

Energie- und Zukunftsspeicher Heidelberg

Bauherr: Stadtwerke Heidelberg

Architekt: LAVA

Tragwerksplaner: sbp

Energiekonzept: Transsolar

Kinetische Fassade: White Void

Weit mehr als eine Riesenthermoskanne:

Fernwärmespeicher als dynamische Skulptur bietet Aussicht und Erlebnisraum.

Die Stadtwerke Heidelberg betreiben ein ausgedehntes Fernwärmenetz mit einer Netzhöchstlast von 220 bis 250 MW. Am Standort Pfaffengrund entsteht ein Fernwärmespeicher und ein Technikgebäude zur Unterbringung der technischen Anlagen.

Der „Energie- und Zukunftsspeicher“ dient der Speicherung von Wärme in Form heißen Wassers für das Fernwärmenetz und macht das Energiesystem flexibler: Wenn viel Strom gebraucht wird, wird die gleichzeitig erzeugte Wärme gespeichert – wie in einer überdimensionalen Thermoskanne. In kalten Zeiten, wenn die Verbraucher heizen müssen, wird sie dann wieder abgegeben.

Der Energieversorger ersetzt so Öl und Gas bei Kältespitzen durch Wärme aus erneuerbaren Energien und hocheffizienter Kraft-Wärme-Kopplung.

Möglich macht das der atmosphärische Zweizonenspeicher:

In der unteren Zone mit einem Volumen von 12.800 Kubikmetern wird heißes Wasser bis maximal 115°C gespeichert.

Der obere Teil des Speichers ist mit kälterem Wasser befüllt. So entsteht der nötige Druck, damit sich das Heizwasser auch bei über 100°C einlagern lässt - denn sonst würde es verdampfen.

Die Abmessungen der zylindrischen Speicherhülle betragen ca. 25 Meter Durchmesser bei einer Höhe von ca. 40 Metern.

Um den Speicher herum wird eine Fassadenkonstruktion errichtet. Auf der adaptiven Hülle aus beweglichen Plättchen um das Gebäude wird das Sonnenlicht im Wind glitzern. Wogen von Licht und Bewegung sollen wellenförmig über die Oberfläche gleiten. Niedrigenergie-LED-Leuchten werden auch nachts für sichtbare Dynamik sorgen.

Über den Speicher kommt eine gastronomische Einrichtung mit Aussichtsplattform, was zur Gesamthöhe von etwa 55 Metern führt, Aufzüge und eine umlaufende Treppe sorgen für die Erreichbarkeit. Die Nutzung der Ebenen auf dem Speicher wird auf maximal 200 Personen begrenzt. Weitere öffentlich zugängliche Neben-/Zugangsbauwerke werden am Fuß des Speichers errichtet und durch eine Parkanlage ergänzt.

Das Highlight des öffentlich zugänglichen Bistros und des Veranstaltungsraumes auf dem Dach des Speichers ist zweifelsohne die Rundum-Aussicht über das Rhein- und in das Neckartal Richtung Heidelberger Altstadt. Es stellt sich also die Frage:

„Welche Art von Fassade vereint die Anforderungen nach Wärmeschutz im Sommer, guter Tagesbelichtung und ungehinderter Aussicht während der Nutzungszeit?“

Tageslicht, Verschattung und Aussicht

Hier setzt die Arbeit von Transsolar in diesem Projekt an:

Freie Sicht nach außen, überall genügend Tageslicht und angenehmes Klima innen; dabei immer mit Rücksicht auf Ressourcen, Nutzer, Kosten und offen für neue, andere, auch ungewöhnliche Lösungen. Simulationen an Computermodellen verknüpft mit standortbezogenen Wetterdaten sind hierfür die Werkzeuge.

Die 4,4m hohe, rundum verglaste Fassade des Obergeschosses ist im Prinzip ideal für die freie Aussicht. Problematisch ist jedoch die mögliche Sonneneinstrahlung. Möchte man die solaren Wärmeeinträge allein mit Sonnenschutzverglasung abfangen, bekommt man bei niedrigstem g-Wert eine zu starke Färbung des Tageslichts.

