

Naxos Grundbesitz KG
Neubau Büro- und Geschäftshaus
Karlsruhe Kaiserstraße
Raumklima- und Energiekonzept

**DREES &
SOMMER**



Naxos Grundbesitz KG
Neubau Büro- und Geschäftshaus
Karlsruhe Kaiserstraße

Raumklima- und Energiekonzept

Verfasser

Drees & Sommer SE
Obere Waldplätze 13
70569 Stuttgart

Stand: 27.01.2023

Naxos Grundbesitz KG
Neubau Büro- und Geschäftshaus
Karlsruhe Kaiserstraße
Raumklima- und Energiekonzept

**DREES &
SOMMER**

AUFTRAGGEBER

Naxos Grundbesitz KG
Klosterstr. 30
40211 Düsseldorf

PROJEKT

Abbruch und Neubau
Büro- und Geschäftshaus
Karlsruhe Kaiserstraße

AUFTRAGNEHMER

Drees & Sommer SE
Obere Waldplätze 13
70569 Stuttgart
Telefon: +49 711 1317-0
Telefax: +49 711 1317-101

| Inhaltsverzeichnis | Seite |
|---|-----------|
| 1 Aufgabenstellung/Ziel/Vorhabenbeschreibung..... | 2 |
| 1.1 Anforderungen der Stadt Karlsruhe..... | 2 |
| 1.2 Anforderungen durch die Erfüllung der KfW55 Vorgaben an das EH55..... | 2 |
| 1.3 Anforderungen durch die DGNB Zertifizierung | 3 |
| 1.4 Nutzervorgaben P&C | 4 |
| 2 Klimatische Randbedingungen..... | 5 |
| 2.1 Wetter..... | 5 |
| 2.2 Solares Potenzial..... | 7 |
| 2.3 Geothermisches Potenzial | 8 |
| 3 Raumklima und Energie..... | 10 |
| 3.1 Zusammenfassung | 10 |
| 3.2 Raumklima | 11 |
| 3.2.1 Büro..... | 12 |
| 3.2.2 Besprechungszimmer..... | 23 |
| 3.3 Verkaufsfläche | 25 |
| 4 Energieversorgung | 31 |
| 4.1 Basisvariante V1..... | 31 |
| 4.2 Energiekonzeptvarianten mit regenerativen Potenzialen | 31 |
| 4.2.1 Geothermische Nutzung durch Brunnen V2..... | 32 |
| 4.2.2 Photovoltaik..... | 34 |
| 4.3 Kälteerzeugung | 36 |
| 4.4 Wärmeerzeugung | 37 |
| 4.5 Verteilung (Wärme/Kälte) | 37 |
| 4.6 Warmwasserversorgung..... | 37 |
| 5 Energiebedarf & Wirtschaftlichkeit..... | 37 |
| 5.1 Kältebedarf | 38 |
| 5.2 Wärmebedarf..... | 39 |
| 5.3 Nachhaltigkeit..... | 42 |
| 6 Zusammenfassung/Empfehlung | 43 |

1 Aufgabenstellung/Ziel/Vorhabenbeschreibung

Der Bereich Zentrale Kaiserstraße soll perspektivisch die präferierte Lage für internationale Marken und Shop-Konzepte sein. Mit der vorgesehenen Nutzungsmischung bestehend aus Einzelhandel und Büronutzungen sowie der damit einhergehenden Sicherung des Einzelhandels an diesem Standort und durch die Anpassung an den veränderten Bedarf an Handelsflächen, wird diesen Zielen entsprochen. Die lebendige Erdgeschosszone wird erhalten bzw. durch neue Nutzungen an dem Standort – als Ersatz für das bisherige Parkhaus – aufgewertet bzw. weiter ausgeweitet. Zudem wird durch die Beratung im Gestaltungsbeirat, die Festsetzungen und örtlichen Bauvorschriften im vorhabenbezogenen Bebauungsplan eine hohe Gestaltqualität an diesem Standort gesichert.

Die folgenden Anforderungen bestehen im Bereich der energetischen Qualitäten:

- Projektziele im Bereich der Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) EH55
- Hohe Punktezahl im Bereich der Green Building Zertifizierung (Option Platin)
- Nachhaltige Ambitionen des Auftraggebers durch die Nutzung regenerativer Potenziale unterstreichen
- Landesvorgaben und Klimaziele der Stadt Karlsruhe

1.1 Anforderungen der Stadt Karlsruhe

Für das Bauvorhaben bzw. den vorhabenbezogenen Bebauungsplan greift der Grundsatzbeschluss zum klimaneutralen Bauen. Das bedeutet, das Gebäude muss mindestens im KfW-Effizienzhaus-Standard 55 (Nichtwohngebäude) errichtet werden und eine großflächige PV-Nutzung muss gemäß der Landesvorgaben sichergestellt sein. Zusätzlich wird im Bereich der Nachhaltigkeit ein hohes Auszeichnungsziel angestrebt.

1.2 Anforderungen durch die Erfüllung der KfW55 Vorgaben an das EH55

Übergeordnet gilt, dass der Primärenergiewert des Referenzgebäudes um 45 % unterschritten wird. Weitere Anforderungen sind den zugehörigen Richtlinienblättern und dem Antrag zu den KfW-Fördermitteln vom 18.01.2022 zu entnehmen.

1.3 Anforderungen durch die DGNB Zertifizierung

Im Bereich der Nachhaltigkeit wird im Projekt ein hohes Auszeichnungsziel angestrebt. Soll die höchste Auszeichnung „DGNB Platin“ erreicht werden, sind beispielsweise zusätzliche Anforderungen an das Energie- und Raumklimakonzept zu berücksichtigen und eine Variante zu entwickeln, die eine Nutzung lokaler Potenziale, wie beispielsweise Geothermie über Grundwasserbrunnen, ermöglicht. Auszugsweise werden die DGNB-Anforderungen an das Raumklimakonzept für die Hauptnutzung Büro wiedergegeben:

- SOC 1.1 Thermischer Komfort: Bewertung nach DIN EN 16798, KAT 2 oder besser, für Anforderungen an die operative Raumtemperatur, die Zugluft, Strahlungsasymmetrie und Feuchte
- SOC 1.2 Innenraumqualität – Lüftungsrate
- SOC 1.3 Akustischer Komfort – Planungsbegleitendes, akustisches Konzept, Einhaltung der Raumakustikklassen nach VDI 2569
- SOC 1.4 visueller Komfort; Blendfreiheit bei Tageslicht, Kunstlicht Mindestanforderung und Übererfüllung, Farbwiedergabe, Tageslichtautonomie per Simulation nachweisen
- SOC 1.5 Einflussnahme des Nutzers: Individuelle Bedienbarkeit (maximal 3 APs zusammenfassen), umstellen auf andere Nutzungen
- ENV 1.1 Hohe Punktezahl bei der LCC erreichen
- ECO 1.1 Hohe Punktezahl bei der LCA erreichen
- Die Energieeffizienz und der Anteil an regenerativen Energien gemäß der Landesvorgaben und dem Gebäudeenergiegesetz (GEG) decken
- Anforderungen KfW 55, Primärenergiebedarf 45 % unter Referenzgebäude einhalten
- ECO 2.1 Flexibilität und Umnutzungsmöglichkeit
- TEC 1.2 Schallschutz
- TEC 1.3 Sommerlicher Wärmeschutz, externer Sonnenschutz an den Fenstern, bzw. Begrenzung des Strahlungseintrages (Büro)
- TEC 1.4 Einsatz und Integration der Gebäudetechnik
- TEC 1.5 Reinigungsfreundlichkeit des Baukörpers – Hindernisfreier Grundriss (Leuchten integriert in der Decke)
- TEC 1.7 Immissionsschutz – Maßnahmen zur Reduzierung der Lärmbelastigung und der Lichtverschmutzung
- (PRO 2.2 Qualitätssicherung der Bauausführung – Schimmelpilzprävention – Luftprogramm)

Die wesentlichen Anforderungen wurden im DGNB Workshop am 15.09.2022 und 03.11.2022 durchgesprochen.

In den Verkaufsflächen fallen die Anforderungen der DGNB deutlich geringer im Vergleich zu den Büroflächen aus. Grund dafür ist, dass die Verkaufsflächen als Nebennutzung in die Zertifizierungsbewertung mit einfließen. Die Anforderungen sind folgende:

- SOC 1.1 Thermischer Komfort
- SOC 1.2 Innenraumqualität (Lüftungsrate)
- ECO 2.1 Flexibilität und Umnutzungsmöglichkeit

1.4 Nutzervorgaben P&C

Die Nutzervorgaben durch den Bauherrn sind folgenden Dokumenten zu entnehmen:

- Standardbaubeschreibung P&C, Januar 2017
- Summary zur Mieterbaubeschreibung Horn/Retail P&C neu

Die Standardbaubeschreibung von P&C wird aktuell überarbeitet und die Angaben in der Standardbaubeschreibung haben für den Bürobereich keinen bindenden Charakter mehr. Gemäß den Festlegungen aus dem Bauherren-Jour fixe (BHJF) soll ein hoher Standard realisiert werden, der zusätzlich den DGNB-Anforderungen gerecht wird.

Ergänzende Nutzervorgaben sind für die Büronutzung und den Verkaufsbereich empfohlen und werden in der aktuellen Planung als Bemessungsgrundlage für die TGA-Systeme umgesetzt.

2 Klimatische Randbedingungen

2.1 Wetter

Gemäß DIN 4710 werden die klimatischen Randbedingungen für den Standort Karlsruhe über die meteorologischen Daten aus dem geltenden Testreferenzjahr des Deutschen Wetterdienstes für die Testreferenzjahre (TRY) Region 12 verwendet. Die Zuordnung der TRY-Regionen sind in der nachfolgenden Abbildung dargestellt.

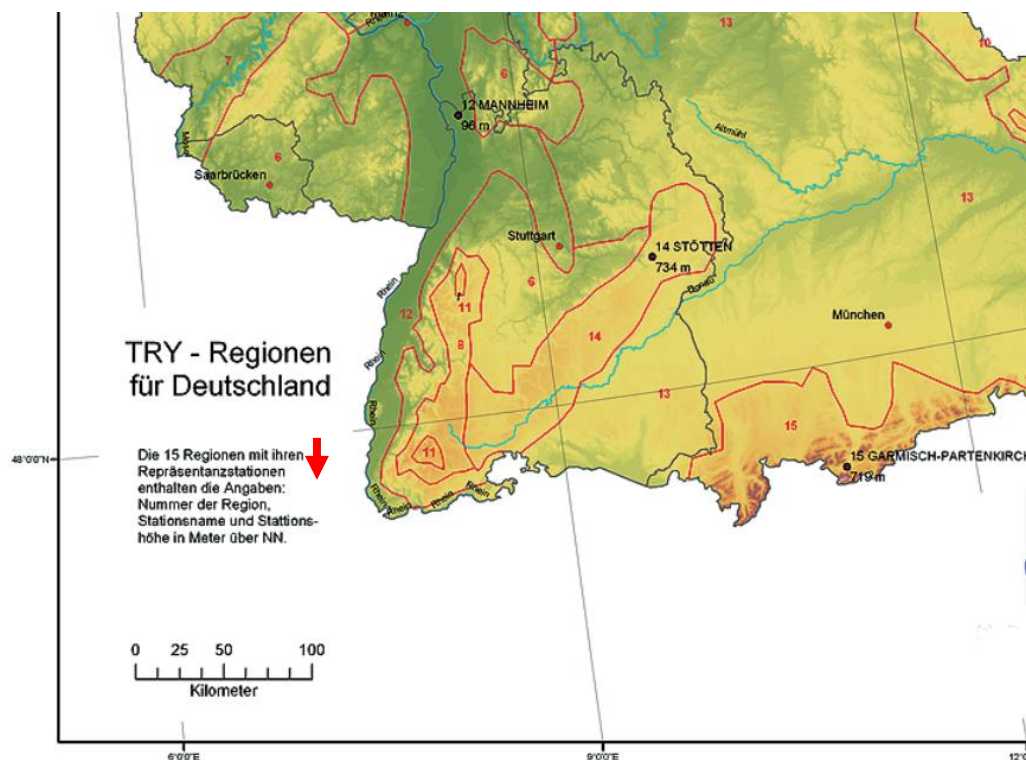


Abbildung 1: Karlsruhe liegt im Bereich des Testreferenzjahres Nr. 12, Messstation Mannheim (Deutscher Wetterdienst)

Das Testreferenzjahr gibt unter anderem folgende stündliche Werte vor:

- Außentemperatur
- Luftfeuchte
- Luftdruck
- Windgeschwindigkeit
- Diffuse und direkte Sonneneinstrahlung

Für die Bewertung wird das modifizierte Testreferenzjahr TRY 12 Extrem für die Region Mannheim verwendet. Dies stellt die Temperaturmittel des Zeitraums 1988 bis 2007 dar. In dem Testreferenzjahr beträgt die Maximaltemperatur 36,8 °C und die Minimaltemperatur -9,1 °C. Nachfolgend wird die Außentemperatur des Testreferenzjahres als Stundenwert dargestellt:

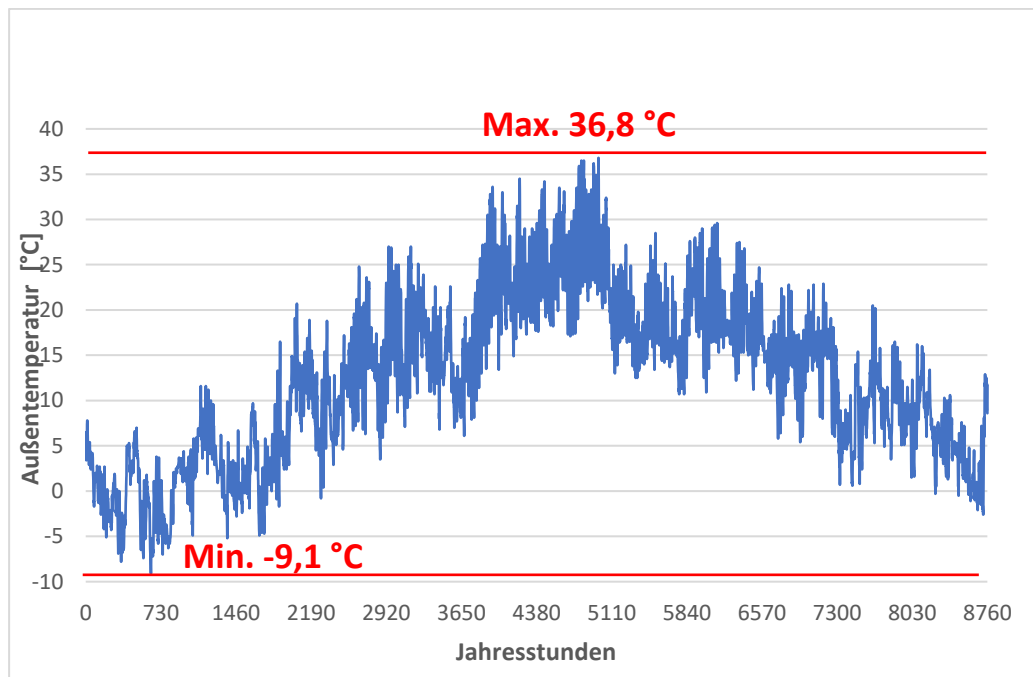


Abbildung 2: Außentemperatur modifizierte Testreferenzjahr TRY 12 Extrem für die Region Mannheim

Die Auslegung der Heizflächen erfolgt nach DIN 4703 und DIN EN 12831 unter Zugrundelegung einer max. Außenlufttemperatur von -12 °C.

