

DREES &
SOMMER

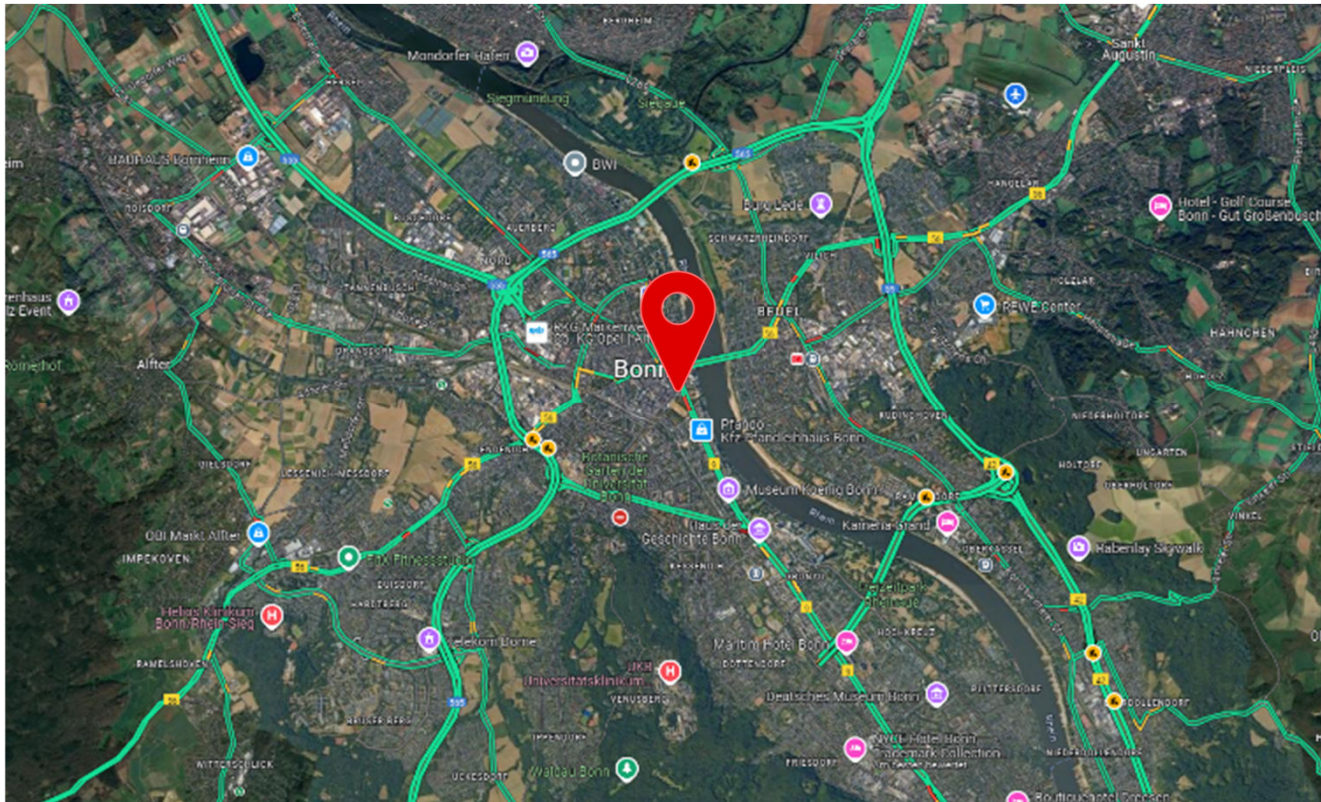
VIKTORIAKARREE – BONN ENERGETISCHE GRUNDLAGEN

THOMAS THÜMMLER, JAN FISCHER



PROJEKTSTANDORT

Viktoriakarree Bonn



Quelle: Google Maps, Projektstandort



Quelle: BLB, Historische Planunterlagen

01 Projektspezifische Randbedingungen und Zielsetzung

- 01.1 Zielvorgaben und Erwartungshaltung
- 01.2 Vorgehen
- 01.3 Vorgabe B-Plan und Auslobung
- 01.4 Wetter und Klimavoraussagen

02 Verbrauchsreduktion durch passive Maßnahmen

03 Verfügbare Wärmequellen, Möglichkeiten der Verbrauchsdeckung

04 Anhang

AGENDA

01.1 - ZIELE

Zielvorgaben und Erwartungshaltung

Die Stadt Bonn strebt an, bis 2035 bilanziell klimaneutral zu werden. Das bedeutet, dass die Summe der in der Stadt ausgestoßenen und ausgeglichenen Treibhausgase (zum Beispiel CO₂) Null ergibt.

Auch im Rahmen der Klimaneutralen Landesverwaltung (KNLV) bis 2035 ist das Ziel, keine oder zumindest weniger Treibhausgase zu emittieren und verbleibende Treibhausgasemissionen an anderer Stelle zu kompensieren.

Das energetische Ziel für das Viktoriakarree in Bonn ist der Effizienzgebäude 40 Standard (EG40). Zudem ist gemäß dem Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB) „Silber“ vorgegeben. Dafür sind ökologische, ökonomische und soziokulturelle Kriterien zu erfüllen.

Ein nachhaltiges Energiekonzept unter der Einbeziehung Erneuerbarer Energien ist unabdingbar für eine ökologische Wärme- und Kältebereitstellung sowie – mit Umsetzung sinnvoller Maßnahmen – den Komfort und die Aufenthaltsqualität im Gebäude. Dabei ist eine geringe Komplexität des Energiekonzepts sowie eine einfache Bedienbarkeit im Betrieb anzustreben. Das bedeutet, es soll mit einem Mindestmaß an technischer Komplexität für die Konditionierung des Gebäudes ein möglichst hoher Nutzerkomfort geschaffen werden.

Alle Nachhaltigkeitsbemühungen sind in einem wirtschaftlichen Rahmen zu betrachten, um eine langfristige Effizienz und Rentabilität zu gewährleisten.



01.2 - RANDBEDINGUNGEN

Vorgehen

Das Vorgehen soll dem Dreiklang „**vermeiden, vermindern, kompensieren**“ entsprechen. Demnach ist zunächst durch die **Verbrauchsreduktion** der Energiebedarf zu senken, um diesen dann in der **Verbrauchsdeckung** effizient und erneuerbar zu decken.

Verbrauchsreduktion

- Günstiges A/V-Verhältnis
- Sinnvoller Fensterflächenanteil sowie Glas-/ Grundflächen-Verhältnis
- Durchdachtes Konzept für denkmalgeschützte Fassade
- Einsatz von Verschattungselementen
- Fassadenqualitäten allgemein
- Sinnvolle Anordnung von Nutzungen im Gebäude

Verbrauchsdeckung

- Deckung des gesamten Bedarfs durch gewählte Energiequellen
- Sinnvolles Zusammenspiel der Anlagenkomponenten
- Einsatz erneuerbarer Energien

Kompensation

- Die Kompensation über Zertifikate **ist zu vermeiden**

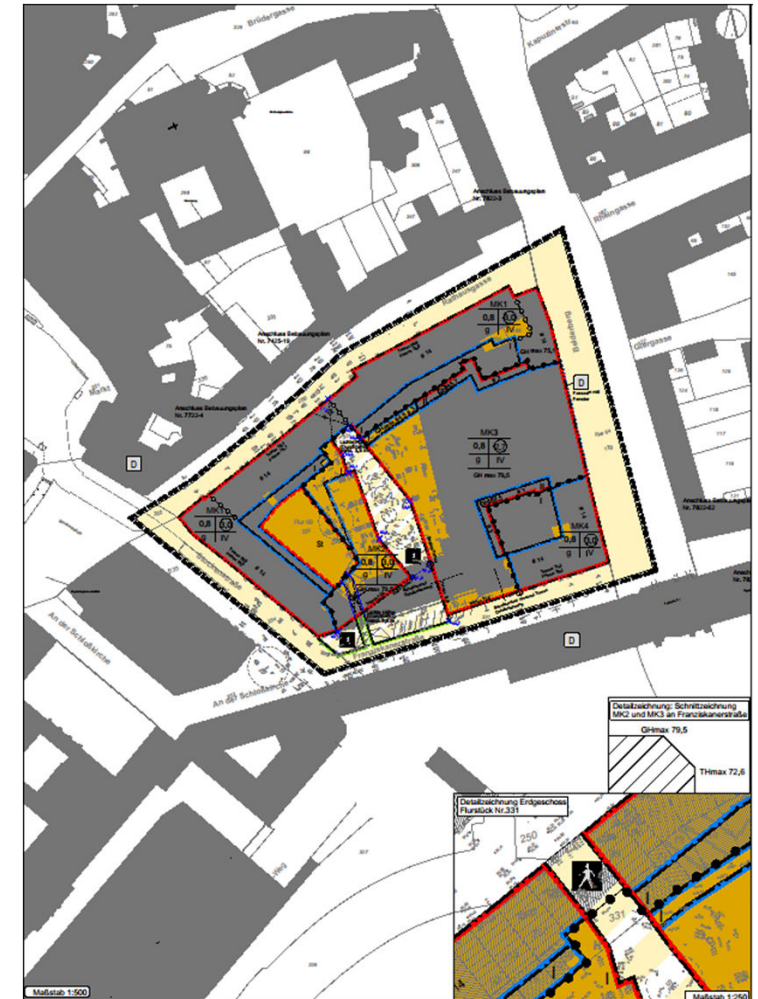


Quelle: Präsentation_Viktoriakarree_09241

01.3 - RANDBEDINGUNGEN

Vorgaben B-Plan und Auslobung

- Der aktuelle Bebauungsplan Stand 02_2025 wird in den Gremienlauf eingebracht und zur weiteren Veröffentlichung vorbereitet. Daraus resultierend werden Bedingungen zur Nachhaltigkeit im städtebaulichen Kontext formuliert und in Bezug auf die Qualität der Gebäudehülle sowie bei der Auswahl der Gebäudetechnik zu beachten
- Der Einsatz grauer Energie ist im Entwurf zu berücksichtigen und zu minimieren. Beispielsweise darf die „Grüne Mitte“ unterbaut werden, wenn die bestehenden Kellergeschosse genutzt werden. Beachtet werden sollte, dass für das Erreichen der energetischen Ziele (EG40) der Bestand energetisch ertüchtigt werden muss. Anfallende Kompensationsmaßnahmen durch intensive Dachbegrünung sind auf dem Dach des Forums auszubilden, welches begehbar sein soll. Extensive Dachbegrünung ist mit Photovoltaik kombinierbar und wirkt sich sogar vorteilhaft auf die Effizienz aus, durch die Begehbarkeit entfällt jedoch entsprechende Fläche für die Nutzung von PV
- Der Einsatz grauer Energie, die Ökobilanz sowie Recyclingfähigkeit sind bei der Wahl der Materialien zu berücksichtigen. Es ist darauf zu achten, dass möglichst kreislauffähige Materialien verwendet werden, ohne dabei die energetische Qualität maßgeblich zu verschlechtern
- Der Bebauungsplan trifft Festsetzungen zur Begrünung der Flachdächer. Eine Begrünung kann als passive Maßnahme angesehen werden, sorgt mit leichter Schattenbildung sowie Verdunstung für einen Kühleffekt und wirkt sich positiv auf das Mikroklima aus. Zudem trägt dies zu einer optischen Bereicherung des Plangebietes und wirkt sich positiv auf den Wasserhaushalt im Sinne der Wasserrückhaltung aus
- Um das Ziel der klimaneutralen Stadt Bonn zu erreichen, wurde 2019 das Leitbild der Stadt Bonn zu Klimaschutz und Klimaanpassung durch den Rat der Bundesstadt Bonn beschlossen. Vor diesem Hintergrund wurden Anforderungen und Maßgaben zum Energieeffizienzstandard, Energieversorgung, solarenergetische Optimierung, Solarverpflichtung und Klimaanpassung formuliert. Diese Vorgaben gilt es in den Entwürfen einzuhalten



Quelle: Bundesstadt Bonn, Bebauungsplan Nr. 6622-3

01.4 - RANDBEDINGUNGEN

Wetter und Klimavoraussagen

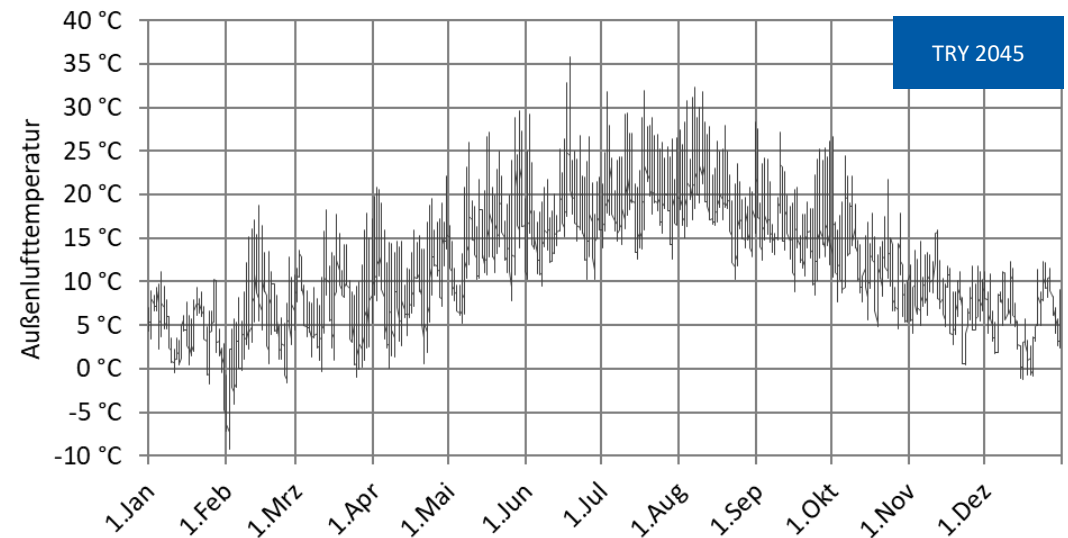
Das Klima hat sich durch den **Klimawandel** bereits spürbar verändert und wird sich auch zukünftig weiter verändern.

Vom Deutschen Wetterdienst (DWD) wird vorausgesagt, dass die **Extremwerte** im Sommer sowie im Winter am Standort Bonn extremer werden. Dabei wird gleichzeitig eine **Erhöhung der mittleren Jahrestemperatur** erwartet.

Die zukünftigen Klimaveränderungen sind unten den blauen Boxen zu entnehmen. Es ist bereits eine hohe Abweichung der Temperaturen zu erkennen. Durch die steigende mittlere Jahrestemperatur wird sich zukünftig der **Heizbedarf reduzieren** und gleichzeitig der **Kühlbedarf erhöhen**.

Es ist zu berücksichtigen, dass es sich bei den Testreferenzjahren um **gemittelte Temperaturen** handelt. Es ist davon auszugehen, dass mehr Extremwetterereignisse, wie extreme und lang anhaltende **Wärmeperioden**, auftreten werden. Zudem weist der Planungsraum gemäß einer Klimaanalyse (ZURES, 2018) einen hohen Wärmeinseleffekt aus.

Der durch die Klimaerwärmung zu erwartende, erhöhte **Kühlenergiebedarf** ist insbesondere in die Gestaltung von **passiven Maßnahmen** für den **sommerlichen Wärmeschutz** einzubeziehen. Dabei soll möglichst auf eine aktive Kühlung verzichtet werden, bzw. diese so klein dimensioniert werden wie möglich.



