

Projekt:
Energiekonzept Mainz 05
Neubau Multifunktionsgebäude
3.Fortschreibung



Abbildung 1 Ansicht Süd
Quelle: Faerber Architekten

Auftragegeber:

Projektgesellschaft Wolfgang Frank Campus GmbH & Co.KG
Isaac-Fulda-Allee 5
55124 Ingelheim am Rhein

Gutachter:

Prof. Dipl.-Ing. (FH) Thomas Giel
Schenkenbühlstraße 17a
67098 Bad Dürkheim

Im Rahmen der fortschreitenden Planung sind die Nutzungen der einzelnen Gebäudebereiche weiter definiert worden. Daraus ergeben sich gegenüber der ursprünglichen Fassung abweichende Werte in den Heizenergiebedarfen, da hier zunächst nicht zugeordnete Bereiche noch ohne Nutzung berücksichtigt waren.

Demzufolge wurde auch die Anzahl der geplanten geothermischen Bohrungen angepasst.

Unter Berücksichtigung der Anforderungen des Baumschutzes werden die Bohrungen vorbehaltlich genehmigungsrechtlicher Belange seitens der Oberen und Unteren Wasserbehörde unter dem Gebäude abzuteufen sein.

1 Standort und Zielbestimmung

Standort:

Das Bestandsgebäude am Stadion am Bruchweg, gelegen am Martin-Luther-King-Weg in Mainz, soll durch ein neues Multifunktionsgebäude ersetzt werden, welches weiterhin den Anschluss an das Stadion und die umgebenden Tribünen aufrechterhält.



Abbildung 2: Auszug aus dem Geoportal RLP mit Markierung des geplanten Projektstandortes
Quelle: <https://www.geoportal.rlp.de/>

Zielbestimmung:

Der Bauherr strebt ein Energiekonzept an, welches heute schon den Anforderungen der Ziele von morgen gerecht wird.

Als multifunktionales Gebäude sind die unterschiedlichen Bedürfnisse der Bereiche des temporären Wohnens, Gewerbe beziehungsweise Büro, medizinische und physiotherapeutische sowie Fitness-Nutzungen sowie der Gastronomie zu berücksichtigen.

Dabei sind neben der Erreichung des gewünschten Innenraumklimas, der langfristigen Nachhaltigkeit unter vermehrter Verwendung von regenerativen Energien und der damit verbundenen CO₂-Einsparungen auch die städtebaulichen Klimaanpassungsmaßnahmen zur positiven Beeinflussung des Außenklimas mit im Fokus des nachfolgenden Konzepts.

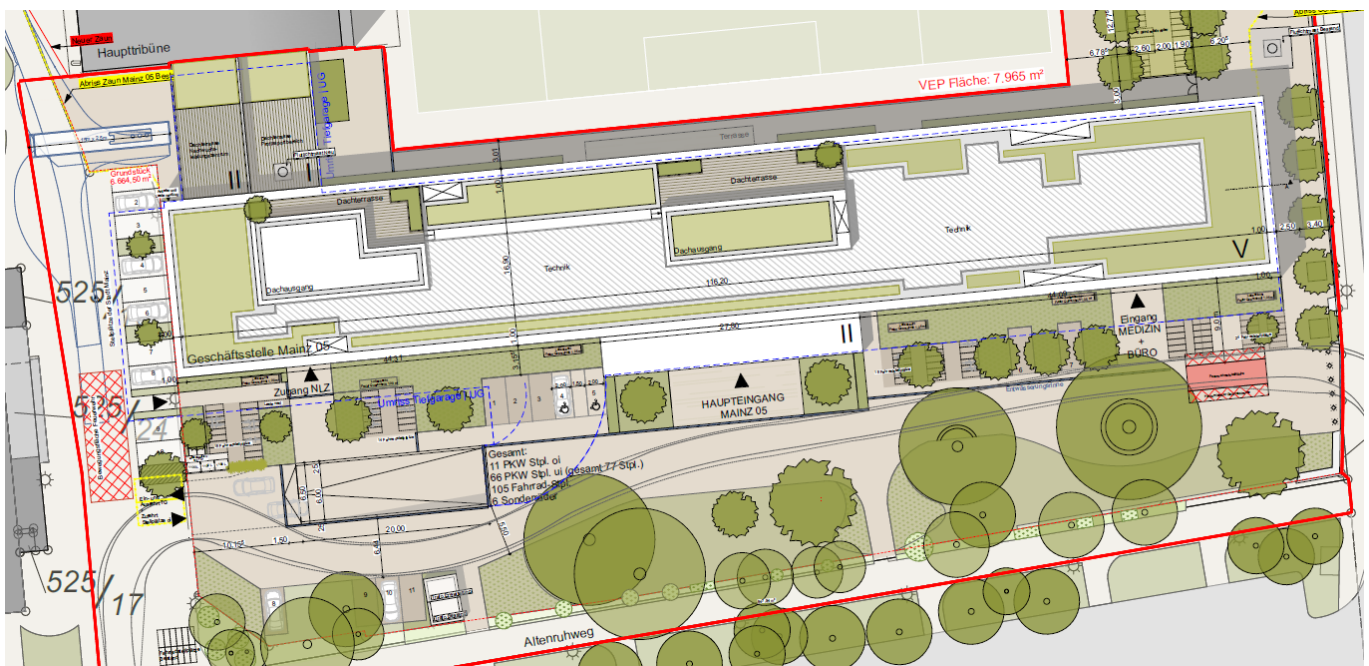


Abbildung 3 Ausschnitt aus dem Vorhaben- und Erschließungsplan

Quelle: Faerber Architekten

Grundlagen:

Das Energiekonzept basiert auf den Ergebnissen des Architektorentwurfs vom Büro Faerber, dargestellt in den folgenden unmaßstäblichen Planausschnitten (s. Anlage 1):