Die Kälteleistung wird gemäß der VDI 2078 für die Kühllastzone 4 auf eine maximale Außentemperatur von 35 °C festgelegt.

2.2 Solares Potenzial

Karlsruhe gehört zu den Städten in Deutschland mit den meisten Sonnenstunden. Die Globalstrahlung liegt gemäß dem DWD bei mehr als 1.300 kWh/m². Da sich die Dachfläche des Neubaus in einer unverschatteten Lage befindet, wird empfohlen, das solare Potenzial soweit als möglich zu nutzen.

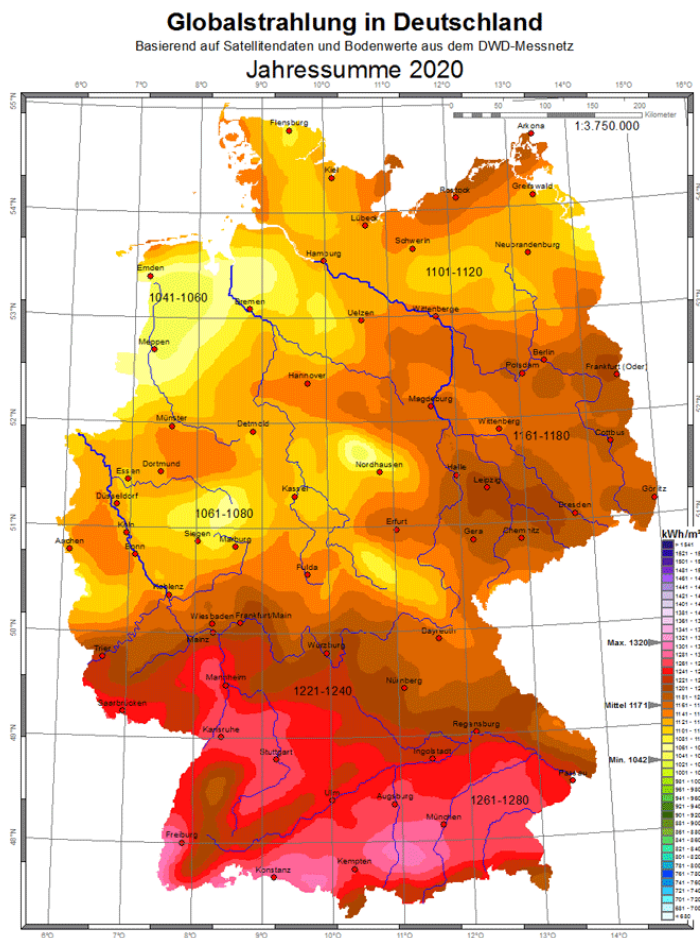


Abbildung 3: Globalstrahlung Deutschland DWD

2.3 Geothermisches Potenzial

Im Oberrheingraben liegen üblicherweise gute Bedingungen zur geothermischen Nutzung vor. In den folgenden Abbildungen sind genehmigte Nutzungen und das Potenzial dargestellt:

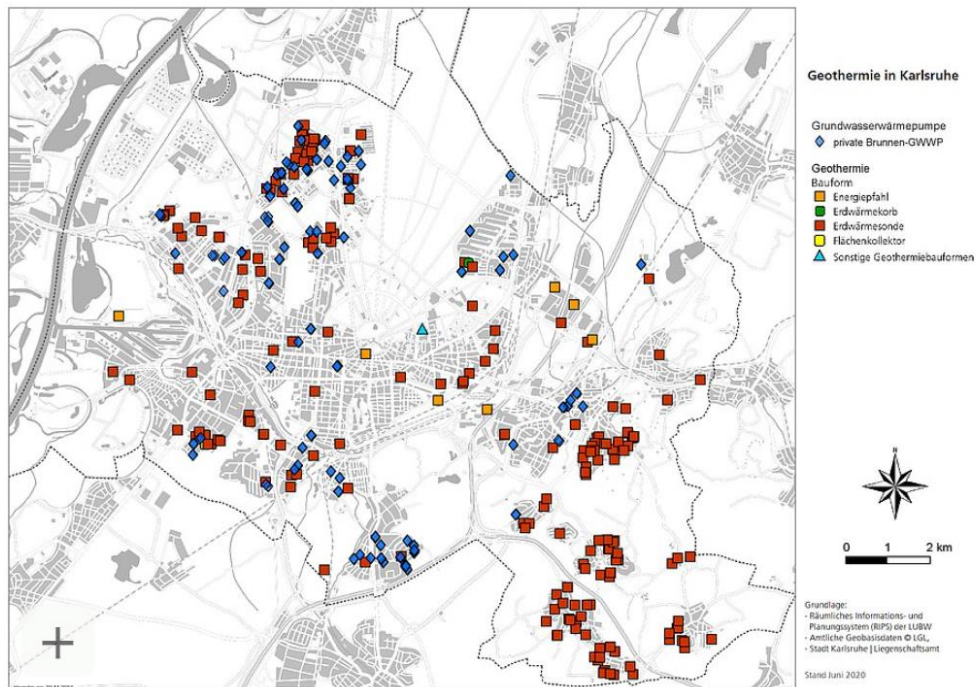


Abbildung 4: Geothermische Anlagen in Karlsruhe

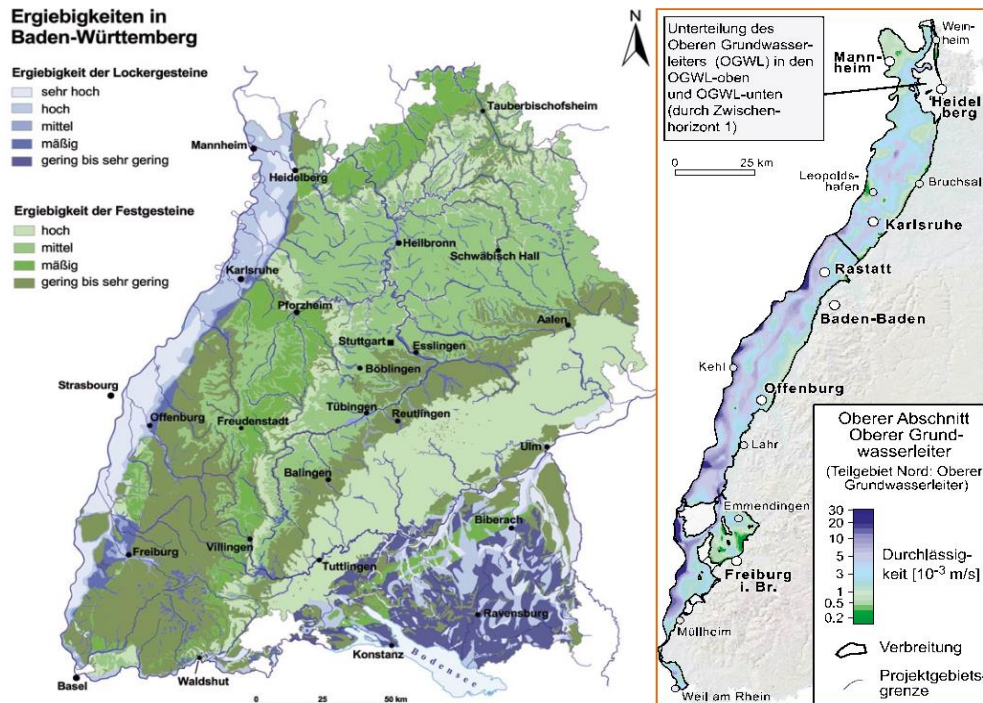


Abbildung 4: Ergiebigkeitsverhältnisse in Baden-Württemberg (links: Gesamt Baden-Württemberg, rechts: Detailausschnitt zur Durchlässigkeit des oberen Abschnitts des Grundwasserleiters im Oberrheinraben); (Bildquellen: RPF-LGRB 2007, RPF-LGRB 2008, leicht verändert)

Abbildung 5: Geothermisches Potenzial in der Region Karlsruhe

Aufgrund der günstigen Randbedingungen wird geprüft, inwieweit sich die Geothermie als regenerative Quelle für die Wärme- und Kälteerzeugung nutzen lässt. Nach erster Rücksprache mit dem Fachplaner GHJ kann bei dem Bauvorhaben von folgenden Randbedingungen ausgegangen werden:

- Grundwasserfließrichtung von Südost nach Nordwest
- Tiefer nutzbarer Frischwasserhorizont maximal 35/40 m
- Belastungen vermutlich Eisen/Mangan und gegebenenfalls FCKWs
- Maximal mögliche Bohrtiefe für Sonden ca. 37 m unter GOK

Mit folgenden Auflagen ist in Karlsruhe bei der geothermischen Nutzung zu rechnen:

| EMPFOHLENE TEMPERATUR FÜR DIE GRUNDWASSEREINLEITUNG | |
|--|-------------------|
| | Temperatur |
| Zulässige Temperaturveränderung des einzuleitenden Wassers gegenüber der Entnahmetemperatur des Grundwassers | ± 6 °C |
| Mindesttemperatur des einzuleitenden Wassers | 5 °C |
| Höchsttemperatur des einzuleitenden Wassers | 20 °C |

Abbildung 6: Auflagen geothermische Nutzung Karlsruhe

3 Raumklima und Energie

Auf Basis der Empfehlungen aus dem Bericht zur Second Opinion, den weiterentwickelten Planungsunterlagen, wird ein Raumklima- und ein Energiekonzept entwickelt, das Hinweise und Empfehlungen für den weiteren Planungsablauf zeigt. Es trägt dazu bei, das DGNB-Zertifizierungsziel zu erreichen, die Wirtschaftlichkeit und Nutzerakzeptanz zu verbessern und nicht zuletzt einen Beitrag zur Schonung der endlichen Ressourcen im Bereich der Baustoffe und Energien zu leisten.

3.1 Zusammenfassung

Gemäß der aktuellen GEG Berechnung von K&K, Stand 17.10.2022 werden die GEG Anforderungen übertroffen und die Unterschreitungen gemäß den Anforderungen aus dem KfW EH55 Antrag eingehalten.

Der aktuelle Punktestand für die DGNB Zertifizierung liegt bei fast 80 Punkten. Mit einer Entscheidung zu den punkterelevanten Themen ist bis Mitte Januar 2023 zu rechnen.

Das Raumklimakonzept der Büros (V4) zeichnet sich durch eine hohe thermische Behaglichkeit bei gleichzeitig niedrigen Investitions- und Betriebskosten sowie einer hohen Flexibilität bei der Anpassung an ergänzenden Mieteransprüchen aus.

In den Verkaufsflächen wird auf die neuen Erkenntnisse aus der Optimierungsstudie zugegriffen, die bei gleichem Komfort eine höhere Energieeffizienz bei niedrigeren Investitionen mit sich bringt.

Gleichzeitig werden die Potenziale aus der intensiven Nutzung der Verkaufsflächen, den lokalen regenerativen Potenzialen wie z.B. der Photovoltaik genutzt und damit ein deutlicher Beitrag zur Ressourcenschonung geleistet. Zusätzlich ist eine sehr energieeffiziente Anlagentechnik eingesetzt, die dazu beiträgt, den gesetzlichen Mindeststandard zu übertreffen.

3.2 Raumklima

Beim Raumklima wird auf die Haupt- und Nebennutzung eingegangen, die Bestandteil der DGNB-Zertifizierung sind. Auf weitere Nutzungen wie beispielsweise den Gastronomiebereich wird im Energiekonzept nicht detailliert eingegangen, sondern mit Standardwerten auf den Energiebedarf des Gebäudes hochgerechnet.

Im Neubau von P&C sind, wie zuvor beschrieben, unterschiedliche Nutzungsbereiche vorgesehen, die verschiedene Nutzungszeiten, interne Lasten oder Systeme zur Raumkonditionierung aufweisen. Um die Auswirkungen der verschiedenen Nutzungen auf das thermische Verhalten der einzelnen Räume berücksichtigen zu können, wird das Regelgeschoss (3. OG) in Büro und Besprechung unterteilt.

Die Zonierung des Regelgeschosses (3. OG) ist in der nachfolgenden Abbildung dargestellt. Im Folgenden werden die Raumklimakonzepte der Bürofläche und der Besprechungsräume erläutert. Im Anschluss wird auf die Raumklimakonzepte der Verkaufsfläche eingegangen.



Abbildung 7: Zonierung Regelgeschoss, 3.OG

Aktuell beträgt der Anteil der Besprechungsfläche 5 % an der Gesamtbürofläche. Die Planung der Luftmengen sieht im Fall der Bedarfslüftung einen maximalen Anteil an Fläche für Besprechungsräume von 10 % in der zugehörigen Bürofläche vor.

3.2.1 Büro

Nach Abstimmung mit dem Bauherrn und dem Planungsteam werden für die Bürozonenn neben den Planungsvarianten aus der bestehenden HPS-Planung (Lüftungsanlage mit Klimaboden) Varianten entwickelt, die mehr Flexibilität für spätere Umrüstungen aufweisen, den Behaglichkeitsanforderungen besser gerecht werden und die Speicher-masse der Bauteile nutzt. Die betrachteten Varianten sind:

- Büro V0 mit Klimaboden | RLT | Zuluft über fassadennahe Bodenauslässe
- Büro V1 mit Klimaboden | RLT | Zuluft über Deckenkoffer
- Büro V1.A mit Klimaboden | Betonkerntemperierung (BKT) | RLT | Zuluft über Deckenkoffer
- Büro V2 Grundlastsystem BKT | Regelungsfähiges System Heiz-/Kühlsegel mit RLT | Zuluft über fassadennahe Bodenauslässe
- Büro V3 Grundlastsystem BKT | Regelungsfähiges System Heiz-/Kühlsegel mit RLT | Zuluft über Deckenkoffer
- Büro V4 Grundlastsystem BKT | Regelungsfähiges System Unterflurheizkonvektor mit RLT & Kühlsegel (bereichsabhängig) | Zuluft über Deckenkoffer Basisvariante

3.2.1.1 Nutzung Büro

Die Büroflächen sind in verschiedenen Nutzungsgrößen und -arten vorhanden. Einzelbüros, 2er-Büros, 3er-Büros, Gruppenbüros und Großraumbüros sind geplant. Für die Bürofläche von ca. 5.300 m² sind ca. 422 Arbeitsplätze vorgesehen, damit ergibt sich eine Personenbelegung von 0,08 Person/m². Ein typischer Auszug aus den aktuellen Grundrissen ist für die Bürobereiche in folgender Abbildung gezeigt:

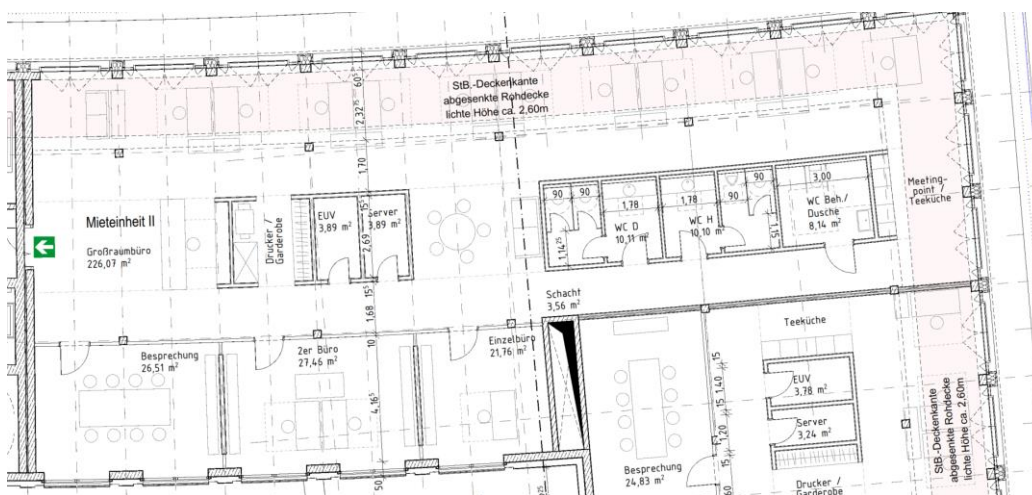


Abbildung 8: Grundriss Mietereinheit II 3.OG – Musterzone

Neben den klimatischen und baukonstruktiven Einflüssen werden in der Energiebilanz die internen Wärmequellen, die durch die Nutzung entstehen, berücksichtigt. Folgende Parameter zur Nutzung, sowie interne Wärmequellen werden für die Büros angesetzt.

