Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 109 (1991)
Heft: 49

Artikel: Interne Wärmelasten: Nutzung innerer Wärme in Nicht-Wohnbauten
Autor: Eicher, Hanspeter
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-86064

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 16.07.2025

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

Interne Wärmelasten

Nutzung innerer Wärme in Nicht-Wohnbauten

Heute herrscht im allgemeinen die Ansicht, dass in Büro- und Verwaltungsgebäuden mit grossen internen Wärmeabgaben durch Bürogeräte, Licht und Personen gerechnet werden müsse. Die Messungen effektiver interner Lasten zeigen jedoch, dass deren Höhe im allgemeinen stark überschätzt wird, was vielfach zu überdimensionierten oder überflüssigen Lüftungs- oder Klimaanlagen mit entsprechend hohen Kosten sowie zu unnötig hohem Energieverbrauch führt.

Zielsetzung und Vorgehen

Im Rahmen eines vom Bundesamt für Energiewirtschaft finanzierten Projektes wurden von Eicher & Pauli die internen Lasten typischer Räume in verschiedenen Nicht-Wohngebäuden ermittelt [1]. Als Resultate wurden Antworten auf folgende Fragestellungen gegeben:

VON HANSPETER EICHER, LIESTAL

- Welche Informationen über interne Lasten sind bereits bekannt?
- Wie ist der zeitliche Verlauf der internen Lasten aufgeschlüsselt nach Verbrauchergruppen und Gebäudetypen?
- Welche internen Lasten sind installiert? Welcher Anteil davon wird gleichzeitig gebraucht, und welche tägliche Wärmeenergie wird dadurch frei?

In einem ersten Schritt wurden alle bekannten Quellen nach bisherigen Kenntnissen über interne Lasten in Nicht-Wohngebäuden abgesucht. Mit Ausnahme amerikanischer Publikationen über den tageszeitlichen Energieverbrauch von Beleuchtungsanlagen [2, 3, 4] konnten keine Untersuchungen über interne Lasten und deren zeitlichen Verlauf gefunden werden. Dies zeigte die Notwendigkeit für die Durchführung eigener Messungen.

Die analysierten Gebäude

Die Untersuchungen waren von Anfang an als eine Art Stichprobenmessungen aufgefasst worden. Es wurden keine Messungen über eine statistisch relevante Zahl von Gebäuden durchgeführt. Ausgewählt wurden häufig vorkommende Gebäudetypen, die im folgenden kurz charakterisiert werden.

Amtshaus V in Zürich

Das Gebäude stammt aus dem Jahr 1935 und wird als Verwaltungsgebäude eingesetzt. Der untersuchte Raum dient als Büro für zwei Personen. Die Hauptfensterfronten sind nach Süden und Osten orientiert. Bild 1 zeigt die Aussenansicht des Gebäudes.

Thali AG in Hitzkirch

Bei der Thali AG handelt es sich um ein einstöckiges Gebäude. Im ausgemessenen Raum befinden sich drei Computerarbeitsplätze (Terminals). Während der Messperiode wurde der Raum von zwei Personen benutzt. Die Hauptfensterfront ist nach Süden gerichtet.

Bürogebäude Nixdorf in Kloten

Dieses Gebäude ist bezüglich der Arbeitsmittel sehr modern ausgerüstet. Im untersuchten Raum mit einer Grundfläche von 107 m² arbeiten sechs Personen. Diese benutzen neun Terminals, sechs Personal-Computer mit Bildschirmen sowie sechs Nadeldrucker. Dazu kommen noch einige EDV-Hilfsgeräte sowie zwei Kopiergeräte mit einer Gesamtleistung von knapp über 2 kW.

Die Fensterfassade des ausgemessenen Raumes zeigt nach Nordosten. Bild 2 zeigt das Gebäude der Firma Nixdorf.

Amidro in Biel

Das Gebäude beherbergt eines der beiden Zentrallager der Schweizer Drogerien. Die Ein- und Auslagerung erfolgt praktisch ausschliesslich von Hand. Auf einer Lagerfläche von etwas mehr als 6000 m² arbeiten rund 100 Personen. Geräte mit nennenswerter Leistung werden keine eingesetzt. Für die Beleuchtung mit Tageslicht sind Oblichter vorhanden.

Bild 1. Aussenansicht des Amtshauses V in Zürich

Bild 2. Bürogebäude der Firma Nixdorf in Kloten

Ikea in Itingen BL

Das Gebäude der Ikea ist ein neues vollautomatisches Hochregallager. Es ist in zwei konventionelle Lagerebenen, die mit Stapler befahren werden, sowie in Lastwagenterminals unterteilt. Der ausgemessene Raum (Lagerebene) wird nur von wenigen Personen sporadisch genutzt. Fenster sind keine vorhanden. Bild 3 zeigt die Aussenansicht des Lagerteils des Gebäudes.