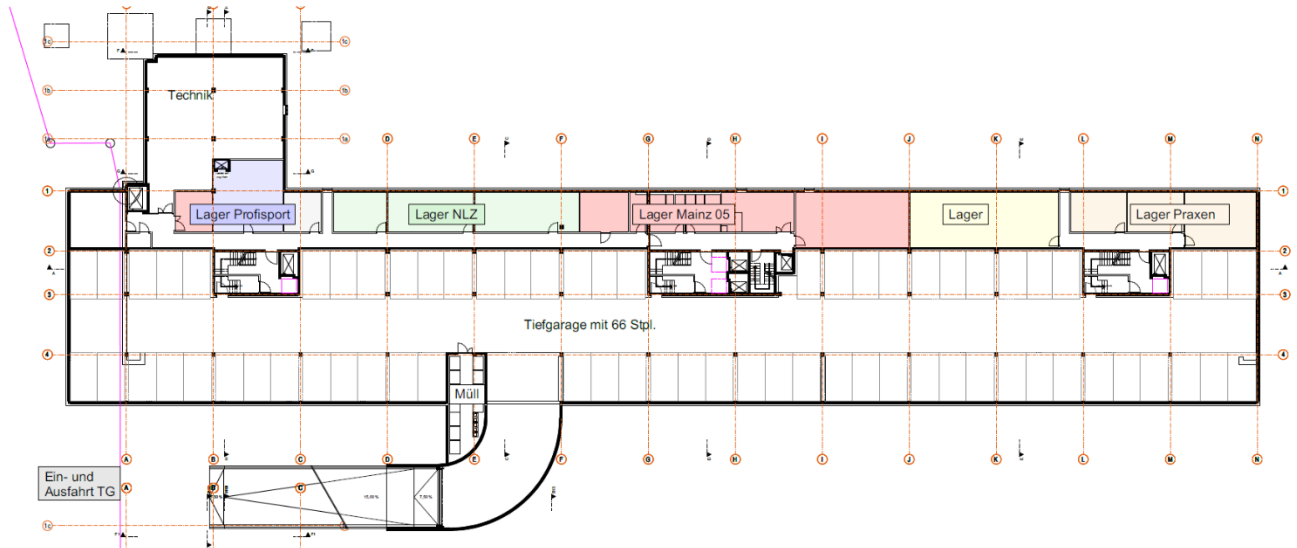


Abbildung 4 Entwurfsplanung UG
Quelle: Architekturbüro Faerber

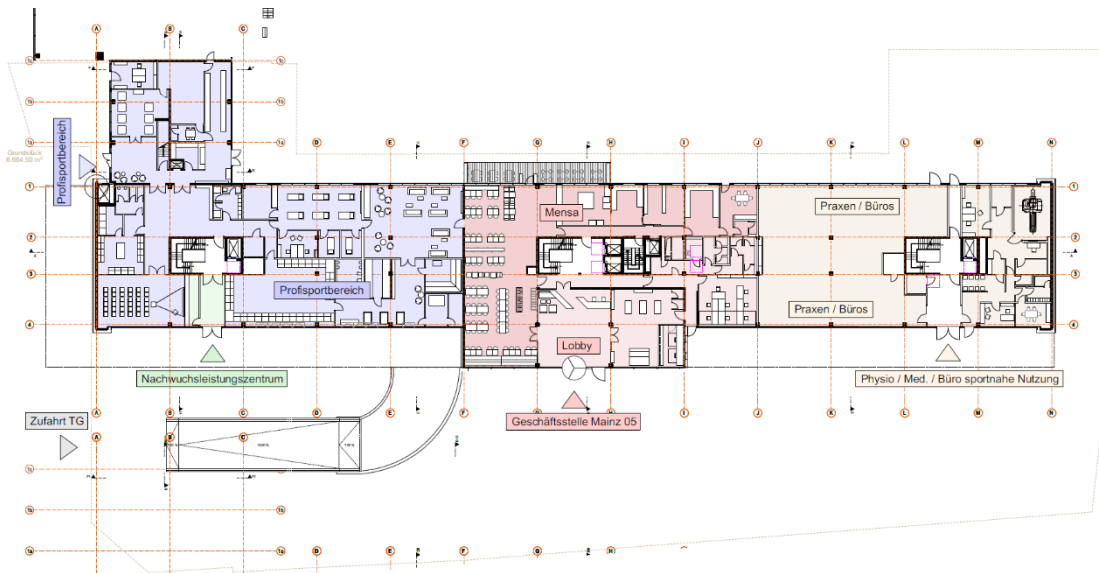


Abbildung 5 Entwurfsplanung EG
Quelle: Architekturbüro Faerber

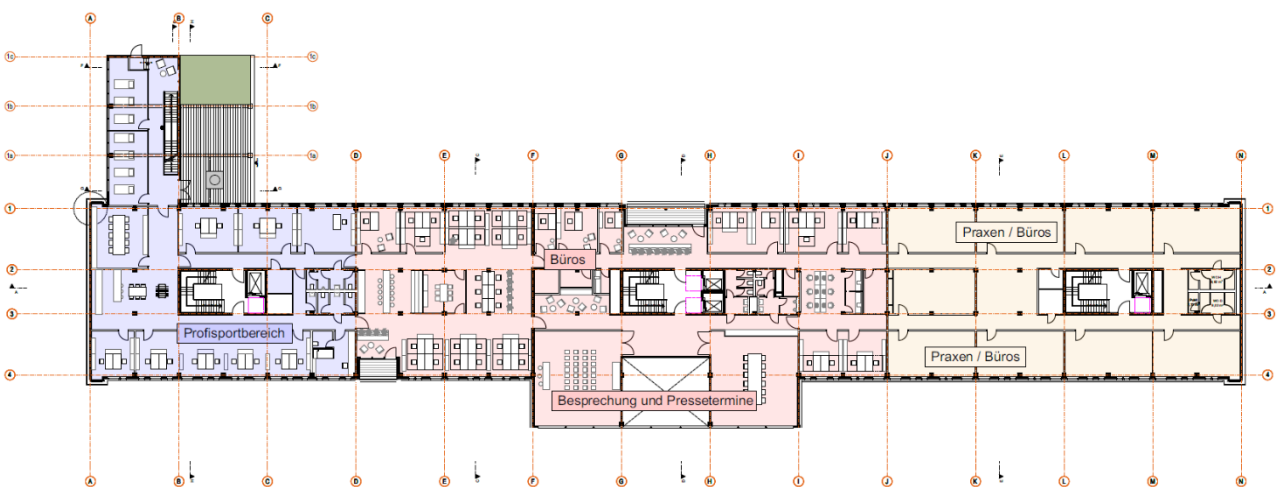


Abbildung 6 Entwurfsplanung 1. OG
Quelle: Architekturbüro Faerber

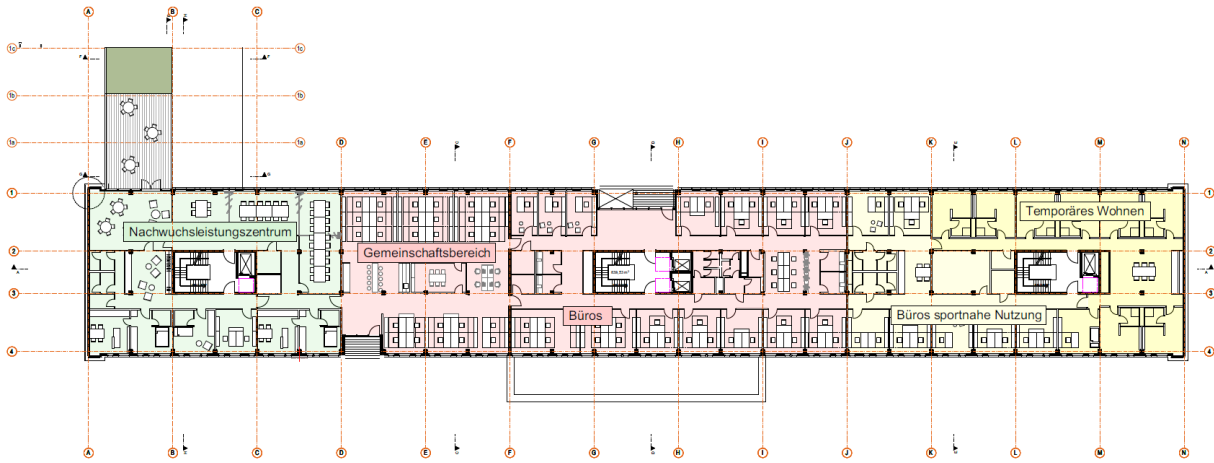


Abbildung 8 Entwurfsplanung 2. OG
Quelle: Architekturbüro Faerber



Abbildung 7 Entwurfsplanung 3. OG
Quelle: Architekturbüro Faerber

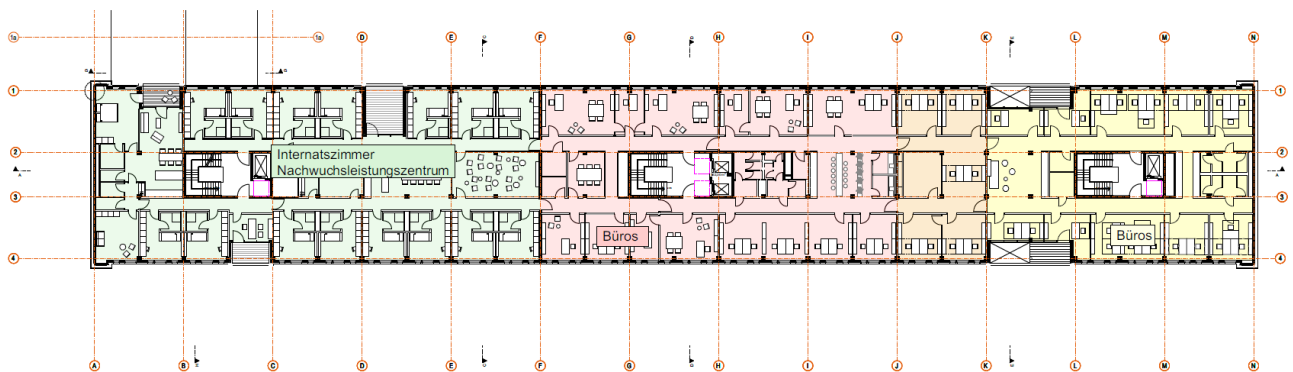


Abbildung 9 Entwurfsplanung 4. OG
Quelle: Architekturbüro Faerber

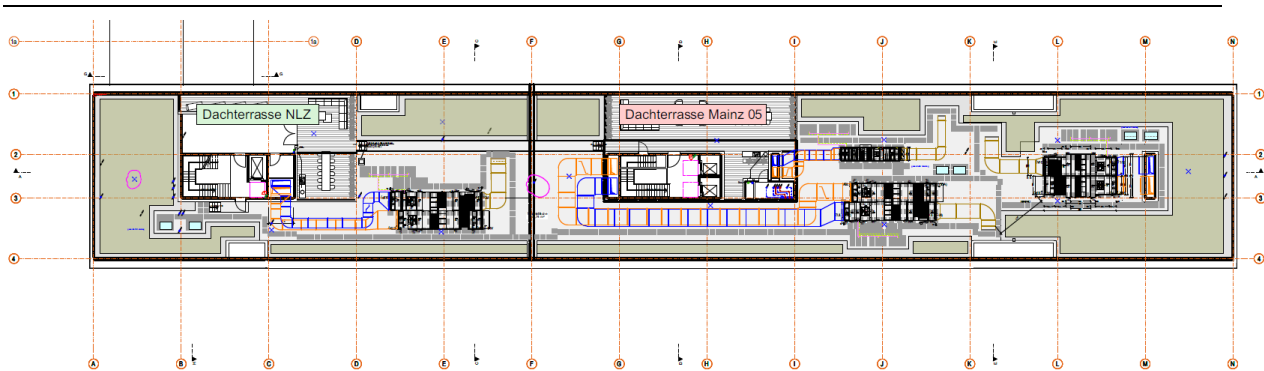


Abbildung 10 Entwurfsplanung DG, Dachaufsicht
Quelle: Architekturbüro Faerber



Abbildung 11 Entwurfsplanung Längsschnitt
Quelle: Architekturbüro Faerber

2 Bedarfsermittlung

In Form eines Hüllflächenverfahrens der definierten Zonen wird der Heiz- und der Kältebedarf simuliert. Diese theoretische Abschätzung ist Basis der nachfolgenden Punkte zur Entwicklung des Energie- und Optimierungskonzeptes.