- Arbeitszeit 08:00 bis 18:30 Uhr (Mo-Fr)
- Sensible Wärmeabgabe von 80 W/Person
- Pro Arbeitsplatz wird von einem PC (Laptop) und einem zusätzlichen Monitor ausgegangen. Die Wärmeeinträge durch die Geräte belaufen sich auf 70 W/Arbeitsplatz
- Wärmeabgabe durch die Beleuchtung (Grundbeleuchtung Decke und ergänzende Arbeitsplatzleuchte) 6 bis 8 W/m²

3.2.1.2 **Beleuchtung Büro**

Für den Bürobereich wird ein Konzept aus Grundbeleuchtung (300 Lux) und eine Arbeitsplatzbeleuchtung umgesetzt. Die Arbeitsplatzbeleuchtung wird nach der Präsenz und dem Tageslichtangebot geregelt, die Grundbeleuchtung nach der Präsenz bzw. nach der Betriebszeit.

3.2.1.3 **Lüftung Büro**

Die Büroflächen werden über Versorgungsschächte an zentral gelegene Stellen zu- und abluftseitig erschlossen. Von dort aus erfolgt die Verteilung über die in den Flurbereichen angeordneten Abhangdecken. Die Zuluft wird fassadennah über ein Bodenauslass oder über mehrere Deckenkofferauslässe realisiert. Die Auslegung der Lüftungsanlage erfolgt nach den Vorgaben der DIN 16798-1 für die Gebäudekategorie 2 und ein schadstoffarmes Gebäude nach einem personenbezogenen und einem gebäudebezogenen Anteil:

- Personen 25 m³/h zuzüglich des
- gebäudebezogenen Anteils von 2,5 m³/m²
- Luftwechsel ca. 1,3/h (Musterzone Büro)
- Zulufttemperatur Sommer 20 °C
- Zulufttemperatur Winter 22 °C

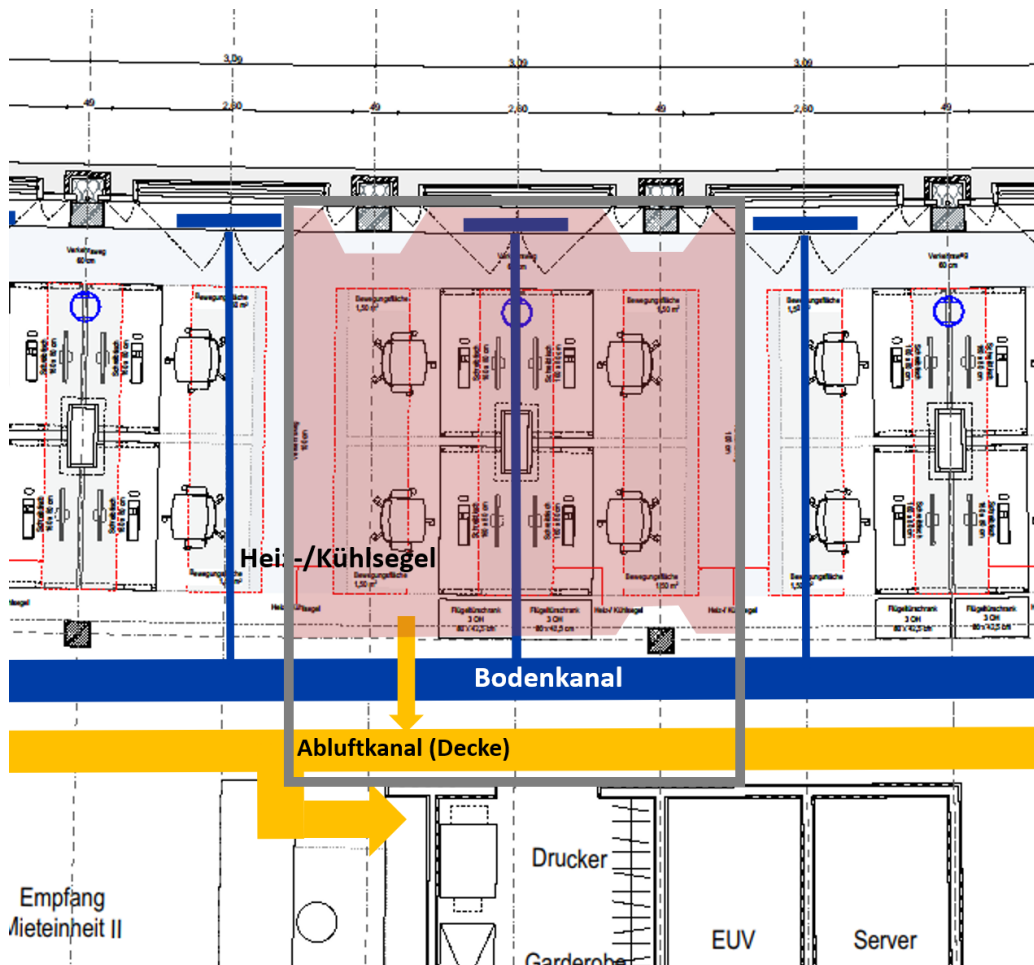


Abbildung 9: Lüftungskonzept Zuluft über fassadenahe Bodenauslässe

Für den Bodenauslass in einem Großraumbüro ergibt sich aus dem vorhandenen Raster und der Norm ein Volumenstrom von $102 \text{ m}^3/\text{h}$. Die mittlere Personenzahl im Großraum ist die Berechnungsgrundlage für den Volumenstrom des Bodenauslasses.

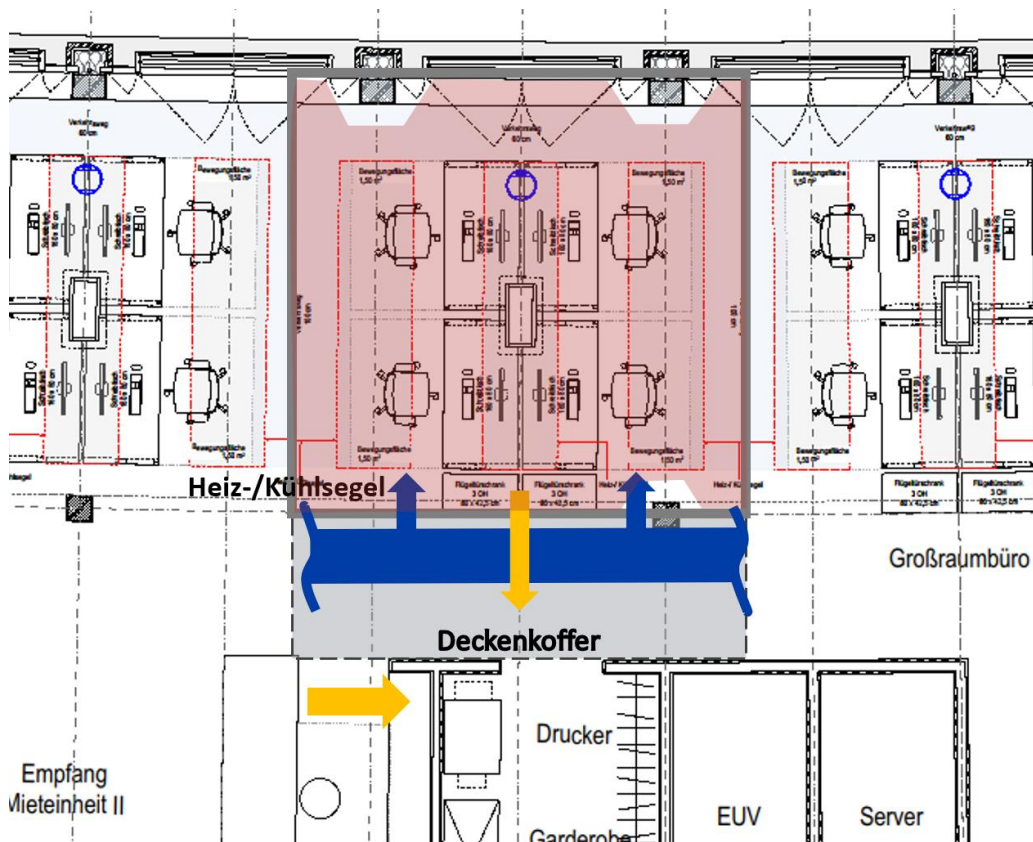


Abbildung 10: Lüftungskonzept Zuluft über Deckenkoffer

3.2.1.4 Raumautomation

Die Konditionierung der Büroräume erfolgt im Heiz- und Kühlbetrieb durch geregelte Systeme. Dazu wird die operative Raumtemperatur an einer repräsentativen Stelle gemessen und als Führungsgröße für die Regelung verwendet. Die Heiz- und Kühlflächen werden in Regelbereiche zusammengefasst und jeder Büroraum individuell geregelt.

Für größere Bürozonen sollten nicht mehr als maximal 3 AP zu einer Regelzone zusammengefasst werden.

Die Zuluft dient im Büro zur Versorgung der Menschen und wird nicht zum Heizen und Kühlen genutzt. Daher bietet sich die Möglichkeit, über einen CO₂-Fühler in der Abluft, die Zuluft zu reduzieren, wenn sich wenig oder keine Personen in der Bürozone aufhalten. Im Mittel kann damit die Zuluft auf 70 % bis 80 % vom Vollbelegungsfall reduziert werden, was Vorteile bei der Bemessung der Lüftungszentralen mit sich bringt und dazu beiträgt, die Betriebskosten zu reduzieren.

Die thermisch aktivierten Bauteile „Bauteilaktivierung“ sind keine regelfähigen Komponenten, sondern die Be- und Entladung von Bauteilen mit Wärme und Kälte. Wirtschaftlich sinnvoll ist es, den Speicher außerhalb der Nutzungszeit thermisch zu konditionieren, um damit in der Betriebszeit die „Grundlast“ zu decken. Aufgrund der Trägheit ist ein Wechsel im Tageszyklus von Heizen nach Kühlen zu vermeiden. Die Entscheidung zur Beladung erfolgt in der vorherigen Nacht. Die Systemtemperaturen liegen im Heizfall bei maximal 30 °C und für den Kühlfall nicht unter 18 °C.

Die übergeordnete Raumautomation beinhaltet folgende Sensoren/Aktoren:

- Raumtemperaturregelung, Unterflurkonvektoren und Kühldecken
- Zuluft-/Abluftmenge über CO₂-Fühler in der Abluft (VVS-Klappe)
- Beleuchtung nach Präsenz und Tageslichtangebot geregelt
- BKT Be- und Entladen über die Speichertemperatur am Etagenverteiler

3.2.1.5 Büro V0 mit Klimaboden | RLT | Zuluft über fassadennahe Bodenauslässe

In der Variante V0 wird das Büro mittels eines Klimabodens beheizt und gekühlt. Zusätzlich unterstützt die Lüftungsanlage bei der Kühlung des Raumes. Die Zuluft wird fassadennah unter dem Fenster in den Raum eingebracht und auf der Innenseite unter der Decke abgesaugt. Damit wird eine hohe Lüftungseffektivität gewährleistet und der Raum optimal durchspült. Die Raumakustik kann in kleineren Büroeinheiten durch Möblierung und Trennwandsysteme erreicht werden. Im Großraum sind zusätzliche akustische Maßnahmen an der Decke notwendig. Die Raumklimavariante ist nur bedingt flexibel, da die Wandstellung im Fassadenraster nur bei entsprechender Planung möglich ist.

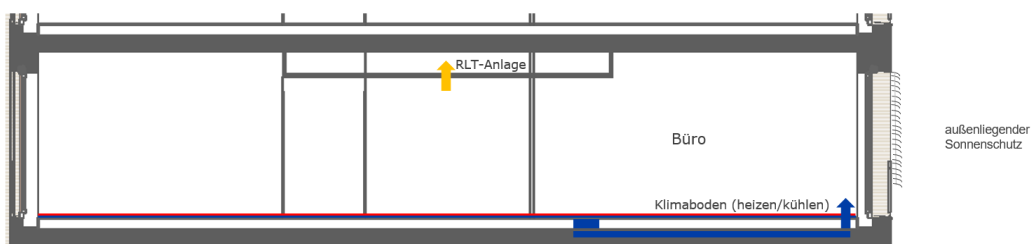


Abbildung 11: Raumklimakonzept Büro V0 Klimaboden mit RLT

Die Auslegeparameter für den Klimaboden sind:

- Auslegetemperaturen Kühlfall 17/21 °C
- Auslegetemperaturen Heizfall 35/28 °C
- Achsweise aktiviert

Ein Musterklimaboden und eine achsweise Aktivierung ist in folgender Abbildung dargestellt:



Abbildung 12: Büro Variante Klimaboden

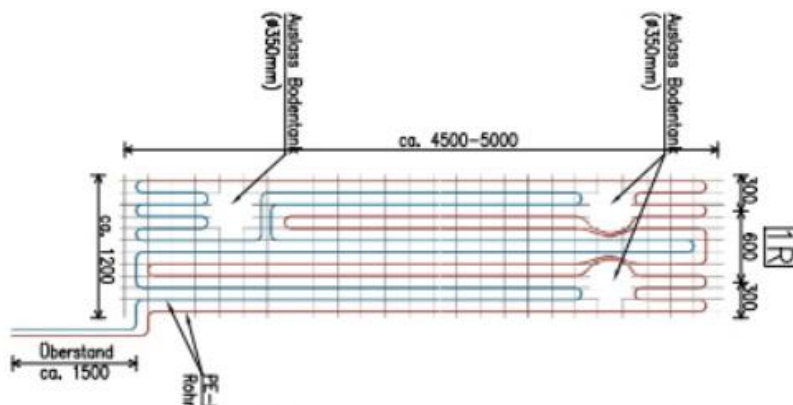


Abbildung 13: Achsweise Aktivierung der Klimaboden

3.2.1.6 Büro V1 mit Klimaboden | RLT | Zuluft über Deckenkoffer

Abweichend zur Variante V0 wird die Luft durch einen Schlitzauslass im Deckenkoffer realisiert oder über eine Zuluftleitung in die Nähe der Büronutzer gebracht. Alle weiteren Parameter sind identisch zur Variante V0.

