

Architekt/Klimaingenieur

Autor(en): **Ziembra, Wacław S.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **106 (1988)**

Heft 7

PDF erstellt am: **25.04.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-85643>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Architekt/Klimaingenieur

Das 75-Jahr-Jubiläum der ASIC regt zum Nachdenken über die Zusammenarbeit Architekt und Haustechnik-Ingenieur an. Ich beschränke mich hier auf die Gebiete Heizung, Lüftung, Klimatisierung (HLK).

Wenn wir eine alte, grosse Kirche betreten, so wundern wir uns, dass die Lufttemperatur und die Wandstrahlung recht konstant sind. Im Winter haben wir bei Frost im Raume kaum unter +5 °C, im Sommer kaum über 20 °C. Das Geheimnis liegt in den dicken, massiven Wänden, in verhältnismässig kleinen Fenstern und der Wärmeregulierung des Bodens. Mit anderen Worten, die Wärme- und Kältespeicherung haben hier einen grossen Einfluss.

Man trifft noch heute ältere Kirchen, die keine Heizkörper haben oder nur mit zusätzlicher Elektroheizung ausgerüstet sind.

Anders ist es bei den modernen Häusern mit leichter Wandkonstruktion und grossen Fensterflächen. Hier reagiert das Raumklima sofort auf Sonnenstrahlung, Aussentemperatur, Wind, Raumbelastung usw.

In diesen Bauten geht es nicht mehr ohne Heizungs- und Lüftungsanlagen. Eine Beratung des Architekten durch den HLK-Ingenieur ist unumgänglich. Ja, eine Zusammenarbeit im Sinne eines Planungsteams ist unausweichlich.

Die Entwicklung der Klimatisierung nach dem Zweiten Weltkrieg

Die Anwendung der Klimatechnik erfuhr nach 1945 eine rasche Ausbreitung auf verschiedene Gebiete. Das galt für

VON WACLAW S. ZIEMBA,
ZÜRICH

Europa und insbesondere für die Schweiz, wo man die Luftkonditionierung früher hauptsächlich in der Industrie verwendete.

Nun intensivierte man die Installation der Klimaanlage in:
Verwaltungshäusern,
Verkaufszentren,
Hotelbauten,
Hochschulen,
Laboratorien und
immer häufiger in Spitalbauten.

Das kam nicht von ungefähr. Die Gründe für diese Entwicklung lagen in:
steigenden hygienischen Anforderungen;
besserer Ausnutzung der Räume durch dichtere Belegung;
steigender Kühllast durch Anwendung ortsgelagerter Maschinen und elektrischer Apparate, wie Schreib- und Rechenmaschinen, Vervielfältigungsapparate sowie verschiedene Hilfseinrichtungen;

Schutz vor Staub- und Lärmimmissionen aus der Umgebung;
schon erwähnter leichter Baukonstruktion, die in diesen Jahren vielfach angewendet wurde.

In den 50er und 60er Jahren führte das alles zu einer Euphorie im Bau der Human-Klimaanlagen.

Wie immer in Zeiten der schnellen Entwicklung hat man bald festgestellt, dass die Klimatisierung auch gewisse Nachteile hat. Dazu kam die erste Ölkrise 1973, die uns allen die Grenzen der natürlichen Energiequellen drastisch vor Augen führte.

Nun stellten sich in den 70er Jahren bis zum heutigen Tag verschiedene Probleme ein, wie:

der gravierende Energieverbrauch mit Ausstoss teuer aufbereiteter Luft als Abluft ins Freie,
die physiologischen Reaktionen der Rauminsassen auf Zugluft, auf konstante Raumbedingungen (Temperatur + Feuchte) und damit verbundene Klimamonotonie,
die starke Verbundenheit mit Arbeitsplatz durch die Anwendung der Bildschirmgeräte, die nur wenig körperliche Bewegung erlauben,
keine Individualisierung des Mikroklimas am Arbeitsplatz, insbesondere in den Grossräumen,
die psychischen Widerstände der Einzelpersonen gegen die Unmöglichkeit, die Fenster nach Belieben zu öffnen, allgemeiner Widerstand gegen die Grossraumlösungen.

Ich erinnere mich an ein Gebäude in der BRD, in dem man die Grossraumidee bis zur äussersten Grenze ausgeführt hat. Auch der Präsident der Gesellschaft sass in einem Grossraum mit den anderen Mitarbeitern. Mit der Zeit sah man ein, dass dies nicht geht; man musste nach Unterteilungen suchen.

