

tig. In einigen klar definierten Fällen sind sie aber notwendig und gerechtfertigt.

- Investitions- und Betriebskosten mit Klimaanlage sind heute höher als ohne.

- Für die Benutzer akzeptierbare Klimaanlagen sind heute herstellbar.

- Die Planungs- und Ausführungsqualität der Klimaanlagen ist noch verbesserbar.

- Die integrale Planung mittels interdisziplinären Teams ab Planungsstart ist unbedingt anzustreben.

- Die Koordination der Planung und Ausführung ist bis zur ersten Betriebsphase sicherzustellen. Dies beinhaltet eine erhöhte Verantwortung der Planer, vor allem aber der Ingenieure.

... sich ab...
... Frage, entsprechend dem Motto des Symposiums, in welcher Richtung sich die Klimatechnik bewegen soll. Folgende Zielsetzungen stehen aus der Sicht des Bauherrn im Vordergrund:

1. Stossrichtung:

Energie- und Personalkosten

- Minimierung des Energieverbrauchs
- Modulierte, standardisierte Anlagen
- Einfache Wartung und Zugänglichkeit

Die beiden letzten Zielvorgaben dienen insbesondere der Reduktion der Personalkosten.

2. Stossrichtung:

Integrale Planung und Ausführung

- Bildung eines interdisziplinären Planungsteams (Bauherr!)
- Beratung des Bauherrn (Energiekonzept = Massanzug)
- Koordination Planung und erste Betriebsphase sicherstellen.

Die letzte Zielsetzung ist neu und beinhaltet eine erhöhte Verantwortung der Planer, welche sicher dazu bereit sind.

Es scheint allerdings, dass die technische Innovation, obwohl stets willkommen, das begrenzte System der Klimaanlage sprengen sollte. Vordringliches Ziel wäre die Reduktion der Emissionen (Lärm, Luftschadstoffe, EDV-Abwärme u. a.), damit sich die Massnahmen zur Beseitigung der Immissionen, zu denen die Klimaanlagen gehören, reduzieren lassen. Hier sind der Innovation keine Grenzen gesetzt!



Klima und Gebäude

Dr. B. Keller
Geilinger AG, Winterthur

1. Die Qualität der Gebäudehülle bestimmt die Möglichkeiten der Haustechnik

Bekanntlich setzen Wetter und Gebäudehülle die Randbedingungen, das menschliche Behaglichkeitsbedürfnis und die Benutzungsgewohnheiten das Pflichtenheft für die Haustechnik.

Während Wetter und Mensch im weiteren Sinne Konstanten darstellen, lässt sich die Gebäudehülle technisch beeinflussen und damit auch die Haustechnik.

Selbst moderne konventionelle Fenster stellen das betreffend Behaglichkeit und Energiebedarf ausschlaggebende Element der Gebäudehülle dar:

- Im Winter weisen sie zu niedrige Oberflächentemperaturen auf, was zu einem Kaltluftabfall und zu einseitiger Strahlungskühlung der Bewohner, kurz zu Zugerscheinungen führt, wenn nicht haustechnisch lokal kompensiert wird: Radiatoren, Konvektoren, Klimakonvektoren usw. Zudem bilden sie in der Nacht und an den bei uns häufigen Stunden ohne Sonnenschein ein eigentliches Energieloch mit k-Werten zwischen 1,4 und 3 W/m²K, verglichen zu Wänden mit 0,3-0,5 W/m²K.

- Im Sommer führt die intensive Sonneneinstrahlung leicht zu überhöhten inneren Oberflächentemperaturen (bis über 40 °C bei sogenannten Wärmeschutzverglasungen) und damit zu Komfortpro-

blemen. Zudem kann je nach Anspruchsniveau eine Kühlung notwendig werden.

