



AALBORG UNIVERSITY
DENMARK

Aalborg Universitet

Natürlich behaglich. Natürliche Lüftung und. Behaglichkeit – Gegensätze?

Hellwig, Runa T.

Published in:
G I - Gesundheits Ingenieur

Publication date:
2004

[Link to publication from Aalborg University](#)

Citation for published version (APA):
Hellwig, R. T. (2004). Natürlich behaglich. Natürliche Lüftung und. Behaglichkeit – Gegensätze? *G I - Gesundheits Ingenieur*, 124(5), 237-244.

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal -

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at vbn@aub.aau.dk providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

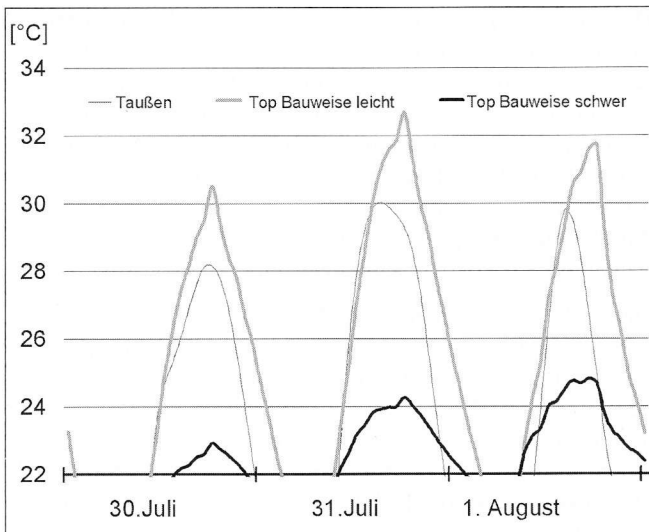


Bild 4. Einfluss der Masse auf das Raumklima.

| | |
|-----------------------|-----------------------|
| alle Bauteile | schwer |
| alle Bauteile | leicht |
| Fassadenfläche | 13,5 m ² |
| Fensterflächenanteil | 70 % |
| Sonnenschutz außen | F _c = 0,20 |
| Verglasung | g = 0,58 |
| Bürofläche | 22,5 m ² |
| Lasten | 2 Pers. + 2 PC |
| Lüftung 8:00–18:00 | n = 2 h ⁻¹ |
| Nachtlüft. 18:00–8:00 | n = 5 h ⁻¹ |
| Beleuchtung | keine |
| Kühlung | keine |
| Klima | Würzburg |

bei den niedrigen Stockwerken, da man sich dem Einblick von der Straße ausgesetzt fühlt. Bei den höheren Stockwerken gibt es unterschiedliche Ansichten über die optimale Brüstungsbildung. Einige Nutzer befürworten den Durchblick nach unten um die Erdoberfläche und den Horizont zu sehen und Bezugspunkte zu haben, während andere bei bodenbündigen Verglasungen Höhenangst empfinden. Diese Aspekte differieren von Mensch zu Mensch, so dass hier keine allgemeinen Planungsregeln gegeben werden können. Eine variable Fassadenausbildung kann hier Lösungsansätze bieten.

Fazit

Das Klima in Deutschland erlaubt Gebäude ohne Kühlung sofern ein Fensterflächenanteil von 50% nicht überschritten wird und der Sonnenschutz außenliegend angeordnet ist. Größere Fensterflächenanteile sind in Verbindung mit einer schweren Bauweise und einer effektiven Nachtlüftung tolerierbar. Mit einer Nord-Süd Orientierung kann die Einstrahlung auf das Gebäude vermindert werden und der visuelle Komfort ist größer. Werden neben dem Fenster weitere spezielle Lüftungsöffnungen in der Fassade vorgesehen, so kann auch ohne Lüftungsanlage ganzjährig behaglich gelüftet werden. Der Weg zu einer effizienten Technikreduktion liegt in der Berücksichtigung der raumklimatischen Zusammenhänge schon in der Konzeptphase des Gebäudes. Der Wunsch nach absoluter Transparenz und Flexibilität ist dabei in Frage zu stellen.

Natürlich behaglich

Natürliche Lüftung und Behaglichkeit – Gegensätze?

Runa Tabea Hellwig

Bereits in der Entwurfsphase ist insbesondere bei der Planung von Verwaltungsgebäuden zu entscheiden, ob das Gebäude mit freier oder mechanischer Lüftung belüftet werden soll. Dabei sollen das Wohlbefinden der Nutzer und deren Produktivität hoch sein. Gleichzeitig möchten aber viele Bauherren auf Lüftungstechnik verzichten. Dann stellt sich die Frage, ob die Anforderungen an das thermische Raumklima mit natürlicher Lüftung erreicht werden und inwieweit Abweichungen von den Zielwerten zugelassen werden können.

Die Behaglichkeitskriterien der DIN 1946-2 und DIN EN ISO 7730 können in natürlich belüfteten Gebäuden nicht immer eingehalten werden. Auch die strikte Forderung der Arbeitsstättenrichtlinie nach einer maximalen Lufttemperatur am Arbeitsplatz von 26°C ist mit natürlicher Lüftung, vor allem bei lang anhaltenden Hitzeperioden wie im Sommer 2003, nicht einzuhalten.

Untersuchungen zeigen, dass die Bewertung von Raumklimaparametern durch die Nutzer in frei belüfteten Gebäuden nicht schlechter ausfällt bzw. sogar besser sein kann als in Gebäuden mit mechanischer Lüftung, obwohl die thermischen Raumklimaparameter in natürlich belüfteten Gebäuden von den als optimal angesehenen Werten zeitweise abweichen. Daraus kann geschlussfolgert wer-

Tabelle 1. Anforderungen an die operative Raumtemperatur bei einer sitzenden Tätigkeit (1,2 met) für die nach CEN CR 1752 [3] festgelegten Kategorien und nach bisheriger DIN EN ISO 7730 [2].

| | °C Sommer (Kühlperiode) | °C Winter (Heizperiode) |
|---------------|----------------------------|----------------------------|
| nach CR 1752 | | |
| Kategorie A | 24.5 ± 1.0 | 22.0 ± 1.0 |
| Kategorie A | 24.5 ± 1.5 | 22.0 ± 2.0 |
| Kategorie A | 24.5 ± 2.5 | 22.0 ± 3.0 |
| nach ISO 7730 | 24.5 ± 1.5 | 22.0 ± 2.0 |

Tabelle 2. Zugrunde gelegte Grenzwerte der Innentemperaturen für Sommer-Klimaregionen nach DIN 4108-2 [7].

| Sommer-Klimaregion | Grenzwert der Innentemperatur |
|--------------------|-------------------------------|
| A: sommerkühl | 25 °C |
| B: gemäßigt | 26 °C |
| C: sommerheiß | 27 °C |

den, dass für natürliche Lüftung nicht die gleichen optimalen Raumklimaparameter wie für mechanisch belüftete Gebäude gelten müssen.

Es gibt bereits in anderen Ländern Ansätze, die bei natürlicher Lüftung ein größeres Temperaturspektrum vor allem im Sommer zulassen. In Deutschland fehlen bisher praktikable Verfahren zur Bewertung von natürlicher Lüftung überhaupt. Dazu ist weitergehende Forschung erforderlich.