ASIC

Aus dieser Serie sind im Schweizer Ingenieur und Architekt bereits in folgenden Nummern Beiträge erschienen:

- SI+A Heft 13/87
- SI+A Heft 36/87
- SI+A Heft 38/87
- SI+A Heft 41/87
- SI+A Heft 46/87
- SI+A Heft 7/88

Hier kam zunächst die Klimaanlage in die Quere. Sie war eindeutig für den Grossraum konzipiert, so dass man einen umständlichen Umbau vornehmen musste.

Dann kamen im Spitalbau die Forderungen nach praktisch keimfreien Bedingungen und nach Möglichkeit der Temperatur- und Feuchteinstellung. Diese Raumklima-Regulierung hängt vom Krankheits- oder Unfallbild ab.

Die neuen Aspekte der Klimatechnik

Energie

Die Ölkrise im Jahre 1973 hat uns gezeigt, dass das Ölvorkommen begrenzt ist und die Brennstofflieferung politisch und finanziell manipuliert werden kann. Das gleiche gilt teilweise auch für Kohle, Holz und Kernenergie.

Somit gilt als 1. Forderung:

Der Energieverbrauch in allen Sektoren muss reduziert werden, also auch in der Klimatechnik. Hier ergeben sich folgende Möglichkeiten:

- a) Architektur: Wahl der Aussenhüllekonstruktion mit kleinen Wärme- resp. Kälteverlusten.
- b) Systemwahl: Prüfung, ob die Klimatisierung durch entsprechende bauliche und raumbelastungstechnische Massnahmen weitgehend reduziert oder sogar vermieden werden kann.
- c) Energietechnik: Anwendung verschiedener Wärme-, Kälte- und Feuchte-Rückgewinnungssysteme.
- d) Generell: Optimierung der Energiesparmassnahmen mit Einschluss der Baukonstruktion, Ausnutzung der Wärmequellen im Gebäude, Bestimmung des hygienisch zulässigen Aussenluftwechsels, Anwendung der Regenerationssysteme für Wärme, Kälte und Luftfeuchte,

