



Horion-Haus des Landschaftsverbandes Rheinland – Köln-Deutz

Projekt „**FIRUN**“ – **Fresh-In-Room-UNits**
Konzeption zur Entwärmung der Büroräume vom 1. bis 6. OG



*Verfasser: GLM 24.10
Dipl.-Ing. Patrik Troisdorff
Dipl.-Ing. Stefan Thiel*

1. Aufgabenstellung

Die in der Büronutzung befindlichen Räumlichkeiten des LVR-Horion-Hauses heizen sich in den Sommermonaten, aber auch an warmen Tagen in der Übergangszeit, durch Aufsummierung der inneren und äußeren Wärmelasten sehr stark auf. Obwohl die Büros mit südlicher und mit östlicher Orientierung über eine äußere Beschattung, teilweise über variable Jalousieanlagen oder über feststehende, auskragende Fassadenelemente, verfügen, kommt es bei längeren Wärmeperioden häufig zu einem „Aufschwimmen“ der Innenraumtemperaturen.

Es ist ein Konzept zu erarbeiten, um mit geeigneten Mitteln die Innentemperaturen der Büroräume vom 1. bis zum 6. Obergeschoss auf ein erträglicheres Maß abzusenken. Dabei sollen mögliche Varianten der Entwärmung einzeln betrachtet und vorgestellt werden. Insbesondere sollen die Aspekte einer den Betriebsablauf wenig hemmenden Montageart und -zeit, eines Ressourcen schonenden und nachhaltigen Energiemanagements sowie eines benutzerfreundlichen Anlagenhandlings in dem Konzept Berücksichtigung finden. Ein abschnittsweises Freiziehen der Etagen für die Zeit der Montage soll aufgrund des hohen, logistischen und finanziellen Aufwandes nicht vorausgesetzt werden.

2. Bestand

Das Horion-Haus des Landschaftsverbandes wurde in den 90-er Jahren im Auftrag des LVR durch eine Investorengesellschaft geplant und errichtet. Nach Fertigstellung wurde das Gebäude im Jahr 1995 von dem LVR als Nutzer bzw. Mieter bezogen.

Das Gebäude besteht aus einem kürzeren Süd- und einem längeren Nordflügel sowie einem Verbindungsriegel mit Ausrichtung nach Westen. Im Erdgeschoss befindet sich neben der Bibliothek und mehreren Sitzungsräumen die Kantine mit der Koch- und Ausgabezone. Der Essensbereich ist in einem 2-geschossigen, verglasten Komplex in dem sich aus dem Gebäudeensemble ergebenden Innenhof platziert. Bis auf die Bibliothek sind alle Bereiche im Erdgeschoss klimatisiert.



Bild 1: Ansicht Innenhof

In den sechs darüber liegenden Geschossen sind Büros mit den dazu gehörigen Nutzflächen (Flure, Toiletten, Teeküchen, Putz- und Technikräume) sowie im 1. Obergeschoss ein Rechenzentrum angesiedelt. Die Entwärmung des Rechenzentrums erfolgt derzeit über dezentrale Kühlt-Splitgeräte (Gesamtleistung ca. 120 kW), sie wird im Folgenden nicht weiter betrachtet.

2.1. Bauphysik

Es handelt sich bei dem Horion-Haus um einen Betonskelettbau mit großflächigen Fassaden-Fertigteilen und variablen Leichtbau-Trennwänden als Umfassungsflächen der Büros



Bild 2: Deckenansicht eines Büros

und Flure. Die Treppenträume sind aus brandschutztechnischen Gründen mit massiven Umfassungswänden ausgebildet. Alle Büros und Flure sind mit einer abgehängten, geschlossenen Rasterdecke und bodenseitig mit einem Nadelfilz-Oberbelag ausgestattet, d.h. es sind de facto keine freien Speichermassen zur Wärmeaufnahme vorhanden. Die Bauweise ist technisch gesehen als „leicht“ bis „mittelschwer“ zu bewerten. Die Büros sind je nach Lage mit zwei oder drei Fensterelementen bestückt. Ein Fensterelement besteht jeweils aus einem kleineren Oberlicht, welches mit einem starren Jalousiegitter verschattet wird, und dem größeren Fenster im unteren Bereich. Das größere Fenster ist – in Abhängigkeit der Fassadenausrichtung – teilweise mit einem starren, auskragenden Fassadenelement und teilweise mit einer manuell bedienbaren, variablen Außenjalousie verschattet. An den Fassaden mit Nordausrichtung gibt es keine äußeren oder inneren Beschattungs- bzw. Verdunkelungssysteme (Blendschutz).

2.2. Raumbellegung und -ausstattung

Das Standardbüro im Horion-Haus ist mit einer Grundfläche von ca. 22 m² für die Belegung mit zwei Arbeitsplätzen ausgerichtet. Nach einer Besichtigung der Örtlichkeiten und Gesprächen mit den Nutzern muss jedoch davon ausgegangen werden, dass etwa 40 Prozent aller Büros mit drei Mitarbeitern belegt sind, wobei die Tendenz dieser Prozentzahl, speziell im Dezernat 7, als weiter steigend beurteilt wird.

Jeder Arbeitsplatz ist grundsätzlich mit einer Workstation mit Monitor ausgestattet. Etwa jedes zweite Büro verfügt über einen eigenen Drucker.