Es wird ein Simulationsmodell mit Jahresdauerlinien erstellt, anhand der die einzelnen Energietechniken entwickelt und dargestellt werden. Hierfür ist es notwendig, die im Gebäude eventuell entstehenden Prozesse zu kennen bzw. diese zu simulieren, um den theoretisch ermittelten Energieverbrauch an den nachher tatsächlich vorhandenen Energieverbrauch sehr nahe heranzuführen.

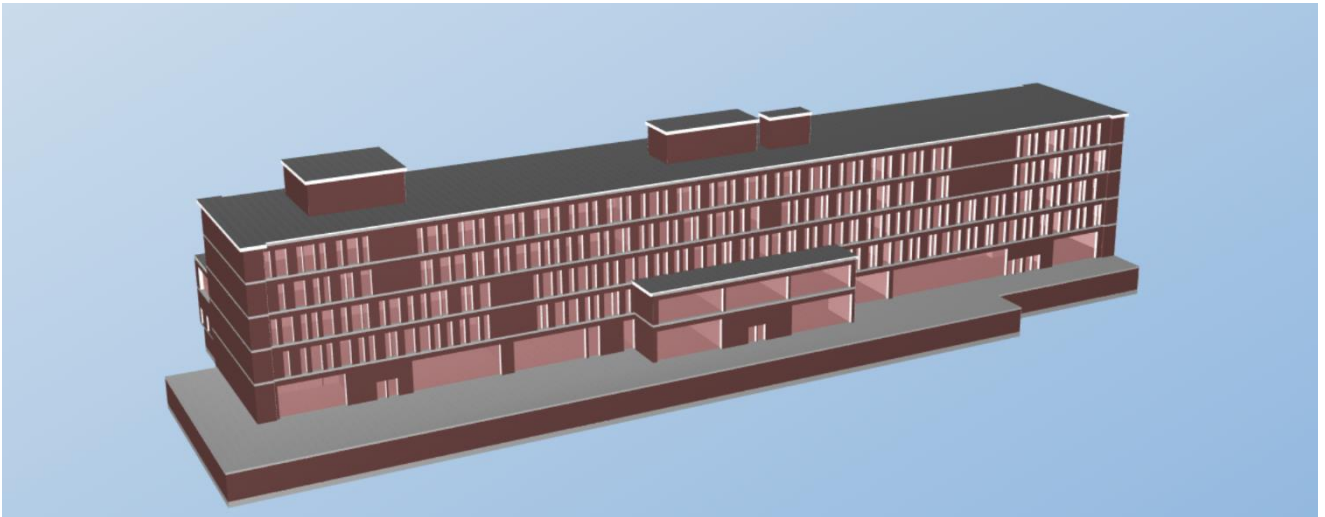


Abbildung 12 Gebäudemodell zur Simulation Quelle: eigene

Diese theoretische Ermittlung ist eine so genannte Basissimulation, die anhand einer statischen Jahressimulation mit einem vorhandenen Wetterdatensatz der Region erstellt wird.

2.1 Nutzungskonzept

Das Nutzungskonzept sieht derzeit folgende Nutzungsbereiche vor:

- Temporäreres Wohnen
- Gewerbe/Büro
- Gastronomie
- Fitness Studio
- Physiotherapeutische/medizinische Nutzung

Diese Nutzungsvarianten sind Basis des Konzeptes.

2.2 Wärme- und Kältebedarf

Der Gesamtwärmebedarf und die zu erwartende Gesamtheizlast sowie die Kühllast und der Kühlbedarf wurden auf Basis der Vorbetrachtungen sinnvoll mit Hilfe des Simulationsprogrammes Hottengeroth ETU Planer für den jeweiligen Gebäudekomplex berechnet.

