

# Das Zusammenspiel von Klimatisierung und Beleuchtung

Autor(en): **Wirz, Wilhelm**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **88 (1970)**

Heft 4

PDF erstellt am: **24.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-84415>

## **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.

Tabelle 1. Schallschluckgrade  $\alpha$  von Raumbegrenzungsflächen

Material	Frequenz		
	125 Hz	500 Hz	2000 Hz
Lochplatten mit Mineralwolle, 3 cm hinterlegt			
Wandabstand 5 cm	0,25	0,85	0,45
Wandabstand 45 cm	0,80	0,75	0,60
Sichtbeton	0,01	0,02	0,03
Putzfläche	0,02	0,03	0,05
Klebeparkett	0,04	0,06	0,10
Spannteppich	0,07	0,55	0,80
Fenster	0,10	0,03	0,02
Dicker Vorhang	0,25	0,40	0,60

besondere in der oberen Hälfte und gegen Wandmitte, eignen sich. Für Böden sind strapazierfähige Teppichbeläge auf dem Markt, die zusätzlich den Trittschall erheblich mindern.

Durch raumakustische Massnahmen lässt sich der direkte Schall nicht beeinflussen. Der Lärmpegel in einem Raum kann höchstens um den Anteil gesenkt werden, um den der reflektierte Schall den Direktschall verstärkt. Damit sind die Grenzen für die Lautstärkenempfindung festgelegt.

Oft befinden sich Arbeitsplätze, insbesondere in Grossräumen, innerhalb des Hallradius von benachbarten Arbeitsplätzen bzw. Lärmquellen. Als Hallradius wird der Umkreis von der Schallquelle bezeichnet, in dem der Direktschall stärker ist als der reflektierte. In solchen Fällen kann ein Schutz nur durch abschirmende Elemente des Innenausbauens, beispielsweise Regale oder besondere, möglicherweise bewegliche Stellwände erzielt werden. Diese müssen in erster Linie schall-

dämmend wirken und sind dementsprechend auszubilden, d. h. mit glatter harter Oberfläche, mit hohem Flächengewicht oder mehrschaligem Aufbau. Von der Innenausbauindustrie werden eine Anzahl Fertigfabrikate solcher flexibler Stellwände oder Aufstellern mit verschiedenen Abmessungen und Dämm- und Dämpfungseigenschaften hergestellt. Deren günstigste Stellposition kann bei komplexen Lärmquellenverhältnissen nur schwer genau vorherbestimmt werden. Es ist deshalb vorteilhaft, wenn ein gewisser Spielraum für die experimentelle Ermittlung am fertigen Bau offen bleibt. An Arbeitsplätzen mit besonderen Ansprüchen für die Sprachverständlichkeit und die Telefonbedienung sollen Dauerpegel 50 dB, Einzelgeräusche 60 dB nicht überschreiten.

Eine allgemeine Aussage über die Kosten für die Schallkonditionierung lässt sich wegen der Vielfalt der Faktoren und der unterschiedlichen Ansprüche in verschiedenen Betrieben und Räumen kaum machen. Die Erzielung von einwandfreien Schallverhältnissen ist jedoch nicht, wie beispielsweise im Wohnungsbau, vornehmlich eine Konfortkomponente, sondern steht in direktem Zusammenhang mit der möglichen Arbeitsleistung. Die Wirtschaftlichkeit von Investitionen für die Störungsfreiheit ist deshalb, auch bei relativ hohen Mehraufwendungen, sicher in den meisten Fällen gewährleistet.

Mit Bestimmtheit lässt sich jedoch feststellen, dass die Forderungen und Massnahmen zum Schallschutz und der Raumakustik, wenn sie von Anbeginn als Element in eine umfassende Bauplanung einbezogen werden, sich wesentlich einfacher und mit geringerem Aufwand bewerkstelligen lassen, als nachträglich am fertigen Bau.

Adresse des Verfassers: *Ljubomir Trbušević*, dipl. Ing. habil. Arch. SIA, Steinentischstrasse 1, 8002 Zürich.

## Das Zusammenspiel von Klimatisierung und Beleuchtung

DK 628.8:628.92/3

Von **Wilhelm Wirz**, dipl. Ing. ETH, Zürich

### 1. Einleitung

Vor einigen Jahren wurde in Deutschland eine Untersuchung durchgeführt aus der hervorging, dass rund 20% der werktätigen Bevölkerung in Büros arbeiteten. Darüber hinaus wurde aus der laufenden Entwicklung heraus abgeleitet, dass in einer fernerer Zukunft voraussichtlich etwa 80% der Werktätigen in Büros oder büroähnlichen Betrieben arbeiten werden.

Diese Zahl von 80% mag vielleicht utopisch erscheinen. Jedenfalls ist sie uns ein Hinweis dafür, dass offensichtlich dem Bürogebäude und den mit ihm zusammenhängenden Problemen schon von dieser nackten Zahl her gesehen eine stark steigende Bedeutung zukommen muss.

Die ersten wirklich vollklimatisierten Bürobauten wurden in der Schweiz, von Ausnahmen abgesehen, vor etwa 20 Jahren erstellt. Im übrigen Westeuropa begann die Entwicklung ungefähr zur gleichen Zeit. In den USA begann sie etwas früher.

In den vergangenen Jahren war eine geradezu stürmische Entwicklung in der Klimatechnik zu verzeichnen. Ein beachtlicher Stand ist in verhältnismässig kurzer Zeit erreicht worden.

Heute gelten die Anstrengungen zunehmend dem Ziel, gewisse Teilfragen in der Klimatisierung besser und wirklich wissenschaftlich zu klären. Trotz all dem Erreichten stehen wir noch lange nicht am Ende der Entwicklung.

In den folgenden Abschnitten 2 bis 4 werden für Architekten und Bauherren einige grundsätzliche Gesichtspunkte der Klimatisierung herausgestellt. Die weiteren Abschnitte sind dann den spezifischen Problemen, wie sie sich zwischen Beleuchtung und Klimaanlage stellen, gewidmet.