Zur Beleuchtung sind in jedem Büro zwei Lichtbänder mit Decken-Einbauleuchten montiert.

3. Technisches Konzept

3.1. Umluft-Klimageräte

Bei der Entwärmung mittels Umluft-Klimageräten (ULK) wird je Büroraum die Raumluft zentral angesaugt und mittels eines Ventilators über einen „Wärmetauscher“ geleitet (Sekundärseite). Auf der „anderen“ Seite (Primärseite) fließt Kaltwasser in entgegen gesetzter Richtung zum Luftstrom und entzieht somit der Raumluft Wärme, was wiederum zur Erhöhung der Kaltwassertemperatur führt. Es handelt sich hierbei physikalisch gesehen um einen Energietransfer von einem Medium zu einem anderen!

Es wurden verschiedene Lösungen für die Inneneinheit untersucht:

3.1.1. Kaltwasser-Kassettengeräte

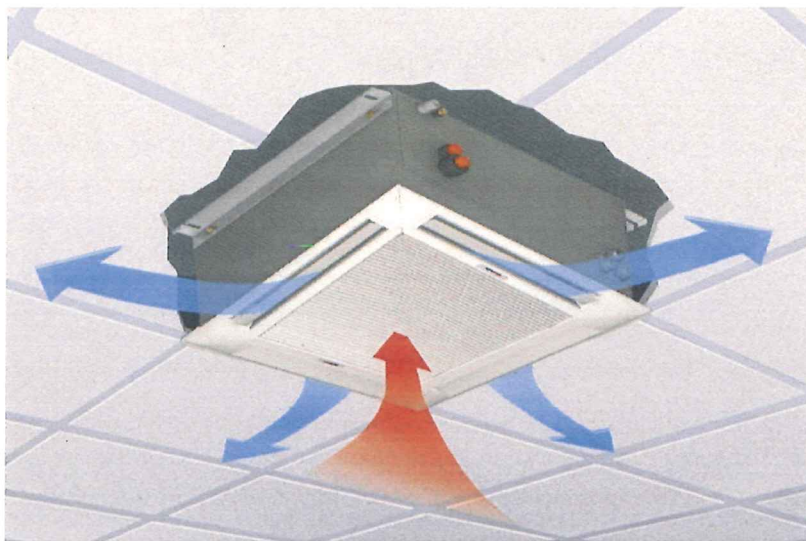


Bild 3: Darstellung Fa. Kampmann; Typ Kaltwasser-Kassettengerät

Kaltwasser-Kassettengeräte werden im Normalfall in das bestehende Deckenraster-system (60cm x 60cm) und einer Abhang-Deckenhöhe (Zwischenraum abgehängte Decke zur Betondecke) von mind. 30 cm in die abgehängte Decke integriert. Im Horion-Haus jedoch besteht auf Grund der geringen Abhang-Deckenhöhe von nur 24 cm und des unüblichen Deckenrasters von 125 x 31,5 cm Anpassungsbedarf. So verfügt das Gerät selber schon über eine Höhe von 28,7 cm und einen Kubus von 60 cm x 60 cm. Dies bedeutet, dass das Gerät rund 5 cm aus der Decke herausragt und hier eine umlaufende Verblendung gefertigt werden muss. Auch muss die Abhangdecke selbst um den Installationspunkt im Büroraum aufgenommen und mit zusätzlichen Abhängungen verstärkt werden. Anschließend muss die Decke an das Gerät angearbeitet werden.

3.1.2. Kaltwasser-Ventilatorkonvektoren als Deckengeräte

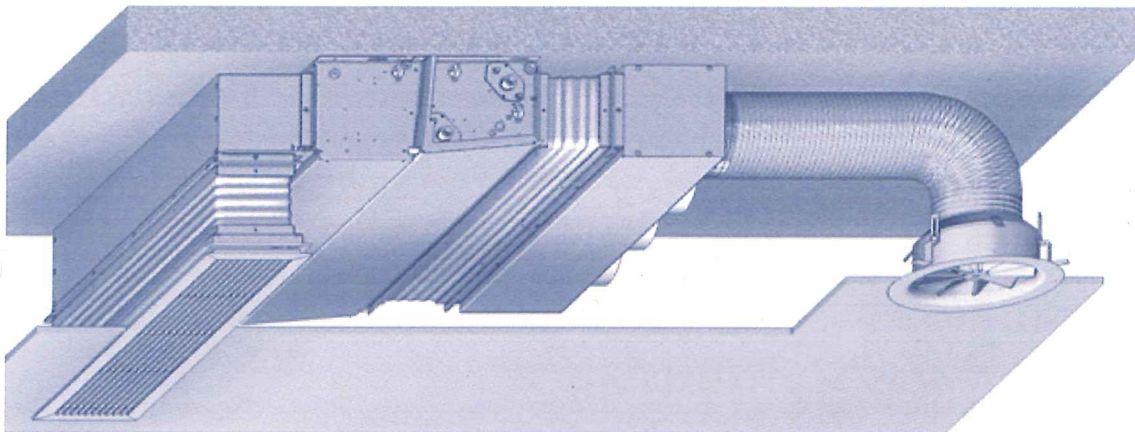


Bild 4: Darstellung Fa. Kampmann; Typ Venkon

Kaltwasserventilatorkonvektoren haben den Vorteil der geringeren Aufbauhöhe von hier 22 cm. Jedoch, wie man an vor dargestellter Zeichnung unschwer erkennen kann, besteht das Gerät aus mehreren Komponenten und erhöht dadurch den Installationsaufwand in den Büros selber. Gegenüber dem unter Punkt I dargestelltem Kaltwasser-Kassetten-Deckengerät ist hier die Luftführung komfortorientiert (zugfreier als unter 3.1.1). Weiterhin sind die Schallemissionen gegenüber dem Kassettengerät geringer (rd. 4 db(A) in 2,5 m Abstand gemessen).

