:			
Infiltration	n_{inf} :	0,42	1/h
Fenster	n_{win} :	0,37	1/h
Infiltration und Fenster	$n_{inf+win}$:	0,79	1/h

Nutzungszeiten

Jährliche Nutzungstage	$d_{\text{nutz,a}}$:	365 d/a
Jährliche Betriebstage Heizen,RLT,Kühlen	$d_{\text{op,a}}$:	365 d/a
Tägliche Nutzungszeit	$t_{\text{nutz,d}}$:	24 h/d

Heizung

Tägliche Betriebsstunden	$t_{\text{h,op,d}}$:	17 h/d
Raum-Solltemperatur	$\vartheta_{\text{ih,setpoint}}$:	20 °C
Minimaltemperatur Auslegung	$\vartheta_{\text{ih,min}}$:	20 °C
Temperaturabsenkung reduzierter Betrieb	$\Delta\vartheta_{\text{INA}}$:	4 °C

Lüftung

Nutzungsbedingter Mindestaußenluftwechsel	n_{nutz} :	0,50 1/h
Luftbefeuchtung erforderlich:		keine Befeuchtung
Mittlerer Anlagenluftwechsel	n_{mech} :	0,40 1/h

Beleuchtung

Abminderungsfaktor Verschmutzung	F_v :	1,00
Verschmutzungsfaktor	k_z :	0,90

Wärmequellen

Interne Wärmequellen		
Tägliche Wärmeabgabe Personen	q_{tp} :	90 Wh/(m ² d)

Senken / Quellen für die Heizung

Senken

in [kWh/d]	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
Transmission	91,92	86,6	71,6	54,19	32,41	19,84	9,19	10,64	30,48	50,8	74,99	88,54
Lüftung	80,47	77,51	68,05	54,97	35,49	22,64	10,85	12,51	33,59	52,17	70,33	78,61
Solare Strahlung	0,46	0,15	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0,41	0,85
Innere Senken	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Wärmespeicherung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gesamt	172,85	164,26	139,65	109,16	67,9	42,47	20,04	23,15	64,07	103,07	145,72	168

* Wärmespeicherung: Bei reduziertem Heizbetrieb an Wochenenden und Ferientagen ist die im reduzierten Betrieb aus den Bauteilen gespeicherte Wärme und die an Tagen mit normalem Betrieb (Nutzungstage) gespeicherte Wärme durch einen Übertrag dieser Wärmemenge zwischen den Nutzungstagen und den Nichtnutzungstagen zu berücksichtigen. Für Nichtnutzungstage ist die Wärmemenge direkt vom Heizwärmebedarf abzuziehen, an den Nutzungstagen ist diese Wärmemenge als Wärmesenke anzurechnen.

Quellen

in [kWh/d]	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
Transmission	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lüftung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Solare Strahlung	8,23	13,27	24,41	23,36	26,33	33,2	29,63	29,26	20,78	12,45	8,49	4,55
Innere Quellen	40,48	39,53	37,06	34,95	32,23	30,66	30,38	30,39	32,25	35,12	38,38	40,29
Gesamt	48,71	52,8	61,47	58,31	58,56	63,87	60,02	59,65	53,02	47,58	46,87	44,84

BERECHNUNG / ERGEBNISSE

Energiebilanz

	Gesamt [kWh/a] [kWh/(m²a)]	Heizung [kWh/a] [kWh/(m²a)]	Kühlung [kWh/a] [kWh/(m²a)]	Lüftung [kWh/a] [kWh/(m²a)]	Beleuchtung [kWh/a] [kWh/(m²a)]	Warmwasser [kWh/a] [kWh/(m²a)]
Nutzenergie	24.827 80,02	20.561 66,27	0 0,00	0 0,00	0 0,00	4.266 13,75
Endenergie	49.485 159,50	39.044 125,85	0 0,00	0 0,00	0 0,00	10.441 33,65
Primärenergie	6.147 19,81	4.731 15,25	0 0,00	0 0,00	0 0,00	1.416 4,56

Endenergiebedarf bezogen auf Energieträger

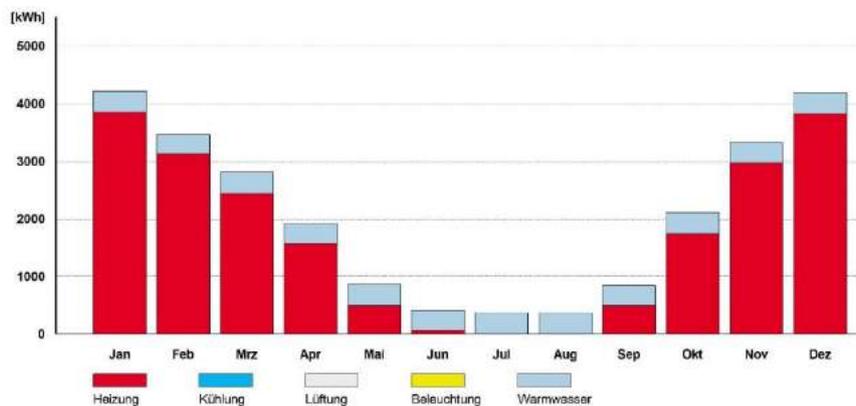
Energieträger	Gesamt [kWh]	Heizung [kWh]	Kühlung [kWh]	Lüftung [kWh]	Beleuchtung [kWh]	Warmwasser [kWh]
Strom (Hilfs...	521	359	0	0	0	162
Heizwerk, re...	48.964	38.685	0	0	0	10.279

Endenergiebedarf bezogen auf Energieträger - Monatsbilanzierung

[kWh]	Gesamt	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
Strom (Hilfs...	521	57	51	54	51	50	19	14	14	49	53	53	57
Heizwerk, re...	48.964	7.816	6.468	5.457	3.919	2.188	972	893	893	2.136	4.227	6.255	7.741
Gesamt	49.485	7.873	6.518	5.511	3.969	2.238	992	907	907	2.185	4.280	6.308	7.797

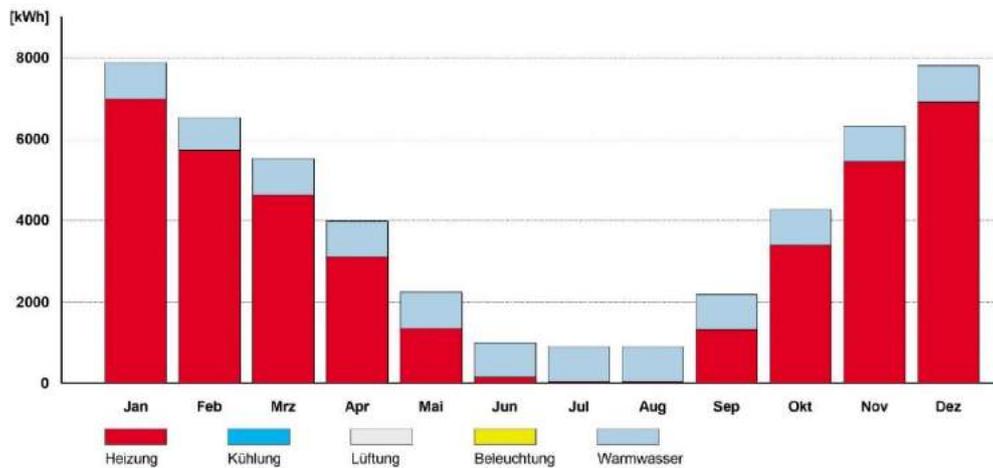
Nutzenergiebedarf - Monatsbilanzierung

[kWh]	Gesamt	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
Heizung	20561	3851	3125	2443	1564	497	63	0	0	492	1738	2969	3820
Kühlung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lüftung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Beleuchtung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Warmwasser	4266	362	327	362	351	362	351	362	362	351	362	351	362
Gesamt	24827	4213	3452	2805	1915	859	414	362	362	843	2101	3320	4182



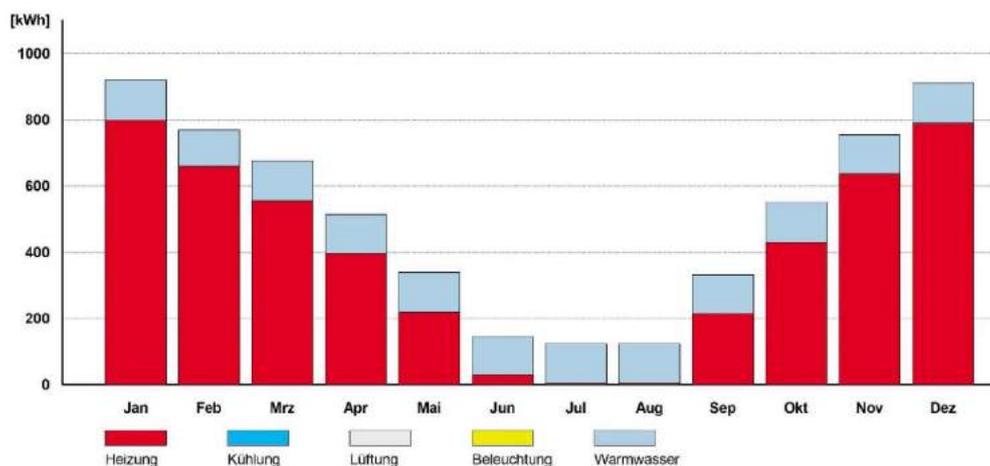
Endenergiebedarf - Monatsbilanzierung

[kWh]	Gesamt	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
Heizung	39.044	6.978	5.710	4.618	3.107	1.348	149	37	37	1.324	3.388	5.444	6.903
Kühlung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lüftung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Beleuchtung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Warmwasser	10.441	895	808	893	863	890	842	870	870	861	891	865	895
Gesamt	49.485	7.873	6.518	5.511	3.969	2.238	992	907	907	2.185	4.280	6.308	7.797



Primärenergiebedarf - Monatsbilanzierung

[kWh]	Gesamt	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
Heizung	4.731	797	659	555	397	219	29	4	4	214	428	637	789
Kühlung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lüftung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Beleuchtung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Warmwasser	1.416	121	109	121	117	121	115	118	118	117	121	117	121
Gesamt	6.147	918	768	675	514	340	144	122	122	331	549	754	910



ANLAGENTECHNIK

Versorgungsbereiche sind Bereiche, die von der gleichen Technik (Heizung, Warmwasser, Lüftung usw.) versorgt werden. Ein Versorgungsbereich kann sich dabei über das gesamte Gebäude erstrecken, ein Gebäude kann aber auch mehrere Versorgungsbereiche umfassen.

Für einen Versorgungsbereich werden die Technik, die Kreise (Verteilung) sowie die Übergaben angegeben. Eine ¹ hinter einer Bezeichnung bedeutet, dass vom Standardwert der Norm abgewichen wurde.

Heizungsanlage

Versorgungsbereich: Heizwärme-Erzeugung 1
 Versorgte Fläche: A_N : 310,25 m²

Erzeuger

Erzeuger: Erzeuger 1
 Typ: Nah-/Fernwärme
 Baujahr: 1990
 Brennstoff: Heizwerk, regenerativ
 Erzeugernutzwärmeabgabe: Q_{out} : 38.173,68 kWh
 Art der Fernwärme-Hausstation: Wasser - niedrige Temperatur
 Dämmklasse nach DIN EN ISO 12828: Dämmklasse 4/5 - Sekundärseite/Primärseite
 Vorlauftemperaturregelung erfolgt in der Hauszentrale der Hausstation: Nein

Heizkreis: Verteilung 1

Rohrleitungen

Leitung	Typ	Lage	Länge [m]	U-Wert [W/(mK)]
Leitung 1	Anbinde-Leitung	in Zone Wohnen	35,57	0,40
Leitung 2	Strang-Leitung	in Zone Wohnen	5,78	0,40
Leitung 3	Verteilungs-Leitung	in keiner Zone - im Unbeheizten	229,68	0,40

Pumpen

Pumpe	Regelung	Max. Leitungslänge [m]	Leistung [W]	
Pumpe 1	ungeregelt	-	72,10	63,94

Art des Rohmetzes: Zweirohrheizung
 Auslegungstemperatur: 70/55°C

Übergaben

Übergabe	Versorgte Zone	Proz. Anteil* [%]	Übergabekomponente	Regelung
Übergabe 1	Wohnen	100,00	Heizkörper (freie Heizfläche...	P-Regler

* Prozentualer Anteil, mit der o. g. Warmwasserkreis die Zone versorgt.

Trinkwarmwasseranlage

Versorgungsbereich: Warmwasser-Erzeugung 1
 Versorgte Fläche: A_N: 310,25 m²

Erzeuger

Erzeuger: Erzeuger 1
 Typ: Nah-/Fernwärme
 Baujahr: 2020
 Brennstoff: Heizwerk, regenerativ
 Erzeugernutzwärmeabgabe: Q_{out}: 9.622,13 kWh
 Art der Fernwärme-Hausstation: Wasser - niedrige Temperatur
 Dämmklasse nach DIN EN ISO 12828: Dämmklasse 4/5 - Sekundärseite/Primärseite
 Vorlauftemperaturregelung erfolgt in der Hauszentrale der Hausstation: Nein

Speicher

Trinkwarmwasserspeicher: Speicher 1
 Baujahr: 1990
 Speicher und Erzeuger im selben Raum: Ja
 Art des Trinkwasserspeichers: indirekt beheizter Speicher
 Umgebungstemperatur: in keiner Zone - im Unbeheizten

TWW-Kreis: DHW-Kreis 1

Rohrleitungen

Leitung	Typ	Lage	Länge [m]	U-Wert [W/(mK)]
Leitung 1	Anbinde-Leitung	in Zone Wohnen	25,60	0,40
Leitung 2	Strang-Leitung	in Zone Wohnen	12,17	0,40
Leitung 3	Verteilungs-Leitung	in keiner Zone - im Unbeheizten	31,09	0,40

Pumpen

Pumpe	Regelung	Max. Leitungslänge [m]	Leistung [W]	
Pumpe 1	ungeregelt	-	47,80	22,51

Art der Verteilung: zentral
 Art der Zirkulation: mit Zirkulation

Übergaben

Übergabe	Versorgte Zone	Proz. Anteil* [%]	Übergabekomponente	Regelung
Übergabe 1	Wohnen	100,00	-	-

* Prozentualer Anteil, mit der o. g. TWW-Kreis die Zone versorgt.

Kühlungsanlage

Keine Anlagentechnik vorhanden!

Lüftungsanlage

Keine Anlagentechnik vorhanden!