Natürliche Lüftung im Verwaltungsbau?

Gerade energiesparende Gebäudekonzepte im Verwaltungsbau verzichten auf den Einsatz mechanischer Lüftung und in der Regel auf eine mechanische Kühlung.

Jetzt könnte vermutet werden, dass Nutzer und Bauherr reine Fensterlüftung nicht anstreben, da per Definition unserer bestehenden Regelungen zeitweise unbehagliche Zustände entstehen. Es zeigt sich aber aus einer Umfrage unter Architekten, dass der Fensterlüftung in der Zukunft eine große Bedeutung beigemessen wird und Entwicklungspotentiale gesehen werden. In einer Studie eines Fassadenherstellers sehen etwa 75% der Befragten eine gleich bleibende oder zunehmende Bedeutung der Fensterlüftung. Bei der Lüftung über elektrisch betätigte Fenster sind dies sogar 85% [1].

Bisherige Kriterien

Welche Bewertungskriterien gelten eigentlich für Fensterlüftung? Die DIN EN ISO 7730 [2] beruht auf dem PMV-Modell nach *Fanger*. Bei diesem Modell wird davon ausgegangen, dass sich der Mensch bei thermischem Gleichgewicht zwischen Körper und Umgebung in einem behaglichen Zustand befindet. Der Ansatz gilt für stationäre Raumzustände, die in der Regel nur mit raumlufttechnischen Anlagen erzeugt werden können.

Der CEN CR 1752 [3] legt Kategorien der Innenraumqualität fest. Bei Räumen der Kategorie A sind die einzuhaltenen Grenzen sehr eng (hohes Erwartungsniveau), bei Gebäuden der Kategorie C sind die Grenzen weiter gefasst. Im Übrigen werden in dem Bericht Anforderungen hinsichtlich der Auslegung und des Betriebes von raumlufttechnischen Anlagen getroffen. *Tabelle 1* zeigt die Anforderungen an die operative Raumtemperatur in Abhängigkeit von der Jahreszeit.

Die bislang angewendete DIN 1946-2 [4] gilt für raumlufttechnische Anlagen, wird jedoch in Ermangelung anderer Richtwerte auch für natürlich belüftete Gebäude herangezogen. Problematisch an den Auslegungsrichtlinien ist, dass der geforderte Bereich der operativen Raumtemperatur immer auf die momentane Außenlufttemperatur bezogen wird. Relativ schnelle Änderungen der Außenlufttemperatur müssen also von der raumlufttechnischen Anlage oder zusätzlichen Kühleinrichtungen abgedeckt werden. Um hier die zu installierenden Leistungen von Geräten zu begrenzen wurden kurzzeitige Überschreitungen von 25 °C zugelassen.

Die Arbeitsstättenrichtlinie stellt ebenfalls Anforderungen an die Temperaturen. Die Lufttemperatur in Arbeitsräumen soll 26 °C nicht überschreiten. Bei darüber liegender Außentemperatur darf in Ausnahmefällen die Lufttemperatur höher sein [5]. Allerdings wird nicht näher erläutert in welchen Ausnahmefällen die Lufttemperatur höher sein darf und für wie lange 26 °C überschritten werden können. Auch die Auslegung des Bielefelder Urteiles (siehe hierzu auch [6]) nach der max. 26 °C bis zu einer Außentemperatur von 32 °C und über 32 °C Außentemperatur eine Unterschreitung der Außenlufttemperatur um 6 K vorgegeben wird, ist nicht einzuhalten. Es ergeben sich Überschreitungen.

Anforderungen an Gebäude bezüglich des baulichen sommerlichen Wärmeschutzes stellt die DIN 4108-2 [7]. Die Norm unterscheidet mit den dort festgelegten drei Klimazonen auch drei Grenzwerte der Innentemperaturen (*Tabelle 2*). Diese Grenztemperaturen werden für übliche Gebäude an nicht mehr als 10% der Aufenthaltszeit überschritten, wenn die Anforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz der Norm erfüllt werden. „Eine unterschiedliche Festlegung des Grenzwertes der Innentemperatur ist wegen der Adaptation des Menschen an das vorherrschende Außenklima gewählt.“ Diese Formulierung der Norm gibt einen Hinweis auf die Grundlagen der im folgenden Abschnitt vorgestellten Untersuchungen.

Arbeiten am *Hermann-Rietschel*-Institut in Berlin zeigen, dass auch im Winter bei stationärer Dauerlüftung (Spaltlüftung z.B. über gekippte Fenster) die Anforderungen der genannten Normen an die thermische Behaglichkeit in Abhängigkeit von der thermischen Last im Raum nicht immer eingehalten werden können, da zu hohe Lufttemperaturgradienten und zu hohe Luftgeschwindigkeiten entstehen können [8]. Es sei jedoch nochmals betont, dass alle bestehenden Anforderungen für stationäre Zustände bzw. explizit für raumlufttechnische Anlagen gelten.

Wohlfühlfaktoren

Der Mensch in seiner Arbeitsumwelt, sein Wohlbefinden, seine Arbeitszufriedenheit und seine Produktivität wird durch eine große Anzahl von Faktoren beeinflusst (Bild 1). Viele der dargestellten Einflussgruppen können weder vom Architekten noch vom Ingenieur beeinflusst werden. Lediglich das Gebäude, der Raum und der Arbeitsplatz können in Grenzen mitgestaltet werden. Daher ist wichtig zu wissen, welchen Einfluss das Raumklima gegenüber anderen Faktoren überhaupt hat.

Zur Bestimmung der Stellung des Raumklimas ist eine Studie des *Fraunhofer*-Instituts für Arbeitswirtschaft und Organisation zur Office Performance hilfreich. Dabei wurden der Themenkreis Produktivität, Effektivität und Effizienz im Büroumfeld untersucht, Wirkungszusammenhänge analysiert sowie Wertigkeitsmaßstäbe unterschiedlicher Einflussfaktoren ermittelt. Die Studie wertete Fragebögen von über 900 Personen aus. Als zentrale Messgröße wurde der Office-Performance-Index gebildet, der sich aus der Bewertung der Arbeitsvorgänge und der Qualität der Arbeit im Bereich der Befragten ergab.

Insgesamt konnten folgende 10 Themenfelder mit jeweils hochsignifikanten Unterschieden in der Reihenfolge ihres Einflusses identifiziert werden:

- Positive Emotionen/Negative Emotionen
- Informierte Nutzer/Uninformierte Nutzer
- Selbstbestimmte Nutzer/Fremdbestimmte Nutzer
- Gute Raumqualität/Schlechte Raumqualität
- Intensive Informations- und Kommunikations-Nutzer/Verhaltene I.u.K.-Nutzer.

Auffällig ist, dass es zur Verbesserung der Performance lohnender ist, sich um die Verbesserung von Negativ-Zuständen zu kümmern als bereits positiv Bewertetes weiter zu verbessern. Bild 2 zeigt herausgegriffen den Einfluss des Themenfeldes Emotionen, dass sowohl im positiven wie auch im negativen Sinne das größte Beeinflussungspotential hat. Demgegenüber steht die Raumqualität an vierter Stelle. Kritisch anzumerken ist, dass die Studie nicht erwähnt, ob Einflüsse von Lärm oder der Raumakustik berücksichtigt worden sind.