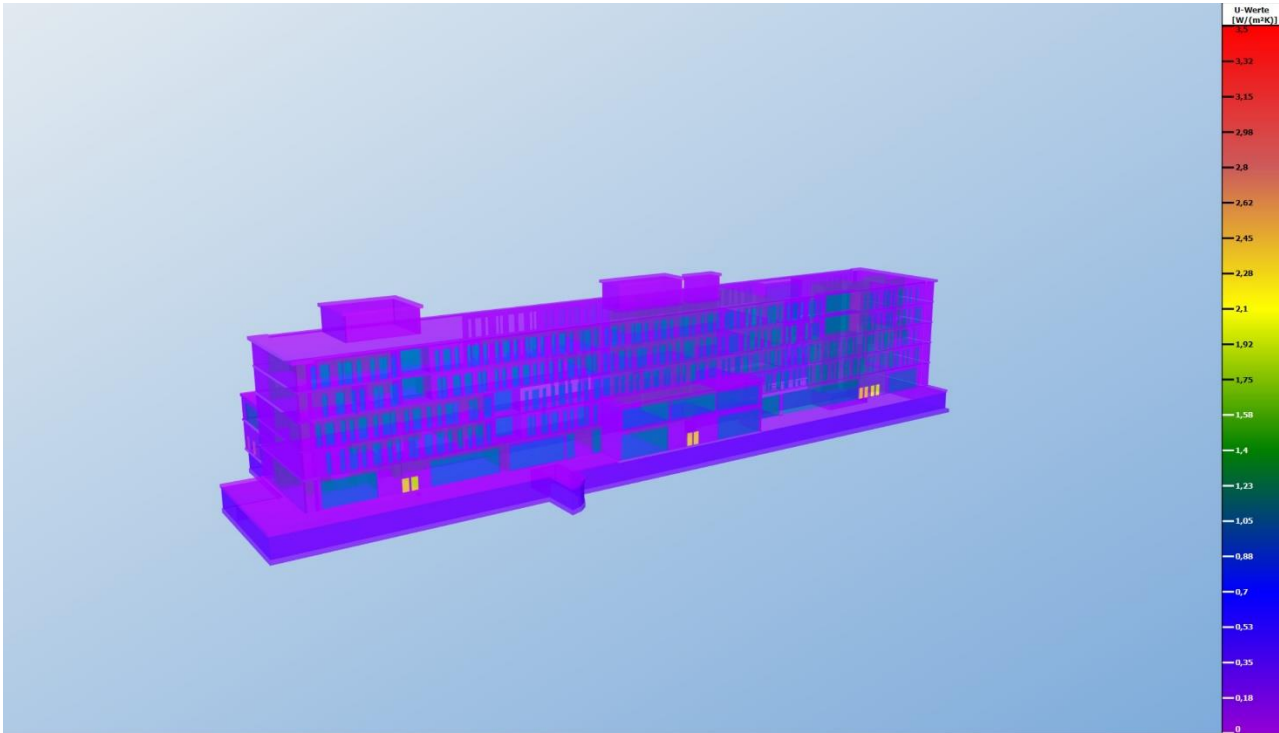


Abbildung 13 Graphische Darstellung der Ergebnisse für die Gebäudehülle Quelle: eigene

Die Gebäudesimulation ist ein Instrument zur Berechnung des Gebäudeenergiebedarfs und zur Bestimmung der Komfortverhältnisse. Die Analyse der Ergebnisse gibt Aufschluss über die benötigte Energie, die auftretenden Lasten und über Raumtemperaturen, die sich zu einer bestimmten Tageszeit einstellen. Auch zur Ermittlung der Grenzen alternativer Techniken zur Gebäudeklimatisierung, die ein großes Potential zur Energieeinsparung bergen, ist die Gebäudesimulation ein zuverlässiges Berechnungsverfahren.

Folgende Fragen lassen sich durch eine dynamische Gebäudesimulation beantworten: Wie ist der Jahresenergiebedarf eines Gebäudes?

Wie hoch ist der Jahresheizenergiebedarf? Wie hoch ist der Jahreskühlenergiebedarf?

Gibt es in den Sommermonaten Überhitzung in den Räumen? Wie sind die Raumtemperaturen während einer Hitzeperiode?

Welche Temperaturen im Gebäude ergeben sich im Jahresverlauf?

Durch Verändern der charakteristischen Parameter, angepasst an die Wünsche und Bedürfnisse des Nutzers, kann der Jahresenergiebedarf stündlich ermittelt werden

Die folgende Graphik spiegelt die simulierten Verbräuche im durchschnittlichen Standard-Jahr und bei einem standardisierten, den Nutzungsprofilen entsprechendem Nutzerverhalten wieder:

Heizenergiebedarf:	782304,1 kWh	Max. abgegebene Heizleistung:	300 kW (25. Januar, 16-17 h)
Heizenergieabgabe:	717264,6 kWh	Max. Heizlast:	932,55 kW (23. Januar, 21-22 h)
Kühlenergiebedarf:	196479,7 kWh	Max. abgegebene Kühlleistung:	422,82 kW (31. August, 15-16 h)
Kühlenergieabgabe:	201614,2 kWh	davon latent:	123,4 kW
davon latent (zur Entfeuchtung):	10732,5 kWh	Max. Kühllast:	513,78 kW (29. August, 14-15 h)
Wärmeabgabe Geräte und Beleuchtung:	345101,2 kWh	davon latent:	123,4 kW
Gesamte Energieabgabe:	1263979,9 kWh (96,6 kWh/m²)	Betriebsstunden:	6426 h (Heizung), 5180 h (Kühlung)

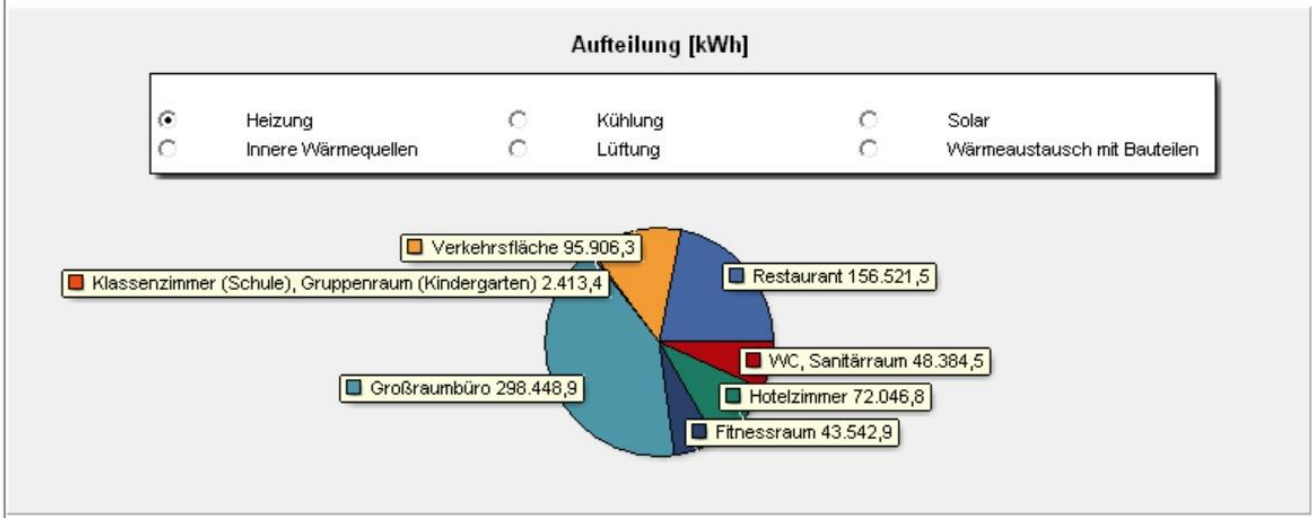
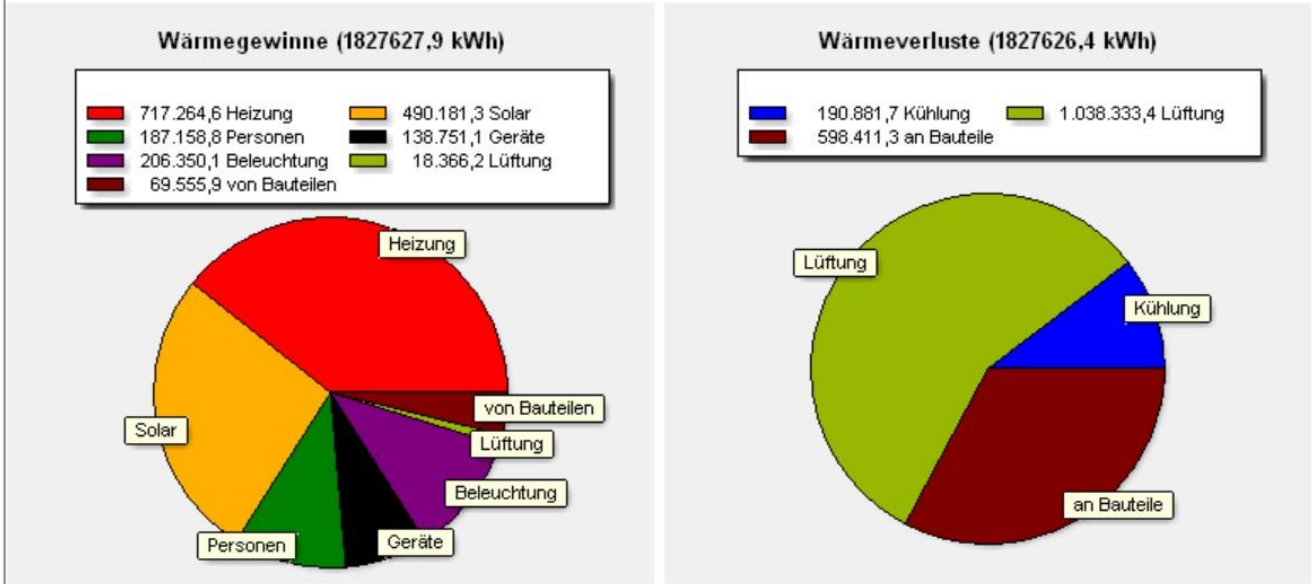