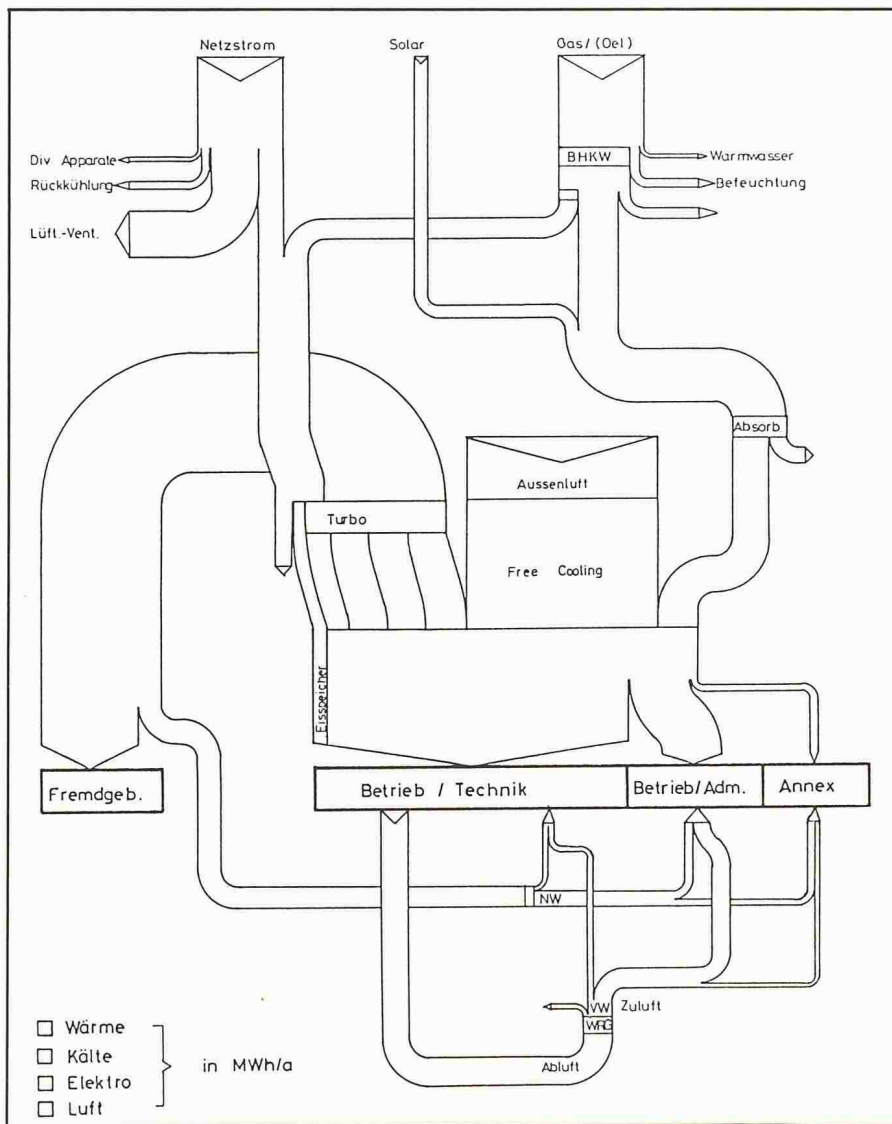


Bild 1. Beispiel eines Energiefluss-Diagrammes

Verwendung von Wärmepumpen-Schaltssystemen, Nutzung der Alternativenenergien, sofern diese wirklich eine merkbare Energiereduktion bringen und die entsprechenden Installationen in nützlicher Zeit amortisiert werden können.

Umwelt

Gleichzeitig zeigte sich, dass unsere Umwelt starken, schädlichen Belastungen unterworfen ist. Ich erwähne nur einige Teilaspekte davon, die für das weitere Verständnis dieser Ausführungen notwendig sind.

Abgasbelastung der Umgebungsluft durch Verkehrs- und Industrieabgase; Staubaufwirbelung und Lärmemission durch Verkehr und Industrie; Wärmebelastung von Flüssen, Seen und Umgebungsluft durch grosse Kühlanlagen und ungenutzte Abwärme; Kühlbelastung von Flüssen, Seen, Umgebungsluft und Erdreich durch Verwendung von Wärmepumpen;

Innenbelastung der Räume durch Staub, Asbestfasern, diffundierende Gase aus Baustoffen (z. B. Formaldehyd); bestrahlte Staubteilchen, die durch Eindringen radioaktiver Strahlung aufgeladen wurden (z. B. Radon).

Von äusseren Einflüssen der radioaktiven Strahlung wollen wir hier nicht sprechen, da diesbezüglich Schutzmassnahmen staatlich (eidgenössisch) geregelt werden sollten.

Als 2. Forderung gilt:

Der Mensch braucht einerseits hygienisch gute Arbeits- und Wohnbedingungen, andererseits ist die Umgebung (Luft, Wasser, Erdreich) vor Verschmutzung und Vergiftung zu schützen.

Gegensätzlichkeit der Forderungen

Die Forderungen, wie sie hier aufgestellt wurden, zeigen nur einen Teil der

Probleme. Die weiteren Aspekte können im Rahmen dieses Kurzartikels nicht besprochen werden.

An zwei Beispielen wollen wir zeigen, dass die beiden Forderungen gegensätzliche Lösungen verlangen.

Beispiel 1:

Nehmen wir an, dass man die Aussenluft für eine Klima- oder Lüftungsanlage wählt, um die üblichen, physiologisch zulässigen Werte zu erreichen. Doch in den Räumen ist:

eine Gasquelle (z. B. Formaldehyd); ein Eindringen von Radonstrahlen aus dem Erdreich (siehe Kataster in der SIA-Zeitschrift); die Staubbildung bei verschiedenen Arbeiten; ein Abbrechen der Fasern (Asbestverkleidung usw.); die Geruchsentwicklung (normalerweise nicht schädlich, aber unangenehm).

In diesem Fall bleibt nichts anderes übrig als

- die bauliche Abschirmung der belastenden Elemente so weit es geht oder
- die Erhöhung der Aussenluft rate.

Mehr Aussenluft bedeutet einen grösseren Energieaufwand.

Beispiel 2:

Der Bau wird sehr stark isoliert, die Fenster so gewählt, dass nur das erforderliche Aussenlicht einfällt, die Räume sind nach üblichen Grössen bestimmt worden, die Aussenluft wird in den Räumen durch eine Lüftungs- oder Klimaanlage in zulässig minimaler Menge zugeführt.

Solange die Aussentemperaturen tief sind, lässt sich in diesen Räumen einwandfrei arbeiten. Steigt aber die Aussenlufttemperatur leicht über 0°C, wird im Räume die Lichtlast belassen und kommen noch weitere Personen für eine Besprechung dazu, so entsteht eine Kühllast schon bei dieser relativ niedrigen Aussentemperatur.

Die Kühllast verlangt aber eine Raumkühlung respektive eine Vollklimatisierung.

Die wirtschaftlich für den Heizbetrieb interessante Bauweise verlangt somit eine Klimatisierung, was zu einer Betriebskostensteigerung führt. Als Lösung muss hier von allem Anfang an eine Energieoptimierung mit Einschluss der Baukonstruktion getroffen werden.