Quelle: dwd, Temperaturverlauf am Projektstandort

TRY: „Testreferenzjahre“, geben einen typischen, gemittelten Witterungsverlauf wieder. Rechts abgebildet ist ein zukünftiger Jahres-temperaturverlauf, der für die Jahre 2031 bis 2060 entwickelt wurde.

TRY **2015**:

Max.: 33,6°C

Min.: - 8,7°C

TRY **2045**:

Max.: 35,8°C

Min.: - 9,2°C

01 Projektspezifische Randbedingungen und Zielsetzung

02 Verbrauchsreduktion durch passive Maßnahmen

- 02.1 Möglichkeiten der Verbrauchsreduktion - KG300
- 02.2 Herausforderung Denkmalschutz - Bestandsfassade
- 02.3 Möglichkeiten der Verbrauchsreduktion - KG400
- 02.4 Möglichkeiten der Verbrauchsreduktion - Lüftung
- 02.5 Möglichkeiten der Verbrauchsreduktion - Vorschläge für VIKa
- 02.6 Möglichkeiten der Verbrauchsreduktion - Sonstiges
- 02.7 Technische Empfehlungen - Grundlagen
- 02.8 Bedarfsschätzung - Vorgehen
- 02.9 Bedarfsabschätzung - Energiebedarf & Leistung

03 Verfügbare Wärmequellen, Möglichkeiten der Verbrauchsdeckung

04 Anhang

AGENDA

02.1 - MÖGLICHKEITEN DER VERBRAUCHSREDUKTION

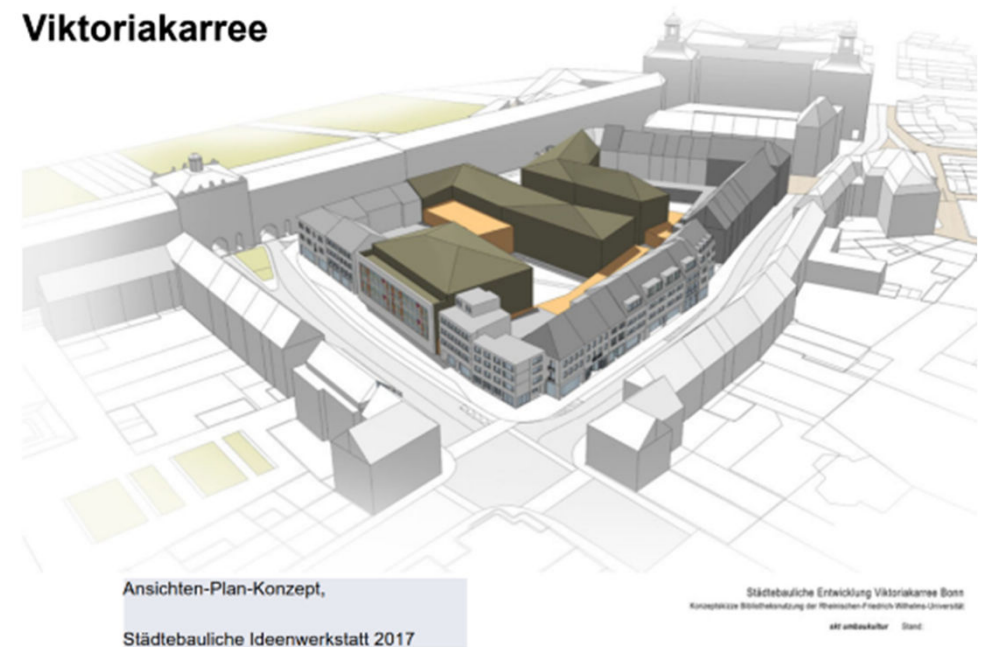
In der KG300

Die Ausrichtung des Gebäudes und das **A/V-Verhältnis** haben einen großen Einfluss auf den Energiebedarf. Die Ausrichtung verändert die **Energieeinträge durch die Sonne** und das Potential durch Photovoltaik. Das A/V-Verhältnis verändert insbesondere den Wärmeübergang aus dem Gebäude und damit den **Heizenergiebedarf im Winter**. Im Viktoriakarree ist die Flexibilität für die Ausrichtung durch den Standort in einer Baulücke eingeschränkt. Jedoch spielt die Ausrichtung, Anordnung sowie Größe der Fenster je nach Konzept und Nutzung eine gewichtige Rolle.

Für die Gestaltung der Fassade ist der relative Anteil **Fenster- zu Grundfläche** und damit die Dimensionierung der Fensterflächen von besonderer Relevanz. Fenster weisen in der Regel einen schlechteren U-Wert auf als opake Bauteile und verursachen dadurch im Winter einen erhöhten Transmissionswärmeverlust – dem stehen jedoch **solare Wärmeeinträge** gegenüber, so dass ein sinnvolles Maß an hochwertigen transparenten Flächen den Energieverbrauch insgesamt senken kann; außerdem kann mit **Tageslicht** auch der Kunstlichtanteil wirkungsvoll reduziert werden, beispielsweise unter Berücksichtigung **tageslichtlenkender Sonnenschutzsysteme**, welche Blendung verhindern und dennoch ausreichend Tageslicht zur Verfügung stellen. Die ideale Fassade ist daher ausreichend **flexibel** und berücksichtigt den **sommerlichen Wärmeschutz** explizit.

Je nach Ausrichtung bieten unterschiedlich gestaltete Fassaden und Glasanteile das Potential, **architektonische Aspekte, Ausblick** und Reduktion des **Kunstlichtbedarfs** einerseits sowie eine **Begrenzung des Heiz- und Kühlbedarfs** andererseits in gleichem Maße zu berücksichtigen.

Viktoriakarree



Quelle: Präsentation_Viktoriakarree_09241

02.2 - HERAUSFORDERUNG DENKMALSCHUTZ

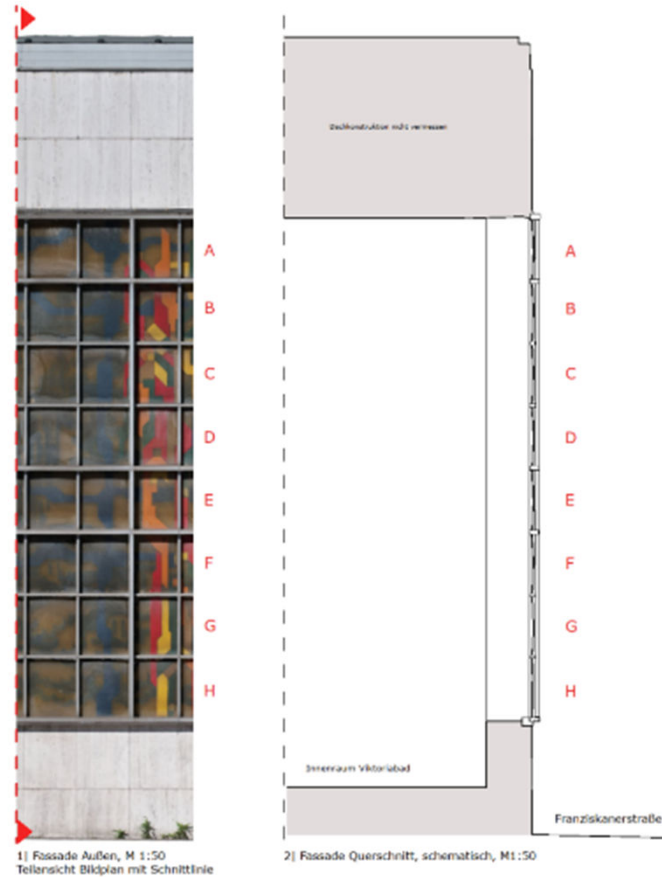
Bestandsfassade

Eine besondere Herausforderung stellt die **denkmalgeschützte Bestandsfassade** dar. Diese erfüllt nicht die aktuellen **energetischen Standards**, darf jedoch baulich nicht in ihrem Erscheinungsbild verändert werden.

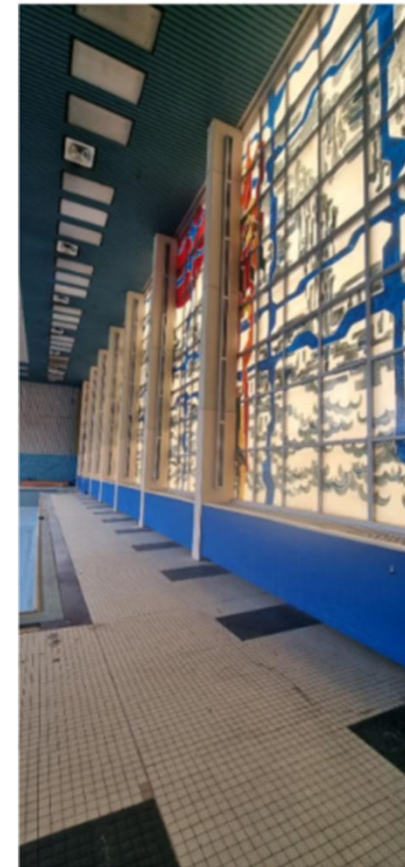
Trotzdem müssen passive Maßnahmen umgesetzt werden, um **Wärmeverluste zu reduzieren**, die Einhaltung des **sommerlichen Wärmeschutzes zu garantieren**, sowie die **Behaglichkeit/ den Komfort** für die Nutzer zu gewährleisten.

Dabei ist zu berücksichtigen, dass durch die Kunstharzfenster der natürliche **Tageslichteinfall reduziert** wird. Das Ziel ist, möglichst viel Tageslicht in das Gebäude zu bringen und gleichzeitig den Einsatz von Kunstlicht zu reduzieren.

Um entsprechende Effizienzziele einzuhalten, sollte eine sinnvolle Lösung gefunden werden, in der die denkmalgeschützte Fassade **nicht in die thermische Hülle integriert ist**.



Quelle: BLB, ag20220712_Bonn_Viktoriabad_Schnitt_Fassadenkonstruktion_compri



Quelle: BLB, Präsentation_Viktoriaarree_09241

02.3 - MÖGLICHKEITEN DER VERBRAUCHSREDUKTION

In der KG400

Mit einem optimierten Gebäudeentwurf hinsichtlich der KG 300 lässt sich der Energiebedarf und die thermische Leistung der Erzeuger reduzieren. Auch in der **Gebäudetechnik** können bereits mit dem Entwurf, zukünftige Energiebedarfe im Betrieb minimiert werden. Eine geeignete Anordnung von Nutzungen kann durch eine möglichst **kurze Kanalnetzstruktur** zu geringen Druck-/ Wärmeverlusten führen und die Effizienz steigern. Dadurch werden Investitionskosten in der KG 400 sowie der Energiebedarf im Betrieb reduziert.

Passive, technische Möglichkeiten sollten mitgedacht werden. Beispielsweise der Einsatz einer adiabaten **Abluftbefeuchtung**, **freie Kühlung** oder **natürliche Nachtlüftung** für den sommerlichen Wärmeschutz.

Regelungstechnisch bestehen verschiedene **Lösungen für die Steigerung der Effizienz**. Beispielsweise kann eine nutzerorientierte Einzelraumregelung, wo sinnvoll, oder nutzungsorientierte Absenkung von nicht genutzten Gebäudebereichen umgesetzt werden.

Im Wettbewerb ist ein logisches und **sinnvolles Zusammenspiel von Technik und Nutzer** gefragt. Dabei sollte ein gesundes Maß an technischer Komplexität das Ziel sein, um unnötige Betriebskosten sowie einen fehleranfälligen Betrieb zu vermeiden.

Um den Energieverbrauch zu reduzieren und gleichzeitig eine hohe Nutzerzufriedenheit und Behaglichkeit zu gewährleisten, sind **innovative Ansätze** zur Integration von **Synergien zwischen Gebäudehülle und Gebäudetechnik** zu wählen.



Quelle: © Hans-Georg Esch, Hennef

02.4 - MÖGLICHKEITEN DER VERBRAUCHSREDUKTION

Besondere Anforderungen an die TGA - Lüftung

- Mit **denkmalgeschützter Fassade** ohne öffnbare Fenster sind Vorgaben an **Luftqualität/ Mindestluftwechsel** in anliegenden Räumen voraussichtlich nicht einzuhalten
- Zudem sollte, je nach Anspruch in der entsprechender Nutzung ab einem Außenlärmpegel von **> 50 dB** lärmsenkende passive Maßnahmen im Bereich der natürlichen Lüftung verfolgt werden – in letzter Konsequenz ist ggf. der Einsatz einer maschinellen Be- und Entlüftung nicht zu vermeiden.
- Eine Lüftungsanlage wirkt sich positiv auf den Wärme-/Kältebedarf aus (Wärmerückgewinnung, passive Nachtauskühlung); mit Fensterlüftung ist das Erreichen von **EG40** i.d.R. äußerst herausfordernd
- Es sollte darauf geachtet werden, dass in allen Arbeitsräumen (der Hauptnutzung) die gleichen Behaglichkeit Kriterien gelten. Sollte dringend vermieden werden hinsichtlich der Raumkonditionierung, Zweiklassengesellschaften aufzubauen.
- Aufgrund des Nutzerwunsches nach Fensterlüftung werden Konzepte positiv bewertet, welche (auch im Sinne des psychologischen Effekts) zusätzliche Fensterlüftung oder eine hybride Lüftung in passenden Gebäudebereichen ermöglichen (z.B. in Übergangszeiten oder bedarfsabhängig gesteuerte RLT)
- Bei dem Einsatz einer Lüftungsanlage wird empfohlen, den Volumenstrom auf den hygienischen Luftwechsel auszulegen



Quelle: <https://www.kampmann.de/hvac/produkte/rlt-geraete/rlt-geraet>

	Fensterlüftung	RLT-Anlage
Luftqualität	Geringer als mit RLT	Hohe Luftqualität
Thermischer Komfort	gering	hoch
Schallschutz	gering	hoch
BNB-Zertifizierung	herausfordernd	positiv
EG40-Standard	sehr herausfordernd	Standard

