

Projekt:
**Energiekonzept Neubau Ludwigsstraße
im Rahmen des Bebauungsplans „Einkaufquartier
südlich der Ludwigsstraße (A 262)“**



Quelle Architekturbüro Faerber

Auftragnehmer:

Boulevard Lu GmbH & Co. KG
Rheinstraße 194 b
55218 Ingelheim am Rhein

Gutachter:

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

1 Standort und Zielbestimmung

Das Energiekonzept basiert auf den Ergebnissen des Architekturwettbewerbs, der unter dem Aspekt der Nachhaltigkeit folgende Auslobungstext hatte:

„Gesucht wurde ein Konzept, welches durch die Interaktion zwischen innovativer Architektur und innovativer Technik die Kriterien von Nachhaltigen Gebäuden erfüllt. Die Nachhaltigkeit soll dabei kein technisches Detail, sondern integraler Bestandteil der Gebäude von der Planung über den Bau bis hin zum Betrieb sein. Der Blick über das Gesamtsystem Gebäude über die komplette Lebensdauer bezogen auf wirtschaftliches und langfristiges nachhaltiges Betreiben des Gebäudes soll in einem Entwurfskonzept erläutert werden.

Dabei sollte nicht die Lösung einzelner Probleme im Vordergrund stehen, sondern das Zusammenspiel von Architektur, Innen- und Außenräumen sowie optimales Raumklima mit möglichst einfachen technischen Konzepten.

Ziel sollte es sein, ein betriebsbilanztechnisch neutrales Gebäude zu bauen, welches sich den klimatisch notwendigen geänderten Anforderungen im Innen- und Außenraumklima stellt.

Dabei ist zu beachten, dass für die Wärmeversorgung der Gebäude eine Fernwärme mit dem Primärenergiefaktor von 0.32 zur Verfügung steht. Zudem sind aus Bürgerbeteiligungen die Themen grüne Fassade, Photovoltaik und E-Mobilität in einem Konzept zu berücksichtigen.“

Quelle: Auszug Wettbewerb.

Als Basis für das nachfolgende Energiekonzept wurde der siegreiche Beitrag vom Büro Färber untersucht:



Quelle Architekturbüro Faerber

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

2 Status Quo und Bedarfsermittlung

2.1 Nutzungskonzept

Das Nutzungskonzept sieht derzeit folgende Nutzungsbereiche vor:

- Wohnen
- Gewerbe
- Einzelhandel
- Kultur
- Gastronomie
- Hotel

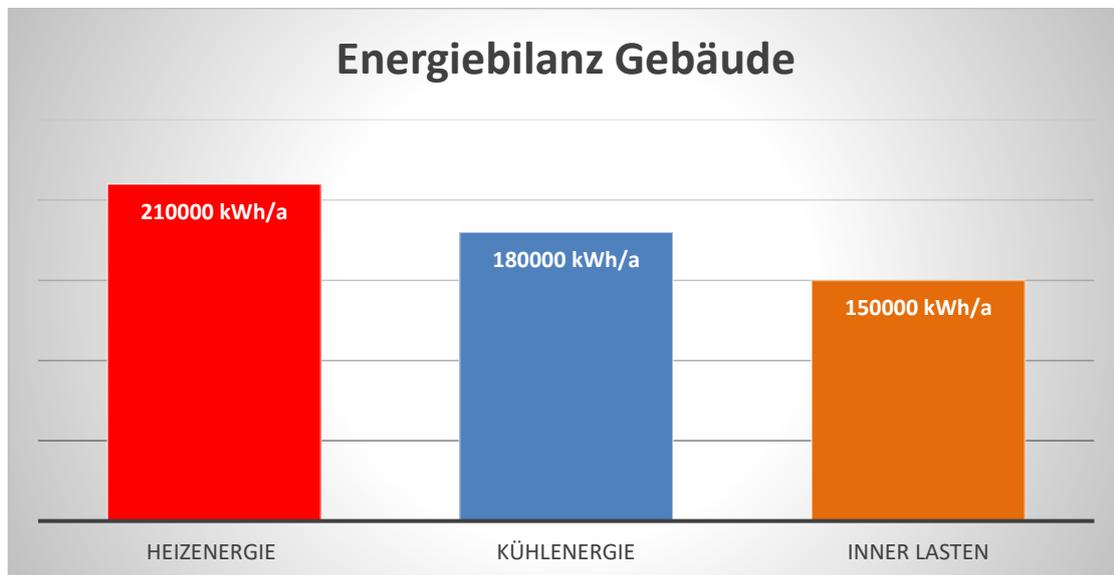
Diese Nutzungsvarianten waren Basis des Konzeptes.

2.2 Wärme- und Kältebedarf

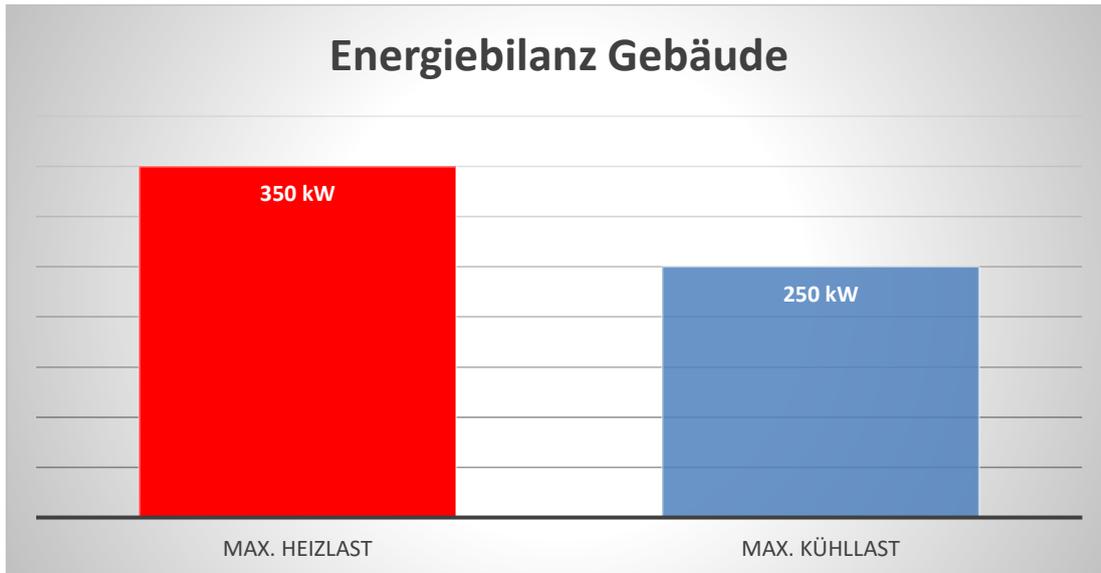
Der Gesamtwärmebedarf und die zu erwartende Gesamtheizlast sowie die Kühllast und der Kühlbedarf wurde auf Basis der Vorbetrachtungen sinnvoll mit Hilfe des Simulationsprogrammes Hottengeroth ETU Planer für den jeweiligen Gebäudekomplex berechnet.

