

Autor

Ivan Diankov

Diankov Gebäudetechnik,
97082 Würzburg

Bild 1:
Neubau der
IHK Aachen

Austausch von Klimaanlage Raumkonditionierung im Gebäudekomplex der IHK Aachen

Zum 200. Jubiläum der IHK Aachen wurden die umfangreichen Baumaßnahmen am Gebäudekomplex nach ca. sechs Jahren Bauzeit abgeschlossen. Alte Klimaanlage und die Lüftungstechnik wurden durch Einrichtungen zur Raumkonditionierung mit thermisch aktiven Flächen ersetzt. Anstelle von Erdgas und Strom wird Fernwärme sowohl für die Heizung als auch für die Kältebereitstellung genutzt.

Die Raumkonditionierung beinhaltet eine Reihe von technischen Maßnahmen zur Einhaltung von einer optimalen thermischen Behaglichkeit. Es handelt sich um in der Raumumfassung integrierte Heiz- bzw. Kühlflächen, um thermisch aktive Großflächen, die sich durch einen relativ hohen Strahlungsanteil auszeichnen. Der Vorlauf der errichteten Fußbodenheizung und Kühldeckenanlagen, die im Neubau sowohl zum Kühlen als auch zum Heizen konzipiert wurden, differiert nur wenig von der Raumtemperatur. Die Raumbelüftung erfolgt über die Fenster. Sie werden manuell oder elektrisch geöffnet. Eine Be- und Entfeuchtung der Luft findet nicht statt. Die Kondensationsgefahr an den Kühlflächen wird durch die Vorlauftemperaturregelung oberhalb des Taupunktes vermieden.

Thermische Behaglichkeit

Entscheidend für die Umsetzung des Raumkonditionierungskonzepts wurde die Bewertung des zu erwartenden Empfindens nach den drei Bewertungsmethoden Gesamtkörper-Energiebilanz, Zugluft und Strahlungsasymmetrie [1].

Im regulären Fall wurden in den Büroräumen sowohl eine gleichmäßige Oberflächentemperaturverteilung der Umschließungsflächen als auch eine homogene vertikale Raumlufttemperaturverteilung rechnerisch nachgewiesen. Die wichtigsten Voraussetzungen für die Einhaltung von physiologisch optimalem Klima nach der Fanger'schen Modellvorstellung wurden gegeben.

Mit Raumluftgeschwindigkeiten von unter 0,1 m/s und einem kaum nachweisbaren Turbulenzgrad durch den Einsatz einer Rasterkühldecke [2] wurde eine Belastung des Menschen durch eine zu hohe konvektive Abkühlung an Körperoberflächen (Zugluft) nicht beobachtet.

Ergebnisse aus der dynamischen Gebäudesimulation ergaben auch an extremen Tagen Strahlungstemperatur-Asymmetriewerte im optimalen 5 %-Grenzbereich [3].

In der Praxis treten höhere Luftgeschwindigkeiten und Turbulenzgrade während der Fensterlüftung auf. Bedingt durch den individuellen Anspruch an Lufthygiene, können Luftzugescheinungen während der Fensterlüftung als kurzzeitige Störungen des thermischen Behaglichkeitsbildes und nicht als dauerhafter Grund zur hohen Unzufriedenheit betrachtet werden.

Ein wesentlicher Unterschied zwischen der Raumkonditionierung und der konventionellen Vollklimatisierung besteht im Verzicht auf die Be-

Zeitplan und Grunddaten

Terminplan:	Neubau	Umbau im Bestand
Planung:	Beginn Nov. 1997	Beginn Mai 2000
Bauantrag:	Mitte Dez. 1997	Juni 2000
Baugenehmigung:	Juli 1998	September 2000 in zwei Stufen
Baubeginn:	August 1998	September 2000, fünf Bauabschnitte
Fertigstellung:	Dezember 1999	Dezember 2003
Grunddaten:	Neubau	Umbau im Bestand
Bruttogrundrissfläche:	3120 m ²	7500 m ²
Bruttorauminhalt:	13 000 m ³	24 750 m ³

Raumkonditionierung im Gebäudekomplex der IHK Aachen

Bauherr:	Industrie- und Handelskammer Aachen, 52062 Aachen
Architektur, Generalplanung und Bauleitung:	ProPlan GmbH, 52074 Aachen
TGA-Planung 4. und 5. Bauabschnitt:	DSTR GmbH, 52070 Aachen
Elektroinstallation und Gebäudeautomation:	Fatzaun GmbH, 52068 Aachen