2. Eine konventionelle Gebäudehülle verlangt eine konventionelle Luft- und Haustechnik

Als Resultat konventioneller Gebäudehüllen insbesondere der Fenster resultiert eine Haustechnik, die eine Grundlastheizung an der Peripherie einsetzt und/oder mit der Lüftung erhebliche Wärmemengen zu- bzw. abführen muss. Die dazu notwendigen Über- bzw. Untertemperaturen verlangen eine Luftführung meist ausserhalb des Aufenthaltsbereiches und eine möglichst vollständige und gleichmässige Vermischung mit der Raumluft: Induktionslüftung. Sie beruht auf dem Induktionsprinzip. Die Zuluft wird als Strahl mit Geschwindigkeiten von 0,5-2 m/s in den Raum eingeführt und durch die Induktionswirkung eine möglichst vollständige Durchmischung der Raumluft angestrebt. Dies hat verschiedene Nachteile zur Folge:

- Wegen der hohen Strahlgeschwindigkeiten und wegen der für den Heiz- bzw. Kühlfall notwendigen Über- bzw. Untertemperaturen muss die Luftführung ausserhalb der Aufenthaltszone: meist an der Decke, eventuell im Brüstungsbereich, geschehen. Also gerade dort, wo niemand von der frischen Luft direkt profitieren kann.

- Die vollständige Durchmischung bedeutet lufthygienisch eine Reinigung der Luft durch sukzessive Verdünnung, was relativ grosse Luftwechsel verlangt, um Luftverunreinigungen innert nützlicher Frist genügend zu verdünnen.

- In der Aufenthaltszone entstehende Luftverunreinigungen werden raschmöglichst im ganzen Raum verteilt, anstatt sie direkt zu entfernen.

- Zur Vermeidung von Zugerscheinungen ist eine ausgeklügelte Strahlführung notwendig. Im Kühlfall ist der Strahl an der Decke in sich nicht stabil, er muss via Koandaeffekt usw. dynamisch stabilisiert werden. Im Heizfall bietet er Probleme die warme Luft in die Aufenthaltszone hinunterzubringen.

- Die zulässigen Über- bzw. Untertemperaturen sind aus Stabilitätsgründen auf etwa +4/-8 Grad beschränkt. Dies verlangt wiederum relativ grosse Luftmengen, um genügend Energie transportieren zu können. Zudem ist die Fortlufttemperatur gleich der mittleren Raumtemperatur, ihr Maximalwert also durch die Komfortanforderungen beschränkt.

- Die hohen Strahlgeschwindigkeiten bewirken einen relativ hohen Turbulenzgrad der Luft, welcher von vielen Menschen als unangenehm empfunden wird. Zudem wird Infraschall erzeugt, auf welchen viele mit Kopfweh usw. reagieren. Diese «harte» Haustechnik wird durch die konventionelle Gebäudehülle und insbesondere die Fenster erzwungen, da die natürlichen Strömungen und Temperaturen häufig ausserhalb des Komfortbereiches liegen und deshalb von der Lufttechnik überspielt oder dominiert werden müssen.

3. Eine neue Fenstertechnologie ermöglicht eine neue Haustechnik

Die Entwicklung der Hochisolations-technologie (HIT) durch Geilinger, zum

Technische Werte HIT

Wärmedämmung: Verglasung ganzes Fenster inkl. Rahmen	$k = 0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$ $k = 0,7-0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$	(EMPA-geprüft) (EMPA-geprüft)
Sonnenschutz: Standard: $g = 0,40$, variierbar von 0,18 bis 0,50 Lichttransmission: Standard = 0,56, variierbar von 0,28 bis 0,63		
Schallschutz: je nach Glaskombination Extrem hohe Luftdichtheit Am Bau reparierbar dank modularem Aufbau Trockenmittel auswechselbar	$R = 43-46 \text{ dB}$	(EMPA-geprüft)

Teil in Zusammenarbeit mit Gebr. Sulzer AG, hat zu einer grundsätzlichen Änderung der Fenstereigenschaften geführt (Tabelle 1).