3.2. Stille Kühlung bzw. Kühldecke

Das Konzept der „stillen“ Kühlung beruht, wie der Name schon impliziert, auf einer Raumkonditionierung weitestgehend ohne maschinelle (Ventilator) Unterstützung (= erzwungene Konvektion). Der Name von Kühldecken ist dabei eigentlich eine Irrleitung, denn die Decken kühlen nicht, sondern entziehen dem jeweiligen Raum seine Wärme.

Die Oberflächentemperatur der Kühldecke wird mittels Kaltwasser einige Grad Celsius unter die Raumtemperatur abgesenkt. Durch Strahlungswärmeaustausch mit der Decke kühlen sich auch die Raumumschließungsflächen ab. Alle im Raum befindlichen Wärmequellen geben ihre überschüssige Wärme direkt per Strahlung und indirekt auch über freie Konvektion an die Umschließungsflächen des Raumes ab. So entsteht eine zugluftfreie Kühlung, die eine höhere Nutzerakzeptanz und Wohl-

befindlichkeit erreicht. Nachteil ist hier jedoch der große Flächenbedarf um die erforderliche Kühlleistung in den jeweiligen Raum einzubringen. Eine Kühldecke kann bis maximal 80 W/m^2 Kühldeckenfläche an Wärmelast abfahren.

Eine Neuerung ist die Kühldecke mit einer Einlage aus einem expandierenden Graphit. So wird über das gesamte Kühldeckenelement eine gleichmäßigere Wärmeverteilung erreicht, welches zu einer schnelleren Reaktionszeit, als bei herkömmlichen Kühldecken üblich, führt. Hinzukommend ist diese Bauart in der Lage Kühllasten von bis zu 125 W/m^2 Kühldeckenfläche abzudecken.

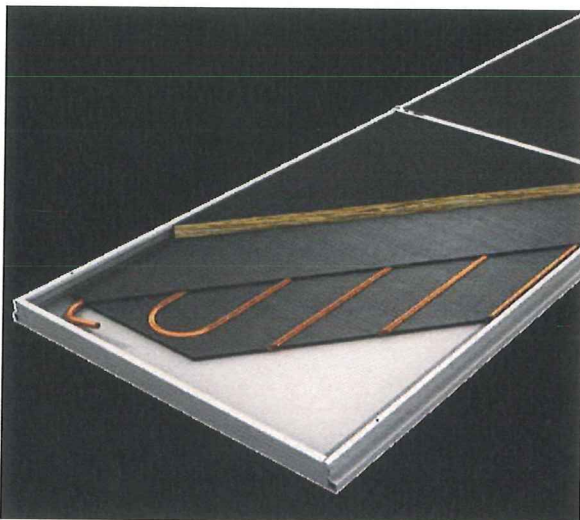


Bild 5: Fotos Zehnder: Aufbau und Beispiel einer Kühldecke

3.3. Kühlfächer

Bei dem von der Firma LTG entwickelten sogenannten Kühlfächer handelt es sich um ein kompaktes Deckenkühlgerät, welches ebenfalls ohne Ventilator betrieben wird. Stattdessen pendelt in dem Gerät ein „Fächer“ zwischen zwei Wärmetauschern hin und her. Mit dieser Pendelbewegung saugt er auf der einen Seite die warme Raumluft in das Gerät und auf der anderen Seite drückt er Luft, welche sich an der Tauscherfläche abkühlt, in den Raum zurück. Es ergibt sich eine pulsierende Luftströmung, welche sich gleichmäßig im Raum verteilt.

Der Kühlfächer ist in einem dem Deckenraster angepassten Baumaß erhältlich, sodass der Aufwand für die bauliche Integration in die Decke relativ gering ist. Die Konstruktion des Gerätes erlaubt den Betrieb ohne den Anfall von Kondensat.



*Bild 6: Foto LTG;
Typ cool wave KFA*

Weitere Vorteile dieses Systems sind

- ein hoher Komfort durch die leise Mechanik und die geringen Luftgeschwindigkeit im Raum,
- eine einfache Regelbarkeit,
- ein geringer Energiebedarf und
- kurze Montagezeiten.

Nachteilig sind der relativ niedrige Leistungsbereich bei der Entwärmung und die damit verbundene, erforderliche Mehrfach-Bestückung in einem Raum (2-3 Geräte in einem Raum).

3.4. Steuerung

Die Steuerung sowohl der Kassettengeräte wie auch der Deckengeräte (3.1.1 und 3.1.2) erfolgt über ein Raumbediengerät mit integriertem Fühler, wie dargestellt. Über eine Bacnet-Schnittstelle können die Geräte auf die bestehende Gebäudeleittechnik (GLT) aufgeschaltet werden, um so zentral Sollwerte und Zeitprogramme vorzugeben und auch zu verändern. Auch ist eine Störmeldung bei Fehlfunktion der einzelnen Geräte an die GLT möglich, sodass hier umgehend Maßnahmen zur Störungsbeseitigung eingeleitet werden können. Ferner können die einzelnen Büros bei Nichtbelegung durch eine zentrale Vorgabe im Zeitprogramm – z.B. Abwesenheit bei feststehenden Heimarbeitstagen, etc. – energetisch optimiert betrieben werden (Abwesenheit = Kühlung AUS). Eine Bedienung vor Ort durch die Mitarbeiter selbst, ist weiterhin möglich, jedoch nur in dem durch die GLT vorgegebenen Rahmen!