Gymnasium in Liestal

Das Gymnasium wurde in den 60er Jahren gebaut. Der untersuchte Klassenraum weist eine Fläche von 58 m² auf. Bei durchschnittlich 24 Schülern entspricht dies knapp 2,5 m² pro Schüler. Geräte sind nur in Form eines Hellraumprojektors vorhanden. Die Fensterflächen sind vorwiegend nach Norden orientiert. Bild 4 zeigt die Aussenansicht des Gebäudes.

Bild 3. Aussenansicht des Lagergebäudes der Firma IKEA in Itingen BL

Bild 4. Aussenansicht des Gymnasiums Liestal

Die Durchführung der Messungen

In allen genannten Räumen haben wir die Wärmeabgabe für Bürogeräte wie PCs, Drucker, Schreibmaschinen und Hilfsgeräte sowie von Personen und Beleuchtung in Form von Stundenmittelwerten ermittelt. Um erste Erkenntnisse über die Abhängigkeit der internen Lasten von der Jahreszeit zu erhalten, wurden Messungen in zwei verschiedenen Perioden (Winter, Sommer) vorgenommen.

Die Messungen dauerten jeweils ein bis zwei Wochen. Die im Raum anfallende Wärme wurde bei den Geräten durch Messung des elektrischen Verbrauchs und bei den Personen durch Ausfüllen von Anwesenheitslisten bestimmt. Die von einer Person abgegebene sensible Wärme bei einer Raumtemperatur von 26 °C wurde gemäss Tabelle 1 festgelegt.

Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse

Generelle Erkenntnisse

Die wichtigsten Ergebnisse werden nachfolgend präsentiert. Vertiefte Interpretationen werden bei der Besprechung der einzelnen Objekte durchgeführt.

☐ Die maximal aufgetretene Leistung innerhalb der Messperiode war in allen Fällen deutlich geringer als die installierte Leistung. Es wurden Unterschiede bis zu einem Faktor vier festgestellt. Die während eines typischen Tages maximal im Raum auftretenden internen Lasten lagen praktisch nie über 25 W/m². Die während der Arbeitszeit abgegebene Energiemenge lag meistens unter 250 Wh/m².

☐ Bei Computern und Bürogeräten ist die am Typenschild angegebene installierte Leistung wesentlich grösser als die tatsächlich benötigte Leistung. Computer und Bürogeräte werden auch bei Nichtgebrauch meistens nicht abgestellt, Licht brennt häufig unnötig.

☐ Bei den Messungen wurde nicht untersucht, welcher Teil des Verbrauchs der Bürogeräte tatsächlich zur Erbringung einer Dienstleistung benötigt wurde und welcher Anteil nur infolge des Stand-by-Betriebes resultierte. Auch bei der Beleuchtung wurde nicht abgeklärt, ob das Einschalten tatsächlich aufgrund der vorliegenden Helligkeitswerte notwendig gewesen wäre. Die Beobachtung, dass teilweise Terminals sogar nachts in Betrieb waren, und dass im Sommer nicht wesentlich weniger Energie für Beleuchtung gebraucht wurde, legt nahe, dass die Benutzer im allgemeinen den Betrieb ihrer Büroeinrichtung nicht nach Energiesparkriterien betreiben. Eine weitere Reduktion der effektiven internen Lasten sollte daher möglich sein.

Person/Tätigkeit	Wärmeabgabe
Bürotätigkeit	65 W
Schüler	65 W
Lehrer	100 W
Arbeit im Lager	120 W

Tabelle 1. Sensible Wärmeabgabe von Personen bei 26 °C Raumtemperatur

Objekt	Nutzung	Inst. Leistung	Max. aufgetretene Leistung		Interne Wärme	
			Winter	Sommer	Winter	Sommer
Amtshaus IV	Büro	83.9	17.3	20.1	157.5	152.2
Thali	Büro	51.3	14.8	18.9	159.3	190.3
Nixdorf	Büro	82.3	20.4	20.2	256.6	288.5
Amidro	Lager	11.9	6.8	10.4	71.1	67.8
Ikea	Lager	4.3	3.6	3.7	37	41.7
Gymnasium	Schule	59.6	36.7	28.5	185.8	163.6
d:\88\40\Obj-Leis		W/m2	W/m2	W/m2	Wh/m2	Wh/m2

Tabelle 2. Vergleich der installierten, mit den effektiv gemessenen Lasten in den untersuchten Objekten.