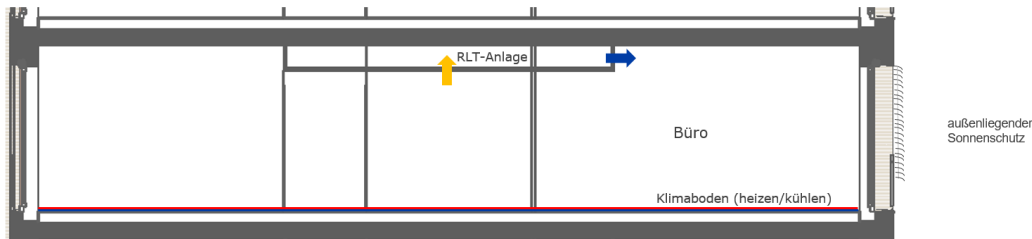


Abbildung 14: Raumklimakzept Büroraum V1 Klimaboden mit RLT

3.2.1.7 Büro V1.A mit Klimaboden | BKT | RLT | Zuluft über Deckenkoffer

In der Variante V1.A wird das Büro neben der Kühlung und Beheizung mittels Klimaboden zusätzlich über eine BKT temperiert. Dadurch entstehen folgende Vorteile:

- Grundlastkühlung über die Decke (BKT), damit wird die Bodenkühlung nur zur Spitzenlast benötigt
- Wertung in der Matrix
- Nutzung der Speichermasse, erhöhter regenerativer Anteil
- Vorteil der Wärmepumpen gegenüber der Fernwärme
- Kälteversorgung der Büros 100 % regenerativ

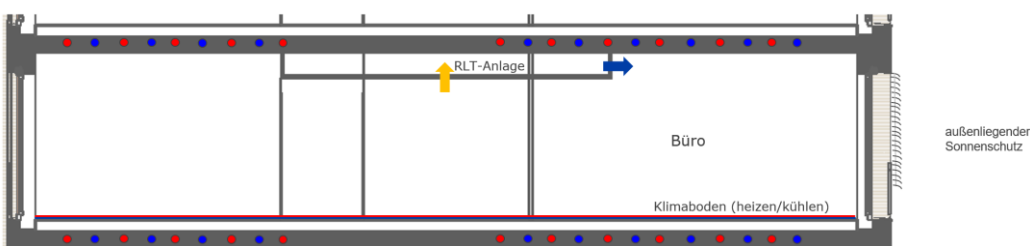


Abbildung 15: Raumklimakzept Büroraum V1.A Klimaboden, BKT mit RLT

Der Belegungsgrad der Betondecken mit den thermischen Kreisen liegt bei ca. 70 % der Nutzfläche. Die BKT hat eine flächenbezogene Heizleistung von ca. 25 W/m² und erfordert eine wasserseitige Anschlussleistung von ca. 40 W/m². Im Kühlfall beträgt die wirksame Kühlleistung im Mittel 25 W/m² und die wasserseitige Anschlussleistung rund 50 W/m².

3.2.1.8 Büro V2 Grundlastsystem BKT | Regelungsfähiges System Heiz-/Kühlsegel mit RLT | Zuluft über fassadennahe Bodenauslässe

Die Heizung und Kühlung der Büroräume erfolgt über die BKTs und die Heiz/Kühlsegel. Dabei bilden die BKTs die Grundlast und die Heiz/Kühlsegel das regelfähige System für den Raum ab. Das Heiz-/Kühlsegel kann zusätzlich als Akustiksegel fungieren. Eine hohe Flexibilität der Rastergestaltung ist bei der Variante vorhanden. Die Wandstellung im Fassadenraster ist möglich. Durch die BKT erhöht sich der regenerative Anteil. Beispielsweise wird durch die Geothermie die Laufzeit der Kältemaschine im Tagbetrieb reduziert, was zu reduzierten Schallemissionen führt. Auch kann die Heizwärme einer Wärmepumpe vorteilhaft in der Variante genutzt werden. Zusätzlich wird durch die Speichermaße der BKT weniger Leistung am Tag gebraucht. Die genannten Punkte bringen zusätzlich Vorteile in der DGNB-Zertifizierung.

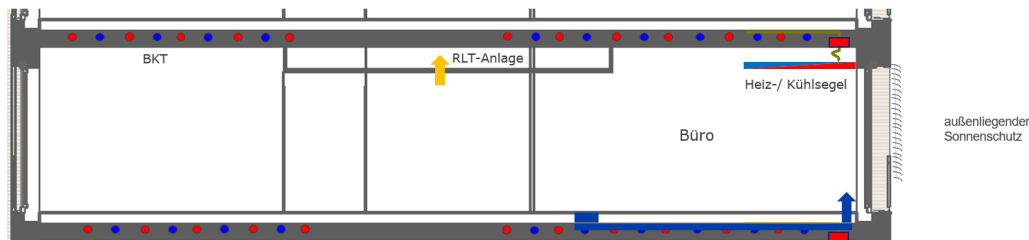


Abbildung 16: Raumklimakonzept Büro V2 Heiz-Kühlsegel, BKT mit RLT

Die Auslegung der Heizleistung ist so vorzunehmen, dass 70 % der Heizlast durch das Deckensegel abgedeckt werden. Die restlichen 30 % können den aktivierten Speichermassen zugeordnet werden. Die Auslegeparameter der Deckensegel sind:

- Auslegetemperaturen Kühlfall 17/21 °C
- Auslegetemperaturen Heizfall 35/28 °C
- Mind. 10 cm Abstand zur Decke und hinterlüftet
- 6-Wege-Umschaltventil zwischen Heizen und Kühlen
- Abklappbar zur Reinigung



Abbildung 17: Mustersystem von ZF

3.2.1.9 Büro V3 Grundlastsystem BKT | Regelungsfähiges System Heiz-/Kühlsegel mit RLT | Zuluft über Deckenkoffer

Die Variante V3 ist abgesehen von dem Zuluftsystem identisch mit der Variante V2. Bei diesem Raumklimakonzept erfolgt wie in der Variante V1 die Zuluft über den Deckenkoffer und wird in den Raum über mehrere Auslässe eingebracht.

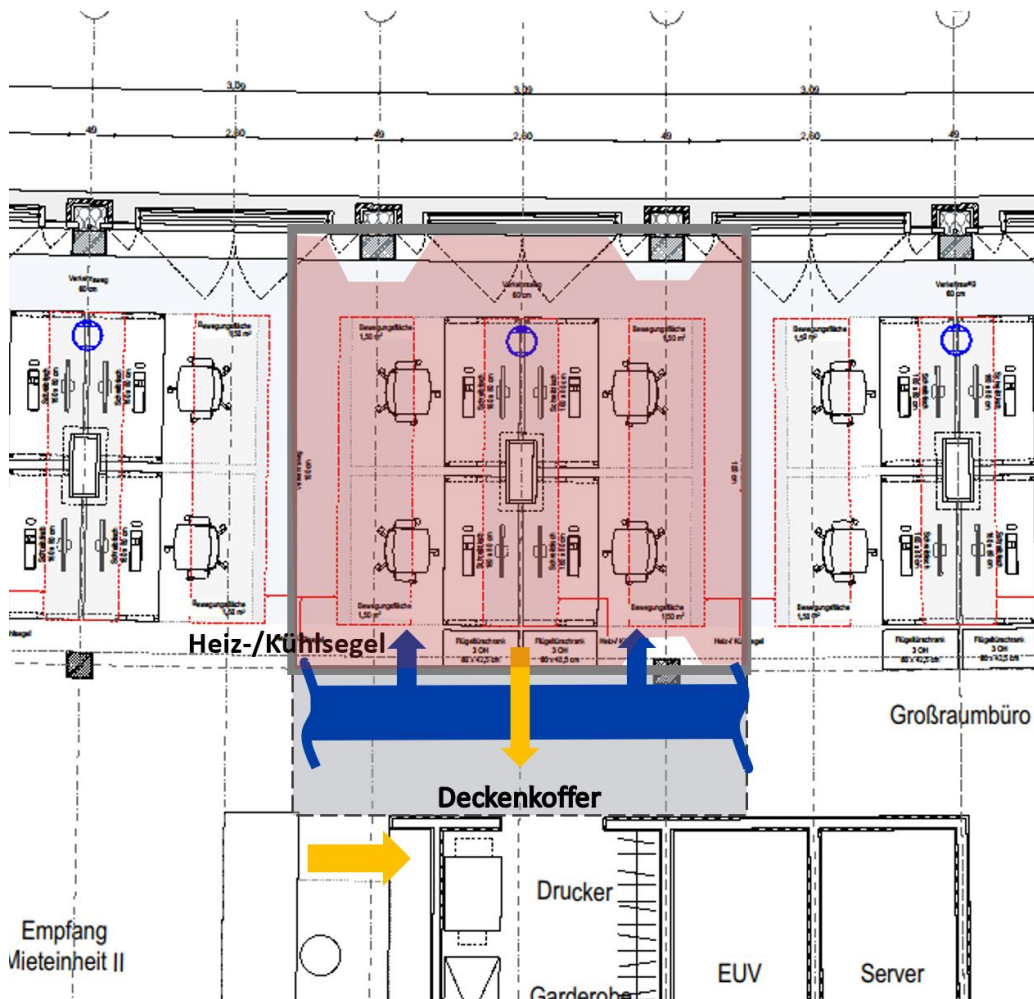


Abbildung 18: Raumklimakonzept V3 Heiz-Kühlsegel, BKT mit RLT – Grundriss

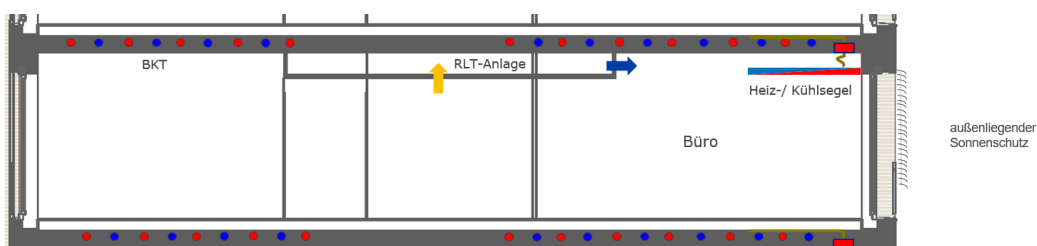


Abbildung 19: Raumklimakonzept V3 Heiz-Kühlsegel, BKT mit RLT

Die Wärme und Kälte wird über ein Deckensegel in den Raum gebracht, das gleichzeitig als akustisch wirksame Fläche dient. Die Deckensegel pro Raum sind in einer Regelgruppe zusammenzufassen. Die Auslegung der Heizleistung ist so vorzunehmen, dass 70 % der Heizlast durch das Deckensegel abgedeckt werden. Die restlichen 30 % können den aktivierten Speichermassen zugeordnet werden. Die Auslegeparameter der Deckensegel sind:

- Auslegetemperaturen Heizfall 17/21 °C
- Auslegetemperaturen Kühlfall 35/28 °C
- Mind. 10 cm Abstand zur Decke und hinterlüftet
- Abklappbar zur Reinigung

3.2.1.10 Büro V4 Grundlastsystem BKT | Regelungsfähiges System Unterflurkonvektor mit RLT & Kühlsegel (bereichsabhängig) | Zuluft über Deckenkoffer Basisvariante

In der Variante 4 ist als Grundlastsystem eine BKT vorgesehen. Als regelungsfähige Einheit werden Unterflurkonvektoren vor den Fenstern eingesetzt. Dadurch wird der Kaltluft an den Fenstern entgegengewirkt. Kühlsegel sind in den thermisch belasteten Bereichen positioniert.

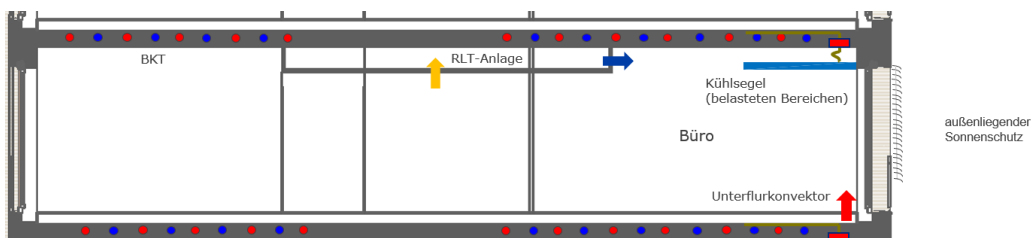


Abbildung 20: Raumklimakonzept V4 Unterflurkonvektoren, BKT mit RLT und Kühlsegeln in belasteten Bereichen

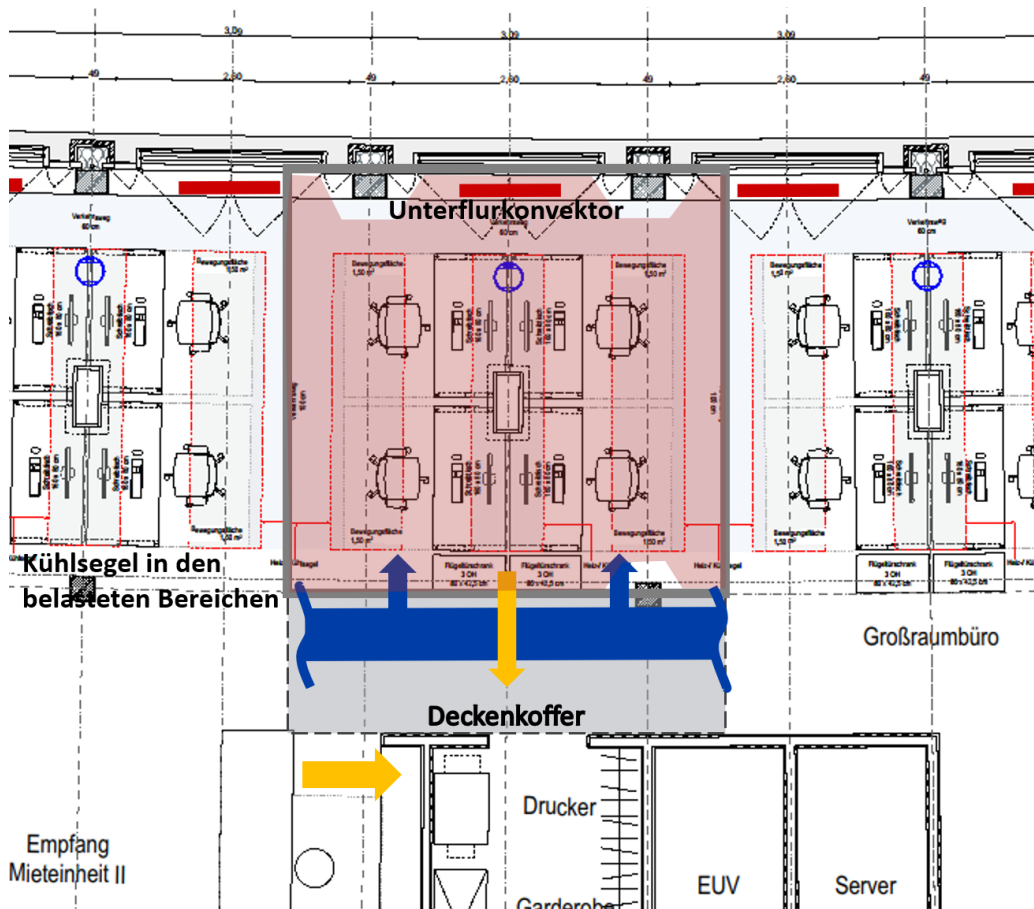


Abbildung 21: Raumklimakonzept V4 Unterflurkonvektoren, BKT mit RLT und Kühlsegeln in belasteten Bereichen – Grundriss

In dieser Variante werden die Vorteile aus der gestalterischen Sicht der V1 und der thermischen und regenerativen Sicht der V3 kombiniert. Einerseits wird mittels reduzierter Deckensegelzahl in einer großen Fläche an Büro die größtmögliche lichte Raumhöhe erreicht. Andererseits kann ein hoher Anteil an regenerativer Energie durch die BKT verwendet werden und nach DIN EN 16798 in der thermische Behaglichkeit ein guter Komfort erreicht werden. Deshalb schlägt das Planerteam V4 als Basisvariante für die weitere Planung vor.