In mit HIT ausgerüsteten Büroräumen bewegen sich alle natürlichen Strömungen im gleichen Temperatur- und Geschwindigkeitsbereich, wie sie der Mensch selbst erzeugt. Die Bilanz ist ausgeglichen, und die Luft kann deshalb bei Komforttemperatur: 20–22 Grad (Isotherm) mit sehr geringer Geschwindigkeit: $v \leq 15 \text{ cm/s}$ direkt in den Aufenthaltsbereich «ausgegossen» werden. Dies kann durch entsprechend grosse Querschnitte durch den Hohlboden (2–3% der Fläche) aus einem Brüstungskanal, aus Kastensockeln oder integriert in die Trennwände erfolgen. Dank der vorhandenen Wärmequellen und der sehr geringen Transmissionsverluste bildet die Luft einen «Frischluffsee», welcher sich im ganzen Raum ausbreitet und Hindernisse, wie z. B. Möbel, umfließt. Er verdrängt allmählich die verbrauchte Luft gegen die Decke, von wo sie abgeführt wird.

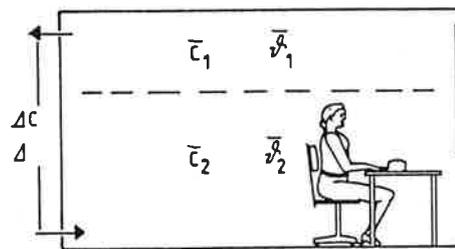
Der Mensch sitzt in diesem Frischluffsee und fördert durch seine eigene Thermik (Umwälzung 50–100 m³/h/Mensch) Luft gegen die Decke. Er schöpft also selbst Frischluff und transportiert die durch ihn verunreinigte Luft nach oben. Dies entspricht einer individuellen Arbeitsplatzbelüftung, allerdings ohne Installationsaufwand. Da die Verdrängungslüftung gar nicht erst hohe Geschwindigkeiten erzeugt, fallen alle Probleme mit Zugerscheinungen, Geräuschentwicklung, Infraschall usw. dahin.

Weil die Frischluff von der verunreinigten Luft möglichst gut getrennt: unten/oben, und diese raschmöglichst entfernt wird, genügen relativ kleine Luftmengen zur Erhaltung guter hygienischer Verhältnisse. Detaillierte Messungen an Versuchsräumen der Technischen Hochschule Trondheim in Norwegen (Prof. Skaret) mit Registrierung sowohl der Temperatur-, Geschwindigkeits- als auch der Schadstoffkonzentrationsverteilung haben sehr gute Resultate gezeigt, und zwar sowohl für den Winter- als auch für den Sommerfall. Die folgende Tabelle 3

gibt einen Vergleich wichtiger Parameter wieder: Die mittlere Schadstoffkonzentration \bar{c}_1 und Temperatur $\bar{\vartheta}_1$ im oberen Raumteil (2–2,6 m) wird mit den Mittelwerten \bar{c}_2 und $\bar{\vartheta}_2$ in der Aufenthaltszone 0,1 m–1,5 m verglichen und die Differenz auf den Gesamtunterschied zwischen den Werten in der Zuluft und der Fortluft bezogen, Δc und $\Delta \vartheta$:

$$\eta_c = \frac{c_1 - c_2}{\Delta c} \quad \eta_\vartheta = \frac{\vartheta_1 - \vartheta_2}{\Delta \vartheta}$$

η_c und η_ϑ sind gute Charakteristika für die Schichtung und die Effizienz der Lüftung.



Bei idealer Durchmischung sind η_c und $\eta_\vartheta = 0$, da $\bar{c}_1 = \bar{c}_2$ und $\bar{\vartheta}_1 = \bar{\vartheta}_2$. Bei der konventionellen Induktionslüftung und den Verunreinigungsquellen im unteren Raumteil gilt: $\bar{c}_1 < \bar{c}_2$, also $\eta_c < 0$, und für ϑ : im Heizfall $\bar{\vartheta}_1 > \bar{\vartheta}_2$, also $\eta_\vartheta > 0$, im Kühlfall: $\bar{\vartheta}_1 < \bar{\vartheta}_2$, also $\eta_\vartheta < 0$.

