

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 89 (1971)
Heft: 25

Artikel: Die Klimaanlage
Autor: Ziemba, W.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-84889>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 16.05.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

1. Gründe für die Ausrüstung mit klimatechnischen Einrichtungen

Künstliche Kühlung ist im allgemeinen geboten, wenn die Temperatur der Aussenluft über etwa 25°C ansteigt. Aus den Häufigkeitskurven dieser Temperaturen in Zürich, Bild 1, die den neuen VSHL-Regeln [1] entnommen wurden, ist zu ersehen, dass die Grenze von 25°C im Normaljahr nur während rund 300 Stunden pro Jahr überschritten wird, was etwa 3,4 % der gesamten Stundenzahl pro Jahr (8760 h) ausmacht. Es entspricht den tatsächlichen klimatischen Vorgängen besser, anstelle der Temperatur die Enthalpie der Aussenluft als massgebendes Kriterium zu wählen. Als Grenzwert für die Behaglichkeit dürfte $i = 12,4 \text{ kcal/kg}$ gelten, was 25°C , 50 % entspricht. Wie aus Bild 2 ersichtlich, kommt man dabei ebenfalls auf 300 Stunden pro Jahr, an denen höhere Enthalpien vorkommen. Bezieht man diese 300 Stunden auf die tatsächliche Arbeitszeit (acht Stunden pro Tag), so kommt man auf einen Anteil von 10,2 %. Dieser ist so klein, dass er allein den Einbau von Klimaanlage nicht rechtfertigt. Hierfür bestehen jedoch andere Gründe.

Um diese zu finden, ist vorerst die Frage zu klären, ob die Fenster während der Arbeitszeit offengehalten werden können, ob also im Sommer mit einfacher Fensterlüftung auszukommen oder ob eine künstliche Lüftung mit filtrierter und allenfalls erwärmter Luft vorzusehen sei. Die Selnastrasse, an welcher das SIA-Haus steht, weist einen starken Strassenbahn- und Autoverkehr auf. Strassenstaub und Auspuffgase sind bis zum dritten Obergeschoss, der Aussenlärm bis zum Dachgeschoss deutlich wahrnehmbar. Diese Störmomente werden weiter zunehmen. Sie bewirken schon jetzt eine nicht zumutbare Belästigung der Bürouinsassen. Aus diesem Grund muss man die Fenster geschlossen halten und die Räume künstlich belüften.

Hierfür besteht noch eine zweite Veranlassung: Sobald die Aussentemperatur unter die Innentemperatur sinkt,

stellt sich in dem hohen Gebäude ein Auftrieb ein, der bei kaltem Wetter sehr stark ist. Würde man alsdann die Fenster der oberen Geschosse öffnen, so würde dort die warme Luft aus den Kernzonen des Hauses durch die Büroräume ins Freie austreten, jedoch brächte man keine Aussenluft durch die Fenster ins Hausinnere. Nur bei gewissen Windverhältnissen wäre dies bei einzelnen, günstig gelegenen Räumen möglich. Da aber bei Wind die Fenster in den Obergeschossen nicht geöffnet werden dürfen, ist eine befriedigende Lüfterneuerung durch die Fenster ausgeschlossen.

Der eigentliche Grund, sich nicht nur mit künstlicher Lüftung zu begnügen, sondern volle Klimatisierung vorzusehen, ergibt sich aus der Bauweise. Ältere Gebäude zeichnen sich durch schwere Mauern mit grossem Wärmespeichervermögen und verhältnismässig kleinen Fenstern aus, die nur eine geringe Wärmeeinstrahlung zulassen. Der Tagesverlauf der Innentemperaturen ist weitgehend ausgeglichen: Man empfindet an heissen Tagen im Innern eine angenehme Kühle, während es in der Nacht dort wärmer ist als aussen.