Fuststraße (gesamtes Gebäude)

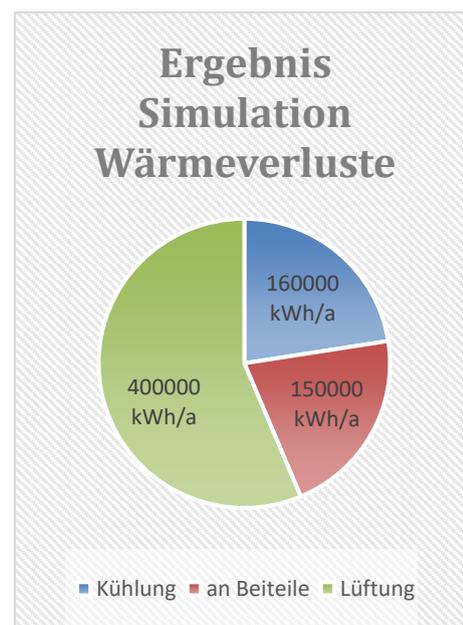
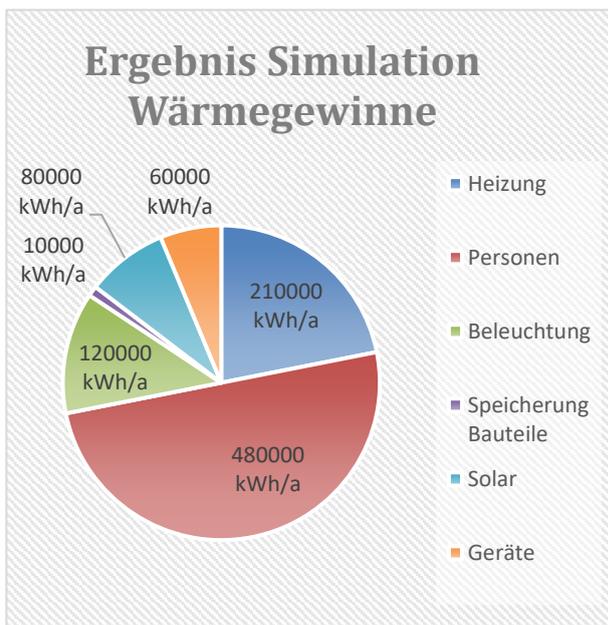
Zusammenfassung:



Quelle: Ergebnis der Energiebedarfe über das Jahr aus Basis der Simulation Fuststraße



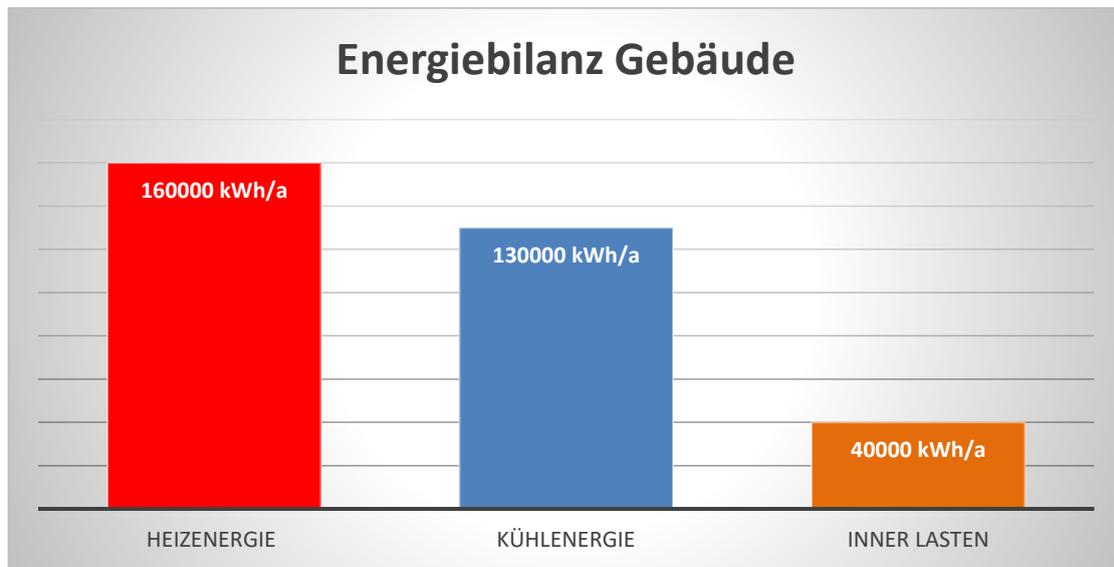
Quelle: Ergebnis der Leistungsbedarfe über das Jahr aus Basis der Simulation Fuststraße



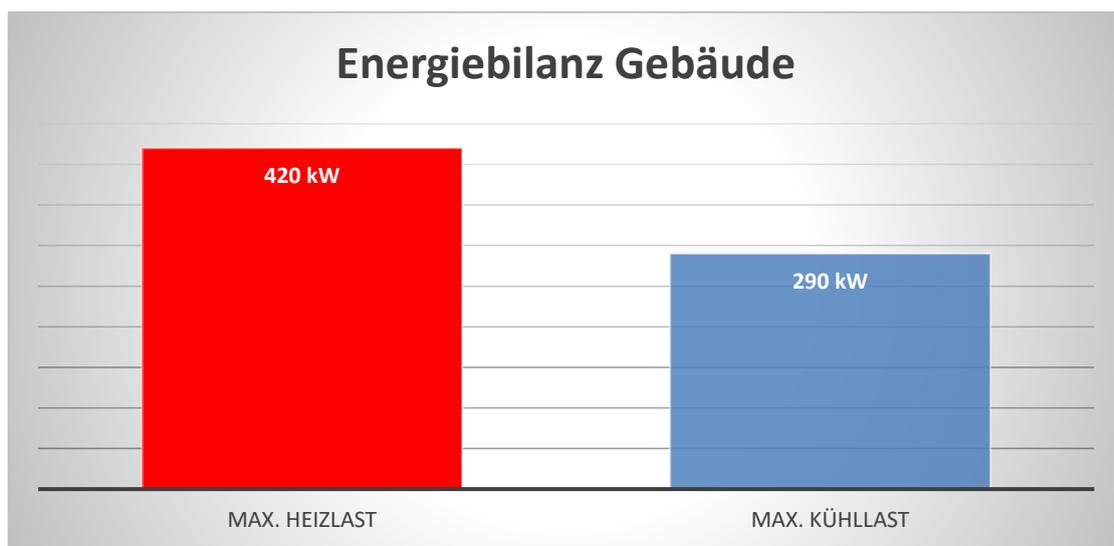
Quelle: Detailbezogene Bewertung über das Jahr aus Basis der Simulation Fuststraße

Ludwigsstraße Einzelhandel (gesamtes Gebäude)

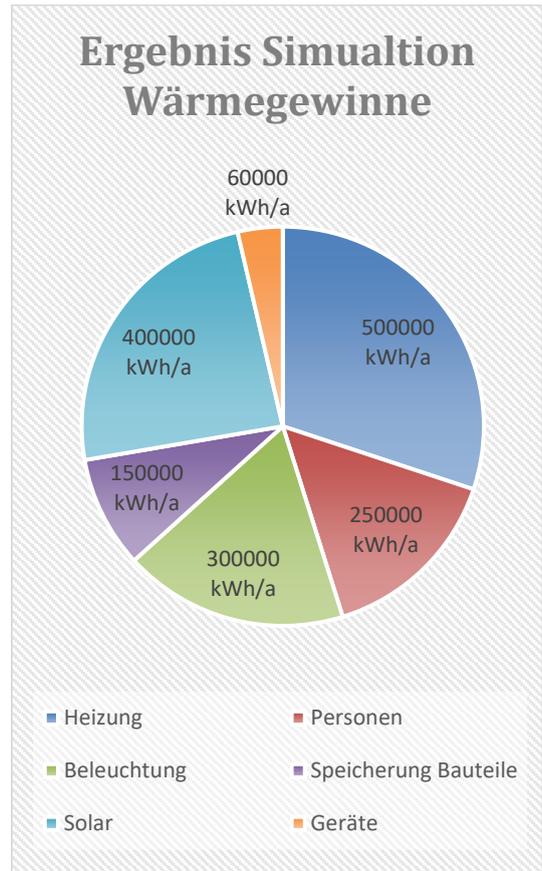
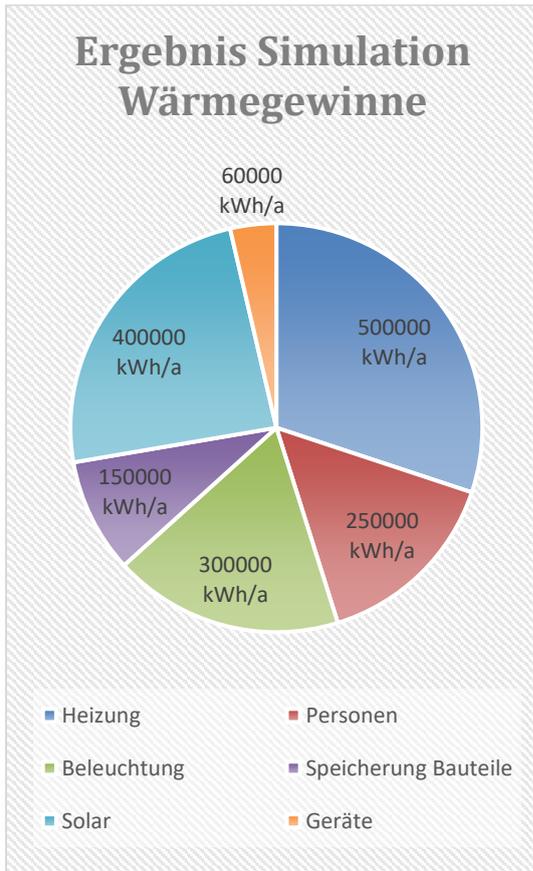
Gesamtes Gebäude:



Quelle: Ergebnis der Energiebedarfe über das Jahr aus Basis der Simulation Ludwigsstraße



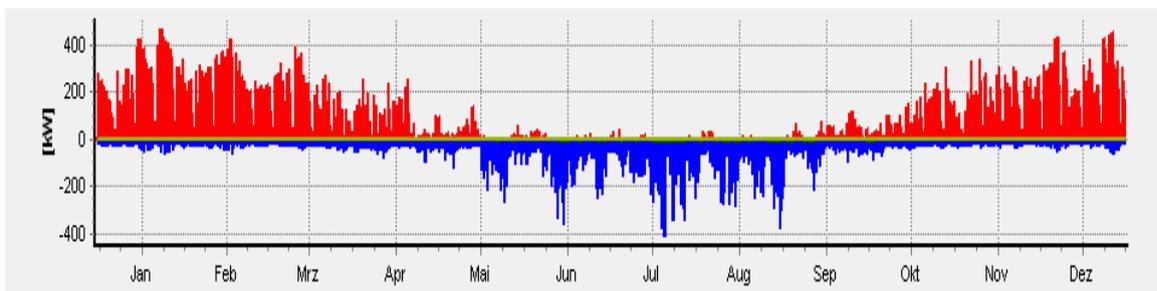
Quelle: Ergebnis der Leistungsbedarfe über das Jahr aus Basis der Simulation Ludwigsstraße



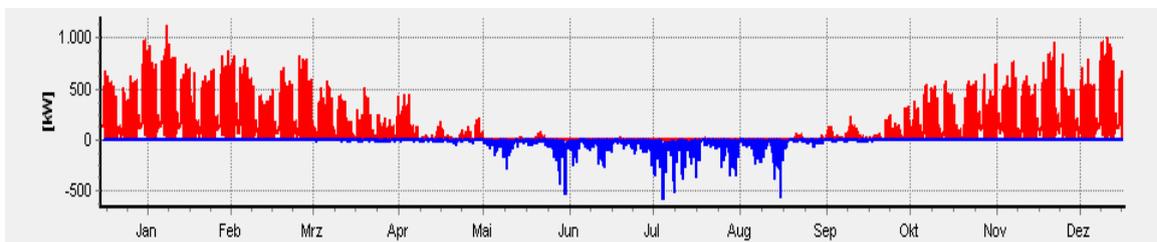
Quelle: Detailbezogene Bewertung über das Jahr aus Basis der Simulation Ludwigsstraße

Jahresdauerlinien:

Jahresdauerlinie Heizen Kühlen Fuststraße



Jahresdauerlinie Heizen Kühlen Ludwigsstraße



3 Außenklima

Der Bauherr hat sich zum Ziel gesetzt, mit dem Neubau auch das Außenklima in Bereich der Neuentwicklung zu verbessern. Dafür wird in Zusammenarbeit mit Univ.-Prof. Dr. Bruse eine Simulationsmodell zur Bewertung des Ist- bzw. Sollzustandes erarbeitet. Die Ergebnisse dieses Energiekonzeptes fließen in die Berechnungen des Außenklimas mit ein. Derzeit sind Dach- und Fassadenbegrünungen sowie die Kühlung der Anlage zu 80% über Verdunstungskühlung bzw. Freecooling über Erdsonden zu realisieren, welche die Umgebung nicht mit Abwärme belasten und damit keine zusätzliche Erwärmung stattfindet.

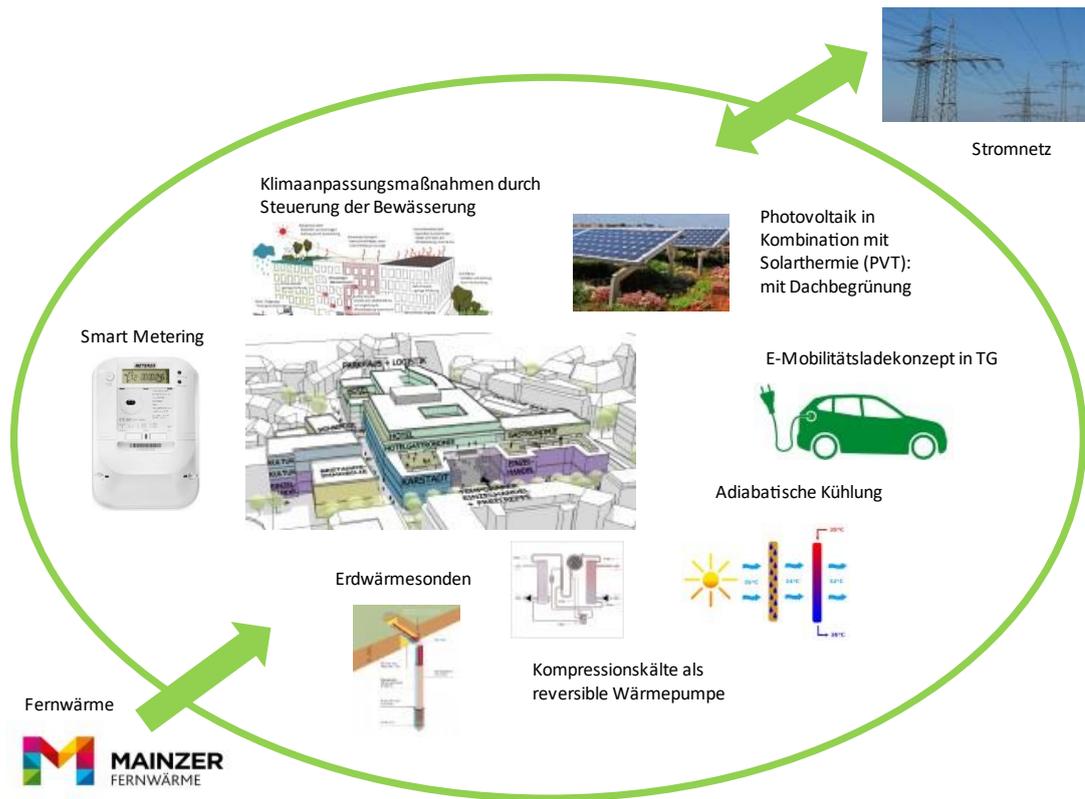
4 Innovative Bereitstellung der Wärme und Kälte / Klimaverträglichkeit

Die Energiegewinnung für die Fuststraße sowie die Ludwigsstraße wird ohne fossile Brennstoffe mit einem hohen Anteil an regenerativen, lokalen Energien angedacht.