Eine weitere Studie führte das *Fraunhofer* IAO an 700 Personen mit dem Ziel durch, weiche Einflussfaktoren auf das subjektive Wohlbefinden im direkten Arbeitsumfeld herauszufinden und ihre Einflussstärke zu bewerten. Der dabei entwickelte Büroattraktivitätsindex setzt sich aus mehreren Einflussfaktoren zusammen. In Bild 3 sind die signifikant wirksamen Faktoren dargestellt. Zu erkennen ist, dass der Faktor Raumklima/Geruch im Vergleich zu Materialität/Ambiente einen ähnlichen Einfluss hat, wenn

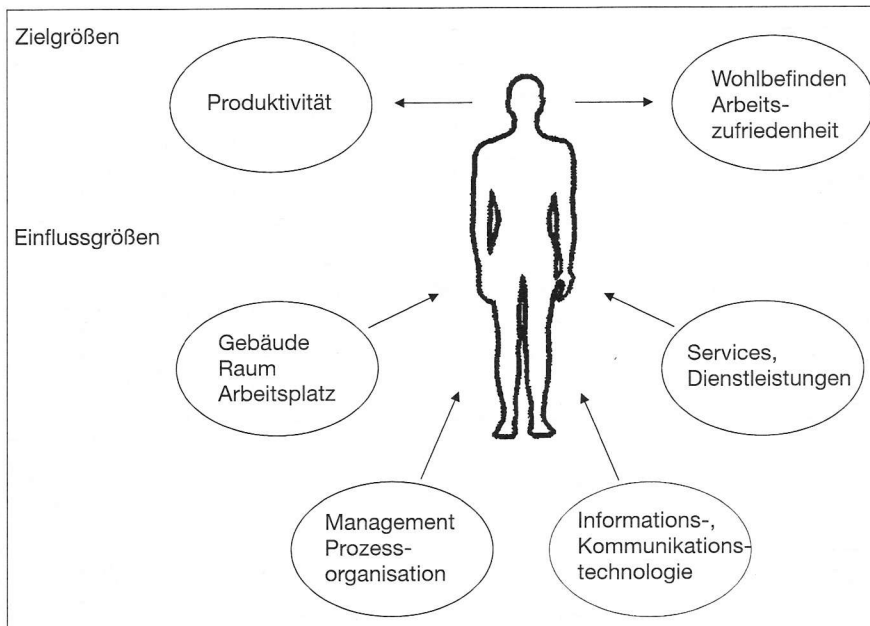


Bild 1. Die Zielgrößen Wohlbefinden und Arbeitszufriedenheit des Menschen und seine Produktivität werden von einer Reihe von Einflussgrößen bestimmt nach [9].

das Büro als eher unattraktiv eingeschätzt wird. Der positive Einfluss des Raumklimas, das heißt wenn eine hohe Zufriedenheit vorhanden ist, ist leider nicht so stark ausgeprägt. Die wichtige Erkenntnis ist, dass viele Einflussfaktoren auch in der Ausstattung des Raumes liegen. Das Raumklima ist nur ein Einflussfaktor von vielen!

Leistungsfähigkeit

Wyon führte in den 70er und 80er Jahren Untersuchungen zur Leistungsfähigkeit in Abhängigkeit von der Temperatur durch. Für die Bewertung der Leistungsfähigkeit in

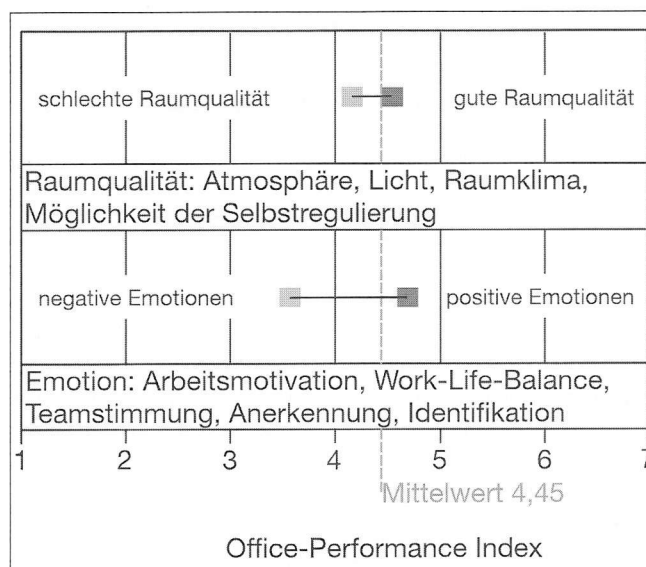


Bild 2. Abweichung des Office-Performance Index vom Mittelwert (4,45) durch den Einfluss einzelner Faktoren: Raumqualität und Emotionen der Nutzer; angegeben auf einer Skala von 1 (sehr geringe Office-Performance) bis 7 (sehr hohe Office-Performance) nach [9].

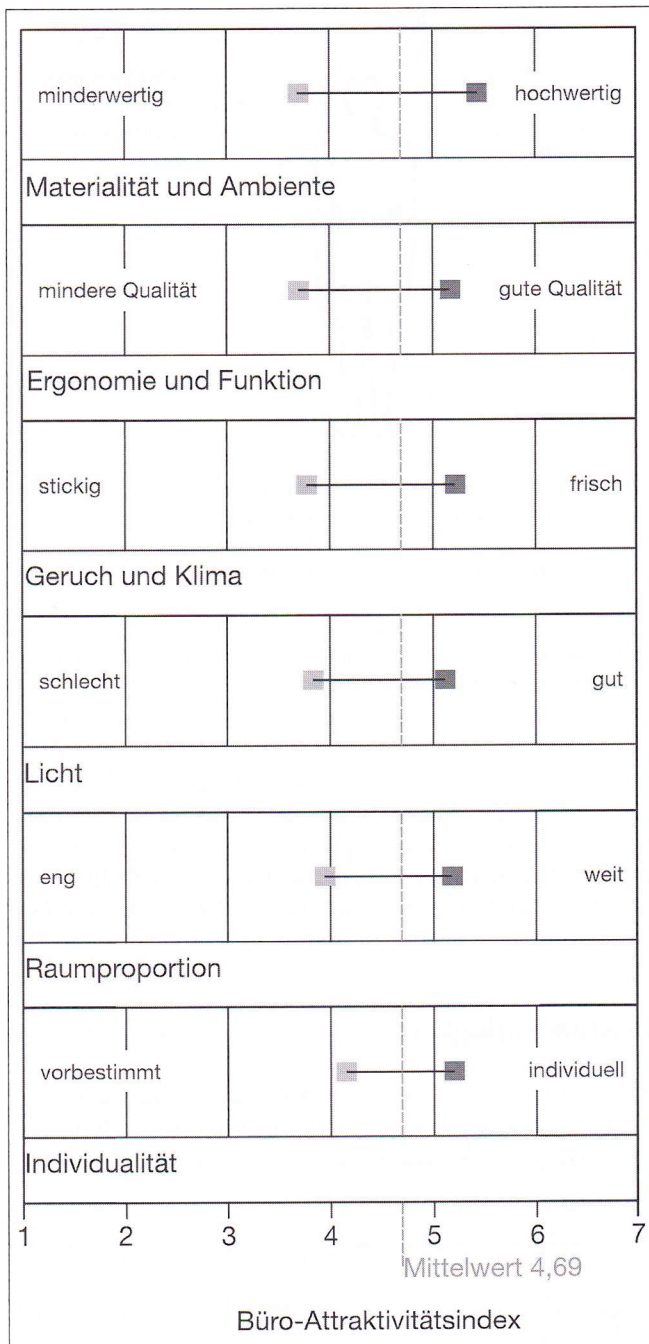


Bild 3. Abweichung des Büro-Attraktivitätsindex vom Mittelwert (4.69) in Abhängigkeit von verschiedenen Einflussfaktoren; angeben auf einer Skala von 1 (sehr geringe Attraktivität) bis 7 (sehr hohe Attraktivität) [9].