Abbildung 14 Simulierte Wärme- und Kältebedarfe für das gesamte Gebäude
Quelle: eigene

2.3 Gebäudehülle

Der geplante Dämmstandard des Gebäudes entspricht mindestens den Anforderungen des derzeit gültigen Gebäude-Energie-Gesetzes (GEG).

Wärmedurchgangskoeffizienten (\bar{U}) der wärmeübertragenden Umfassungsfläche [$W/(m^2K)$]					
	Bauteil	Zonen mit Raum-Soll-temp. im Heizfall $\geq 19^\circ C$		Zonen mit Raum-Soll-temp. im Heizfall von 12 bis $< 19^\circ C$	
		durchschn.	zulässig	durchschn.	zulässig
1	Opake Außenbauteile, soweit nicht in Bauteilen der Zeilen 3 und 4 enthalten	0,21	0,28	----	0,50
2	Transparente Außenbauteile, soweit nicht in Bauteilen der Zeilen 3 und 4 enthalten	1,00	1,50	----	2,80
3	Vorhangfassade	----	1,50	----	3,00
4	Glasdächer, Lichtbänder, Lichtkuppeln	1,80	2,50	----	3,10

Abbildung 15 Durchschnittliche Wärmedurchgangskoeffizienten nach derzeitigem Planstand
Quelle: Dipl.-Ing. (FH) Andrea Merkelbach, Vorentwurf GEG-Nachweis

2.4 Energiekennwerte

Gemäß den Berechnungen zum Vorentwurf des GEG-Nachweises in Verbindung mit den oben dargestellten Simulationen ergeben sich unter angenommenen standardisierten Randbedingungen derzeit folgende rechnerische Energiekennwerte:

Jahresprimärenergiebedarf Q_P	75,21 kWh/(m ² a)
Jahresprimärenergiebedarf Referenzgebäude $Q_{P,ref}$	148,38 kWh/(m ² a)
Jahresprimärenergiebedarf Anforderung $Q_{P,max}$ (gem. GEG 2020)	81,61 kWh/(m ² a)

3 Außenklima

Der Bauherr hat es sich zum Ziel gesetzt, mit dem Neubau auch das Außenklima im Bereich der Neuentwicklung zu verbessern. Die derzeit geplante Dachbegrünungen mit Retentionswirkung des Substrataufbaus als Biodiversitätsdach reduziert zum einen den Wärmeeintrag und damit den Kühlbedarf für das Gebäude, wirkt zum anderen darüber hinaus auch aktiv der allgemeinen Erwärmung im Stadtklima entgegen.

Die Kühlung der Anlage wird zu 95% über Verdunstungskühlung bzw. Freecooling und über die Erdsonden zu realisieren sein, welche die Umgebung nicht mit Abwärme belasten und damit keine zusätzliche Erwärmung initiieren.

4 Innovative Bereitstellung der Wärme und Kälte / Klimaverträglichkeit

Die Energiegewinnung für das Gebäude wird ohne Verwendung fossiler Brennstoffe mit einem hohen Anteil an regenerativen, lokalen Energien angedacht.

Wesentlich Bausteine sind:

- Aktive Dachbegrünung
- Photovoltaik auf dem Dach und ggf.an Fassaden
- Erdwärmenutzung
- Mainzer Fernwärme
- Lüftungsanlagen mit hohen Wärmerückgewinnungsgraden, einer bedarfsabhängigen Steuerung und einer adiabatischen Kühlung

Zusammenspiel der einzelnen Bauteile im Gesamtkonzept

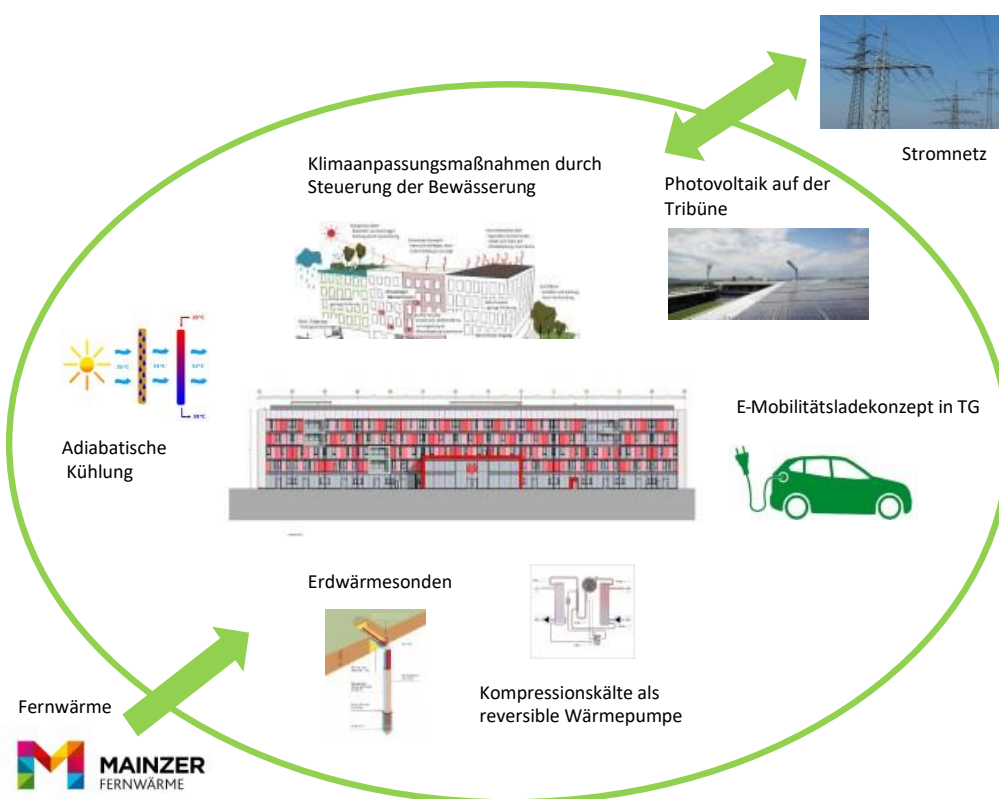


Abbildung 16 Zusammenspiel der Komponenten
Quelle: eigene

5 Verteilung der Wärme und Kälte

Das Gebäude wird durch die aktive Nutzung der Dachbegrünung und der PV- Anlage energetisch optimiert. Der Restenergiebedarf der einzelnen Nutzergruppen wird individuell erzeugt.

Die Wärme und Kälte zur Temperierung des Gebäudes kommt ausschließlich aus den Erdwärmesondenanlagen oder der adiabatischen Kühlung.