Gleichzeitigkeitsfaktoren		Bürogeräte		Beleuchtung		Personen		Total	
Objekt	Nutzung	Winter	Sommer	Winter	Sommer	Winter	Sommer	Winter	Sommer
Amtshaus IV	Büro	0.14	0.12	0.19	0.39	1	0.7	0.21	0.24
Thali	Büro	0.59	0.92	0.07	0.07	1	1	0.29	0.37
Nixdorf	Büro	0.14	0.16	0.86	0.78	0.76	0.6	0.25	0.25
Amidro	Lager	-	-	0.43	0.88	1	1	0.57	0.87
Ikea	Lager	-	-	0.83	0.86	1	1	0.84	0.86
Gymnasium	Schule	0	0	0.31	0.06	0.88	0.78	0.62	0.48

Tabelle 3. Gleichzeitigkeitsfaktoren interner Lasten verschiedener Verbraucherkategorien

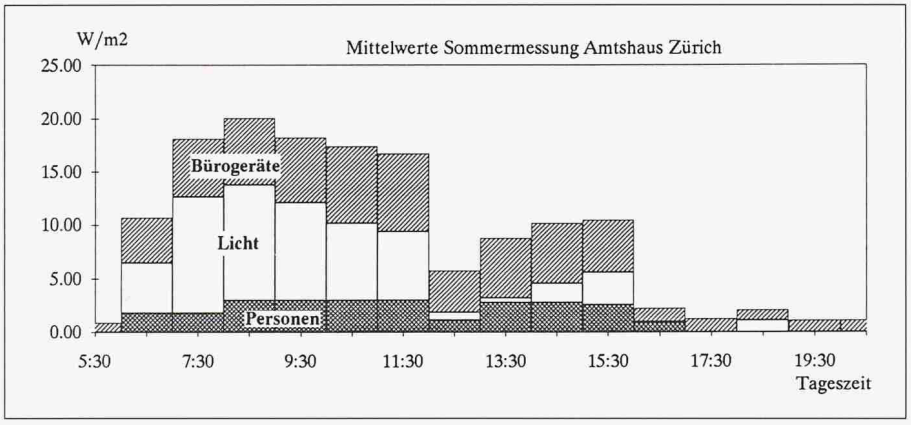

Bild 5. Verlauf der internen Lasten während eines typischen Tages

Vergleich installierter und effektiver Leistungen

Die oben gemachten Aussagen werden durch den in Tabelle 2 dargestellten Vergleich der installierten Leistung mit der maximal gemessenen Leistung illustriert.

Im weiteren fällt auf, dass in keinem Raum der von der neuen SIA-Empfehlung 382 genannte Wert von 600 Wh/m², als untere Grenze für einen berechtigten Einbau einer Raumkühlung, erreicht wird. Der maximale Wert wurde beim Bürogebäude der Firma Nixdorf mit 288,5 Wh/m² pro 24 h festgestellt. Davon fallen noch rund 80 Wh/m² auf den Nachtbetrieb der Terminals, die in diesem Zeitraum ohne weiteres abgeschaltet werden könnten.

Der genannte Wert von 600 Wh/m² wäre nur realistisch, wenn von der installierten Leistung ausgegangen wird, zum Beispiel ergeben 10 h à 60 W/m² den entsprechenden Wert. Sinnvollerweise werden jedoch die effektiven internen Lasten als Dimensionierungsgrundlage verwendet, da diese Werte auch für die Dimensionierung der Lüftungs- und Klimaanlage als Basis dienen. Dies bedeutet, dass sowohl die Grenzwerte der SIA-Norm wie auch die gesetzlichen Vorschriften der Kantone angepasst werden und in Zukunft auf effektiven Lasten basieren sollten.

Für Neubauten müssten dabei die zu erwartenden effektiven Lasten aus den installierten Leistungen berechnet werden. Dazu werden entsprechende Gleichzeitigkeitsfaktoren benötigt. Diese sind definiert als maximal gemessene Leistung einer Verbrauchskategorie, dividiert durch die entsprechende installierte Leistung. In Tabelle 3 sind diejenigen Faktoren dargestellt, die im Rahmen dieses Projektes aus den Messresultaten berechnet werden konnten.

Für Gebäude mit sehr hohen installierten Leistungen ergeben sich bei den Bürogeräten sehr tiefe Gleichzeitigkeitsfaktoren mit Werten zwischen 0,1 und 0,2. Bürogebäude mit geringen installierten Leistungen (Thali) weisen höhere Werte auf. Bei der Beleuchtung ist das Ergebnis ähnlich. Räume mit hohen installierten Leistungen (Amtshaus, Thali, Gymnasium) weisen tiefe Gleichzeitigkeitsfaktoren auf und umgekehrt. Zudem zeigt sich ein Einfluss der Fensterorientierung und des Wetters während der Messperiode. Bei Personen haben wir generell relativ hohe Gleichzeitigkeitsfaktoren festgestellt.