Gerade umgekehrt sind die Verhältnisse bei modernen Häusern von leichter Bauart, also geringem Wärmespeichervermögen und mit grossen Fensterflächen. Man spricht hier von einer Treibhauswirkung. Die Sonnenstrahlen, die durch die geschlossenen Fenster ins Rauminnere gelangen, werden von den Innenwänden, den Decken und Böden sowie vom Mobiliar absorbiert, wodurch sich diese Teile erwärmen. Die von ihnen zurückgestrahlte Wärme weist Wellenlängen auf, die keine Abstrahlung durch das Fensterglas ins Freie gestatten. Vielmehr bleibt die Wärme in den besonnten Räumen gefangen, weshalb in diesen die Lufttemperatur rasch ansteigt [2], [3]. Sie kann schon bei mässigen Aussentemperaturen unzulässig hohe Werte annehmen. Das ist bei Südfronten namentlich im Frühjahr und im Herbst der Fall, wo die Strahlen infolge des niedrigeren

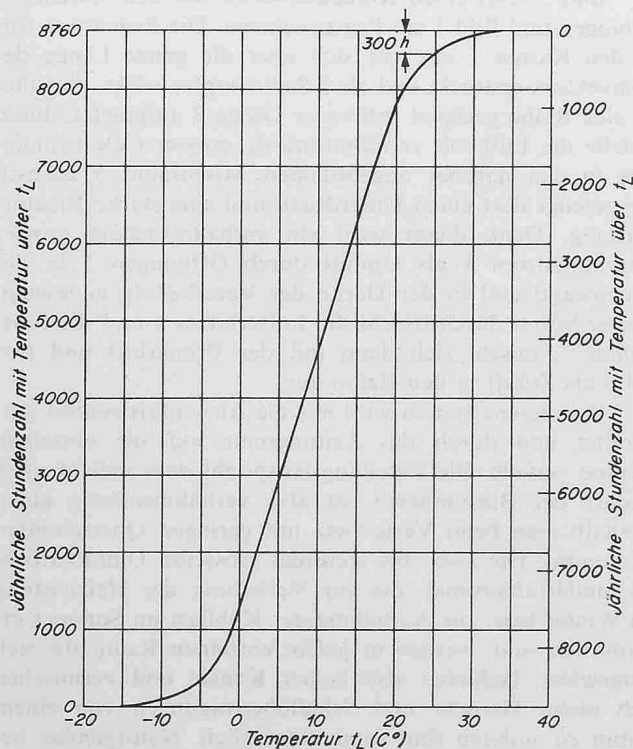


Bild 1. Temperaturhäufigkeit für Zürich nach [1]

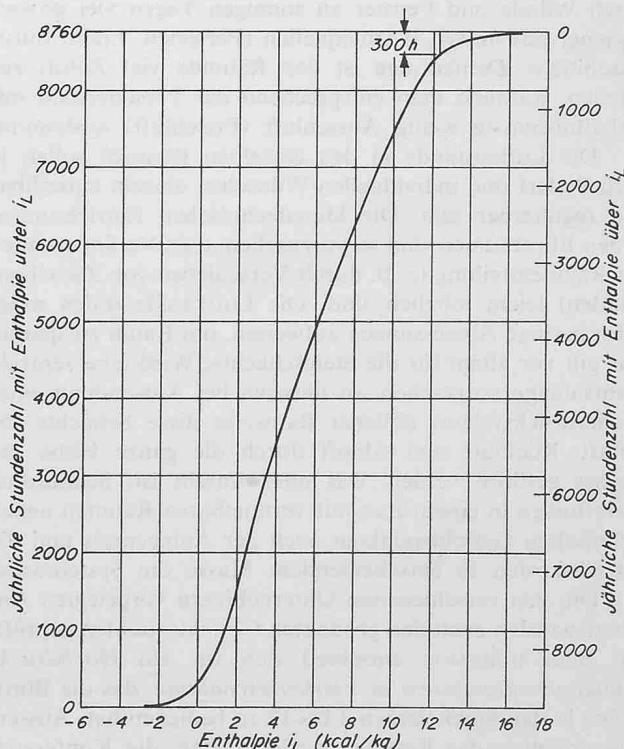


Bild 2. Enthalpiehäufigkeit für Zürich nach [1]