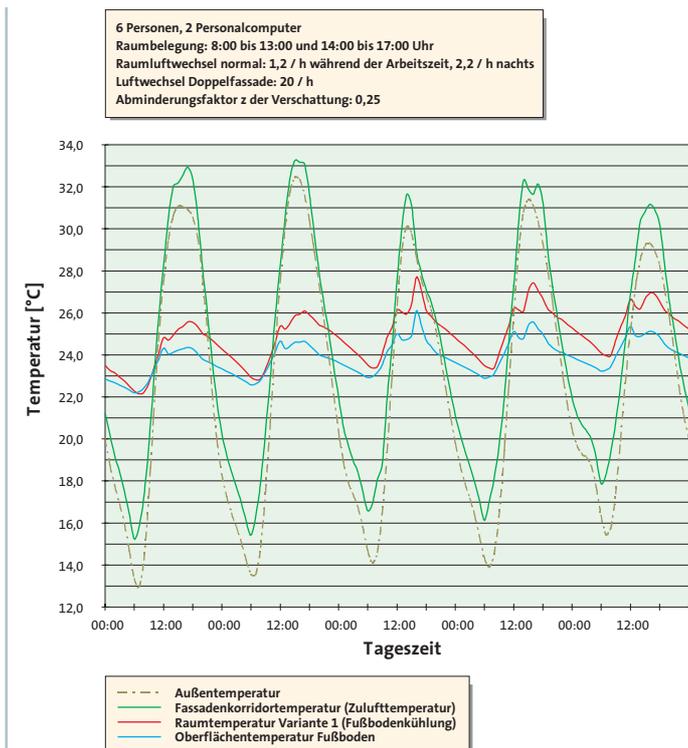


Bild 2: Raumkonditionierung über Fußboden (Variante 1)

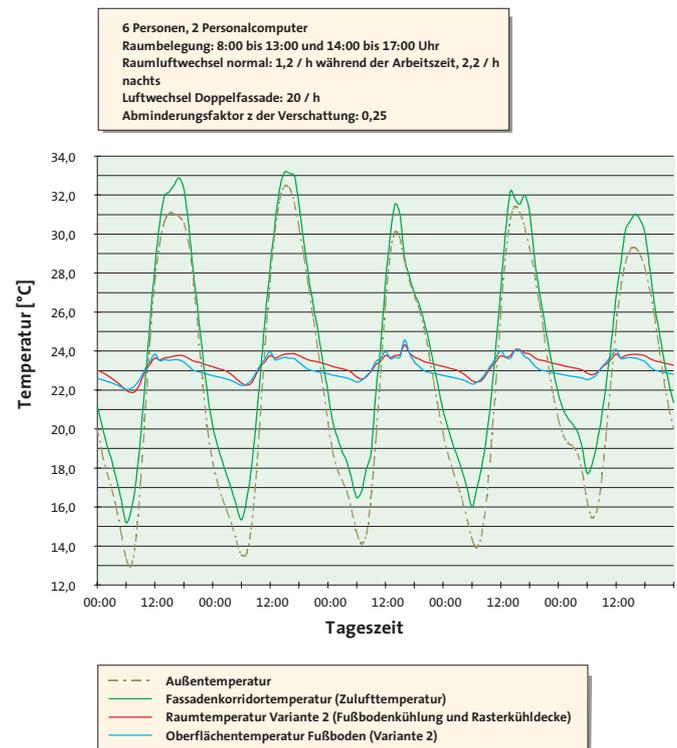


Bild 3: Raumkonditionierung über Fußboden und Kühldecke (Variante 2)

und Entfeuchtung der Zuluft. Um den Einfluss der relativen Feuchte auf die thermische Behaglichkeit zu untersuchen, wurde eine Auswertung nach der Gesamtkörper-Energiebilanz-Bewertungsmethode für den kritischen Sommerfall durchgeführt. Die Variation der relativen Feuchte von 50 auf 80 % ergab einen unbedeutenden Anstieg der Unzufriedenheiten von lediglich 2 %. Daher kann der Verzicht auf die Entfeuchtung der Raumluft aus physiologischer Sicht ohne Bedenken erfolgen.

Thermische Gebäudesimulation

In der Praxis ist meist ein Kompromiss zwischen dem Entwurf einer Anlage für ein optimales Raumklima einerseits und der Umsetzung mit der Ausnutzung von vorhandenen Randbedingungen andererseits zu schließen. Am Beispiel eines südwestorientierten Raumes im Neubau wurden zwei Anlagenvarianten untersucht. Es wurde zwischen der Raumkühlung nur über die Fußbodenheizung und der Raumkonditionierung mit Rasterkühldecke und Fußbodenkühlung unterschieden.

Die Ergebnisse führten zur Realisierung der Variante mit der Kühlung über den Fußboden, Fußbodenheizungssystem Cuprotherm® und über die Rasterkühldecke, System Götz.