Insgesamt muss bedacht werden, dass durch die wenigen ausgemessenen Objekte keine statistisch relevanten Aussagen möglich sind. Unsere Messungen geben jedoch den eindeutigen Hinweis, dass die bisher verwendeten Gleichzeitigkeitsfaktoren (vor allem für Bürogeräte) viel zu hoch angesetzt werden.

Laufende Arbeiten im Bereich der internen Lasten

Im Auftrag des Nationalen Energieforschungsfonds NEFF, des Bundesamtes für Energiewirtschaft und des Impulsprogrammes RAVEL werden zurzeit rund 40 Räume bezüglich ihrer internen Lasten untersucht. Die erhaltenen Resultate werden es ermöglichen, statistisch relevante Werte für effektive interne Lasten zu erarbeiten sowie Aussagen über Gleichzeitigkeitsfaktoren von Einzelgeräten zu machen. Damit wird es möglich sein, aus einem gegebenen Park von Bürogeräten über die Leistungen gemäss Typenschild die effektiv zu erwartenden Leistungen zu bestimmen. Diese Werte werden den Bauherren helfen, bei einer neuen Lüftungs- und Klimaanlage unnötige Investitionskosten zu vermeiden und Anlagen mit geringem Energieverbrauch zu planen. Für die Kantone können sie als Basis für die korrekte Festlegung von Grenzwerten für allfällige Klimatisierungsbewilligungen dienen.

Resultate einzelner Objekte

Kennwerte und typischer Verlauf interner Lasten

Für jedes Untersuchungsobjekt werden im folgenden die wichtigsten Detailresultate dargestellt. Diese umfassen jeweils eine Tabelle (vgl. Tabelle 4) mit Angaben über die Fläche des untersuchten Raumes, die installierten Geräte und Leuchten sowie deren Leistungsbedarf gemäss Typenschild (installierte Leistung). Für eine entsprechende Sommer- und Winterperiode ist die maximal aufgetretene Leistung (Stundenmittelwert) und die während eines Arbeitstages (24 h) frei werdende interne Wärme angegeben.

Ergänzend werden in einigen Fällen in einem Diagramm die effektiven Stun-

denmittelwerte der Raumlast aus Bürogeräten, Licht und Personen für jeweils eine Woche (Winter- oder Sommermessung) in Form eines typischen Tagesganges dargestellt. Die Stundenmittelwerte des typischen Tages werden als arithmetisches Mittel aller Werte der entsprechenden Stunde über die ganze Messperiode (nur Arbeitstage) gebildet.

Amtshaus V in Zürich

Tabelle 4 zeigt die Zusammenfassung der wichtigsten Daten. Die mittlere Bürofläche beträgt pro Person 17,5 m². Die Beleuchtung weist mit einer installierten Leistung von 27,9 W/m² einen für das Baujahr typischen Wert auf. Gesamthaft ergeben sich 83,9 W/m². Dieser Wert könnte sich bei erhöhter Personalbelegung noch leicht um einige W/m² erhöhen.

Die maximal aufgetretene Leistung während des typischen Tages betrug 17,3 W/m² im Winter und 20,1 W/m² im Sommer. Besonders auffallend ist die Diskrepanz der installierten zur maximal aufgetretenen Leistung bei den Bürogeräten. Dies hängt vor allem damit zusammen, dass die auf den Typenschildern der Apparate angegebene Leistung in den meisten Fällen sehr hoch angesetzt ist und allenfalls erreicht wird, wenn die ganzen Steckplätze des Computers besetzt sind.

Die anfallende interne Wärme war sowohl in der Winter- wie in der Sommerperiode leicht über 150 Wh/m², was einer mittleren Leistung von etwa 15 W/m² während der Nutzungszeit entspricht. Bild 5 zeigt den Verlauf der Stundenmittelwerte während eines typischen Tages im Sommer (Juli 1989).

Die Geräte weisen während des Tages einen ziemlich konstanten Verbrauch auf. Auffallend ist ein Sockel von rund 2 W/m², der während 24 h/d vorhanden ist und sich aus diversen Kleingeräten und einem Kühlschrank zusammensetzt.