Bei idealer Verdrängungslüftung werden folgende Werte erreicht: $\Delta c = \bar{c}_1 - \bar{c}_2$, d. h. $\eta_c = 1$ und $\Delta \vartheta = \bar{\vartheta}_1 - \bar{\vartheta}_2$, d. h. $\eta_\vartheta = 1$. Die tabellierten, gemessenen Werte zeigen, dass solche Werte auch in der Realität annähernd erreicht werden, und dies mit relativ kleinen Luftwechseln.

Es zeigt sich, dass selbst im ungünstigsten Winterfall: Rückmischung durch den Abfall am Fenster (entsprechend HIT bei -10 Grad simulierte Oberflä-

chentemperaturen), die Konzentrationsverteilung wesentlich besser ist als bei idealer konventioneller Lüftung. Besonders ausgeprägt ist natürlich die Schichtung und damit die Lüftungswirksamkeit im Sommer.

Als Resultat lässt sich aus den Messungen ableiten, dass im Winterfall selbst mit Luftwechselraten von etwa 0,5 h⁻¹ bessere lufthygienische Verhältnisse geschaffen werden können als normalerweise mit 3 h⁻¹. Dieser Wert kann als untere Grenze für normal besetzte Büros betrachtet werden. Der maximal notwendige Luftwechsel wird durch den Kühlbedarf bestimmt. Hier zeigt sich die Überlegenheit der Verdrängungslüftung besonders stark. Während bei der konventionellen Induktionslüftung die Fortlufttemperatur etwa der mittleren Raumlufttemperatur entspricht, kann diese bei der Verdrängungslüftung wegen der starken Schichtung wesentlich höher sein, sofern für eine geeignete Wegführung gesorgt wird. Auch in diesem Fall wird komfortisotherm 20–22 Grad, eventuell gleitend bis 26 Grad zugeführt. Infolge der starken Schichtung darf die Fortluft aber Werte bis um 10–12 Grad höher annehmen, zudem beginnt der Temperaturanstieg erst auf der Höhe der Wärmequellen, also meist auf Tischhöhe. Damit lassen sich mit Luftwechseln von 3–4 h⁻¹ ohne weiteres innere Lasten um 40 W/m² bewältigen. Für höhere Lasten muss die Zuluftmenge entsprechend erhöht werden. Die Regelung erfolgt mit variablem Volumenstrom, im Idealfall raumweise. Dank dem sehr gutartigen autoregulativen Verhalten der Verdrängungslüftung kann aber wenn nötig auch stockwerk- oder fassadenweise (je nach Nutzungsverteilung) geregelt werden. Für die Nachlüftung im Sommer bietet sich die Luftführung von unten nach oben wegen ihrer höheren Kühlwirkung auf die Speicherflächen (Boden, Decke) besonders an.

Erste Felderfahrungen mit einem normalbesetzten Raum bei der Firma Schaffroth & Späti haben sowohl im Sommer wie auch im Winter beste Ergebnisse gezeigt. Ein grosses Bürogebäude mit extremer Verglasung und mit Verdrängungslüftung wird diesen Herbst den Betrieb aufnehmen. Da die Verdrängungs-

Tabelle 3 Messresultate TH Trondheim und Vergleich mit konventioneller Lüftung

	Luftwechsel $n \text{ (h}^{-1}\text{)}$	ϑ_{zul}	ϑ_{RL}	η_{al}	η_c	η_ϑ
Messung Winter	0,60	20,8	22,2	22,6	0,19	0,34
Sommer	3,5	21,9	23,4	25,2	0,94	0,46
Ideale Durchmischung	5	18	22	22	0,00	0,00
Reale konv. Lüftung	5	18	22	21	< 0	< 0

lüftung alle wesentlichen Nachteile der konventionellen Lüftungen vermeidet und zudem wesentlich ökonomischer als die Fensterlüftung arbeitet, dürfte sie den Einsatz von sanfter Lufttechnik, eventuell nur als Unterstützungslüftung in Kombination mit aufmachbaren Fenstern, auch an Orten nahelegen, wo lufttechnische Anlagen bisher gar nicht in

Betracht gezogen wurden: einfachere Bürobauteile, Wohnbau. In Anbetracht der zunehmenden Umweltbelastung durch Schadstoffe und Lärm müsste sie sich geradezu empfehlen.