Wesentlich Bausteine sind:

- Fassaden und Dachbegrünungen
- Photovoltaik
- Erdwärmenutzung
- Adiabatische Kühlung
- Mainzer Fernwärme
- Lüftungsanlagen mit hohen Wärmerückgewinnungsgraden

Zusammenspiel der einzelnen Bauteile im Gesamtkonzept



5 Verteilung der Wärme und Kälte

Das Gebäude wird durch die aktive Nutzung der Dach- sowie Fassadenbegrünung im Bereich der Hülle energetisch optimiert. Der Restenergiebedarf der einzelnen Nutzergruppen wird individuell erzeugt.

Die Wärme und Kälte im Bereich Wohnen und Hotel wird ausschließlich über die Erdwärmesondenanlage produziert. Der Strom für den Antrieb wird weitestgehend vor Ort mit einer PV-Anlage erzeugt.

Heizen / Kühlen

ERZEUGUNG



Stromnetz

Klimaanpassungsmaßnahmen durch Steuerung der Bewässerung



Photovoltaik in Kombination mit Solarthermie (PVT): mit Dachbegrünung

Smart Metering



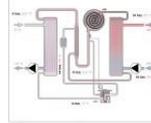
WOHNEN / HOTEL

(HEIZEN / KÜHLEN)

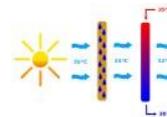
Erdwärmesonden



Kompressionskälte als reversible Wärmepumpe



Adiabatische Kühlung



Die Wärmeenergie für das Gewerbe, den Einzelhandel, die Kultur sowie die Gastronomie wird über die Mainzer Fernwärme zur Verfügung gestellt. Die Kühlung dieser Gebäude erfolgt zum Großteil über eine adiabatisches Kühlkonzept und in der Betonkernaktivierung über die Geothermie.

Die adiabate Kühlung ist ein Verfahren, um mit Verdunstungskälte Räume zu klimatisieren. Zur Kälteerzeugung wird nur die Verdunstungskälte von Luft und Wasser als unerschöpfliche, natürliche Quelle genutzt.

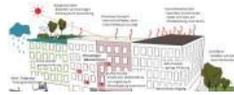
Heizen / Kühlen

ERZEUGUNG



Stromnetz

Klimaanpassungsmaßnahmen durch Steuerung der Bewässerung



Photovoltaik in Kombination mit Solarthermie (PVT): mit Dachbegrünung

Smart Metering



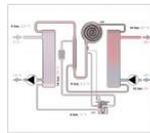
WOHNEN / HOTEL

(HEIZEN / KÜHLEN)

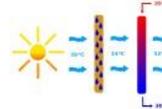
Erdwärmesonden



Kompressionskälte als reversible Wärmepumpe



Adiabatische Kühlung



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

Heizen / Kühlen

ERZEUGUNG



6 Bewertung der Bausteine:

6.1 Dachbegrünung

Dachkonstruktion und Begrünbarkeit

Die Gebäudebegrünung beziehungsweise Bauwerksbegrünung umfasst die Dach-, Fassaden- und Innenraumbegrünung. Seit mehr als 20 Jahren werden bereits Dächer begrünt. Die Dachbegrünung wird in extensive, einfache und aufwendige Intensivbegrünung unterteilt. Im internationalen Raum werden Begriffe wie „Living Roof“, „Bioroof“ und „Vegetated Roof“ verwendet.¹ Bei regelmäßiger Pflege und Wartung können Gründächer mindestens 40 bis 60 Jahre bestehen.² Im Vergleich zur Lebensdauer von herkömmlichen Flachdächern halten Gründächer somit deutlich länger. Bisher gibt es in Deutschland keine Norm zur Dachbegrünung, lediglich eine Richtlinie für die Planung, Ausführung und Pflege (Dachbegrünungsrichtlinie von 2008) der Forschungsgesellschaft für Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. (FLL). Dieser Grundsatz ist durch Wissenschaftler, Verbände, Sachverständige und weitere Experten aus den Bereichen Dachbegrünung und Dachtechnik gemeinsam erarbeitet worden. Darin sind die wichtigsten Anforderungen an die Bau- und Vegetationstechnik bei Dachbegrünungen festgehalten.³ Zusätzlich existiert die Fachregel für Dächer mit

¹ Vgl. Köhler 2012, S.15.

² Vgl. Köhler 2012, S.9.

³ Vgl. Appl 2012, S.39

Abdichtungen (Flachdachrichtlinien) vom Zentralverband des Deutschen Dachdeckerhandwerks (ZVDH).

Es kommen verschiedene Flachdachkonstruktionen vor, die für die Begrünbarkeit in Frage kommen. Von Warmdach, Kaltdach und Umkehrdach bis Duo-Dach können alle Arten begrünt werden.⁴ Lediglich müssen je nach Konstruktionsart bestimmte Anforderungen berücksichtigt werden. Dächer, die gering bis stark geneigt sind (Schrägdächer) können ebenfalls begrünt werden. Bei der Auswahl der Vegetation sind folgende Funktionen und Auswirkungen zu berücksichtigen: Wärmedämmwirkung, sommerliche Kühlwirkung, Schalldämmung, Pflegeaufwand und optische Erscheinung.⁵ Dabei spielen die Standortbedingungen und bautechnischen Gegebenheiten ebenfalls eine große Rolle für die Festlegung der Vegetationsform. Die zu beachtenden Standortfaktoren sind Klima, Niederschlagsmenge, Winterhärte, Verschattung und Windverhältnisse.⁶ Bei den baulichen Gegebenheiten ist das Dachgefälle und somit die Entwässerung entscheidend. Über Dächer, die stark geneigt sind, wird das überschüssige Wasser schnell abgeführt.

Die Pflanzen benötigen dementsprechend eine große Wasserspeicherwirkung. Insbesondere Schrägdächer müssen extremen Standortbedingungen wie zum Beispiel Sonneinstrahlungen und Windeinflüssen standhalten.⁷

Extensive Dachbegrünung

Die extensive Dachbegrünung ist durch einen einfachen Aufbau und geringe Pflege und Nutzung geprägt. Durch den minimalen Gründachaufbau eignen sich nur niedrig wachsende Pflanzen wie Moose, Sukkulente, Kräuter und Gräser, die dürre- und windresistent sowie frosthart sind. Diese Pflanzenarten kommen ohne Pflege aus und können sich an die Bedingungen des jeweiligen Standortes anpassen, sich selbst erhalten und weiterentwickeln.⁸ Sie benötigen keine zusätzliche Wasser- und Nährstoffzufuhr und demnach wenig Pflege oder Wartung. Die Begrünungsart ist für flache Dächer und geneigte Dächer bis 45 Grad mit niedrigen Lastannahmen ausführbar.⁹ Extensive Dachbegrünungen werden nicht dauerhaft genutzt und ausschließlich zu Pflege- und Wartungszwecken begangen. Die folgende Abbildung stellt den Schichtaufbau einer extensiven Dachbegrünung mit mehrschichtiger Bauweise beispielhaft dar.

⁴ Vgl. Appl 2012, S.40.

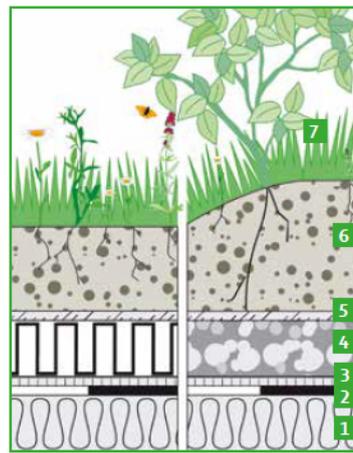
⁵ Vgl. Minke 2010, S.44.

⁶ Vgl. Mann 2012, S.58.

⁷ Vgl. Mann 2012, S.58.

⁸ Vgl. Mann 2012, S.56.

⁹ Vgl. Mann 2012, S.55.