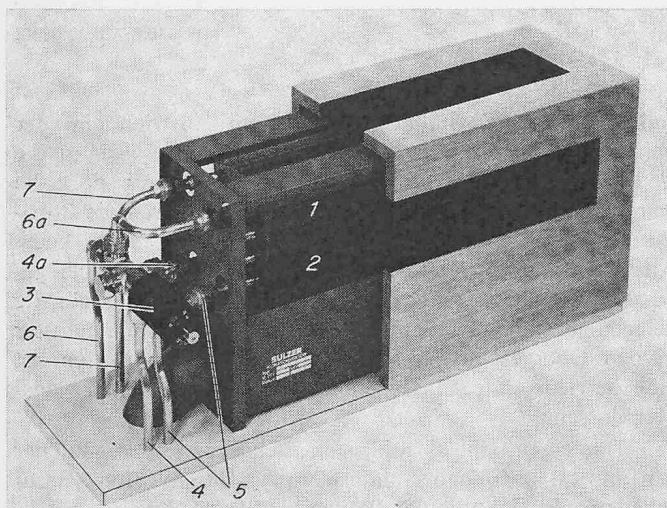


Bild 3. Klimakonvektor System Sulzer
1 Heizteil, 2 Kühlteil, 3 automatisches Ventil, 4 Kaltwasser-Vorlauf, 4a Kaltwasserzutritt zu 2, 5 Kaltwasser-Rücklauf, 6 Heizwasser-Vorlauf, 6a Heizwasserzutritt zu 1, 7 Heizwasser-Rücklauf

Sonnenstandes besser in die Räume eindringen als im Hochsommer. Das selbe gilt aber auch in den Sommermonaten bei Ostfronten am Vormittag und bei Westfronten am Nachmittag. Demzufolge macht die Häufigkeit der Tage mit unbehaglichem Innenklima ein Vielfaches des oben erwähnten Anteils von 10,2 % aus.

Das SIA-Haus ist ein ausgesprochener Leichtbau mit grossen Fensterflächen. Eine Klimatisierung ist aus den soeben dargelegten Gründen unerlässlich.

2. Die Systemwahl

Hierfür massgebend ist der Verwendungszweck der Räume. Diese können geschossweise, allenfalls gruppenweise vermietet werden. Um Geruchübertragungen zu vermeiden, ist ein Lüftungssystem zu wählen, bei dem die Zuluft aus keinem oder nur aus einem bescheidenen Anteil aus Rückluft besteht.

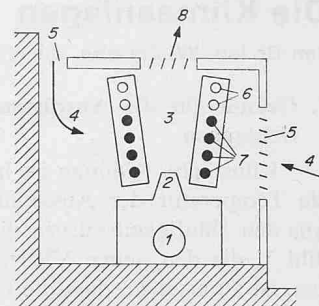
In den Büroräumen ist der Wärmeanfall von aussen durch Wände und Fenster an sonnigen Tagen viel grösser als jener aus innern Wärmequellen (Personen, Licht, Büromaschinen). Demzufolge ist den Räumen viel Zuluft zuteilen, während man entsprechend der Personenzahl mit verhältnismässig wenig Aussenluft (Frischlufte) auskommt.

Die Luftzustände in den einzelnen Räumen sollen je nach Bedarf und individuellen Wünschen einzeln einstellbar und regulierbar sein. Die klimatechnischen Einrichtungen in den Büroräumen sind so vorzusehen, dass Veränderungen der Raumeinteilung (z. B. durch Verschieben von Zwischenwänden) leicht möglich sind. Die Luftkanäle sollen möglichst geringe Abmessungen aufweisen, um Raum zu sparen. Das gilt vor allem für die Steigschächte. Wird eine zentrale Klimaanlage vorgesehen, so müssten bei Anwendung eines Niederdrucksystems üblicher Bauweise diese Schächte für Zuluft, Rückluft und Abluft durch die ganze Höhe des Hauses geführt werden, was unerwünscht ist. Schliesslich beeinflussen in einem Bau mit vermietbaren Räumen neben technischen Gesichtspunkten auch der Anlagepreis und die Betriebskosten in entscheidendem Masse die Systemwahl.