Der Energiebedarf für Beleuchtung ist vor allem am Morgen relativ hoch. Möglicherweise werden die Südfenster in der Sommerzeit bereits am Morgen durch die Benutzer beschattet, was dann eine vollständige Einschaltung des

Amtshaus Zürich		**Messperioden:**	Winter: 10.3. - 21.3.89		Sommer: 26.7. - 8.8.89	
		Install. Leistung	**Max. aufgetretene**		**Interne Wärme (4)**	
Fläche	35 m2	**[W/m2] (1)**	**Leistung [W/m2]**		**[Wh/m2]**	
Fensterfläche	11,5 m2		**Winter**	**Sommer**	**Winter**	**Sommer**
Bürogeräte	5 Terminal 5 Drucker 1 Kaffeemasch. 1 Kühlschrank div. Kleingeräte	10 15 21 2.4 3	7,3 (2)	6,3 (2)	81.3	70.5
Licht	9 Leuchten	27.9	5,4 (2)	10,8 (2)	41.6	56.1
Personen	2	4.6	4,6 (2)	3 (2)	34.6	25.6
Total		83.9	17,3 (3)	20,1 (3)	157.5	152.2

Thali		**Messperioden:**	Winter: 30.3. - 4.4.89		Sommer: 4.8. - 17.8.89	
		Install. Leistung	**Max. aufgetretene**		**Interne Wärme (4)**	
Fläche	30,7 m2	**[W/m2] (1)**	**Leistung [W/m2]**		**[Wh/m2]**	
Fensterfläche	6,1 m2		**Winter**	**Sommer**	**Winter**	**Sommer**
Bürogeräte	2 Schreibmasch. 3 Terminal 1 Drucker 2 Rechner	3.6 3.5 4 1.1	7,2 (2)	11,2 (2)	106	128.4
Licht	16 Leuchten	33.9	2,4 (3)(5)	2,4 (2)	23,1 (5)	23.1
Personen	2	5.2	5,2 (2)	5,2 (2)	31.3	38.8
Total		51.3	14,8 (3)	18,8 (3)	160.4	190.3

Nixdorf		**Messperioden:**	Winter:12.5. - 8.6.89		Sommer: 11.8. - 24.8.89	
		Install. Leistung	**Max. aufgetretene**		**Interne Wärme (4)**	
Fläche	107 m2	**[W/m2] (1)**	**Leistung [W/m2]**		**[Wh/m2]**	
Fensterfläche	26 m2		**Winter**	**Sommer**	**Winter**	**Sommer**
Bürogeräte	PC Kopiergerät	49.4 20.4	9,9 (2)	11,1 (2)	180.1	194.7
Licht	15 Leuchten	9,5	8,2 (2)	7,4 (2)	55.2	79.1
Personen	6	3	2,3 (2)	1,8 (2)	21.3	14.7
Total		82.3	20,4 (3)	20,3 (3)	256.6	288.5

Amidro		**Messperioden:**	Winter: 9.2. - 15.2.89		Sommer: 25.7. - 2.8.89	
		Install. Leistung	**Max. aufgetretene**		**Interne Wärme (4)**	
Fläche	6251 m2	**[W/m2] (1)**	**Leistung [W/m2]**		**[Wh/m2]**	
Oberlichtfläche	864 m2		**Winter**	**Sommer**	**Winter**	**Sommer**
Bürogeräte	-	-	-	-	-	-
Licht		9	3,9 (2)	7,5 (2)	45.2	41.9
Personen	100	2.9	2,9 (2)	2,9 (2)	25.9	25.9
Total		11.9	6,8 (3)	10,4 (3)	71.1	67.8

IKEA		**Messperioden:**	Winter: 22.3. - 30.3. 89		Sommer: 14.7. - 20.7.89	
		Install. Leistung	**Max. aufgetretene**		**Interne Wärme (4)**	
Fläche	7000 m2	**[W/m2] (1)**	**Leistung [W/m2]**		**[Wh/m2]**	
Fensterfläche	keine Fenster		**Winter**	**Sommer**	**Winter**	**Sommer**
Bürogeräte	0	0	0	0	0	0
Licht	405 Leuchten	4,2	3,5 (2)	3,6 (2)	36.4	41.2
Personen	ca. 4	0.1	0,1 (2)	0,1 (2)	0.6	0.6
Total		4,3	3,6 (3)	3,7 (3)	37	41.7

Gymnasium Liestal		**Messperioden:**	Winter: 18.2. - 27.2.89		Sommer: 27.6. - 6.7.89	
		Install. Leistung	**Max. aufgetretene**		**Interne Wärme (4)**	
Fläche	58 m2	**[W/m2] (1)**	**Leistung [W/m2]**		**[Wh/m2]**	
Fensterfläche	ca. 18 m2		**Winter**	**Sommer**	**Winter**	**Sommer**
Bürogeräte	1 Hellraumproj.	5.5	-	-	-	-
Licht	18 Leuchten	19	5,9 (3)	1,1 (2)	48.9	9.2
Personen	24 Schüler	33	30,8 (2)	27,4 (2)	136.9	154.4
	1 Lehrer	2.1				
Total		59.6	36,7 (2)	28,5 (3)	185.8	163.6

Tabelle 4. Kennwerte der internen Lasten im Amtshaus V in Zürich; Resultate der einzelnen Objekte (von oben nach unten): Amtshaus Zürich / Thali / Nixdorf / Amidro / IKEA / Gymnasium Liestal