Zur Auslegung der Kühlanlagen im Bestand des Gebäudekomplexes wurde ebenso eine Reihe von Simulationsberechnungen durchgeführt. Ziel der Untersuchung war, durch eine Variation der Kühldeckenflächen Erkenntnisse über das Raumklima zu gewinnen, die Einflüsse der Sonnenschutzsteuerung darzustellen und die Auswirkung der nächtlichen Temperaturabsenkung mit Einbindung der Abluftanlagen abzuschätzen.

Lüftungsanlagen

Ein erster Zusammenhang zwischen der Belüftung und der Raumkonditionierung mittels thermisch aktiver Flächen wurde am Beispiel der Beurteilung der thermischen Behaglichkeit während der Fensterlüftung erläutert. Ein zweiter Zusammenhang besteht in der Nutzung der nächtlichen Temperaturabsenkung. Zur Grundausrüstung eines jeden Büroraumes wurde mindestens ein Fenster mit elektrischem Stellantrieb vorgesehen. Im Zusammenwirken mit der zentralen Abluftanlage ist dadurch ein kontrollierter Luftaustausch sichergestellt. Gleichzeitig ermöglicht diese Systemlösung die Nutzung der nächtlichen Temperaturabsenkung zur Kühlung der Gebäudesubstanz während der heißen Sommerperiode. Die Doppelfassade dient als Wind- und Regenschutz und ermöglicht das Öffnen der Kippflügel auch während stürmischer Nächte.

Im Neubau wurde ein über drei Geschosse verzweigtes Abluftkanalnetz mit zentraler Abluftförderung auf dem Dach des Gebäudes realisiert. Im Bestand wurden Lüftungskanäle der alten Klimaanlage genutzt und geschossweise neue Abluftanlagen errichtet. Auch in diesem Bauteil befinden sich die drehzahlgeregelten Abluftventilatoren im obersten Geschoss, untergebracht in einer Lüftungszentrale.

Kälte aus Fernwärme

Das Konzept zur Kältebereitstellung aus Fernwärme entstand aus der Notwendigkeit der Erneuerung und Erweiterung der vorhandenen Kompressionskältemaschinen. Gleichzeitig bot sich die Gelegenheit an, der zum Zeitpunkt des Umbaus vorgesehene Wechsel des Heizungsträgers Erdgas auf Fernwärme kostengünstig auch in den Sommermonaten zu nutzen. Sorptionskältemaschinen benötigen, abge-