### 2. Aufgabe der Klimatisierung

Lehrbuchmässig gesprochen besteht die Aufgabe einer Klimaanlage darin, den Zustand der Raumluft hinsichtlich Temperatur, Feuchtigkeit, Bewegung und Reinheit innerhalb bestimmter Grenzen zu halten.

Der Fachmann sieht die Aufgabe, wie ja meistens, etwas komplizierter. Für ihn stellen sich streng genommen neun Komponenten zur Behandlung. Es sind dies:

- Raumtemperatur
- Luftfeuchtigkeit
- Luftbewegung
- Luftreinheit
- Geräusch im klimatisierten Raum
- Oberflächentemperatur der Raum-Umschliessungsflächen
- Sauerstoffgehalt der Raumluft
- Schädliche Gase im Raum
- Geruch im Raum
- [Elektrischer Zustand]

Die letzte Komponente, der elektrische Zustand, ist in Klammern gesetzt und wird als solche nicht mitgezählt. Sie erscheint trotz allen ehrlichen Bemühungen bis heute noch nicht mit der wünschenswerten Eindeutigkeit geklärt.

Nicht alle der oben aufgezählten neun Komponenten haben für jeden Fall gleiche Wichtigkeit. Es kann jedoch vorkommen, dass beim Bau von Klimaanlage die ungenügende Beachtung von nur einer einzigen Komponente zu ganz unbefriedigenden und unzumutbaren Arbeitsverhältnissen im Büro führen kann. Die Planung von Klimaanlage ist eine ernste Angelegenheit.

Der Aussenstehende nimmt auch heute noch gerne an, man klimatisiere, um an warmen Sommertagen etwas kühlere Luft in die Büros zu bringen. Das mag mal bei einer Anlage zutreffen. Im Bürobau von heute müssen jedoch im allgemeinen die Gründe, weshalb zu klimatisieren ist, in einem weit umfassenderen Rahmen gesehen werden. Schon die unumgänglichen leichten Baukonstruktionen allein können den Entscheid erzwingen, dass klimatisiert werden muss. Diese Aussage kann aber auch umgekehrt werden in die etwas ungewohnere Formulierung, dass nämlich die uns heute zur Verfügung stehenden Klimatisierungssysteme überhaupt neue, kostengünstigere Baukonstruktionen ermöglichen. Darüber hinaus sei auch noch an einige andere Gesichtspunkte erinnert, die für Klimatisierung der Büroräume sprechen können:

- Die Klimaanlage mit ausreichender Frischluftzufuhr ermöglicht erst das oft gewünschte Geschlossenhalten der Fenster. Immer kommen leider die Fälle vor, da die Fenster von Büroräumen wegen Lärm-, Zug- oder Geruchsbelästigung kaum mehr geöffnet werden können.
- Während der kälteren Jahreszeit kann die von Hygienikern geforderte, minimale Luftfeuchtigkeit gehalten werden. Bei den gewünschten immer höheren Raumtemperaturen im Winter wird die Befeuchtung der Luft immer nötiger. Mit Klimatisierung ist dieses Problem am besten gelöst.
- Es sind nicht mehr die grossen und uns von früher her vertrauten hohen Räume notwendig, um ausreichende Frischluftversorgung zu gewährleisten. Die Gebäude können ohne Nachteile dichter belegt werden. Die Geschosshöhen können minimal gehalten werden.

Letzten Endes hat auch die Komfort-Klimaanlage ganz nüchtern gesprochen mit dem Begriff der Gesamt-Wirtschaftlichkeit zu tun. Dies gleichgültig, ob wir uns gern oder nicht gern zu einem solchen Beurteilungsmaßstab bekennen.

### 3. Klimatisierungssysteme

Nach verhältnismässig kurzer Entwicklungszeit steht uns ein ganzer Katalog von verschiedenen Klimatisierungssystemen zur Verfügung. Wenn auch eine Diskussion der Systeme im Rahmen dieser kleinen Abhandlung nicht möglich ist, so seien die gebräuchlichen doch dem Namen nach kurz erwähnt. Es sind dies:

- Klimatruhe (Fenstergerät)
- Herkömmliche Einzonenanlage
- Herkömmliche Mehrzonenanlage
- Klimakonvektorenanlage:
  - Zweileiter-Prinzip, umschaltbar und nicht umschaltbar
  - Dreileiter-Prinzip
  - Vierleiter-Prinzip, luftseitig gesteuert oder wasserseitig gesteuert
- Einkanal-Hochdruckanlage
- Zweikanal-Hochdruckanlage
- Fan-Coil-Anlage und weitere Kombinationen

Sozusagen von jedem einzelnen dieser Systeme bestehen nochmals Abwandlungen in mehreren Variationen. In einzelnen Fällen mag der Entscheid für ein bestimmtes Klimatisierungssystem bei einem Bürobau rasch gefällt werden können. Bei weniger einfachen Bauvorhaben wird dem Entscheid eine sorgfältige Analyse vorausgehen müssen und sich lohnen. Die Wahl wird dann aus systematischem Vergleich heraus getroffen. Diese Vergleiche, richtig durchgeführt, führen zumeist zu eindeutigeren Schlussergebnissen, als man vielleicht angesichts der etwas komplex gelagerten Einzelkriterien heraus annehmen würde.

Wesentlich ist die Tatsache, dass praktisch alle diese Systeme im Bürobau – wenn auch nicht gleich häufig – schon ver-

wendet worden sind und dass die nachfolgenden Überlegungen im Zusammenhang mit der Beleuchtung grundsätzlich für alle Systeme gelten.

### 4. Die Kühllast, eine entscheidende Grösse

Die Grösse einer Klimaanlage ist abhängig von der umgewälzten Luftmenge. Je mehr Luft wir in einer Klimaanlage brauchen, umso grösser werden Zentrale und Verteilung und damit auch Erstellungskosten, Platzbedarf und Betriebskosten. Man hat also alles Interesse, die Luftmenge nur so hoch zu wählen wie unbedingt nötig.