(1) Leistungen gemäss Typenschild der Geräte
(2) Interne Lasten zum Zeitpunkt (3)
(3) Maximaler Stundenmittelwert des typischen Tages
(4) Wärme aus internen Lasten eines typischen Tages über 24 h
(5) Licht wurde nur im Sommer gemessen

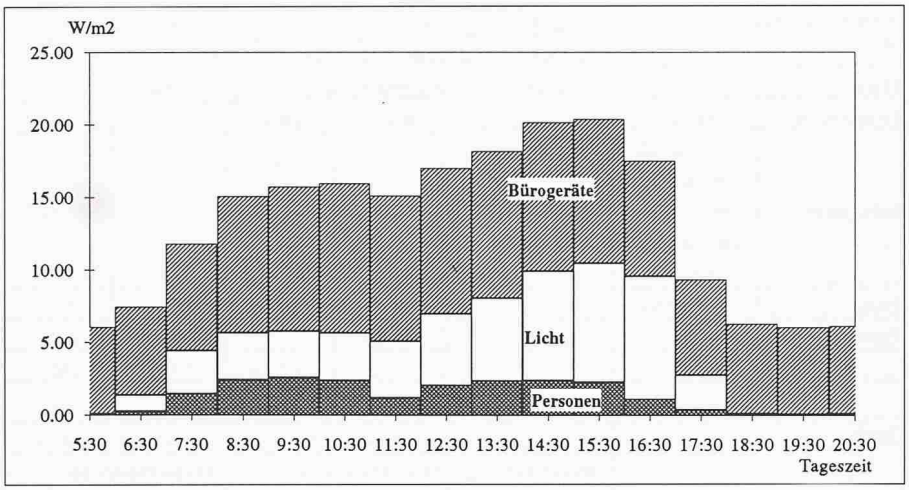

Bild 6. Typischer Tagesgang der internen Lasten für das Bürogebäude Nixdorf während der Wintermessung

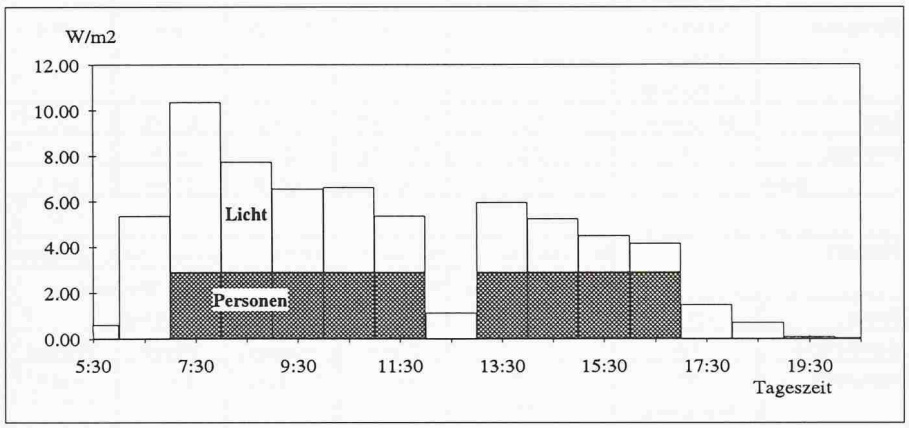

Bild 7. Typischer Tagesgang der internen Lasten für das Lagergebäude der Firma Amidro während der Sommerperiode

Lichtes nach sich zieht. Im Laufe des Tages, wenn die Sonne höher steigt, könnte die Beschattung geöffnet und die Beleuchtung reduziert worden sein.

Bürogebäude Thali AG in Hitzkirch

In Tabelle 4 sind die Kenndaten für das Thali-Gebäude zusammengefasst. Die mittlere Bürofläche beträgt pro Person 16,8 m². Die Beleuchtung weist mit einer installierten Leistung von 33,9 W/m² einen für das Baujahr sehr hohen Wert auf. Demgegenüber ist die installierte Leistung für Bürogeräte mit 12,2 W/m² ziemlich gering. Gesamthaft ergibt sich eine installierte Leistung von 51,3 W/m². Die maximal aufgetretene Leistung während des typischen Tages betrug 14,8 W/m² im Winter und 18,8 W/m² im Sommer.

Besonders auffallend ist die Diskrepanz der installierten zur effektiv benötigten Leistung bei der Beleuchtung. Da während der Sommermessung schönes Wetter herrschte, ist dies durch die grosse, nach Süden gerichtete Fensterfläche zu erklären. Analog zu den Messungen im Amtshaus in Zürich werden auch hier am Morgen früh die grössten Energieverbräuche für Beleuchtung verzeichnet. Auch dies könnte mit teilweise geschlossenen Beschattungseinrichtungen infolge direkter Blendung erklärt werden. Infolge eines Defektes bei der Messeinrichtung konnte die Beleuchtung im Winter nicht ausgemessen werden. Erkenntnisse über die Beleuchtung im Winter konnten daher nicht gesammelt werden.