Energieoptimierung

Um eine Energieoptimierung zu erreichen, wird der Ingenieur eine Frageliste, Diagramme über die Belegungszeiten der verschiedenen Maschinen und Apparate erarbeiten. Dies erlaubt ihm, durch Einzelberechnungen und Zusammenstellungen ein Energiefluss-Diagramm zu zeichnen. Bild 1.

Nunmehr kann er beurteilen:

welche Heiz- und Kühlsysteme zweckmässig sind,
wo die Abfallenergie zurückgewonnen werden kann,
was mit der überschüssigen Wärme oder Kühlung geschieht,
welche Brennstoffe und welche Medien anzuwenden sind.

Danach kann eine weitere Präzisierung des Energieflusses stattfinden.

Werden darüber hinaus die Preise für die Installation und den Betrieb erfragt, so kann eine definitive Optimierung auch auf der Kostenseite erfolgen.

Im allgemeinen legt der Ingenieur als Entscheidungsgrundlage zwei bis drei Varianten vor, die dann zusammen mit der Bauherrschaft und dem Architekt/HLK-Ingenieur-Team besprochen werden.

Vorgehen bei der Architektenberatung und der Systemwahl

Es ist heute kaum denkbar, dass ein grosses, technisch kompliziertes Bauvorhaben ohne eine heizungs- und klimatechnische Beratung geplant werden kann. Eine zunehmende Zahl von Bauherren verlangt nicht mehr nur ein architektonisches Projekt, sondern ein Teamprojekt, das vom Architekten, Bauingenieur und HLK-Ingenieur gemeinsam erarbeitet wird.

Kernstück des Teamprojektes ist die Optimierung der Bau- und Betriebskosten bei wünschemmaser Auftragserfüllung. Dazu gehören:

zweckmässige Raumeinteilung entsprechend einem Layout,
Wahl der geeigneten Fensterkonstruktion,
Bestimmung der Bauisolation,
Wahl der geeigneten Heizungs- und Lüftungssysteme unter Berücksichtigung des Energierückgewinnes,
Probleme der Akustik, des Aussenlicht-einfalls und der künstlichen Beleuchtung.

Andere Aspekte, die für die Optimierung von Bedeutung sind:

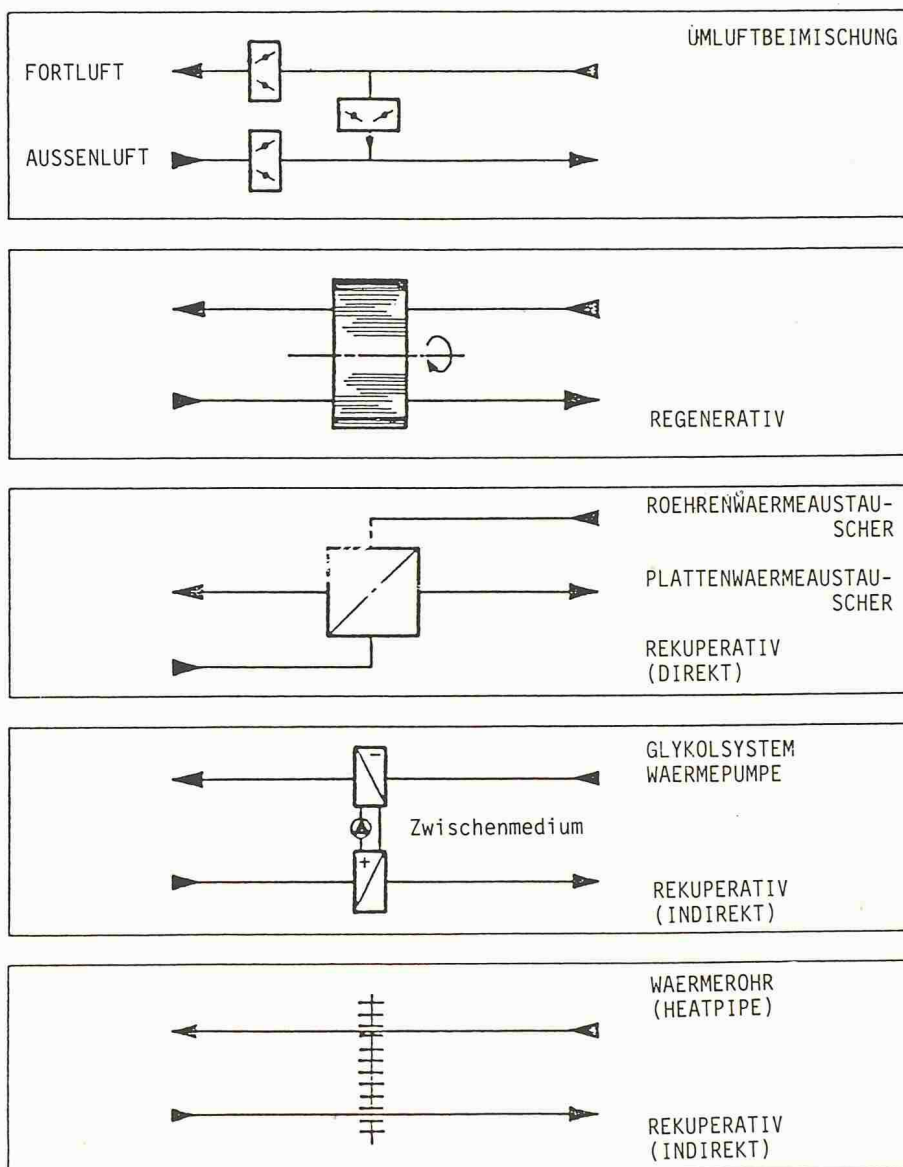


Bild 2. Wärmerückgewinnungssysteme für Lüftungs- und Klimaanlage

Energiepreise und deren Vergleich, Bau- und Installationskosten, allfällige Wärme- und Kältespeicherungen, Festlegung der Betriebskosten, Festlegung der Amortisationszeit und des Kapitalzinses.

Erst ein Projekt, bei dem neben den ästhetischen Fragen alle diese Spezialprobleme berücksichtigt sind, hat Chancen auf definitive Annahme.

Der haustechnische Berater, insbesondere auf dem Gebiete der HLK, erlangt wachsende Bedeutung.

Die Wärme/Kälte-Rückgewinnung in lufttechnischen Anlagen

Über die Probleme der Wärmerückgewinnung in den lüftungstechnischen Anlagen liegt umfangreiche Literatur

vor. Der Fachmann wird im Rahmen der Optimierung die geeigneten Apparate auswählen.

Hier sei kurz folgendes gesagt:

- Aussenluft/Umluft-Mischung**
Die Beimischung der Umluft darf nur in beschränktem Masse zugelassen werden. Sie ist bereits kontaminiert und eignet sich nur für Nebenräume, ansonsten muss sie sehr stark filtriert werden, z.B. mit Schwebstoff-Filtern in Reinraum-Anlagen.
An und für sich ist die Beimischung der Umluft eine gute energiesparende Massnahme, wenn nicht die oben genannten Begrenzungen wären.
- Die Abluft hat immer einen Enthalpiewert, der im Sommer tiefer und im Winter höher ist als die Enthalpie der Aussenluft.** Diese Tatsache führt dazu, dass man in den entsprechenden Wärmewechsel-Apparaten

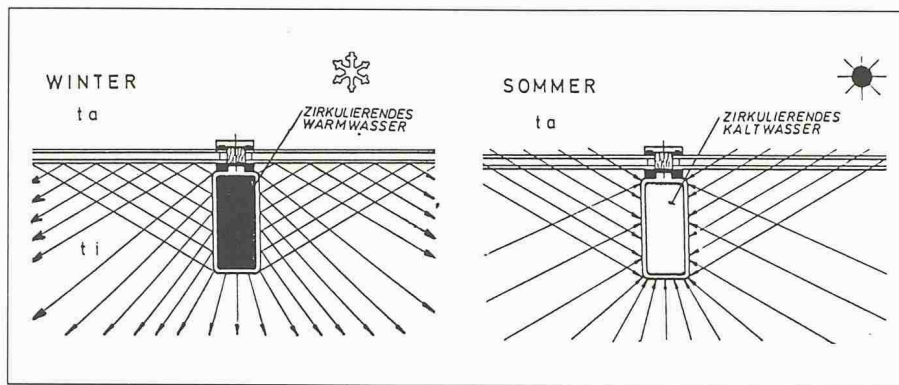


Bild 3. Integrierte Fassade (Schnitt)

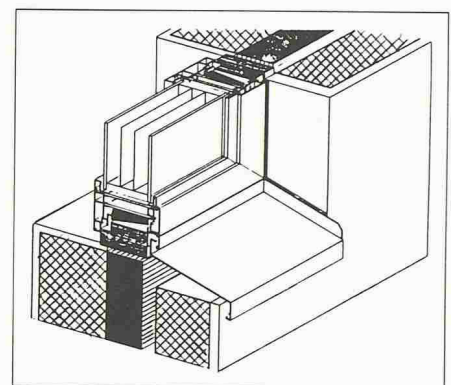


Bild 4. HIT-Fassade mit 2 Folien

Bild 5. Volumstromregler Typ VRR. (Quelle: Hess & Co.)