Bürogebäuden ist in *Bild 4* nur die Gerade der geistigen Leistungsfähigkeit relevant. Die Minderung der Leistungsfähigkeit ist demnach abhängig von der Temperatur und dem Bekleidungsgrad. Diese Arbeit ist eine der wenigen, die wirkliche Werte für die Leistungsminderung angibt. Allerdings fanden die Untersuchungen in klimatisierten Räumen statt. Dort konnten die Nutzer keinen Einfluss auf das Raumklima nehmen und auch ihre Kleidung nicht verändern [10]. Die Untersuchungen können daher für klimatisierte Räume angewandt werden. Es kann jedoch bezweifelt werden, dass die Ergebnisse auf frei belüftete Räume ohne weiteres übertragbar sind.

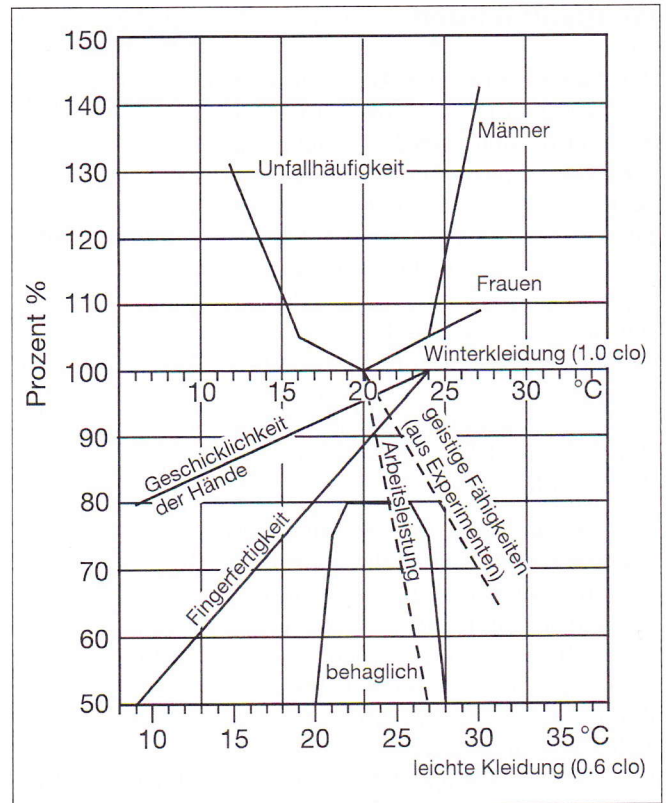


Bild 4. Leistungsfähigkeit, Unfallhäufigkeit und Behaglichkeit für Personen verschiedener Aktivität und verschiedenen Bekleidungsgrades [10].

In dem Forschungsprojekt SCATs wurden subjektive und objektive Daten zu Innenraumbedingungen von 25 Gebäuden in verschiedenen Ländern Europas erhoben. Die Daten wurden auch bezüglich der selbstbewerteten Produktivität der befragten Personen ausgewertet. Es wurde im Gegensatz zu den Untersuchungen von *Wyon* [10] gezeigt, dass zwischen der gemessenen Lufttemperatur und der selbstbewerteten Produktivität kein Zusammenhang besteht [11]. Dagegen konnte ein Zusammenhang zwischen selbstbewerteter Produktivität und dem thermischen Präferenzvotum hergestellt werden. Die thermische Präferenz drückt aus, ob eine Person es wärmer oder kälter wünscht oder keine Änderung gewünscht wird. Die Ergebnisse zeigen, dass ein Zusammenhang zwischen dem Bewerten einer Temperatur – also der Behaglichkeit und der Produktivität besteht nicht jedoch zur Temperatur selbst.

Objektive Messungen – subjektive Bewertung

Aber vielleicht sind die Kriterien, die zur Bewertung klimatisierter Gebäude herangezogen werden nicht die geeigneten um damit frei belüftete Gebäude zu bewerten? Gibt es Faktoren, die die Bewertung des thermischen Raumklimas in natürlich belüfteten Gebäuden durch den Nutzer weniger streng ausfallen lassen als es uns die bekannten Kriterien sagen? Ist eine Erweiterung der bisherigen Grenzwerte bei frei belüfteten Gebäuden zulässig? In dem vom BMBF geförderten ProKlima-Projekt [12] wurden vor dem Hintergrund des Sick Building Syn-

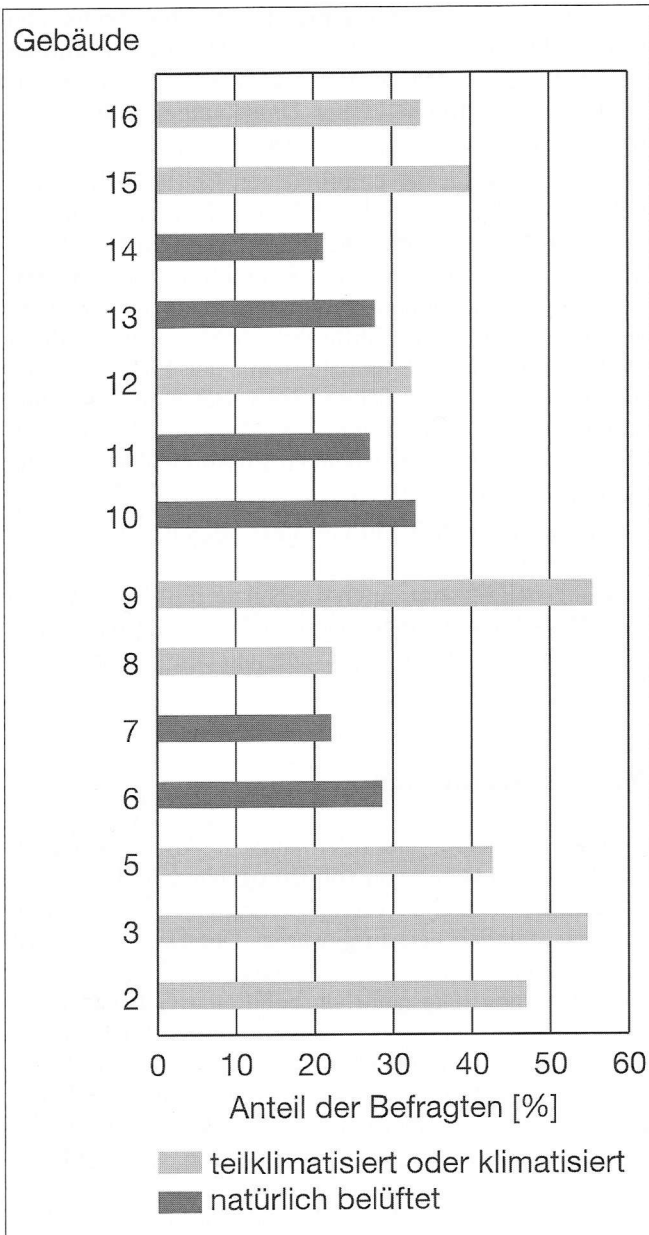


Bild 5. Anteil der als befindlichkeitsgestört eingestufenen Personen in den im ProKlima-Projekt untersuchten Gebäuden. Der Anteil der befindlichkeitsgestörten Personen ist in den natürlich belüfteten Gebäuden geringer [12].