BRENNSTOFFDATEN

	Einheit	Heizwert Hi kWh/Einheit	Brennwert Hs kWh/Einheit	Verhältnis Hs/Hi *
Erdgas E	m ³	10,42	11,57	1,11
Strom	kWh	1,00		

	Einheit	Arbeitspreis Cent/Einheit	Arbeitspreis Cent/kWh	Grundpreis Euro/Jahr
Erdgas E	m ³	65,2	6,26	182
Strom	kWh	19,2	19,20	50

	Primär- energie- faktor	CO2- Emissionen g/kWh	SO2- Emissionen g/kWh	NOx- Emissionen g/kWh
Erdgas E	1,1	244	0,157	0,200
Strom	1,8	633	1,111	0,583

ANHANG - U - WERT - ERMITTLUNG - SANIERTE BAUTEILE

Bauteilbezeichnung : Oberste Geschossdecke		Fläche : 129,27 m ²	
Maßnahme:	Dämmung 24 cm, WLS 035	d = 24,0 cm	$\lambda = 0,040 \text{ W/m K}$
			U-Wert U_w = 0,13 W/m² K

Bauteilbezeichnung : Außenwand Außenwand Außenwand		Fläche / Ausrichtung : 104,25 m ² O 49,50 m ² N 104,25 m ² W	
Maßnahme:	WDVS 20cm, auf verputzter Fachwerkwand vor 1870	d = 20,0 cm	$\lambda = 0,040 \text{ W/m K}$
			U-Wert U_w = 0,18 W/m² K

Bauteilbezeichnung : Doppelverglasung Doppelverglasung		Fläche / Ausrichtung : 20,25 m ² N 20,25 m ² S	
Maßnahme:	Wärmeschutzverglasung		
			U-Wert U_w = 1,30 W/m² K

Bauteilbezeichnung : Außenwand		Fläche / Ausrichtung : 49,50 m ² S	
Maßnahme:	Innendämmung 4cm, auf Gründerzeitfassade 1870-1920	d = 4,0 cm	$\lambda = 0,040 \text{ W/m K}$
			U-Wert U_w = 0,60 W/m² K

Bauteilbezeichnung : Kellerdecke		Fläche : 129,27 m ²	
Maßnahme:	Dämmung 16 cm, WLS 035	d = 16,0 cm	$\lambda = 0,040 \text{ W/m K}$
			U-Wert U_w = 0,18 W/m² K

Anlage 4 Referenzgebäude: Außenwand - Bestand

AUSSENWAND – BESTAND: SCHICHTENAUFBAU (VON WARM NACH KALT)

Nr.	Bezeichnung	Dicke cm	λ W/m*K	R m²K/W	μ_1 -	μ_2 -	ρ kg/m³	C_p kJ/kg*K
1	Strohlehmputz	3,00	0,590	0,05	5,0	5,0	0	0,00
2	Stützen- / Balkenbreite: 30,0 cm; Zwischenraum (Füllung): 70,0 cm; um 90° gedreht 70,0%: Lehmwickel mit Stroh 30,0%: Konstruktionsholz (DIN 12524 - 700 kg/m³)	20,00	0,470 0,180	0,43 1,11	5,0 50	0,0 200	0 700	0,00 1,60

U-Wert-Berechnung nach DIN EN ISO 6946

oberer Grenzwert des Wärmedurchgangswiderstandes $R_{T'} = 0,76 \text{ m}^2\text{K/W}$

unterer Grenzwert des Wärmedurchgangswiderstandes $R_{T''} = 0,74 \text{ m}^2\text{K/W}$

Wärmedurchgangswiderstand $R_T = (R_{T'} + R_{T''})/2 = 0,75 \text{ m}^2\text{K/W}$

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 1/R_T = 1,33 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$



Wärmeübergangswiderstände

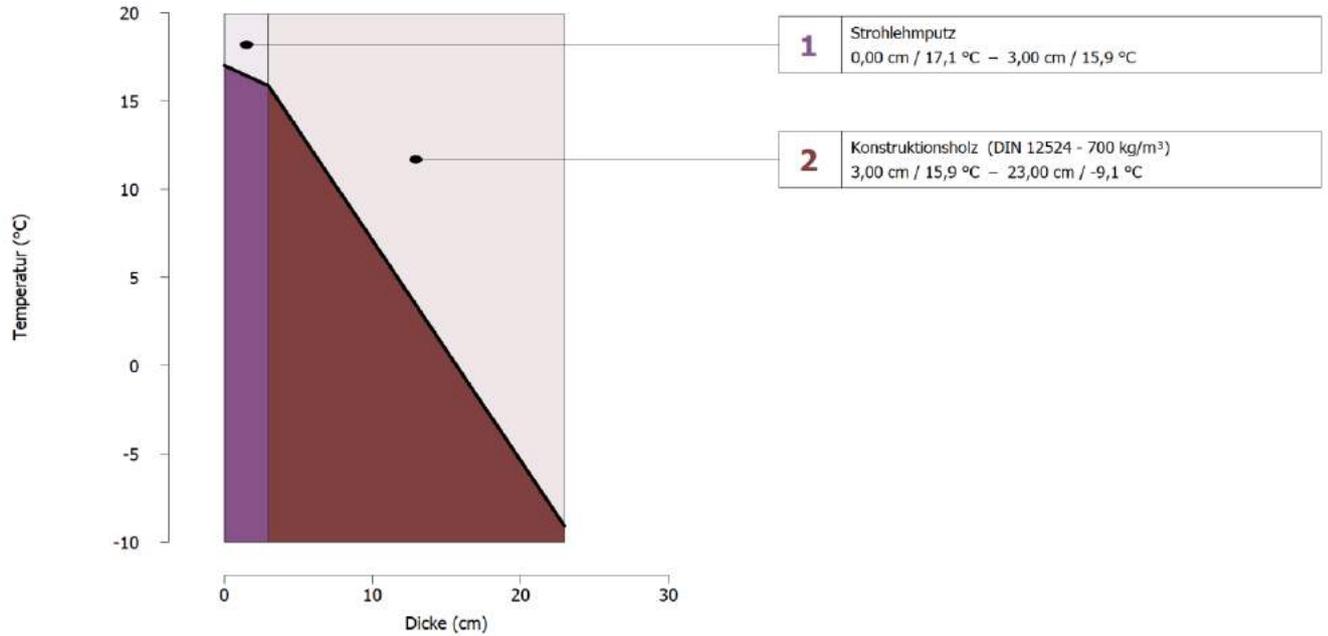
Wärmeübergangswiderstand innen R_{si}	0,13 m²K/W
Wärmeübergangswiderstand außen R_{se}	0,04 m²K/W
Wärmestromrichtung	horizontal
Bauteil grenzt an	Außenluft

Zusammenfassung

U-Wert	1,33 W/m²K
Wärmedurchlasswiderstand	0,58 m²K/W
Mindestwärmedurchlasswiderstand nach DIN 4108-2	1,00 m²K/W
Wirksame Wärmespeicherfähigkeit CP 3 cm	0,00 kJ/m²K
Wirksame Wärmespeicherfähigkeit CP 10 cm	23,52 kJ/m²K
Spezif. Bauteilmasse	42,00 kg/m²
Dicke	23,00 cm

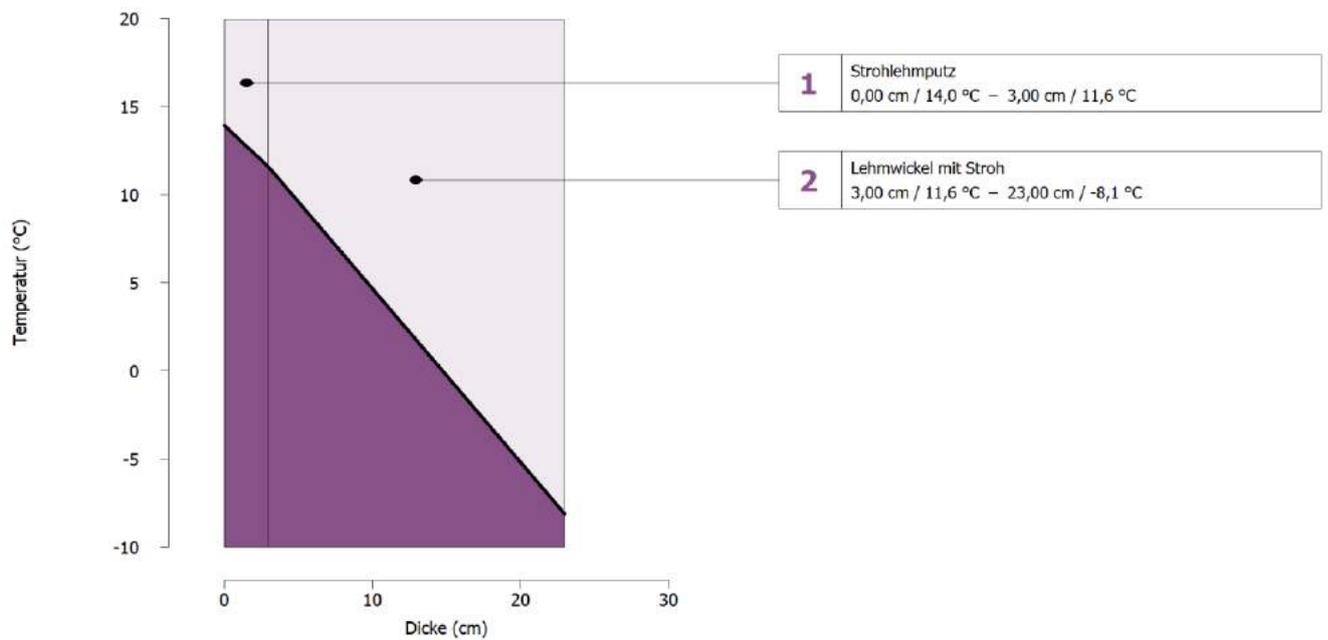
Temperaturverteilung

Fachwerk



Temperaturverteilung

Ausfachung

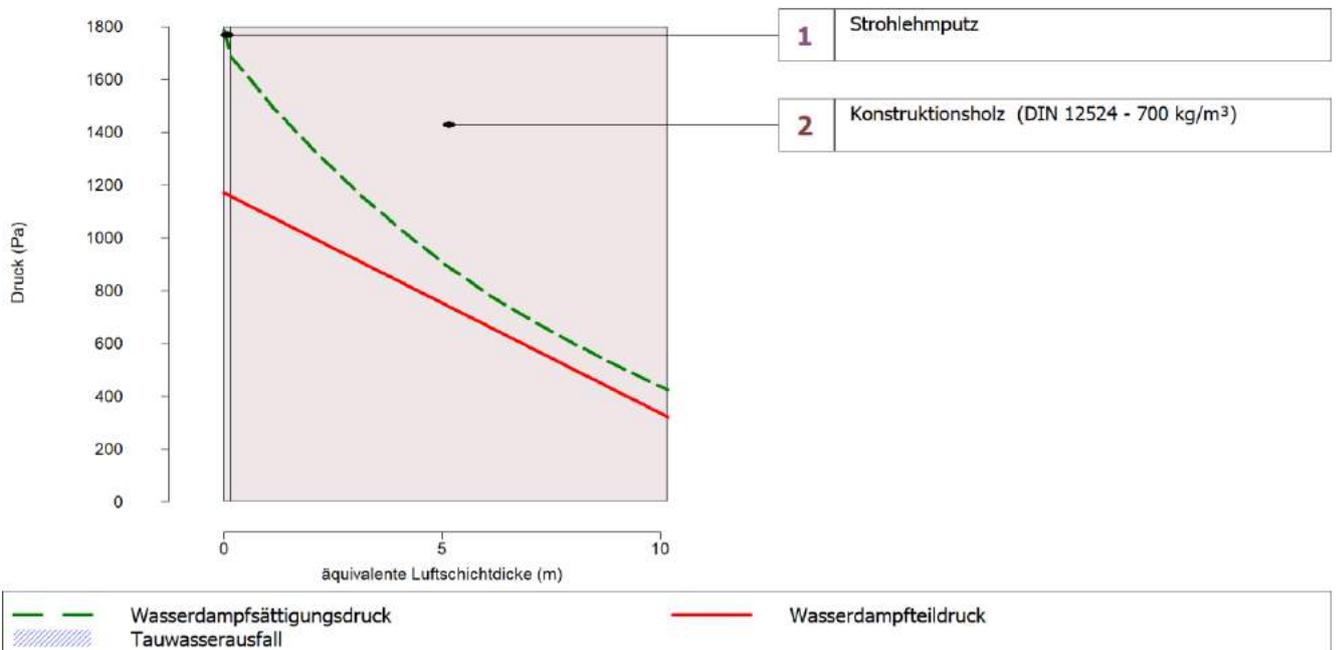


Feuchteberechnung nach DIN 4108-3:2014 (Glaserverfahren)

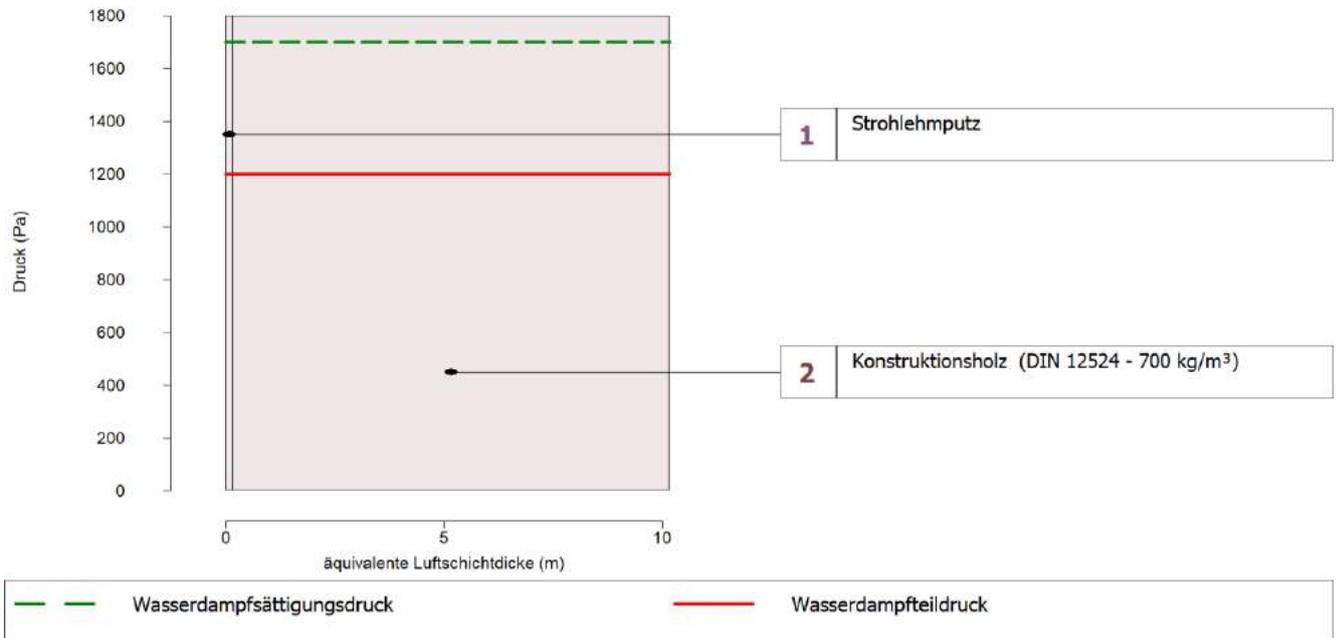
Fachwerk

Nr.	Schicht	s cm	μ -	S_d m	λ W/(m·K)	R m ² ·KW	θ °C	p_s Pa
	Wärmeübergang innen	-	-	-	-	0,25	20,0	2338
							15,7	1784
1	Strohlehmputz	3,000	5	0,15	0,590	0,05		
							14,8	1687
2	Konstruktionsholz (DIN 12524 - 700 kg/m ³)	20,000	50	10,00	0,180	1,11		
							-4,3	426
	Wärmeübergang außen	-	-	-	-	0,04	-5,0	402
				$\Sigma S_d =$	10,15	$\Sigma R =$	1,45	

Tauperiode



Verdunstungsperiode



Klimabedingter Feuchteschutz nach DIN 4108-3

Kritische Feuchte auf Innenoberflächen

Keine Tauwasserbildung auf der Innenoberfläche des Bauteils.

Wärmedurchlasswiderstand: $1,16 \text{ m}^2\text{KW}$

Mindest-Wärmedurchlasswiderstand: $0,29 \text{ m}^2\text{KW}$

Der Mindest-Wärmedurchlasswiderstand zur Vermeidung krit. Oberflächenfeuchte wird eingehalten.

Tauwasserbildung im Bauteilinneren

Das Bauteil ist in Ordnung. Es fällt kein Tauwasser aus.