3.2.2 Besprechungszimmer

3.2.2.1 Nutzung Besprechung

Die Besprechungsräume haben nach aktuellem Stand eine Fläche von 330 m² und bieten Platz für 96 Personen. Damit ergibt sich eine Personenbelegung von 0,3 Person/m². Eine sensible Wärmeabgabe von 80 W/Person wird angenommen.

3.2.2.2 Besprechung Raumklimakonzept

Die Besprechungsräume werden über Heiz-/Kühldecken mit Wärme und Kälte versorgt und so konditioniert. Dabei unterstützt sie die RLT-Anlage, wobei durch die höheren Raumluftanforderungen in den Besprechungsräumen die RLT für die nötige Frischluft sorgt. Die Zuluft wird in der Raummitte über einen oder mehrere Quelldraller eingeblasen. Die Abluft wird über eine Schattenfuge abgesaugt, vgl. Abbildung 23.

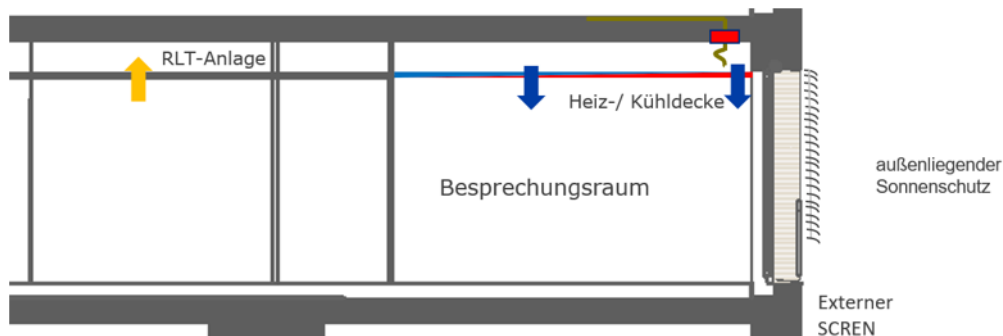


Abbildung 22: Raumklimakonzept Besprechungsraum

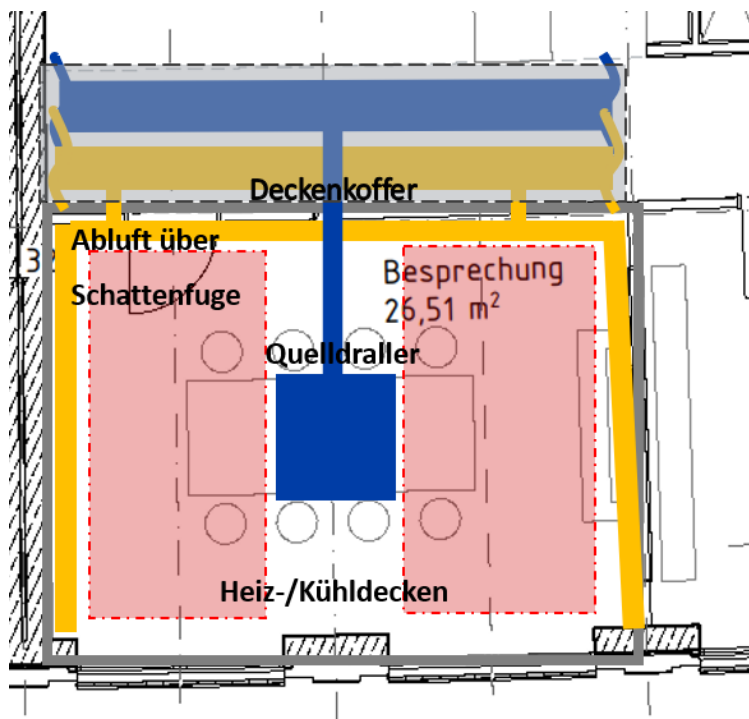


Abbildung 23: Raumklimakonzept Besprechungsraum – Grundriss

3.2.2.3 Beleuchtung Besprechung

Für die Besprechungsräume wird die Beleuchtung über deckenintegrierte Systeme realisiert. Diese ist präsenzgesteuert und tageslichtabhängig geregelt.

Bei den inneren Wärmeeinträgen durch die Beleuchtung wird ein Wert von 6-8 W/m² angenommen.

3.2.2.4 Lüftung Besprechung

Die Zuluft wird durch den Deckenkoffer über ein Quell-Drallauslass in der Mitte des Raumes eingebracht. Die Auslegung der Lüftungsanlage erfolgt nach den Vorgaben der DIN 16798-1 für die Gebäudekategorie 2 und ein schadstoffarmes Gebäude nach einem personenbezogenen und einem gebäudebezogenen Anteil:

- Personen 25 m³/h zuzüglich des
- gebäudebezogenen Anteils von 2,5 m³/m²
- Zulufttemperatur Sommer minimal 20 °C
- Zulufttemperatur Winter maximal 22 °C

3.2.2.5 Raumautomation Besprechung

Die Konditionierung der Büroräume erfolgt über einen CO₂-Regler, welcher die CO₂-Belastung im Raum misst und dementsprechend Zuluft (Frischluft) von der Lüftungsanlage für das Büro fordert. Zusätzlich wird die Zuluft nach dem aktuellen Belegungsgrad gesteuert. Die Temperatur kann rasterweise über die Heizkühlsegel und über die installierten Temperatursensoren geregelt werden.

3.3 Verkaufsfläche

Die Verkaufsflächen von P&C sind im UG, EG und 1.OG geplant. Die Verkaufsfläche beträgt nach aktuellem Stand eine Fläche von ca. 4350 m² (NUF). Es wird von einer Personenbelegung von 0,15 Person/m² ausgegangen. Eine Wärmeabgabe von 80 W/Person wird angenommen. Im Gegensatz zu den Bürozononen existiert für die Verkaufsflächen eine detaillierte Standardbaubeschreibung P&C, Januar 2017 und ein Summary zur Mieterbaubeschreibung Horn/Retail P&C neu. Aufbauend auf diesen Dokumenten und den Optimierungen aus der Lüftungsstudie wird das Raumklimakonzept ausgeführt. Folgende Varianten werden betrachtet:

- V1 Abgehängte Decke – Grundlastsystem RLs und Spitze HK-UL (Basisvariante gemäß Standardbaubeschreibung)
- V2 Offene Decke – Grundlastsystem RLs und Spitze HK-UL
- V2.A Offene Decke – Grundlastsystem RLs und Spitze HK-UL mit BKT

3.3.1.1 Nutzung Verkaufsfläche

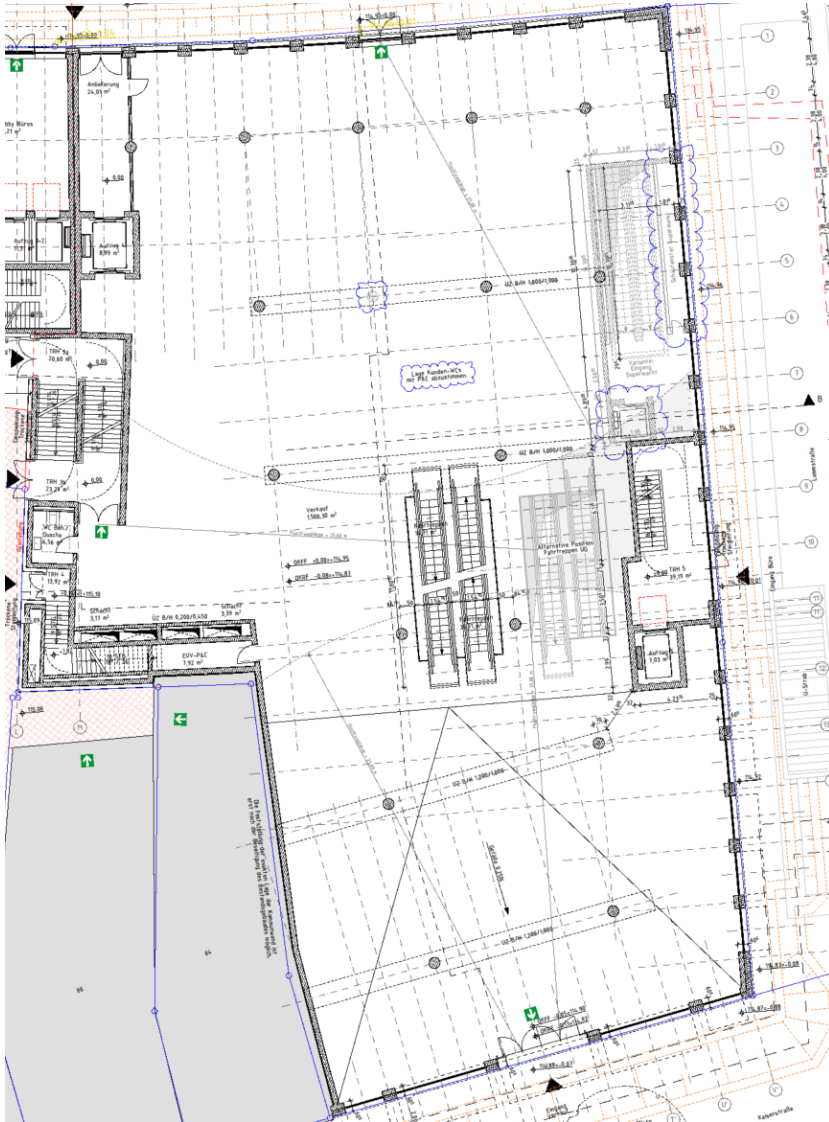


Abbildung 24: Grundriss EG Verkaufsfläche

Erfahrungswerte von P&C für eine typische Verkaufsfläche ohne nennenswerten Fassadenanteil liegen bei einer abzuführenden Kühllast von 50 W/m. Für Zonen mit besonders intensiver Sonneneinstrahlung, oder in intensiv beleuchteten Bereichen müssen zusätzliche Kühllasten berücksichtigt werden. Die Gesamtlast von 60 Watt/m² ist in allen bisherigen Projekten laut P&C auskömmlich gewesen.

- 25 Watt/m² für Personen
- 35 Watt/m² für Beleuchtung (inkl. Dekorationsbeleuchtung)
- = **60 Watt/m² Gesamtlast (Wärme)**

3.3.1.2 Beleuchtung Verkaufsfläche

Gemäß Mieterbaubeschreibung sind die Beleuchtungsanlagen entsprechend der DIN EN 12464-1 / 2, DIN 1838 sowie der Vorschriften der Berufsgenossenschaft und den weitergehenden Vorgaben von P&C zu errichten.

Abweichend von der Norm sind für die Verkaufsräume eine Grundbeleuchtung von bis zu 2.000 Lux zu realisieren. Daher wird eine Beleuchtungsleistung von 22 W/m² für die Auslegung des Raumklimasystems zugrunde gelegt. Folgende Bereiche erhalten eine abweichend Beleuchtung:

- Schaufensterbeleuchtung
- Rückwandbeleuchtung
- Sonderbeleuchtung
- weitere Sonderbeleuchtungen wie Fahrtreppenaue, Kabinenbeleuchtung usw. sind nach der Standardbaubeschreibung auszuführen.

3.3.1.3 Lüftung Verkaufsfläche

Die Konditionierung der Einzelhandelsflächen wird gemäß der Baubeschreibung über die zentrale Lüftungsanlage und zusätzliche Umluftkühlgeräte realisiert. Die Beheizung der Einzelhandelsflächen erfolgt über die zentrale Lüftungsanlage und vorhandene Torluftschleier. Die verschiedenen äußeren Kühllasten werden durch ein sekundäres System über Kanaleinbau-Gebläsekonvektoren und zugehörigen Schlitz- und Drallauslässen abgedeckt. Die Daten sind im Rahmen des Energiemonitorings zu erfassen. Die RLT-Anlage ist gemäß aktueller Planung und den Mindestanforderungen der Standardbaubeschreibung mit einem Rotationswärmetauscher auszustatten, welcher eine Wärmehückgewinnung von 83 % und eine Feuchterückgewinnung von 80 % erreicht. Davon losgelöst wird der Frischluftmengenanteil für die Verkaufsfläche bestimmt, so dass mittels Luftqualitätsfühler und einer bedarfsgerechten Volumenstromregelung immer nur der notwendige Frischluftanteil in den Raum eingebracht wird. Die Luftqualitätsfühler sorgen darüber hinaus für eine Steuerung der Raumluftfeuchte (Enthalpiesteuerung). Die gewählte Luftmenge der RLT-Anlagen für die Verkaufsräume muss mit 100 % Außenluftanteil betrieben werden können, d. h. keine Kanalquerschnittsverringerungen für AU- & FO-Kanalteile. Die Auslegungsparameter werden in Anlehnung an die durchgeführte Optimierungsstudie vom 11.11.2021 gewählt. Diese weichen in Teilen von der Standardbaubeschreibung ab:

Raumlufttemperatur von $22\text{ °C} \pm 1\text{K}$ auf $23\text{ °C} \pm 2\text{K}$
Außenluftstrom von 12 bzw. bis $15\text{ m}^3/(\text{hm}^2)$, in Abhängigkeit der Kühllast
Eine bedarfsgeführte Luftmenge, welche die geforderte Außenluftfrate von $5\text{ m}^3/(\text{hm}^2)$ nicht unterschreitet
In Bereichen mit lokal erhöhter Kühllast (z.B. Fassade) werden folgende Maßnahmen zur Erhöhung der spezifischen Kühlleistung in der angegebenen Reihenfolge umgesetzt:

1. Gezielte Luftabsaugung von warmer Abluft (z. B. über den LED-Wänden oder im Bereich besonderer Glasfassaden, Schaufenster)
2. Lokale Erhöhung des Luftvolumenstroms (z. B. $15\text{ m}^3/\text{h}$ anstatt $12\text{ m}^3/\text{h}$), gegebenenfalls schaltbar im Bedarfsfall
3. Zusätzliche, dezentrale Umluftkühlsysteme (sofern die Maßnahmen 1 und 2 nicht ausreichen)

3.3.1.4 Raumautomation Verkaufsfläche

Die Raumautomation der Verkaufsflächen sind nach Standardbaubeschreibung auszuführen. Beispielsweise soll mittels der GLT ein digitales Zeitsignal für alle relevanten Messstellen/Verbraucher generiert und weitergegeben werden, dabei soll die Ankopplung über das Intranet mittels Ethernet-Port auf der GLT Seite erfolgen. Für die raumlufttechnischen Anlagen ist eine Regelung über eine DDC-Steuerung mit Fernwartungsoption vorzusehen. Hierbei ist der Außenluftanteil entweder durch den CO₂ Gehalt oder den Sollwert der Raumzuluftkaskade zu regeln. Für die Bedienung der RLT-Anlagen sind Touchdisplays (vollgraphische Visualisierung) vorzusehen. Die MSR- und Automationsgeräte sind nach IEC-Norm 61131-2 für Lebenszyklen länger als 15 Jahre und mit hoher Zuverlässigkeit auszuführen. An einem Controller (CPU) des Automationssystems müssen über verschiedenste zentrale digitale und analoge Interface Module (E/A-Ebene) je nach Leistungsklasse bis zu 1024 physikalische Datenpunkte unter Behalt des vollen Funktionsumfangs realisierbar sein. Die gesamte E/A-Ebene muss so konzipiert sein, dass gezogene oder defekte Module nicht die verbleibende E/A-Ebene in Ihrer Arbeitsweise behindern oder sogar zu einem Systemausfall führen können. Weitere Informationen zur Raumautomation der Verkaufsflächen sind in der Standardbaubeschreibung im Anhang zu entnehmen.