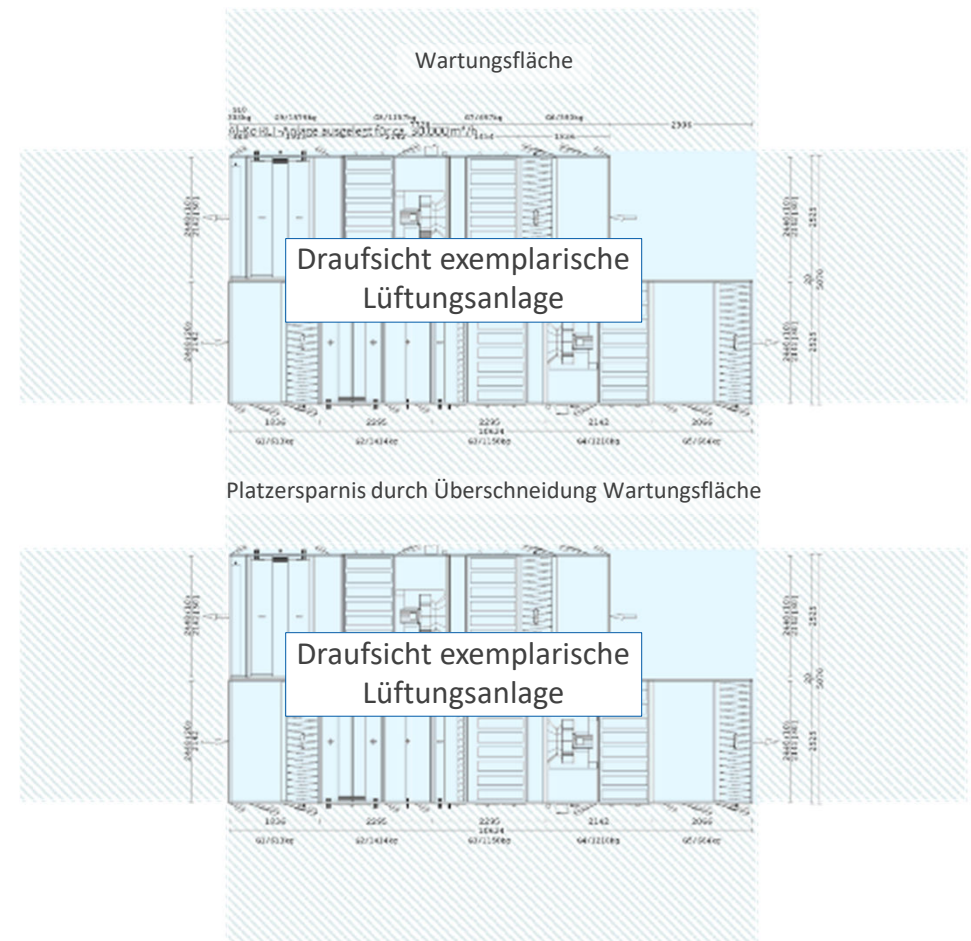
Qualitative Bewertung der Fensterlüftung und RLT-Anlage

EXKURS LÜFTUNGSANLAGE

Flächenbedarf

- Neben der Fläche für die eigentliche Aufstellung der RLT-Anlage, sind Flächen für Wartung und Instandsetzung, sowie Lüftungskanäle vorzuhalten. Die benötigte Höhe der Anlage ist in der Planung der Aufstellfläche zu berücksichtigen. Größere Kanalquerschnitte führen zu geringeren Druckverlusten und reduzieren somit den Strombedarf, nehmen jedoch mehr Platz für Technik in Anspruch
- Auf der rechten Seite ist schematisch der Platzbedarf zweier exemplarischer Lüftungsanlagen inkl. Wartungsfläche (schraffiert) dargestellt. Durch eine Überschneidung von Revisionsflächen, kann die Aufstellfläche deutlich reduziert werden
- Die untenstehende Tabelle stellt die **geometrischen Eigenschaften** und die überschlägig ermittelte **Aufstellfläche inkl. Wartungs- und Instandhaltungsflächen** der benötigten RLT-Anlagen dar
- Diese ist jedoch von vielen Parametern abhängig und kann im Rahmen der Planung deutlich abweichen

Nutzung:	Volumenstrom:	Breite:	Höhe:	Länge:	Aufstellfläche inkl. Wartung und Instandhaltung:
Büro:	ca. 5.100 m ³ /h	ca. 2,1 m	ca. 2,0 m	ca. 10 m	ca. 95 m ²
Bibliothek:	ca. 22.500 m ³ /h	ca. 4,2 m	ca. 4,2 m	ca. 13 m	ca. 185 m ²
Lager:	ca. 2.100 m ³ /h	ca. 1,4 m	ca. 1,4 m	ca. 10 m	ca. 80 m ²
Café:	ca. 1.100 m ³ /h	ca. 1,1 m	ca. 1,2 m	ca. 10 m	ca. 70 m ²
Abluft:	ca. - m ³ /h	ca. - m	ca. - m	ca. - m	ca. - m ²
Gesamt:	ca. 30.800 m ³ /h				ca. 430 m ²
Inkl. Berücksichtigung möglicher Überschneidung von Revisionsflächen					ca. 350 m ²



02.5 - MÖGLICHKEITEN DER VERBRAUCHSREDUKTION

Vorschläge für VIKa

Im Folgenden werden noch einmal einige Vorschläge für die passive Reduktion von Energieverbräuchen im Betrieb zusammengefasst:

- Opake Bauteile über transparenten Bauteilen wie Fenstern vorsehen, um solare Einträge durch die Sonne zu reduzieren
- Flexible, außenliegende und je nach Sonneneinstrahlung geregelte Verschattungen für Reduzierung solarer Einträge. Dabei möglichst hohen Anteil natürliches Tageslicht nutzen
- Tageslichtabhängige Beleuchtungsteuerung, um Strombedarf und innere Wärmelasten zu reduzieren
- Nutzungen ohne bes. Aufenthalts-/ Tageslichtanforderungen (Lager) sollten möglichst geringe Fensterflächen aufweisen
 - In diesen Nutzungen gibt es teilweise besondere Anforderungen an die Luftfeuchte und Temperatur (Lager mit besonderen Anforderungen). Eine Nähe der Räume mit besonderen Anforderungen zur zugehörigen Lüftungsanlage ist sinnvoll.
- Zu berücksichtigen ist, dass die natürliche Belüftung durch die denkmalgeschützte Fassade eingeschränkt ist. Es ist empfehlenswert, hier Nutzungen zu platzieren, für die ohnehin eine mechanische Belüftung vorgesehen ist.
- Dabei sind durch Fenster belüftete Bereiche vornehmlich in Richtung Innenhof oder Franziskanerstraße zu orientieren



02.6 - MÖGLICHKEITEN DER VERBRAUCHSREDUKTION

Sonstiges

Neben den energetischen Themen sind weitere Faktoren in der Planung zu berücksichtigen:

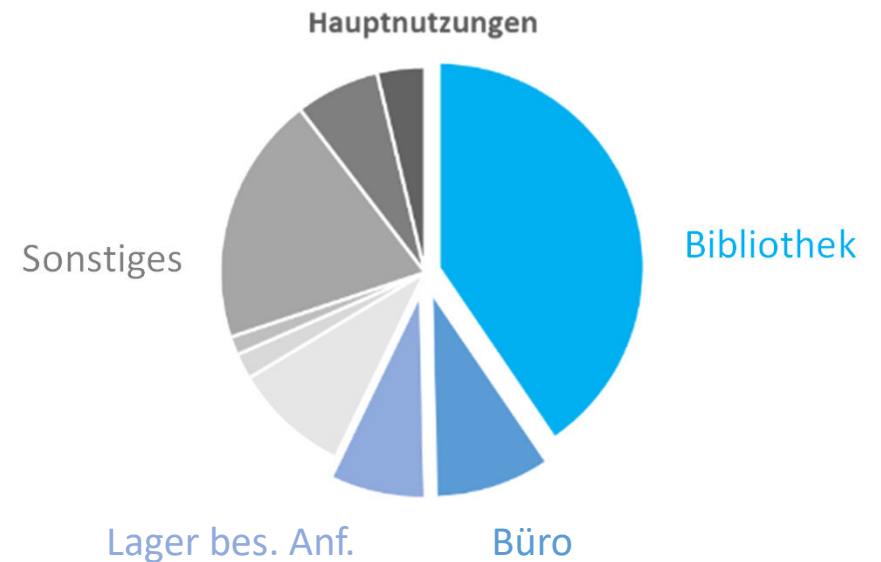
- Möglichst geringer Einsatz der Luft-Wasser-WP, um Schallemissionen zu begrenzen
- Dafür: Anteil der Grundwasser-/ Geothermiewärmepumpen im Heiz- und im Kühlfall erhöhen. Besser: Wärme- und Kältebedarfe senken, um dadurch Einsatz der Luft-Wasser-WP zu reduzieren
- Platzbedarf für technische Anlagen berücksichtigen (bspw. Pufferspeicher Kälte oder Eisspeicher vorsehen). Zudem ist eine sinnvolle Verortung der Technikflächen zu berücksichtigen, beispielsweise Einhaltung des Abstandes von Saug- und Schluckbrunnen
- Technische Anlagen, die im Außenbereich aufgestellt werden verändern das Erscheinungsbild des Gebäudes. Es sind Lösungen zu finden, die die technischen Anlagen sinnvoll in den Entwurf integrieren, um die Ästhetik des Entwurfs nicht negativ zu beeinflussen und dabei die technische Effizienz nicht beeinträchtigen.



02.7 - TECHNISCHE EMPFEHLUNGEN

Grundlagen

- Für den Wettbewerb ist die Flächenaufschlüsselung gemäß Raumliste anzunehmen. Die Verteilung der Flächen ist im Kuchendiagramm dargestellt. Besonders zu berücksichtigen sind dabei die Flächen, die erhöhte Anforderungen an die Behaglichkeit aufweisen. Diese sind im Kuchendiagramm farblich gekennzeichnet
- In anliegenden Räumen der denkmalgeschützter Fassade ohne öffnbare Fenster sind Vorgaben an Luftqualität/ Mindestluftwechsel voraussichtlich nicht einzuhalten.
- Eine Lüftungsanlage wirkt sich positiv auf die Energiebilanz aus (Wärmerückgewinnung, Nachtkühlung)
- Mit Fensterlüftung ist das Erreichen von EG40 i.d.R. äußerst herausfordernd.
- Es sollte darauf geachtet werden, dass in allen Arbeitsräumen (der Hauptnutzung) die gleichen Behaglichkeit Kriterien gelten. Sollte dringend vermieden werden hinsichtlich der Raumkonditionierung, Zweiklassengesellschaften aufzubauen.
- Es bestehen Normen für die Konditionierung von Bibliotheken und Archiven. Insbesondere die DIN 67700 und die DIN ISO 11799
- Diese sind im wesentlichen für **besonders erhaltenswerte Bücher** umzusetzen
- Gemäß Raumliste haben ca. 45 % der Lagerfläche erhöhte Anforderungen
- Gemäß Norm sollte die Temperatur in Räumen mit besonders erhaltenswerten Werken **21°C** sowie eine Luftfeuchtigkeit von **55 %** nicht überschreiten. Die Empfehlung von Drees&Sommer lautet in diesem Fall, eine maximale relative Luftfeuchte von 65 % nicht zu überschreiten, um einerseits die Werke zu schützen und gleichzeitig den Energiebedarf zu begrenzen (in Planung zu verifizieren)
- Die angesetzten Raumklimadaten dienen nur der Auslegung der Energieversorgung und sind nicht als Raumanforderungen anzunehmen



Anforderungen	Empfehlung DIN 67700 für besonders erhaltenswerte Werke	Empfehlung Drees & Sommer für Viktoriakarree
Temperatur	< 21°C	Bibliothek: 21 (Heizfall) – 26 °C (Kühlfall) für Nutzerkomfort
		Lager: Umsetzung DIN 67700, max. 21°C für ca. 50 % der Fläche, Rest wie Bibliothek
Luftfeuchtigkeit	30 – 55 %	Bibliothek: Entsprechend Nutzerkomfort max. 65 %
		Lager: Luftfeuchte max. 65 %, um Werke zu schützen und Energiebedarf zu begrenzen (in Planung zu verifizieren). Für ca. 50 % der Fläche

2.8 - BEDARFSSCHÄTZUNG

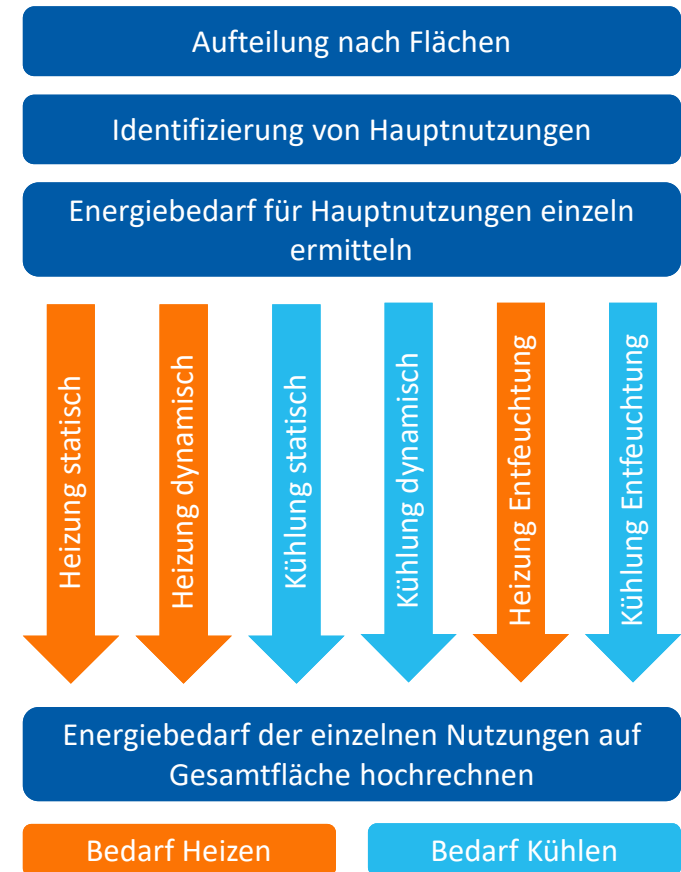
Vorgehen

Die Art der Konditionierung hat einen erheblichen Einfluss auf den Heiz- und Kühlenergiebedarf. Insbesondere die Entfeuchtung bringt einen hohen Kältebedarf mit sich.

Vorschläge für die Konditionierung der verschiedenen Nutzungen sind der unten aufgeführten Tabelle zu entnehmen. Hierbei handelt es sich nicht um Vorgaben des Bauherrn. Im Rahmen des Wettbewerbs soll die notwendige Behaglichkeit und Nutzerqualität bei einem möglichst geringen Energiebedarf zu gewährleisten.