Feuchteberechnung nach DIN EN ISO 13788

Fachwerk

Randbedingungen: Außen- und Innenklima

Monat	θ_e in °C	ϕ_e in %	θ_i in °C	ϕ_i in %	N in Tagen
Januar	-1,3	80,0	20,0	56,9	31
Februar	0,6	80,0	20,0	58,8	28
März	4,1	80,0	20,0	58,3	31
April	9,5	80,0	20,0	60,6	30
Mai	12,9	75,0	20,0	61,3	31
Juni	15,7	75,0	20,0	65,4	30
Juli	18,0	75,0	20,0	70,0	31
August	18,3	75,0	20,0	70,7	31
September	14,4	80,0	20,0	66,8	30
Oktober	9,1	80,0	20,0	60,3	31
November	4,7	80,0	20,0	58,4	30
Dezember	1,3	80,0	20,0	58,6	31

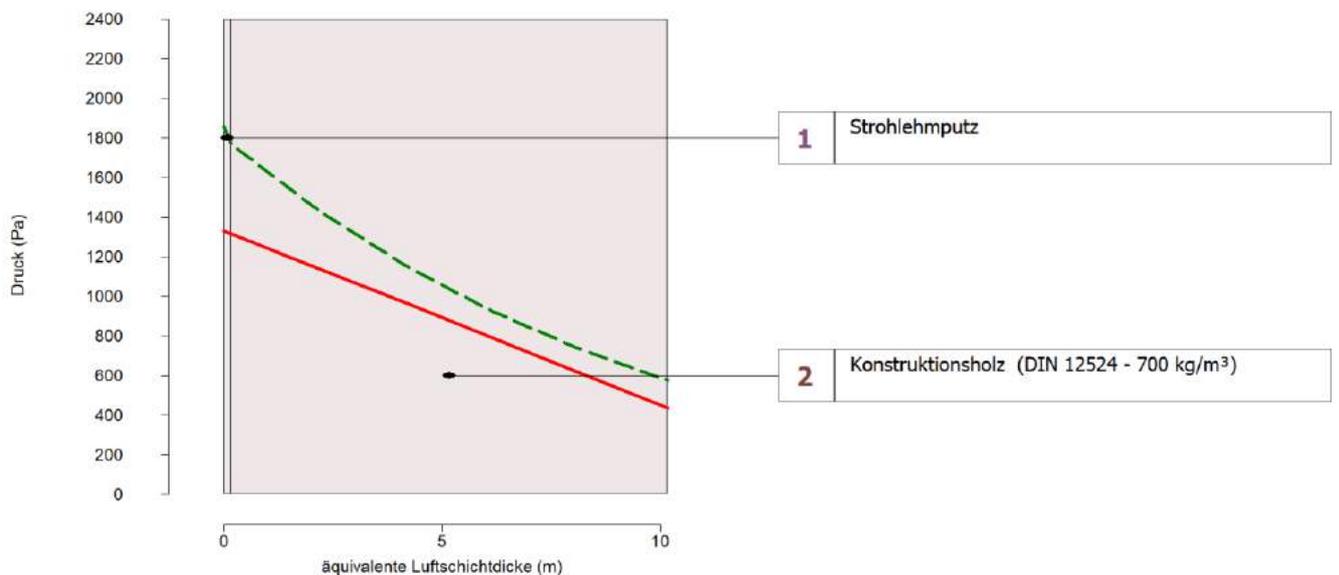
Wasserdampfdiffusionsberechnung

Monat: Januar (kritischster Monat)

Außentemperatur θ_e : -1,30°C

Bereich	Temperatur θ in °C	Wärmeüberg. in m ² /KW	Rel. Luftfeuchte ϕ in %	W.-Sättigungsdruck p_{sat} in Pa	W.-Teildruck p in Pa
innen	$\theta_i = 20,00$	$R_{si} = 0,25$	$\phi_i = 56,90$	$p_{sat,i} = 2336,95$	$p_i = 1329,75$
außen	$\theta_e = -1,30$	$R_{se} = 0,04$	$\phi_e = 80,00$	$p_{sat,e} = 548,20$	$p_e = 438,80$
Differenz	$\Delta\theta = -21,30$				$\Delta p = 890,95$

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	Schicht	d_j m	λ_{nj} W/(m K)	R_{tj} m ² K/W	$(\Delta q)_j$ K	$\theta_{j,i-1}$ °C	$p_{sat,j,i-1}$ Pa	l_{tj} -	s_{tj} m	$(\Delta p)_j$ Pa	$p_{j,i-1}$ Pa	$p > p_{sat}$
i	Innenluft	-	-	-	-	20,00	2337,0	-	-	-		
0	WUW innen	-	-	0,250	3,67	16,33	1.856,2	-	-	-	1.329,8	
1	Strohlehmputz	0,030	0,590	0,051	0,75	15,59	1769,8	5	0,150	13,2	1.316,6	
2	Konstruktionsholz (DIN 12524 - 700 kg/m ³)	0,040	0,180	0,222	3,26	12,33	1432,3	50	2,000	175,6	1.141,0	
3	Konstruktionsholz (DIN 12524 - 700 kg/m ³)	0,040	0,180	0,222	3,26	9,07	1152,6	50	2,000	175,6	965,5	
4	Konstruktionsholz (DIN 12524 - 700 kg/m ³)	0,040	0,180	0,222	3,26	5,81	922,2	50	2,000	175,6	789,9	
5	Konstruktionsholz (DIN 12524 - 700 kg/m ³)	0,040	0,180	0,222	3,26	2,55	733,4	50	2,000	175,6	614,4	
6	Konstruktionsholz (DIN 12524 - 700 kg/m ³)	0,040	0,180	0,222	3,26	-0,71	575,6	50	2,000	175,6	438,8	
7	WUW außen	-	-	0,040	0,59			-	-	-		
a	Außenluft	-	-	-	-	-1,30	548,2	-	-	-		



ZUSAMMENFASSUNG / FAZIT

Kritische Feuchte auf Innenoberflächen

Keine Bildung von kritischer Oberflächenfeuchte.

<i>Temperaturfaktor f_{Rsi} des Bauteils:</i>	<i>0,83</i>
<i>Kritischer Monat:</i>	<i>Februar</i>
<i>höchster erforderlicher Temperaturfaktor $f_{Rsi,max}$:</i>	<i>0,75</i>

Der höchste erforderliche Temperaturfaktor wird immer überschritten.

Tauwasserbildung im Bauteilinneren

Das Bauteil ist frei von Tauwasserbildung im Bauteilinneren

Anlage 5 Ansichten der geplanten Heizzentrale



 **UNGER**
ingenieure
Gemeinsam mit Weber-Ingenieure

- Darmstadt
- Freiburg
- Homburg (Efze)
- Heidelberg
- Koblenz
- Mainz
- Offenburg

Projekt:	Integriertes Quartierskonzept zur Nahwärmeversorgung der historischen Altstadt der Stadt Homburg (Efze)	Maßstab:	o.M
Planbezeichnung:	Heizzentrale Ansicht 1	Zeichnungs Nr.:	20_30567_ST_02_01
		Stand:	PC /BH 07.10.2020



 **UNGER**
ingenieure
Gemeinsam mit Weber-Ingenieure

- Darmstadt
- Freiburg
- Homburg (Efze)
- Heidelberg
- Koblenz
- Mainz
- Offenburg

Projekt:
Integriertes Quartierskonzept zur Nahwärmeversorgung
der historischen Altstadt der Stadt Homburg (Efze)

Maßstab: o.M.
Zeichnungs Nr.: 20_30567_ST_02_02
Stand: PC /BH 07.10.2020

Planbezeichnung:
Heizzentrale Ansicht 2



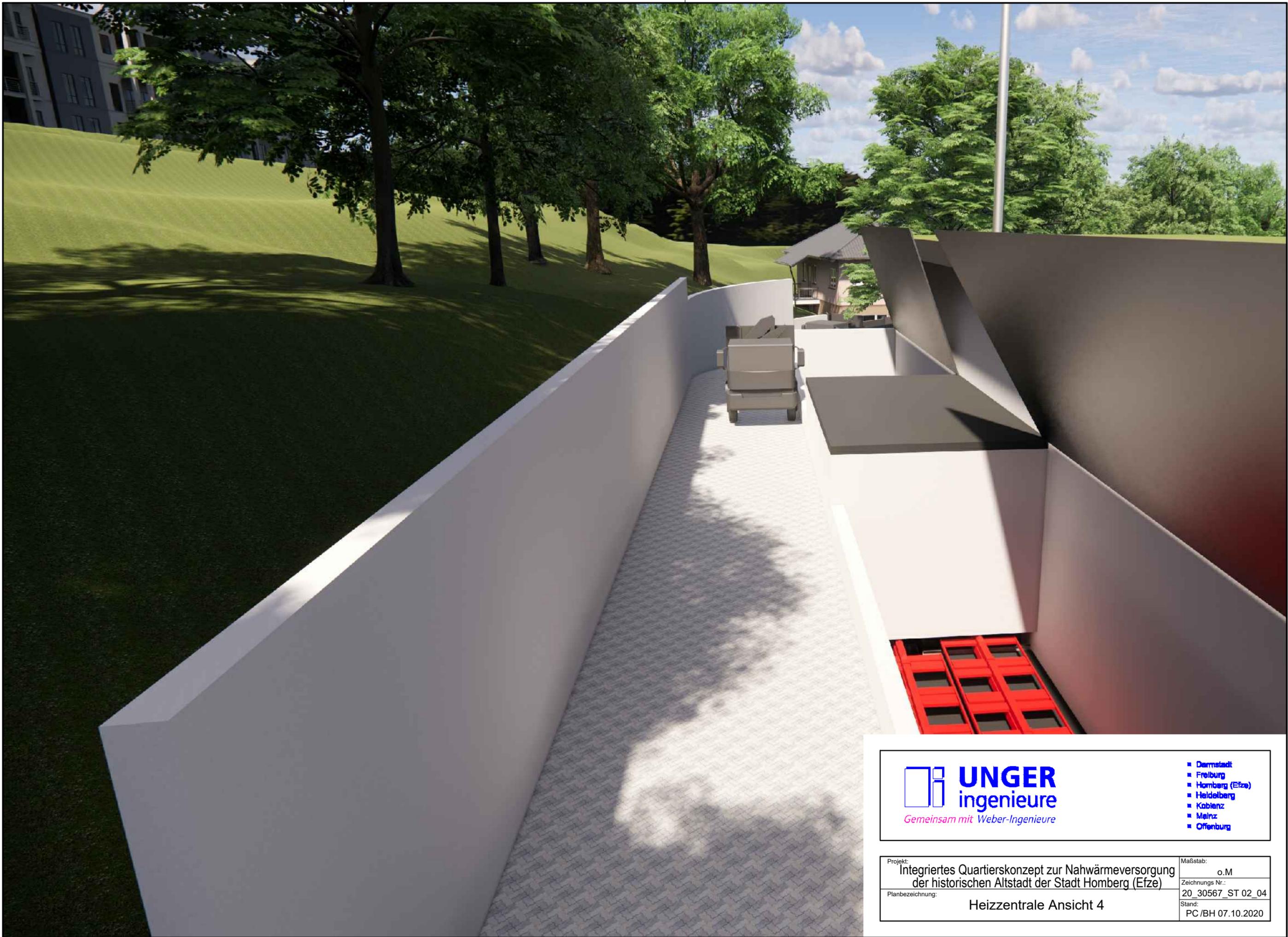
 **UNGER**
ingenieure
Gemeinsam mit Weber-Ingenieure

- Darmstadt
- Freiburg
- Homburg (Efze)
- Heidelberg
- Koblenz
- Mainz
- Offenburg

Projekt:
Integriertes Quartierskonzept zur Nahwärmeversorgung
der historischen Altstadt der Stadt Homburg (Efze)

Maßstab: o.M
Zeichnungs Nr.: 20_30567_ST_02_03
Stand: PC /BH 07.10.2020

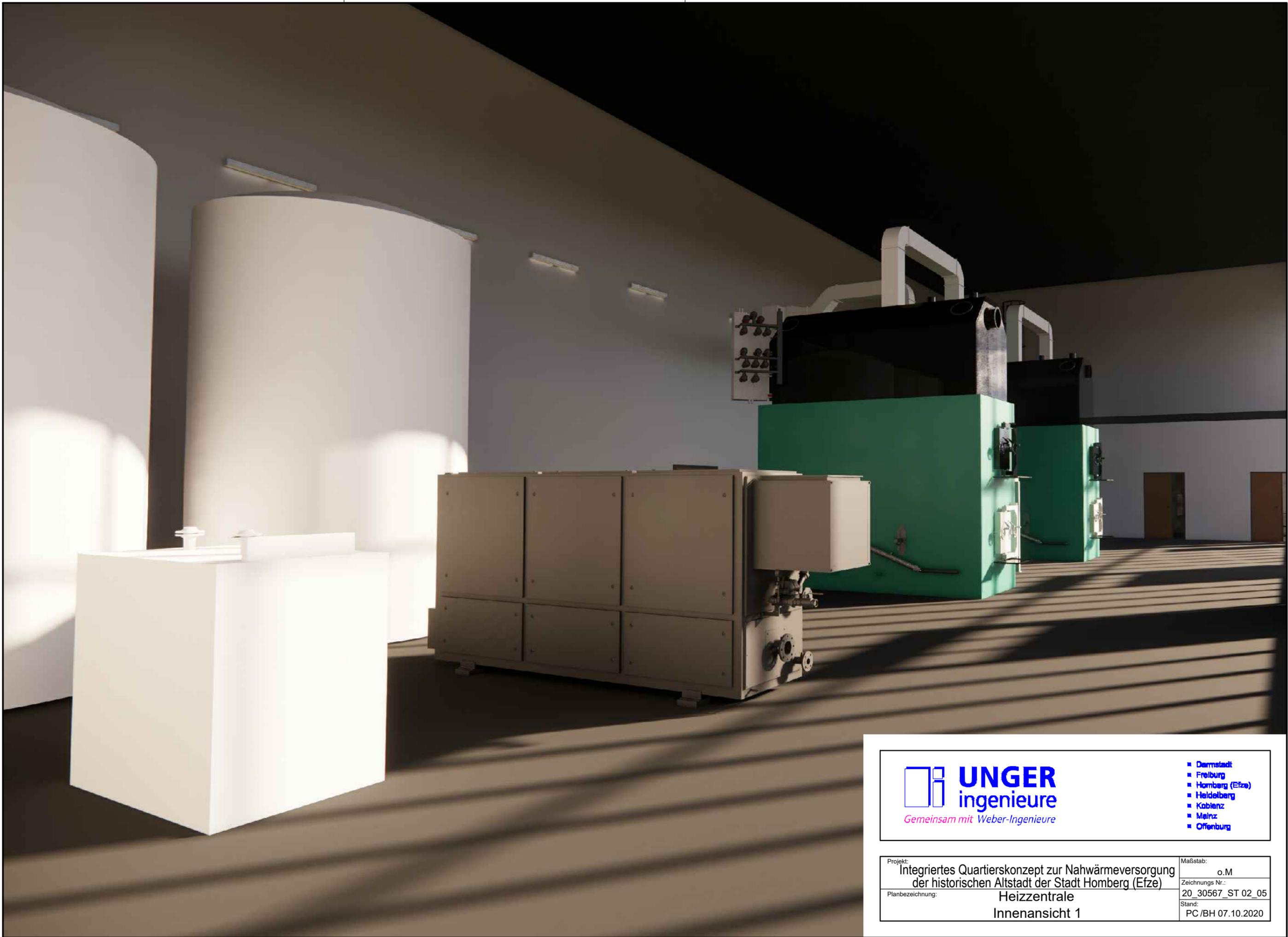
Planbezeichnung:
Heizzentrale Ansicht 3




Gemeinsam mit Weber-Ingenieure

- Darmstadt
- Freiburg
- Homburg (Efze)
- Heidelberg
- Koblenz
- Mainz
- Offenburg