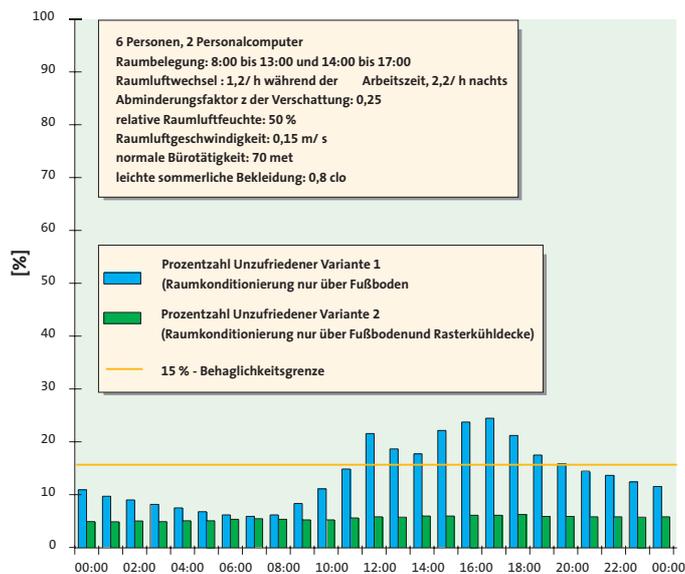


Bild 4: Behaglichkeitsbewertung Variante 1 und 2 am fünften heißen Sommertag

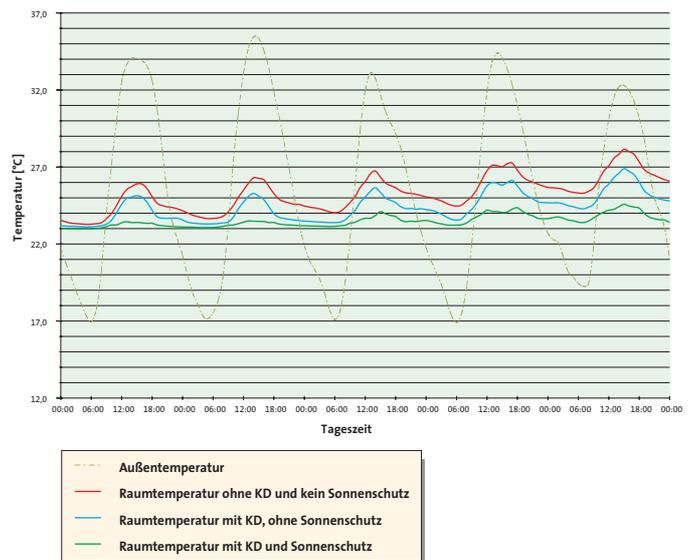


Bild 5: Raumtemperaturen im Zeitraum 31. August bis 5. September im Südwestraum

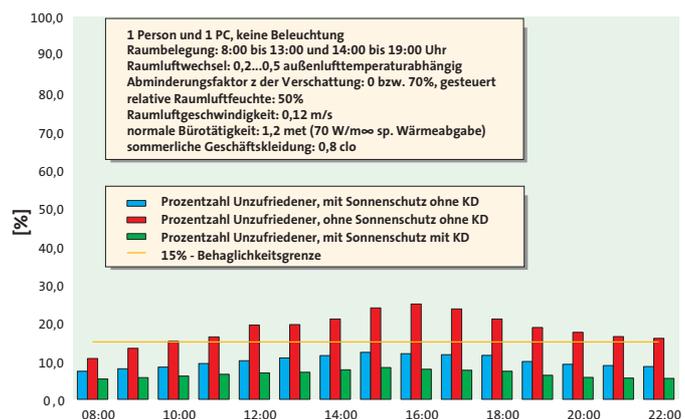


Bild 6: Behaglichkeitsbewertung für Südwestraum am fünften heißen Sommertag

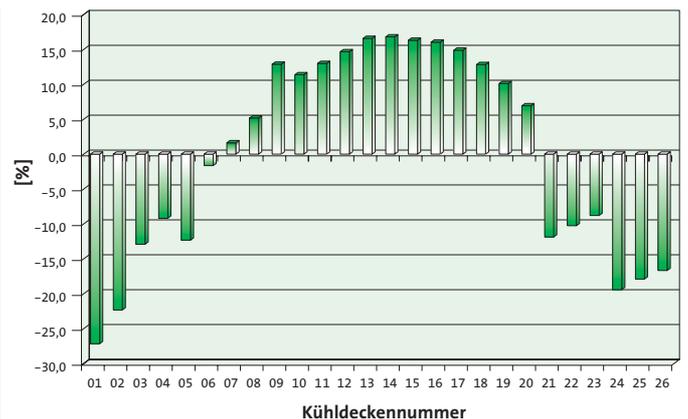


Bild 7: Teilmassestrom Verteilung, prozentuale Abweichung zum mittleren Teilmassestrom als Ergebnis der komplexen Rohrnetzrechnung für die Kühldecke

sehen von der Umwälzenergie des Wärmeträgers, ausschließlich thermische Antriebsenergie. Entscheidend für die Realisierung des Adsorptionskältekonzeptes im Gebäudekomplex der IHK Aachen ist die Sicherstellung während der Sommerperiode von Vorlauftemperaturen im Heizkreis von mindestens 80 °C. Infolge der flächendeckenden Realisierung von Kühldeckenanlagen bewegen sich die Kältekreistemperaturen oberhalb der 10 °C-Grenze und tragen zur Verbesserung des Wirkungsgrades des Sorptionsprozesses. Zur Rückkühlung der Anlage dient ein Verdunstungskühler, der gleichzeitig den Abluftventilator der Lüftungsanlage im Neubau darstellt. Dadurch wird in den kritischen Sommertagen eine Wärmerückgewinnung der besonderen Art realisiert. Die im Vergleich zu der Außenlufttemperatur kühlere Abluft wird zum Rückkühlvolumenstrom beigemischt. Die dadurch sinkende Feuchtkugeltemperatur trägt zur Steigerung der Verdunstungskühlung und zur Verbesserung des Rückkühlwirkungsgrades bei.

Über den Fernwärmeanschluss mit ca. 600 kW Spitzenleistung werden sowohl der Alt- als auch der Neubau versorgt. Primärseitig, vonseiten der Stadtwerke, betragen die Vorlauftemperaturen ca. 110 °C im

Winter und etwa 100 °C im Sommer. Das sekundärseitige Heizwasser wird zunächst in den Altbau geführt. Der Vorlauf weist hier eine Temperatur von etwa 80 °C auf. Er kühlt sich auf ungefähr 55 °C ab und wird zum Fußbodenheizsystem des Neubaus weitergeleitet. Diese Art Kaskadenschaltung ermöglicht eine optimale Ausnutzung der Fernwärme. Durch die große Temperaturspreizung sind geringe Umwälzströme und ein gesunkener Elektroenergieverbrauch zu verzeichnen.