Heizen / Kühlen

ERZEUGUNG

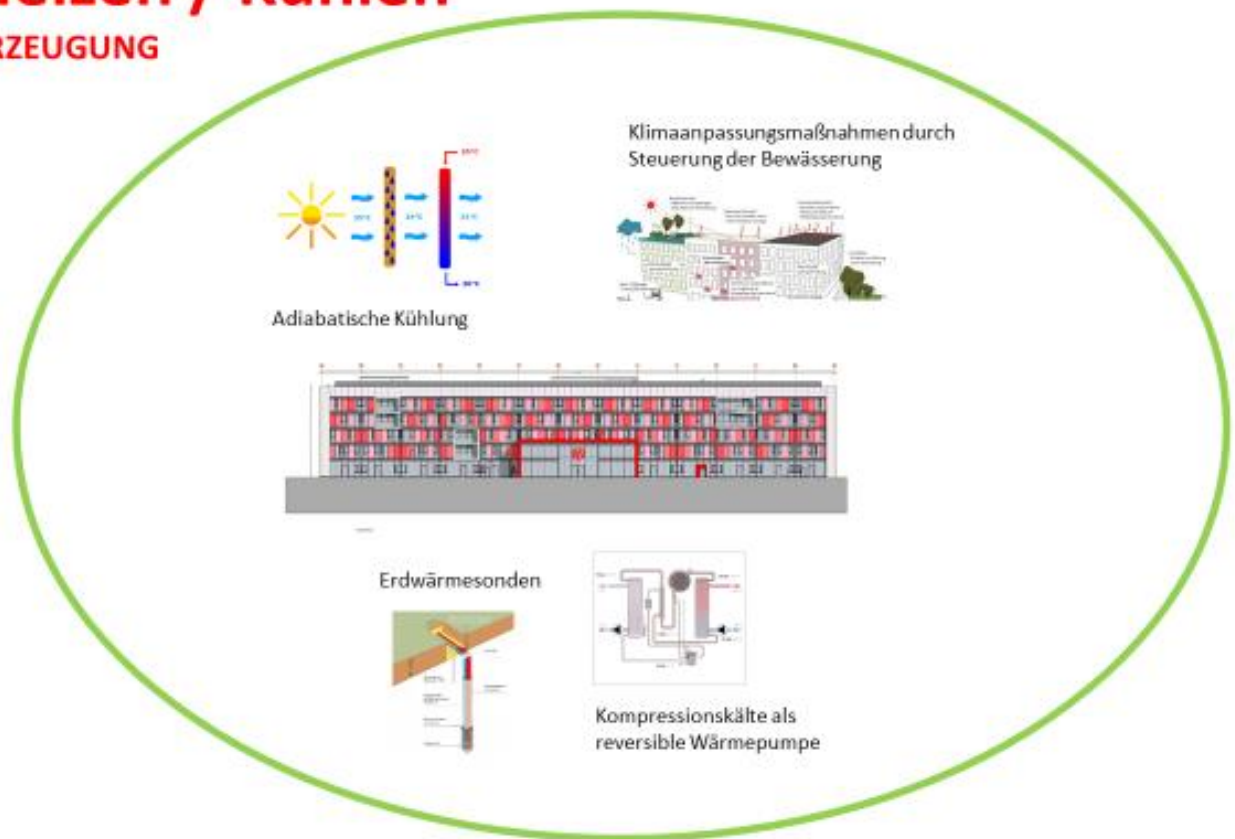


Abbildung 17 Komponenten Heizen und Kühlen
Quelle: eigene

Der Strom für den Antrieb wird so weit wie möglich vor Ort mit der PV-Anlage erzeugt. Nur der Reststrombedarf wird aus dem öffentlichen Netz bezogen.

STROM

Erzeugung und Nutzung

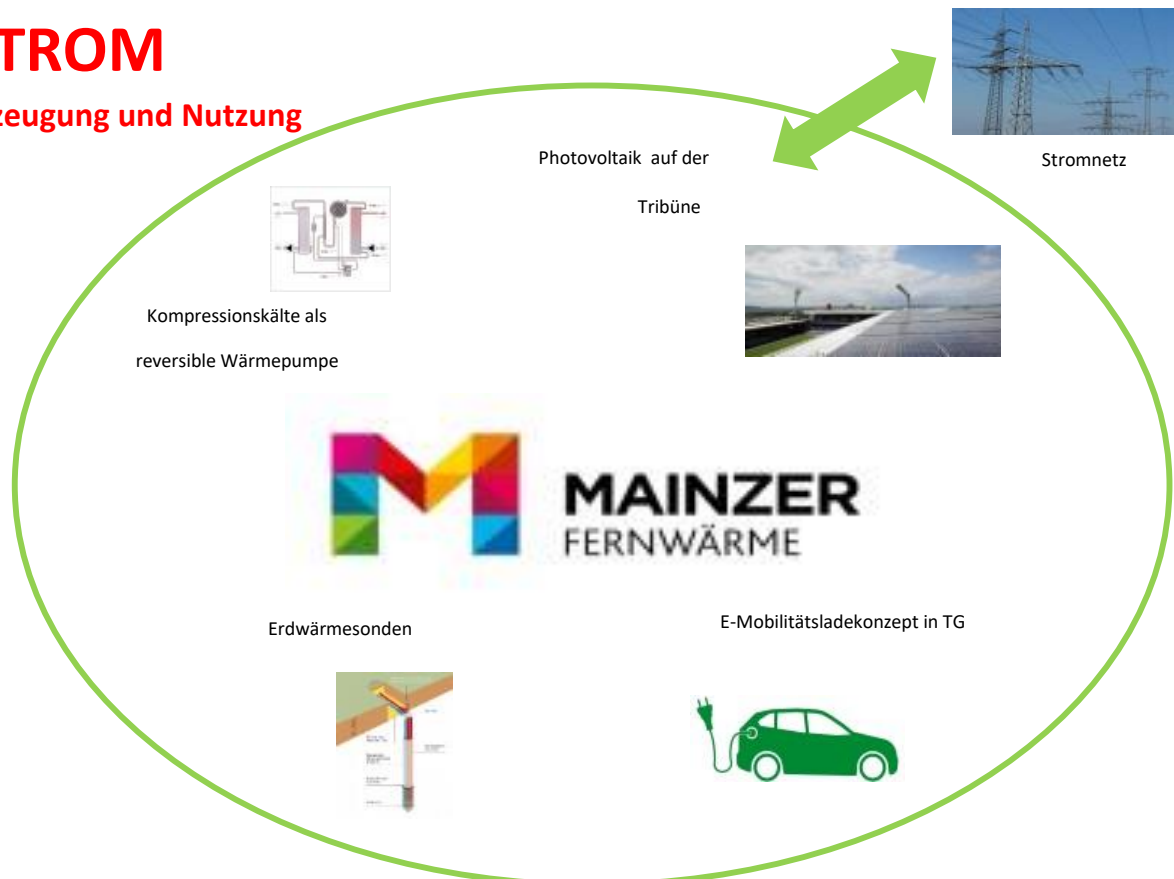


Abbildung 18 Komponenten Stromerzeugung und -Nutzung
Quelle: eigene

Die Warmwasserbereitung wird für das komplette Gebäude über die Fernwärme der Stadt Mainz realisiert.