- 7 Vegetation**
Trockenheitsangepasste, langjährige bewährte Pflanzenarten. Aufgebracht durch Saat, Sedum-Sprossen, Flachballen-Stauden oder Vegetationsmatten.
- 6 Extensivsubstrat (5–10 cm)**
Vegetationstragschicht; spezielles, technisch hergestelltes Substrat nach den Kennwerten der FLL-Dachbegrünungsrichtlinie für Mehrschichtbauweise.
- 5 Filtervlies (0,5 cm)**
Kunststoffvliese, die Drainage von der Vegetationstragschicht trennen und das Einschlämmen von Feinanteilen in die Drainage verhindern.
- 4 Dränage (2–6 cm)**
Speicherung von Niederschlagswasser und Ableitung des Überschusswassers zu den Entwässerungseinrichtungen. Die Dränage kann aus Schüttgütern wie z. B. Lava („Schüttgüterdränage“) oder Kunststoffen („Festkörperdränage“) bestehen.
- 3 Schutzlage (0,5–1 cm)**
Schutzlage aus Vliesen, Gummigranulatmatten, usw. zum Schutz der Dachabdichtung vor mechanischer Beschädigung.
- 2 Dachabdichtung bzw. Wurzelschutzbahn**
Wurzelfest nach FLL bzw. DIN EN (siehe BuGG-Liste „WBB“ unter www.gebaeudegruen.info). Schutz vor Wasser und Wurzeln.
- 1 Geeignete Dachunterkonstruktion**
Ausreichende Tragfähigkeit, ggf. geeignete Wärmedämmung.

Abbildung 1: Schichtaufbau extensive Dachbegrünung¹⁰

Die Höhe des Schichtaufbaus variiert zwischen 5 und 15 cm, das Gewicht zwischen 50 bis 170 kg pro Quadratmeter.¹¹ Als Vegetationsformen werden der Extensivbegrünung die Moos-Sedum-Vegetation, Sedum-Moos-Kraut-Vegetation, Sedum-Kraut-Gras-Vegetation und die Gras-Kraut-Vegetation zugeordnet, die sich jedoch nach den Bedingungen des Standortes, dem Dachaufbau und den jahreszeitlichen Entwicklungen unterscheiden können.¹² Extensivbegrünungen sind in der Regel mit geringem Aufwand herzustellen und zu unterhalten. Aus diesem Grund sind sie für eine nachträgliche Umsetzung einer Dachbegrünung besonders gut geeignet.

Intensive Dachbegrünung

Innerhalb der intensiven Dachbegrünung wird zwischen der „Einfachen Intensivbegrünung“ und der „Intensivbegrünung“ unterschieden. Im Gegensatz zur Extensivbegrünung besteht eine Intensivbegrünung aus einem Dachgarten, der mit ebenerdigen Gärten oder genutzten Grünflächen vergleichbar ist.¹³ Es handelt sich um Pflanzungen von Stauden, Gehölzen, Bäumen und Rasenflächen. Diese Bepflanzungen verlangen einen höheren Pflegeaufwand, da sie eine regelmäßige Wasser- und Nährstoffversorgung benötigen. Sie sind durch mehrmalige Pflege- und Wartungstermine im Jahr dauerhaft zu erhalten und dementsprechend kostenintensiv.¹⁴ Als begehbarer Dachgärten unterliegen Intensivbegrünungen höheren Anforderungen an

¹⁰ Quelle: Bundesverband GebäudeGrün e.V. o.J., S.4.

¹¹ Vgl. Mann 2012, S.55.

¹² Vgl. Mann 2012, S.57.

¹³ Vgl. Mann 2012, S.55.

¹⁴ Vgl. ebd.

die Bau- und Vegetationstechnik. Es sind Verkehrsflächen wie Wege, Terrassen und Fahrbeläge möglich.¹⁵

Im Gegensatz zur Intensivbegrünung wird die einfache Intensivbegrünung mit Gräsern, Stauden und Gehölzen angelegt. Diese Pflanzen besitzen nur geringe Ansprüche an den Schichtaufbau und die Wasser- und Nährstoffversorgung. Die Nutzungs- und Gestaltungsvielfalt ist jedoch eingeschränkt. Es ist ein höherer Schichtaufbau als bei der Extensivbegrünung notwendig.¹⁶ Demnach reiht sich die einfache Intensivbegrünung von Aufbau und Ansprüchen zwischen der Extensiv- und Intensivbegrünung ein. Der Herstellungsaufwand ist niedriger als bei Intensivbegrünungen und Pflegemaßnahmen sind kaum erforderlich. „Die Anwendung ist auf Dächern mit geringen bis mittleren Lastannahmen möglich“.¹⁷ Den Schichtaufbau einer intensiven Dachbegrünung mit mehrschichtiger Bauweise stellt die folgende Abbildung beispielhaft dar.



Abbildung 2: Schichtaufbau intensive Dachbegrünung¹⁸

Die Intensivbegrünung ist nur auf Flachdächern oder gering geneigten Dächern (0° bis 5°) möglich. Es ist eine Substratstärke von mindestens 25 cm maßgeblich. Das Gewicht beträgt je nach Aufbau zwischen 300 und 1.200 kg/m².¹⁹ Als Vegetationsformen sind der einfachen Intensivbegrünung die Gras-Kraut-Vegetation, Wildstauden-Gehölz-Vegetation, Gehölz-Stauden-Vegetation und die Gehölzvegetation zugeordnet.²⁰ Sie

¹⁵ Vgl. ebd.

¹⁶ Vgl. Mann 2012, S.56.

¹⁷ Liesecke, Krupka, Lösken und Brüggemann 1989, S.21.

¹⁸ Quelle: Bundesverband GebäudeGrün e.V. o.J., S.5.

¹⁹ Vgl. Mann 2012, S.55.

²⁰ Vgl. Mann 2012, S.57.

benötigt lediglich eine Substratstärke von 15 bis 30 cm, mit einem Gewicht von 150 bis 250 kg/m².²¹ Die aufwendige Intensivbegrünung lässt hingegen Vegetationsformen wie Rasen, niedrige bis hohe Stauden und Gehölze, Großsträucher und Kleinbäume sowie mittelhohe bis hohe Bäume zu.²² Bei der Auswahl der Vegetationsformen sind Frosthärte, Art der Wurzelbildung, Wurzelkonkurrenz, Wuchsgeschwindigkeit und Empfindlichkeit gegen Wärmestau zu berücksichtigen. Bei Bäumen und Großsträuchern sind insbesondere die statischen Bedingungen zu beachten.²³

²¹ Vgl. Minke 2010, S.26.

²² Vgl. Minke 2010, S.58.

²³ Vgl. Liesecke et al. 1989, S.26.

	1 - Neubau LU (m ²)	2 - Parkhaus Aufstockung (m ²)	3 - Bestandsgebäude (m ²)	4 - Neubau Fußstraße (m ²)
Dachfläche gesamt(DF)	3.618	2.372	2.040	1.277
davon Glasdach(G)	712	0		0
davon Attika(A)	253	305		93
davon Abstandsstreifen Brandschutz(AS)	283	311		90
davon Schrägdach(SD)	0	0		481
davon Technikfläche (TF)	0	19		326
begrünbare Dachfläche (=DF-G-A-AS-TF-SD)	2.370	1.737		288

Anforderung nach DGS

Begrünbare Dachfläche (100% der begrünbaren Dachfläche)	2.370	1.737	-	288
--	-------	-------	---	-----

Planung

Befestigte Fläche	1.166	0		19
Extensive begrünte Dachfläche (EB1.1)	805	1.349	523	32
Intensiv begrünte Dachfläche ; Substrat < 60 cm (EB1.2)	36	0		0
Intensiv begrünte Dachfläche; Substrat ≥ 60 cm	363	388		236
Umrechnung der Dachbegrünungsfläche mit Substrat ≥ 60 cm von Intensiv in Extensiv (EB2) (1m ² entspricht 2m ² extensiv begrünte Dachfläche)	726	776		473
Begrünte Dachfläche gesamt (=EB1.1+EB1.2+EB2)	1.567	2.125	523	505
Differenz	-803	+388	+523	+218

Quelle: Architekturbüro Faerber

Durch die geplante Dachbegrünung würde pro Jahr 1.050 MWh Kühlenergie durch die Verdunstung entstehen. Die Dächer würden pro Jahr 5.148 KG CO2 speichern.