Erfahrungsgemäss richtet sich bei klimatisierten Bürobauten die stündlich umzuwälzende Luftmenge meistens nach der sogenannten Kühllast. Je grösser diese ist, um so mehr Luft muss stündlich umgewälzt werden. Auf diesen Begriff der Kühllast soll nachstehend noch etwas näher eingetreten werden. Die Beleuchtung spielt hier auch in dieses Geschehen hinein.

Die Zuluft kann in einer Klimaanlage mit verschiedener Temperatur in den Raum eingeführt werden. Sie kann wärmer als die Raumtemperatur, gleich Raumtemperatur oder kühler als die Raumtemperatur eingeblasen werden. Wärmer wird sie eingeblasen, wenn ständig Wärmeverluste zu kompensieren sind. Umgekehrt wird sie mit tiefer Einblastemperatur betrieben, wenn im Raum Wärme anfällt und diese durch kühlere Luft abgeführt werden muss. Im Kühlbetrieb sieht dann die Energiebilanz wie folgt aus:

<p><i>Kühlleistung</i> der Klimaanlage in kcal/h</p> <p>Stündl. Luftmenge × Spez. Wärme × (t<sub>Raum</sub> — t<sub>Zuluft</sub>)</p>	<p><i>Kühllast</i> des Raumes in kcal/h, verursacht durch:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Personen</li> <li>- <i>Beleuchtung</i></li> <li>- Maschinen</li> <li>- Wärmeabgebende Apparate</li> <li>- Sonneneinstrahlung von aussen</li> <li>- Transmission von aussen</li> </ul>
---	---

Um eine bestimmte Temperatur im Raum halten zu können, muss die Kühlleistung der Klimaanlage den Wärmeanfall im Raum ausgleichen. Die Kühlleistung ist gegeben durch die Luftmenge in kg/h und die Temperaturdifferenz zwischen eingeblasener Luft und Raumtemperatur. Aus physiologischen Gründen ist der Einblastemperatur eine untere Grenze gesetzt, beispielsweise nicht tiefer als 16 °C bei einem bestimmten System. Die Kühlleistung kann deshalb nur erhöht werden durch Veränderung der Luftmenge. Damit kommt man gleich auf einen kritischen Zusammenhang mit der Beleuchtung:

*Je grösser die Beleuchtungsstärke ist, um so grösser wird die Kühllast und damit die ganze Klimaanlage.*

Diese Beziehung hat nur ihre Bedeutung, wenn im Kühlbetrieb der Klimaanlage, also zur wärmeren Jahreszeit, die Beleuchtung eingeschaltet ist. Dieser Zustand – eingeschaltete Beleuchtung im Büro zur Sommerszeit – mag widernatürlich erscheinen. Dass es so weit kommen kann, ist im Beitrag von Ing. W. Mathis in diesem Heft erwähnt.

### 5. Die Bedeutung der Beleuchtung im Wärmehaushalt des klimatisierten Gebäudes

Wir wollen nicht übertreiben. Es gibt auch heute noch Büros mit guten Tageslichtverhältnissen. Es sind Büros meist mit festen Arbeitsplätzen ausschliesslich in Fensternähe. Die Beleuchtung muss nur gelegentlich im Winter und in Randstunden eingeschaltet werden. Die Beleuchtungsstärken liegen in diesen Fällen vielleicht bei 20 Watt/m<sup>2</sup> entsprechend etwa 300 bis 500 Lux.

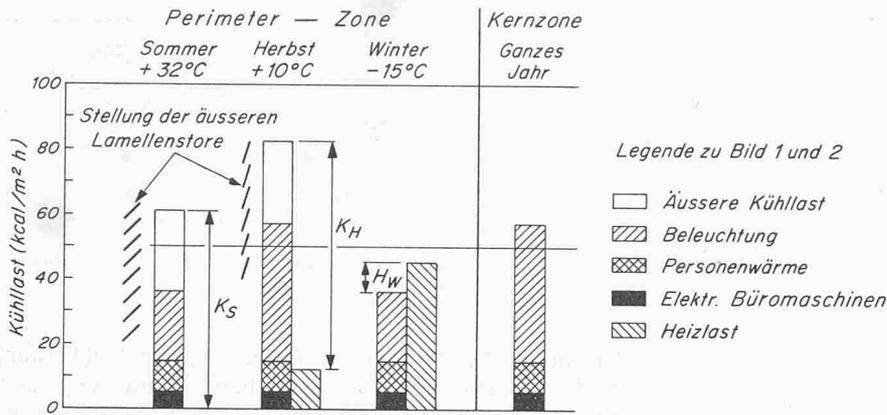


Bild 1. Kühllast im Bürogebäude

$K_S$  Netto-Kühllast im Sommer  
 $K_H$  Netto-Kühllast im Herbst  
 $H_W$  Netto-Heizlast im Winter

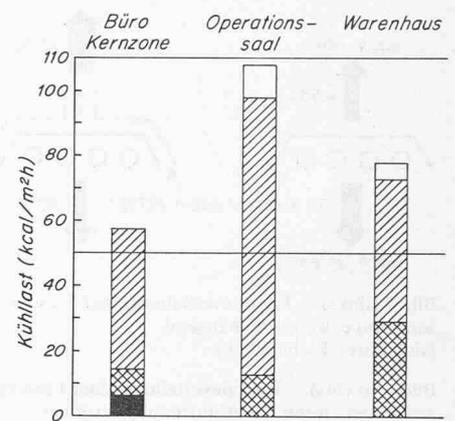


Bild 2. Kühllast bei verschiedenen Raumarten

Nun aber begegnet man immer mehr Arbeitsräumen, bei denen künstliche Beleuchtung den ganzen Tag und das ganze Jahr über eine Notwendigkeit ist. Zu denken ist dabei an Büro-grossräume, irgendwelche Kernzonen, Schalterhallen, büro-ähnliche Betriebe mit Feinarbeit usw. Die vom Lichttechniker empfohlenen Beleuchtungsstärken liegen da vielleicht bei rund 1000 Lux, entsprechend 50 Watt/m<sup>2</sup> und höher. Im folgenden wird nur von Büros und büroähnlichen Räumen die Rede sein, die beleuchtungsmässig in diesen Bereich fallen.