Warmwasserbereitung

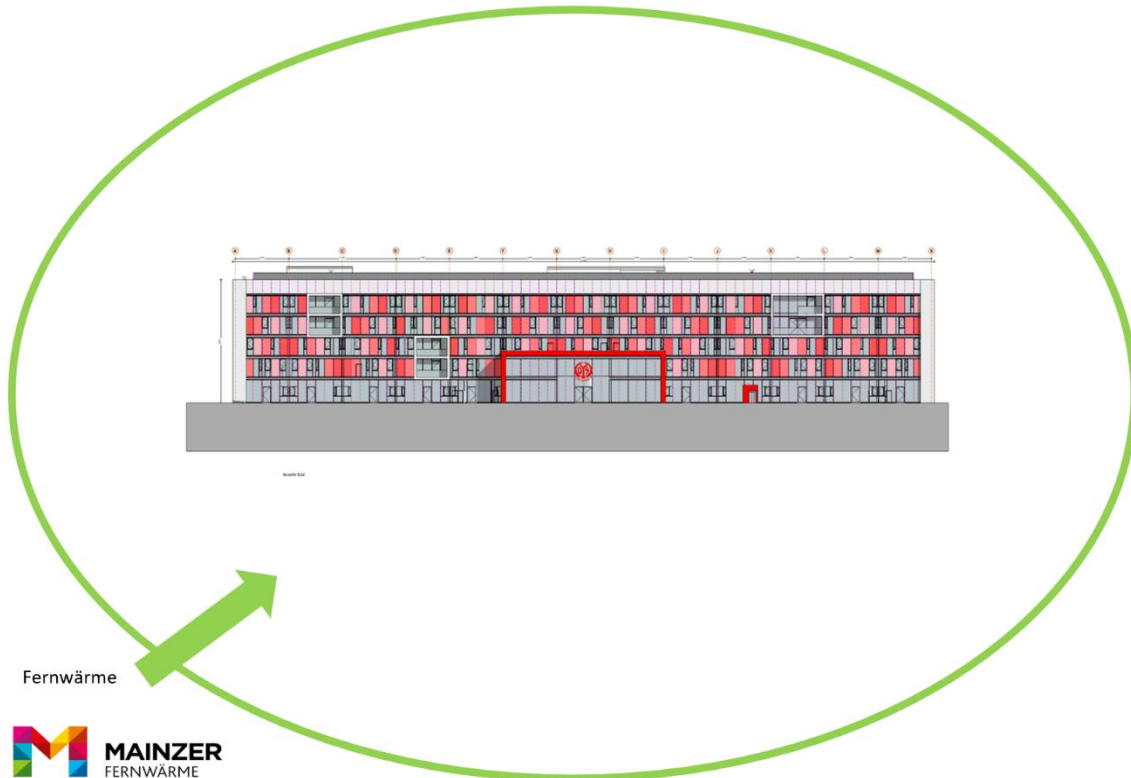


Abbildung 19 Komponenten Warmwasserbereitung
Quelle: eigene

6 Bewertung der Bausteine:

6.1 Adiabatische Kühlung:

Adiabate Kühlung – „Kühlen ohne Strom“

Im Sommer ist Kühlung ein heißes Thema. Der Klimawandel sorgt zudem selbst in klimatisch gemäßigten Zonen für Hitzerekorde. Bereits heute hat deshalb die Raumkühlung im Sommer neben der Beheizung im Winter an Bedeutung gewonnen. Vor allem in klimatisierten Gebäuden kann eine adiabate Kühlung effizient eingesetzt werden.

Das gilt besonders für die Klimatisierung von Bürogebäuden, Krankenhäusern oder Produktionshallen, wo mittels adiabater Kühlung Energie und damit CO₂-Emission eingespart werden kann.

Dabei wird – anders als bei herkömmlichen Klimatisierungsanlagen – kein zusätzlicher Strom benötigt, indem Wasser zum Verdunsten („Verdunstungskälte“) gebracht wird. Die Anwendung der adiabaten

Kühlung ist schon sehr alt und beruht auf dem einfachen Prinzip, dass Wasser, wenn es in einem

abgeschlossenen System verdunstet, diesem System sensible (fühlbare) Wärme entzieht, und damit die Systemtemperatur abnimmt.

In der Klimatechnik wird die adiabate Kühlung so eingesetzt, dass der Luftstrom in einem raumluftechnischen Gerät befeuchtet und damit abgekühlt wird. Nicht gesättigte Luft wird mit jedem Gramm Wasser, mit dem die Luft befeuchtet wird, um ca. 2,5 °C abgekühlt.

In dem Projekt kommen Lüftungsgeräte mit „adiabater“ Verdunstungskühlung zum Einsatz. Diese decken die benötigte Kälteleistung ab.

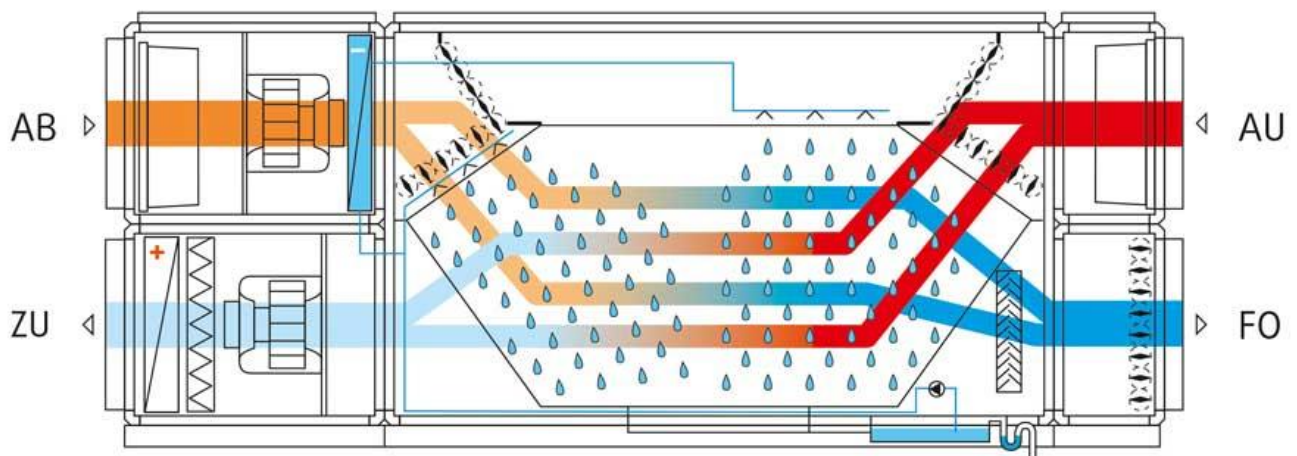


Abbildung 20 Adiabatischer Kühlprozess mit direkter Wassereinspritzung
Quelle: Menerga GmbH

Überschlägige Stromeinsparung durch Adiabate Kombi-Kältemaschinen

	Adiabates Kombigerät	Standard- Kompressions- kältemaschine
Leistung (kW)	30 kW	30 kW
Wirkungsgrad Vollast (EER)	14,0	3,2
Vollbenutzungsstunden (h/a)	1.200 h/a	1.200 h/a
Kältemenge (kWh)	36000 kWh	36000 kWh
Stromverbrauch (kWh)	2571 kWh	11250 kWh
Einsparung Strom	8678 kWh/a	

Durch den Einsatz der adiabatischen Kühlung werden bei einer Kühllast von 30 kW im Vergleich zur konventionellen Kühlung mehr als 8500 kWh Strom eingespart.

6.2 Kalte Nahwärme

System der „kalten“ Nahwärme

Kalte Nahwärme ist die gebräuchliche Beschreibung für ein Anergienetz. Die Begrifflichkeit beruht dabei auf der Systemtemperatur des Verteilnetzes von $< 20^{\circ}\text{C}$. Während konventionelle Nahwärmenetze mit Vorlauftemperaturen bis etwa 90°C ¹ betrieben werden, arbeitet ein Anergienetz mit etwa 15°C . Diese Temperatur wird als „kalt“ empfunden, bietet aber als Quelle für dezentrale Sole/Wasser-Wärmepumpen ausreichend viel Energie, um einen optimalen Wirkungsgrad zu erzielen.