Die von verschiedenen Unternehmern vorgelegten Angebote wurden nach den genannten Gesichtspunkten geprüft. Die Baukommission entschied sich für ein *Hochdruck-Klimakonvektorsystem in Vierleiterschaltung*, das die Büroräume in den Stockwerken 2 bis 12 zu bedienen hat. Ausserdem erhielten das Restaurant, die Küche, die Konferenzräume und die unterirdische Garage sowie verschiedene

Bild 4. Prinzipschema eines Sulzer-Klimakonvektors

- 1 Verteilkasten für Primärluft
- 2 Düsen
- 3 Mischraum
- 4 Raumluft (Sekundärluft)
- 5 Öffnungen für 4
- 6 Lufterhitzer
- 7 Luftkühler
- 8 Zuluft



Nebenräume besondere lüftungstechnische Einrichtungen. Ihre Luftumsätze sind in Abschnitt 5 angegeben. Da es sich dabei um Niederdruckanlagen handelt, sollen sie hier nicht weiter beschrieben werden.

Gewisse Vorarbeiten für die Projektierung, die Beurteilung der Offerten und die Systemwahl lagen in den Händen des Verfassers, die ingenieurmässige Projektierung, die Ausführung und die Inbetriebnahme wurde der Firma *Gebrüder Sulzer* anvertraut.

3. Die Hochdruck-Klimakonvektoranlage

Das Klimakonvektorsystem wurde anfangs der fünfziger Jahre in Europa eingeführt¹⁾. Seither erfuhr es wesentliche Verbesserungen. Bei der im SIA-Haus verwendeten Bauweise wird die Aussenluft an einer günstigen Stelle angesaugt und einer Primärluftzentrale zugeführt, in welcher sie filtrierte, gewaschen und je nach Jahreszeit auf einen bestimmten Zustand (je nach Aussenzustand etwa $i = 8$ bis 10 kcal/kg) gebracht wird. Die solcherart aufbereitete Primärluft gelangt über ein Kanalnetz zu den Klimakonvektoren, die in die Fensterbrüstungen der Geschosse 2 bis 12 eingebaut sind. Das Verteilnetz besteht aus Kanälen oder Röhren von verhältnismässig geringem Querschnitt, weshalb es wenig Raum beansprucht. Die Luft strömt darin mit grosser Geschwindigkeit. Dank strömungstechnisch sorgfältig durchgebildeten Formstücken für Richtungsänderungen, Abzweigungen und Schaltorgane sind die Widerstände mässig und es ist kein Geräusch wahrnehmbar.

Bild 3 zeigt einen Klimakonvektor mit den Anschlussleitungen und Bild 4 ein Prinzipschema. Die Primärluft tritt in den Kasten 1 ein, der sich über die ganze Länge des Konvektors erstreckt und als Schalldämpfer wirkt. Auf ihm ist eine Reihe geeignet geformter Düsen 2 aufgesetzt, durch welche die Luft mit verhältnismässig grosser Geschwindigkeit in den darüber angeordneten Mischraum 3 austritt. Sie erzeugt dort einen Unterdruck und eine starke Ejektorwirkung. Dank dieser wird ein verhältnismässig grosser Raumluftstrom 4 als Umluft durch Öffnungen 5 in der Seitenwand und in der Decke der Verschalung angesaugt. Dieser Strom durchstreicht die Lufterhitzer 6 und die Luftkühler 7, mischt sich dann mit der Primärluft und tritt bei 8 als Zuluft in den Raum aus.

Bei diesem System wird nur die Aussenluft zentral aufbereitet und durch das Leitungsnetz auf die einzelnen Räume verteilt. Die Zuteilung entspricht dem individuellen Bedarf der Büroinsassen, ist also verhältnismässig klein, weshalb man beim Verteilnetz mit geringen Querschnitten auskommt. Die zwei- bis sechsmal grösseren Umluftströme (Sekundärluftströme), die zur Verteilung der Heizleistung im Winter bzw. zur Aufnahme der Kühllast im Sommer erforderlich sind, werden in jedem einzelnen Raum für sich umgewälzt, bedürfen also keiner Kanäle und vermischen sich nicht. Geruch- und Schallübertragungen von einem Raum zu anderen sind somit unmöglich. Naturgemäss be-

¹⁾ Eine eingehende Beschreibung findet sich in [4].