Die anfallende interne Wärme war in der Winterperiode geringer als im Sommer. Dies lässt sich mit der im Sommer um 25% höheren Anwesenheitszeit der Mitarbeiter begründen. Sowohl die internen Lasten durch Personen wie auch der Elektrizitätsverbrauch durch Bürogeräte nimmt in etwa um den gleichen Betrag zu. Die unterschiedliche Anwesenheit im Sommer und Winter ist zufällig, deshalb kann man daraus folgern, dass die internen Lasten, mit Ausnahme der Beleuchtung, von der Belegung und nicht von der Jahreszeit abhängig sind.

Bürogebäude Nixdorf in Kloten

Tabelle 4 zeigt die wichtigsten Kennwerte des untersuchten Gebäudes. Insgesamt arbeiten in dem untersuchten Raum sechs Personen. Die mittlere Bürofläche beträgt pro Arbeitsplatz rund 18 m². Die Beleuchtung ist nach heute gültigen Kriterien dimensioniert und weist eine installierte Leistung von weniger als 10 W/m² auf. Demgegenüber ist die installierte Leistung für Bürogeräte mit 69,8 W/m² sehr hoch. Dies hängt damit zusammen, dass praktisch jeder Arbeitsplatz zwei Computersysteme aufweist, ein Terminal und ein PC. Dazu kommen Server, Drucker und zwei Fotokopiergeräte.

Die maximal aufgetretene Leistung während des typischen Tages betrug 20,4 W/m² im Winter und 20,3 W/m² im Sommer.

Besonders auffallend ist die Diskrepanz der installierten zur maximal aufgetretenen Leistung bei den Bürogeräten. Dies kann dadurch begründet werden, dass die effektiv benötigte Leistung der PCs wesentlich geringer ist als die nach Typenschild installierte Leistung, und dass Terminals und PCs nur selten gleichzeitig in Betrieb standen.

Die anfallende interne Wärme war in der Winterperiode etwas geringer als im Sommer. Der Unterschied ergibt sich vor allem durch den höheren Energieverbrauch der Bürogeräte und des Lichtes. Dies ist erstaunlich, da die Anwesenheitszeit der Mitarbeiter (kleinere interne Lasten der Personen) im Sommer tiefer liegt.

Interessant ist auch, dass die Terminals während 24 h/d in Betrieb sind und schon allein dadurch rund 120 bis 140 Wh/m² interne Wärme anfallen. Durch PCs, Drucker und Fotokopiergeräte werden dann nur noch 40 bis 70 Wh/m² abgegeben. Allein durch das Abstellen der Terminals während der Nichtgebrauchszeit könnten rund 70 bis 80 Wh/m² eingespart werden, so dass die interne Wärmelast den Wert von 200 Wh/m² nur knapp übersteigen würde.

Der Verlauf der internen Lasten eines typischen Tages ist in Bild 6 dargestellt.

Lagergebäude Amidro in Biel

Auf 6251 m² arbeiten im Mittel hundert Personen. Damit ergibt sich eine geringe Last durch Personenabwärme. Infolge einer grossen Oblichtfläche sind auch nur wenig Beleuchtungskörper installiert. Insgesamt ergibt sich eine entsprechende Leistung von 11,9 W/m². Die maximal aufgetretene Leistung betrug im Winter 6,8 und im Sommer 10,4 W/m². Die entsprechenden Werte sind in Tabelle 4 zusammengefasst.

Der höhere Leistungswert im Sommer wird durch eine morgendliche Einschaltspitze für die Beleuchtung zwischen 06.00 und 08.00 Uhr bedingt. Die Ursache für diese Spitze ist unbekannt, möglicherweise liegt sie darin begründet, dass die Mitarbeiter im Sommer eine der bereits grossen Aussenhellig-

Literatur

[1] *Hp. Eicher et al.*: Messung interner Lasten in Nicht-Wohngebäuden. Eicher und Pauli AG, Oristalstrasse 85, 4410 Liestal

[2] *Hunt D R G.*: The use of lighting in relation to daylight and occupancy. Building and Environment 14, 1979

[3] *Hunt D R G.*: Predicting light use – a method based on observed patterns of behaviour. Lighting Res & Tech 12 (1) 1980

[4] *Boyce P R.*: Observations of the manual switching of lighting. Lighting Res & Tech 12 (4)1980

keit angepasste Innenhelligkeit verlangen. Der Energieverbrauch für die Beleuchtung im Sommer liegt jedoch etwa 10% tiefer als im Winter, da der Energiebedarf für Beleuchtung im Laufe des Tages stark abnimmt.