Ein verfahrbarer, außenliegender Sonnenschutz reduziert zwar effektiv die solaren Gewinne, aber er behindert gleichfalls den Ausblick (Analogie Gletscherbrille).

Alternativ dazu bietet ein feststehender horizontaler Sonnenschutz das Potential von Fassadenverschattung bei gleichzeitigem Außenbezug (Analogie Sombrero)

Die Folgefrage heißt: „Wie muss ein feststehender Sonnenschutz gestaltet sein, um den Anforderungen an Tageslicht, Verschattung und Aussicht gerecht zu werden?“



Abbildung 1: Gletscherbrille vs. Sombrero

Source: www.schutzbrillen.com/tl_files/georg-schmerler/produkte/big/2583220g.jpg
source: www.hutstuebele.com/Hutshop-Schildmuetzen-Basecaps.html

„Solarrose“ als Entwurfswerkzeug

Als Datum für die Auslegung des feststehenden Sonnenschutzes wurde der 15. August gewählt – ein Tag, an dem der Sonnenstand insbesondere im Süden abnimmt, jedoch die Außentemperatur gerne noch hoch ist. Das heißt, an einem sonnigen Tag könnte es schnell zu warm werden.

Der Grenzwert der max. in der Tagessumme auf die Fassade fallenden solaren Einträge wurde auf 1.5 kWh/m² festgelegt. Eine Größenordnung, die zum einen sicherstellt, dass der sommerliche Wärmeschutz nach DIN 4108 erfüllt wird, zum anderen auch bei Vollbelegung die Möglichkeit offenhält, einen hohen thermischen Komfort mittels Strahlungskühlung zu erreichen.

Eine Solarrose (abgeleitet von der typischen Darstellung einer Windrose) zeigt in Abbildung 2 das Ergebnis der Simulation. Je nach Orientierung kann der notwendige geometrische Quotient zwischen Tiefe des Überhanges d zu Höhe der Glasfassade h abgelesen werden, der notwendig ist, um im Tagesmittel den Zielwert der solaren Einträge zu erreichen.