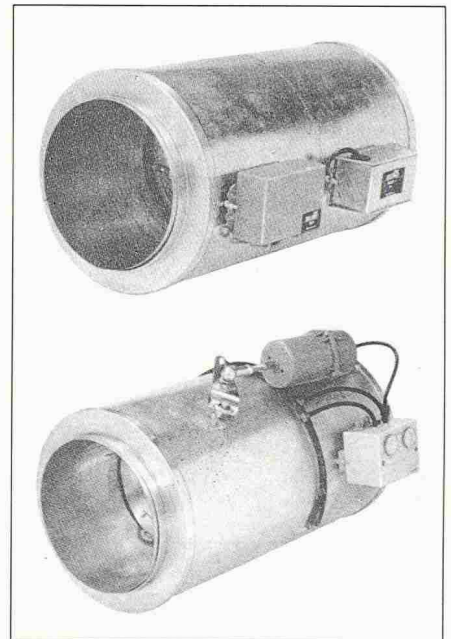
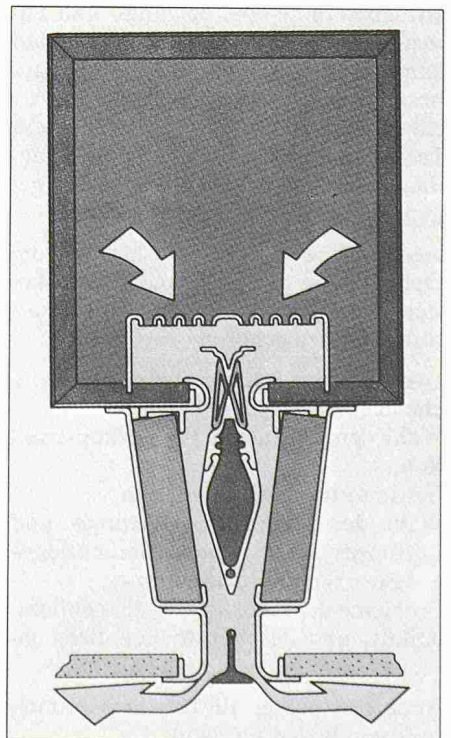


Bild 6. Carrier Moduline VVS. (Quelle: Carrier & Co.)



die überschüssige Wärme resp. Kälte zur Aufbereitung des Aussenluftanteils ausnützt. Grob gesagt, unterscheiden wir:

1b) Rekuperatoren, in denen nur die fühlbare Wärme ausgetauscht wird. Abluft und die Aussenluft berühren sich nicht. Diese Anwendung ist überall dort angezeigt, wo die Abluft stark kontaminiert oder mit Geruchsstoffen belastet ist.

2b) Regeneratoren mit Speichermasse, die in Rotoren eingebaut ist. Durch langsame Rotation wird die Speichermasse abwechselungsweise durch Abluft oder Aussenluft durchströmt. Da die Masse hygroskopisch ist, nimmt sie aus der Abluft Wärme und Feuchtigkeit auf und gibt sie bei der Rotation an die Aussenluft ab.

Heizwärme für ein Hallenbad zu nutzen. Das geschieht mittels Kälteanlagen-schaltung als Wärmepumpe. Im Winter wird die dem Eis entzogene Wärme dem Badewasser abgegeben. Im Sommer dient das trockene Eisfeld als Sonnenkollektor. Diese Lösung hat sich gut bewährt. Für die Warmwasseraufbereitung ist auch die Anwendung von Sonnenkollektoren vorteilhaft.

Die Verbreitung der Nutzung der Sonnenenergie für Klimaanlage ist eher bei Absorption-Kälteanlagen oder bei photovoltaischem Antrieb der Anlagen angezeigt.

Neukonstruktion der Fensterelemente und der Fassaden

Hier möchte ich die Bemühungen um die Reduktion des Sonnenstrahl-Einfalles und der Wärme- und Kälteverluste durch die Fassaden kurz skizzieren.

Grosse Fenster sind für die Bewohner angenehm, weil sie einen guten Kontakt mit der Umwelt und guten Lichteinfall geben. Ist ein Fenster besonnt, so soll der Strahlungswärmeeinfall gedämpft werden. Dies geschieht durch Storen, insbesondere durch Aussenstoren;
absorbierende Gläser;
reflektierende Gläser;
belüftete Fensterzwischenräume.

Welche dieser Lösungen die geeignete ist, wird der Klimaingenieur mit dem Architekten entscheiden. Es kommt dabei auf die Nutzungsart der Räume an. Im Winter ist die Frage des Wärmedurchgangs wichtig.