Folgende Daten könnten über die GLT eingesehen werden:

- Gerät ON/OFF
- Gerät Eco/Tag
- Raumtemperatur
- Sollwert Raumtemperatur
- Vorgabe Lüfterstufe
- Vorgabe Betriebsart
- Störung
- Heizanforderung
- Kühlanforderung



Bild 7: Foto Kampmann;
Typ KaControl

Momentan ist aber nur das System der Fa. Kampmann in der Lage die Bacnetfähige Regelung anzubieten. Weitere Marktbegleiter werden diese Systematik in Kürze ebenfalls anbieten.

4. Kälteerzeugung

Zur Kälteversorgung der Büroräume sollen hier drei Varianten konzeptionell betrachtet werden:

4.1.Variante 1: Grundwasser-Brunnenanlage

Im Zuge der letztjährig durchgeführten Machbarkeitsstudie zur Erweiterung der Sanierung der Riegelbauten im LVR-Haus - hinsichtlich Kühlung und Beheizung der Riegelbauten und des Rechenzentrums der LVR-Infokom - wurde eine Grundwasserbrunnenanlage untersucht. Auf Grundlage dieser Daten hin ist auch die zur Kühlung des Horion-Hauses notwendig bereitzustellende Kälteenergie über den bestehenden Brunnen der RZVK betrachtet worden.

In der Untersuchung kam das damals hinzugezogene Planungsbüro Forstbach und Partner, in Zusammenarbeit mit dem Büro Kühn-Geoconsult, zu dem Ergebnis, dass für den Bereich Köln-Deutz von einer ungestörten Grundwassertemperatur von 13°C auszugehen ist. Somit ist eine Kaltwasservorlauftemperatur von 15°C und eine Kaltwasserrücklauftemperatur von 21°C ($\Delta t = 6K$) realistisch.

Im Grundwasser würde sich somit eine Erwärmung von 3 – 6 Kelvin einstellen. In Folge dessen ist eine Rückführung des Grundwassers über einen sogenannten Schluckbrunnen nicht mehr genehmigungsfähig. Aus diesem Grunde wird das schon beim Triangel angewandte Konzept der Einleitung des erwärmten Grundwassers in den Rhein notwendig sein.

Nachteil der hier von der RZVK angewandten Ableitung ist, dass diese drucklos, d.h. mit freiem Gefälle, ausgeführt ist und bei Rheinhochwasser, welches das Einleitbauwerk überflutet, keine Grundwasserableitung und somit keine Kühlung mehr möglich ist!

Die RZVK hat eine z.Zt. gültige wasserrechtliche Genehmigung zur Förderung von 976.00 m³/a, bzw. 5.856 m³/d, bzw. 488 m³/h vorliegen. Die Brunnen befinden sich im Bereich der Grünfläche am Ottoplatz (vor dem Restaurant „Mongos“, siehe Bild 8).



Bild 8: Einleitbauwerk am Rheinufer

Nach den im letzten Jahr durchgeführten Sondierungsgesprächen mit der RZVK, benötigte diese zum damaligen Zeitpunkt nur eine jährliche Grundwasserförderleistung von rd. 580.000 m³/a.

Betrachtet man nun die benötigte Leistung zur Entwärmung der Büroflächen des



Bild 9: Brunnenanlage am Ottoplatz

Horion-Hauses, so ist überschlägig mit einem Bedarf in Höhe von rd. 650 kW zu rechnen. Aufgrund der zuvor dargestellten, verschiedenen Kälte-Verteilssysteme mit unterschiedlichen Temperaturspreizungen ergibt eine jährliche Grundwasserentnahme von max. 96.000 m³/a ($\Delta t=2k$) bis hin zu einer min. Entnahme von 38.100 m³/h ($\Delta t=5k$). Diese jährliche Förderleistung könnten beide Brunnen der Rheinischen Zusatz-Versorgungskasse RZVK voraussichtlich zusätzlich leisten. Auch im Vergleich mit der genehmigten Tagesförderleistung von 5.856 m³/d ist das Horion-Haus mit 2.240 m³/d (bei 8 h/d Kühlbetrieb) noch abzudecken.

In den weiteren Planungsschritten ist eine Systematik zu entwickeln, die eine Minimierung der Entnahmeleistung darstellt.

Ein Anschluss an die Brunnenanlage und die Grundwassereinleitung in den Rhein, die sich ebenfalls im Eigentum der RZVK befindet, ist aus technischer Sicht nach heutigem Kenntnisstand möglich!! In weiteren Planungsschritten ist dies jedoch mit dem geohydrologischen Büro weiter zu spezifizieren.

Sollte aus vertragsrechtlichen oder anderen Erwägungen ein Anschluss an die Brunnenanlage nicht möglich sein, so ist auch die Erstellung eines eigenen Brunnen möglich, jedoch verbunden mit zusätzlichen Kosten.