Solare Einstrahlung [kWh/m²/Tag]
23.08

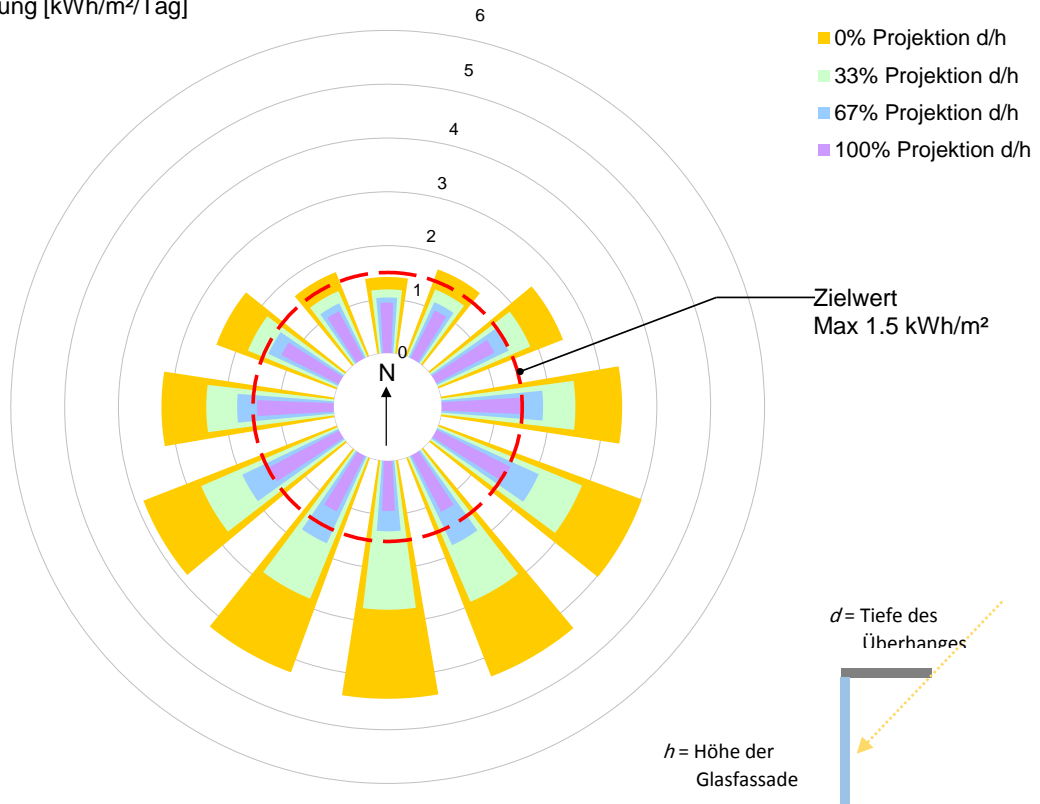


Abbildung 2: Solarrose

Auch wenn es auf den ersten Blick ähnlich aussieht, die Darstellung zeigt nicht den „Sombbrero“! Die „Kuchenstücke“ repräsentieren die Menge an Sonneneinstrahlung.

Die „ganze Torte“ wäre viel zu viel des Guten, nur die „Spitzen“ innerhalb des rot gestrichelten Kreises mit dem Wert 1,5 wären genug.

Daraus kann die Tiefe des „Dachüberstandes“ bestimmt werden. Bei der Glasfassade mit 4.4m Höhe würde eine volle Abschattung mit $d/h=1$ eine Auskragung von 4.4m erfordern– was zum einen zu konstruktiven Problemen, zum anderen zur Einschränkung von Tageslicht in der Raumtiefe führt. Übersetzt in die Analogie des Sombreros: Ein solcher wäre zu groß.

So wurde die Fassade weiter optimiert (Abbildung 3), das Ergebnis ist eine Kombination:

Waagerechter fester Sonnenschutz, darüber „Rollos“, die nach Bedarf Licht einfallen lassen.

Mit diesem Hybrid endet die Analogie zum klassischen Sombrero, denn die nun nicht ganz so große „Hutkrempe“ wird abgesenkt und darüber mit „Rollos“ ergänzt.

Der Überhang auf einer Höhe von 2.2m gewährleistet die freie Sicht für die Nutzer, während im oberen Bereich der verfahrbare Screen den sommerlichen Wärmeschutz sicherstellt und doch maximale Tageslichtnutzung während bewölkter Tage ermöglicht.

Der feststehende Sonnenschutz wird innen formal fortgeführt und reduziert den Kaltluftabfall an der

Glasfassade. Der obere Bereich wird für die natürliche Lüftung mittels motorisch angetriebener Lüftungsflügel genutzt.

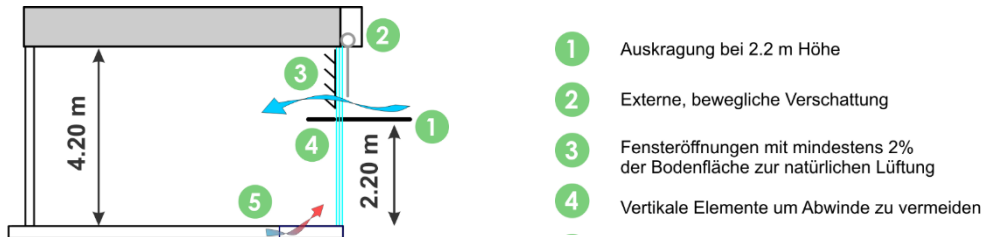


Abbildung 3: Fassadenschnitt mit Klimakonzeptelementen

Wendet man nun das aus der Solarrose gewonnene Wissen an auf eine zu verschattende Resthöhe der Fassade von 2,2m, ergibt sich die unregelmäßige, weil angepasste Form der „Krempe“, also des Überhangs, wie in Abbildung 4 dargestellt.