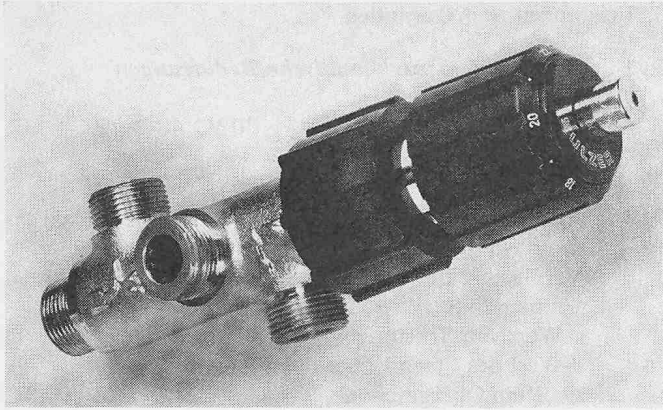


Bild 5. Automatisches Sulzer-Ventil für Vierleistersysteme

darf die zweimalige Erzeugung hoher Geschwindigkeiten der Primärluft und die Überwindung der Widerstände im meist weit verzweigten Verteilnetz einen verhältnismässig hohen Förderdruck des Primärluftventilators, weshalb in der Systembezeichnung das Wort «Hochdruck» vorkommt.

Das im SIA-Haus angewendete Verfahren weist einige bemerkenswerte Besonderheiten auf: Um eine Vermischung von Kalt- und Heizwasser mit den damit verbundenen Kälte- und Wärmeverlusten sicher zu vermeiden, sind die beiden Kreisläufe vollständig getrennt. Es bestehen somit für jeden Kreislauf je eine Vorlauf- und eine Rücklaufleitung, weshalb man von einem Vierleistersystem spricht. Ebenfalls wasserseitig getrennt sind die Kühl- und Heizbatterien in den Klimakonvektoren. Zwar erstrecken sich die reichlich bemessenen Lamellen über den Kühl- und den Heizteil und werden gleichmässig vom Umluftstrom bespült; aber die Rohre dieser Teile sind getrennt an die betreffenden Kreisläufe angeschlossen.

Bemerkenswert ist ferner das Fehlen von Klappen zum Lenken der Umluft entweder auf den Kühl- oder den Heizteil der Batterien, was eine wesentliche Vereinfachung bedeutet. Es handelt sich somit um ein rein ventilgesteuertes System. Wie aus Bild 4 ersichtlich, ist der Kühlteil reichlich bemessen, so dass man mit geringen Temperaturdifferenzen zwischen Luft und Kaltwasser auskommt, was aus wirtschaftlichen und betriebstechnischen Gründen vorteilhaft ist. Dementsprechend werden etwa zwei Drittel der Umluft gekühlt, während der restliche Drittel unverändert durch den abgestellten Heizteil strömt. Umgekehrt sind die

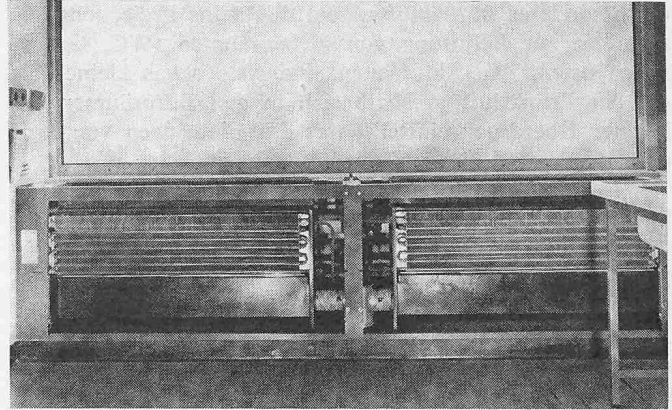


Bild 6. Sulzer-Klimakonvektor, in Fensterbrüstung eingebaut

Verhältniszahlen beim Heizbetrieb. Das ist zulässig, weil das Heizwasser mit hohen Temperaturen (90/70°C) zur Verfügung steht. Die Wärme wird dabei etwa einem Drittel der Umluft mitgeteilt, der sich dabei stark erwärmt, dann aber die aufgenommene Wärme durch Mischung an die gesamte Zuluft überträgt.