Nutzung	Fläche ca. [m²]	Heizen min. [°C]	Kühlen max. [°C]	Lüftungs- system	Be-/ Ent- feuchten	rel. Luft- feuchte [%]	Luftqualität max. [ppm]	Wärmeüber- tragersystem
Bibliothek	4.500	21	26	RLT	Nein (Rotor- Wü)/ Ja	max. 65 %	1.000	Flächenheizung
Büro	1.020	21	26	RLT	Nein/ Nein	max. 65 %	1.000	Flächenheizung
Lager mit besonderen Anforderungen	840	18	21	RLT	Ja/ Ja	30-65 %	1.400	Flächenheizung
Lager ohne besondere Anforderungen	1.030	18	-	Fenster	-	-	-	Flächenheizung
Gastronomie (Café)	220	21	26	RLT	-	-	-	Flächenheizung
Sanitär	160	21	-	RLT	-	-	-	Flächenheizung
Verkehrsfläche	2.200	21	-	Fenster	-	-	-	Heizkörper
Technik	740	-	-	Fenster	-	-	-	-
Fahrradraum	420	-	-	Fenster	-	-	-	-

Sonstige Flächen



2.9 - BEDARFSSCHÄTZUNG

Energiebedarf & Leistung

Energiebedarf

Nutzung	Summe spez. Wärmebedarf [kWh/m²a]	Summe spez. Kältebedarf [kWh/m²a]	Fläche (BGF = 12.500 m²) [m²]	Gesamtenergiebedarf Wärme [kWh/a]	Gesamtenergiebedarf Kälte [kWh/a]
Büro	48,00 kWh/m²a	40,00 kWh/m²a	1.020,00 m²	48.960 kWh/a	40.800 kWh/a
Bibliothek	54,00 kWh/m²a	45,00 kWh/m²a	4.500,00 m²	243.000 kWh/a	202.500 kWh/a
Lager (bes. Anf.)	36,00 kWh/m²a	14,00 kWh/m²a	840,00 m²	30.240 kWh/a	11.760 kWh/a
Sonstiges (beheizt)	35,00 kWh/m²a	10,00 kWh/m²a	4.767,00 m²	168.333 kWh/a	47.670 kWh/a
BGF: 12.500 m²			Summe	490.533 kWh/a	302.730 kWh/a
			Geschätzter spez. Energiebedarf VIKA	35 - 45 kWh/m²a	20 - 30 kWh/m²a

Leistungsbedarf

Nutzung	Summe spez. Wärmeleistung [W/m²]	Summe spez. Kälteleistung [W/m²]	Fläche [m²]	Gesamtleistung Wärme [W]	Gesamtleistung Kälte [W]
Büro	41 W/m²	63 W/m²	1.020 m²	41.820 W	64.260 W
Bibliothek	41 W/m²	89 W/m²	4.500 m²	184.500 W	400.500 W
Lager (bes. Anf.)	21 W/m²	51 W/m²	840 m²	17.640 W	42.840 W
Sonstiges (beheizt)	22 W/m²	4 W/m²	4.767 m²	104.874 W	19.068 W
			Summe*	348.834 W	526.668 W
			Geschätzte spez. Leistung VIKA	28 W/m²	42 W/m²

Schätzung thermische Energie:

Energie-/Leistungsbedarf bei **12.500 m²** Bezugsfläche:

- Heizen, Bedarf:
ca. **45 kWh/m²a** → ca. **550.000 kWh/a**
- - Heizen, Leistung:
ca. **28 W/m²** → ca. **350 kW**
- - Kühlen, Bedarf:
ca. **25 kWh/m²a** → ca. **305.000 kWh/a**
- - Kühlen, Leistung:
ca. **42 W/m²** → ca. **525 kW**

*Gesamtenergiebedarf abhängig von Architekturkonzept. Ergebnis stellt **die obere Grenze des Nutzenergiebedarfs** dar und basiert auf internen tools von Drees & Sommer. Die Nutzenergiebedarfe müssen in der Planung verifiziert werden. In der Planung sind insbesondere die Leistungskennwerte über ein sinnvolles Energiedesign (über die klassische Heiz- und Kühllastberechnung hinaus) sinnvoll zu begrenzen (mögliche Pufferspeicher, Gleichzeitigkeitsfaktoren, ...)

DREES & SOMMER

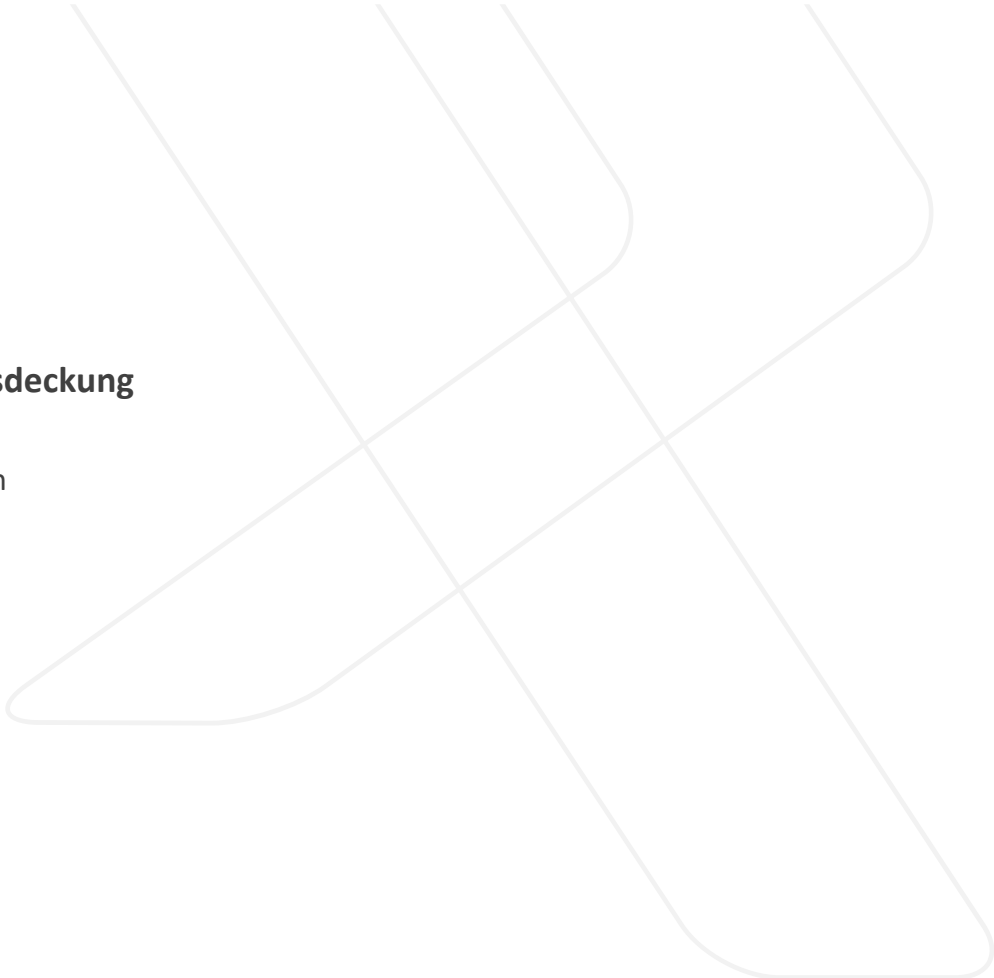
01 Projektspezifische Randbedingungen und Zielsetzung

02 Verbrauchsreduktion durch passive Maßnahmen

03 Verfügbare Wärmequellen, Möglichkeiten der Verbrauchsdeckung

- 03.1 Verbrauchsdeckung - Zusammenspiel von Anlagen
- 03.2 Verbrauchsdeckung - Kommunale Wärmeplanung Stadt Bonn
- 03.3 Fernwärme - Kommunale Wärmeplanung Stadt Bonn
- 03.4 Biomasse - Holzhackschnitzel und Pellets
- 03.5 Wärmequellen/ -Senken
 - 03.5.1 Geothermiepotalential
 - 03.5.2 Geothermie Verfügbarkeit - Erdwärmesonden
 - 03.5.3 Geothermie Verfügbarkeit - Erdwärmesonden
 - 03.5.4 Abwasserwärme
 - 03.5.5 Flusswasserwärme
- 03.6 Wasserstoff
- 03.7 Potential Sonnenernergie
 - 03.7.1 Möglicher Stromertrag durch Photovoltaik
 - 03.7.2 Solarthermie
- 03.8 Zusammenfassung Wärmequellen am Standort
- 03.9 Zusammenfassung Wärmepumpentechnologien

04 Anhang



AGENDA

03.1 - VERBRAUCHSDECKUNG

Zusammenspiel von Anlagen

Es ist zu beachten, dass nicht alle verfügbaren Wärme-/ Kältequellen für sich allein genommen ausreichend sind, um den Leistungs- und Energiebedarf für das Gebäude komplett zu decken. In aller Regel ist zwischen Grundlast- und Spitzenlast-geeigneten System zu unterscheiden.

Zudem ist die Auswahl der Komponenten des Konzeptes so zu wählen, dass diese zueinander passen und möglichst effizient arbeiten. Der Einsatz von Kompressionskälte und Wärmepumpen ist beispielsweise am sinnvollsten, wenn die thermische Energie möglichst gebäudenah bezogen und die elektrische Energie möglichst gebäudenah sowie erneuerbar erzeugt wird. Als Schluss daraus lässt sich ziehen, dass Kompressionskälte und Wärmepumpen möglichst mit Strom aus Photovoltaik zu betreiben sind.

Bestimmte Wärme- und Kälteerzeuger bieten sich besonders in Kombination mit bestimmten Wärmeüberträgern an. Das liegt besonders an den Anforderungen an die Vorlauftemperatur.

Beispielsweise arbeiten Wärmepumpen im Heizbetrieb bei niedrigen Vorlauftemperaturen effizienter. Für niedrige Vorlauftemperaturen sind, für die ausreichende Übertragung der Wärme an den Raum, Flächenwärmeübertrager einzusetzen. Die Lüftung sollte nur in solchen Räumen einen relevanten Anteil an der Konditionierung übernehmen, in denen der Konditionierungsbedarf ausreichend gering ist. Eine Erhöhung von Luftmengen alleine aus Gründen der Raumkonditionierung soll vermieden werden. Beim Einsatz von Fernwärme können höhere Temperaturen realisiert und andere Wärmeübertrager gewählt werden.



Quelle: <https://2-g.com/downloads/de/Media%20%26%20Downloads/afilia%20-2G%20W%C3%A4rmepumpen.pdf>



Quelle: <https://www.flaechenheizung.de/wp-content/uploads/2022/08/Thermische-Behaglichkeit-im-Raum.jpg>

Quelle: https://www.flaechenheizung.de/wp-content/uploads/2022/08/Thermische-Behaglichkeit-im-Raum_Heizfall.jpg

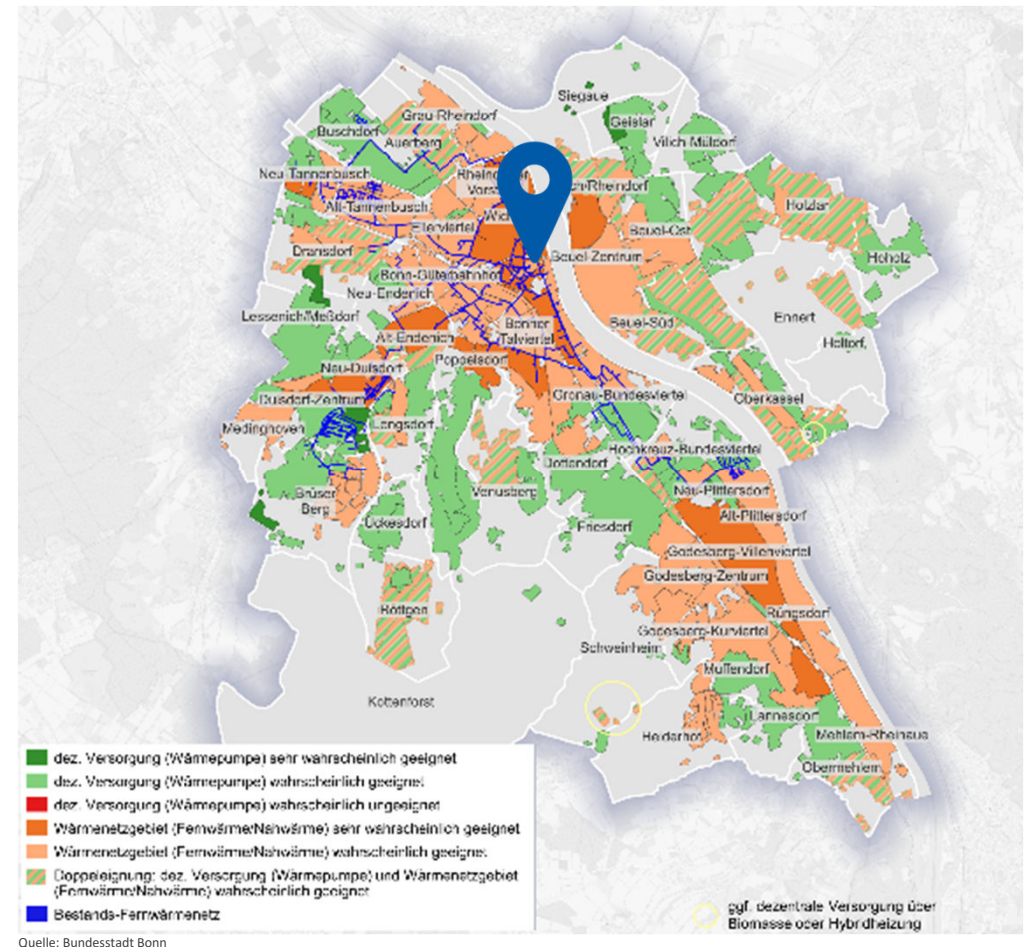
03.2 - VERBRAUCHSDECKUNG

Kommunale Wärmeplanung Stadt Bonn

Die kommunale Wärmeplanung der Stadt Bonn ist noch nicht abgeschlossen, auch seitens der Stadt Bonn sind jedoch die folgenden Informationen und Empfehlungen veröffentlicht:

- Die Stadt Bonn muss als Großstadt bis zum 30.06.2026 die kommunale Wärmeplanung vorlegen
 - Der Plan der Stadtverwaltung ist jedoch, diese Planung Anfang 2025 zu veröffentlichen
 - Es ist zu erwarten, dass sich daraus die Entwicklung der Fernwärme in Bezug auf Energieträger und Nachhaltigkeit ableiten lässt
- Im Juni 2024 dominieren in Bonn die Energieträger Gas und Öl, am Projektstandort liegt zudem ein erhöhter Fernwärmebezug vor (Anmerkung Drees&Sommer: Status Quo-Beschreibung, nicht Empfehlung)
- Bisher ist davon auszugehen, dass die Fernwärme nicht nachhaltig oder „grün“ produziert wird
- Die Stadt Bonn wirbt am Standort im Rahmen der Wärmeplanung für eine zentrale Versorgung (Fernwärme) und bescheinigt der dezentralen Versorgung (z.B. Wärmepumpe) wahrscheinlich ungeeignet zu sein (siehe Bild rechts)
- Je nach Gebäudenutzung, Energiekonzept und **Wärmepumpentechnologie**, ist eine dezentrale Versorgung **durchaus sinnvoll**

→ **Fazit Drees & Sommer: ein Verzicht auf Fernwärme würden Zielen oder Vorgaben der Stadt Bonn nicht widersprechen**



03.3 - FERNWÄRME

Kommunale Wärmeplanung Stadt Bonn

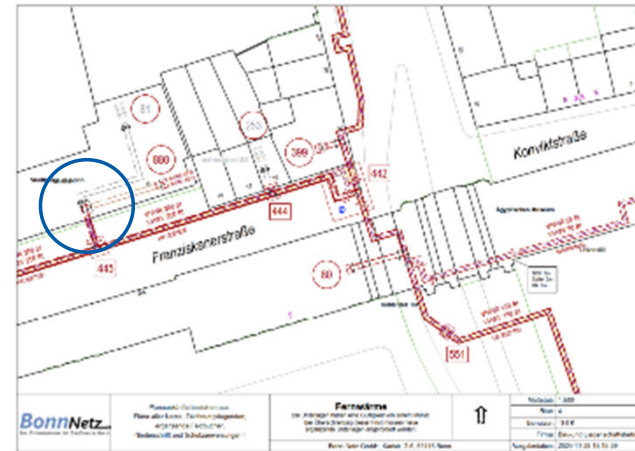
- Am Baugrundstück am Belderberg liegt Fernwärme der Stadtwerke Bonn an
 - Gemäß der Stadtwerke-Bonn verfügt die Fernwärme in Bonn über einen Primärenergiefaktor von 0,25 und über ein CO₂-Äquivalent von 0 g/kWh. Nach der Berechnung mit der finnischen Methode 156,2 g/kWh.
 - Die Fernwärmebereitstellung erfolgt gemäß der SWB zu 50,7 % aus erneuerbaren Energien
- ➔ **Gemäß der Strategie der Stadtwerke Bonn (SWB) ist das Ziel, bis 2035 klimaneutral zu sein und die benötigte Energie für Wärme, Kälte und Warmwasser durch Erneuerbare Energien bereitzustellen. Die Erreichung des Ziels ist jedoch an von den SWB nicht beeinflussbare Bedingungen geknüpft.**
- Wegen dieser Einschränkung ist unklar, ab wann von einer wirklich nachhaltigen, bzw. klimaneutralen Fernwärme ausgegangen werden kann