3.3.1.5 V1 Abgehängte Decke – Grundlastsystem RLTs und Spitze HK-UL (Basisvariante)

In der Variante 1 für das Raumklima der Verkaufsfläche wird die Grundtemperierung über die RLTs abgebildet. Die Heiz- und Kühllastspitzen werden über Heiz-/Kühlumluftgeräte abgedeckt. Hinter einer abgehängten Decke werden die Versorgungsleitungen der TGA angebracht. Vorteil dieser Variante gegenüber der anderen ist, dass die Decke glatt ist und damit ein klarer und übersichtlicher Raumeindruck entsteht. Zudem ist es möglich die technischen Anlagen größtenteils zu verstecken. Hinzu kommt, dass mittels einer raumakustischen Ausführung Nachhallzeiten im Verkaufsbereich reduzierbar sind und das eine hohe Flexibilität der Nutzung gegeben ist. Als Nachteil sind die erhöhten Kosten für den Ausbau der abgehängten Decke aufzuführen.

Für die Kostenberechnung wurde die Variante V0 als Basisvariante gewählt.

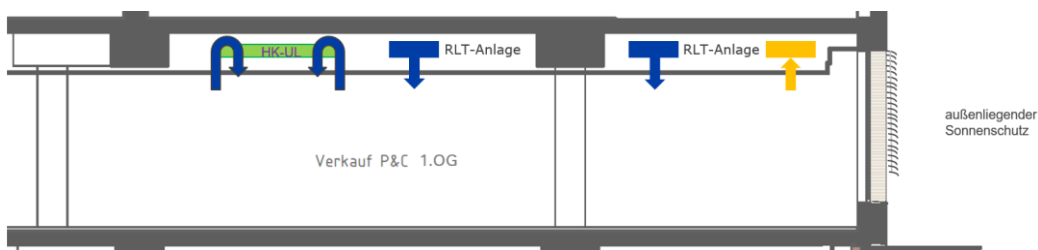


Abbildung 25: V1 Abgehängte Decke – Grundlastsystem RLTs und Spitze HK-UL

3.3.1.6 V2 Offene Decke – Grundlastsystem RLTs und Spitze HK-UL

In der Variante 2 ist die Konditionierung der Verkaufsräume identisch mit der Variante 1 (Grundlastsystem RLTs und Spitzenlastsystem HK-UL). Der Unterschied ist die offene Decke in dieser Variante. Durch die nicht vorhandene abgehängte Decke ergeben sich folgende Vorteile: Einsparung von Kosten und Dämpfung der Temperaturspitzen durch eine erhöhte Raummasse. Als Risiko ist aufzuführen, dass die sichtbare Qualität dieser Variante stark von der Ausführungsqualität der TGA abhängig ist. Zudem müssen Deckenverkleidungen im Bereich der Fahrtreppenaugen und Schaufenster angebracht werden und es kommt zu Staub- und Dreckansammlung an den offenen Installationen an der Decke. Eine Flexibilität der Nutzung ist nur gegeben, wenn die Aufteilung der Verkaufsflächen keinen Bezug zum Deckensystem hat. In dieser Variante sind erhöhte Montagekosten aufgrund der erhöhten Anforderungen bei der TGA Installationen und für partielle Deckenverkleidungen sowie Mehrkosten für eine Wunschfarbe zu berücksichtigen.

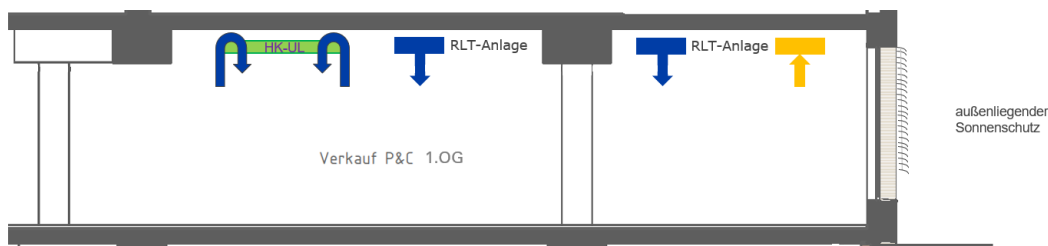


Abbildung 26: V2 Offene Decke – Grundlastsystem RLTs und Spitze HK-UL ggf. BKT

3.3.1.7 V2.A Offene Decke – Grundlastsystem RLTs und Spitze HK-UL mit BKT

Im Vergleich zu der Variante V2 ist in dem hier dargestellten Raumklimakonzept eine BKT vorhanden. Die Nutzung einer BKT erhöht die thermische Behaglichkeit des Raumklimas, indem Wärme sowie Kälte über einen längeren Zeitraum und einer höheren Fläche in den Raum abgegeben werden.

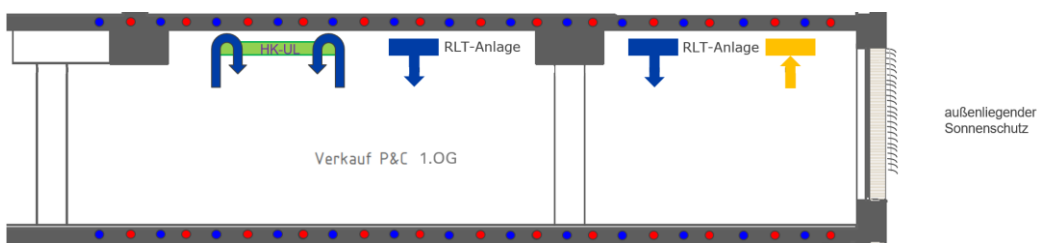


Abbildung 27: V2 Offene Decke – Grundlastsystem RLTs und Spitze HK-UL mit BKT

Ob die Variante thermodynamisch sinnvoll ist, hängt von dem Belegungsanteil der Decke ab. Bei zu hohem Anteil entsteht ein Hitzestau zwischen Segel und Decke. Daneben entstehen durch den Einbau einer BKT Zusatzkosten von ca. 45 €/m². In dem folgenden Kapitel wird vertieft auf die Vor- und Nachteile der Raumklimavarianten der Verkaufsfläche eingegangen.

4 Energieversorgung

4.1 Basisvariante V1

Die Basisvariante besteht aus der Kompressionskältemaschine (KKM) für die Kälteversorgung des Objektes. Hierbei werden sowohl Niedertemperaturkälte für die RLT-Anlagen sowie Hochtemperaturkälte für die Kühldecken, die IT-Kühlung und die BKT durch die KKM bereitgestellt. Über den Fernwärmeanschluss wird das Objekt mit Heizwärme versorgt. Die Wärmeabnehmer des Niedertemperaturwärmenetzes sind BKT, HD, RLT Register Büro und Heizkörper in Nebenräumen. Die Wärmeabnehmer des Hochtemperaturwärmenetzes sind: RLT Register Retail inkl. Torluftschleier, Unterflurkonvektoren und die zentrale Warmwasserbereitung (WWB) der Kantine.

4.2 Energiekonzeptvarianten mit regenerativen Potenzialen

Zur Nutzung der lokalen regenerativen Potenzialen werden Varianten mit Geothermie, Photovoltaikanlage und Wärmepumpe entwickelt, die dazu beitragen, die EH55 Ziele zu erfüllen bzw. zusätzliche Punkte bei der DGNB-Zertifizierung zu erlangen. Ein Übersichtsschema mit der Variante Wärmepumpe und Geothermie und den passenden Temperaturniveaus ist in folgender Abbildung dargestellt:

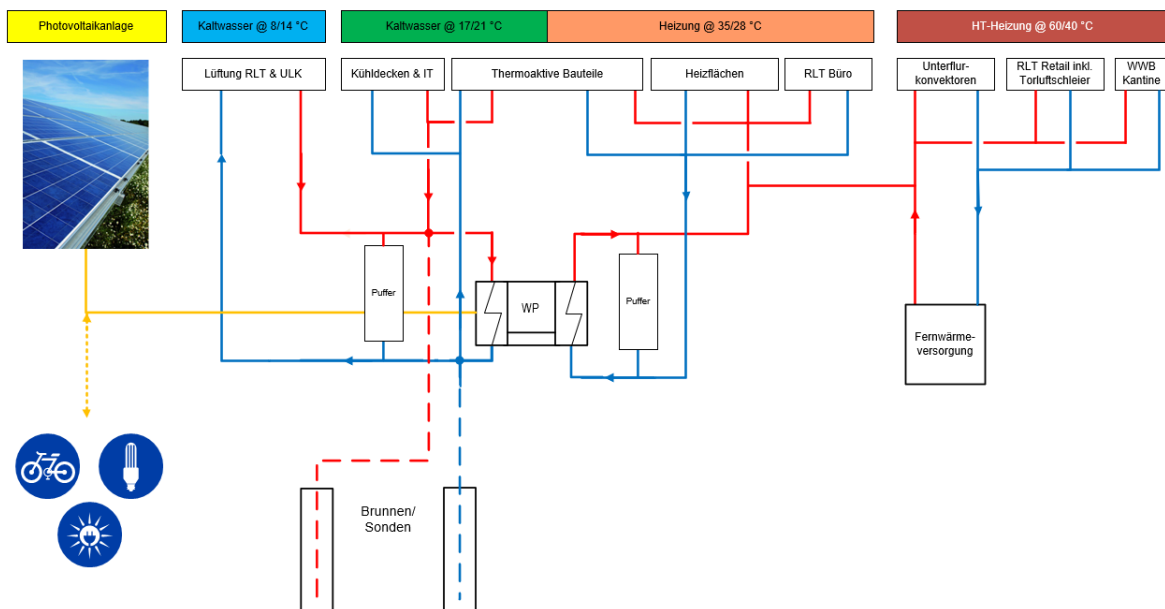


Abbildung 28: Übersichtsschemata Variante Wärmepumpe & Geothermie

Da die Geothermieanlagen entweder als Brunnen oder Sonden ausgeführt werden können, ergeben sich zwei Varianten. Beide Varianten haben gegenüber der Basisvariante den großen Vorteil, dass sie einen Teil des Energiebedarfs über regenerative Energiequellen abdecken. Wie hoch die Deckungsanteile der regenerativen Energiequellen in den einzelnen Varianten ausfallen und welche Anlage welchen Verbraucher im Detail versorgt, wird in Kapitel 5 erläutert.

4.2.1 Geothermische Nutzung durch Brunnen V2

Als eine mögliche Variante der Geothermie bietet sich die Nutzung des Grundwasserleiters an. Das Grundwasser beginnt nicht weit unter der Bodenplatte und ist bis zu einer Tiefe von ca. 40 m nutzbar. Die Ergiebigkeit wird aufgrund der nahegelegenen Bohrungen und der Durchlässigkeit des Untergrundes als hoch eingestuft. Nach Rücksprache mit GHJ ist von folgenden Randbedingungen auszugehen:

- Grundwasserfließrichtung von Südost nach Nordwest
- Ergiebigkeit pro Brunnen 30 – 50 m³/h (Annahme)
- Temperaturen bei 30 – 40 m Tiefe zwischen 15 °C und 14 °C (Annahme)
- 2 x Saugbrunnen (gegebenenfalls nur einer nutzbar) aufgrund Wasseraufbereitung Eisen, Mangan
- 2 x Schluckbrunnen
- Potenzialabschätzung für einen Brunnen für den Heiz- und Kühlfall: 200 bis 300 kW

Die finale Anordnung der Brunnen ist noch nicht im Planungsteam abgestimmt. Es kann aber davon ausgegangen werden, dass bei ausreichenden Abständen zwischen den Saugbrunnen und den Schluckbrunnen, zwei Brunnen durch die Verkaufsfläche von P&C gehen.

Die Brunnenstuben haben eine Abmessung von circa 4 x 2 Metern und müssen für Wartungsarbeiten zugänglich sein. Bei der Wartung ist in der Brunnenstube mit verschmutzten Filtern sowie Sand und sonstigen Ablagerungen zu rechnen, was besondere Anforderungen an die Brunnenstube stellt.

Zusätzlich ist von einer Anlage zur Wasseraufbereitung aufgrund des Eisen- und Mangan Gehaltes auszugehen. Eine mögliche Anlage zur Wasseraufbereitung bietet der Hersteller FERMANOX an. Bei diesem System kann nur ein Brunnenwasser für die energetische Leistung genutzt werden, da sich der Saugbrunnen in der Regenerationsphase befindet.