6.2 Fassadenbegrünung Bodengebundene Begrünung

Vor 100 Jahren war die Begrünung von Fassaden mit Kletterpflanzen bereits üblich und gehörte zum Stadtbild der Gründerzeit.²⁴ Seit den 1980er Jahren wurde die Fassadenbegrünung in Deutschland wiederentdeckt, wie die Zahl der dazu veröffentlichten Literatur bestätigt, die zu diesem Zeitpunkt signifikant anstieg.²⁵ Die Fassadenbegrünung wird in bodengebundene und wandgebundene Begrünung unterschieden. In nachfolgender Abbildung werden die verschiedenen Arten dargestellt.

²⁴ Vgl. Köhler und Ottelé 2012, S.118.

²⁵ Vgl. Pfoser 2018, S.15.

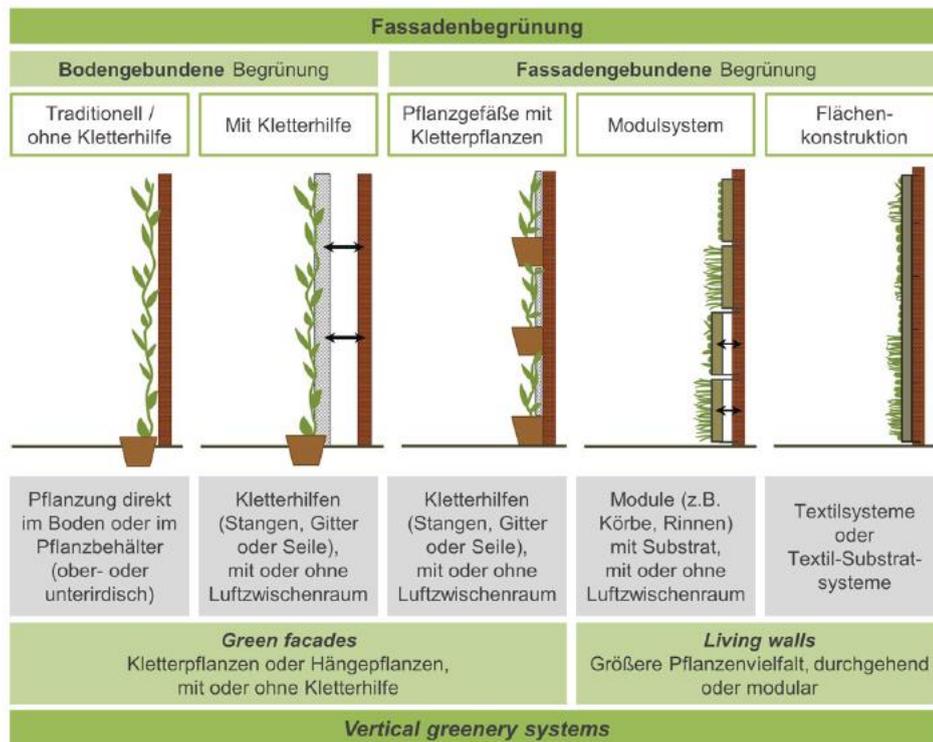


Abbildung 3: Darstellung der Fassadenbegrünungssysteme²⁶

Bei der bodengebundenen Begrünung ranken Pflanzen an der Fassade, die direkt im Boden wurzeln.²⁷ Innerhalb dieser Begrünungsvariante wird nach dem Kletterverhalten in Direktbegrüner und Gerüstkletterpflanzen untergliedert. Die Direktbegrünungen werden mit Selbstklimmer-Systemen über Wurzelkletterer (z.B. Efeu) und Haftscheibenranker (z. B. Wilder Wein) realisiert.²⁸ Diese Pflanzenart kann bis zu 25 Meter hochwachsen und ohne Spalier auskommen, indem sie sich direkt an geeignete Wandoberflächen anheftet.²⁹

Somit wird keine zusätzliche Wandkonstruktion benötigt. Geeignete Wandoberflächen sind standfest und frei von Rissen, wie zum Beispiel Beton, vollverfugtes Mauerwerk oder mineralische Putzflächen.³⁰ Diese Form der Begrünung kann die Fassade je nach Bepflanzung innerhalb von fünf bis zwanzig Jahren vollflächig bedecken. Vorteil des Direktbewuchses ist der niedrige Investitionsaufwand.³¹ Die Rank-Systeme werden wiederum über Spreizklimmer, Ranker, Schlinger und Winder sowie spalierbare Gehölze geschaffen. Diese leitbaren Bewuchse sind unter anderem Blauregen, Echter Wein, Waldreben oder Rosen.³² Gemäß dem Namen benötigen diese Pflanzenarten Kletterhilfen oder Spalierseile und werden entsprechend dem Kletterverhalten der Pflanze

²⁶ Quelle: Brune, Bender und Groth 2017, S.10.

²⁷ Vgl. Schmauck 2019, S.11.

²⁸ Vgl. Köhler und Ottelé 2012, S.103.

²⁹ Vgl. Pfoser 2018, S.71.

³⁰ Vgl. Pfoser 2018, S.163.

³¹ Vgl. ebd.

³² Vgl. Pfoser 2018, S.74.

ausgewählt.³³ Diese Begrünungsvariante wird vor allem für Gebäudefassaden verwendet, die für eine Direktbegrünung ungeeignet sind.³⁴ Zudem bieten die Gerüstkletterpflanzen eine größere Vielfalt bei der Pflanzenauswahl und der Gestaltung. Jedoch sind passende Verankerungen an der Fassade anzubringen, um Windlasten standzuhalten. Bei beiden Systemen wird keine zusätzliche Bewässerung notwendig, da sie über natürliche Boden- und Bodenwasseranschlüsse verfügen.³⁵ Vorteil gegenüber der Direktbegrünung ist die schnellere Flächenausbreitung der Pflanzen, wodurch je nach Art innerhalb von drei bis zwölf Jahren die Fassade flächig bedeckt sein kann. Im Gegensatz dazu ist jedoch ein höherer Investitionsaufwand erforderlich.³⁶

Wandgebundene Begrünung

Die wandgebundene Begrünung wird auch „Living Walls“ oder „vertikale Gärten“ genannt.³⁷ Die Begrünung wird an der Fassade mittels Pflanzenkästen oder Pflanzenwänden angebracht. Die Bauweise wird in Regal- beziehungsweise Linearsysteme, modulare Systeme und flächige Konstruktionen unterteilt.³⁸ Ein Überblick über die Bauweisen der verschiedenen Systeme wird in der folgenden Abbildung veranschaulicht.

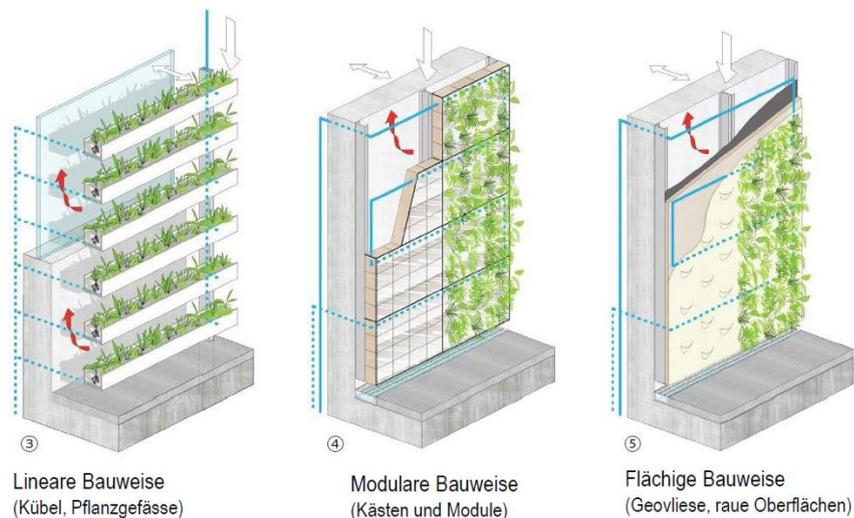


Abbildung 4: Bauweisen der wandgebundenen Begrünung³⁹

Die Regal- und Linearsysteme sind horizontale Vegetationsflächen an Tragkonstruktionen mit Substrateinlagen in den Kästen.⁴⁰ Es eignen sich robuste und winterharte Pflanzen wie Stauden, Kleingehölze und bedingt auch Kletterpflanzen. Bei Vorkultivierung kann das Begrünungssystem direkt fertiggestellt werden und ist

³³ Vgl. Köhler und Ottelé 2012, S.118.