dromes (SBS) 14 Bürogebäude untersucht. Davon waren sechs frei belüftet. Dabei wurden Personen befragt und die aktuellen Raumklimaparameter messtechnisch erfasst. Es zeigte sich, dass der Anteil der befindlichkeitsgestörten Personen in den klimatisierten Gebäuden im Mittel um etwa 15% höher liegt (Bild 5).

Gemessene Werte in natürlich belüfteten Gebäuden zeigen, dass die tatsächliche Belastung mit Bakterien, Pilzen, CO₂ und flüchtigen organischen Substanzen höher ist als in mechanisch belüfteten Gebäuden. Die Personen beurteilten die Luft in den Gebäuden mit freier Lüftung jedoch trotzdem als frischer und waren mit der Lüftung deutlich zufriedener (Bild 6).

Wird das Raumklima als gesundheitsabträglich eingeschätzt, so ist das Risiko unter dem Sick Building Syndrome zu leiden gegenüber Personen, die das Raumklima

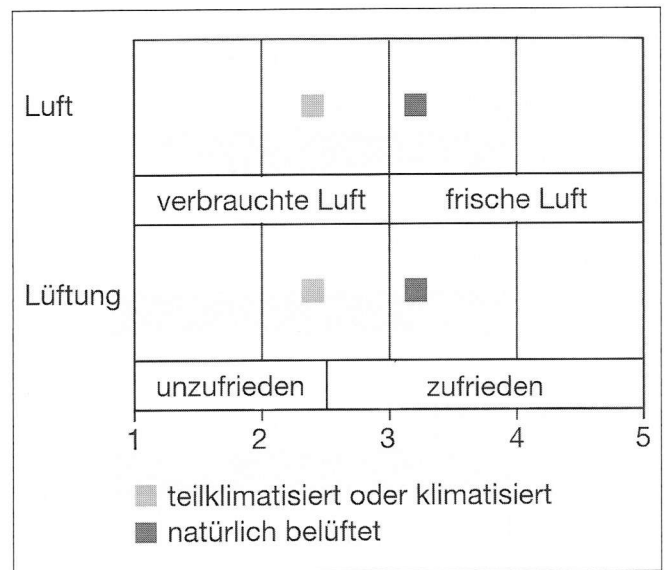


Bild 6. Auswertung der Frage: „Wie beurteilen Sie gerade jetzt das Raumklima an Ihrem Arbeitsplatz?“ Dargestellt sind die Mittelwerte. Die Antworten konnten auf einer Skala von 1 = verbrauchte Luft bzw. mit der Lüftung unzufrieden bis 5 = frische Luft bzw. mit der Lüftung zufrieden gegeben werden [12].

positiv beurteilen, 2,6-mal höher. In [12] wird daher folgerichtig festgestellt: Wenn der Nutzer einer RLT-Anlage sich durch diese gestört oder gar gesundheitlich bedroht fühlt, wird dieser Umstand auf Dauer den Einbau solcher Anlagen nicht rechtfertigen. Allerdings zeigt sich auch, dass gut gewartete RLT-Anlagen genauso positiv bewertet werden wie freie Lüftung (Bild 7).

Zufriedenheit mit dem Raumklima hängt auch davon ab, ob die thermischen Bedingungen und die Erwartung der

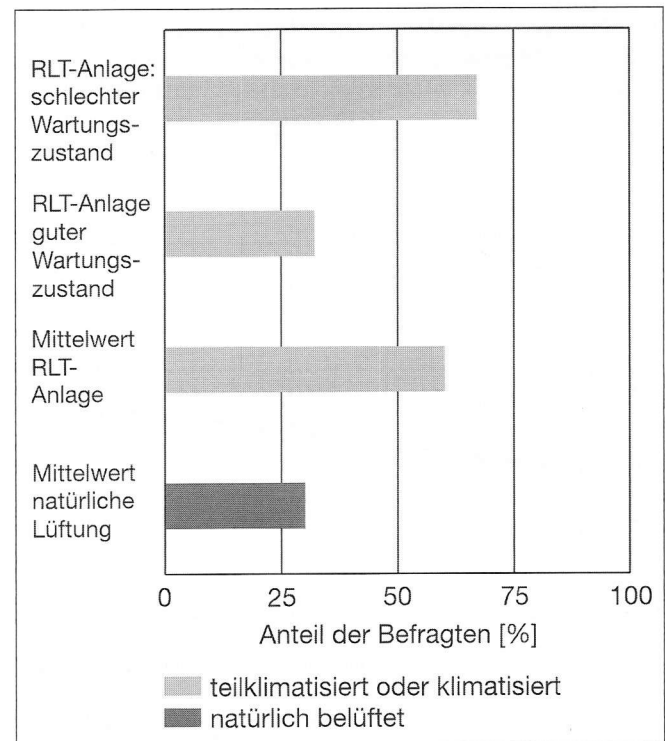


Bild 7. Anteil der Personen, die das Raumklima als gesundheitsabträglich einschätzen. Bei gut gewarteten RLT-Anlagen ist der Anteil ebenso gering wie natürlich belüfteten Gebäuden [12].

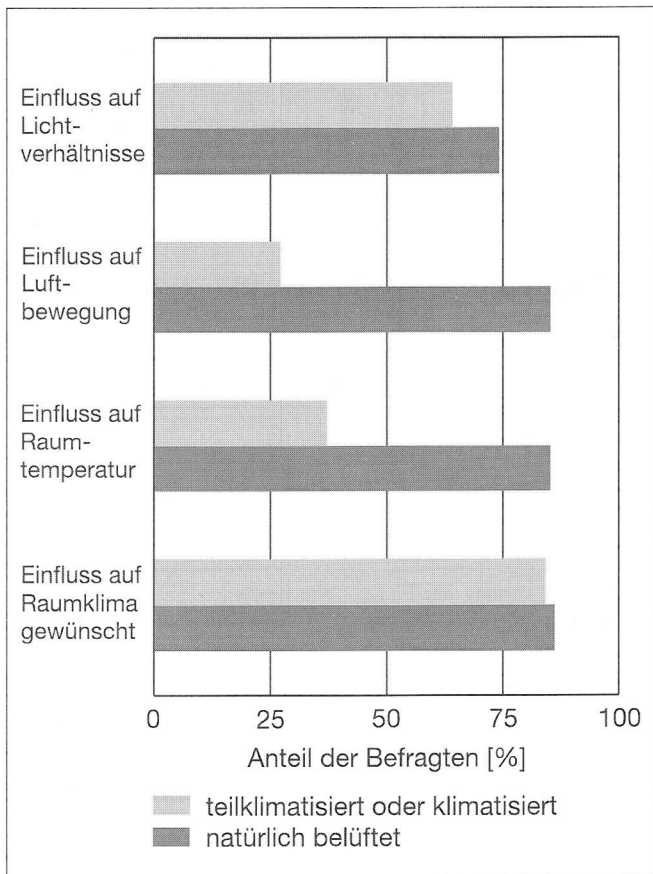


Bild 8. Wunsch nach Einfluss auf das Raumklima und vorhandene durch die Nutzer bewertete Beeinflussungsmöglichkeit in teilklimatisierten oder klimatisierten und in natürlich belüfteten Gebäuden; Daten des ProKlimA-Projektes.