Kälteverbundnetz und Kühldecken

Im Rahmen der Umbauarbeiten wurden die Hauptverteiler- und Sammelleitungen vom Alt- und Neubau in ein einheitliches Kälteverteilernetz zusammengeführt. Grundidee dieser Zusammenführung ist die optimale Nutzung der Fernwärme zur Kältebereitstellung durch die Errichtung einer Adsorptionskälteanlage mit ca. 160 kW Leistung. Zur Spitzenlastdeckung und als Notaggregat wurde eine bestehende Kompressionskältemaschine mit 100 kW integriert.

Die Anbindung der einzelnen Kühldeckenanlagen erfolgt geschossweise. Jede Kühldeckenanlage verfügt über eine Mischervorrichtung und einer drehzahlregelmäßig gesteuerten Pumpe. Die Vorlauftemperatur wird für



Bild 8: Die Doppelfassade dient als Klimapuffer und Schallschutz



Bild 9: Die Adsorptionskälteanlage ist auf dem Dach vom Neubau untergebracht



Bild 10: Rasterkühldecke entlang der Fassade

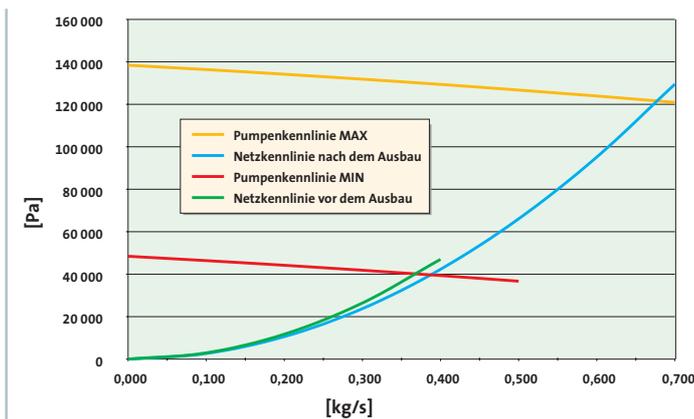


Bild 11: Netz- und Pumpenkenlinie einer Kühldeckenanlage

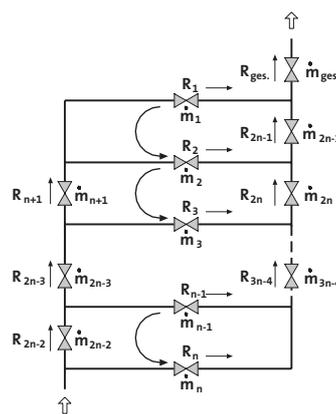


Bild 12: Systemdarstellung der Tichelmann'schen Parallelschaltung zur Aufstellung des Gleichungssystems für die komplexe Rohrnetzberechnung

alle Bereiche zentral ermittelt, da das gesamte Gebäude einheitlich genutzt wird. Die aktuelle Taupunkttemperatur wird aus mehreren Temperatur-/Feuchtesensoren ermittelt, die im gesamten Gebäude verteilt sind.

Die Raumkühlung im Bestand erfolgt hauptsächlich über Rasterkühldecken, die sich entlang der äußeren Bereiche des Raumes oder über die einzelnen Arbeitsplätze befinden. Mit ca. 160 W/m² spezifische Leistung bei DIN-gerechten Normbedingungen stellen die Rasterelemente eine hochleistungsfähige Konstruktion dar. In einigen Versammlungsräumen wurden zur Abdeckung der überdurchschnittlich hohen Kühllast auch Gebläsekonvektoren eingesetzt. Diese werden nur an sehr kritischen Sommertagen betrieben. Zusätzlich zu den Kühldecken und der Gebläsekonvektoren wurden im repräsentativen Hermann-Heusch-Saal auch die Säulenradiatoren für die Raumkonditionierung herangezogen.

Die Kühldeckenanlage und die Fußbodenheizung im Neubau stellen eine Einheit dar. Sie sind über einen Wärmetauscher an das Kälteverbundnetz bzw. Heiznetz angebunden und können parallel betrieben werden, da sie über gemeinsame Verteiler- und Sammelleitungen

verfügen. Steuerbare Kugelventile dienen als Absperreinrichtung zum Auf- und Absperren von einzelnen Bereichen in Verbindung mit der Raumtemperaturregelung.

Komplexe Rohrnetzberechnung

Die Umwälzenergie hat im Gesamtenergieverbrauch unter Anwendung umweltfreundlicher Energiequellen eine neue Bedeutung gewonnen. Die Optimierung der Rohrnetze und der Druckverluste trägt im Fall der Raumkonditionierung zu deutlicheren Einsparungen im gesamten System als bei konventionellen Anlagen bei. Die hydraulische Auslegung vom Kälteverbund und Kühldeckenanlagen erfolgte mit dem Einsatz eines Rechenwerkzeugs, basierend auf Knoten- und Maschengleichungen [1].