³⁴ Vgl. Pfoser 2018, S.74.

³⁵ Vgl. ebd.

³⁶ Vgl. ebd.

³⁷ Vgl. Köhler und Ottelé 2012, S.124.

³⁸ Vgl. Schmauck 2019, S.12.

³⁹ Quelle: Pfoser 2018, S.167.

⁴⁰ Vgl. ebd.

demnach nicht abhängig von der Dauer des Pflanzenwuchses.⁴¹ Es ist eine Bewässerung sowie Nährstoffzugabe notwendig. Die Bewässerungsanlage sollte eine Drainage enthalten, um überschüssigem Wasser vorzubeugen.⁴² In den Regalböden der Grundkonstruktion kann die Wasser-, Nährstoff- und Versorgungsführung der jeweils darunter liegenden Bepflanzung integriert werden.⁴³

Das modulare Begrünungssystem wird über quadratisch oder rechteckig begrünte Platten oder Matten mit einer Tiefe von 10 bis 25 Zentimetern ausgebildet.⁴⁴ Pflanzen wie Stauden, Kleingehölze, Moose und bedingt Kletterpflanzen sind für dieses System geschaffen. Die vorkultivierten Pflanzen werden auf einer Unterkonstruktion angebracht, die über ein Rohrsystem mit Wasser und Nährstoffen versorgt sind.⁴⁵ Je nach Modul werden unterschiedliche Arten von Substraten eingesetzt. Bei Mattensystemen werden zum Beispiel Geovliese verwendet, Platten werden direkt begrünt.⁴⁶ Daneben existiert die flächige Bauweise, auch „vertikale Gärten“ genannt, eine ganzflächige Begrünungsart, die besonders für Massivwände geeignet ist. Wie beim modularen System sind hier die gleichen Pflanzenarten zutreffend.

Ebenso werden in dieser Form eine Bewässerungs- und Nährstoffversorgung sowie eine ähnliche Konstruktion benötigt. Bei der flächigen Begrünung ist eine Vorkultivierung nicht möglich, sodass die Bepflanzung ab etwa drei Monaten flächendeckend wird.⁴⁷ Eine Mischform der oben genannten Systeme ist natürlich möglich und wird durch eine Kombination der Elemente bodengebundener und wandgebundener Begrünungen erreicht.

Zudem ist eine große gestalterische Freiheit und ein hoher Imagefaktor gegeben.⁴⁸

⁴¹ Vgl. Pfoser 2018, S.78.

⁴² Vgl. Pfoser 2018, S.79.

⁴³ Vgl. Pfoser 2018, S.78.

⁴⁴ Vgl. Pfoser 2018, S.81.

⁴⁵ Vgl. ebd.

⁴⁶ Vgl. Reincke 2017, S.16.

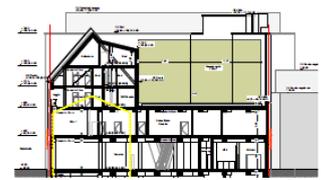
⁴⁷ Vgl. Pfoser 2018, S.86.

⁴⁸ Vgl. Pfoser 2018, S.93.

Fassadenbegrünungsbilanzen:



Ansicht Nord Ludwigstraße



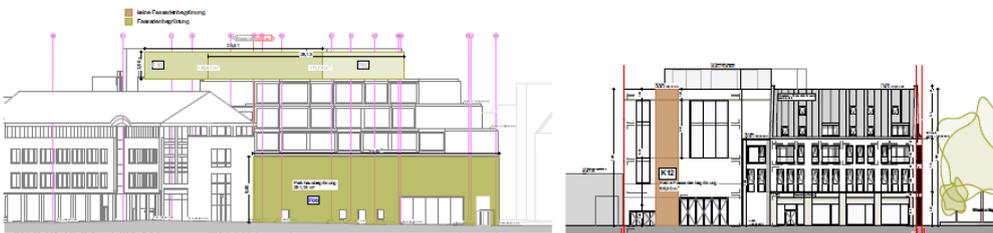
Ansicht Innenhof Fuststraße



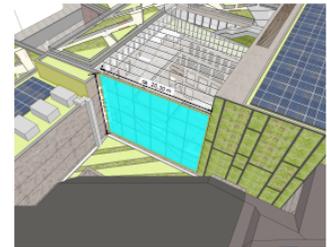
Ansicht Ost Fuststraße / Bischofsplatz (Ost)



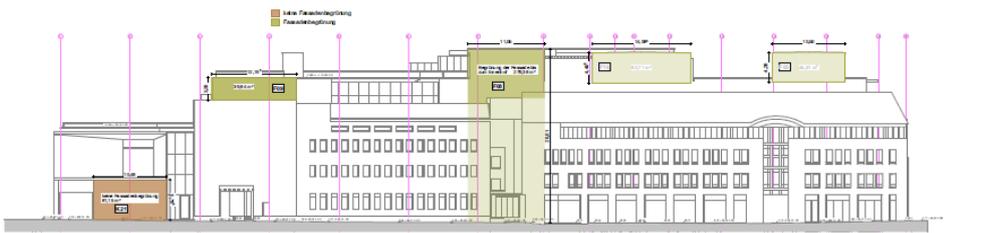
Dachaufsicht Innenhof Fuststraße



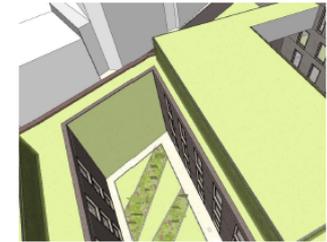
Ansicht Süd Eppichmauergerasse



Übergang Deutsche Bank - PopUpHalle LU



Ansicht West Weißbülgengasse



Begleitende Fassade im Innenhof Hotel LU

BLU_Auflistung der Fassadenbegrünung

Lage	Nr	Qualität bzw. Realisierungsmöglichkeit	Fläche	Hinweise
Außenfassaden				
Ansicht Ludwigstraße	F02	Technikeinhausung; alternative Begrünungsmethoden	234 m ²	Nur mit Zustimmung Denkmalschutz / Stadtplanung - gilt es zu prüfen - optional
Ansicht Ludwigstraße	K02		29 m ²	
	K06		29 m ²	
	K09		43 m ²	
Ansicht Fuststraße / Bischofsplatz	F03	Bodenanschluss	455 m ²	
	F04	Bodenanschluss	63 m ²	
	F07	Bodenanschluss	62 m ²	
Ansicht Fuststraße / Bischofsplatz	K10		61 m ²	
	K12		67 m ²	Kulturfassade
	K14		30 m ²	
Ansicht Eppichmauergasse	F06	Bodenanschluss	291 m ²	unter Beachtung Brandschutz (TG Belüftung)
Ansicht Weißliliegasse	F08	alternative Begrünungsmethoden	276 m ²	
	F09	alternative Begrünungsmethoden	40 m ²	
	F10	Technikeinhausung; alternative Begrünungsmethoden	270 m ²	Nur mit Zustimmung Denkmalschutz / Stadtplanung - gilt es zu prüfen - optional
	F05	Technikeinhausung; alternative Begrünungsmethoden	304 m ²	Nur mit Zustimmung Denkmalschutz / Stadtplanung - gilt es zu prüfen - optional
Ansicht Weißliliegasse	K21		59 m ²	
Außenfassade Begrünung			1.187 m²	
Außenfassade keine Begrünung			317 m²	16
je 20 m ² nichtbegrünter Fassade sind mit 5 m ² Strauchfläche auszugleichen				Herzustellende Strauchfläche = 16 x 5 m² = 80 m²
Fassaden in Innenhöfen				
Halle - Deutsche Bank	F12	berankte Drahtseile o.ä.	248 m ²	Noch nicht genau geplant - eher Kunst
Innenhof Hotel	F13	alternative Begrünungsmethoden	126 m ²	
Innenhof Fuststraße	F14	alternative Begrünungsmethoden	206 m ²	
Fassaden in Innenhöfen gesamt			332 m²	
Begrünte Fassade gesamt			1.519 m²	