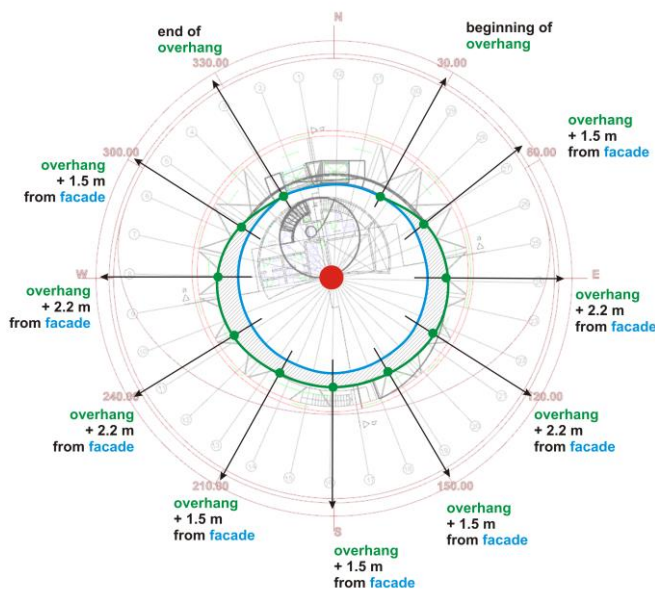


Abbildung 4: Form des Überhangs (grüne Linie) mit dessen Tiefen zur Fassade (blaue Linie), abhängig von der Orientierung

Die Bewertung der Tageslichtqualität des Veranstaltungsbereiches mit 15m Raumtiefe und des Bistros durch Ermittlung der räumlichen Verteilung des Tageslichtquotienten auf Tischhöhe (85cm) zeigt in Abbildung 5 den Vergleich zwischen feststehendem Sonnenschutz (Oberlichtbereich mit feststehenden Lamellen entsprechend den Vorgaben der „Solarrose“) und der favorisierten Variante als Hybrid aus feststehendem Überhang und verfahrbaren, außen liegendem Sonnenschutz (=„Rollos“) im Oberlichtbereich. Der Ergebnisse zeigen, dass der Raum bei dem Hybrid trotz feststehender Verschattung sehr gut ausgeleuchtet ist mit geringem Tageslichtgefälle von Fassade zu Raummitte.