Da die Raumkonditionierung auf Flächenheiz- bzw. Kühlsystemen mit einem weit verzweigten Rohrnetz basiert, stellt die komplexe Rohrnetzberechnung im Gesamtplanungsprozess mit der exakten Bestimmung der Teilmassestromverteilung einen wesentlichen Schwerpunkt dar. Erstens wird eine präzise Auslegung der Kühldecken ermöglicht, weil die Teilmasseströme als Parameter in die Energiebilanz

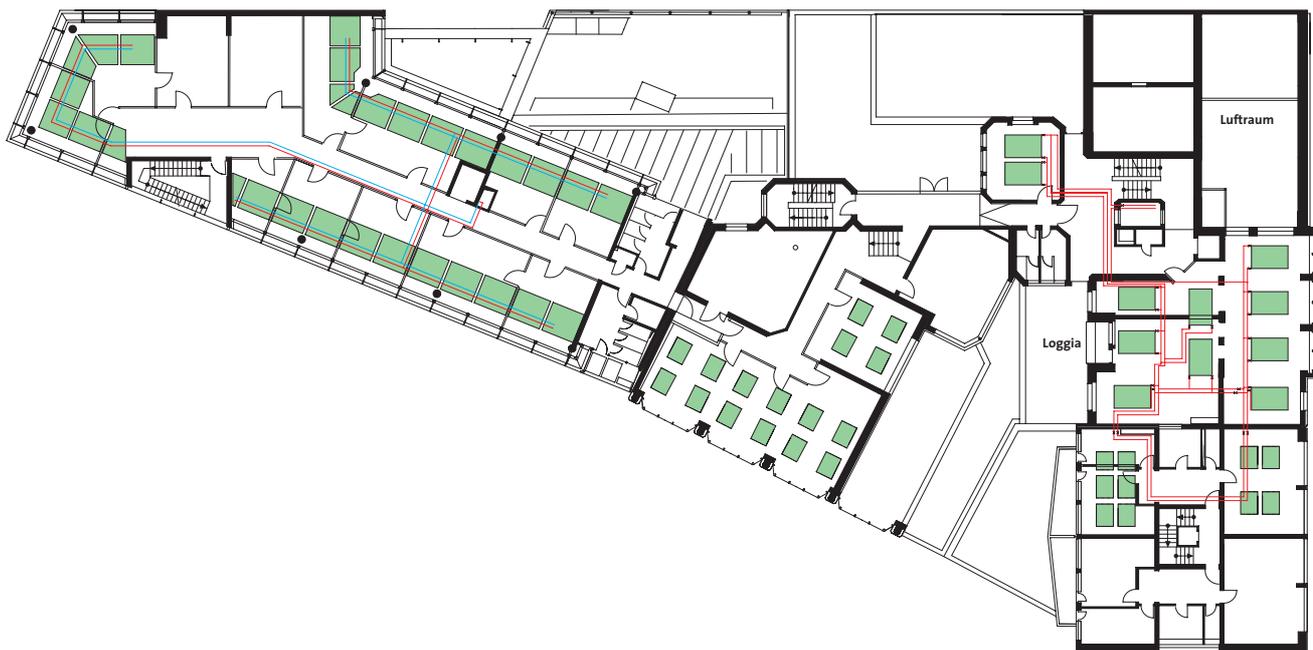


Bild 13: Kühldecke 2. Obergeschoss, M. 1:500

der Flächenwärmeströme einfließen. Zum Zweiten ist die Netzkenntlinie einer Kühldeckenanlage mit variierend freigeschalteten Kühldeckenbereichen (bedingt durch die Einzelraumregelung) veränderbar. Selbst beim Einsatz von drehzahlgeregelten Pumpen kann die Veränderung der einzelnen Netzkenntlinien zu Massestromverschiebungen im Kälteverbund führen. Diese ist im Zusammenhang mit der Kühlflächenleistung zu bringen und dient der genauen Auslegung.