Eine Nutzung des Einleitbauwerks wurde damals von der RZVK positiv gesehen, eine vertragliche Ausgestaltung kam aber auf Grund der zwischenzeitlich noch andauernden Planungspause im Projekt Sanierung LVR-Haus-Riegelbauten, bis dato nicht zustande.

Z.Zt. werden viele sanierte oder neu erstellte Bürogebäude in Deutz mit einer Grundwasserkühlung / -beheizung ausgestattet (siehe Bild 10, Tabelle 3):

2100088GW_S03 28.06.2010 Seite 12 von 21
LVR Infokom, BV Riegelbauten A und B
Stellungnahme Geothermie



Im Grundwasserleiter selber ist nicht mit Schadstoffen zu rechnen.

4.9 Bestehende Wasserrechte im Umfeld des BV's

Nach Auskunft der Bezirksregierung Köln bestehen im näheren Umfeld des Bauvorhabens drei eingetragene Wasserrechte welche aber keinen Einfluss auf eine geplante Entnahme haben (Anlage 2).

In Tabelle 4 sind die vorhandenen Wasserrechte dargestellt:

Tabelle 3: Bestehende Wasserrechte

Firma	Volumen m ³	Rechtswert	Hochwert
FA. Kennedy-Uler Köln GmbH	Brunnen: 350.000 m ³ /a, 40 m ³ /h	2568227.00	5645110.00
Stadt Köln - Philharmonie	Brunnen: 800.000 m ³ /a, 4.500 m ³ /d, 270 m ³ /h	2567568.00	5645528.00
Brauerei Malzmühle	Brunnen: 70.000 m ³ /a, 500 m ³ /d, 78 m ³ /h	2567572.00	5644805.00
Eduardus Krankenhaus GmbH	Brunnen: 70.000 m ³ /a, 350 m ³ /d, 50 m ³ /h	2568970.00	5644635.00
Kölnmesse GmbH	Brunnen: 25.000 m ³ /a, 2.500 m ³ /d, 250 m ³ /a	2568480.00	5646000.00
Rheinische Versorgungskasse	Brunnen: 976.000 m ³ /a, 5.856 m ³ /d, 488 m ³ /h	2568406.00	5645443.00
Hochtief (Förderbrunnen)	Brunnen 250.000 m ³ /a, 3.840 m ³ /d, 160 m ³ /d	2568647.00	5645370.00
AXA Real Estate	Brunnen: 290.000 m ³ /a, 3.500 m ³ /d, 240 m ³ /h	2567730.00	5646117.00
POLIS	Brunnen: 120.000 m ³ /a, 1.800 m ³ /d, 80 m ³ /h	2567766.00	5646315.00
LAURENZ Vermögensverwaltung	Brunnen: 2.750.000 m ³ /a, 11.000 m ³ /d, 550 m ³ /h	2568448.59	5645732.53

Bild 10: Auszug aus der geologischen Untersuchung des IB Geoconsulting

4.2.Variante 2: Adsorptionskältemaschine

Adsorptionskältemaschinen benötigen als Antriebsenergie Wärme anstatt Elektrizität, welche im Horion-Haus als Fernwärme zur Verfügung steht.

Die so erzeugte Kälte wird zur Kaltwassererstellung als Kühlmedium für die Büroräume verwendet.

Adsorption bedeutet Anlagerung. Bei diesem Verfahren bindet sich eine Flüssigkeit bzw. Dampf, in der Regel Wasser, an einen Feststoff. Dieser Feststoff wird als Sorbent, der flüssige oder gasförmige Stoff als Sorbat bezeichnet.

Das Kältemittel Wasser wird bei der Adsorption durch ein poröses Material, beispielsweise Silikagel adsorbiert.

Während in einer ersten Kammer (Nr.1) heißes Wasser erzeugt und so der Dampf aus dem Sorbent ausgetrieben wird, adsorbiert die zweite Kammer (Nr. 2) den Wasserdampf, der aus dem Verdampfer in die Kammer strömt. Dabei entsteht die nutzbare Kälte. Ist alle Feuchtigkeit verdampft, wird der Prozess umgekehrt. Das bedeutet, dass die Adsorberkammern zwischen Beladung und Regeneration wechseln, damit der Prozess aufrecht erhalten werden kann.

Ein großer Vorteil bei diesem Verfahren ist die einfache und robuste Konstruktion. Nachteilig ist der große Umfang der Anlage.¹