Vorteile

- Geringer Platzbedarf, da nur Übergabestation
- minimale Wartung, aktuell gute Bewertung im GEG

Nachteile

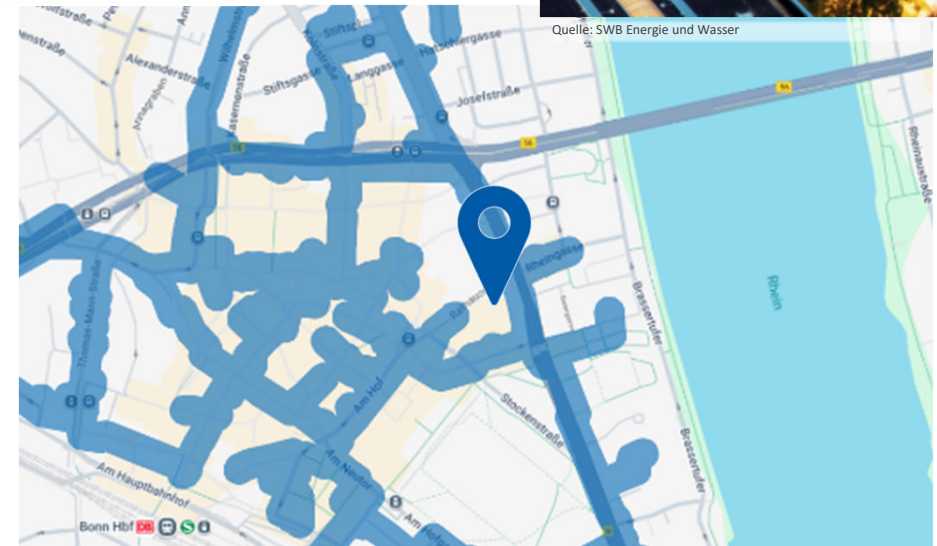
- Abhängigkeit vom Versorger (wirtschaftlich und bzgl. Klimaneutralität)
- Noch basierend auf fossilen Energieträgern, Tempo der Umstellung unklar
- Kühlung müsste über weitere technische Anlage (Kälteerzeuger) bereitgestellt werden



Quelle: Bonn-Netz GmbH, Fernwärmeanschluss



Quelle: SWB Energie und Wasser



Quelle: Energie- und Wasserversorgung Bonn/Rhein-Sieg GmbH

03.4 - BIOMASSE

Holzhackschnitzel und Pellets

- Biomasse kann eine brauchbare und im Sinne des Umweltschutzes nachhaltige Energiequelle sein. Dafür sollte diese aus landeseigener Forstwirtschaft mit kurzen Transportwegen lieferbar sein
- Biomasse kann in einem Brennwertgerät verbrannt oder effizient durch eine Kraft-Wärme-Kopplung verwertet werden
- Dabei wird gleichzeitig Strom und Wärme erzeugt
- Im Rahmen der CO₂-Bewertung sowie der Bewertung der Primärenergie im Gebäudeenergiegesetz ist Biomasse positiv dargestellt
- Bei der Verbrennung von Biomasse wird jedoch innerstädtisch Feinstaub emittiert sowie bei der Vergasung weitere, mitunter giftige Stoffe wie z.B. Benzol, die im Allgemeinen unter dem Sammelbegriff „Holzteer“ zusammengefasst werden
- Es ist Fläche für die Lagerung vorzuhalten sowie eine gute Zugänglichkeit für eine Anlieferung mit dem LKW zu berücksichtigen
- Als Brennwertkessel für Spitzenlastsystem denkbar

Holzpellets



Quelle: <https://burkhardt-gruppe.de/de/energietechnik/kwk-mit-holz/brennstoff/energie-aus-holz/>

Holz-Hackschnitzel



Quelle: <https://burkhardt-gruppe.de/de/energietechnik/kwk-mit-holz/brennstoff/energie-aus-holz/>

Vorteile

- Gleichzeitige Erzeugung erneuerbaren Stroms (KWK)
- CO₂-technisch positiv bewertet

Nachteile

- Innerstädtische Verbrennung und Feinstaub-Emissionen
- Platzbedarf für Lagerung der Biomasse
- Möglichkeit für Anlieferverkehr muss geschaffen werden

03.5 - WÄRMEQUELLEN/-SENKEN

Nutzung durch Wärmepumpentechnik

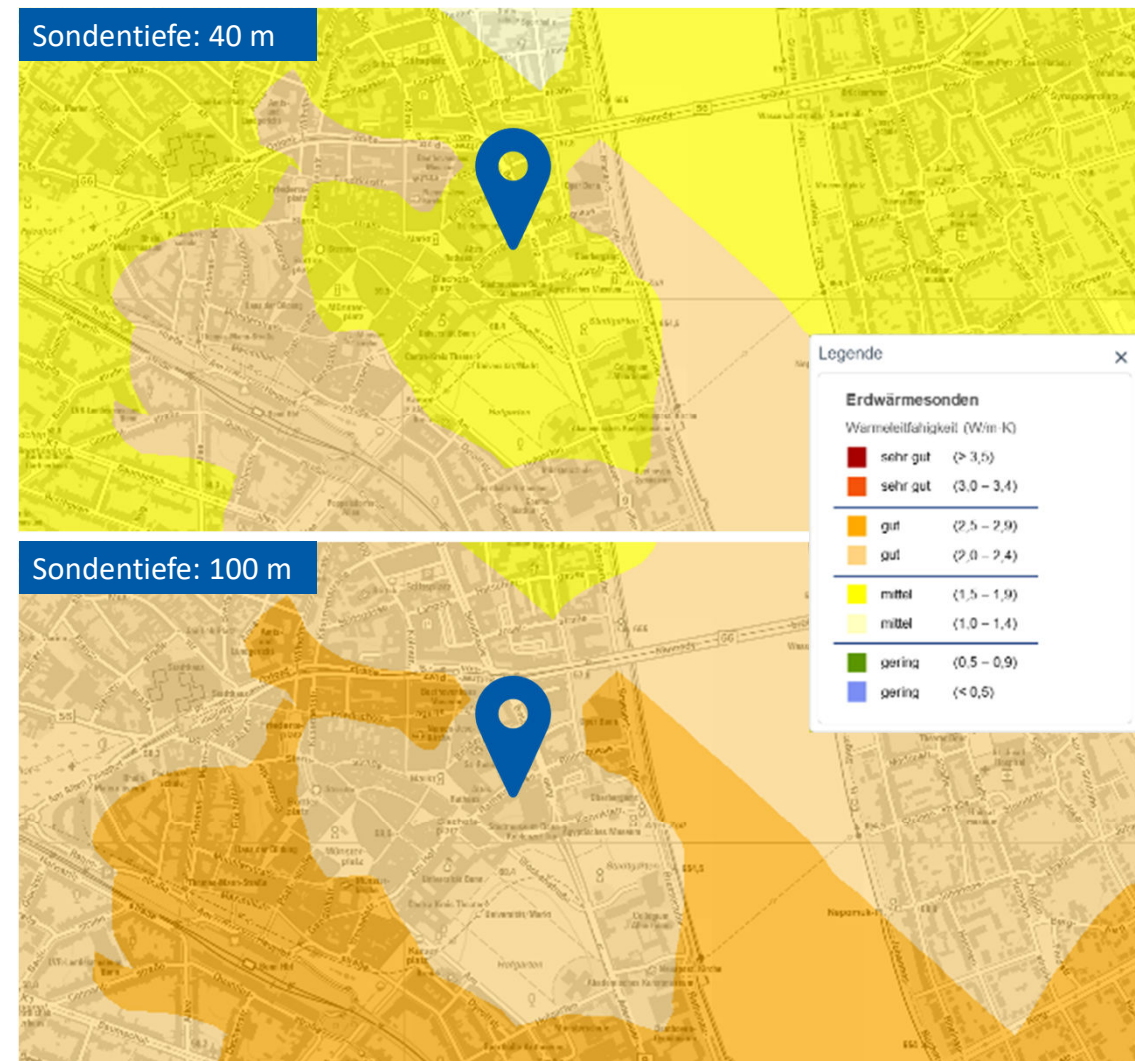
Die folgenden Seiten zeigen verschiedene lokale, regenerative Wärmequellen, welche zur Nutzung mittels Wärmepumpe herangezogen werden können.

- Für den Projektstandort Viktoriakarree kommen die folgenden Wärmequellen/-senken in Frage:
 - die Geothermie (Erdsonden)
 - der Saug- und Schluckbrunnen
 - die Fundamentaktivierung
 - der Abwasserkanal
 - die Nutzung von Eisspeichern (Nicht als direkte Wärmequelle/-senke, sondern als Puffer)
 - die Außenluft
 - das Flusswasser
- Die Nutzung der Wärmequellen/-senken erfolgt stets mittels Wärmepumpe, um das entsprechende Temperaturniveau zu erreichen.

Eine kombinierte Nutzung verschiedener Energiequellen ist möglich, wobei gleichzeitig die Komplexität des Systems begrenzt werden sollte.

03.5.1 - GEOTHERMISCHES POTENTIAL Erdwärmesonden

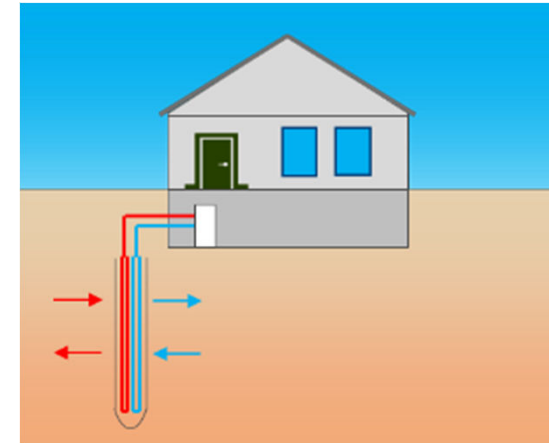
- Bei der geothermischen Nutzung wird dem Boden Energie (=Wärme) entzogen oder zugeführt und mittels (reversibler) Wärmepumpe im Gebäude zum Heizen oder Kühlen nutzbar gemacht
- Am Standort Viktoriakarree nimmt die Wärmeleitfähigkeit des Bodens mit steigender Tiefe zu. Während der Boden n einer Tiefe von 40 m noch mit „mittel“ bewertet ist und bei 2,0 – 2,4 W/m*K liegt, verfügt er in einer Tiefe von 100 m bei einer Wärmeleitfähigkeit von 2,0 – 2,4 W/m*K und „gut“ bewertet. Daraus lässt sich die Eignung für die geothermische Nutzung ableiten
- Zum Wärmetausch mit dem Untergrund kommen in Frage:
 - Erdwärmesonden
 - Fundamentaktivierungen (Rohrleitungen in Bodenplatte oder Bohrpfählen)
 - Brunnenanlagen
- Bei gleichzeitiger Nutzung verschiedener geothermischer Nutzungen kommt es zu Wechselwirkungen



03.5.2 - GEOTHERMISCHE VERFÜGBARKEIT

Erdwärmesonden

- Es gibt seitens der Unteren Wasserbehörde keine Ausschlussgründe für eine Umsetzung von Erdwärmesonden
- In der realisierbaren Sondentiefe sind keine Einschränkungen gegeben
- Der Mindest-Sondenabstand untereinander sollte bei mindestens ca. 8-10 m liegen
- Das Wärmegleichgewicht des Bodens muss durch ein ausgeglichenes Verhältnis von Wärme- bzw. Kälteentzug erhalten werden
- Ideal ist die Durchführung von Bohrungen auf Freiflächen
- Sollte der Keller bestehen bleiben, ist die Durchführung von Bohrungen nur mit erhöhtem technischem Aufwand möglich. Es kann Beschädigungen in der bestehenden Gebäudestruktur zur Folge haben
- Um den gesamten Wärme-/ Kältebedarf zu decken, ist voraussichtlich ein erhöhter Aufwand (tiefe Bohrungen) oder die Durchführung von Bohrungen unter dem Gebäude notwendig
- Für die Ertragsermittlung wurde eine überschlägige Potentialstudie durchgeführt. Demnach ergibt sich mit einer angenommenen Fläche von 2.000 m² eine durch das Erdreich zur Verfügung stehende Wärmeenergie von ca. 175 MWh/a



Erdsonden, schematische Darstellung

Vorteile

- Geothermie
- Konstante Bodentemperatur
- Freies Kühlen

Nachteile

- Wärmegleichgewicht im Boden muss erhalten bleiben
- Geringe Fläche für Bohrungen verfügbar

03.5.3 - GEOTHERMISCHE VERFÜGBARKEIT

Grundwassernutzung mit Saug- und Schluckbrunnen

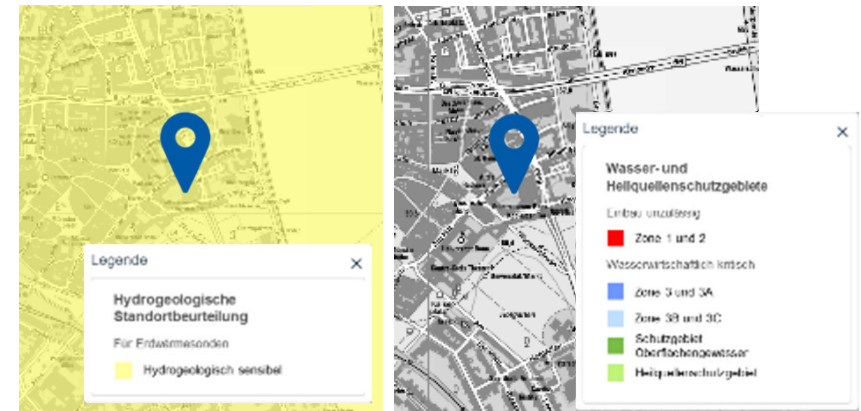
- Gemäß Geol. Dienst besteht eine erhöhte Fließgeschwindigkeit des Grundwassers am Projektstandort
- Der Standort befindet sich nicht im Wasser- und Heilquellenschutzgebiet, jedoch gilt der Standort als „Hydrologisch sensibel“. Grundsätzlich kann dennoch eine Grundwassernutzung realisiert, bzw. von der Genehmigungsfähigkeit ausgegangen werden
- Mögliche Standorte für die Bohrungen sind rechts ersichtlich. Für einen Standort des Saugbrunnens auf städtischem Grundstück ist eine Genehmigung der Stadt Bonn einzuholen
- Es sind Technikflächen vorzusehen und eine Zugänglichkeit zu Wartungszwecken zu ermöglichen, bestenfalls außerhalb der Gebäudehülle.
- Entnahmetrichter sind zu verhindern → Abstand von Saug- und Schluckbrunnen berücksichtigen
- Das Ingenieurgeologische Büro Bohné hat eine Untersuchung des Brunnens durchgeführt die darauf schließen lässt, dass die gesamte Wärme- und Kälteversorgung durch eine Brunnenanlage realisiert werden kann. (Ein Saug- zwei Schluckbrunnen)
- Da eine Brunnenanlage ein offenes System darstellt, ist die Einhaltung des Wärmegleichgewichts gemäß Fa. Bohné weniger problematisch, wie z.B. bei einem Erdsondenfeld
- Eine Freikühlung über das System stellt i.d.R. die kostengünstigste und wirtschaftlichste Methode dar, um ein Gebäude zu kühlen