Es geht beim ganzen nicht um verantwortungslose Energieverschwendung, sondern – das wollen wir uns ja vor Augen halten – um Verbesserung der Arbeitsbedingungen. Die Arbeitslöhne in den Büros, bzw. die Produktionskosten, wenn wir dem so sagen wollen, haben steigende Tendenz. Die Energiekosten liegen, im Rahmen der Gesamtkosten gesehen, verhältnismässig harmlos. Massnahmen, die bessere Arbeitsverhältnisse schaffen, machen sich recht bald bezahlt.

In Bild 1 ist dargestellt, wie sich die Kühllast im Bürogebäude zusammensetzen mag. Angegeben ist die Kühllast in kcal/h bezogen auf 1 m<sup>2</sup> Bodenfläche. Angenommen sind Fluoreszenzlichtlampen, wie sie in Bürogebäuden üblich sind. Im übrigen sind Daten zu Grunde gelegt, wie sie etwa im Durchschnitt bei Bürogebäuden vorkommen. (1 Person pro 8 m<sup>2</sup>, rund 60% der Fassade als Fensterfläche, äusserer Sonnenschutz mit Lamellenstoren, Beleuchtung = 50 Watt pro m<sup>2</sup>.) Die Kühllast ist auf diesem Bild getrennt angegeben für die Kernzone, also die Zone in mehr als rund 5 m Tiefe ab Fassade, und für die Perimeter-Randzone von der Aussenwand bis etwa 5 m Raumtiefe.

Nehmen wir das Einfachere vorweg, die Kernzone. Die Kühllast setzt sich zusammen aus Maschinen-Wärmeanfall, Personen- und Beleuchtungswärme. Wir stellen fest, dass die Beleuchtung mit Abstand den grössten Beitrag stellt. Im Gebäudekern tritt diese Kühllast über das ganze Jahr auf gleichbleibender Höhe auf. Sie ist praktisch konstant. Wir haben keine Flächen nach aussen, demzufolge keine zusätzlichen Einflüsse vom Aussenklima her. Im Bild 1 fällt auf, wie diese Kühllast in der Kernzone eine ansehnliche Grösse hat, obwohl keine Einflüsse vom Aussenklima her einwirken.

In der Perimeterzone sind die Kühllastverhältnisse etwas komplizierter. Verursacht durch die Einflüsse von aussen – Sonneneinstrahlung und Transmission –, treten ständig wechselnde Situationen auf. Das ist auch der Grund dafür, wieso bei Bürogebäuden mit ausgesprochen tiefen Räumen für die Perimeterzone ein getrennt geregeltes Klimasystem installiert werden muss.

In Bild 1 sind drei typische Belastungsfälle für ein Bürogebäude dargestellt, nämlich für die kritische Westfassade im

Sommer-, Herbst- und Winterbetrieb. Maschinenwärme und Personenwärme bleiben sich gleich wie in der Kernzone. Eingetragen ist der Zustand mit der maximalen Sonneneinstrahlung, die bei der Westfassade etwa um 17 h eintritt. Die Netto-Sonneneinstrahlung in den Raum liegt für Sommer und Herbst ungefähr gleich hoch. Der Unterschied liegt darin, dass auf der Westseite im Sommer die Sonne mit steilem Winkel einfällt, währenddem sie im Herbst sehr flach auf das Gebäude trifft. Man wird deshalb genötigt sein, im Herbst die Sonnenblenden ganz zu schliessen. Im Sommer wird man sie in ungefähre halber Winkelstellung belassen.

Und nun kommt die Folgerung aus dieser Lage. Währenddem im Sommer bei leicht geöffneten Sonnenstoren noch etwas natürliches, diffuses Licht ins Gebäude einfällt, wird nur zum Teil die Beleuchtung eingeschaltet werden müssen. Im Herbst haben wir grösseren Verdunklungseffekt durch die geschlossenen Sonnenstoren. Die künstliche Beleuchtung wird also voll eingeschaltet werden müssen.

Im Herbst und noch mehr im Winter haben wir an der Fassade auch eine Heizlast, also Wärmeverluste nach aussen. Sie werden verursacht durch die tiefere Aussentemperatur. Diese Wärmeverluste sind in der Perimeterzone ebenfalls dargestellt. Nun entnehmen wir diesem Perimeterbild noch etwas Erstaunliches, nämlich die Tatsache, dass die Kühllast im Herbst ( $K_H$ ) grösser sein kann als im Sommer ( $K_S$ ). Es ist dies eine Tatsache, die den erfahrenen Klimatechnikern gut bekannt ist.

Im Winter sieht die Bilanz zwischen Kühl- und Heizlast so aus, dass netto etwas zusätzliche Heizlast, hier mit  $H_W$  eingetragen, entsteht. Das heisst also, dass der Wärmeanfall, hervorgerufen durch Beleuchtung, Personen usw., so gross sein kann, dass nur noch wenig Raumheizung zur Deckung der Fassaden-Transmissionsverluste nötig ist.

Diese Tatsache muss wie Musik klingen für die Ohren der Fachleute, die sich mit dem Absatz von Bandenergie bei den Atomkraftwerken beschäftigen. Das heisst nämlich, dass die der Beleuchtung zugeführte elektrische Energie allein genügen kann, um auch gleichzeitig das Gebäude zu heizen. In Amerika ist diese Tatsache bereits in mehreren Beispielen ausgewertet worden. Gebäude werden betrieben ausschliesslich mit Elektrizität ohne eigentliche zusätzliche Heizkesselanlage und Raumheizung an der Fassade. Man nennt es dort *Electrical Space Conditioning*.