Da heute meistens Doppelfenster eingebaut werden, geht es darum, ob man

die Doppelfenster
die Dreifachfenster
die integrierte Fassade, bei der die vertikalen Bauelemente für Wasserführung genutzt werden, Bild 3,

Abwärme und Alternativenergie

Überall dort, wo die Abwärme ungenutzt an die Umgebung (Luft, Kanalisation, Flüsse, Seen usw.) abgeführt wird, soll eine generelle Überprüfung der Wärmenutzung durchgeführt werden.

Die Abwärme kann man in Wärmetauschern, bei Absorption-Wärmepumpen und anderen Apparaten sehr gut ausnützen.

Hier sollte man bei erhöhten Erstellungskosten nicht nur an Rentabilität, sondern auch an die unnötige Wärmebelastung der Umwelt denken. Sobald die entsprechenden Vorschriften über die zulässigen Abwasser- und Ablufttemperaturen vorliegen, wird dieses Problem leichter zu lösen sein.

Abgesehen von Wärmerückgewinnung und Nutzung der Abwärme gibt es heute die Möglichkeit der Verwendung der Alternativenergien.

In erster Linie geht es hier um die Sonnenenergie, die geschickt ausgenützt einige Vorteile bietet.

So ist es beispielsweise möglich, ein Kunstseinfeld für die Erzeugung der

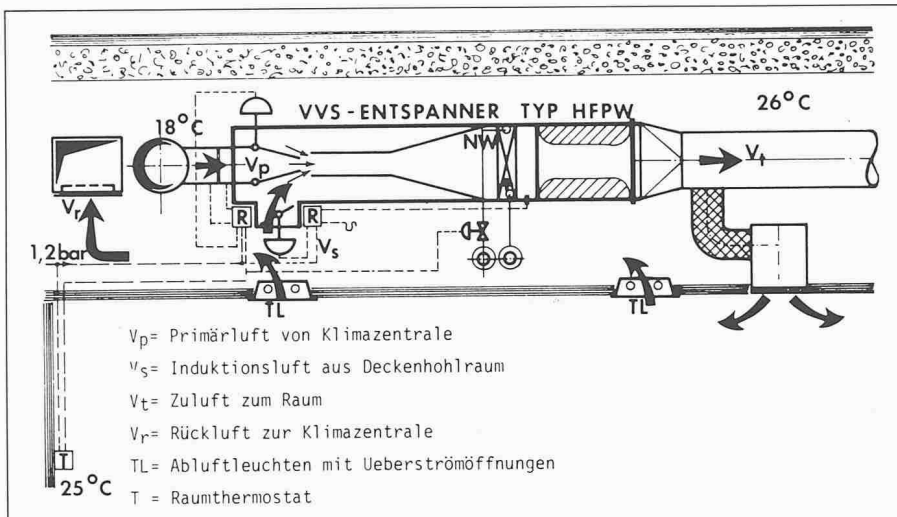


Bild 7. Prinzipschema und Arbeitsweise des VVS-Entspanners. (Quelle: System Barber Colman)

eine HIT-Fassade, bei der zwei durchsichtige, aber wärmeemmende Folien ins Fenster eingebaut werden, Bild 4, erstellt.

Die letztere führt zu ausserordentlich geringen Wärmeverlusten, so dass bei normalem Arbeitsbetrieb im Winter kaum Heizenergie benötigt wird.

VAV - Variables Volumensystem als eine Energiespar-Möglichkeit

Betrachtet man die einfache Gleichung der Kälteeinfuhr in einem Raum, so bekommt man

$$\dot{Q} = \dot{V} \cdot c_p \cdot \rho \cdot (t_r - t_z) \text{ [W]}$$

$\dot{Q}$ = die zum kühlen des Raumes notwendige Kühlenergie entsprechend der fühlbaren Kühl-last W

$\dot{V}$ = die notwendige Zuluftzufuhr m^3/s

t_r = Raumlufttemperatur °C

t_z = Zulufttemperatur °C

$c_p \cdot \rho$ = Wärmekapazität der Luft bezogen auf 1 m^3

Wir sehen aus der obigen Gleichung, dass $\dot{Q}$ auf zweierlei Arten gedeckt werden kann:

□ **Konstantes Volumen, variable Zulufttemperatur:** Bei konstantem $\dot{V}$ kann der Wert $\dot{Q}$ über die Temperaturdifferenz $t_r - t_z$ erreicht und geregelt werden. Benötigen wir keine Kühlung, so ist $\dot{Q} = 0$. Der Volumenstrom $\dot{V}$ der Zuluft bleibt aber konstant. Mit anderen Worten, der Hauptventilator der Anlage wird immer den maximalen, konstanten Zuluftstrom fördern. Maximal deswegen, weil er für jeden Raum das Zuluftvolumen fördert, das im Falle der Maximalbelastung notwendig ist. Eine Leistungsreduktion der Ventilatorarbeit ist also nicht möglich.