Vorteile

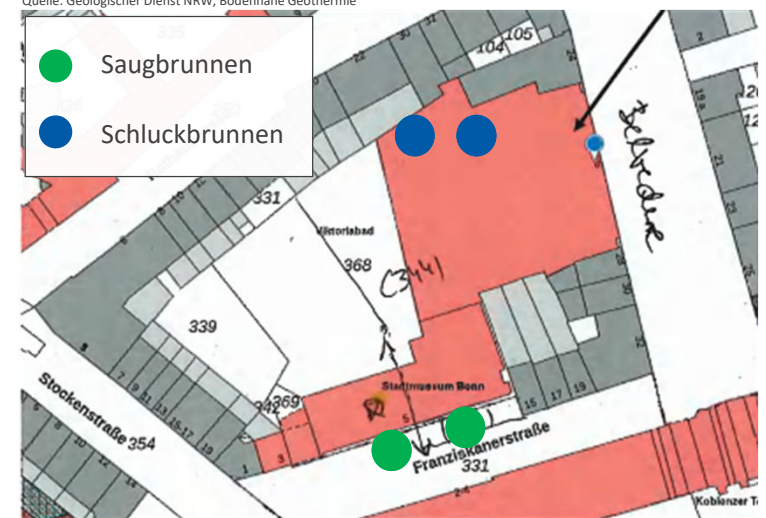
- Grundwasser oberflächennah verfügbar
- Konstante Grundwassertemperatur
- Freies Kühlen (mindestens teilweise)

Nachteile

- Zugänglichkeit für Wartungszwecke ist im Entwurf zu berücksichtigen
- Abstand Saug- und Schluckbrunnen muss gewährleistet werden



Quelle: Geologischer Dienst NRW, Bodennahe Geothermie

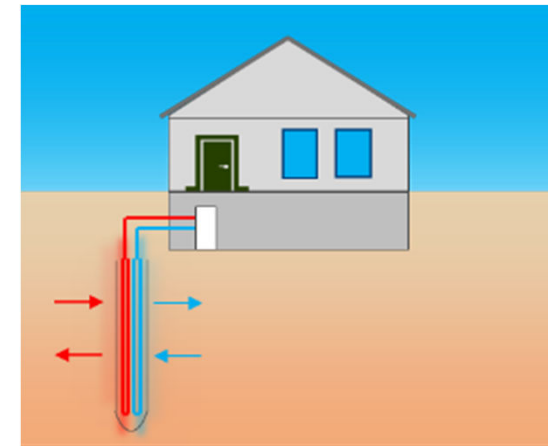


Quelle: BLB, Lageplan Projektgrundstück

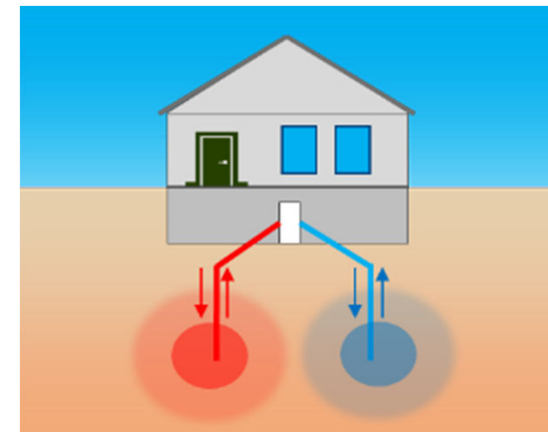
EXKURS ERDSONDEN & GRUNDWASSER

Gegenüberstellung

- Auf der rechten Seite sind die Technologien der Nutzung von Erdwärmesonden sowie Grundwasser in schematischen Darstellungen abgebildet
- Grundsätzlich sind beide Systeme effizient, wobei sich das Grundwasser-System im Heiz- sowie Kühlfall effizienter darstellt
- Bei beiden Systemen ist freie Kühlung (ohne aktiven Einsatz der Wärmepumpe) möglich
- Bei Geothermie-Sonden handelt es sich um ein geschlossenes, bei Grundwasser um ein offenes System
 - Der große Vorteil des offenen Systems ist, dass der Wärmehaushalt des Bodens nicht so stark beeinflusst wird und so ein größeres Missverhältnis zwischen Wärme- und Kälteentzug möglich ist
 - Dadurch ist im Sommer bei der Nutzung von Grundwasser mehr (freie) Kühlung möglich, sodass die Gesamteffizienz des Systems zunimmt und ein geringerer Anteil der Kühlung durch die Luft-Wasser-Wärmepumpe gedeckt wird.
- Für die Erschließung der Erdwärme sind für Erdsonden deutlich mehr Bohrungen erforderlich als bei der Erschließung von Grundwasser. Das führt zu erhöhten Investitionskosten



Erdsonden, schematische Darstellung



Grundwassernutzung, schematische Darstellung

03.5.4 - GEOTHERMISCHE VERFÜGBARKEIT

Thermische Aktivierung Fundament

▪ Potenzial am Projektstandort:

- Die Erneuerung des Fundaments/ des Kellers ist in Klärung. Sollte der Keller des Bestandsbaus erhalten bleiben, besteht ein erhöhter Aufwand für die Aktivierung des Fundaments, sowie die Gefahr von Beschädigungen bestehender Strukturen
- Für die Aktivierung der Fundamentgründung sind ca. 13-18 W/m² an umsetzbarer Heiz- bzw. Kühlleistung zu erwarten
- Der Gesamtertrag ist abhängig von der Fläche des Fundaments, hierfür kann die Fläche des neuen Fundaments angenommen werden
- Es wird davon ausgegangen, dass eine Fundamentaktivierung als alleinige Wärmequelle nicht ausreichend ist
- Das Wärmegleichgewicht des Bodens muss durch ein ausgeglichenes Verhältnis von Wärme- bzw. Kälteentzug erhalten werden

▪ Vorteile

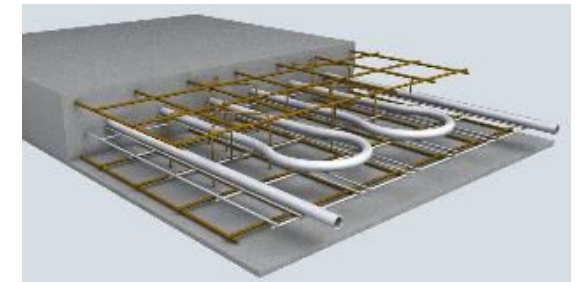
- Keine zusätzlichen Bohrungen erforderlich

▪ Nachteile

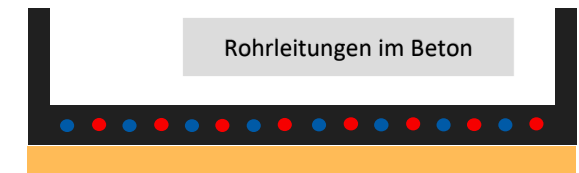
- Nicht so effizient wie Erdwärmesonden
- Begrenzte Entzugsleistung



Schematische Darstellung der Aktivierung der Pfahlgründung
Quelle: <https://www.baulinks.de/webplugin/2012/0556.php4>



Detaildarstellung Bodenplatte, Quelle: <https://www.uponor.com/de-de/produkte/deckeninstallation/contec-betonkernaktivierung>



Rohrleitungen im Beton

Wärmeaustausch
Bodenplatte <-> Erdreich

Schematische Darstellung der Aktivierung der Bodenplatte

03.5.5 - POTENZIAL LUFT-WASSER-WÄRMEPUMPE

Nutzung der Außenluft

Gegenüber anderen Wärmepumpen ist zusätzlicher Platzbedarf, auf dem Dach oder in einem Technikgeschoss, für das Aufstellen der Geräte inklusive Abstandsflächen für eine freie Luftansaugung einzuplanen. Bei der Montage auf dem Dach geht Platz für Photovoltaik verloren. Auch aufgrund der bestehenden Kellergröße sowie aus ästhetischen Gründen ist eine Platzierung im Kellergeschoss der auf dem Dach vorzuziehen.

Die Wärmepumpe ist in die Architektur einzugliedern, gleichzeitig muss freie Luftzufuhr bei geringer Entfernung gewährleistet sein. Deckung des gesamten Bedarfs über Luftwärmepumpen häufig schwierig oder nicht wirtschaftlich. Unter Berücksichtigung dieser Faktoren theoretisch keine Begrenzung der Leistung.

Vorteile

- Keine Sondenbohrung oder weitere Bauarbeiten erforderlich
- Günstiger in der Herstellung

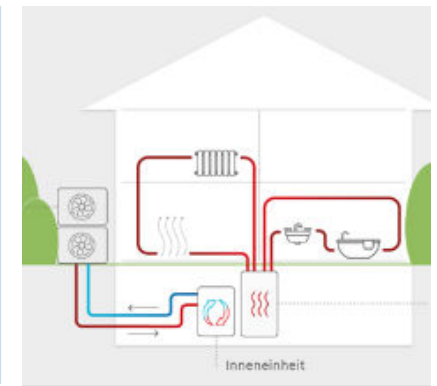
Nachteile

- Vergleichsweise schlechte Effizienz bei kalten Außentemperaturen
 - Geringe Jahresarbeitszahl → geringere Effizienz gegenüber einer Aktivierung des Fundaments, Grundwassernutzung oder Erdsonden, daher Einhaltung energetischer Ziele schwieriger
- Schalldruckpegel 60-65 dB (entspricht ca. einer normalen Gesprächslautstärke); bei Aufstellung zu beachten
- Kühlen möglich, aber weniger effizient als über das Erdreich/Grundwasser. Prinzip im Kühlfall entspricht einer klassischen Kältemaschine

Platzbedarf bei ca.
500 kW:*

L. ca. 7 m
B. ca. 2,5 m
H. ca. 2,6 m

Abstandsflächen
ca. 3 m



*Die Größe der Anlage ist von verschiedenen Faktoren, u. a. dem Modell und Hersteller abhängig und ist in der Planung zu verifizieren

Luft-Wasser-Wärmepumpe, Quelle: <https://www.bosch-homecomfort.com/de/de/wohngebaude/wissen/heizungsratgeber/waermepumpe/split-waermepumpe/>,



Quelle: Green Roggenkamp, Luft-Wasser-Wärmepumpe

03.5.6 - POTENZIAL EISSPEICHER

Saisonal oder Lastverschiebung

Wirkweise saisonal: Der Eisspeicher als Betonbehälter im Boden dient mit dem enthaltenen Wasser als Wärmequelle für den Sommer und Winter. Dabei wird dem Eisspeicher im Winter die Wärme entzogen und das Wasser gefriert zu Eis. Im Sommer wird Kälte entzogen und das Eis schmilzt wieder zu Wasser. Durch die Änderung des Aggregatzustandes wird ein großer Teil latente Wärme für die Wärmepumpe nutzbar gemacht. (hoher Platzbedarf)

Wirkweise Lastverschiebung: Der Speicher wird i.d.R. vereist gehalten, d.h. in Übergangszeiten kann bei einer Quelltemperatur von 0°C mit einer Wärmepumpe geheizt und anschließend frei gekühlt werden; oder im Sommer der Speicher geladen werden, wenn die Bedingungen technisch/wirtschaftlich passen und am Tag bei Lastspitzen wird frei gekühlt (geringer Platzbedarf).

Vorteile:

- Winter - Heizen; Sommer - Kühlen; so lange Eis vorhanden, kann frei gekühlt werden
- Reduktion von Leistungsspitzen am Tag, Regenerationsprozess beliebig oft, Wartungsarmer Betrieb
- Wasser als Wärmespeichermedium umweltneutral

Nachteile:

- Zusätzliches System erhöht Regelaufwand, Platzbedarf und Herstellkosten
- Erwarteter Einfluss auf Effizienz Heizen und Kühlen sowie Platzbedarf: Nur mittels aufwendiger Simulation konkretisierbar. Die Hauptvorteile sind Reduktion der Erzeugergrößen und der Rückkühlwerke sowie die Maximierung des Einsatzes erneuerbarer Energien
- Konzeptabhängig kann ein Eisspeicher sinnvoll ergänzen, eine Deckung der Grundlast ist hingegen unrealistisch



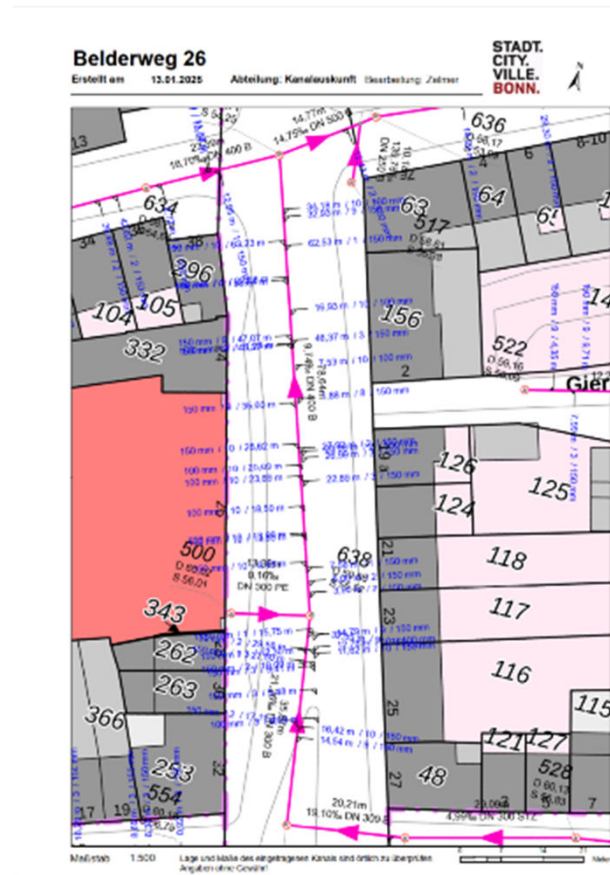
Quelle: <https://www.waermepumpe.de/waermepumpe/funktion-waermequellen/eisspeicher/>

- Pro Kubikmeter verbautem Raum (inkl. Wandung, Rohre, ...) und je Phasenübergang Wasser <-> Eis kann von ca. 50 kWh thermischer Energie ausgegangen werden
- Eine Nutzung schlecht nutzbarer Teilflächen ist grundsätzlich möglich, die Teilflächen sollten jedoch nicht zu kleinteilig sein