Um noch etwas Überblick und Vergleichsmöglichkeit zu bieten, sind in Bild 2 die Kühllasten für drei verschiedene Raumarten einander gegenübergestellt. Die Kühllasten sind in kcal/h pro m<sup>2</sup> Bodenfläche angegeben. Es bestätigt sich auch hier, dass die Beleuchtung eine viel grössere Rolle spielt, als man im allgemeinen vermutet.

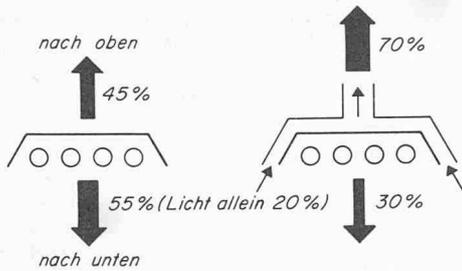


Bild 3 (links). Energieverteilung einer Fluoreszenzlampe, wenn frei hängend (sichtbares Licht 20%)

Bild 4 (rechts). Energieverteilung einer Fluoreszenzlampe, wenn mit Ablufthaube versehen (sichtbares Licht 20%)

Verbesserungsmassnahmen soll man ja immer möglichst dort ansetzen, wo wirklich etwas zu holen ist. Gelingt es deshalb, durch wirksame Mittel den Beleuchtungs-Wärmeanfall in den Raum zu verringern, so könnte auch der Aufwand für die Klimatisierung spürbar vermindert werden.

### 6. Leuchten-Kühlung

Mit der Beleuchtung ist zwangsläufig sehr viel Wärmeabgabe an den Raum verbunden. Die Lichtausbeute unserer Lampen, also der Wirkungsgrad, ist relativ gering. Die Aufteilung der Energieabgabe einer frei aufgehängten Fluoreszenzlampe einschliesslich Vorschaltgerät ist in Bild 3 zu sehen. Etwas mehr als die Hälfte der Energie geht nach unten, der restliche Teil geht nach oben.

Die 20% Licht wandeln sich bei Auftreffen auf feste Flächen in Wärme um, so dass sich die gesamte eingeführte elektrische Energie schlussendlich in Wärme verwandelt. Die angeführten Zahlenwerte können je nach Lampe etwas streuen. Bei frei hängenden Leuchten im Raum wird sich der gesamte Wärmeanfall in einer Erhöhung der Raumtemperatur auswirken. Diese Wärmestrahlung kann direkt und auf drückend unangenehme Weise auf uns einwirken. Ist die Leuchte eingelegt in eine Doppeldecke, so wird sich auch hier letzten Endes alles in Wärme umwandeln und die Raumtemperatur ansteigen lassen.

Schon vor Jahren kam man auf den Gedanken, den grossen Wärmeanfall an den Leuchten direkt zu erfassen und ihn getrennt über die Abluft aus dem Raum abzuführen. Das Verdienst steht vor allem unseren Kollegen aus dem Beleuchtungsfach zu, die sich diesen Problemen sehr initiativ und verdienstvoll angenommen haben.

Wird der konvektive Wärmeanfall in der Lampe erfasst und abgeführt, so fällt der Anteil im Raum von 55 auf 30%, also auf rund die Hälfte (Bild 4). Auch hier streuen die genauen Zahlen je nach Konstruktion, Ausführungsart und Fabrikat.

Aus einer solchen Massnahme folgen nun eine ganze Anzahl höchst positiver Auswirkungen:

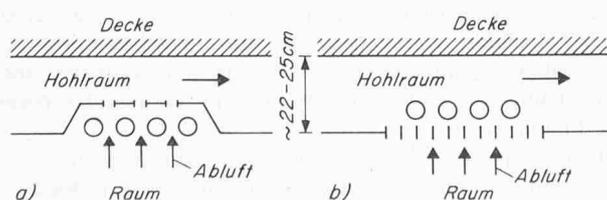


Bild 5. Luftabsaugung durch die Leuchte (links) bzw. durch die Rasterdecke (rechts)

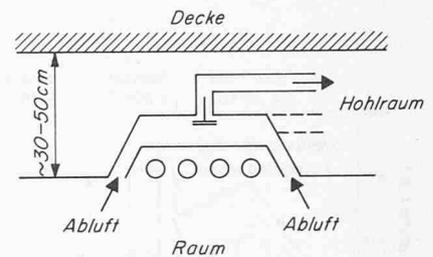


Bild 6. Luftabsaugung durch die Ablufthaube

- Die durch die Klimaanlage aufzubringende Kühlleistung wird schlagartig um einen wesentlichen Betrag verringert. Kleinere Luftmengen und weniger teure Klimaanlage ergeben sich daraus
- Die Lichtausbeute wird verbessert, indem die Lampe dauernd von Luft mit Temperaturen von rund 20 bis 26° umgeben ist
- Die Lebensdauer der Vorschaltgeräte wird etwas verbessert
- Die als «Strahlungsheizung» übrigbleibende infrarote Wärmestrahlung wird auf ein Mass vermindert, das physiologisch noch erträglich ist.

Nachstehend sind einige Lösungen dargestellt, wie man die Lampenwärme abführen kann. Jede hat ihre Eigenschaften und ihre besonders interessanten Anwendungen.

#### Luftabsaugung durch die Leuchte hindurch (Bild 5)

Der Hohlraum über der Leuchte wird zum Abluftkanal. Diese Lösung benötigt ein Minimum an Höhe im Doppeldecken-Hohlraum. Eine gewisse Verschmutzung der Lampe kann unter Umständen damit verbunden sein. Sorge wird man auch dafür tragen müssen, dass die Luft gleichmässig verteilt über alle Leuchtenkörper abgesaugt wird.