Gebäudeautomation

Das Automationssystem des Gebäudes ist eine mikroprozessorgesteuerte, modular aufgebaute Anlage der ABB AC31-Serie, die alle Bereiche von der Fassade und Sonnenschutzsteuerung bis hin zur Lüftung und Adsorptionskältemaschine einschließt. An das System sind alle Sensoren und Aktoren angeschlossen, die für die Funktion der einzelnen Systeme erforderlich sind. Es sind geschossweise einzelne Inselgruppen errichtet worden, die über einen Bus miteinander kommunizieren. An einer zentralen Stelle können über einen PC alle wesentlichen Daten ständig kontrolliert und einige Parameter verändert werden. Anlagenstörungen werden zentral gemeldet. Durch eine kontinuierliche Pflege der Anlagen lassen sich Nutzungsveränderungen im Gebäude erfassen und in den Programmablauf integrieren. Auf die inneren und äußeren Einflüsse kann mit den Mitteln der komplexen, aufeinander abgestimmten Technik an der Fassade und im Gebäude auf verschiedene Weise darauf reagiert werden. Das Bussystem bildet die Nervenbahnen, die durch den gesamten Gebäudekomplex verlaufen. Die verschiedenen Sensoren sind an das einheitliche Bussystem angeschlossen. Neben allgemeinen Wetterdaten, wie Windrichtung, -geschwindigkeit, Regen, Außentemperatur und Luftfeuchte, wird auch die Lufttemperatur in einem Raum oder Bereich über einen Innentempersensoren ermittelt.

Die Gebäudeautomation ist so konzipiert worden, dass sie beliebig in allen Gebäudeteilen erweitert werden kann. Ebenso ermöglicht die komplexe Ausführung eine optimale Versorgung aller Bereiche zu jeder Zeit. Engpässe in der Kältebereitstellung können zum Beispiel mit gezielter Kälteverteilung abgefangen werden. Zur Gebäudeauto-



Bild 14: Hermann-Heusch-Saal im Bestand, Raumkonditionierung über Rasterkühldecken, Säulenheizkörper und Gebläsekonvektoren



Bild 15: Die Kühldeckenverteiler und Sammelleitungen sind Bestandteil der Raumkühlfläche



Bild 16: Fußbodensystem Cuprotherm® auch für die Kühlung ausgelegt

mation gehört eine Wärmezählereinrichtung, die die Verbrauchswerte kontinuierlich ermittelt und speichert. Somit können erste Ansatzpunkte zur Energieeinsparung festgelegt werden.