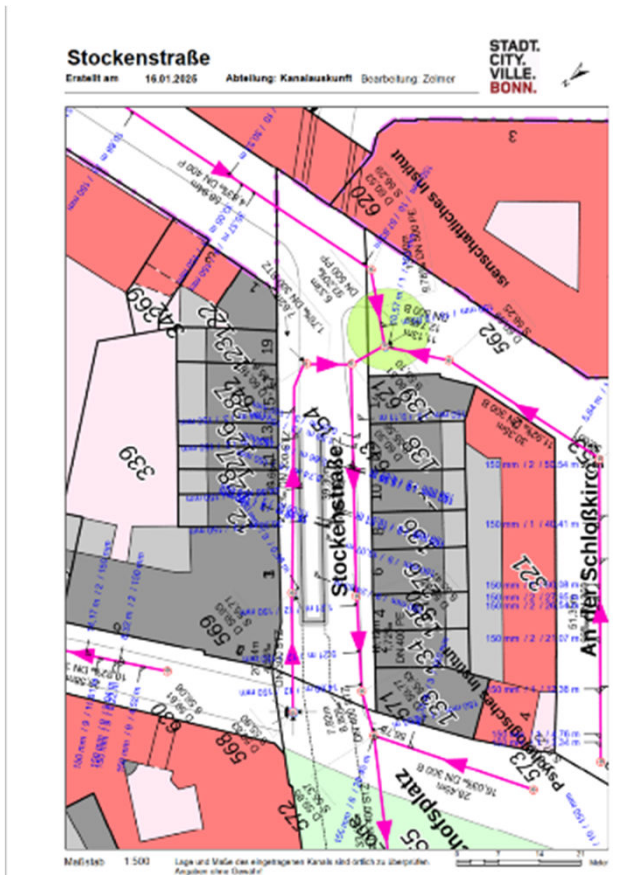
03.5.7 - ENERGETISCHE NUTZUNG MISCHWASSERKANAL

Abwasserwärme

- Abwasserwärme bietet als Wärmequelle ein großes Potential für Erneuerbare Wärmeerzeugung
- Über eine Kanalauskunft wurden die Position und Dimension der Abwasserkanäle am Projektstandort identifiziert, die Auskünfte sind rechts abgebildet
- Die Kanäle in den umliegenden Straßen des Projektstandorts sind als Wärmequelle für die thermische Nutzung **nicht geeignet**



Quelle: Stadt Bonn, Kanalauskunft



Quelle: Stadt Bonn, Kanalauskunft

03.5.8 - ENERGETISCHE NUTZUNG DES RHEINS

Flusswasserwärme

- Mit dem Rhein steht in unmittelbarer Nähe zum Projektstandort (ca. 250 m Luftlinie) eine weitere Wärmequelle zu Verfügung
- Eine Flusswasserwärmepumpe könnte voraussichtlich den gesamten Bedarf an Wärme und Kälte abdecken
- Voraussetzung für die Nutzung ist, dass das ökologische Gleichgewicht durch eine Wasserentnahme oder Temperaturveränderungen nicht geschädigt wird
- Die Nutzung des Rheins als Wärmequelle hätte durchaus Pilotcharakter, jedoch stehen diesem große genehmigungsrechtliche Hürden gegenüber
- Zudem müssten Leitungen vom Rhein zum Projektgrundstück verlegt werden, was hohe Investitionskosten mit sich bringt

Vorteile

- Voraussichtlich kann der gesamte Wärmebedarf gedeckt werden
- Geringe Temperaturschwankungen
- Heizen und Kühlen möglich

Nachteile

- Hohe Investitionskosten
- Hohe genehmigungsrechtliche Hürden



Quelle: TIM-online, Kartenansicht Abstand zum Rhein

03.6 - WASSERSTOFF

Thermische Nutzung

Das von den Fernleitungsnetzbetreibern beantragte und von der Bundesnetzagentur genehmigte Wasserstoff-Kernnetz verläuft durch das Rheinland und ist demnach nicht weit vom Standort Bonn entfernt. Die Versorgung mit Wasserstoff ist jedoch in Bonn gemäß der SWB mit Verweis auf eine Meldung von [BonnNetz](#) nicht geplant

- Nutzung von Wasserstoff als Kraft-Wärme-Kopplung (als Brennstoffzelle oder BHKW)
 - Gleichzeitige Erzeugung von Wärme und Strom
 - Im Bürogebäude nur wärmegeführt sinnvoll, da stromgeführt zu geringer Wärmebedarf im Sommer
- Wärmenutzung von Wasserstoff durch Verbrennung im Brennwertgerät ebenfalls möglich

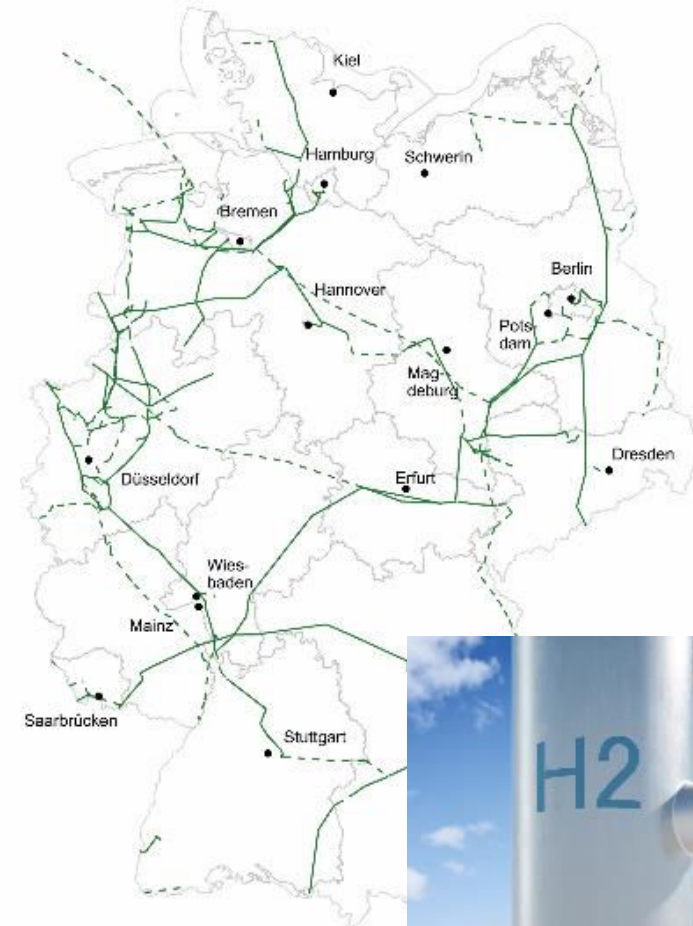
Vorteile

- Als grüner Wasserstoff klimaneutral
- Erdgas-Infrastruktur kann nach Ertüchtigung möglicherweise in ferner Zukunft genutzt werden

Nachteile

- Infrastruktur aktuell nicht gut ausgebaut, Versorgung nur per Anlieferung möglich
- Hohe Umwandlungsverluste bei Elektrolyse bei Wasserstoffherzeugung

Genehmigtes Wasserstoffkernnetz



Quelle: Bundesnetzagentur,
<https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/ElektrizitaetundGas/Wasserstoff/Kernnetz/start.html>



Quelle: ©xia yuan - gettyimages

03.7 - POTENTIAL SONNENENERGIE

Faktoren am Projektstandort

Seit dem 01.01.2024 besteht eine Verpflichtung zur Installation und zum Betrieb von Anlagen zur Erzeugung von Strom aus solarer Strahlungsenergie gemäß § 42a BauO NRW (Solaranlagen) für Nicht- Wohngebäude.

Die Firma Peutz Consult GmbH hat eine Studie zur Besonnungsdauer durchgeführt. Grundsätzlich ist der Standort für die Nutzung von PV gut geeignet. Es ist mit wenig Verschattung durch die Umgebungsbauten zu rechnen. Der Architekturentwurf sollte berücksichtigen, dass die Dächer maximal mit PV belegt werden. Die Dachflächen sind so zu gestalten, dass die Nutzung von PV maximale Erträge erbringt.

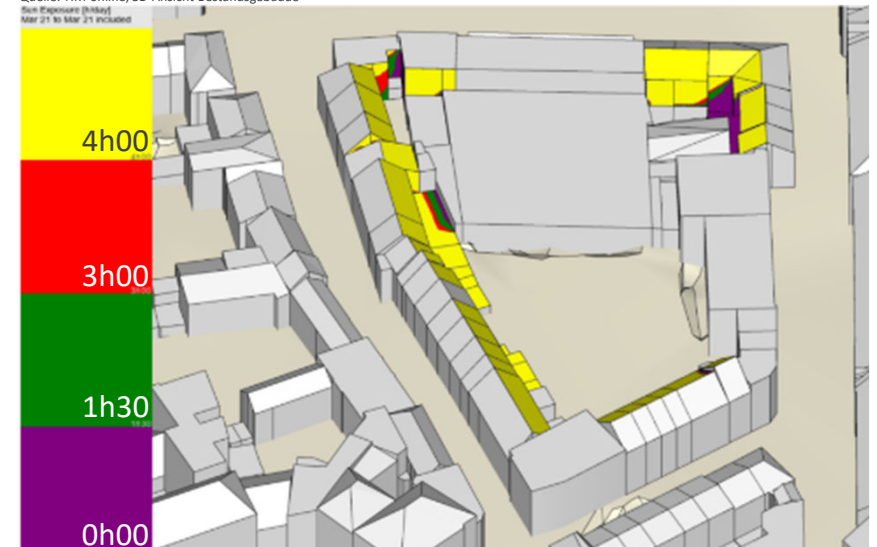
Dabei ist gleichzeitig ein größtmöglicher Eigenverbrauch wünschenswert, ein Strombedarf für die technischen Anlagen sollte auch durch die PV gedeckt werden.

Der gesamte Strombedarf für die Nutzung, Heizung, Kühlung und E-Mobilität ist durch die Nutzung von Photovoltaik mit der gegebenen Fläche nicht abdeckbar. Dennoch ist möglichst viel PV zu realisieren, wo sinnvoll möglich.

- Photovoltaik ist auf den Dachflächen in Kombination mit Dachbegrünung vorzusehen, Dachbegrünung hat durch einen Kühleffekt einen positiven Einfluss auf die Stromerzeugung. PV ist auch mit extensiver Dachbegrünung kombinierbar.
- PV an der Fassade ist grundsätzlich denkbar, jedoch ist folgendes zu berücksichtigen:
 - Auf der Ostseite besteht die Herausforderung des Denkmalschutzes.
 - Umgebungsbebauung sowie Bepflanzung ist bei Fassaden-PV-Anlagen zu berücksichtigen.



Quelle: TIM-online, 3D-Ansicht Bestandsgebäude



Quelle: Peutz Consult GmbH, Verschattungsstudie

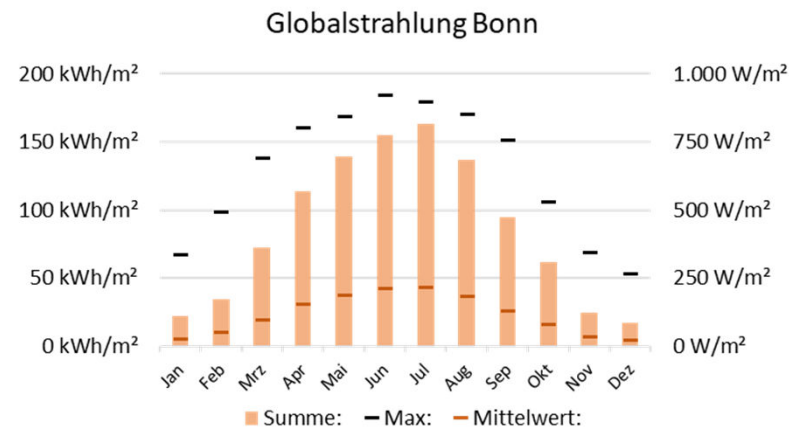
03.7.1 - POTENTIAL SONNENENERGIE

Möglicher Energieertrag durch Photovoltaik

- Für die Ermittlung des PV-Ertrags werden Einstrahlungswerte der Europäischen Kommission zugrunde gelegt und standortspezifisch ermittelt
 - Die monatliche Globalstrahlung in Bonn ist in dem rechtsstehenden Diagramm dargestellt
- Aufbauend auf der senkrechten Globalstrahlung am Standort wurden spezifische Einstrahlungswerte für verschiedene Ausrichtungen und Aufstellwinkel ermittelt. Die Werte sind der nebenstehenden Tabelle zu entnehmen
- Damit lassen sich je nach Wirkungsgrad und Montage der PV-Module jährliche Erzeugungsmengen von ca. **145 – 285 kWh/m²a** erzeugen
- Nicht berücksichtigt sind dabei mögliche Verschattungen und Verschmutzungen der Anlage
- Wie hoch der Gesamtertrag der Anlage ist, hängt von der Größe der Anlage also der Peak-Leistung sowie der Orientierung und Neigung der Module ab
- Es ist zu beachten, dass sich je nach Orientierung und Ausrichtung der PV-Module die Erzeugungskurve im Tagesverlauf verändert. Das kann für die maximale Nutzung von PV berücksichtigt werden.



Quelle: Microsoft CoPilot



Ausrichtung	Einstrahlungswerte am Standort (unverschattet) [kWh/m ² a]
Süd (35°)	ca. 1.295
West (15°)	ca. 1.085
Ost (15°)	ca. 1.090
West (90°)	ca. 665
Ost (90°)	ca. 680

Quelle: Photovoltaic Geographical Information System

03.7.2 - POTENTIAL SONNENENERGIE

Solarthermie

- Solarthermie weist energetisch gesehen einen höheren Wirkungsgrad als Photovoltaik auf
- System kann für Warmwasserbereitung und für die Unterstützung der Heizung eingesetzt werden
- Überproduzierte Wärme lässt sich jedoch nicht nutzen
- Somit ist für eine Nutzung von Solarthermie ist ein erhöhter Warmwasserbedarf erforderlich
- Solarthermie könnte für die Warmwasserbereitung in der Küche des Cafés sinnvoll eingesetzt werden – sofern dort entsprechender Bedarf besteht
- Aufgrund der Flexibilität von Photovoltaik, der Begrenzung der Komplexität des Energiekonzepts wird die Umsetzung von PV empfohlen
- Auch nutzbar zur Regenerierung des Eisspeichers oder des Erdreichs bei Erdsondenkonzept

Vorteile

- Hoher Wirkungsgrad

Nachteile

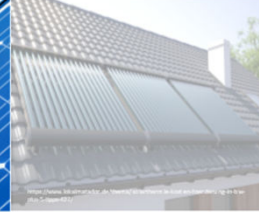
- Konkurriert mit PV um den Platz auf der Dachfläche
- Überproduzierte Wärme nicht nutzbar



Quelle: <https://www.heizerschwaben.de/roehrenkolektor-set-5m2-231-234-235.html>

03.8 - VERFÜGBARE WÄRMEQUELLEN AM STANDORT

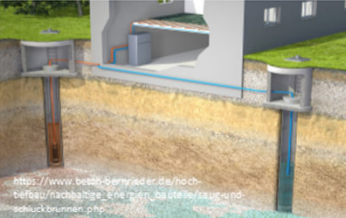
Grundsätzliche Empfehlung für Energiekonzept