#### Luftabsaugung durch Ablufthaube (Bild 6)

Bei dieser Lösung wird um die Leuchte herum ein Blechgehäuse gelegt. Durch den entstehenden Zwischenraum hindurch wird die Abluft abgesaugt.

Die besonderen Eigenschaften dieser Lösung sind:

- gute und gleichmässige Kühlung
- im Doppeldecken-Hohlraum wird etwas mehr Höhe benötigt
- gleichmässige Lampen-Temperatur.

Die Abluftmenge richtet sich nach dem Wärmeanfall bei den Leuchten. Sie wird so bemessen, dass im allgemeinen sich die Temperatur dieser Luft beim Durchgang durch die Leuchten um rund 5 bis 15 °C erhöht. Ob die Abluft in einem abgetrennten System abgeführt werden soll, ist von Fall zu Fall zu entscheiden. Es besteht beispielsweise die Möglichkeit, diese warme Abluft als Zuluft für weniger empfindliche Gebäudeteile zu verwenden.

#### Getrennte Lüftungsanlage für den Leuchten-Hohlraum (Bild 7)

Diese Lösung kann in Betracht kommen bei sehr hohen Beleuchtungsstärken und entsprechend hohem Wärmeanfall,

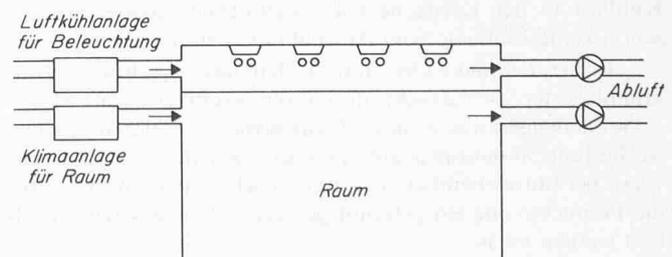


Bild 7. Getrennte Lüftungsanlage für die Leuchtenkammer

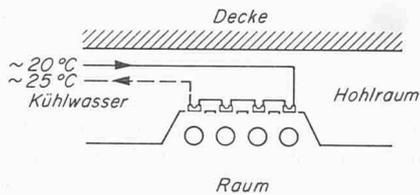


Bild 8. Leuchtenkühlung mit Wasser

wie beispielsweise in den botanischen Versuchsanlagen (Pythotron), im Operationsaal oder in Präzisionsklimarräumen.

#### Leuchtenkühlung mit Kühlwasser (Bild 8)

Diese Lösung ist in den USA mehrfach verwirklicht worden. Ein derart weitverzweigtes Wassersystem in einer Doppeldecke wird einige Probleme mit sich bringen. Wir denken da an Dichtheit, Leitungsführung, Betriebsdruck, Wasserbeschaffenheit.

In einer ausgeführten Anlage soll die anfallende Lampenwärme sogar durch eine Wärmepumpe hinauf transformiert und als Heizwasser für die Fassaden-Brüstungsheizung eingesetzt worden sein.

Bei der Planung solcher Wärmeverwertungsanlagen ist jedenfalls daran zu denken, dass der Wärmeeintrag solange konstant sein wird, wie die Beleuchtung brennt. Der Wärmebedarf für Fassadenheizung variiert jedoch dauernd. Auch der Wochenendbetrieb ohne Beleuchtung kann zusätzliche Probleme stellen.

Nach diesen vertretbaren Prinziplösungen soll auch noch auf eine Konstruktion hingewiesen werden, die nicht zu empfehlen, aber trotzdem da und dort anzutreffen ist, nämlich die Leuchtenkühlung durch Zuluft. Die aus der Klimazentrale kommende Luft erfährt hier eine Temperaturerhöhung vor dem Austritt in den Raum. Konstruktiv sieht diese Leuchte gleich aus wie die Lösung mit der Ablufthaube. Mit Klappen kann die Luftmenge eingestellt werden. Hauptnachteil dieser Ausführungsart ist, dass der Beleuchtungs-Wärmeeintrag nicht abgeführt, sondern dem klimatisierten Raum verstärkt zugeführt wird. Dazu kommen noch weitere Nachteile:

- Die Lampen werden nach beleuchtungstechnischen Gesichtspunkten an der Decke verlegt. Es ist nicht unbedingt gesagt, dass dies auch eine optimale Lösung für die Zuluftverteilung darstellt
- Je nachdem gewisse Lampen oder Lampenreihen ein- oder ausgeschaltet sind, wird sich bei den entsprechenden Lampen die Zulufttemperatur schlagartig verändern
- Die Lufttemperatur um die Lampe herum wird nicht so gleichmässig übers Jahr gehalten wie bei Lampenkühlung durch Abluft.

Die Lage ändert grundsätzlich nicht, wenn abwechslungsweise eine Lampenreihe mit Zuluftsystem verbunden und die andere Lampenreihe an die Ablufteinrichtung angeschlossen wird. Auch diese Ausführungsart ist grundsätzlich schlecht.

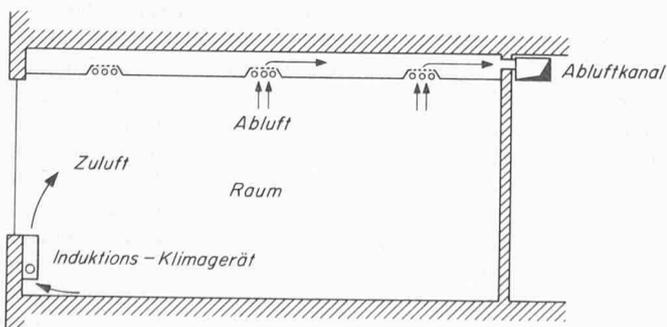


Bild 9. Klimaanlage und Beleuchtung. Schnitt durch die Perimeterzone eines Bürogebäudes

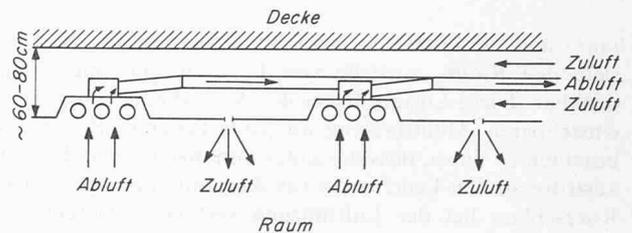


Bild 10. Klimaanlage und Beleuchtung in der Kernzone eines Gebäudes

In jedem Fall wird auch zu überlegen sein, ob die gesamte Raumabluft über die Leuchtenkühlung zu führen ist oder nicht. Das Problem, ob für eine solche Anlage Umluftbetrieb vorzusehen sei oder nicht, stellt sich grundsätzlich gleich wie bei jeder anderen Lüftungs- und Klimaanlage.