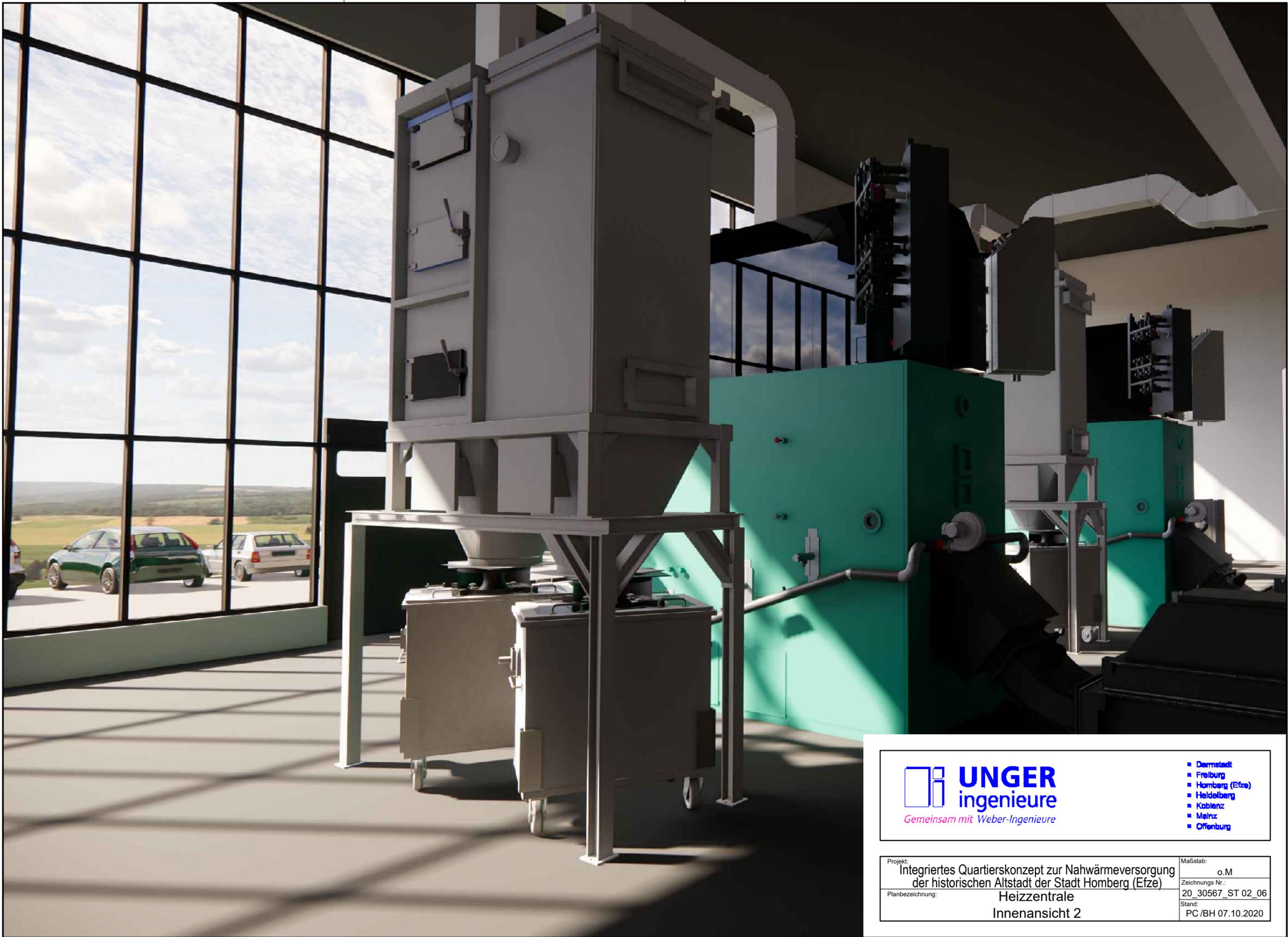
Projekt:	Integriertes Quartierskonzept zur Nahwärmeversorgung der historischen Altstadt der Stadt Homburg (Efze)	Maßstab:	o.M
Planbezeichnung:	Heizzentrale Ansicht 4	Zeichnungs Nr.:	20_30567_ST_02_04
		Stand:	PC /BH 07.10.2020



 **UNGER**
ingenieure
Gemeinsam mit Weber-Ingenieure

- Darmstadt
- Freiburg
- Homberg (Efze)
- Heidelberg
- Koblenz
- Mainz
- Offenburg

Projekt:	Integriertes Quartierskonzept zur Nahwärmeversorgung der historischen Altstadt der Stadt Homberg (Efze)	Maßstab:	o.M
Planbezeichnung:	Heizzentrale Innenansicht 1	Zeichnungs Nr.:	20_30567_ST 02_05
		Stand:	PC /BH 07.10.2020



 **UNGER**
ingenieure
Gemeinsam mit Weber-Ingenieure

- Darmstadt
- Freiburg
- Homberg (Efze)
- Heidelberg
- Koblentz
- Mainz
- Offenburg

Projekt:
Integriertes Quartierskonzept zur Nahwärmeversorgung
der historischen Altstadt der Stadt Homberg (Efze)

Planbezeichnung:
Heizzentrale
Innenansicht 2

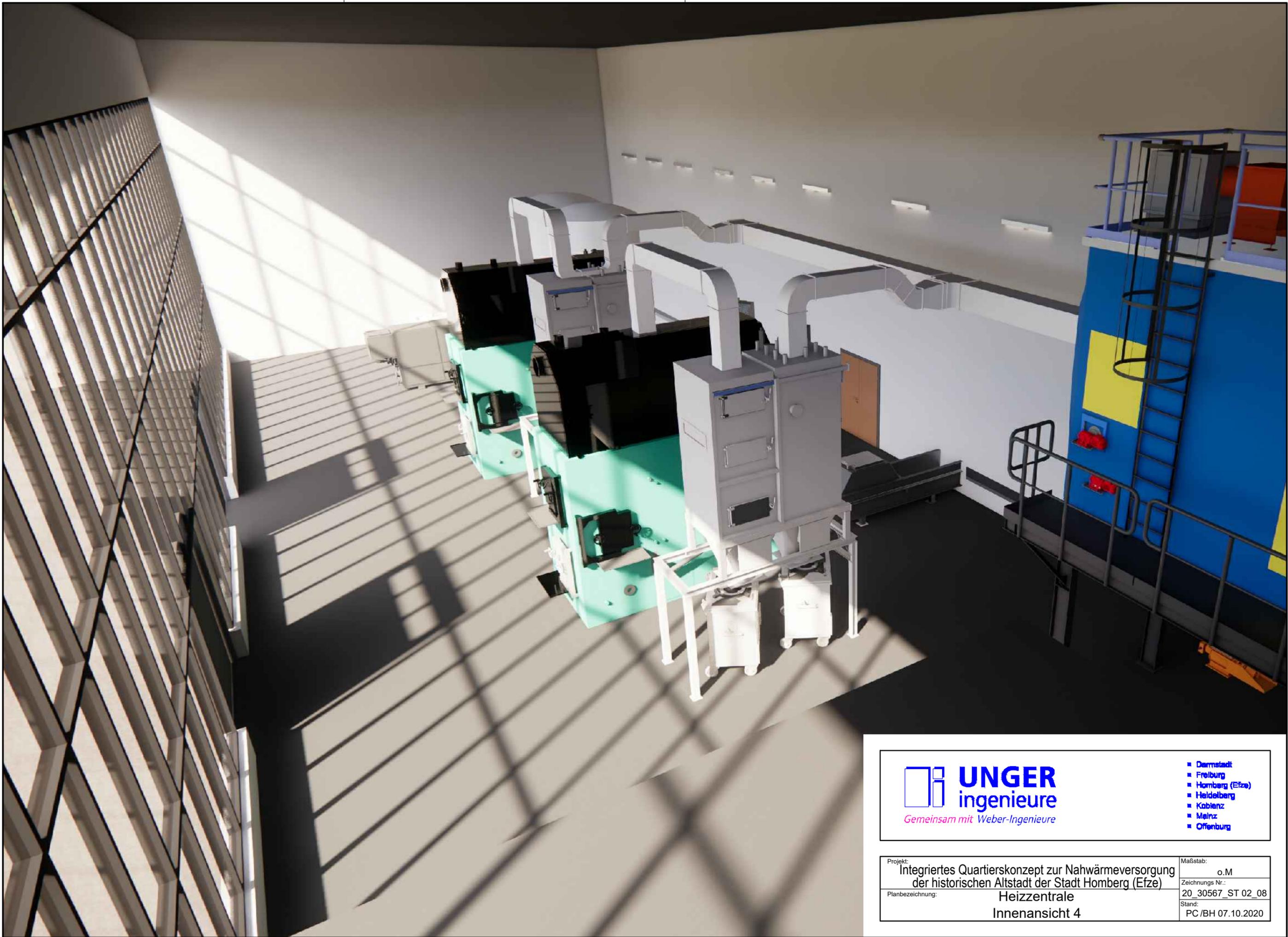
Maßstab:
o.M
Zeichnungs Nr.:
20_30567_ST_02_06
Stand:
PC /BH 07.10.2020



 **UNGER**
ingenieure
Gemeinsam mit Weber-Ingenieure

- Darmstadt
- Freiburg
- Homburg (Efze)
- Heidelberg
- Koblenz
- Mainz
- Offenburg

Projekt:	Integriertes Quartierskonzept zur Nahwärmeversorgung der historischen Altstadt der Stadt Homburg (Efze)	Maßstab:	o.M
Planbezeichnung:	Heizzentrale Innenansicht 3	Zeichnungs Nr.:	20_30567_ST 02_07
		Stand:	PC /BH 07.10.2020



 **UNGER**
ingenieure
Gemeinsam mit Weber-Ingenieure

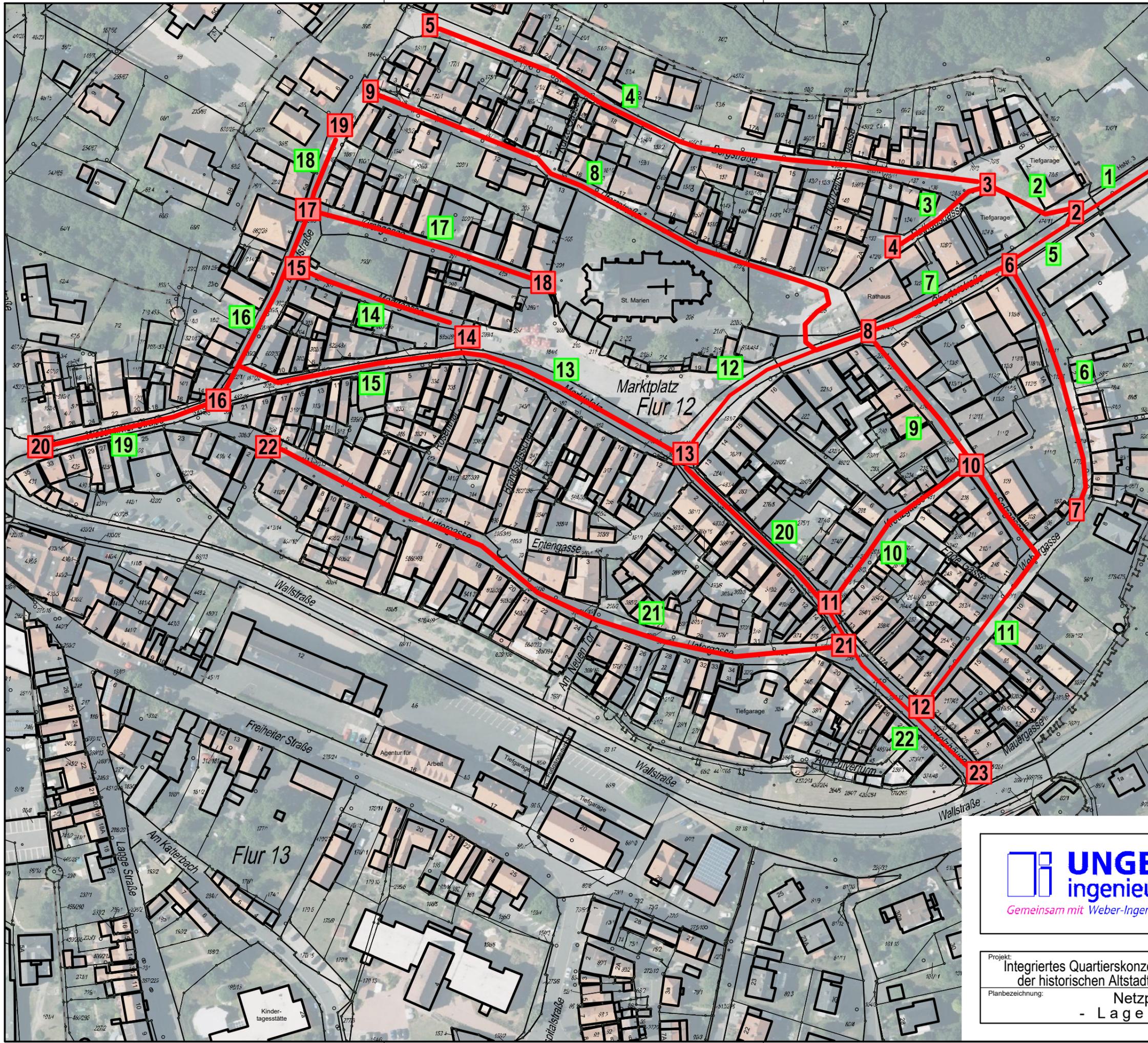
- Darmstadt
- Freiburg
- Homberg (Efze)
- Heidelberg
- Koblenz
- Mainz
- Offenburg

Projekt:
Integriertes Quartierskonzept zur Nahwärmeversorgung
der historischen Altstadt der Stadt Homberg (Efze)

Planbezeichnung:
Heizzentrale
Innenansicht 4

Maßstab:
o.M
Zeichnungs Nr.:
20_30567_ST 02_08
Stand:
PC /BH 07.10.2020

Anlage 6 Geplantes Nahwärmenetz



Heizzentrale

1



Legende :

- 11 Strangnummer
- 21 Knotennummer

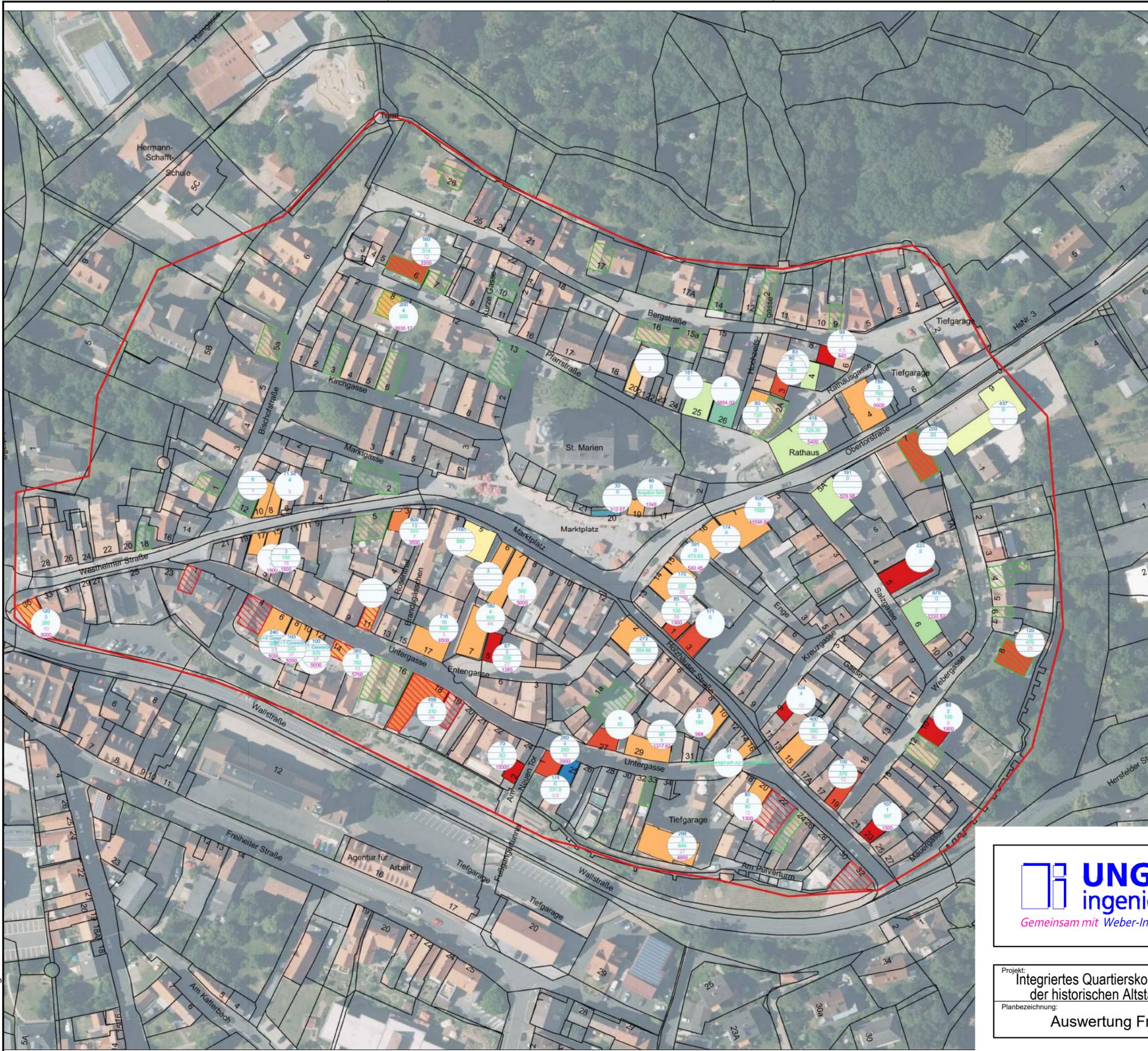
UNGER
ingenieure

Gemeinsam mit Weber-Ingenieure

- Darmstadt
- Freiburg
- Homberg (Efze)
- Heidelberg
- Koblenz
- Mainz
- Offenburg