4.2.1.1 Geothermische Nutzung durch Erdsonden V3

Neben der Brunnenvariante wird eine Variante mit Erdsonden untersucht. Eine Darstellung der Sonden über den Lageplan ist im Folgenden dargestellt:

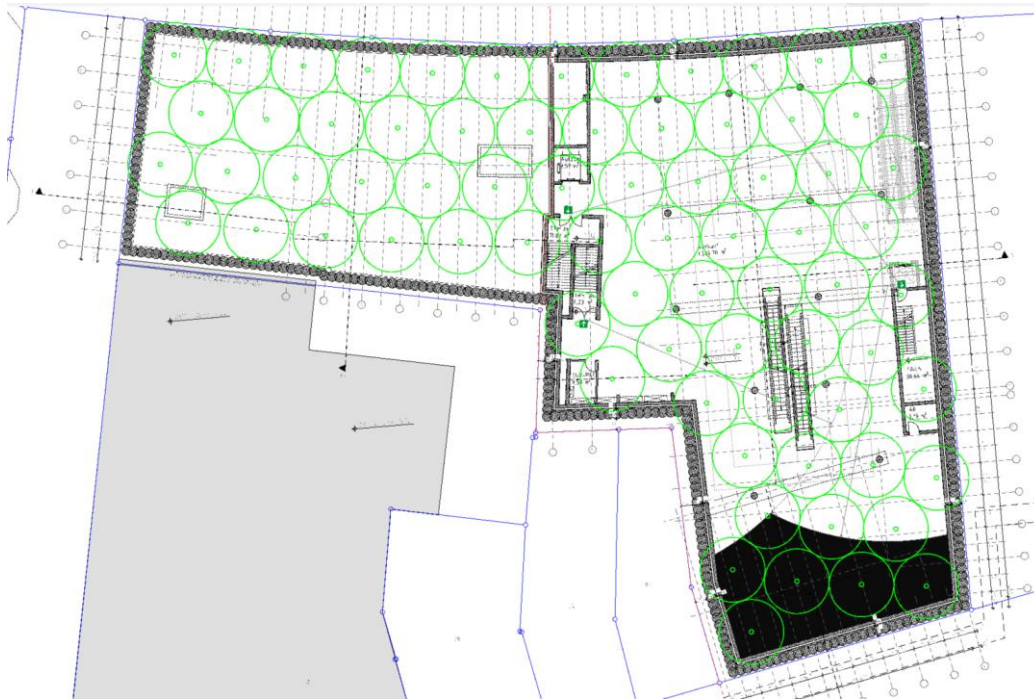


Abbildung 29: Mögliche Anordnung der Brunnen im UG/Plan GHJ

Als eine mögliche Variante der Geothermie bietet sich neben der Variante mit Brunnen, die Nutzung des geothermischen Potenzials mittels Sondenbohrungen an. Nach Rücksprache mit GHJ ist von folgenden Grundbedingungen auszugehen:

Erdsonden:

- Potenzial Erdsonden liegt mit 73 Sonden (mit einer Länge von je 33 Bohrm Metern) bei 2.336 m Sondenmetern
- Temperaturen im oberen Bereich sind gegebenenfalls zu hoch für die Nutzung zu Kühlzwecken. Messstellentemperaturen liegen zwischen 17 und 19 °C. Mit einer Wärme- und Kältenutzung lässt sich die Temperatur im Erdspeicher bei einer adäquaten Bewirtschaftung absenken
- Potenzialabschätzung – Heizfall: 100 bis 150 kW, Kühlfall: 60 bis 80 kW
- Laut GHJ ist mit keiner größeren Temperaturfahne bei der Sondennutzung zu rechnen

Nach Abzug der Dachaufbauten und der notwendigen Durchgangsbereiche und Wartungswege lassen sich ca. 348 Module mit einer Fläche von 630 m² in Ost-West-Ausrichtung realisieren. Die nutzbare Dachfläche liegt – nach Abzug der notwendigen Dachaufbauten und notwendiger Wartungswege – bei 823 m². Die für PV genutzte Dachfläche liegt demnach bei 76 %. Die zugehörigen Flächen sind folgender Abbildung zu entnehmen.

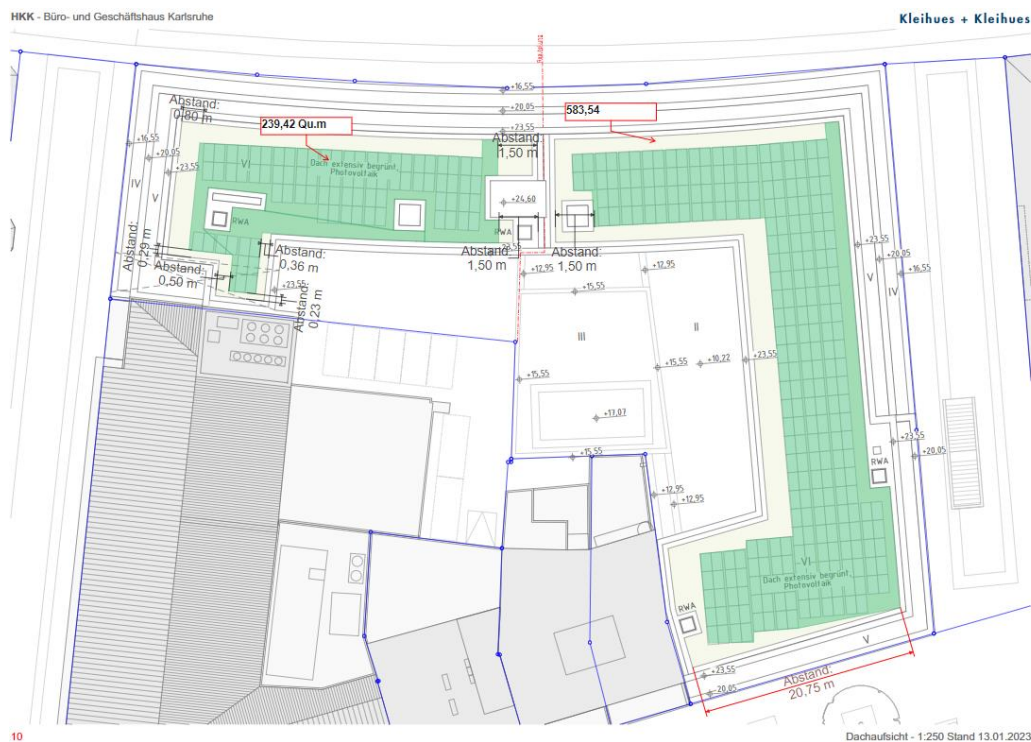


Abbildung 31: Dachaufsicht PV-Anlage Flächenberechnung

Die niedriger gelegenen Dächer, wie beispielsweise das intensiv begrünt Dach im Innenhof und die Dachfläche der Technikzentrale, sind weitgehen durch die umliegenden Gebäudeteile verschattet und bieten sich daher nicht für die PV Nutzung an.

Der PV-Generator wird für eine Peak-Leistung von 140 kW ausgelegt. Mit Hilfe der PV-Anlage werden pro Jahr rund 54.700 kg an CO₂-Emissionen vermieden. Die jährliche Stromerzeugung durch die PV beträgt ca. 117.000 kWh.

In Abbildung 32 ist der Endenergiebedarf für Strom des Gebäudes abgebildet und dem Anteil des erzeugten PV-Stroms gegenübergestellt. Der Anteil der Stromerzeugung durch die PV-Anlage beträgt ca. 20 % an dem Endenergiebedarf (Strom).

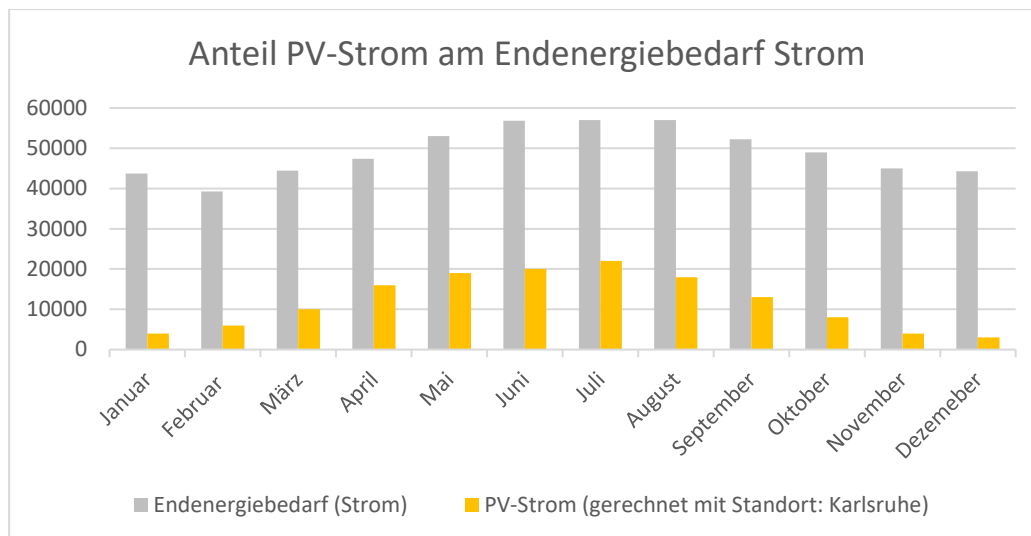


Abbildung 32: Anteil PV-Strom am Endenergiebedarf Strom

4.3 Kälteerzeugung

Nach den Randbedingungen der Kühllastberechnung nach VDI 2078 liegt die benötigte Kälteleistung für das Objekt zum aktuellen Planungsstand bei ca. 675 kW. Bei der Kälteerzeugung wird das Temperaturniveau möglichst hoch gewählt, um eine energieeffiziente Kältebereitstellung sicherzustellen und möglichst viel Kälte aus regenerativen Quellen einspeisen zu können. Die Verbraucher werden je nach Anforderungen auf folgende Temperaturniveaus verteilt:

1. Kühlwassertemperatur auf 8/14 °C
2. Hochtemperaturkälte 17/21 °C für die Entladung der Betonkerne und die Flächenkühlsysteme

Von folgenden Randbedingungen ist bei der Kälteerzeugung auszugehen:

- Nutzung von regenerativen Potenzialen (Abwärme, Geothermie oder Nachtauskühlung) soweit als möglich und sinnvoll
- Hocheffizienzmaschine mit einem EER von näherungsweise 4 wählen
- Speicher um das Takten zu verhindern
- Geringe Geräuschemissionen
- Nutzung der Abwärme bei der Kälteerzeugung zu Heizzwecken
- FC-KW freies Kältemittel oder ein zukunftssträchtiges Kältemittel gemäß der F-Gas Verordnung

4.4 Wärmeezeugung

Die Wärmeversorgung für das Vorhaben erfolgt über das bestehende Fernwärmenetz der Stadtwerke Karlsruhe. Der zugehörige Primärenergiefaktor wird von den Stadtwerken mit $f_p = 0,24$ angegeben. Der Anschluss an das Fernwärmenetz ist im Norden des Vorhabengrundstücks vorgesehen. Analog zur Kälteversorgung werden die Wärmeverbraucher folgenden Kreisen zugeordnet:

1. Hochtemperaturwärme 60/40 °C
2. Niedertemperaturwärme zur Nutzung regenerativer Potenziale (35/28 °C)

Von folgenden Randbedingungen ist bei der Wärmeezeugung auszugehen:

- Wärmepumpe mit mindestens dem geforderten Deckungsanteil von 20 % aus dem EH55 Antrag inklusive Pufferspeicher planen
- Abwärme aus Abluft, Kälteerzeugung usw. soweit als möglich nutzen
- Hocheffizienzmaschine mit einem COP von mindestens 6,5 (W10/W35)
- Effizienzklasse bei 35 °C im Idealfall A+++

4.5 Verteilung (Wärme/Kälte)

Von folgenden Randbedingungen ist bei der Wärmeverteilung auszugehen:

Rohrreibung: maximal 100 Pa/m (ohne Einzelverluste)
Hydraulische Weiche als Pufferspeicher einbinden
Maximale Geschwindigkeiten
Anschlussleitungen: bis maximal 0,5 m/s
Steigstränge: bis maximal 0,6 m/s
Hauptverteilungen: bis maximal 0,85 m/s

4.6 Warmwasserversorgung

Die Warmwasserbereitung ist dezentral geplant, im Bürobereich über elektrische Kleindurchlauferhitzer. Bei Umsetzung der Variante Gastronomie im Erdgeschoss wird gegebenenfalls ein zentrales Speicherladesystem für diesen Teilbereich erforderlich.

5 Energiebedarf & Wirtschaftlichkeit

Um die Energiekonzepte zu vergleichen, werden die Heiz- und Kälteleistungen sowie die Deckungsanteile der Geothermie ermittelt. Aus den festgelegten Raumklima-Basisvarianten der verschiedenen Bereiche des Objektes ergeben sich Kälte- und Wärmeverbraucher sowie deren Jahreslastgänge.

5.1 Kältebedarf

Im Folgenden ist der Jahreslastgang der Kälteleistung dargestellt. Kälte wird für die BKT, die RLT Büro und Besprechungsräume, die RLT Retail, die Kühldecken der Besprechungsräume und die ULKs der Serverräume benötigt. Hieraus ergibt sich ein sortierter Jahreslastgang der Kälte:

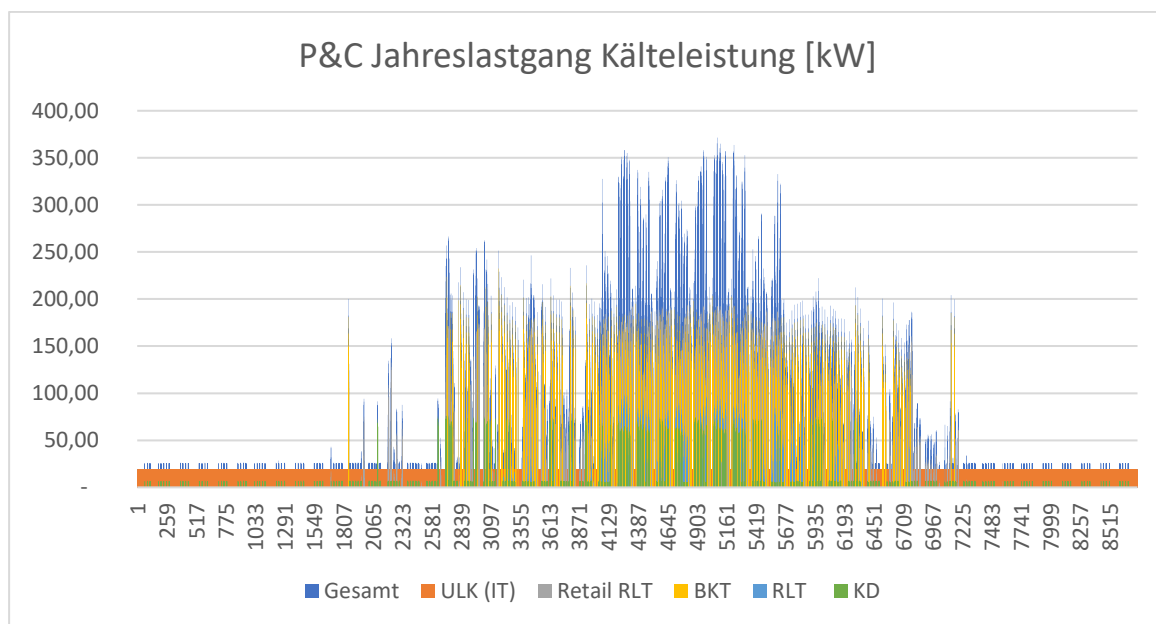


Abbildung 33: Jahreslastgang Kälte

Für die Konditionierung der Räume des Gebäudes ergibt sich ein Kältebedarf von ca. 526.000 kWh und eine Peakleistung (Kälte) von ca. 391 kW. Nach den Randbedingungen der Kühllastberechnung nach VDI 2078 liegt die benötigte Kälteleistung für das Objekt bei 675 kW. Unter Berücksichtigung der Gleichzeitigkeit wird eine Erzeugerleistung von 600 kW gewählt.