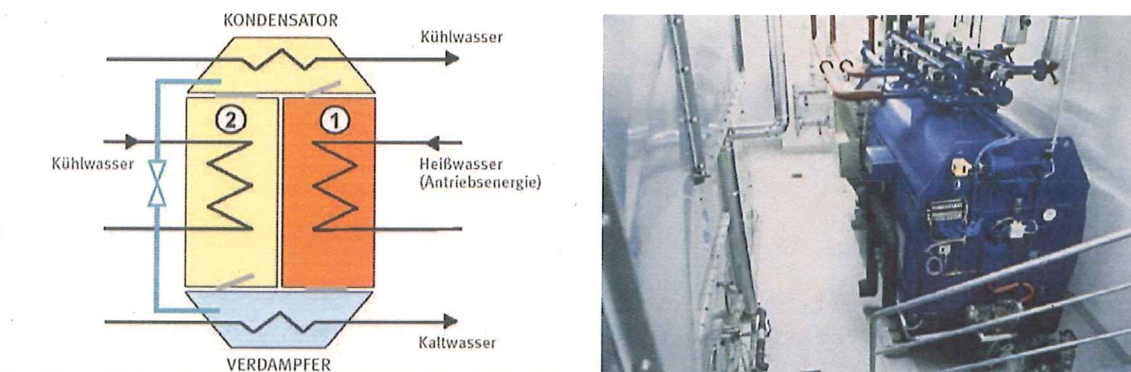


Bild 11: Funktionsschema und Beispiel einer Adsorptionskältemaschine

Weitere Nachteile der thermischen Kältemaschine sind der hohe Investitionsaufwand, wie auch das hohe Gewicht der Anlagenteile. Die Kältemaschine an sich wird bei der hier benötigten Kälteleistung ca. 5.000 bis 7.000 kg schwer sein. Weiter wird bei sommerlichen Außentemperaturen (ab ca. 26 °C) auf der Kondensatorseite ein Kühlturm bzw. ein Nassrückkühler benötigt, damit das benötigte Kühlwasser der Kältemaschine so weit abgekühlt wird, dass die Funktion nicht beeinträchtigt wird. Auch diese Geräte sind statisch gesehen problematisch, hinzukommend benötigen diese Nassrückkühler in einem weiteren Prozess aufbereitetes, weiches Wasser (= permanent aufbereitetes Wasser).

Auf Grund dessen wurde eine Außenaufstellung der Kältekomponenten geprüft. In der Nähe des Notstromdiesels könnte in Absprache mit dem Grundstückseigentümer, der Stadt Köln, ein weiterer Aufstellplatz in der Böschung erstellt werden. Der Kühlturm müsste dann unüblicher Weise ebenfalls dort aufgesetzt werden, da eine Aufstellung auf dem Dach des Horion-Hauses, aus Erfahrungen mit dem LVR-Haus, eher unwahrscheinlich ist.

¹ <http://www.unendlich-viel-energie.de/de/waerme/detailansicht/article/175/wie-funktioniert-kuehlen-mit-waerme.html>



Bild 12: Möglicher Aufstellplatz an der Nordseite des Gebäudes

Jedoch müsste im weiteren Planungsverlauf dies durch einen Statiker überprüft werden. Bei der dann „tiefen“ Aufstellung des Kühlturmes könnte es weiterhin zu Nebelbildung kommen die evtl. beeinträchtigend empfunden werden können.

Auch ist in letzter Zeit eine hygienische Diskussion entfacht, in der es um Atemwegserkrankungen und unerklärliche Todesfälle (wahrscheinlich auf Grund von Legionellen) in der räumlichen Nähe von Nassrückkühlern / Kühltürmen kam.

4.3.Variante 3: Multi-Splitgerät

Kühl-Splitgeräte sind, wie der Name schon aussagt, Geräte, welche „in zwei Teile“ gesplittet sind, d.h. der eine Teil befindet sich innerhalb des zu kühlenden Raumes und der andere Teil im Freien auf dem Dach bzw. an der Fassade.

Bei der Außeneinheit handelt es sich um den Kompressor, dessen Geräuscentwicklung keine Beeinträchtigungen verursachen darf. Die Inneneinheiten sind über eine dünne Funktionsleitung mit dem Außengerät verbunden. Durch diese Leitung fließt das Kältemittel (R407c bzw. R410), das die dem Raum entnommene Wärme nach außen abführt. Multi-Splitgeräte (mehr als ein Innengerät auf eine Außeneinheit) erzielen eine Kühlleistung von ca. 1,8 kW bis max. 60 kW. Die Systematik wird auch als Direktverdampfung bezeichnet, da das Kältemittel im Innengerät direkt verdampft (= Wärme aufnimmt), und die aufgenommene Wärme durch Kondensation des Kältemittels im Außengerät, an die Außenluft abgibt.

Als Nachteil ist hier die hohe elektrische Aufnahme und, damit verbunden, eine sehr schlechte CO₂-Bilanz, wie auch die vergleichsweise hohen Betriebskosten gegenüber z.B. Kaltwassersystemen mit Brunnenwasser zu nennen. Weiterhin muss im vorliegenden Fall das umweltschädliche Kältemittel lange Rohrleitungswege überwinden, da im Horion-Haus nur ein zentraler, vertikaler Installationschacht zur Verfügung steht.

Ein weiterer, nicht unerheblicher Nachteil dieses Systems liegt darin, dass durch die niedrigen Temperaturen des Kältemittels am Innengerät Kondensat ausfällt. Dieses Kondensat muss dem Abwassersystem zugeführt werden. Im vorliegenden Fall der nachträglichen Installation ist dieses nur mit hohem Aufwand zu realisieren, da zum Teil weite Wege bis zum nächsten Abwasser-Fallrohr auf den Etagen überwunden werden müssen.

Vorteilhaft ist die gegenüber den Brunnenwassersystemen sehr hohe Kälteleistung je Inneneinheit. Die Schallemissionen liegen aufgrund der vergleichbaren Bauweise im Bereich der Kaltwasserkassette.