1 Fernwärme	2 Biomasse	3 Wärmepumpe	4 Wasserstoff*	5 Biogas	6 Gas/ Öl	7 Photovoltaik	8 Solarthermie
							
▪ Liegt vor Ort an ▪ Geringer Platzbedarf ▪ Vergleichsweise teuer	▪ Innerstädtische Verbrennung ▪ Hoher Platzbedarf durch Lager	▪ Effiziente Nutzung von Umweltwärme ▪ Zukunftsfähig	▪ Sehr nachhaltig wenn grüner Strom verwendet ▪ Verfügbarkeit fraglich	▪ Keine direkte Biogasleitung am Standort ▪ Grundsätzlich grüner Energieträger	▪ Fossiler Energieträger mit hohen CO₂-Emissionen ▪ Nicht zukunftsfähig	▪ Produktion von regenerativem Strom	▪ Effizienter als PV ▪ Überschüsse können nicht verwertet werden ▪ Nachfrage muss gegeben sein
▪ Wird für das Energiekonzept berücksichtigt	▪ Wird aufgrund innerstädtischer Verbrennung nicht berücksichtigt	▪ Wird für das Energiekonzept berücksichtigt	▪ Wird aufgrund der unsicheren Verfügbarkeit nicht berücksichtigt	▪ Wird aufgrund mangelnder Verfügbarkeit am Standort nicht berücksichtigt	▪ Wird als fossiler Energieträger nicht in Betracht gezogen	▪ Ertrag soll möglichst maximiert werden	▪ Wird aufgrund mangelnder Nachfrage nicht berücksichtigt
							

*Eine detailliertere Bewertung der Technologien findet sich im Anhang wieder

03.9 - WÄRMEPUMPENTECHNOLOGIEN

Grundsätzliche Empfehlung für Energiekonzept

Geothermiesonden	Saug- Schluckbrunnen	Aktivierung Fundament	Luft-Wasser Wärmepumpe	Eisspeicher	Flusswasser
 ▪ Grundsätzlich hohe Effizienz ▪ Leistung aufgrund des Platzangebots eingeschränkt ▪ Wärmegleichgewicht des Bodens erhalten Wird im Energiekonzept berücksichtigt ✓	 ▪ Grundsätzlich hohe Effizienz ▪ Voruntersuchung mit positivem Ergebnis hat bereits stattgefunden ▪ Heizen und Kühlen (uneingeschränkt) möglich Wird im Energiekonzept berücksichtigt ✓	 ▪ Umsetzbarkeit in Bestand muss geprüft werden ▪ Leistung durch Größe des Fundaments beschränkt Wird aufgrund der begrenzten Leistung und fraglichen Umsetzbarkeit nicht in Betracht gezogen ✗	 ▪ Geringer Kostenaufwand ▪ Nicht so effizient wie Geothermie-WP ▪ Leistung theoretisch nicht begrenzt ▪ Verursacht Schallemissionen Wird im Energiekonzept berücksichtigt ✓	 ▪ Unbegrenzte Zahl Ladezyklen, Wasser als Wärmespeicher-medium umweltneutral ▪ Vergleichsweise hohe Investitionskosten ▪ Erhöhter Platzbedarf Aufgrund des Platzbedarfs und der Investitionskosten nicht berücksichtigt ✗	 ▪ Grundsätzlich hohe Effizienz ▪ Flusswassertemperatur darf nicht stark beeinflusst werden ▪ Genehmigungsrechtlich fraglich Aufgrund der Entfernung zum Projektgrundstück und der fraglichen Genehmigungsfähigkeit nicht berücksichtigt ✗

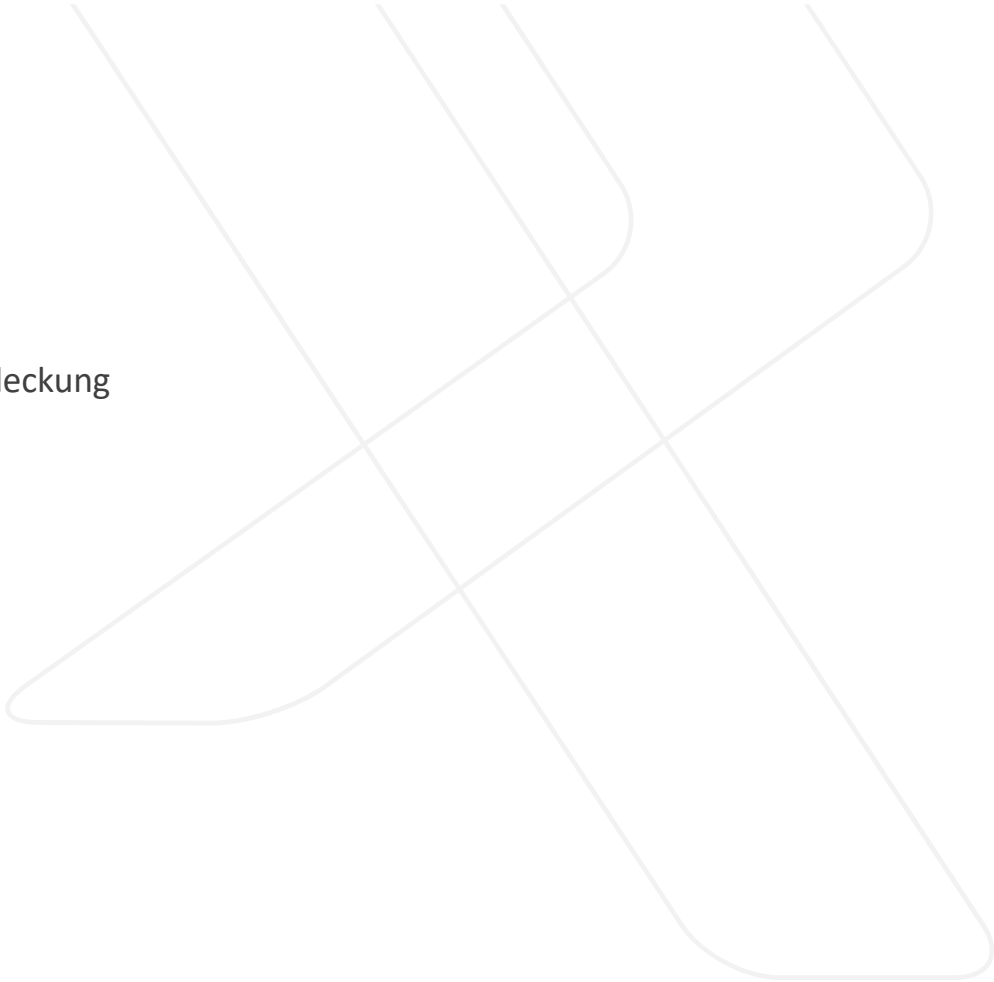
*Eine detailliertere Bewertung der Wärmepumpentechnologien findet sich im Anhang wieder

01 Projektspezifische Randbedingungen und Zielsetzung

02 Verbrauchsreduktion durch passive Maßnahmen

03 Verfügbare Wärmequellen, Möglichkeiten der Verbrauchsdeckung

04 Anhang



AGENDA

ANHANG - ENERGIEVERFÜGBARKEIT AM STANDORT

Übersicht

Energiequelle	1 Fernwärme	2 Biomasse	3 Wärmepumpe	4 Wasserstoff	5 Biogas	6 Gas/ Öl	7 Photovoltaik	8 Solarthermie
Verfügbarkeit	Ja	Ja, nur über Anlieferung	Ja	Nicht leitungsgebunden, nur Anlieferung	Nein, bzw. nur über Anlieferung oder als Zertifikat	Ja	Ja	Ja
Vorteile	Geringer Wartungs- und Platzbedarf, (aktuell) gute Bewertung im GEG	Holz als nachwachsender Rohstoff klimafreundlich	Erneuerbare Energie, verschiedene Wärmequellen möglich, für Wärme & Kälte einsetzbar, sehr unabhängig	Erdgas-Infrastruktur kann nach Ertüchtigung möglicherweise in ferner Zukunft genutzt werden	Als Erneuerbare Energie ausgewiesen	Infrastruktur ist aktuell gegeben. Umstellung auf Biogas möglich	Auf dem Dach möglich. Geringe Verschattung durch umliegende Bebauung	Auf dem Dach möglich, Warmwasserbereitung für Gastro möglich. Für Regeneration Eisspeicher geeignet
Nachteile	Bei Erreichung von Klimazielen auf Fernwärmeversorger angewiesen, Abhängigkeit vom Versorger	Vorhalten von Lagerkapazitäten. Anlieferverkehr. Innerstädtische Verbrennung, Feinstaubemissionen	Hoher Strombedarf, teilweise hohe Investitionskosten für bspw. Sonden	Infrastruktur aktuell nicht gut ausgebaut. Große Umwandlungsverluste zu Wasserstoff und zurück zu Strom	Muss aufbereitet werden, Transport verursacht CO2	Fossile Energieträger sind nicht umzusetzen	Verfügbarkeit schwankt, geringe Verfügbarkeit im Winter	Konkurriert mit PV um Platzangebot, geringer Warmwasserbedarf im Bibliotheksgebäude, überschüssige Energie nicht nutzbar
Sonstiges	Spätere Abkehr von Fernwärme bei Verfehlen der Klimaziele i.d.R. extrem schwierig (Platzbedarf, Systemtemp.)	-	Gut kombinierbar mit Photovoltaik	Erzeugung nur aus Erneuerbarem Strom sinnvoll; Reformierung aus Erdgas nicht nachhaltig	Leitungsgebunden heute & vrstl. auch in Zukunft nicht verfügbar. Aktuell Anteil von 20 % im Gasnetz der SWB	Vollständiges Verbot für Nutzung fossiler Energieträger ist langfristig zu erwarten	PV ist auf dem Dach vorzusehen, kann mit Dachbegrünung kombiniert werden; Überschussstrom wird eingespeist oder gespeichert	-

ANHANG - ENERGIEVERFÜGBARKEIT AM STANDORT

Übersicht

Energiequelle	1 Fernwärme	2 Biomasse	3 Wärmepumpe	4 Wasserstoff*	5 Biogas	6 Gas/ Öl	7 Photovoltaik	8 Solarthermie
Kombinierbar mit	Vollversorgung oder Spitzenlastsystem	Als zusätzliches Spitzenlastsystem sinnvoll	Photovoltaik, Spitzen- oder Grundlastsystem	Photovoltaik	Als zusätzlicher Spitzenlastkessel bei Geothermie	Notfalls als Spitzenlastkessel	Wärmepumpe, Wasserstoff	Eisspeicher, Erdsonden
Platzbedarf	Geringer Platzbedarf, nur Fernwärme-übergabestation	Im Gebäude: Technikraum; zusätzlich zu Kessel hoher Platzbedarf für Brennstofflager	Im Gebäude: Technikraum Außen: Abhängig von Energiequelle	Brennstoffzelle, Wasserstoffspeicher (und ggfs. Elektrolyseanlage) im Technikraum	Platzbedarf für Heizkessel im Technikraum (vergleichbar mit Wärmepumpe)	Platzbedarf für Heizkessel im Technikraum (vergleichbar Wärmepumpe)	Nur auf dem Dach. Möglichst viel erneuerbaren Strom generieren	Nur auf dem Dach. Solarspeicher im Technikraum
Investitionskosten	+++	-	o	--	+	+	o	o
Kosten Wartung + Betrieb	o	-	++	-	-	-	++	o
CO2-Bilanz	+	++	+++	+++	++	---	+++	+++
Fazit	Integration möglich, wenn Energieerzeugung zukünftig klimaneutral	Aufgrund des Platzbedarfs und innerstädtischer Verbrennung keine bevorzugte Lösung	Wärmepumpen mit verschiedenen Wärmequellen/-senken sind eine gute Lösung	Nur als Speicher und das bedingt möglich, nur bei ausreichend Überschussstrom und Sektorkopplung sinnvoll	Keine unmittelbar angrenzenden Biogasanlagen, daher Umsetzung nicht praktikabel / nur über Zertifikate	Verwendung foss. Energieträger verursacht hohe CO2-Emissionen und wird daher nicht empfohlen	Wird auf jeden Fall auf dem Dach und möglichst auch in der Fassade eingesetzt	Wird eher nicht empfohlen wegen geringem WW-Bedarf, Konkurrenz zu PV und Einfachheit System
Empfehlung								

*Abhängig vom Herstellverfahren des Wasserstoffs gibt es Auswirkungen auf die CO2-Bilanz und die voraussichtlichen Betriebskosten. Es wird von maßgeblich grünem Wasserstoff ausgegangen.

ANHANG - VERFÜGBARE ENERGIEQUELLEN FÜR DEN EINSATZ VON WÄRMEPUMPEN

Übersicht Wärmepumpen

Technologie	Geothermiesonden	Saug- Schluckbrunnen	Aktivierung Fundament	Luft-Wasser Wärmepumpe	Eisspeicher
Energiequelle	Erdwärme	Grundwasser	Erdwärme	Umweltwärme	Eisspeicher
Verfügbarkeit Standort	Ja	Ja	Ja	Ja	Räumlich eingeschränkt
Vorteile	Grundsätzlich hohe Effizienz	Konstante Grundwassertemperatur. Freies Kühlen (min. teilweise)	Keine zusätzlichen Bohrungen für Sonden	Geringer Kostenaufwand	Unbegrenzte Zahl Ladezyklen, Wasser als Wärmespeichermedium umweltneutral
Nachteile	Bohrungen mit hohen Kosten verbunden; vrstl. Für Deckung Gesamtbedarf tiefe Bohrung aufgrund räumlicher Einschränkung nötig	Mindestabstand von Saug- und Schluckbrunnen muss eingehalten, Zugänglichkeit gewährleistet werden	Keine Kollektoren unter beheizten Räumen (gleichzeitiges Heizen und Kühlen). Geringere Wärmeentzugsleistung als Erdwärmesonden	Schallemissionen, weniger effizient als restliche Energiequellen, keine passive Kühlung möglich	Hohe Investitionskosten und Platzbedarf, insbesondere für saisonale Auslegung, erforderlich.
Verfügbare th. Leistung (Deckung des Bedarfs auf Seite 7)	Je nach Tiefe der Bohrung	Voraussichtlich für Heizen und Kühlen des gesamten Gebäudes ausreichend	Abhängig von Entwurf	Theoretisch nicht begrenzt (Luftansaugung und Einbindung in Architektur berücksichtigen)	Simulation erforderlich
Platzbedarf	+++	+++	+++	-	- - -
Investitionskosten	- -	++	- -	+++	- -
Betriebskosten	++	++	+++	-	+
Erwartete Effizienz Heizen (JAZ)	ca. 4,0 - 4,5	ca. 3-4	ca. 4,5 – 5,0	ca. 2,5-3,5	entwurfsabhängig
Erwartete Effizienz Kühlen (ESEER)	ca. 6	ca. 4	ca. 15	-	entwurfsabhängig
Geschätzte Entzugsleistung	ca. 50 W/m	ca. 13 - 18 W/m ²	Je nach Temperaturspreizung. 4-12 kW/m ²	Schwankt mit der Außentemperatur	entwurfsabhängig

Ansprechpartner

- Bitte formulieren Sie Ihre Fragen unter der Verwendung des Betreffs „**VIKA_Bonn**“ und senden diese an thomas.thuemmler@dreso.com.

Verfasser

- Drees & Sommer SE
Obere Waldplätze 13
70569 Stuttgart
Deutschland
www.dreso.com