Wie dargestellt, entzieht das Anergienetz der Umwelt, über eine in der Umgebung vorhandene Quelle, Energie auf sehr niedrigem Niveau (Anergie) und transportiert sie zu den dezentralen Wärmepumpen bei den Endverbrauchern. Die so bereitgestellte Anergie wird dann mit Hilfe von zusätzlicher Hilfsenergie (z.B. Strom) mittels einer Wärmepumpe auf den benötigten Temperaturlevel angehoben. Zusätzlich kann das Netz auch direkt zur Kühlung des Gebäudes verwendet werden, indem die Wärmepumpe inaktiv bleibt und die vorhandenen Heizflächen somit zur Kühlung des Gebäudes genutzt werden².

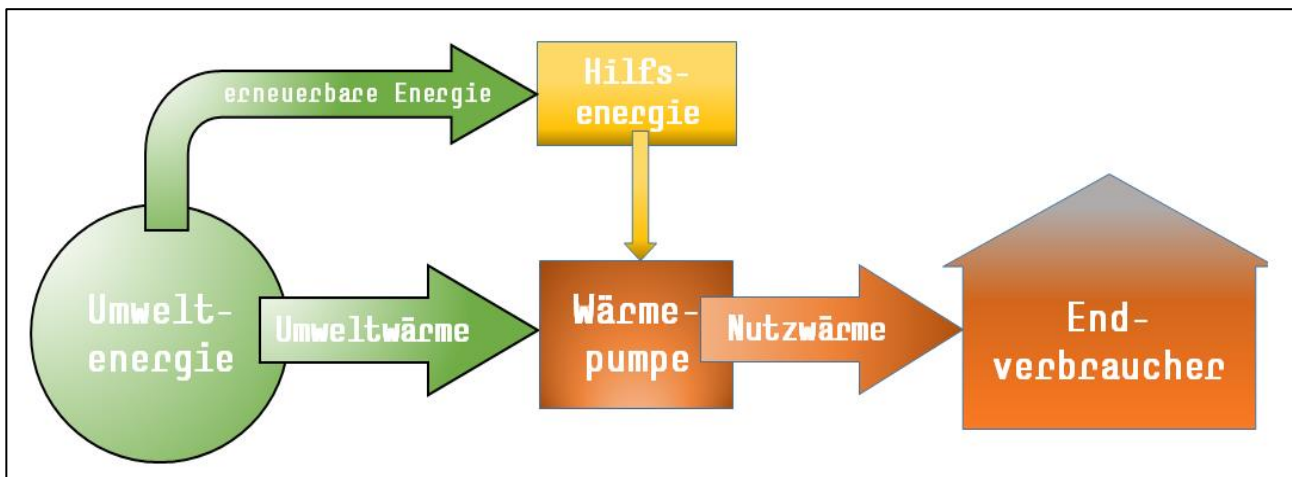


Abbildung 21 schematische Darstellung eines kalten Nahwärmesystems

Wird die benötigte Hilfsenergie für die Wärmepumpen auch aus erneuerbaren Energiequellen (Wind, Wasser, Sonne) bezogen, kann die Wärme bzw. Kälte annähernd CO_2 -frei bereitgestellt werden.

Das System der passiven kalten Nahwärme in diesem Projekt bezieht seine Wärme aus der Geothermie. Hier wird ein Erdsondenfeld unter dem Gebäude gewählt, auf dem Sonden mit 150m Tiefe eingebracht werden. Diese Sonden erzeugen genug Wärme, um konstant Temperaturen zwischen $10 - 15^{\circ}\text{C}$ im Netz zu sichern.

¹ vgl. [ROBBI, 2013] S. 42

² vgl. [ERDWÄRME PLUS, 2016]

Die Erdsonden erfüllen aber auch eine Speicherfunktion. Sie speichern die im Sommer durch Kühlung der Gebäude abgeführte Wärme im Boden.

Das hier beschriebene Netz wird als bidirektionales und somit passives Netz ausgeführt. Damit entfällt jegliche Fördertechnik, die zusätzlichen Stromverbrauch erzeugt.

Das Netz besteht lediglich aus Erdwärmesonden und der Verteilung mit den Hausanschlüssen in den zwei Gebäuden. Durch die passende Dimensionierung des Netzes und den direkten Anschluss in den Versorgungskreislauf reicht die Förderleistung der einzelnen Wärmepumpen aus, um die nötige Zirkulation im Netz zu erreichen.

Mit dem Entfall der Förderpumpen reduzieren sich außerdem die Kosten für den Energieverbrauch des Netzes selbst und die für Wartung und Instandsetzung.

Derzeit sind Erdsonden 45 Sonden zu je 150 m Tiefe geplant.

6.3 Fernwärme Mainz:

Ein Großteil der Wärmeversorgung für die Warmwasserbereitung erfolgt über die Fernwärme Mainz. Die Fernwärme ist ein Abfallprodukt der Stromproduktion und der Müllverbrennung in Mainz. Bei der Stromproduktion und bei der Müllverbrennung in unseren Kraftwerken fällt Wärme als Nebenprodukt an. Diese Wärme wird nutzbar gemacht und über wärmeisolierte Rohre in die Stadt geleitet wird. So entsteht ein hocheffizienter und vor allem umweltfreundlicher Kreislauf.

Für die Mainzer Fernwärme beträgt der nach DIN 4701-10 zertifizierte Primärenergiefaktor sehr gute 0,32. Dieser ist vergleichbar mit einer Biomasseheizung.

6.4 Photovoltaik

Unter Photovoltaik bzw. Fotovoltaik versteht man die direkte Umwandlung von Lichtenergie, meist aus Sonnenlicht, mittels Solarzellen in elektrische Energie. Heute ist mit großem Abstand die netzgebundene Stromerzeugung auf Dachflächen eines der wichtigsten Anwendungsgebiete, um konventionelle Kraftwerke zu ersetzen.

Gemäß den Anforderungen des Gebäudeenergiegesetzes (GEG-Nachweis gemäß Bauantrag) werden für das Gebäude 50 kWp gefordert. Angestrebt ist eine Erweiterung der PV-Anlage auf eine installierte Gesamtleistung von bis zu 100 kWp.

Diese PV-Flächen werden unter Prüfung der ökologischen Effizienzen ggf. an den Stirnseiten des Gebäudes als Fassaden-PV und auf dem Dach des Gebäudes in dem Umfang installiert werden, der technisch und wirtschaftlich vertretbar ist.

Wir gehen derzeit davon aus, dass ca. 100 MWh Strom pro Jahr produziert werden.

Die in einer vorhergehenden Fassung dieses Energiekonzeptes angedachte Nutzung der Tribünenfläche für eine PV-Anlage zu Gunsten des hier betrachteten Projektes ist aus privatrechtlichen

Gründen nicht möglich, da hier durch den Besitzer des Gebäudes die Installation einer eigenen PV-Anlage geplant ist. Im Sinne einer gesamt-ökologischen Betrachtung bleibt damit aber diese Fläche zur Gewinnung von regenerativen Energien erhalten.

Zusammenfassung:

Nach den derzeitigen Ergebnissen wird für die benötigte Endenergie zum Heizen und Kühlen für die komplexen Nutzungen durch den Einsatz der nachhaltigen Technik lediglich ein Primärenergieaufwand von rund 20 % benötigt.

Dies entspricht einem Primärenergiefaktor von 0,2.

Der Primärenergieaufwand für Heizen und Kühlen kann beim Betrieb mit Ökostrom auf 0% reduziert werden.

Somit ist für die gesamt-energetische Betrachtung unter Berücksichtigung des Primär-Energiefaktors von 0,32 für die Fernwärme ein Primärenergiefaktor von 0,25 oder besser anzunehmen.

Stand 14.02.2024

Prof. Di

Anlagen:

- 1 Vorhaben- und Erschließungsplan
- 2 Entwurfsplanung Geothermie-Sondenfeld