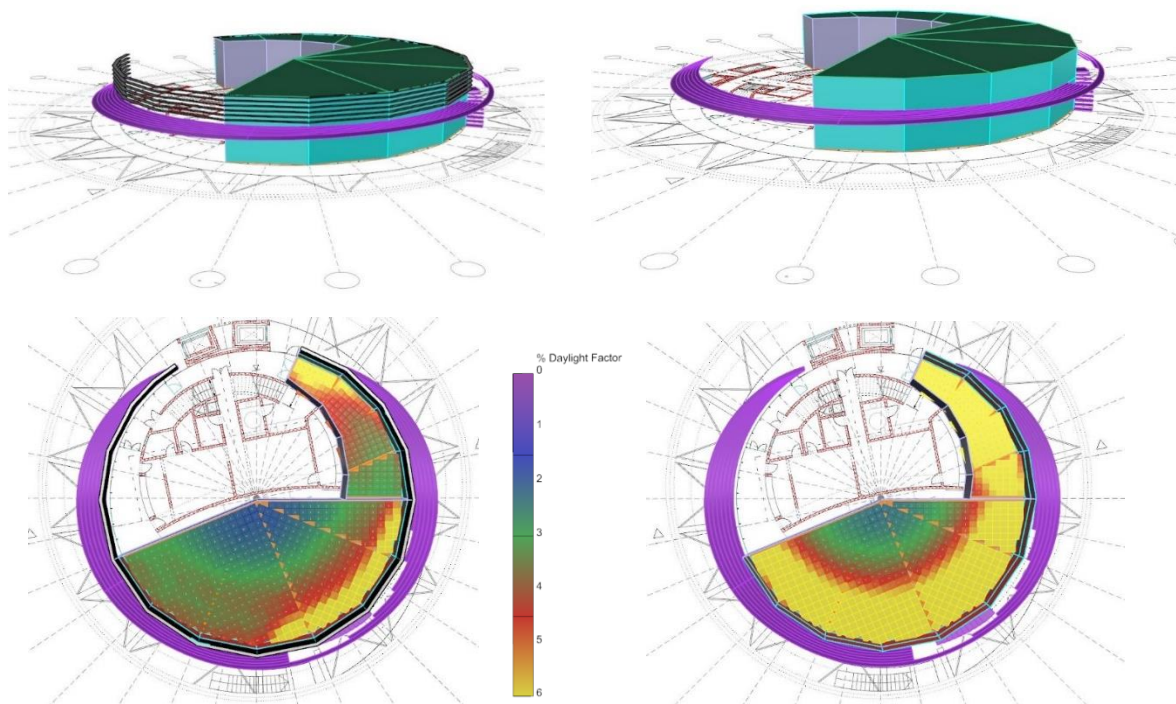


Abbildung 5: Tageslichtquotient mit feststehender Verschattung vs. Oberlicht mit verfahrbarem außenliegendem Sonnenschutz

Komfort im Sommer durch Luftbewegung und Strahlungskühlung

Die Luftqualität im Bistro und im Veranstaltungsbereich wird je nach Jahreszeit und Außenbedingungen (Außentemperatur, Wind) entweder mechanisch bedarfsgerecht (CO₂-Sensoren) über Quelllüftung oder über natürliche Lüftung über die Fassade sichergestellt.

Eine Kühl- und Heizdecke, kombiniert mit Unterflurkonvektoren, heizt oder kühlt diese Bereiche.

Bei kühlen Raumtemperaturen wird erhöhte Luftbewegung in unserem Kulturkreis als störend empfunden (Zugerscheinungen), bei höheren Raumtemperaturen hingegen empfindet man sie als angenehm anmutenden Kühleffekt. Das bereits in der vernakulären Architektur eingesetzte Prinzip insbesondere im subtropischen und tropischen Klima findet in Europa meist nur informell statt: Durch individuell durch den Nutzer aufgestellte Tisch- oder Standventilatoren.

Beim Energie- und Zukunftsspeicher wird dieses Prinzip bereits in der Planung aufgegriffen und umgesetzt. Hierzu bieten unterschiedliche Modelle einen für die Planung berechenbaren und damit belastbaren Ansatz zur Ermittlung des kühlenden Effektes in Abhängigkeit der Luftgeschwindigkeit im Aufenthaltsbereich (siehe Abbildung 6).



Legende

$\Delta\theta_o$ Anstieg der operativen Temperatur, in K
 V_a die Luftgeschwindigkeit, in m/s

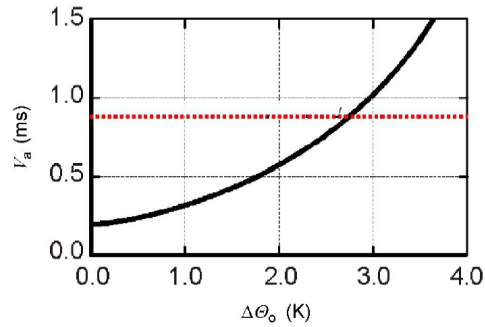


Abbildung 6: Kühlender Effekt durch Luftbewegung gemäß EN 15215: 2012-12

Eine Bewertung des thermischen Komforts allein mittels operativer Temperatur bei Berücksichtigung der erhöhten Luftbewegung ist jedoch nur begrenzt zielführend. Stattdessen wird in der Planung der thermische Komfort mittels Predicted Mean Vote (= erwartete durchschnittliche Empfindung) PMV bewertet, was nicht nur auf der Raumtemperatur als Zahlen basiert, sondern auch Parameter wie Raumluftfeuchte und Luftbewegung berücksichtigt (Abbildung 7). Als Zielwert wird DIN EN 15215: 2012-12 Kategorie II (Empfehlung für Gebäude ohne erhöhte Anforderungen) mit einem PMV-Wert von -0.5...0.5 definiert, d.h. Stunden, die der Nutzer als leicht kühl oder leicht warm empfindet, werden zugelassen.