Personen, wie das Raumklima sein sollte in einem gegebenen Kontext von Außenklima, Bürorumfeld, Ausstattung in Übereinstimmung gebracht werden. Im Rahmen des ProKlimA-Projektes wurde herausgefunden, dass die

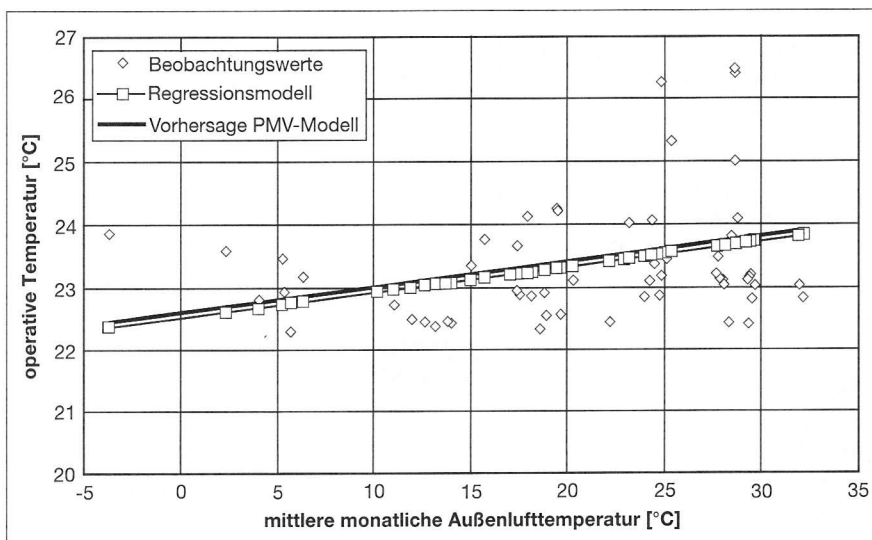


Bild 9. Beobachtete und vorhergesagte behagliche Innentemperaturen für klimatisierte Gebäude. Dargestellt ist ebenso das Regressionsmodell für die beobachteten Werte. Die Vorhersage des PMV-Modells nach DIN EN ISO 7730 und das Regressionsmodell zeigen eine sehr gute Übereinstimmung. Die Neigung der Geraden wird hauptsächlich verursacht durch den sich mit der Außentemperatur verändernden Dämmwert der Bekleidung [15].

Erwartungen an das Raumklima (Luftfeuchte, Temperatur, Luftgeschwindigkeit, Lüftung) bei Personen in klimatisierten Umgebungen etwa 1,5 bis 1,9mal höher sind als bei Personen in frei belüfteten Umgebungen [13].

In [14] wird gezeigt, dass die selbstbewertete Produktivität signifikant mit der empfundenen Einflussnahmemöglichkeit der Personen auf Heizung, Kühlung, Lüftung, Beleuchtung und Geräusche (Lärm) verknüpft ist. Personen, die ihren Einfluss auf das Raumklima hoch einschätzen, haben eine höhere Produktivität als Personen mit geringer empfundener Einflussmöglichkeit. Die Produktivität ist am stärksten assoziiert mit der Einflussnahmemöglichkeit auf Geräusche (Lärm), Beheizung, Kühlung und Lüftung. Die Einflussmöglichkeit auf die Beleuchtung zeigte keinen signifikanten Zusammenhang mit der empfundenen Produktivität.

Daten aus dem ProKlimA-Projekt zeigen, dass bei frei belüfteten Gebäuden die vorhandene empfundene Beeinflussungsmöglichkeit durch die Nutzer mit deren Wunsch nach Beeinflussung übereinstimmt. Es wird also eine hohe Übereinstimmung von Erwartung und empfundenem Einfluss erzielt (Bild 8).

Neue Bewertungsansätze

In einer Studie für die amerikanische ASHRAE-Gesellschaft wurden Daten von 160 Bürogebäuden, die sich auf 4 Kontinenten und in verschiedenen Klimazonen befinden, nachträglich neu ausgewertet. Der Datensatz wurde geteilt in natürlich belüftete Gebäude und Gebäude mit Klimatisierung. Die natürlich belüfteten Gebäude hatten keine Kühlung und wurden über Fenster gelüftet, die die Gebäudenutzer betätigen konnten. Die Nutzer der klimatisierten Gebäude hatten im Gegensatz wenig oder keine Kontrolle über ihr thermisches Raumklima. Die Ergebnisse in [15] zeigen, dass Nutzer von frei belüfteten Gebäuden toleranter gegenüber einem weiteren Spektrum der Behaglichkeitsparameter sind als Nutzer von klimatisierten Gebäuden. Nach bisherigen Kriterien wird die Komforttemperatur bzw. der Komforttemperaturbereich entweder unabhängig von den Außenklimabedingungen [2; 3; 5] oder in Abhängigkeit von der Momentan-Außentemperatur bestimmt. In dem neuen Ansatz wird dagegen die operative Komforttemperatur in Abhängigkeit von einer mittleren Außentemperatur ermittelt (Bilder 9 und 10).

Welche Temperaturen sollen zulässig sein?

Die Ergebnisse aus [15] wurden in eine revidierte Fassung des ASHRAE Standards 55 aufgenommen. Damit liegt ein einfaches Bewertungsinstru-

ment für komfortable Temperaturen in natürlich belüfteten Räumen vor (*Bild 11*). Bei Anwendung der neuen ASHRAE-Methode ergäbe sich für den Standort Freiburg mit einer mittleren monatlichen Außentemperatur von etwa $19,2^{\circ}\text{C}$ im August (nach Testreferenzjahr) eine maximale operative Raumtemperatur von $27,3^{\circ}\text{C}$ bei einer Akzeptanz von 80% der Nutzer. Legt man die im Sommer 2003 aufgetretene Mitteltemperatur des August von 27°C (Münchner Innenstadt) zugrunde so wäre eine Raumtemperatur von $29,7^{\circ}\text{C}$ für 80% der Personen akzeptabel.