Projekt: Integriertes Quartierskonzept zur Nahwärmeversorgung der historischen Altstadt der Stadt Homberg (Efze)	Maßstab: o.M.
Planbezeichnung: Netzplan - Lageplan -	Zeichnungs Nr.: 20_30567_ST 02_11
	Stand: PC/BH 07.10.2020

Anlage 7 Rückläufer und Auswertung der Fragebögen



Legende

Fragebogen Mieter	Gewerbe
Fragebogen Gewerbe	Kommunale Einrichtung
Einfamilienhaus	Kulturelle Einrichtung
Mehrfamilienhaus	Lager
Mehrfamilienhaus, Mischung	Mischung, Gewerbe
Mischung	Größe Grundfläche [m²]
Mischung (2 Ferienwohnung + Büro)	Anzahl Bewohner
Mischung (Gaststätte, Saal, Wohnung)	Größe beheizbare Fläche [m²]
Gemeinnützige Einrichtung	Alter Heizungsanlage
	Jährl. Kosten [€]

Kartenhintergrund: Georeferenzierte Luftbilder und ALKIS-Daten, Hessische Verwaltung für Bodenmanagement und Geoinformation (HVBG)

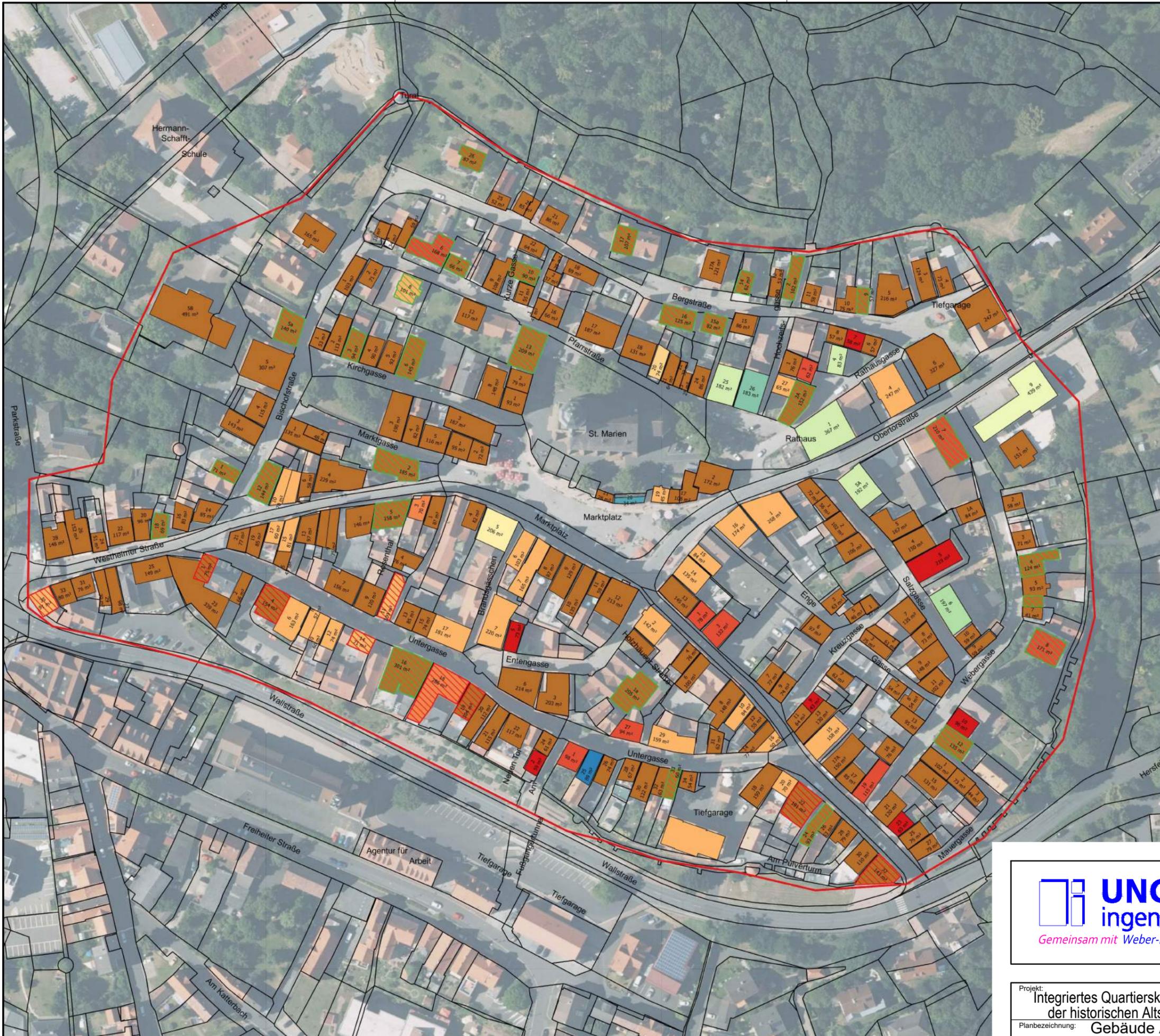
0 25 50 75 100 m

UNGER
ingenieure

Gemeinsam mit Weber-Ingenieure

- Darmstadt
- Freiburg
- Homberg (Efze)
- Heidelberg
- Koblenz
- Mainz
- Offenburg

Projekt: Integriertes Quartierskonzept zur Nahwärmeversorgung der historischen Altstadt der Stadt Homberg (Efze)	Maßstab: o.M
Planbezeichnung: Auswertung Fragebögen Hausbesitzer	Zeichnungs Nr.: 20_30567_ST 02_10
	Stand: PC/BH 07.10.2020



Legende

- Gebäude mit Hausnummer und Grundfläche
- Fragebögen Mieter
- Fragebögen Gewerbe

Fragebögen Hausbesitzer

- Einfamilienhaus
- Mehrfamilienhaus
- Mehrfamilienhaus, Mischnutzung
- Mischnutzung
- Mischnutzung (2 Ferienwohnung + Büro)
- Mischnutzung (Gaststätte, Saal, Wohnung)
- Gemeinnützige Einrichtung
- Gewerbe
- Kommunale Einrichtung
- Kulturelle Einrichtung
- Lager
- Mischnutzung, Gewerbe

Kartenhintergrund: Georeferenzierte Luftbilder und ALKIS-Daten, Hessische Verwaltung für Bodenmanagement und Geoinformation (HVBG)

0 25 50 75 100 m

UNGER
ingenieure

Gemeinsam mit Weber-Ingenieure

- Darmstadt
- Freiburg
- Homberg (Efze)
- Heidelberg
- Koblenz
- Mainz
- Offenburg

Projekt:	Integriertes Quartierskonzept zur Nahwärmeversorgung der historischen Altstadt der Stadt Homberg (Efze)	Maßstab:	o.M
Planbezeichnung:	Gebäude Altstadt und Rückläufe Fragebögen	Zeichnungs Nr.:	20_30567_ST 02_09
		Stand:	PC/BH 07.10.2020

Anlage 8 Einheitspreise für das Nahwärmenetz

Einheitspreise

Preisstand: 2020

Nahwärmeleitung d_n = 160 - UNO

Pos.	Beschreibung		EP		Massen pro Meter	Dimension
			€	€ pro Einheit		
	Baustelleneinrichtung - Anteilig	=	38,00 €	38,00 €	1,00	psch
	Oberfläche aufnehmen	=	12,00 €	12,96 €	1,08	m ² /m
	Rohrgraben - Tiefe = 1,00 m - Breite = 0,90 m	=	54,00 €	54,00 €	1,00	m/m
	Aushub: ausheben - transportieren - lagern	=	36,00 €	37,26 €	1,04	m ³ /m
	Rohrbettung	=	28,00 €	11,34 €	0,41	m ³ /m
	Aushub: aufnehmen - transportieren - verfüllen	=	6,00 €	3,78 €	0,63	m ³ /m
	Aushub: entsorgen	=	24,00 €	9,72 €	0,41	m ³ /m
	Oberfläche wiederherstellen	=	28,00 €	30,24 €	1,08	m ² /m
	Nahwärmerohre PE-Xa - vollisoliert - Uno - Vorlauf	=	337,90 €	337,90 €	1,00	pro m
	Nahwärmerohre PE-Xa - vollisoliert - Uno - Rücklauf	=	337,90 €	337,90 €	1,00	pro m
	Leckortungsanlage	=	10,00 €	10,00 €	1,00	pro m
	Montagezubehör	=	5,00 €	5,00 €	1,00	pro m
	Montage der Rohrleitungen	=	58,00 €	4,35 €	0,08	h / m
	Sonstiges	=	10,00 €	10,00 €	1,00	
	Zwischensumme - netto	=		902,45 €		
	Mehrwertsteuer - 19%	=		171,47 €		
	SUMME	=		1.073,92 €	pro m	

Nahwärmeleitung d_n = 125 - Uno

Pos.	Beschreibung		EP		Massen pro Meter	Dimension
			€	€ pro Einheit		
	Baustelleneinrichtung - Anteilig	=	38,00 €	38,00 €	1,00	psch
	Oberfläche aufnehmen	=	12,00 €	12,24 €	1,02	m ² /m
	Rohrgraben - Tiefe = 1,00 m - Breite = 0,90 m	=	50,00 €	50,00 €	1,00	m/m
	Aushub: ausheben - transportieren - lagern	=	36,00 €	34,43 €	0,96	m ³ /m
	Rohrbettung	=	28,00 €	10,12 €	0,36	m ³ /m
	Aushub: aufnehmen - transportieren - verfüllen	=	6,00 €	3,57 €	0,60	m ³ /m
	Aushub: entsorgen	=	24,00 €	8,67 €	0,36	m ³ /m
	Oberfläche wiederherstellen	=	28,00 €	28,56 €	1,02	m ² /m
	Nahwärmerohre PE-Xa - vollisoliert - Uno - Vorlauf	=	169,20 €	169,20 €	1,00	pro m
	Nahwärmerohre PE-Xa - vollisoliert - Uno - Rücklauf	=	169,20 €	169,20 €	1,00	pro m
	Leckortungsanlage	=	10,00 €	10,00 €	1,00	pro m
	Montagezubehör	=	5,00 €	5,00 €	1,00	pro m
	Montage der Rohrleitungen	=	58,00 €	4,35 €	0,08	h / m
	Sonstiges	=	10,00 €	10,00 €	1,00	
	Zwischensumme - netto	=		553,33 €		
	Mehrwertsteuer - 19%	=		105,13 €		
	SUMME	=		658,46 €	pro m	

Nahwärmeleitung d_n = 90 - Uno

Pos.	Beschreibung		EP		Massen pro Meter	Dimension
			€	€ pro Einheit		
	Baustelleneinrichtung - Anteilig	=	38,00 €	38,00 €	1,00	psch
	Oberfläche aufnehmen	=	12,00 €	10,94 €	0,91	m ² /m
	Rohrgraben - Tiefe = 1,00 m - Breite = 0,80 m	=	48,00 €	48,00 €	1,00	m/m
	Aushub: ausheben - transportieren - lagern	=	36,00 €	29,55 €	0,82	m ³ /m
	Rohrbettung	=	28,00 €	8,09 €	0,29	m ³ /m
	Aushub: aufnehmen - transportieren - verfüllen	=	6,00 €	3,19 €	0,53	m ³ /m
	Aushub: entsorgen	=	24,00 €	6,93 €	0,29	m ³ /m
	Oberfläche wiederherstellen	=	28,00 €	25,54 €	0,91	m ² /m
	Nahwärmerohre PE-Xa - vollisoliert - Uno - Vorlauf	=	121,80 €	121,80 €	1,00	pro m
	Nahwärmerohre PE-Xa - vollisoliert - Uno - Rücklauf	=	121,80 €	121,80 €	1,00	pro m
	Leckortungsanlage	=	10,00 €	10,00 €	1,00	pro m
	Montagezubehör	=	5,00 €	5,00 €	1,00	pro m
	Montage der Rohrleitungen	=	58,00 €	4,35 €	0,08	h / m
	Sonstiges	=	10,00 €	10,00 €	1,00	
	Zwischensumme - netto	=		443,19 €		
	Mehrwertsteuer - 19%	=		84,21 €		
	SUMME	=		527,39 €	pro m	

Nahwärmeleitung d_a = 75 - Uno

Pos.	Beschreibung		EP		Massen pro Meter	Dimension
			€	€ pro Einheit		
	Baustelleneinrichtung - Anteilig	=	38,00 €	38,00 €	1,00	psch
	Oberfläche aufnehmen	=	12,00 €	10,37 €	0,86	m ² /m
	Rohrgraben - Tiefe = 1,00 m - Breite = 0,75 m	=	44,00 €	44,00 €	1,00	m/m
	Aushub: ausheben - transportieren - lagern	=	36,00 €	27,48 €	0,76	m ³ /m
	Rohrbettung	=	28,00 €	7,26 €	0,26	m ³ /m
	Aushub: aufnehmen - transportieren - verfüllen	=	6,00 €	3,02 €	0,50	m ³ /m
	Aushub: entsorgen	=	24,00 €	6,22 €	0,26	m ³ /m
	Oberfläche wiederherstellen	=	28,00 €	24,19 €	0,86	m ² /m
	Nahwärmerohre PE-Xa - vollisoliert - Uno - Vorlauf	=	92,10 €	92,10 €	1,00	pro m
	Nahwärmerohre PE-Xa - vollisoliert - Uno - Rücklauf	=	92,10 €	92,10 €	1,00	pro m
	Leckortungsanlage	=	10,00 €	10,00 €	1,00	pro m
	Montagezubehör	=	5,00 €	5,00 €	1,00	pro m
	Montage der Rohrleitungen	=	58,00 €	4,35 €	0,08	h / m
	Sonstiges	=	10,00 €	10,00 €	1,00	
	Zwischensumme - netto	=		374,09 €		
	Mehrwertsteuer - 19%	=		71,08 €		
	SUMME	=		445,16 €	pro m	