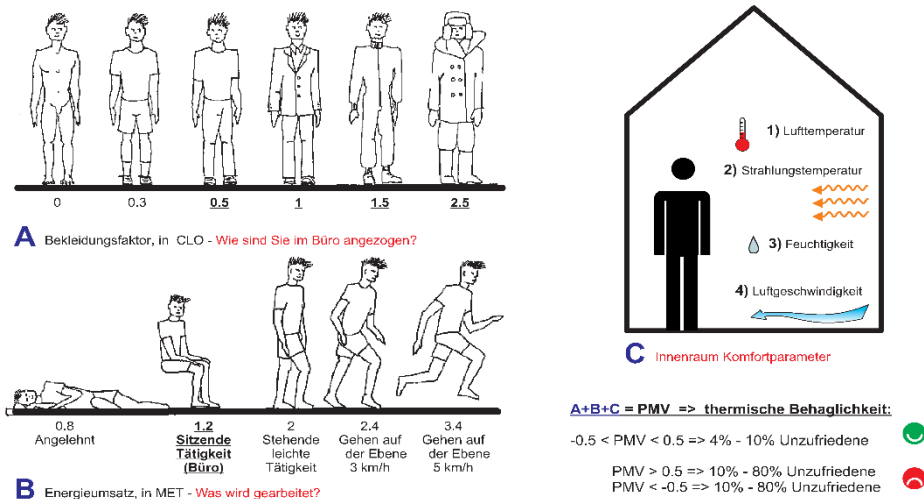


Abbildung 7: Bewertung des thermischen Komforts mittels PMV

Abbildung 8 und 9 zeigen die Auswirkung der Nutzung von Luftbewegung zur Herstellung von thermischem Komfort auf den Kühlleistungs- und Jahreskühlenergiebedarf. Der kühlende Effekt durch Bereitstellung einer Luftbewegung bei erhöhten Raumtemperaturen mittels Deckenventilatoren reduziert die bei Vollbelegung der Räume definierte Kühllast effektiv um 40%.

Dies hat neben der potentiellen Reduktion von Investitionskosten auch gestalterische Vorteile. Anstatt einer flächig abgehängten Decke kann bei Nutzung des kühlenden Effekts durch Luftbewegung nun eine offene Decke mit KühlsegeIn und Deckenventilatoren umgesetzt werden, die die bestehende Raumhöhe bewahrt und die Installation innerhalb des runden Raumkörpers vereinfacht. Dies erlaubt auch mehr Stunden mit nur natürlicher Lüftung. Der jährliche Kühlenergiebedarf kann durch die Nutzung von natürlicher Lüftung und Luftbewegung gegenüber dem Ausgangskonzept um 75% reduziert werden. Bonus: Bei dieser Berechnung ist die Erhöhung der spezifischen Kühlleistung der KühlsegeI durch erhöhte Luftbewegung und damit konvektivem Wärmeübergang noch nicht berücksichtigt.