Literatur

B. Keller, P. A. Francelet, C. A. Roulet: Der Einfluss von hochisolierenden Fassaden und Fenstersy-

stem auf Raumklima und Energiebedarf; Forschungsbericht zu NEFF-Projekt Nr. 225.

E. Skaret, H. M. Mathisen: Ventilation Efficiency. Environment International 8/1982, p. 473-481.

E. Skaret, H. M. Mathisen: Ventilation Efficiency - A Guide to Efficient Ventilation. ASHARE Transactions 1983, V 89.

E. Skaret, H. M. Mathisen: Ventilation Efficiency Part 4: Displacement Ventilation in small rooms. SINTEF-Report Techn. Hochschule Trondheim, 23.5.1983, Nr.150151.

Klima und Öffentlichkeit

G. Bahmann,
Fachinstitut Gebäude-Klima, Stuttgart

Wäre dieser Vortrag für die Öffentlichkeit bestimmt und in dieser Form auch in der Öffentlichkeit angekündigt worden, dann müsste ich jetzt über Sonne und Regen, Hitze und Kälte, stickige Stadtluft und frischen Bergwind reden. Denn der Begriff «Klima» wird ohne zusätzliche Erläuterungen in der Öffentlichkeit zuerst mit dem natürlichen Aussenklima verbunden. An zweiter Stelle folgt das Betriebsklima, und erst an der dritten Stelle der Gedankenverbindung steht das Raumklima. Dies hat eine Passanten-Umfrage des *Fachinstitutes Gebäude-Klima e. V.* ergeben.

Es ist schon fast tragisch zu nennen, dass die Klimabranche in einem ihrer wenigen Versuche, in der Umgangssprache zu reden, wieder neben der Sache liegt. Denn dass sie allgemein nicht den Ton trifft, der Verständnis für eine komplizierte Technik weckt, das spricht sich langsam auch bei Insidern herum. Immer noch beherrscht das Fachchinesisch Anzeigen und Prospekte, die für die Öffentlichkeit bestimmt sind. Da finden sich kleine graue, blaue oder andersfarbige Kästchen mit der Bezeichnung xY 1204/B 79 oder FMHW-Ausführung 200409-004, aus denen angeblich saubere und kühle, warme und reine Luft kommen soll, die aber für den unbedarften Betrachter gleichermaßen einen modernen Hühnerstall oder ein Minensuchgerät darstellen können. Schnittzeichnungen oder Schaltpläne verwirren den Verbraucher vollends, der in der Regel schon Schwierigkeiten hat, einen Stadtplan oder eine Landkarte zu lesen. Statt sich auf den Nutzen, den Vorteil eines Systems oder eines Gerätes zu konzentrieren, werden technische Details verkauft.

Lassen Sie mich einmal aus zwei Prospekten zitieren, die für Bauherren und Hausbesitzer sowie Mieter gedacht sind. Vergessen Sie dabei bitte für kurze Zeit, dass Sie aus der Klimatechnik kommen,

und hören Sie mit den Ohren von Menschen, die einen Gaststättenventilator für eine Klimaanlage halten, ein Induktionsgerät für ein Arztbesteck.

Zunächst geht es um eine ganz einfache Einzelraumklimatisierung:

«Xy-Klimatruhen sind mit einem Normaltauscher N ausgerüstet, an den nach Einsatzzweck Kalt- oder Warmwasser angeschlossen wird. Für wechselnden Kühl- oder Heizbetrieb ist ein Zusatztauscher Z erforderlich. Soll Kältemittel als Medium verwendet werden, wird der Tauscher N durch den Direktverdampfer D ersetzt.