Nahwärmeleitung d_a = 50 - Duo

Pos.	Beschreibung		EP		Massen pro Meter	Dimension
			€	€ pro Einheit		
	Baustelleneinrichtung - Anteilig	=	38,00 €	38,00 €	1,00	psch
	Oberfläche aufnehmen	=	12,00 €	6,91 €	0,58	m ² /m
	Rohrgraben - Tiefe = 1,00 m - Breite = 0,50 m	=	40,00 €	40,00 €	1,00	m/m
	Aushub: ausheben - transportieren - lagern	=	36,00 €	18,66 €	0,52	m ³ /m
	Rohrbettung	=	28,00 €	5,11 €	0,18	m ³ /m
	Aushub: aufnehmen - transportieren - verfüllen	=	6,00 €	2,02 €	0,34	m ³ /m
	Aushub: entsorgen	=	24,00 €	4,38 €	0,18	m ³ /m
	Oberfläche wiederherstellen	=	28,00 €	16,13 €	0,58	m ² /m
	Nahwärmerohre PE-Xa - vollisoliert - Duo	=	108,80 €	108,80 €	1,00	pro m
	Leckortungsanlage	=	10,00 €	10,00 €	1,00	pro m
	Montagezubehör	=	4,00 €	4,00 €	1,00	pro m
	Montage der Rohrleitungen	=	58,00 €	4,35 €	0,08	h / m
	Sonstiges	=	10,00 €	10,00 €	1,00	
	Zwischensumme - netto	=		268,35 €		
	Mehrwertsteuer - 19%	=		50,99 €		
	SUMME	=		319,34 €	pro m	

Hausanschluss - Länge 5,00 m

Leitungslänge = 5,00

Pos.	Beschreibung		EP		Massen	Dimension
			€	€ pro HA		
	Baustelleneinrichtung - Anteilig		190,00 €	190,00 €	1,00	psch
	Oberfläche aufnehmen		12,00 €	72,00 €	6,00	m ² /HA
	Rohrgraben - Tiefe = 1,00 m - Breite = 0,50 m		35,00 €	175,00 €	5,00	m/HA
	Aushub, Aushub transportieren und lagern		36,00 €	73,80 €	2,05	m ³ /HA
	Rohrbettung		28,00 €	17,79 €	0,64	m ³ /HA
	Aushub zurück verfüllen		6,00 €	8,49 €	1,41	m ³ /HA
	Aushub entsorgen		24,00 €	15,25 €	0,64	m ³ /HA
	Oberfläche wiederherstellen		28,00 €	168,00 €	6,00	m ² /HA
	PE-Xa - vollisoliert - Duo - d _a = 25 mm - L = 15,0 m	=	43,90 €	439,00 €	10,00	m pro HA
	Montage der Hausanschlussleitung	=	55,00 €	70,58 €	1,28	h / HA
	Montagezubehör Hausanschlussleitung	=	250,00 €	250,00 €	1,00	pro HA
	Wärmeübergabestation	=	4.200,00 €	4.200,00 €	1,00	pro HA
	Montage der Wärmeübergabestation	=	55,00 €	440,00 €	8,00	pro HA
	Datenleitung und Datenanbindung	=	450,00 €	450,00 €	1,00	pro HA
	Zwischensumme - netto	=		6.569,92 €		
	Mehrwertsteuer - 19%	=		1.248,28 €		
	SUMME	=		7.818,20 €		

Anlage 9 Investitionskosten für das Nahwärmekonzept

Kosten

Investitionskosten - Brutto

	Bautechnik				Anlagentechnik	EMSR-Technik	Baunebenkosten
	Menge	Einheit	EP	€	€	€	€
Nahwärmenetz:							
Nahwärmeleitung d _a = 160 mm - Uno	=	1.100	m	1.074 €	1.181.307 €		
Nahwärmeleitung d _a = 125 mm - Uno	=	1.480	m	658 €	974.525 €		
Nahwärmeleitung d _a = 90 mm - Uno	=	2.310	m	527 €	1.218.281 €		
Nahwärmeleitung d _a = 75 mm - Uno	=	1.700	m	445 €	756.779 €		
Nahwärmeleitung d _a = 50 mm - Duo	=	745	m	319 €	237.909 €		
Hausanschlüsse	=	229	Stück	7.818 €	1.790.368 €		
Heizzentrale - V- und EMSR-Technik:							
Fördereinrichtung	=				178.947 €		
Warmwasserkesselanlage	=				400.195 €		
Rauchgasreinigung	=				86.489 €		
Elektro-Filter	=				177.377 €		
Druckluftanlage	=				30.222 €		
EMSR-Technik	=					109.312 €	
Bedienbühne und Treppen	=			56.763 €			
Schornstein - 2 Stück	=			138.040 €			
Fracht & Montage	=				68.556 €	29.381 €	
Inbetriebnahme	=				7.140 €	3.570 €	
Pufferspeicher: 2 * 30 m ³	=				90.000 €		
Umsetzen vom BHKW und Gaskessel	=				25.000 €		
Heizzentrale - Bautechnik:							
Baustelleneinrichtung	=	1	psch	78.491 €	78.491 €		
Erdarbeiten	=	3.516	m ³	42 €	146.441 €		
Betonsohle	=	670	m ²	143 €	95.676 €		
Betonwände	=	849	m ²	179 €	151.547 €		
Betondecke mit Gründach	=	615	m ²	214 €	131.733 €		
Glasfassade	=	260	m ²	952 €	247.520 €		
Innenausbau - Gebäudetechnik	=	135.000	psch	1 €	135.000 €		
Zufahrt	=	513	m ²	143 €	73.221 €		
Planungskosten:							
Bautechnik	=						889.632 €
Verfahrenstechnik	=						159.589 €
EMSR-Technik	=						21.339 €
SUMME	=				7.413.600 €	1.063.926 €	142.263 €
Zwischensummen - Brutto:					Investitionssumme	=	9.690.350 €
Nahwärmenetz ohne HA	=			4.368.800,18 €			
Hausanschlüsse	=			1.790.367,90 €	Fördergelder	=	386.065 €
Heizzentrale - Bautechnik	=			1.254.431,61 €	Hausanschlüsse	=	1.790.368 €
					Invest-Homberg	=	7.513.917 €

Anlage 10 Wirtschaftlichkeitsberechnung

Wirtschaftlichkeitsberechnung

Preise sind Bruttopreise

1. Eingangsdaten

Strompreis - Einkauf	=	0,270 € /kWh
Gaspreis	=	0,051 € /kWh
Holzhackschnitzel	=	0,026 € /kWh
Personalkosten	=	60.000,00 € /Jahr
Kapitalkosten:		
Zinssatz	=	1,00% p.a.

2. Kapitalkosten

Investitionskosten	=	7.513.917 €
Tilgungszeit	=	30,00 a
Zins und Tilgung pro Jahr	=	290.013 € p.a.
Tilgung pro Jahr	=	250.464 € p.a.
Zinsen pro Jahr	=	39.549 € p.a.

3. Abschreibung

Nahwärmenetz	=	70 Jahre
Heizzentrale - Bautechnik	=	50 Jahre
Verfahrenstechnik	=	30 Jahre
EMSR-Technik	=	20 Jahre

Investitionskosten

Nahwärmenetz ohne HA	=	5.053.641 €
Heizzentrale - Bautechnik	=	1.451.073 €
Verfahrenstechnik	=	1.230.704 €
EMSR-Technik	=	164.564 €
Förderung	=	386.065 €
SUMME - Investitionen	=	7.513.917 €

Abschreibung

Nahwärmenetz	=	72.195 € p.a.	72.195 €
Heizzentrale - Bautechnik	=	29.021 € p.a.	29.021 €
Verfahrenstechnik	=	41.023 € p.a.	41.023 €
EMSR-Technik	=	8.228 € p.a.	8.228 €
SUMME	=	150.468 € p.a.	

4. Betriebskosten

Heizlast und Brauchwasser	=	6.583.003 kWh/a
---------------------------	---	-----------------

Netzpumpen

Laufzeit	=	24,00 h/d
Fördermenge	=	147.639 m³/a
Hydraulische Verluste	=	2,94 m
Förderhöhe der Pumpe	=	2,94 m
Wirkungsgrad der Pumpe	=	0,60 -
Leistungsbedarf	=	0,22 kW
	=	1.935 kWh/a
Betriebskosten	=	523 €/a

Heizzentrale

Anzahl der Personen für Betrieb	=	0,50 Personen	
Personalkosten	=	30.000,00 €/a	30.000 €
Heiztage	=	226,82 Tage	
Energiekosten:			
Fördereinrichtung	=	8.819 €/a	8.819 €
Kessel und Rauchgasreinigung	=	17.461 €/a	17.461 €
Gebäude	=	493 €/a	493 €
Sonstiges	=	50 €/a	50 €
Brennstoff:			
Holzhackschnitzel	=	168.048,03 €/a	168.048 €
Erdgas	=	54.406,01 €/a	54.406 €
Stromerlös	=	-31.268,82 €/a	- 31.269 €
Sonstige Kosten	=	10.000,00 €/a	10.000 €

Wartung & Instandhaltung

Bauwerke	=	0,80% der Investkosten		
Verfahrenstechnik	=	1,00% der Investkosten		
EMSR-Technik	=	1,50% der Investkosten		
Bauwerke	=	40.429,13 € p.a.	13.476 €	26.953 €
Verfahrenstechnik	=	12.307,04 € p.a.	4.102 €	8.205 €
EMSR-Technik	=	2.468,46 € p.a.	823 €	1.646 €
SUMME	=	55.204,63 € p.a.		

5. Summe der Kosten

		pro Jahr	Anteil
Strom	= -	3.923,65 €	-2,1%
Gas	=	54.406,01 €	
Holz	=	168.048,03 €	
Material	=	28.401,54 €	14,9%
Personal	=	66.803,09 €	35,2%
Invest & Abschreibung	=	190.016,82 €	100,0%
SUMME	=	503.751,84 € / Jahr	
	=	0,0765 € / kWh	

Betriebskosten pro Jahr						
Strom	Gas	Holz	Material	Personal	I & A	Summe
-3.924	54.406	168.048	28.402	66.803	190.017	503.752
-0,0006	0,0083	0,0255	0,0043	0,0101	0,0289	0,0765

Anlage 11 Betriebskostenberechnung für das BHKW

BHKW

ANLAGE: BHKW

Eingangsdaten

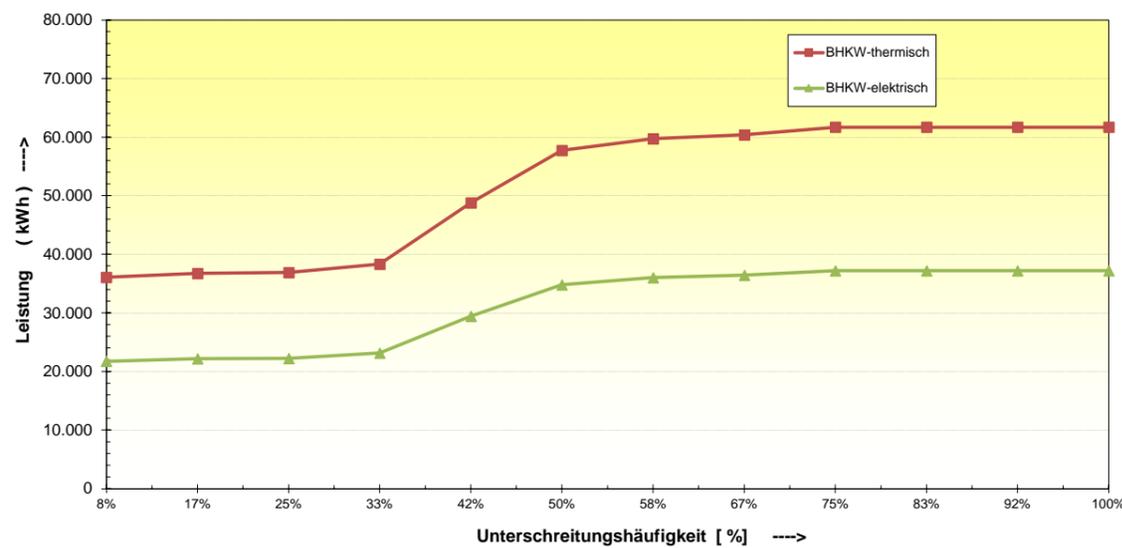
Laufzeiten:			
Ziel	=	5.000 h/a	208 Tage/a
Ist	=	8.760 h/a	365 Tage/a
		1,00	
Brennstoffkosten:			
Brennstoffkosten Erdgas H - Brutto	=	0,0513 €/kWh _H	Preisinfo: EAM - Oktober 2020
Heizwert Erdgas H	=	10,420 kWh/Nm ³	
Stromerlös Einspeisung - KWK-Index	=	0,03546 €/kWh _{el}	Vergütung nach KWK-Index - Mittelwert 2019-2020: https://www.eex.com/de/marktdaten/strom
KWK-Bonus Einspeisung	=	0,050 €/kWh _{el}	Für BHKW von 100 bis 250 kW
Vermiedene Netzkosten	=	0,015 €/kWh _{el}	Bei Eigenstromverbrauch (Bereich 0,10 - 2,0 €/kWh)
BHKW-Kenndaten:			
Gesamtleistung	=	145,00 kW	
unterster Modulationsbereich des BHKW in %	=	50%	
Thermische Leistung	=	82,94 kW	
Wirkungsgrad thermisch	=	57,20 %	
Elektrische Leistung	=	50,03 kW	
Wirkungsgrad elektrisch	=	34,50 %	
Gesamtwirkungsgrad	=	91,70 %	
Vorrangbetrieb	=	1	

KWK-Zuschlag Stand: KWK-Gesetz 2017

ELEKTRISCHE LEISTUNG DER KWK-ANLAGEN	ZUSCHLAG FÜR EINGESP. STROM (CT/KWH)	VERBRAUCH IN EIGENEM NETZ BEI VOLLER EEG-UMLAGE (CT/KWH)	KWK-VERGÜTUNG FÜR EIGENVERBRAUCH (CT/KWH)
bis 50 kW	8	4	4
50 bis 100 kW	6	3	3
100 bis 250 kW	5	2	0
250 kW bis 1 MW	4,4	1,5	0
1 bis 50 MW	Hier gelten spezielle Ausschreibungsverfahren		---
> 50 MW	3,1	---	0

Jahresganglinie - thermisch	Anzahl der Tage	Σ Heizlast		Vorrangbetrieb		Heizlast BHKW		BHKW - ohne Pufferspeicher						Summe			
		E _{th} [kWh]	E _{th} [kWh]	E _{th} [kWh]	E _{th} [kWh]	Teillast		Vollast		Σ E _{th} [kWh]	Σ Laufzeit [h]	Ausnutzung _{th}	E _{el} [kWh]	Stromerlös	Energieeinsatz	Erdgaskosten	
						E _{th} [kWh]	Laufzeit [h]	Last [kW]	E _{th} [kWh]	Laufzeit [h]	Last [kW]						
Januar	31	1.444.523	0	1.444.523	0	0	0	61.707	744	82,94	61.707	744	100,0%	37.219	3.181 €	107.880	5.534 €
Februar	28	1.151.118	0	1.151.118	0	0	0	55.736	672	82,94	55.736	672	100,0%	33.617	2.873 €	97.440	4.999 €
März	31	878.547	0	878.547	0	0	0	61.707	744	82,94	61.707	744	100,0%	37.219	3.181 €	107.880	5.534 €
April	30	349.820	0	349.820	0	0	0	59.717	720	82,94	59.717	720	100,0%	36.018	3.078 €	104.400	5.356 €
Mai	31	39.081	0	39.081	39.081	744	53	0	0	0	39.081	744	63,3%	23.572	2.014 €	68.324	3.505 €
Juni	30	35.683	0	35.683	35.683	720	50	0	0	0	35.683	720	59,8%	21.522	1.839 €	62.383	3.200 €
Juli	31	36.872	0	36.872	36.872	744	50	0	0	0	36.872	744	59,8%	22.239	1.901 €	64.462	3.307 €
August	31	36.872	0	36.872	36.872	744	50	0	0	0	36.872	744	59,8%	22.239	1.901 €	64.462	3.307 €
September	30	36.125	0	36.125	36.125	720	50	0	0	0	36.125	720	60,5%	21.788	1.862 €	63.155	3.240 €
Oktober	31	328.034	0	328.034	0	0	0	61.707	744	82,94	61.707	744	100,0%	37.219	3.181 €	107.880	5.534 €
November	30	928.609	0	928.609	0	0	0	59.717	720	82,94	59.717	720	100,0%	36.018	3.078 €	104.400	5.356 €
Dezember	31	1.317.719	0	1.317.719	0	0	0	61.707	744	82,94	61.707	744	100,0%	37.219	3.181 €	107.880	5.534 €
Summe	365	6.583.003	0	6.583.003	184.634	3.672	421.999	5.088	606.632	8.760	83,6%	365.888	31.268,8 €	1.060.546	54.406,0 €		