Ebenfalls auf den Erkenntnissen der ASHRAE-Studie [15] beruht ein niederländischer Normungsvorschlag [16] zur Bewertung der thermischen Behaglichkeit in Bürogebäuden. Der Ansatz unterscheidet zwischen Gebäuden mit einem hohen Grad an möglichem Nutzereinfluss und Gebäuden mit geringem Grad an möglichem Nutzereinfluss. Die maximal bzw. minimal zulässige operative Raumtemperatur ist dabei abhängig von einer so genannten laufenden mittleren Außentemperatur, die sich aus dem Mittel der Außentemperaturen des aktuellen Tages und der drei vorgegangenen Tage zusammensetzt (*Bild 12*). Bei Anwendung der neuen niederländischen Methode ergäbe sich für den Standort Freiburg mit einer laufenden mittleren Außentemperatur für vier heiße Tage im August (nach Testreferenzjahr) von etwa $24,2^{\circ}\text{C}$ eine maximale operative Raumtemperatur von $28,8^{\circ}\text{C}$ bei einer Akzeptanz von 80% der Nutzer. Legt man die im Sommer 2003 aufgetretene Mitteltemperatur von vier Tagen im August von $29,2^{\circ}\text{C}$ (Münchner Innenstadt) zugrunde so wäre eine Raumtemperatur von $30,4^{\circ}\text{C}$ für 80% der Personen und $31,1^{\circ}\text{C}$ für 65% der Personen akzeptabel. Für Gebäude mit geringem Nutzereinfluss ergäben sich akzeptable Raumtemperaturen von $26,7^{\circ}\text{C}$ für 80% der Personen und $27,2^{\circ}\text{C}$ für 65% der Personen. Die Unterscheidung ob es sich um ein Gebäude mit viel und wenig Einflussmöglichkeiten handelt, wird über ein Flussdiagramm ermittelt. Gibt es bei den Gebäudenutzern einen Dresscode, der es den Angestellten nicht ermöglicht ihre Kleidung an die Witterung anzupassen, so wird das Gebäude als Gebäude mit geringer Beeinflussungsmöglichkeit eingestuft. Hat das Gebäude eine mechanische Kühlung und gibt es für je zwei Gebäudenutzer nicht mindestens eine individuelle Temperaturregelmöglichkeit, so wird das Gebäude ebenfalls als eines mit geringem Nutzereinfluss eingestuft. Soll eine hohe Möglichkeit des Nutzer-

einflusses vorliegen, so müssen öffentbare Fenster vorhanden sein.

Fazit

Der Stand der üblichen Behaglichkeitsbewertung wurde einer kritischen Betrachtung unterzogen. Bürogebäude mit nachhaltigen Konzepten, die in der Regel mit freier Lüftung geplant werden, könnten an unseren überdenkens-

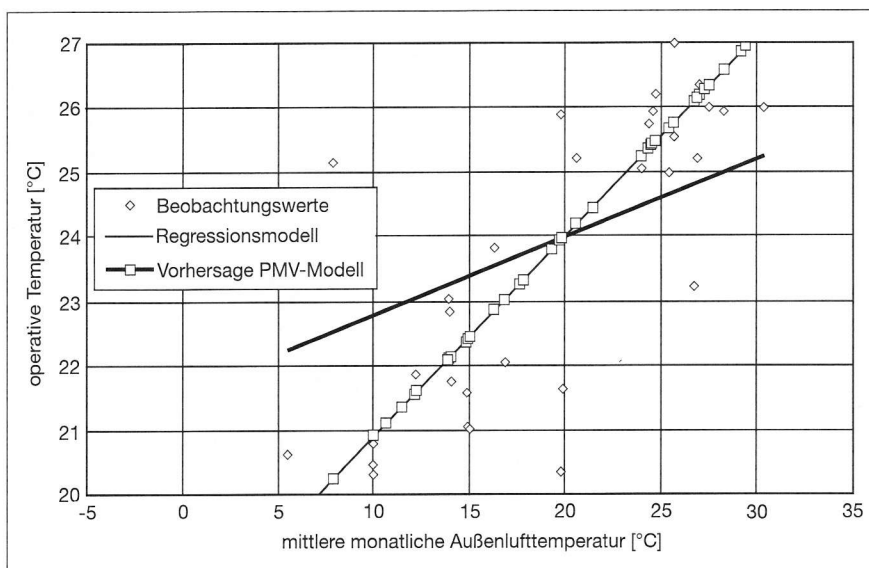


Bild 10. Beobachtete und vorhergesagte behagliche Innentemperaturen für natürlich belüftete Gebäude. Dargestellt ist ebenso das Regressionsmodell für die beobachteten Werte. Zwischen der Vorhersage des PMV-Modells nach DIN EN ISO 7730 und dem Regressionsmodell zeigen sich große Abweichungen. In natürlich belüfteten Räumen empfinden Personen bei höheren monatlichen Außentemperaturen im Vergleich zum PMV-Modell höhere operative Innentemperaturen als behaglich. Die größere Steigung des Regressionsmodells kann nur mit psychologischen Reaktionen, die durch veränderte Erwartungen und einer größeren Einflussnahmemöglichkeit hervorgerufen sein könnten, erklärt werden [15].

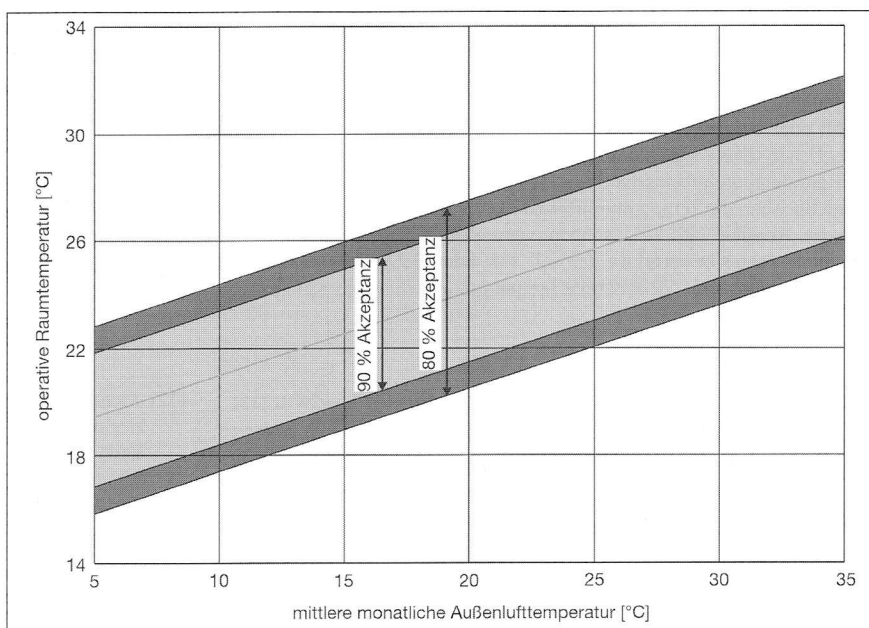


Bild 11. Vorschlag für die ASHRAE-Normung nach [15]: Behagliche operative Raumtemperaturen für natürlich belüftete Räume.