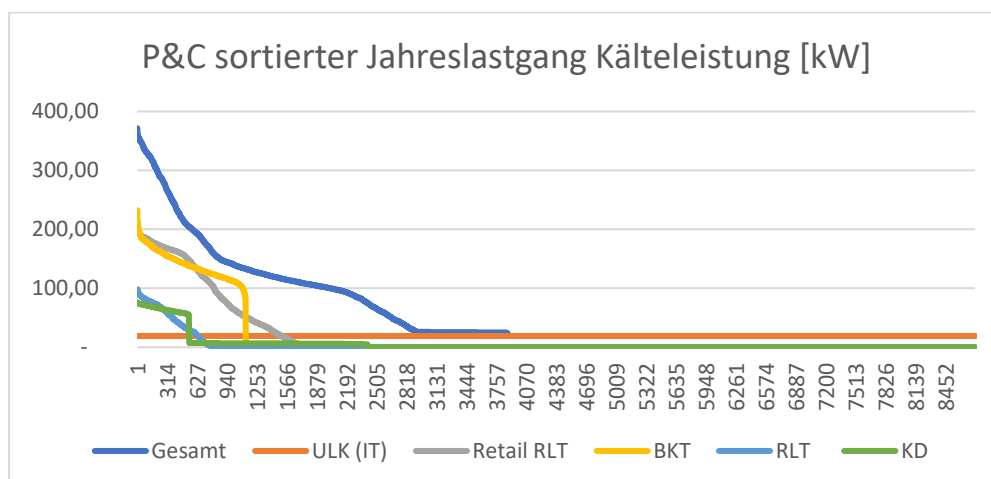


Abbildung 34: Sortierter Jahreslastgang Kälte

Dabei werden 30 % des Kältebedarfs von der BKT benötigt. Die Kühldecken benötigen 9 % an dem Gesamtkältebedarf. Die RLT der Büro- und Besprechungsräume gebrauchen 7 % an dem Kältebedarf, die RLT der Verkaufsflächen 31 % und die ULK zur Kühlung der Serverräume 32 %.

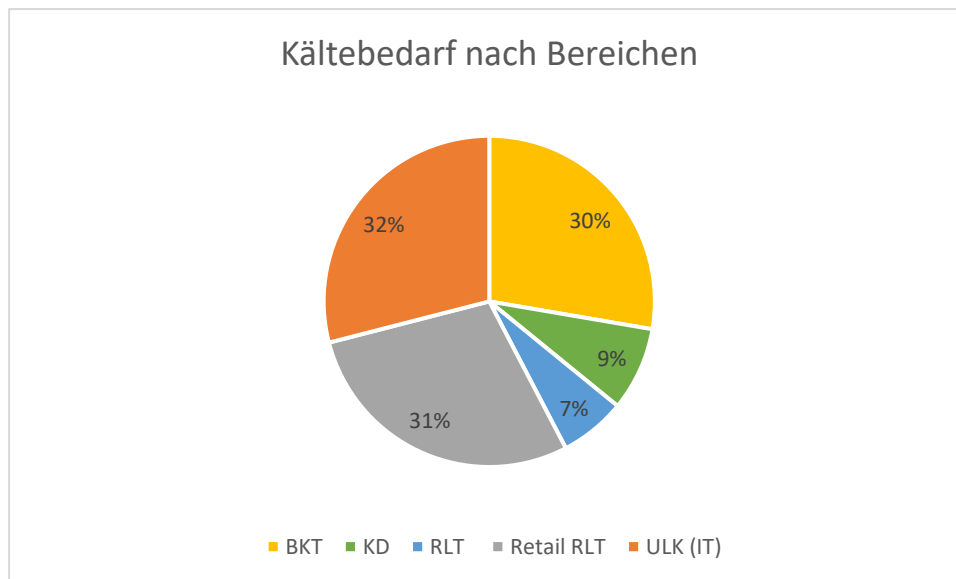


Abbildung 35: Anteile am Kältebedarf

In der Basisvariante wird die benötigte Kälte vollständig durch die KKM erbracht. In der Variante 2 (als Kältemaschine betriebene WP plus Brunnensystem) wird ein Teil des Kältebedarfs (56 %) über das regenerative System abgedeckt. Hierbei werden die Niedertemperaturkältesysteme RLT (Büro und Besprechung) und RLT Retail nicht über die Geothermie/WP sondern wiederum über eine KKM versorgt. In der Variante 3 werden 21 % der Gesamtkälte durch die Sonden und als Kältemaschine betriebene WP gedeckt, dabei wird die BKT mit Hochtemperaturkälte (17 °C) von der Geothermieanlage versorgt. Die restliche Kälteversorgung wird über KKM bereitgestellt.

In der Variante V4 wird die BKT regenerativ über die WP plus Rückkühler be- und entladen. Nachts wird die IT ebenfalls über die WP plus Rückkühler gekühlt, wodurch sich ein regenerativer Deckungsanteil von ca. 32 % des Kältebedarfs ergibt.

5.2 Wärmebedarf

Die Heizungssysteme BKT, Heizdecken, Unterflurkonvektoren, Heizkörper in Nebenflächen, RLT Büro, RLT Verkauf inklusive Torluftschleier und WWB Kantine ergeben sich aus den Basisvarianten der Raumklimakonzepte der einzelnen Bereiche. Die Bezeichnung HD beinhaltet in der Grafik einerseits die Heizdecken der Besprechungsräume, andererseits die Unterflurkonvektoren der Bürozimmer.

Für die Konditionierung der Räume des Gebäudes ergibt sich ein Wärmebedarf von ca. 300.000 kWh. Nach den Randbedingungen der Heizlastberechnung nach VDI 6020 liegt die benötigte Heizleistung für das Gesamtobjekt bei 700 kW. Aus der Summe der HT-Leistung (100 kW) zzgl. RLT Retail resultiert eine HT-Auslegungsleistung von 400 kW.

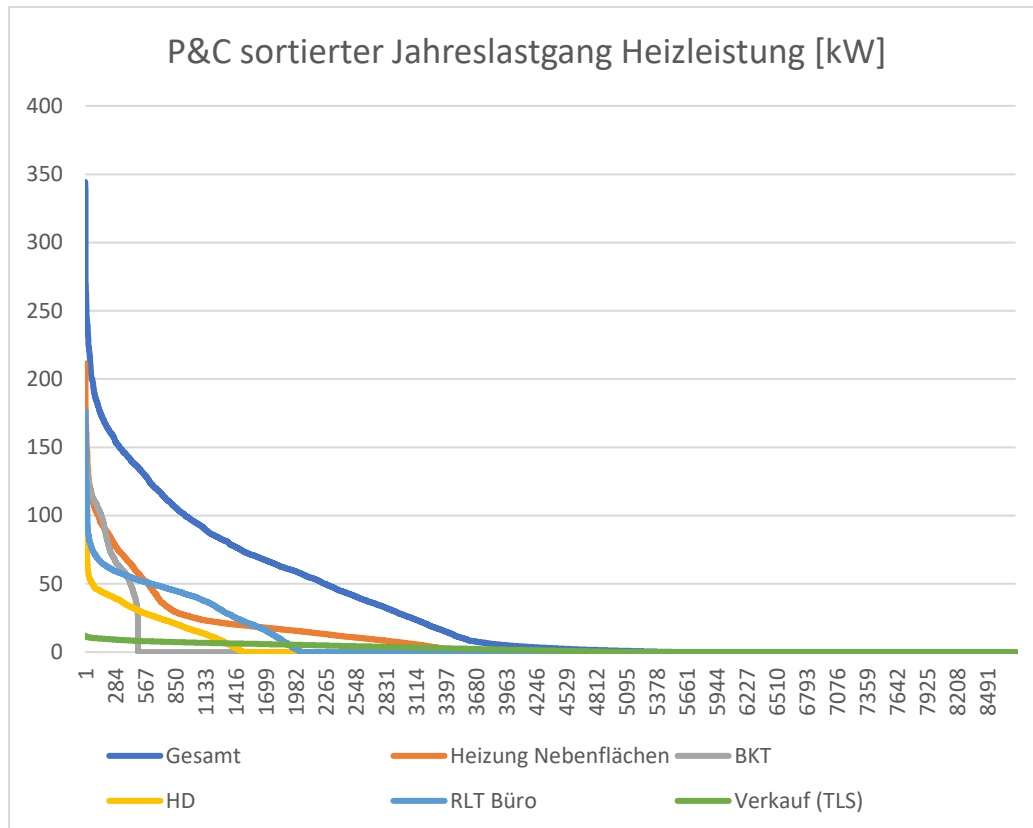


Abbildung 36: Sortierter Jahreslastgang Wärme

Von den 300.000 kWh Wärmebedarf werden 35 % für die Heizung der Nebenflächen benötigt. 14 % der Wärme wird durch die BKT und weitere 14 % über die HD verbraucht. Die RLT für die Büro und Besprechungsräume benötigt 29 % der gesamten Heizwärme und 8 % wird für die Torluftscheier der Verkaufsbereiche benötigt.

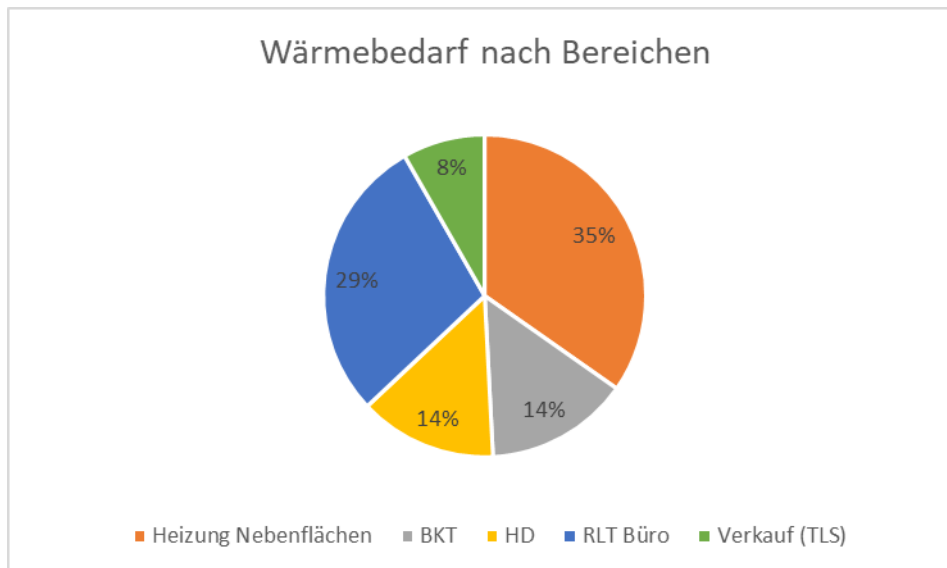


Abbildung 37: Anteile am Wärmebedarf

Bei dem Basiskonzept wird die Heizwärme ausschließlich über Fernwärme gedeckt. In der Variante 2 des Energiekonzeptes erzeugt die WP mit Brunnen 84 % der benötigten Gesamtwärme. Hierbei werden alle Verbraucher außer der RLT Retail inkl. Torluftschleier, Unterflurkonvektoren und WWB Kantine versorgt, welche Hochtemperaturwärme benötigen. Die Hochtemperaturwärme wird durch die Fernwärme bereitgestellt. Die WP plus Sonden decken in der Variante 3 43 % des Wärmebedarfs des Gebäudes ab. BKT, HD und die Heizung der Nebenflächen werden hierbei regenerativ versorgt. Die restliche Heizwärme wird über die Fernwärme erbracht.

In der optimierten Variante V4 wird das hohe Temperaturniveau der Abluft der Verkaufsfläche genutzt um die WP regenerativ zu betreiben. Hierbei werden wie in Variante V2 alle Verbraucher abzüglich der RLT Retail, den Torluftschleiern, der Unterflurkonvektoren und der WWB der Kantine über die WP versorgt. Hieraus ergibt sich ebenfalls ein regenerativer Deckungsanteil von 84 % des Wärmebedarfs.

5.3 Nachhaltigkeit

Neben der Wirtschaftlichkeit ist die Nachhaltigkeit ein wichtiges Entscheidungskriterium in diesem Projekt. In diesem Bereich wird als Vergleichsgröße die CO₂-Emission dargestellt. Für die Fernwärme in Karlsruhe wird ein CO₂-Emissionsfaktor von 82 g/kWh Wärme angenommen. Der Emissionsfaktor (2022) des deutschen Stroms beträgt 420 g/kWh Strom. Die Variante V2 schneidet bezüglich der CO₂-Emissionen am besten ab (59 tCO₂/a). Unter Einbeziehungen der LCC Bewertung erreicht die Variante 4 das Gesamtoptimum bezüglich der Nachhaltigkeit und erfüllt gleichzeitig die Anforderungen aus den KfW Fördermitteln. Variante 1 ist mit 73 t_{CO2}/a das am wenigsten nachhaltige Energieversorgungskonzept.

Vergleichsrelevante CO₂-Emissionen als CO₂-Äqv.

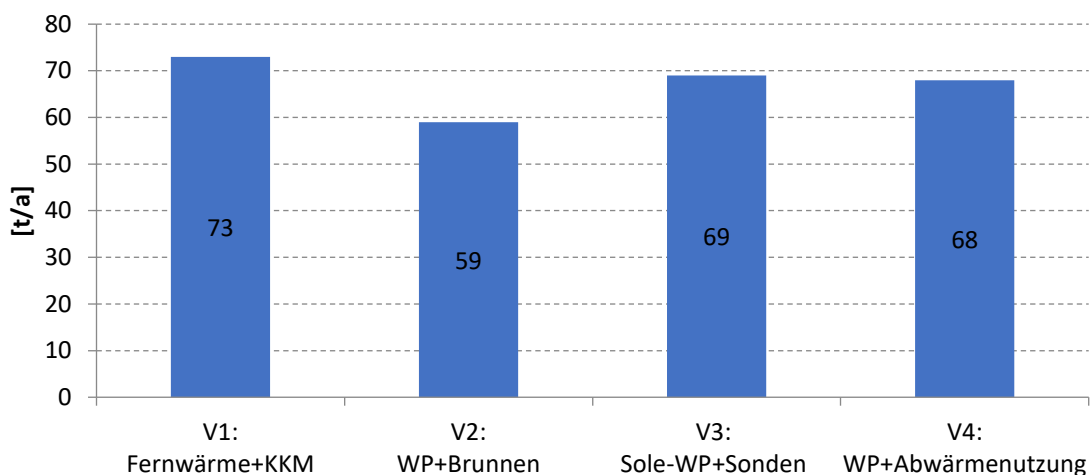


Abbildung 38: CO₂-Emissionen der Varianten

Zusätzlich werden die einzelnen Konzepte nach der LCC und LCA bewertet.

6 Zusammenfassung/Empfehlung

Das Energieversorgungskonzept mit einer Wärmepumpe von ca. 200 kW bietet unter den gegebenen Randbedingungen sowohl bei der Ökobilanz, als auch bei der Berechnung der Lebenszykluskosten das Optimum. Die Variante 4 mit Nutzung der Abwärme im Gebäude und den vorhandenen Rückkühlern ist im Bereich der Betriebs- und Wartungskosten vorteilhaft gegenüber den Varianten mit Geothermie und wird daher zur Umsetzung empfohlen.

Bei den Varianten der Raumklimasysteme wird die Variante 3 mit den Heizkühlsegeln über den Arbeitsplätzen zur Umsetzung empfohlen, da diese Variante eine hohe Flexibilität im Bereich der Mietersonderwünsche mit sich bringt, flexibel an die benötigte Kühllast angepasst werden kann und bezüglich der thermischen und akustischen Behaglichkeit die beste Variante darstellt. Das Aktivieren der vorhandenen Betondecken in den Büroetagen nutzt die vorhandenen Potenziale optimal und reduziert die im Tagbetrieb benötigte Erzeugerleistung.

Mit diesen Varianten werden die Ziele aus dem KfW EH55 Antrag überschritten und die maximale Punktezahl in den zugehörigen DGNB Kriterien erreicht.

Dieser Bericht umfasst 45 Seiten (inklusive Deckblatt).

Mannheim, 27.01.2023

Drees & Sommer SE