Nahwärmenetz
- Dauerlinie für den Betrieb vom BHKW -



Anlage 12 Betriebskostenberechnung für die Holzhackschnitzelheizung

Holzhackschnitzel-Heizung

ANLAGE: Holzheizung

Eingangsdaten

Laufzeiten:

Ziel	=	6.000 h/a	250 Tage/a
Ist	=	3.372 h/a	140 Tage/a

Brennstoff:

Brennstoff	=	Hackschnitzel - M35
Heizwert	=	3,15 kWh/kg
Wassergehalt	=	35,00 m-%
Schüttdichte	=	341,30 kg/m ³
Brennstoffkosten Holz	=	82,63 €/1.000 kg
Spezifischer Energiepreis	=	0,0262 €/kWh _{th}
Zinssatz	=	1,00 %

Holzheizung-Kenndaten:

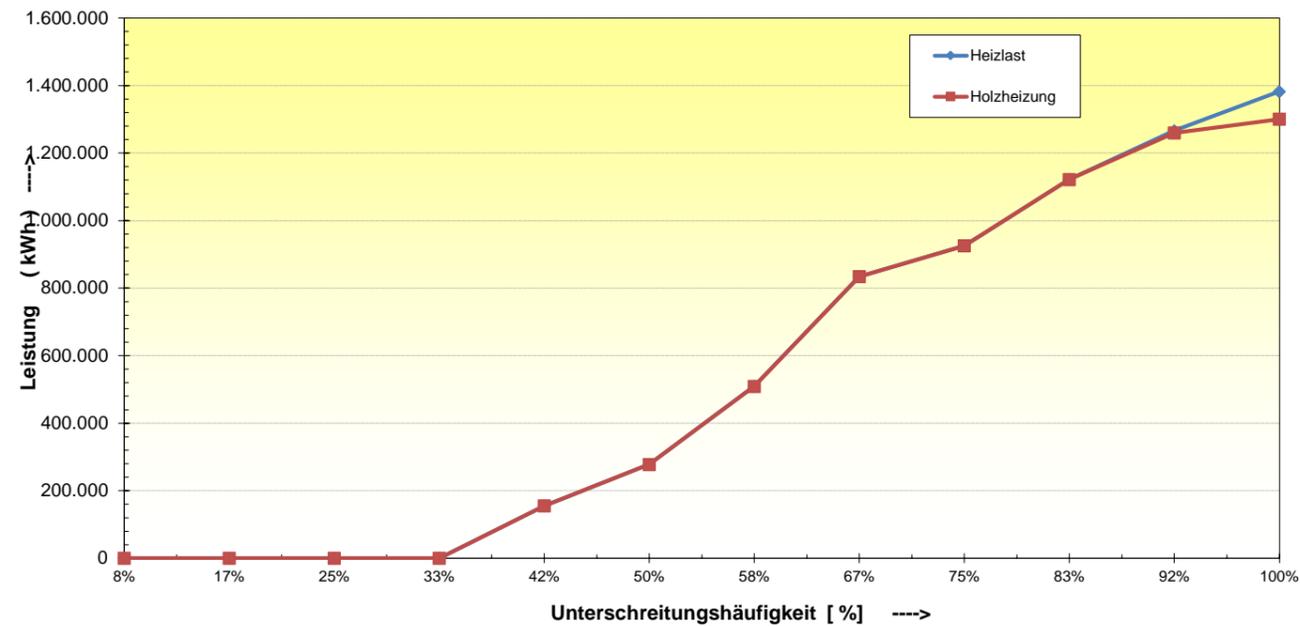
Gesamtleistung	=	1.900,00 kW	1300512
Wirkungsgrad thermisch	=	92%	
Pufferspeicher	=	57,0 m ³	→ Mindestvolumen für Förderungsvoraussetzung MAP
Brennstoffbedarf	=	0,3451 kg/kWh	
Brennstoffkosten	=	0,0285 €/kWh	
Unterer Lastbereich	=	12,5%	→ je Kessel 25%
Vorrangbetrieb	=	2	

Jahresganglinie - thermisch	Anzahl der Tage	Σ Heizlast E _{th} [kWh]	Vorrangbetrieb E _{th} [kWh]	Heizlast HH E _{th} [kWh]	Holzheizung ohne Pufferspeicher Teillast bis 12,5 %				Kosten	Holz [t]	Holz [m ³ /Woche]	Heizwert Holz [kWh]
					E _{th} [kWh]	Laufzeit [h]	Auslastung _{th}					
Januar	31	1.444.523	61.707	1.382.815	1.300.512	744	100,0%	37.079 €	449	298,8	1.413.600	
Februar	28	1.151.118	55.736	1.095.382	1.095.382	627	93,3%	31.231 €	378	251,7	1.190.633	
März	31	878.547	61.707	816.839	816.839	467	62,8%	23.289 €	282	187,7	887.869	
April	30	349.820	59.717	290.103	290.103	166	23,1%	8.271 €	100	66,7	315.329	
Mai	31	39.081	39.081	0	0	0	0,0%	- €	0	0,0	0	
Juni	30	35.683	35.683	0	0	0	0,0%	- €	0	0,0	0	
Juli	31	36.872	36.872	0	0	0	0,0%	- €	0	0,0	0	
August	31	36.872	36.872	0	0	0	0,0%	- €	0	0,0	0	
September	30	36.125	36.125	0	0	0	0,0%	- €	0	0,0	0	
Oktober	31	328.034	61.707	266.327	266.327	152	20,5%	7.593 €	92	61,2	289.486	
November	30	928.609	59.717	868.892	868.892	497	69,0%	24.773 €	300	199,7	944.448	
Dezember	31	1.317.719	61.707	1.256.012	1.256.012	719	96,6%	35.811 €	433	288,6	1.365.230	
Summe	365	6.583.003	606.632	5.976.371	5.894.067	3.372		168.048 €	2.034	5.959	6.406.595	
Mittelwert					92,0%		38,8%		238 LKW's			

Dauerlinie

Nahwärmenetz

- Dauerlinie für den Betrieb der Holzhackschnitzelanlage -



Anlage 13 Auslegung / Jahresmittelwert des Nahwärmenetzes

Wärmenetz - Auslegung

Eingangsdaten

Dichte	=	983,4 kg/m ³	bei	60 °C	Wassermenge	=	35,9 m ³ /h	
Wärmekapazität	=	4,185 kJ/(kg*K)	bei	60 °C		=	860 m ³ /d	
C_Wasser	=	0,00116 kWh/(kg*K)				=	195.158 m ³ /a	
Vorlauftemperatur	=	80,0 °C	PE-Rohre: Lebensdauer < 50 Jahre					
Rücklauftemperatur	=	40,0 °C						
Mittler Temperatur	=	60,0 °C						

Summe h,v [m] - Flieswege -->

Strang Nr.:	Knoten		Wärmeabgabemenge [kWh/h]		Masse [kg/h]		Länge [m]	Wärmeverlust [kWh/h]	Temperaturverlust [°K]	Temperatur [°C]	Hin- / Rücklauf Hin = 1 / Rück = 2	Durchmesser		Rohrtyp	Wärmeverlust [W/m]	Durchfluss Q		v [m/s]	k,d [mm]	h,v,k [m]	Zeta	h,v,δ [m]	h,v [m]	h,v [Pa/m]	4,36			4,83			3,39		
	von:	bis:	Durchfluss	Abgabe	Summe	Abgabe						d _a [mm]	d _i [mm]			[l/s]	[m ³ /h]								A	B	C	A	B	C			
1	1	2	1.639,54	1.639,5	35.256	35.256	250,00	5,30	-0,13	79,87	1	160	130,8	U	21,19	9,96	35,85	0,741	0,01	0,682	5,0	0,140	0,82	32,2	0,822	0,822	0,822						
2	2	3	167,34	9,2	3.598	198	50,00	0,57	-0,14	79,86	1	75	61,4	U	11,32	1,02	3,66	0,343	0,01	0,084	5,0	0,030	0,11	22,42									
3	3	4	18,40	18,4	396	396	70,00	0,96	-2,08	77,92	1	50	40,8	D	13,69	0,11	0,40	0,085	0,01	0,017	5,0	0,002	0,02	2,58									
4	3	5	139,74	139,7	3.005	3.005	235,00	2,66	-0,76	79,24	1	75	61,4	U	11,32	0,85	3,06	0,287	0,01	0,288	5,0	0,021	0,31	12,89									
5	2	6	1.472,20	28,9	31.657	622	40,00	0,85	-0,02	79,98	1	160	130,8	U	21,19	8,94	32,19	0,665	0,01	0,090	5,0	0,113	0,20	49,58	0,202	0,202	0,202						
6	6	7	39,49	39,5	849	849	120,00	1,64	-1,66	78,34	1	50	40,8	D	13,69	0,24	0,86	0,183	0,01	0,109	5,0	0,009	0,12	9,60									
7	6	8	1.403,80	57,8	30.187	1.243	65,00	1,38	-0,04	79,96	1	160	130,8	U	21,19	8,53	30,70	0,635	0,01	0,134	5,0	0,103	0,24	35,65	0,236	0,236	0,236						
8	8	9	124,10	124,1	2.669	2.669	210,00	2,38	-0,77	79,23	1	75	61,4	U	11,32	0,75	2,71	0,255	0,01	0,208	5,0	0,017	0,22	10,48									
9	8	10	134,16	32,4	2.885	698	70,00	0,79	-0,24	79,76	1	75	61,4	U	11,32	0,81	2,93	0,275	0,01	0,080	5,0	0,019	0,10	13,83			0,099						
10	10	11	29,78	29,8	640	640	70,00	0,96	-1,29	78,71	1	50	40,8	D	13,69	0,18	0,65	0,138	0,01	0,039	5,0	0,005	0,04	6,08									
11	10	12	71,93	71,9	1.547	1.547	115,00	1,57	-0,88	79,12	1	50	40,8	D	13,69	0,44	1,57	0,334	0,01	0,305	5,0	0,028	0,33	28,40			0,333						
12	8	13	1.087,73	57,8	23.390	1.243	100,00	2,12	-0,08	79,92	1	160	130,8	U	21,19	6,61	23,78	0,492	0,01	0,129	5,0	0,062	0,19	18,67	0,190	0,190							
13	13	14	625,21	233,7	13.444	5.025	95,00	2,01	-0,13	79,87	1	125	102,2	U	21,19	3,80	13,67	0,463	0,01	0,148	5,0	0,055	0,20	20,89	0,202								
14	14	15	31,77	31,8	683	683	80,00	1,09	-1,38	78,62	1	50	40,8	D	13,69	0,19	0,69	0,148	0,01	0,050	5,0	0,006	0,06	6,81									
15	14	16	359,75	127,9	7.736	2.750	100,00	1,44	-0,16	79,84	1	90	73,6	U	14,39	2,19	7,87	0,514	0,01	0,280	5,0	0,067	0,35	34,03	0,347								
16	16	17	109,49	34,1	2.355	734	80,00	0,91	-0,33	79,67	1	75	61,4	U	11,32	0,67	2,39	0,225	0,01	0,063	5,0	0,013	0,08	9,34	0,076								
17	17	18	41,26	41,3	887	887	95,00	1,30	-1,26	78,74	1	50	40,8	D	13,69	0,25	0,90	0,192	0,01	0,094	5,0	0,009	0,10	10,66	0,103								
18	17	19	34,12	34,1	734	734	70,00	0,96	-1,12	78,88	1	50	40,8	D	13,69	0,21	0,75	0,158	0,01	0,049	5,0	0,006	0,06	7,75									
19	16	20	122,35	122,3	2.631	2.631	100,00	1,13	-0,37	79,63	1	75	61,4	U	11,32	0,74	2,68	0,251	0,01	0,096	5,0	0,016	0,11	11,02									
20	13	21	404,71	77,6	8.703	1.669	110,00	1,58	-0,16	79,84	1	90	73,6	U	14,39	2,46	8,85	0,578	0,01	0,381	5,0	0,085	0,47	41,53		0,466							
21	21	22	239,29	239,3	5.146	5.146	350,00	5,04	-0,84	79,16	1	90	73,6	U	14,39	1,45	5,23	0,342	0,01	0,468	5,0	0,030	0,50	13,95		0,498							
22	21	23	87,80	87,8	1.888	1.888	125,00	1,71	-0,78	79,22	1	50	40,8	D	13,69	0,53	1,92	0,408	0,01	0,473	5,0	0,042	0,52	40,43									
23			0,00	0,0		0		0,00			1	25	20,4	D	9,75				0,01		5,0												
24			0,00	0,0		0		0,00			1	25	20,4	D	9,75				0,01		5,0												
25			0,00	0,0		0		0,00			1	25	20,4	D	9,75				0,01		5,0												
26			0,00	0,0		0		0,00			1	25	20,4	D	9,75				0,01		5,0												
27			0,00	0,0		0		0,00			1	25	20,4	D	9,75				0,01		5,0												
28			0,00	0,0		0		0,00			1	25	20,4	D	9,75				0,01		5,0												
29			0,00	0,0		0		0,00			1	25	20,4	D	9,75				0,01		5,0												
30			0,00	0,0		0		0,00			1	25	20,4	D	9,75				0,01		5,0												
1	1	2	0,00	0,0	35.256	0	250,00	2,27		40,00	2	160,00	130,80	U	9,10	9,96	35,85	0,741	0,01	0,682	5,0	0,140	0,82	32,24	0,822	0,822	0,822						
2	2	3	0,00	0,0	3.598	0	50,00	0,24		40,00	2	75	61,4	U	4,83	1,02	3,66	0,343	0,01	0,084	5,0	0,030	0,11	22,42									
3	3	4	0,00	0,0	396	0	70,00	0,41		40,00	2	50	40,8	D	5,87	0,11	0,40	0,085	0,01	0,017	5,0	0,002	0,02	2,58									
4	3	5	0,00	0,0	3.005	0	235,00	1,14		40,00	2	75	61,4	U	4,83	0,85	3,06	0,287	0,01	0,288	5,0	0,021	0,31	12,89									
5	2	6	0,00	0,0	31.657	0	40,00	0,36		40,00	2	160	130,8	U	9,10	8,94	32,19	0,665	0,01	0,090	5,0	0,113	0,20	49,58	0,202	0,202	0,202						
6	6	7	0,00	0,0	849	0	120,00	0,70		40,00	2	50	40,8	D	5,87	0,24	0,86	0,183	0,01	0,109	5,0	0,009	0,12	9,60									
7	6	8	0,00	0,0	30.187	0	65,00	0,59		40,00	2	160	130,8	U	9,10	8,53	30,70	0,635	0,01	0,134	5,0	0,103	0,24	35,65	0,236	0,236	0,236						
8	8	9	0,00	0,0	2.669	0	210,00	1,01		40,00	2	75	61,4	U	4,83	0,75	2,71	0,255	0,01	0,208	5,0	0,017	0,22	10,48									
9	8	10	0,00	0,0	2.885	0	70,00	0,34		40,00	2	75	61,4	U	4,83	0,81	2,93	0,275	0,01	0,080	5,0	0,019	0,10	13,83			0,099						
10	10	11	0,00	0,0	640	0	70,00	0,41		40,00	2	50	40,8	D	5,87	0,18	0,65	0,138	0,01	0,039	5,0	0,005	0,04	6,08									
11	10	12	0,00	0,0	1.547	0	115,00	0,67		40,00	2	50	40,8	D	5,87	0,44	1,57	0,334	0,01	0,305	5,0	0,028	0,33	28,40			0,333						
12	8	13	0,00	0,0	23.390	0	100,00	0,91		40,00	2	160	130,8	U	9,10	6,61	23,78	0,492	0,01	0,129	5,0	0,062	0,19	18,67	0,190	0,190							
13	13	14	0,00	0,0	13.444	0	95,00	0,86		40,00	2	125	102,2	U	9,10	3,80	13,67	0,463	0,01	0,148	5,0	0,055	0,20	20,89	0,202								
14	14	15	0,00	0,0	683	0	80,00	0,47		40,00	2	50	40,8	D	5,87	0,19	0,69	0,148	0,01	0,050	5,0	0,006	0,06	6,81									
15	14	16	0,00	0,0	7.736	0	100,00	0,62		40,00	2	90	73,6	U	6,17	2,19	7,87	0,514	0,01	0,280	5,0	0,067	0,35	34,03	0,347								
16	16	17	0,00	0,0	2.355	0	80,00	0,39		40,00	2	75	61,4	U	4,83	0,67	2,39	0,225	0,01	0,063	5,0	0,013	0,08	9,34	0,076								
17	17	18	0,00	0,0	887	0	95,00	0,56		40,00	2	50	40,8	D	5,87	0,25	0,90	0,192	0,01	0,094	5,0	0,009	0,10	10,66	0,103								
18	17	19	0,00	0,0	734	0	70,00	0,41		40,00	2	50	40,8	D	5,87	0,21	0,75	0,158	0,01	0,049	5,0	0,006	0,06	7,75									
19	16	20	0,00	0,0	2.631	0	100,00	0,48		40,00	2	75	61,4	U	4,83	0,74	2,68	0,251	0,01	0,096	5,0	0,016	0,11	11,02									
20	13	21	0,00	0,0	8.703	0	110,00	0,68		40,00	2	90	73,6	U	6,17	2,46	8,85	0,578	0,01	0,381	5,0	0,085	0,47	41,53		0,466	</						