Als weitere Besonderheit ist die Regelung der Kalt- und Heizwasserzuteilung durch *automatische Sulzerventile für Vierleistersysteme* hervorzuheben, Bild 5. Dieses Regelorgan besteht aus einem Gehäuse mit je zwei Anschlüssen für Kaltwasser- und Heizwasservorlauf. Die Rückläufe weisen keine Schaltorgane auf. Im Ventilkopf ist ein Thermostat eingebaut, der auf die Raumtemperatur anspricht und sowohl die Umschaltung von Kühl- auf Heizbetrieb und umgekehrt vornimmt, als auch die automatische Anpassung der entsprechenden Wasserströme an den jeweiligen Kälte- bzw. Wärmebedarf besorgt. Die ganze Einrichtung zeichnet sich durch grosse Einfachheit, hohe Anpassungsfähigkeit, genaue Regelung der Klimagrössen und hohe Betriebssicherheit aus. Die Solltemperatur lässt sich durch Drehen eines Handgriffes am Kopf nach Bedarf einstellen.

Die Heizbatterien der Klimakonvektoren sind so reichlich bemessen, dass ihre Leistungen den gesamten Wärmebedarf bei tiefsten Aussentemperaturen zu decken vermögen. Anderweitige Heizeinrichtungen sind daher nicht nötig. Bild 6 zeigt einen in die Fensterbrüstung eingebauten Klimakonvektor.

Die Abluft aus den Büroräumen gelangt teilweise durch

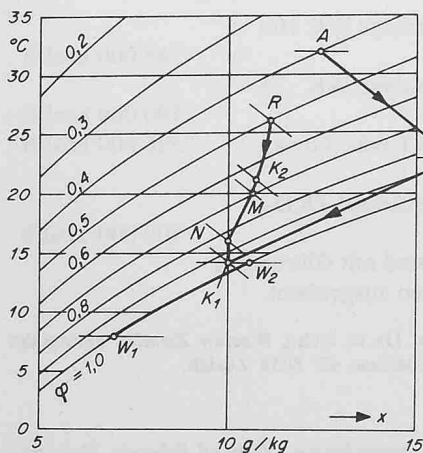


Bild 7. i, x -Diagramm für Sommerbetrieb

Luftzustände: A Aussenluft, T nach Wäscher, K_1 nach Primärluftkühler, N nach Primärluftheizter, R Raumluft, K_2 nach Sekundärluftkühler, M Zuluft, H_1 nach Primärluftvorwärmer, H_2 nach Sekundärluftheizter

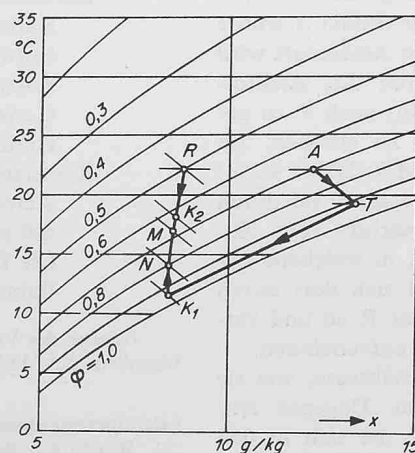
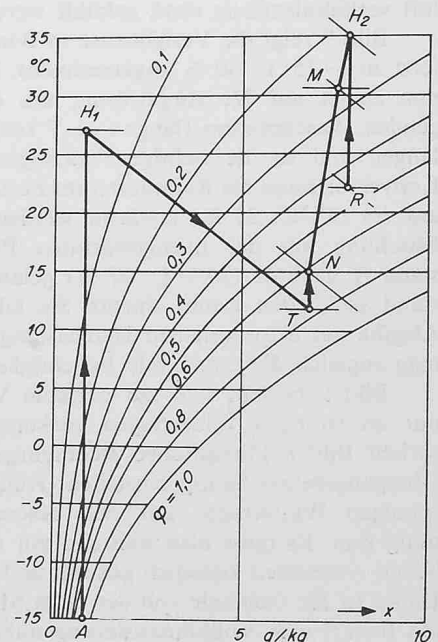