#### 7. Das Zusammenspiel zwischen Beleuchtung und Klimatisierung (Beispiele)

Der Erfolg einer Klimaanlage kann in Frage gestellt sein, wenn die Luftführung im Raum nicht richtig funktioniert. Es gibt auch hier für jeden Fall so etwas wie eine Optimallösung. Die richtige Temperatur und Feuchtigkeit muss nicht irgendwo, sondern in der Aufenthaltszone erreicht werden. Es sollen keine toten Zonen vorhanden sein. Es ist eine heikle Aufgabe, eine wirklich gute Luftführung in einem Raum zu erreichen. Der Klimatechniker muss kleinste Luftgeschwindigkeiten und kleinste physikalische Kräfte berücksichtigen.

Benutzt man die Leuchten ganz oder teilweise für den Abtransport der Raumabluft, ist damit ein Teil des Lüftungssystems bereits festgelegt. Die Zuluftzuführung muss auf diese Gegebenheit Rücksicht nehmen. Aus der grossen Zahl von bereits ausgeführten Anlagen und Möglichkeiten seien nachstehend einige Beispiele herausgegriffen.

##### Zusammenspiel in der Perimeterzone eines Gebäudes (Bild 9)

In Bild 9 ist ein Schnitt durch einen Raum an einer Aussenfassade dargestellt. Die Raumtiefe ist etwa 5 bis 6 m angenommen. Die Beleuchtung läuft in drei Bändern parallel mit der Fassade und brennt in dieser Perimeterzone nur zeit- und stufenweise nach Bedarf. Die Zuluft wird über Induktionsgeräte, die unter den Fenstern aufgestellt sind, in den Raum eingeblasen. Aus klimatechnischen Gründen allein wäre eine Doppeldecke nicht erforderlich. Durch Kombination von Beleuchtung und Abluft wird diese jedoch sinnvoll. Für die Doppeldecke muss in einem solchen Fall mit rund 22 bis 25 cm in der Höhe gerechnet werden.

##### Zusammenspiel in der Kernzone eines Gebäudes (Bild 10)

Die Leuchten sind hier mit Ablufthauben versehen. Die Zuluft tritt von einer Klimazentrale her über den Deckenhohlraum

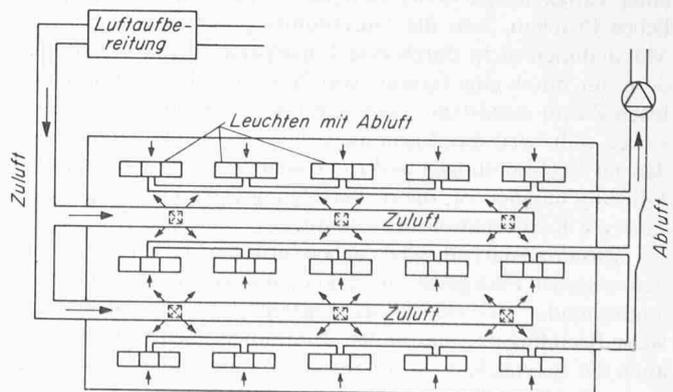


Bild 11. Klimaanlage und Beleuchtung im Grossraum. Grundrissprinzip

raum und die Löcher in der Doppeldecke in den zu klimatisierenden Raum. Anstelle von Löchern sind auch Schlitzed denkbar. Diese Lösung bietet den Vorteil einer sauberen und einstellbaren Abluftfassung an jeder Leuchte. Besonders zu beachten ist dabei, dass die Zuluftöffnungen gegen die Abluftaustritte an den Leuchten etwas Abstand haben. Damit kann Kurzschluss bei der Luftführung verhindert werden. Auch muss die Doppeldecke und insbesondere die Nahtstellen zwischen Leuchten und Lochdecke luftdicht ausgeführt sein.

#### *Zusammenspiel im Grossraum (Bild 11)*

Sozusagen als «dernier cri» der Entwicklung haben wir ein System, bei dem Abluft und Zuluft in getrennten Kanalsystemen geführt werden. Mit diesem System sind einige Vorteile verbunden:

- die Luftdichtheit bei der Zuluft und Abluft ist besser und gewährleistet
- die Geräuschfortpflanzung über Hohldecken und Kanäle ist verunmöglich

- die Luftmengen können in jeder einzelnen Raumzone etwas variiert werden.

Als Nachteile müssen verhältnismässig grosse Hohldeckenhöhen (rund 60 bis 80 cm und mehr) und höhere Erstellungskosten in Kauf genommen werden. In der grundsätzlichen Planung wird man versuchen, die Luftkanäle, u.U. zusammen mit noch weiteren Installationen im Deckenhohlraum, auf eine optimale Gesamtlösung zu bringen.

#### **8. Schlussbemerkungen**

Auch an diesem Teilproblem wird uns einmal mehr vor Augen geführt, dass trotz allen Bemühungen für Vereinfachung und Rationalisierung auch im Bürobau gewisse Probleme komplexer werden. Früher einmal war es einfach. Heute gleicht ein grosses Bürogebäude immer mehr einer komplizierten Maschine.

Adresse des Verfassers: *Wilhelm Wirz*, dipl. Ing. ETH, Mitinhaber im Ingenieurbüro Herm. Meier und Wilh. Wirz, Obstgartenstrasse 19, 8006 Zürich.