□ **Variables Volumen, konstante Zulufttemperatur:** Wir suchen zunächst eine konstante Temperaturdifferenz $t_r - t_z$ und zwar so, dass die Behaglichkeitsbedingungen in allen Räumen eingehalten werden können. Den Luftstrom $\dot{V}$ berechnen wir für den ungünstigsten Belastungsfall. Dieser kommt vor, wenn die grösste Fassade voll besonnt ist und gleichzeitig die Innenlasten hoch sind. Für diese Räume erhalten wir einen Teilstrom $\dot{V}_1$. Die Luftströme für die anderen Teile des Gebäudes erhalten dann bei optimaler Belegung die Werte $\dot{V}_2, \dot{V}_3$ usw.

$$\dot{V} = \dot{V}_1 + \dot{V}_2 + \dot{V}_3 + \dots \text{ m}^3/\text{s}$$

Dieser $\dot{V}$ -Wert liegt aber tiefer als der bei Konstant-Volumen und variabler Zulufttemperatur. In diesem Falle wird die Förder-Ventilatorarbeit geringer als bei $\dot{V} = \text{const.}$

Dazu kommt, dass nie gleichzeitig in allen Räumen Maximalwerte vorhanden sind. Das bringt eine weitere Reduktion der Zuluftvolumen-Förderung.

Diese doppelte Förderleistungsreduktion wirkt sich als effektive Energieeinsparung aus.

Die Anwendung einer solchen Anlage ist dann möglich, wenn in den Räumen die Anschlusseinheiten mit regulierten Luftströmen und in der Zentrale ein Ventilator mit regulierbarem Gesamtluftstrom vorhanden sind.

Nun wollen wir einige Beispiele solcher regulierbaren Luftauslässe angeben (vgl. Bilder 5 bis 8).

Die VAV-Anlagen sind auch in der Schweiz stark verbreitet. Da wir aber bei unserem Aussenklima nicht nur mit Kaltluft arbeiten können, hat man zu verschiedenen Massnahmen gegriffen, wie:

zusätzliche Lufterhitzer vor der VAV-Einheit;

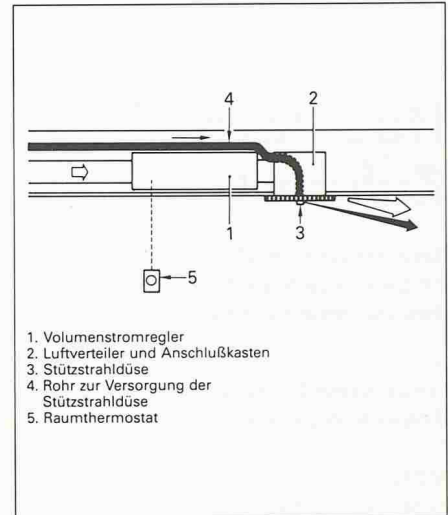


Bild 8. Schema des Optivent. (Quelle: Fläkt)

Heizkörper oder Heizdecken im Raum;
 Zweikanal-VAV;
 und weitere Lösungen je nach Heiz-Kühl-Last.

Zusammenfassung

Es galt, die Entwicklungstendenzen in der Klimatechnik zu skizzieren. Der HLK-Ingenieur hat viele Elemente in der Hand, um

den hygienischen Anforderungen zu entsprechen;
 durch die Wahl der Reinraum-Anlagen für Krankenhäuser und Industrie annähernd keim- und staubfreie Bedingungen zu schaffen;
 durch besondere Temperatur- und Feuchtesteuerung im Räume gegen die Klimamonotonie anzukämpfen;
 die Isolation und Trägheit der Bauelemente, also auch die Fensterkonstruktion, mit dem Architekten und dem Bauingenieur so festzulegen, dass der Energiebedarf Minimalwerte aufweist;
 der Tendenz nach persönlichem Mikroklima am Arbeitsort zu entsprechen;
 durch Anwendung von Wärme-Kälte-Feuchte-Rückgewinnung sowie andere Recyclingmethoden eine Optimierung der Bau- und Haustechnik durchzuführen.

Diese grobe Zusammenstellung zeigt, dass die Lösung aller Probleme eine enge Zusammenarbeit zwischen allen am Bau beteiligten Fachleuten voraussetzt. Die heutigen Tendenzen in der Baubranche zeigen eindeutig in diese Richtung.

Adresse des Verfassers: Waclaw S. Ziemia, dipl. Masch.-Ing. ETH, Dr. sc. techn. ETH, Imbisbühlstrasse 100, 8049 Zürich.