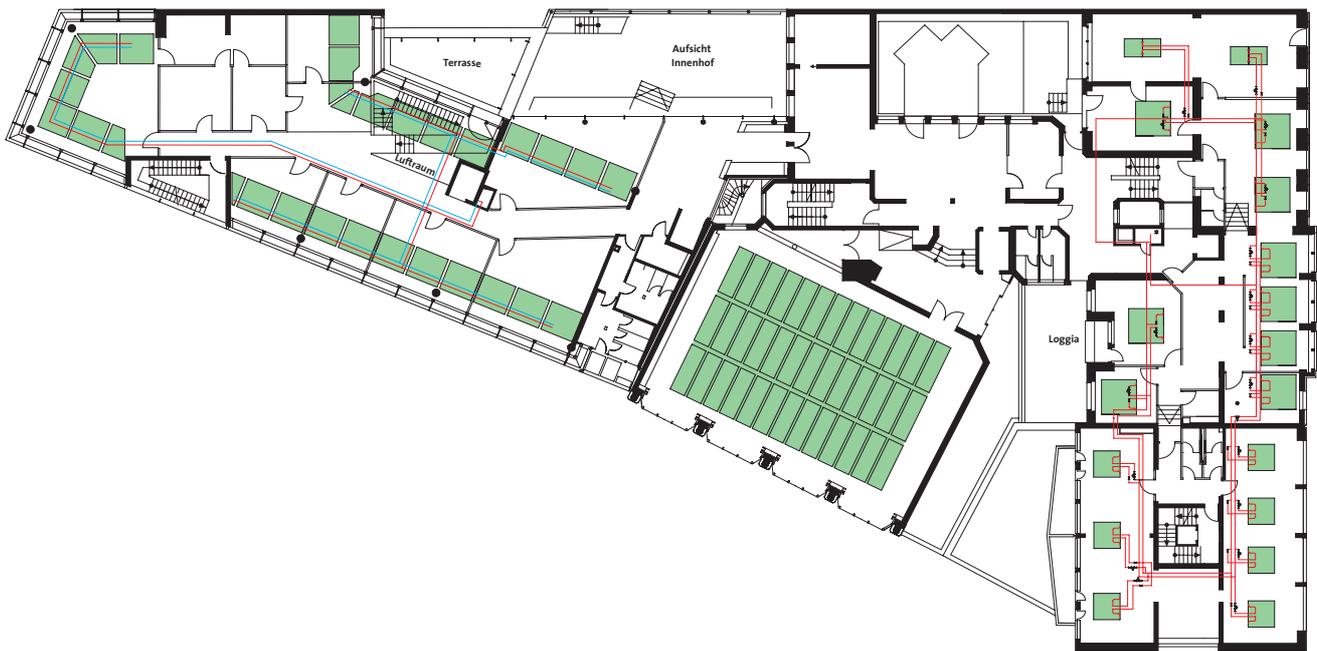


Bild 17: Kühldecke 1. Obergeschoss, M. 1:500

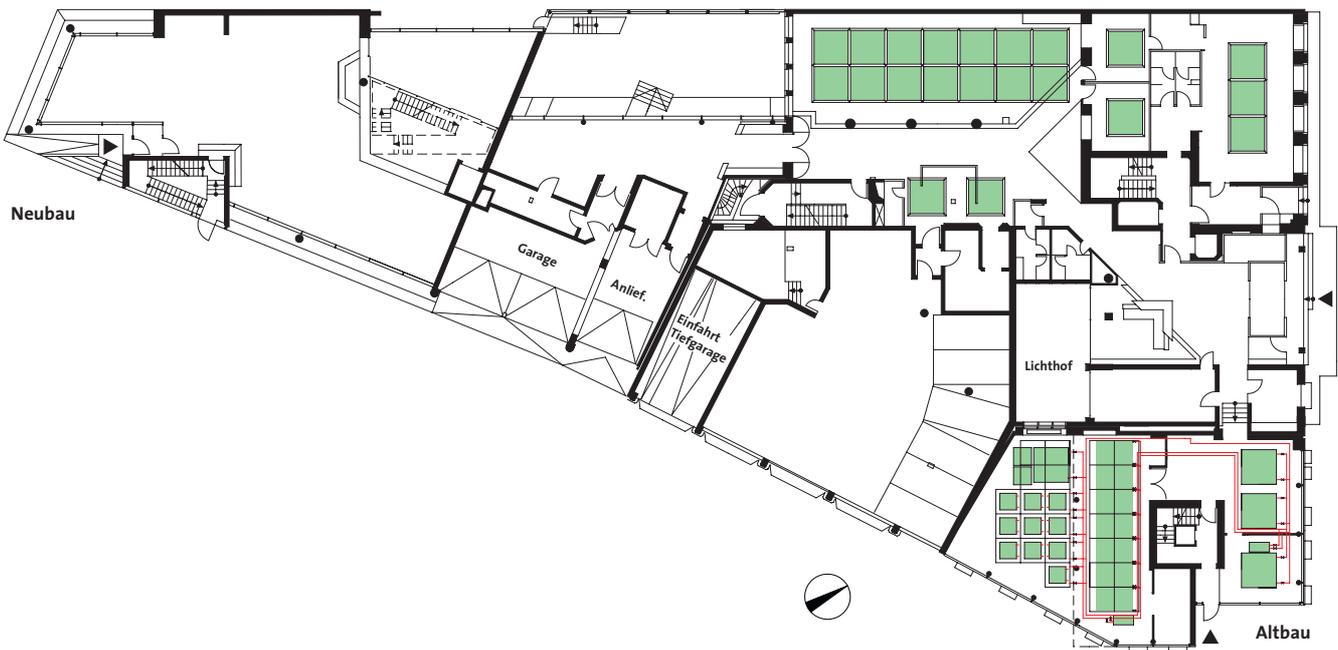


Bild 18: Kühldecke Erdgeschoss, M. 1:500

Fazit

Mit dem Konzept dieses modernen Bürogebäudes wurde eine Synthese von innovativer Technologie mit zeitgemäßer solarer und humaner Architektur in die Tat umgesetzt. Es steht dabei für ein ganzheitlich gesteuertes Gebäude, in dem die Kette von der Energiebereitstellung über die Wärmeverteilung und die Sicherstellung eines optimalen Raumklimas eine unzertrennbare Einheit bildet. Zum Erfolg des Konzepts sprachen die durchweg behaglichen Raumtemperaturen am extrem heißen Sommer 2003 und die Umweltverträglichkeit durch gesunkenen Energieverbrauch und verringerten Schadstoffemissionen.

Literatur

- [1] Ivan Diankov: Umweltgerechte Raumkonditionierung, Behaglichkeitsregelung und komplexe Rohrnetzberechnung, Dissertation, Universität Karlsruhe (TH), Fakultät für Architektur, Mai 2001
- [2] WSPLab, Dr.-Ing. H. Bitter: Prüfbericht über die Ermittlung der Kühlleistung einer Raumkühlfläche nach DIN 4715-1 (Götz-Rasterkühldecke), Prüfbericht Nr. 96.58.GOE.001, Mai 1996
- [3] Thomas Lödel, Ivan Diankov: Dynamische Gebäudesimulation, TAB Technik am Bau 11/99, BertelsmannSpringer Bauverlag