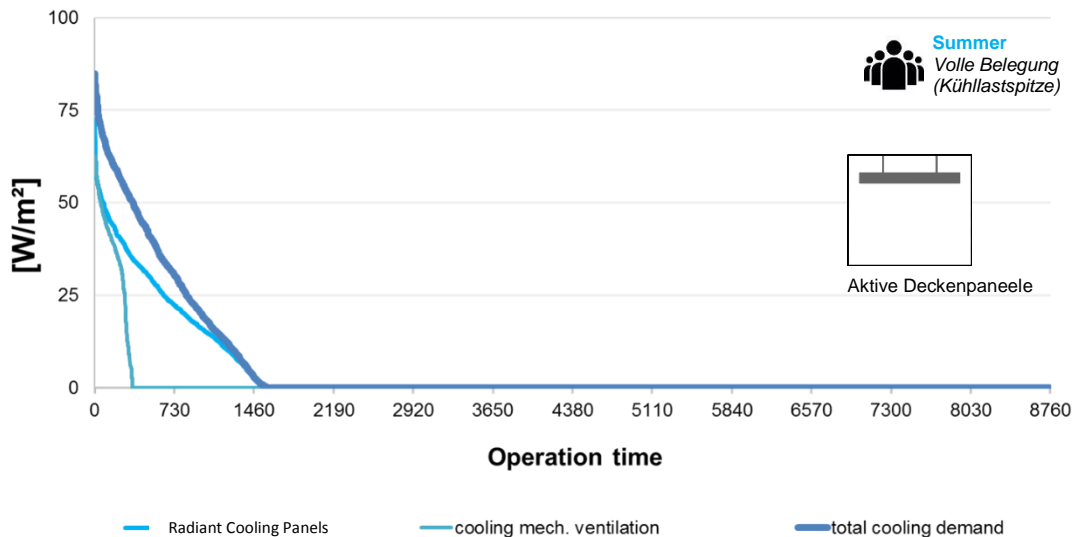


Abbildung 8: Dauerlinie Kühllast bei Kühlung durch Kühldecke (Spitzenlast 55 W/m^2 Bodenfläche)

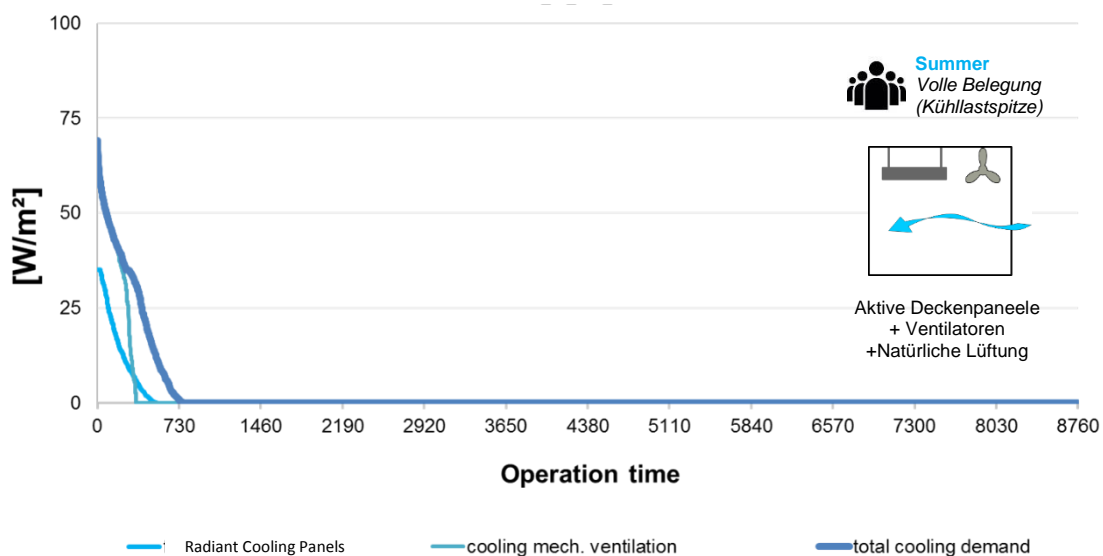


Abbildung 9: Dauerlinie Kühllast bei Kühlung durch Kühldecke und Luftbewegung durch Deckenventilatoren (Spitzenlast 35 W/m^2 Bodenfläche)

Der anvisierte thermische Komfort gemäß DIN EN 15251: 2012-12 Kategorie II mit einem PMV von -0.5...0.5 kann bei diesem Konzept auch bei Vollbelegung der Räume erreicht werden (siehe Abbildung 10: alles im grünen Bereich)

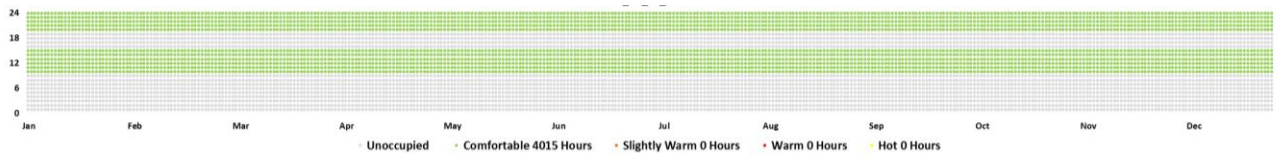


Abbildung 10: Bewertung des thermischen Komforts während der Nutzungszeit mittels PMV (grün entspricht $PMV = -0.5 \dots 0.5$) für Kühldecke + Luftbewegung