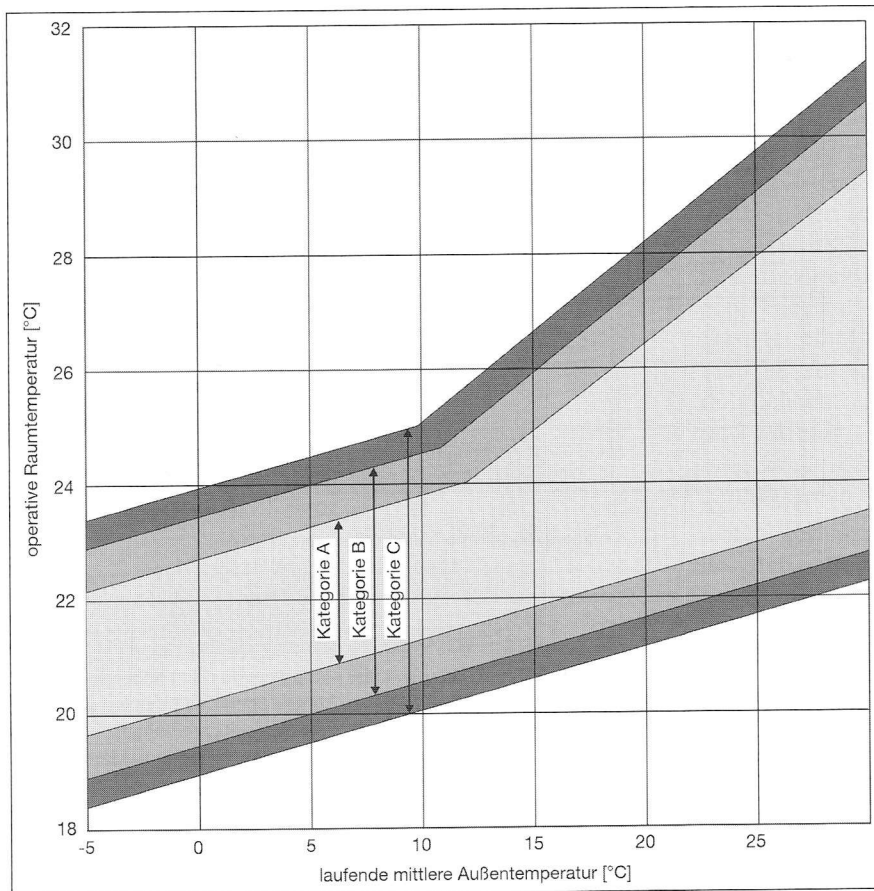


Bild 12. Vorschlag für die niederländische Normung für Gebäude mit hoher Nutzerbeeinflussungsmöglichkeit mit Kennzeichnung der drei Gebäudekategorien [16]. Der Normungsvorschlag enthält eine vergleichbare Darstellung für Gebäude die nur eine geringe Nutzereinflussnahme ermöglichen. Das momentane Verhalten des Gebäudes wird als gut eingestuft, wenn die operative Raumtemperatur innerhalb des 90-Prozent-Akzeptanzbereiches liegt (Kategorie A Bereich), als mäßig wenn die Temperaturen zwischen der 90 bzw. 80 Prozent Akzeptanzlinie liegen (Kategorie B). Ähnlich wird vorgegangen, wenn das Gebäudeverhalten beispielsweise über den Zeitraum eines Jahres bewertet werden soll. Für jedes Gebäude wird dann angegeben in wie viel Prozent der Nutzungszeit die operative Temperatur innerhalb der Kategorie A, B oder C (65% Akzeptanz) liegt.

werten Behaglichkeitsanforderungen scheitern. Zwar ist ein gutes thermische Raumklima notwendig für ein hohes Wohlbefinden des Nutzers jedoch nicht hinreichend. Völlig unbeachtet bleibt in Deutschland inwieweit Nutzer Einfluss auf das Raumklima nehmen können.

Es gibt bereits in anderen Ländern Ansätze, die bei freier Lüftung ein größeres Temperaturspektrum vor allem im Sommer zulassen. In Deutschland fehlen bisher praktikable Verfahren für die Planungspraxis sowie eine angepasste Normung.

Literatur

- [1] Untiedt Research GmbH: Architekturtrends 2003 – Studie zu Entwicklungen und Zukunftsperspektiven im Verwaltungs- und Objektbau. Studie im Auftrag der Schüco International KG. Bielefeld, 2002.

- [2] DIN EN ISO 7730: Ermittlung des PMV und des PPD und Beschreibung der Bedingungen für thermische Behaglichkeit. Beuth Verlag Berlin, September (1995).
- [3] CEN-Bericht CR 1752: Auslegungskriterien für Innenräume. Europäisches Komitee für Normung Zentralsekretariat Brüssel. 1998.
- [4] DIN 1946-2: Raumluftechnik: Gesundheitstechnische Anforderungen (VDI-Lüftungsregeln), Beuth Verlag, Berlin, 1994.
- [5] Arbeitsstättenrichtlinie ASR 6/1,3 – Raumtemperaturen: Zu §6 Abs. 1 und 3 der Arbeitsstättenverordnung. Ausgabe Mai 2001.
- [6] Hausladen, G.; Hellwig, R. T.; Nowak, W.; Schramek, E.-R.; Grotmann: 26°C – falsch verstandener Arbeitsschutz? Bauphysik 26 (2004), Nr. 4, S. 197–204.
- [7] DIN 4108-2: Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden; Mindestanforderungen an der Wärmeschutz. Beuth-Verlag, Berlin, Aug. 2003.
- [8] Wildeboer, J. und Fitzner, K.: Einfluss verschiedener Fensterhöhen auf die Behaglichkeit. HLH 53 (2002) Nr. 7, S. 45–46.
- [9] Bauer, W.: Innovative Bürolösungen für erfolgreiche Unternehmen. Vortrag auf dem Forum: Bürodesign – Attraktive, behagliche, performante Büros. Office Innovation Center Stuttgart, Sep. 2003.
- [10] Wyon, D. P.: The effects of indoor climate on productivity and performance. VVS & energi; Organ för VVS-Tekniska Föreningen 3 (1986), S. 59–65.
- [11] McCartney, K. J. and Humphreys, M. A.: Thermal comfort and productivity. Proceedings Indoor Air 2002, p 822–827.
- [12] Kruppa, B.; Bischof, W. und Bullinger-Naber, M.: Positive und negative Wirkungen raumluftechnischer Anlagen auf Befindlichkeit, Leistungsfähigkeit und Gesundheit. Gesundheitsingenieur 123 (2002) Nr. 2, S. 88–95.
- [13] Bischof, W.; Brasche, S.; Kruppa, B. and Bullinger, M.: Do Building-Related Complaints Reflect Expectations? Proceedings Indoor Air 2002, p 461–465.
- [14] Leaman, A. and Bordass, B.: Productivity in buildings: the 'killer' variables. Building research & information 27 (1999) No. 1, p4–19.
- [15] de Dear, R. and Brager, G. S.: Thermal comfort in naturally ventilated buildings; revisions to ASHRAE Standard 55. In: Energy and Building 34 (2002) No. 16, p. 549–561.
- [16] Boerstra, A. C.; Raue, A. K.; Kurvers, S. K.; van der Linden, A. C.; Hogeling, J. J. N. M. and de Dear, R.: A new dutch adaptive thermal comfort guideline. Proceedings Healthy Buildings 2003 und ergänzende Informationen des Autors 2003.