Bild 8. i, x -Diagramm für Übergangszeiten



Rechts: Bild 9. i, x -Diagramm für Winterbetrieb

ein besonderes Büroabluftsystem direkt ins Freie, teilweise dient sie zur Belüftung von Nebenräumen (WC, Garderoben usw.). Die Abluftraten sind stets etwas kleiner als die der Primärluft, weshalb sich in den Büroräumen ein leichter Überdruck einstellt, was das Eindringen von Luft aus Gängen und Nebenräumen ausschliesst.

4. Die Zustandsänderungen der Luft

Um sich über die tatsächlichen Vorgänge im Klimakonvektor ins Bild setzen zu können, sind Zustandsänderungen, welche die Luft dort erfährt, für verschiedene Aussenzustände in den i -, x -Diagrammen, Bilder 7, 8 und 9, aufgezeichnet. Im Sommer tritt die Aussenluft im Zustand A (z. B. 32°C , 40 %) in die Primärluftzentrale ein. Der Luftwäscher, der mit einem Wirkungsgrad von etwa 85 % arbeitet, bringt sie längs der Linie $i = \text{konst}$ ($15,1 \text{ kcal/kg}$) nach dem Punkt T (23°C , 87 %). Im Primärluftkühler kühlt sie sich unter starker Feuchtigkeitsabscheidung auf K_1 (14°C , 95 %) ab, um schliesslich in einer Nachheizbatterie auf N (16°C , 84 %) erwärmt zu werden. In diesem Zustand gelangt die Primärluft zu den einzelnen Klimakonvektoren, wo sie durch die Düsen in die Mischräume austritt.

Die Sekundärluft wird mit dem Raumzustand R (von z. B. 26°C , 50 %) abgesaugt, kühlt sich in der Kühlbatterie des Konvektors unter leichter Feuchtigkeitsabgabe auf K_2 (21°C , 65 %) ab, mischt sich dann mit der Primärluft vom Zustand N , wodurch sich der Zustand M einstellt (20°C , 69 %), in welchem die Zuluft in den Raum austritt. Diese nimmt dort Wärme und Feuchtigkeit auf, wodurch sich ihr Zustand auf R verändert. Je nach dem Wärmeanfall wird die Sekundärluft mehr oder weniger stark gekühlt (Zustandsänderung $R K_2$). Die Strecke $W_1 W_2$ bezeichnet die Luftzustände an den Oberflächen der Luftkühler; sie entsprechen den Kaltwassertemperaturen.

Im Frühling oder im Herbst ergeben sich die in Bild 8 dargestellten Zustandsänderungen. Die Aussenluft ist jetzt kühler und feuchter als im Hochsommer (der Punkt A liegt beispielsweise bei 22°C , 70 %). Der Raumzustand R sei z. B. durch 22°C , 50 % gegeben. Die Kühlung der Primärluft in der Zentrale muss bis K_1 geführt werden, um den Konvektoren Luft von geringer absoluter Feuchtigkeit zuteilen zu können. Da aber die Kühllast an sonnigen Tagen noch verhältnismässig gross ist, muss nur wenig nachgeheizt werden ($K_1 N$). Aus dem gleichen Grund muss die Sekundärluft verhältnismässig stark gekühlt werden ($R K_2$).

Bild 9 zeigt die Verhältnisse in Winter (Punkt A wurde jetzt zu -15°C , 80 % angenommen). Die Aussenluft wird nun zuerst auf H_1 vorgewärmt, um durch den nachfolgenden Waschprozess (längs $i = 7 \text{ kcal/kg}$) nach T zu gelangen und so die richtige Feuchtigkeit zu erhalten. Im Konvektor muss die Raumluft vom Zustand R (22°C , 45 %) auf H_2 (35°C , 22 %) erwärmt werden, worauf sie durch Mischung mit der nachgewärmten Primärluft vom Zustand N nach M ($30,5^{\circ}\text{C}$, 27 %) gelangt, in welchem Zustand sie in den Raum eintritt. Sie kühlt sich dort durch Abgabe der erforderlichen Heizleistung auf R ab und vermag zugleich die anfallende Feuchtigkeit aufzunehmen.