Die Luftförderung wird von leistungsstarken, doppelseitig saugenden, dreistufig regelbaren Radialventilatoren übernommen, die in Lauffrichtung vor den Tauschregistern angeordnet sind.»

Beim Beispiel zwei handelt es sich um ein Schwimmhallenentfeuchtungsgerät:

«Das Gerät ist ausgestattet mit einem Trockenschicht-Luftfilter Qualität B 2, in Kartonrahmen eingefasst. Das Gerät ist mit einem Radiallüfter zweiseitig saugend mit vorwärts gekrümmten Schaufeln ausgeführt. Der Ventilator ist zweifach gelagert mit wartungsfreiem Rillenkugellager versehen, Antriebsmotor auf justierbarer Motorwippe als Drehstrommotor, Schutzart IP 33 einschliesslich Kaltleitervollschutzeinrichtung, ausgeführt mit 2 getrennten Wicklungen (15 000/1000 min).»

Ich habe diese Beispiele, bei denen es sich übrigens um wirkliche Qualitätsprodukte handelt, wahllos herausgegriffen. Ich könnte stundenlang derartige Texte aus dem Bereich der Klimatechnik vorlesen. Diese Insidersprache hat dazu geführt, dass die Öffentlichkeit bis heute nicht umfassend über Sinn, Zweck und Nutzen der Klimatisierung aufgeklärt ist, obwohl die Klimaanlage in deutschsprachigen Raum eine über 50jährige Tradition aufweisen können.

Nach einer Infas-Umfrage im vergangenen Jahr in der Bundesrepublik Deutschland wissen nur etwas mehr als 50% der Bevölkerung, dass die Lufterneuerung zu

den Hauptaufgaben einer Klimaanlage zählt. 37 Prozent sehen die Kühlung als vorrangig an. Über 80 Prozent haben nicht erkannt, dass die Klimaanlage eine multifunktionale Einrichtung ist und auch die Beheizung der Räume als wichtige Aufgabe übernimmt.

In der Schweiz und in Deutschland sind inzwischen lobenswerte Ansätze vorhanden, diese ungenügende bzw. fehlerhafte Einschätzung zu korrigieren. Das kann allerdings auf breiter Ebene nur gelingen, wenn die Aufgabe der Aufklärung nicht einfach den Verbänden überlassen wird. Jede einzelne Firma, jeder Klimatechniker muss sich bemühen, die in der Vergangenheit fehlgelaufenen Dinge in die richtigen Bahnen zu lenken.

Dazu gehört die Überprüfung von Begriffen, die in der Klimabranche seit Anbeginn an selbstverständlich sind, die aber für einen Aussenstehenden einen völlig anderen Sinn darstellen. Als Beispiel sei hier die «Luftumwälzung» genannt. Bei den Vorarbeiten zu den in der Schweiz und in Deutschland laufenden PR- und Werbe-Aktivitäten hat man z. B. entdeckt, dass die Menschen in klimatisierten Räumen etwas ganz anderes unter der Umwälzung verstehen als die Techniker. Für den Klimaverbraucher bedeutet die Umwälzung, dass immer die gleiche Luft im Kreis umgewälzt wird. Da muss man sich nicht wundern, dass Menschen, die den ganzen Tag in reiner und unverbrauchter Luft arbeiten durften, am Abend geradezu befreiend die von Autoabgasen und anderen Schadstoffen belastete Luft einatmen, in der Meinung, es handle sich um Frischluft. Auch mit dem Wort «Klima» müssen wir, wie schon eingangs erwähnt, vorsichtig umgehen. Man weckt mit dem allgemeinen Begriff «Klima» Ansprüche, denen man nicht gerecht werden kann. Eine Klimatisierung soll ja nicht den Sommerurlaub in Hawaii und die Bergtour auf das Matterhorn ersetzen, sie soll dort ein behagliches und gesundes Raumklima schaffen, wo dies aufgrund der Lage der Gebäude, der Bauweise, der