Bild 13: Foto Fa. Mitsubishi: Innen- und Außeneinheit eines Multi-Split-Kühlsystems

5. Zusammenfassung und Ausblick

Der Einbau einer aktiven (=maschinellen) Entwärmung für die Büroräume des Horion-Hauses ist bei den baulichen Gegebenheiten grundsätzlich möglich. Die leichte Bauweise ohne wärmespeichernde Bauteile und die vorhandene, manuell bedienbare bzw. starre Beschattung an den Fensterelementen sind für ein energetisch vernünftiges und nachhaltiges Entwärmungskonzept nicht ausreichend, da so in länger anhaltenden Wärmeperioden das Aufheizen der Räume durch äußere Einflüsse mit baulichen Mitteln nur wenig verzögert werden kann.

Durch die teilweise Überbelegung der Büros mit drei Arbeitsplätzen verschärft sich die Situation weiter, da die Personen und ihre Arbeitsgeräte zusätzlich Wärme als innere Lasten in den Raum eintragen.

Die Möglichkeiten, im Bestand nachträglich Abhilfe zu schaffen, sind eingeschränkt. Das Einbringen zusätzlicher Wärme-Speichermassen (z.B. Bauplatten als Latent-Wärmespeicher – „phase change materials“ PCM) in den Räumen hat aufgrund des massiven, baulichen Eingriffs und der zu erwartenden, hohen Kosten seine Grenzen. Auch fehlt die Möglichkeit durch Querlüftung die am Tage in den Platten gespeicherte Wärme in der kühleren Nacht wieder abzugeben, um für den nächsten Tag wieder Wärme aus dem Raum aufnehmen zu können.

Der nachträgliche Einbau einer motorisch gesteuerten Jalousieanlage, welche je nach Sonnenstand für eine automatische Beschattung der Fensterelemente sorgen könnte, wäre zur Reduzierung des äußeren Wärmeeintrages geeignet. Jedoch ist auch hier mit erheblichem baulichen und finanziellen Aufwand zu rechnen. An windigen Sonnentagen ist dieses Mittel zudem wirkungslos, da die Jalousieanlage wegen der Gefahr der Beschädigung automatisch hochfährt.

Um nun geeignete Maßnahmen zu einer aktiven Entwärmung finden zu können, muss zunächst die Summe aus inneren und äußeren Wärmelasten raum- und gebäudeweise bestimmt werden. Die Berechnung der Kühllast (nach VDI 2078) einiger exemplarischer Räume lässt die Abschätzung einer mittleren Kühllast von etwa 1.500 Watt je Büro zu. Das entspricht einer spezifischen Leistung des jeweiligen Systems von rund 70 Watt pro Quadratmeter, welche allgemein als noch akzeptabel bezüglich schalltechnischen und klimatischen Bedingungen im Raum empfunden wird. Geht man weiter von 430 zu behandelnden Büros aus, so ergibt sich eine Gesamtleistung von rund 650 kW.

Die ermittelte, raumweise Leistung macht den Einsatz von Kühldecken grundsätzlich schwierig, da die erforderliche Deckenfläche zur Abdeckung der vollen Kühllast in einigen Büros nicht oder nur mit aufwändigen Mitteln zur Verfügung gestellt werden kann. Dagegen besticht das Kassettengerät als Umlufteinheit durch die kompakte Bauweise mit weniger Montageaufwand und hoher Leistung. Auf eine möglichst flache und dem Rastermaß der Decke folgende Bauart muss dabei geachtet

werden. Das (unvermeidliche) Ventilatorgeräusch kann in den höchsten Leistungsstufen als störend empfunden werden.

Bei der Kälteerzeugung empfiehlt sich ein System, welches mit relativ hohen Wassertemperaturen (z.B. Vorlauf 15°C/Rücklauf 21°C) einen trockenen (= kondensatfreien) Betrieb ermöglicht, weil es auf den Etagen praktisch keine Möglichkeiten gibt, anfallendes Kondensat sicher in das Abwassersystem abzuführen.

Unter diesem Aspekt verbleiben zwei Varianten zur Betrachtung: Grundwasser aus einer Brunnenanlage oder eine Adsorptionskältemaschine.

Da hier ggf. die Möglichkeit besteht, eine für den „Triangel-Turm“ bereits vorhandene Brunnenanlage und das zugehörige Einleitbauwerk für die Erfordernisse zu nutzen bzw. zu erweitern, ist die Variante 1 zur Grundwassernutzung verhältnismäßig einfach und kostengünstig umzusetzen. Eine Alternative wäre der Einsatz einer Adsorptionskältemaschine als Variante 2, jedoch ist ein Kostenvergleich derzeit nicht möglich, da diese Geräte im höheren Leistungsbereich noch keine Marktreife besitzen. Es ist zu erwarten, dass hierbei sowohl der Investitionsaufwand als auch die Folgekosten durch den höheren, energetischen Aufwand wesentlich größer sind.

Die Leitungs-Verrohrung und Verkabelung in den Etagen erfolgt weitestgehend in den Fluren oberhalb der Abhangdecken. In jedes Büro muss ein Leitungsstich (Vor- und Rücklauf) an das jeweilige Deckengerät erfolgen. Aufgrund der leichten und schonenden Verarbeitung auch bei großen Dimensionen empfiehlt sich als Rohrleitungsmaterial für die Hauptversorgungstrassen Kunststoff mit der Verbindungstechnik „kleben“. Die Leitungsstiche können z.B. mit flexiblem Kupferrohr verlegt werden.

Für die vertikale Verrohrung und Verkabelung steht in dem Nordflügel ein durchgehender Schacht (Reserve-Aufzugschacht) zur Verfügung. Im 1. Untergeschoss besteht die Möglichkeit, einen der dort vorhandenen Lageräume für die Aufnahme der erforderlichen Technik umzurüsten und zu nutzen.