Wärmenetz - mittlere Belastung

Eingangsdaten

Dichte	=	988,1 kg/m³	bei	50 °C	Wassermenge	=	27,1 m³/h		
Wärmekapazität	=	4,182 kJ/(kg•K)	bei	50 °C		=	651 m³/d		
C_Wasser	=	0,00116 kWh/(kg•K)				=	147.639 m³/a	an	226,8 Tagen
Vorlauftemperatur	=	60,0 °C							
Rücklauftemperatur	=	40,0 °C							
Mittler Temperatur	=	50,0 °C							
Jahresmittelwert	=	38,0% Faktor							

Summe h,v [m] - Flieswege -->

Strang Nr.:	Knoten		Wärmeabgabemenge [kWh/h]		Masse [kg/h]		Länge [m]	Wärmeverlust [kWh/h]	Temperaturverlust [°K]	Temperatur [°C]	Hin- / Rücklauf Hin = 1 / Rück = 2	Durchmesser		Rohrtyp	Wärmeverlust [W/m]	Durchfluss Q		v [m/s]	k,d [mm]	h,v,k [m]	Zeta	h,v,δ [m]	h,v [m]	h,v [Pa/m]	Summe h,v [m] - Flieswege -->		
	von:	bis:	Durchfluss	Abgabe	Summe	Abgabe						d _s [mm]	d _i [mm]			[l/s]	[m³/h]								2,65	2,94	2,06
1	1	2	622,64	622,6	26.800	26.800	250,00	3,79	-0,12	59,88	1	160	130,8	U	15,14	7,53	27,12	0,561	0,01	0,421	5,0	0,080	0,50	19,7	0,501	0,501	0,501
2	2	3	63,55	3,5	2.735	150	50,00	0,40	-0,13	59,87	1	75	61,4	U	8,08	0,77	2,77	0,260	0,01	0,053	5,0	0,017	0,07	13,78			
3	3	4	6,99	7,0	301	301	70,00	0,68	-1,96	58,04	1	50	40,8	D	9,78	0,08	0,30	0,065	0,01	0,011	5,0	0,001	0,01	1,67			
4	3	5	53,07	53,1	2.284	2.284	235,00	1,90	-0,72	59,28	1	75	61,4	U	8,08	0,64	2,31	0,217	0,01	0,180	5,0	0,012	0,19	8,03			
5	2	6	559,09	11,0	24.064	472	40,00	0,61	-0,02	59,98	1	160	130,8	U	15,14	6,76	24,35	0,503	0,01	0,055	5,0	0,064	0,12	29,32	0,120	0,120	0,120
6	6	7	15,00	15,0	646	646	120,00	1,17	-1,56	58,44	1	50	40,8	D	9,78	0,18	0,65	0,139	0,01	0,070	5,0	0,005	0,07	6,10			
7	6	8	533,12	22,0	22.946	945	65,00	0,98	-0,04	59,96	1	160	130,8	U	15,14	6,45	23,22	0,480	0,01	0,083	5,0	0,059	0,14	21,30	0,141	0,141	0,141
8	8	9	47,13	47,1	2.029	2.029	210,00	1,70	-0,72	59,28	1	75	61,4	U	8,08	0,57	2,05	0,193	0,01	0,131	5,0	0,009	0,14	6,55			
9	8	10	50,95	12,3	2.193	530	70,00	0,57	-0,22	59,78	1	75	61,4	U	8,08	0,62	2,22	0,208	0,01	0,050	5,0	0,011	0,06	8,52			0,061
10	10	11	11,31	11,3	487	487	70,00	0,68	-1,21	58,79	1	50	40,8	D	9,78	0,14	0,49	0,105	0,01	0,025	5,0	0,003	0,03	3,89			
11	10	12	27,32	27,3	1.176	1.176	115,00	1,12	-0,82	59,18	1	50	40,8	D	9,78	0,33	1,19	0,253	0,01	0,192	5,0	0,016	0,21	17,77			0,208
12	8	13	413,08	22,0	17.780	945	100,00	1,51	-0,07	59,93	1	160	130,8	U	15,14	5,00	17,99	0,372	0,01	0,080	5,0	0,035	0,12	11,28	0,115	0,115	
13	13	14	237,44	88,7	10.220	3.820	95,00	1,44	-0,12	59,88	1	125	102,2	U	15,14	2,87	10,34	0,350	0,01	0,092	5,0	0,031	0,12	12,67	0,123		
14	14	15	12,07	12,1	519	519	80,00	0,78	-1,30	58,70	1	50	40,8	D	9,78	0,15	0,53	0,112	0,01	0,032	5,0	0,003	0,04	4,29			
15	14	16	136,62	48,6	5.880	2.091	100,00	1,03	-0,15	59,85	1	90	73,6	U	10,28	1,65	5,95	0,389	0,01	0,174	5,0	0,039	0,21	20,84	0,213		
16	16	17	41,58	13,0	1.790	558	80,00	0,65	-0,31	59,69	1	75	61,4	U	8,08	0,50	1,81	0,170	0,01	0,040	5,0	0,007	0,05	5,79	0,047		
17	17	18	15,67	15,7	674	674	95,00	0,93	-1,19	58,81	1	50	40,8	D	9,78	0,19	0,68	0,145	0,01	0,059	5,0	0,005	0,06	6,69	0,065		
18	17	19	12,96	13,0	558	558	70,00	0,68	-1,06	58,94	1	50	40,8	D	9,78	0,16	0,56	0,120	0,01	0,031	5,0	0,004	0,04	4,92			
19	16	20	46,46	46,5	2.000	2.000	100,00	0,81	-0,35	59,65	1	75	61,4	U	8,08	0,56	2,02	0,190	0,01	0,061	5,0	0,009	0,07	6,84			
20	13	21	153,70	29,5	6.615	1.269	110,00	1,13	-0,15	59,85	1	90	73,6	U	10,28	1,86	6,69	0,437	0,01	0,237	5,0	0,049	0,29	25,44		0,285	
21	21	22	90,87	90,9	3.911	3.911	350,00	3,60	-0,79	59,21	1	90	73,6	U	10,28	1,10	3,96	0,258	0,01	0,292	5,0	0,017	0,31	8,64		0,309	
22	21	23	33,34	33,3	1.435	1.435	125,00	1,22	-0,73	59,27	1	50	40,8	D	9,78	0,40	1,45	0,309	0,01	0,298	5,0	0,024	0,32	25,29			
23			0,00	0,0		0		0,00			1	25	20,4	D	6,98				0,01		5,0						
24			0,00	0,0		0		0,00			1	25	20,4	D	6,98				0,01		5,0						
25			0,00	0,0		0		0,00			1	25	20,4	D	6,98				0,01		5,0						
26			0,00	0,0		0		0,00			1	25	20,4	D	6,98				0,01		5,0						
27			0,00	0,0		0		0,00			1	25	20,4	D	6,98				0,01		5,0						
28			0,00	0,0		0		0,00			1	25	20,4	D	6,98				0,01		5,0						
29			0,00	0,0		0		0,00			1	25	20,4	D	6,98				0,01		5,0						
30			0,00	0,0		0		0,00			1	25	20,4	D	6,98				0,01		5,0						
1	1	2	0,00	0,0	26.800	0	250,00	2,27		40,00	2	160,00	130,80	U	9,10	7,53	27,12	0,561	0,01	0,421	5,0	0,080	0,50	19,66	0,501	0,501	0,501
2	2	3	0,00	0,0	2.735	0	50,00	0,24		40,00	2	75	61,4	U	4,83	0,77	2,77	0,260	0,01	0,053	5,0	0,017	0,07	13,78			
3	3	4	0,00	0,0	301	0	70,00	0,41		40,00	2	50	40,8	D	5,87	0,08	0,30	0,065	0,01	0,011	5,0	0,001	0,01	1,67			
4	3	5	0,00	0,0	2.284	0	235,00	1,14		40,00	2	75	61,4	U	4,83	0,64	2,31	0,217	0,01	0,180	5,0	0,012	0,19	8,03			
5	2	6	0,00	0,0	24.064	0	40,00	0,36		40,00	2	160	130,8	U	9,10	6,76	24,35	0,503	0,01	0,055	5,0	0,064	0,12	29,32	0,120	0,120	0,120
6	6	7	0,00	0,0	646	0	120,00	0,70		40,00	2	50	40,8	D	5,87	0,18	0,65	0,139	0,01	0,070	5,0	0,005	0,07	6,10			
7	6	8	0,00	0,0	22.946	0	65,00	0,59		40,00	2	160	130,8	U	9,10	6,45	23,22	0,480	0,01	0,083	5,0	0,059	0,14	21,30	0,141	0,141	0,141
8	8	9	0,00	0,0	2.029	0	210,00	1,01		40,00	2	75	61,4	U	4,83	0,57	2,05	0,193	0,01	0,131	5,0	0,009	0,14	6,55			
9	8	10	0,00	0,0	2.193	0	70,00	0,34		40,00	2	75	61,4	U	4,83	0,62	2,22	0,208	0,01	0,050	5,0	0,011	0,06	8,52			0,061
10	10	11	0,00	0,0	487	0	70,00	0,41		40,00	2	50	40,8	D	5,87	0,14	0,49	0,105	0,01	0,025	5,0	0,003	0,03	3,89			
11	10	12	0,00	0,0	1.176	0	115,00	0,67		40,00	2	50	40,8	D	5,87	0,33	1,19	0,253	0,01	0,192	5,0	0,016	0,21	17,77			0,208
12	8	13	0,00	0,0	17.780	0	100,00	0,91		40,00	2	160	130,8	U	9,10	5,00	17,99	0,372	0,01	0,080	5,0	0,035	0,12	11,28	0,115	0,115	
13	13	14	0,00	0,0	10.220	0	95,00	0,86		40,00	2	125	102,2	U	9,10	2,87	10,34	0,350	0,01	0,092	5,0	0,031	0,12	12,67	0,123		
14	14	15	0,00	0,0	519	0	80,00	0,47		40,00	2	50	40,8	D	5,87	0,15	0,53	0,112	0,01	0,032	5,0	0,003	0,04	4,29			
15	14	16	0,00	0,0	5.880	0	100,00	0,62		40,00	2	90	73,6	U	6,17	1,65	5,95	0,389	0,01	0,174	5,0	0,039	0,21	20,84	0,213		
16	16	17	0,00	0,0	1.790	0	80,00	0,39		40,00	2	75	61,4	U	4,83	0,50	1,81	0,170	0,01	0,040	5,0	0,007	0,05	5,79	0,047		
17	17	18	0,00	0,0	674	0	95,00	0,56		40,00	2	50	40,8	D	5,87	0,19	0,68	0,145	0,01	0,059	5,0	0,005	0,06	6,69	0,065		
18	17	19	0,00	0,0	558	0	70,00	0,41		40,00	2	50	40,8	D	5,87	0,16	0,56	0,120	0,01	0,031	5,0	0,004	0,04	4,92			
19	16	20	0,00	0,0	2.000	0	100,00	0,48		40,00	2	75	61,4	U	4,83	0,56	2,02	0,190	0,01	0,061	5,0	0,009	0,07	6,84			
20	13	21	0,00	0,0	6.615	0	110,00	0,68		40,00	2	90	73,6	U	6,17	1,86	6,69	0,437	0,01	0,237	5,0	0,049	0,29	25,44		0,285	
21																											

Anlage 14 Literaturnachweis

- [10] Optimale Bereitstellungsverfahren für Holzhackschnitzel, Bericht aus dem TFZ – Nr.: 40
Technologie und Förderzentrum, Straubing und Freisingen-Weihenstephan, April 2015
- [11] Studie und Konzept Energieholz Eifel, Schlussbericht, Internationales Institut für Wald und Holz
e.V., Münster, 2012
- [12] Wald- und Wuchsgebiete in Hessen, Land Hessen
Quelle: <https://umwelt.hessen.de/sites/default/files/HMUELV/wuchsgebiete.pdf>
- [13] Klimaziele 2030 – Wege zu einer nachhaltigen Reduktion der CO₂-Emissionen, Leopoldina –
nationale Akademie der Wissenschaft, Juli 2019 – Ad hoc-Stellungnahme
- [14] Waldbericht der Bundesregierung 2017, Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft
53123 Bonn, September 2017
- [15] Rohstoffquelle Wald – Holzvorrat auf neuem Rekord, Petra Hennig, Sebastian Schnell, Thomas
Riedel, AFZ-Der Wald – 14/2019 – www.forstpraxis.de
- [16] Abschätzung des Rohstoffpotentials für die energetische Nutzung in der Bundesrepublik Deutsch-
land, Mathias Dieter, Hermann Englert, Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft, UNI
Hamburg, 2011
- [17] Ökonomische und ökologische Folgen der schrittweisen Zertifizierung des Hessischen Staatswal-
des nach den Kriterien des FSC, Hessisches Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft und Verbrau-
cherschutz, Wiesbaden, 2018
- [18] Verwertung und Beseitigung von Holzasche, Ulrich Stetter, Florian Zoraier, Holz: Energie großge-
schrieben - LWF aktuell 74 / 2010
- [19] Wege zu einem klimaneutralen Energiesystem, Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme
ISE, Freiburg, Februar 2020
Update Zielverschärfung: Wege zu einem klimaneutralen Energiesystem 2050, Dezember 2020