Zusammenfassend entspricht das vorgeschlagene Klimakonzept dem Anspruch an das Projekt: Ein zukunftsweisendes und energieeffizientes Leuchtturmprojekt, das neben der Bewahrung der Aussicht auch eine hohe Aufenthaltsqualität für die Nutzer bietet.

Die Abbildungen 11 – 13 zeigen die unterschiedlichen Betriebsmodi des Veranstaltungs- und Bistrobereichs in Abhängigkeit von Außenbedingungen und Belegungsdichte.

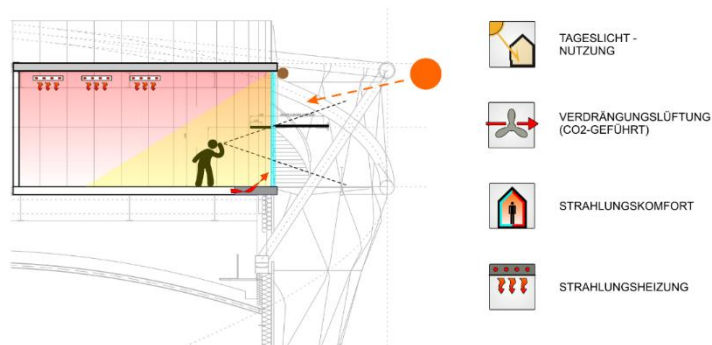


Abbildung 11: Klimakonzept Winterbetrieb

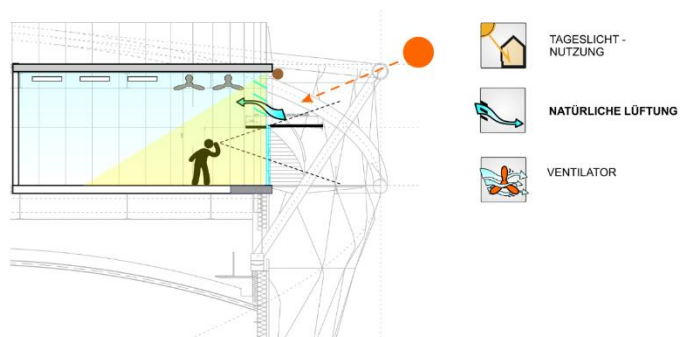


Abbildung 12: Klimakonzept Übergangszeit

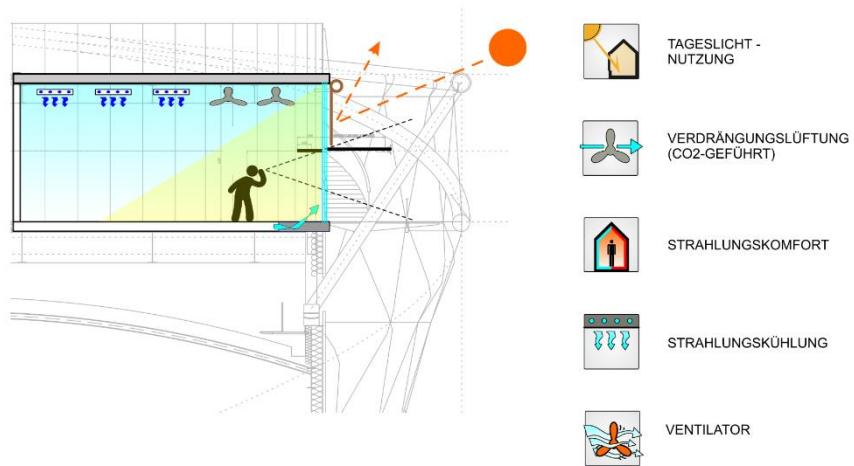


Abbildung 13: Klimakzept Sommer