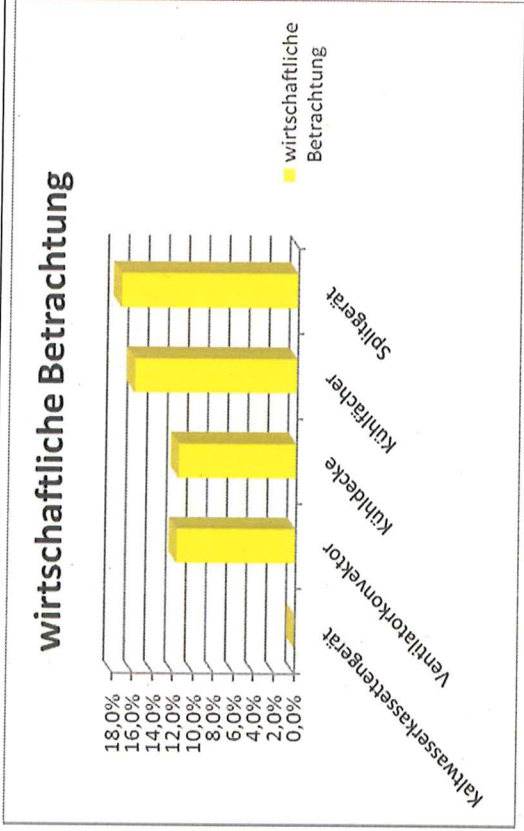
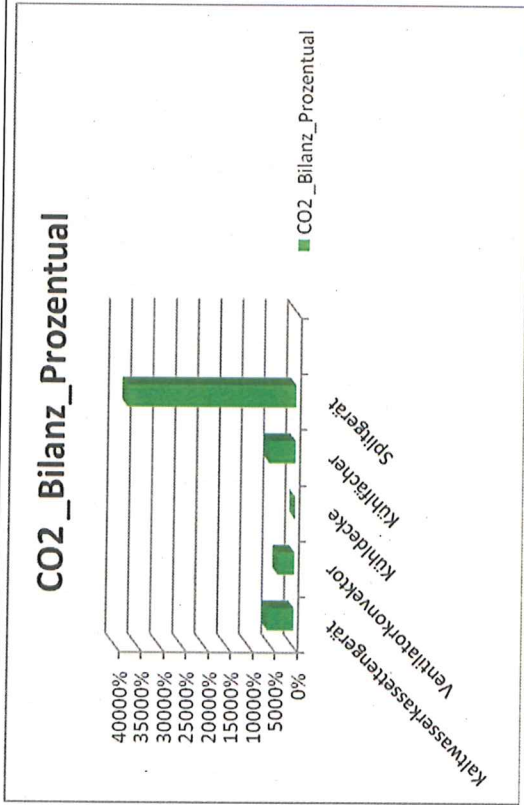
6. Kosten und Termine

Bei der Erstellung des Kostenrahmens wurden die Varianten Kaltwasser-Klimakassette, Ventilator-Konvektor sowie die Kühldecke durch den Fachbereich 24 GLM betrachtet. Hierzu wurden mehrere Planungsgespräche mit verschiedenen Herstellern geführt und deren Angebote eingeholt und aufbereitet. Die Varianten Direktverdampfer und Kühlfächer wurden als Pauschal-Kostenschätzung durch ortsnahe Anlagenbau-Betriebe inkl. Montage und kompletter Rohrleitungsführung im Gebäude abgefragt und angeboten, so dass ein Abgleich der Erfahrungswerte des GLM mit der z.Zt. branchenüblichen Preisgestaltung möglich war.

Ein aussagefähiges Angebot zur Variante Adsorptionskältemaschine wurde auf Anfrage bei mehreren Herstellern nicht vorgelegt, da im größeren Leistungsbereich (ca. 650 kW) noch keine Marktreife für das Produkt besteht. Die Hersteller konnten nur Maschinen mit Leistungen im zweistelligen Bereich (marktgängig z.Zt. bis 18 kW Kälteleistung) anbieten, sodass diese Variante möglicherweise erst im weiteren Planungsverlauf technisch wie auch ökonomisch eingehender betrachtet werden kann.

Die Varianten Klimakassette und auch Ventilator-Konvektor können, wie im Punkt 3.4 beschrieben, auf der Gebäudeleittechnik GLT dargestellt und von dieser zentral angesteuert und überwacht werden. Alle anderen Varianten arbeiten dezentral und können nur manuell bedient werden, sodass in diesen Fällen ein erhöhter, interner Aufwand (durch Haustechnik-Personal) anfällt. Dieser ist über die Betriebskosten mit geschätztem Stundenaufwand berücksichtigt.

Auf der folgenden Seite sind die geschätzten, investiven Kosten und auch der jeweilige CO₂-Ausstoß über einen Zeitraum von 20 Jahren zusammengefasst.



Zur Umsetzung der in diesem Konzept dargestellten Maßnahme bedarf es im Weiteren einer detaillierteren Planung unter Beteiligung eines externen Planungsbüros. Für die Realisierung unter der Annahme, dass die Montage im laufenden Betrieb erfolgen soll, wird nach Kenntnisstand heute ein Zeitraum von ca. drei Monaten erforderlich sein.