Quelle Architekturbüro Faerber

Durch die geplante Fassadenbegrünung würde pro Jahr 417 MWh Kühlenergie durch die Verdunstung entstehen. Die Fassaden würden pro Jahr 3.495 KG CO₂ speichern und 2.580 KG Sauerstoff produzieren.

6.3 Adiabatische Kühlung:

Adiabate Kühlung – „Kühlen ohne Strom“

Im Sommer ist Kühlung ein heißes Thema. Der Klimawandel sorgt zudem selbst in klimatischgemäßigen 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 Kompakt-Kaltwassersatz mit freier Kühlung, „adiabater“ Verdunstungskühlung und integrierter Kompressionskälteanlage zum Einsatz. Die Kälteleitung von ca. 800 KW werde so abgedeckt.

Vorteile dieses Systems:

- Das kompakte System überzeugt durch geringsten Schalldruck, Summenpegel 58 dB(A) in 1 m Entfernung, Schalleistungspegel AU/FO jeweils ca. 45 dB(A) sowie eine abgeschlossene, unauffällige Außenansicht (Lichtgrau), somit bestens geeignet für schallsensible Anwendungen, beispielsweise in innerstädtischen Bereichen.
- Natürliches, umweltfreundliches low GWP (3) Kältemittel R290 in einem Sicherheitskältekreis, somit keine besonderen Planungsanforderungen, keine Ex-Schutz-Bereiche, etc.
- Hohe Effizienz, EER (Energy Efficiency Ratio) über 4,2 üblich bei konventionellen Kältemaschinen 2,6.
- Alle Komponenten zur adiabatischen Verdunstungskühlung sowie die Kältemaschine sind in einem Gerät integriert. d.h. geringe hydraulische und thermische Verluste.
- Aerosolfreie und dadurch legionellenfreie sowie virenfreie Fortluft
- Sehr lange Nutzungszeit der Adiabatik was dazu führt, dass es kaum Wärmeemission an die Umwelt abgeben werden.

Überschlägige Stromeinsparung durch Adiabate Kombi-Kältemaschinen

	Adiabates Kombigerät	Standard-Kompressionskältemaschine
Leistung (kW)	600 kW	600 kW
Wirkungsgrad Volllast (EER)	11,0	3,2
Vollbenutzungsstunden (h/a)	1.200 h/a	1.200 h/a
Kältemenge (kWh)	750.000 kWh	750.000 kWh
Stromverbrauch (kWh)	60.000 kWh	210.000 kWh
Einsparung Strom	150.000 kWh/a	

Durch den Einsatz der adiabatischen Kühlung werden im Vergleich zur konventionellen Kühlung mehr als 150.000 kWh Strom eingespart.

6.4 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 ⁴⁹ 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 in nachfolgend dargestellt, entzieht das Anergienetz der Umwelt, über eine in der Umgebung vorhandenen 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 werden⁵⁰.

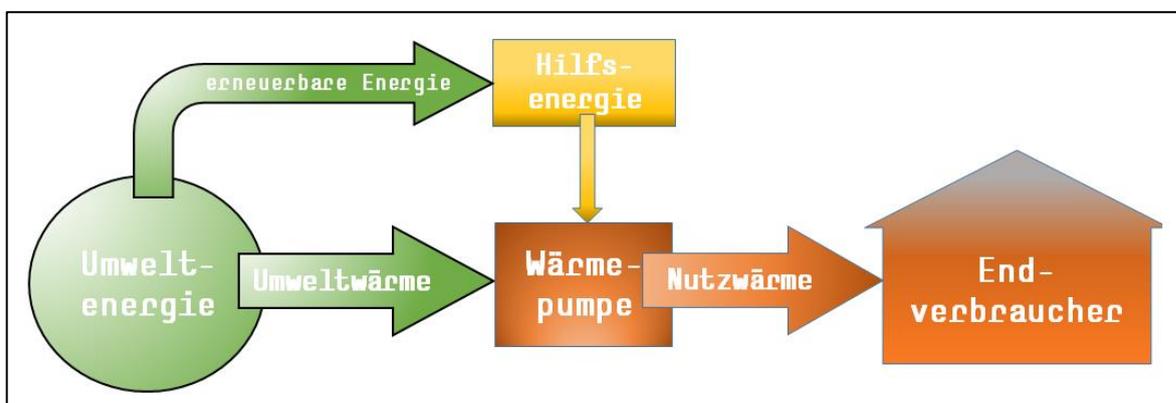


Abbildung schematische Darstellung eines kalten Nahwärmesystems⁵¹

Wird die benötigte Hilfsenergie für die Wärmepumpen auch aus erneuerbaren Energiequellen (Wind, Wasser, Sonne) bezogen, kann die Wärme bzw. Kälte annähernd CO₂-frei bereitgestellt werden.

Das System der kalten Nahwärme in dem Projekt bezieht ihre Wärme passiv jeweils durch Geothermie. Hier wird ein Erdsondenfeld am unter dem Gebäude gewählt, auf dem Sonden mit 99m oder mehr Tiefe eingebracht werden. Diese Sonden erzeugen genug Wärme, um konstant Temperaturen zwischen $10 - 15^{\circ}\text{C}$ ⁵² im Netz zu sichern. 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 Verteilleitung 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 sowie für Wartung und Instandsetzung.

⁴⁹ vgl. [ROBBI, 2013] S. 42

⁵⁰ vgl. [ERDWÄRME PLUS, 2016]

⁵¹ [PATSCHE, 2008], S. 41

⁵² [HOHBERGER/KAMPF/GEIß, 2012] S. 7

Derzeit sind folgende Erdsonden geplant:

Ludwigsstraße (Einzelhandel) = 36 Sonden zu je 170 m Tiefe (geplant)

Fuststraße = 11 Sonden zu je 99 m Tiefe (geplant)

6.5 Fernwärme Mainz:

Ein Großteil der Wärmeversorgung 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. Derzeit liegt der von Gutachtern bestätigte Primärenergiefaktor bei 0,32. Dieser ist vergleichbar mit einer Biomasseheizung.

6.6 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. Derzeit sind auf den Dächern in dem Objekt bis zu 400m² Photovoltaikflächen geplant. Wir gehen im Augenblick davon aus, dass ca. 78 MWh Strom pro Jahr produziert werden.

Zusammenfassung:

Nach den derzeitigen Ergebnissen wird für die benötigte Endenergie zum Heizen und Kühlen, für die komplexe Nutzung der Gebäude durch den Einsatz der nachhaltigen Technik nur 25 % Primärenergieaufwand benötigt. Dieser kann beim Betrieb mit Ökostrom auf 10% reduziert werden. Die lokalen Emissionswerte werden, bezogen auf den Bestand, in allen Bereichen reduziert.

Stand 11.05.2023

Prof. Dipl.-Ing. Thomas Giel