Bild 9 bezieht sich auf extreme Verhältnisse, wie sie nur an strengen Wintertagen vorkommen. Dagegen entspricht Bild 8 klimatischen Bedingungen, die sich in den Übergangszeiten häufig einstellen. Kühlung kann sogar an sonnigen Wintertagen auf den besonnten Gebäudeteilen nötig sein. Es muss also während gut der Hälfte der jährlichen Arbeitszeit künstlich gekühlt und entfeuchtet werden. Daher ist für Gebäude von der beim SIA-Haus angewendeten Bauart eine Vollklimatisierung unbedingt notwendig.

5. Leistungen und Garantien

5.1. Vorgeschriebene klimatische Bedingungen

Bei Aussenklima

— 15°C , 80 % r.F. + 30°C , 40 % r.F.

Innenklima

+ 22°C , 45 % r.F. + 26°C , 50 % r.F.

5.2. Voraussetzungen für die Kühl- und Heizlastberechnung

Verglasung: Thermopane mit Holzrahmen

Sonnenschutz: Äussere Stoffstoren

k -Wert von Brüstungen 1,0 kcal/m²h^{°C}

k -Wert des Flachdaches über dem zwölften Obergeschoss 0,7 kcal/m²h^{°C}

Anzahl Personen pro Stockwerk 50

Maschinenwärme pro Stockwerk 1000 kcal/h

Beleuchtung pro Stockwerk 4500 kcal/h

Aussenlufterate pro Person 50 m³/h

Aussenluftwechsel 3,6fach

Heizwassertemperaturen $90^{\circ}/70^{\circ}\text{C}$

Kaltwassertemperaturen $8^{\circ}/14^{\circ}\text{C}$

5.3. Technische Daten

Klimakonvektoranlage

Primärluftmenge total 28 000 m³/h

Abluftmenge total 22 500 m³/h

Restaurant und Küche

(mit Kühlung)

Aussenluft 6 000 m³/h

Abluft 5 300 m³/h

Konferenzräume im 1. OG

(Klimaanlage)

Aussenluft 4 500 m³/h

Abluft 4 200 m³/h

Vortragsraum im 12. OG

(Klimaanlage)

Aussenluft 4 500 m³/h

Abluft 4 000 m³/h

Garage-Lüftung (128 PW)

Aussenluft 22 500 m³/h

Abluft 25 000 m³/h

Abluftanlagen

WC «Allgemein» 3 000 m³/h

WC-Restaurant und Räume

der Personalgarderobe 675 m³/h

Aufzugmaschinenraum 4 000 m³/h

Kälteanlage

Kaltwasseranlage WK 100

(Luwa) 245 000 kcal/h

Kaltwasseranlage WK 75

(Luwa) 190 000 kcal/h

Kühlturm KT 600 (Luwa) 526 000 kcal/h

Kesselanlage

2 Hoval-Heizkessel TKD-R

mit je 700 000 kcal/h

Die Kessel sind mit Ölbrennern

Fabrikat Elco ausgerüstet.

Adresse des Verfassers: Dr. sc. techn. Waclaw Ziemba, beratender Ingenieur SIA/ASIC, Etzelstrasse 42, 8038 Zürich.

Literaturverzeichnis

- [1] Regeln für die Kühllastberechnung. Verband Schweiz. Heizungs- und Lüftungsfirmen (VSHL), 8024 Zürich, Ausgabe 1969.
- [2] W. Ziemba: Speicherfähigkeit der Baukonstruktion als Kriterium für die Bestimmung der Klimaanlage. «Schweiz. Blätter für Heizung und Lüftung» 29 (1962), Nr. 2.
- [3] W. H. Carrier: Handbook of Air Conditioning System Design. New York 1965. McGraw-Hill Book Company.
- [4] W. Ziemba: Klimakonvektoren. SBZ 72 (1954), Nr. 24, S. 354.