Bild 7 zeigt den typischen Tagesgang der internen Lasten für das Lagergebäude der Amidro während der Sommermessung.

Lagergebäude Ikea in Itingen BL

Auf 7000 m² Lagerfläche arbeiten wegen dem hohen Automatisierungsgrad nur vier Personen. Damit ergibt sich eine praktisch vernachlässigbare Last durch Personenabwärme. Infolge einer geringen Beleuchtungsstärke ist auch nur wenig Licht installiert. Insgesamt ergibt sich eine installierte Leistung von 4,3 W/m². Die maximal aufgetretene Leistung betrug im Winter 3,6 und im Sommer 3,7 W/m². Der Energieverbrauch für Beleuchtung im Sommer liegt etwa 10% tiefer als im Winter. Tabelle 4 zeigt die Kennwerte der internen Lasten für das Lagergebäude der Ikea.

Gymnasium in Liestal

Das Schulzimmer weist eine Fläche von 58 m² auf und ist mit fünfundzwanzig Personen belegt. Mit einem Anteil von rund 30 W/m² geht der grösste Teil der internen Lasten auf das Konto Personen. Die installierte Leistung der Beleuchtung beträgt 19 W/m². Effektiv aufgetreten waren davon 5,9 W/m² im Winter und 1,1 W/m² im Sommer. In Tabelle 4 sind die Kennwerte der internen Lasten für das Gymnasium Liestal zusammengefasst.

Schlussbetrachtung

Die Messungen zeigen deutlich auf, dass vor allem bei den Bürogebäuden ein sehr grosser Unterschied zwischen installierter und maximal auftretender Leistung besteht. Obwohl die Resultate nicht beliebig auf andere Gebäude übertragen werden können, weisen sie doch darauf hin, dass die Höhe der internen Lasten bis anhin überschätzt worden ist. Gemäss SIA-Doku 70 wird empfohlen, einen Gleichzeitigkeitsfaktor von 0,7 bei der Bestimmung der effektiven Lasten aus den installierten Lasten zugrundezulegen. Gemäss unseren Messungen führt dies zu einer starken Überbewertung der internen Lasten. Die von uns festgestellten Gleichzeitigkeitsfaktoren lagen zwischen 0,2 und 0,3.

Da die internen Lasten für die Bestimmung der Kühllasten die massgebende und für die Bestimmung des Heizenergiebedarfs sowie der Ausnutzung der in das Gebäude einfallenden Sonnenenergie eine wichtige Grösse sind, müssen diese für die Gebäudeplanung bekannt sein. Da bisher praktisch kein entsprechendes Datenmaterial vorliegt, werden bei der Planung meistens zu hohe Werte eingesetzt. Dadurch werden Lüftungs- und Klimaanlagen vielfach überdimensioniert, was mit unnötig hohen Investitionskosten und vermehrtem Energieverbrauch bezahlt werden muss.

Dies wird dadurch verstärkt, dass einige Kantone als Voraussetzung für die Erteilung einer Klimatisierungsbewilligung verlangen, dass interne Lasten von 40 bis 50 W/m² nachgewiesen werden müssen. Dies wiederum veranlasst die Bauherren und Planer, die internen Lasten von Bürogeräten hoch anzusetzen, damit dieser Wert erreicht wird. Häufig wird dann auch die Lüftungsanlage auf den entsprechend erforderlichen 5- bis 6fachen Luftwechsel ausgelegt, oder es wird eine zusätzliche Flüssigkeitskühlung installiert. Dadurch wird dann letztlich durch die Lüftungsanlage allein wesentlich mehr Elektrizität verbraucht, als eine optimal dimensionierte Lüftungsanlage mit Sommerkühlung benötigt hätte.

Es ist daher notwendig, die begonnenen Arbeiten weiterzuführen und durch breiter abgestützte Messungen Grundlagen zu erarbeiten, die es erlauben, realistische interne Lasten in Abhängigkeit der verwendeten Geräte und deren Nutzungsart zu bestimmen. Ein entsprechendes Forschungsgesuch wurde vom Nationalen Energieforschungsfonds (NEFF) bereits bewilligt. Ab Sommer 1991 werden rund 40 verschiedene Objekte untersucht. Weitere Untersuchungen zu diesem Thema werden im Hause auch im Auftrag des Impulsprogrammes Ravel (Rationelle Verwendung von Elektrizität) und des Bundesamtes für Energiewirtschaft BEW durchgeführt.

Adresse des Verfassers: Dr. *Hp. Eicher,* Dr. Eicher & Pauli AG, Oristalstrasse 85, 4410 Liestal.