## **Durchführung der Integration in der Planung**

DK 624:651.1.001.2

Von **Peter Suter**, dipl. Ing., Arch. BSA/SIA, Basel, Dozent an der ETH Zürich

In den vorangegangenen Beiträgen wurde deutlich, dass die aufgeworfenen Probleme und angedeuteten Lösungen so stark miteinander verknüpft sind, dass sie von den verantwortlichen Fachleuten nicht mehr im «Alleingang» bearbeitet werden können. Besondere technische Massnahmen müssen in einen grösseren Rahmen gestellt werden. Sie bilden Bestandteil eines Gebäudes, das zu bestimmten wirtschaftlichen Bedingungen einen bestimmten Zweck zu erfüllen hat. Je anspruchsvoller die verlangte, am Arbeitsplatz zu erbringende, körperliche und geistige Leistung ist, je komplexere Anforderungen aus der Technologie des Arbeitsvorgangs gestellt werden, desto vielfältiger sind die negativen Einflussfaktoren, die im Interesse der Sicherstellung der Leistungsmöglichkeit ausgeschlossen werden müssen. Mit der Zahl der zu beseitigenden negativen Einflussfaktoren nehmen aber auch die Kompliziertheit der erforderlichen technischen Anlagen und die Bedeutung der damit verbundenen Kosten zu.

#### **Integrierte Planung: ein geistiges und menschliches Problem**

Die Integration der Massnahmen, die sich als notwendig und wirtschaftlich verantwortbar erweisen, ist zunächst kein technisches oder berufliches, sondern vielmehr ein geistiges und menschliches Problem. Die im menschlichen Tätigkeitsbereich so wichtige Führungsrolle ist auch hier von grosser Bedeutung. Das Problem ist geistiger Art, da an vorderster Stelle Erkennen, Analyse und Bewertung der Gesamtheit der Einflussfaktoren stehen, vergleichbar etwa mit der Erarbeitung einer Tätigkeitsliste in der Netzplantechnik. Es ist ein menschliches Problem, weil die Durchführung der sich ergebenden Massnahmen nicht durch eine Einzelperson denkbar ist, sondern nur durch eine Gruppe von Personen, die zur vorbehaltlosen Zusammenarbeit bereit sein müssen. Führungsprobleme stellen sich, weil die Zusammenarbeit von Personen verschiedenster Fachrichtungen und Interessen nur unter einer straffen Führung möglich ist, die in Verfolgung eines klar dargelegten Ziels die Koordination übernimmt.

Zusammenarbeit setzt neben gründlicher Kenntnis auf dem eigenen Fachgebiet auch Verständnis für die Bedeutung angrenzender Gebiete voraus, gegenüber denen eine wechselseitige Beeinflussung stattfindet. Zusammenarbeit bedeutet aber auch die Bereitschaft, im Interesse der Gesamtzielsetzung und unter Zurückstellung persönlicher Interessen sich in ein «Team» einzupassen und unter Umständen dadurch mehr Arbeit leisten zu müssen.

Die Fähigkeit, eine Vielzahl von zum Teil sich widersprechenden Randbedingungen, wie sie aus festgestellten Einflussfaktoren abgeleitet werden können, zu koordinieren, ist neben der fachlichen Eignung vor allem ein menschliches Problem. Koordination setzt a priori den Überblick, die objektive Bewertung und, bis zu einem gewissen Grad, das Wissen um die zu koordinierenden Elemente voraus. Ein positives Ergebnis aus diesem Koordinationsbemühen ist aber nur zu erwarten, wenn der vorausgesetzten Leistungsbereitschaft der im Team eingesetzten Sachbearbeiter durch verständnisvolle und gleichzeitig bewusste Führung die volle Leistungsmöglichkeit gegeben wird. Die beste fachliche Voraussetzung des Koordinators ist wirkungslos, wenn er nicht in der Lage ist, im Team einen Geist zu schaffen, der in einem fast sportlichen Ehrgeiz gemeinsam zur bestmöglichen Lösung der gestellten Aufgabe führt. Und wer kann nun innerhalb des Kreises der an einer Planung Beteiligten die Rolle des Koordinators übernehmen? Der Architekt sollte sich hierfür bereitfinden, weil ja die Vielzahl der technischen Massnahmen innerhalb des von ihm entwickelten Bauwerkes zu einem sinnvollen, zweckmässigen und in sich ausgewogenen Organismus integriert werden muss.

#### **Ausbildung des Architekten im Hinblick auf integrierte Planung**

Da muss nun aber doch die Frage gestellt werden, ob der Architekt, so wie er heute ausgebildet wird, so wie er selbst seine berufliche Aufgabe sehen müsste, für eine derart anspruchsvolle und vielseitige Aufgabe tatsächlich geeignet ist. Es ist ja nicht zuletzt gerade diese Frage, die sich die zukünftigen Architekten stellen müssen und die die Unruhe und Unsicherheit an unseren Architekturschulen ausgelöst hat. Im Zusammenhang mit der gegenwärtig an allen Lehranstalten diskutierten Neuordnung der Studienpläne muss vordringlich festgestellt werden, welche Aufgaben der Architekt unserer Zeit überhaupt zu lösen hat. Der Architekt ist nicht oder nur sehr begrenzt freischaffender Künstler, sondern in erster Linie Dienstleistender. Die zu leistenden Dienste wählt er sich nicht nach eigenem Willen. Sie werden ihm vielmehr im Rahmen seiner Zeit durch eine gegebene Sozial- und Wirtschaftsstruktur vorgeschrieben. Erst durch die Erfüllung der ihm gestellten Aufgaben kann er durch die Art der Lösung wiederum auf die umgebenden Werke Einfluss nehmen. Aus der Erkenntnis um die zeitensprechende Arbeitsweise des Architekten können die Ausbildungsziele der Lehranstalten abgeleitet werden, die