

Hochisolierte Gebäude: ein Beitrag zur Lösung des Energieproblems

Autor(en): **Braun, W.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **108 (1990)**

Heft 14

PDF erstellt am: **24.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-77397>

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.

Hochisolierte Gebäude: Ein Beitrag zur Lösung des Energieproblems

Im Bestreben, das grösste Energieloch von Fassaden zu schliessen, hat eine Winterthurer Firma zu Beginn der achtziger Jahre unter der Bezeichnung «Hochisolationstechnologie» (HIT) ein neues Fenstersystem entwickelt. Die extrem tiefen Verglasungs-k-Werte von 0,6 bis 0,7 W/m²K werden mit einer durchdachten Anordnung von Glasscheiben und im Luftzwischenraum aufgespannten, beschichteten Polyesterfolien erreicht. Die thermische Isolation einer HIT-Fassade ist auch bei Vollverglasung so gut, dass auf Heizkörper verzichtet werden kann.

HIT-Fassadensysteme ermöglichen den Einsatz völlig neuer Haustechnikkonzepte [1], denn im Winter reichen die

VON W. BRAUN,
WINTERTHUR

inneren Quellen eines Bürogebäudes zur Deckung der Transmissionsverluste meistens aus. Im Sommer kann das nächtliche Free Cooling eingesetzt werden. Eine Verdrängungslüftung [2] mit geeigneter Regelung bietet den Benutzern einen hohen Komfort und wird aufgrund der kleinen Dimensionierung des minimalen Energieverbrauchs den Forderungen des modernen Umweltschutzes gerecht.

Das HIT-Konzept ist bereits bei einer stattlichen Anzahl von Gebäuden realisiert worden und hat sich bestens be-

währt [3]. Im Sommer 1987 wurde ein konventionelles Gebäude in Winterthur um zwei HIT-Etagen erweitert. Der neue Gebäudeteil wurde mit einer Verdrängungslüftungsanlage und einem geeigneten Regelsystem ausgerüstet. Vergleichsmessungen mit dem konventionellen Gebäudeteil drängten sich geradezu auf.

Die Messungen zeigen, dass sowohl im Winter als auch im Sommer ein hoher Komfort gewährleistet ist. Die Gründe dafür sind die HIT-Fenster, welche auf optimale Weise Innen- und Aussenklima entkoppeln, und die raumindividuell geregelte «sanfte Lüftung», welche die Aufenthaltszonen effizient, aber ohne Zugserscheinungen mit frischer Luft versorgt. Der Betrieb des Gebäudes ist energiesparend, was sich an den tiefen Energiekennzahlen ablesen lässt.

Das Gebäudekonzept

Hochisolierte Fassade und sanfte Lüftung

Die hervorragenden thermischen Eigenschaften der HIT-Fenster, dem wichtigsten Element einer hochisolierten Fassade, sind das Resultat eines völlig neuartigen Aufbaus: Zwischen zwei Glasscheiben mit einem Abstand von 70 mm sind zwei beschichtete Polyesterfolien gespannt. Die drei eingeschlossenen Luftspalten ermöglichen eine optimale Nutzung der geringen Wärmeleitfähigkeit der Luft bei gleichzeitig niedrigem konvektivem Wärmetransfer. Die Beschichtung vermindert den Strahlungsaustausch. Die Verglasungs-k-Werte sind um 0,65 W/m²K. Aufgrund von thermischen Schwachstellenanalysen [4] wurde ein neues, zur Qualität der Verglasung passendes Rahmensystem entwickelt.

Die sanfte Lüftung ist eine quellengesteuerte Verdrängungslüftung. Die fri-

sche Luft wird mit einer Temperatur, die wenig unterhalb der gewünschten Raumlufttemperatur liegt (19–20 °C), durch untere Lufteinlässe mit geringer Geschwindigkeit in den Raum eingelassen. Rauchbilder belegen, dass sich die Luft zuerst über den ganzen Boden hinweg ausbreitet und dann den Raum langsam von unten her auffüllt (Bild 1). Im Bereich von Personen und Apparaten (Quellen) wird die erwärmte und verunreinigte Luft durch natürliche Konvektion nach oben befördert [5], so dass stets frische Luft in den Aufenthaltsbereich nachfliessen kann. Im obersten Teil des Raumes entsteht eine Schicht verbrauchter, warmer Luft. Die Schichtdicke ist durch die Lüftungsrate und das Ausmass der Quellenförderung bestimmt. Aus dieser Zone wird die Luft abgeführt und bei kalter Witterung zur Wärmerückgewinnung genutzt [6, 7].

Die Vorteile dieser Lüftungsart liegen sowohl im Komfortbereich (die frische Luft gelangt direkt und unvermischt dorthin, wo sie gebraucht wird, keine Zugserscheinungen) als auch im wirtschaftlichen Bereich (kleinere Luftmengen bedeuten geringere Kosten bei Investitionen und Betrieb).

Das untersuchte Objekt

Das untersuchte Bürogebäude an der Grüzefeldstrasse in Winterthur hat einen rechteckigen Grundriss mit nach Osten bzw. Westen gerichteten Fassaden und aussenliegenden Stützen (Wärmebrücken). Der alte, fünfstöckige Gebäudeteil ist mit Zweifach-Isolierglasfenstern, die geöffnet werden können, und Aussenstoren (Lamellen) ausgerüstet.

1987 ist das Gebäude um zwei in HIT ausgeführte Etagen (5. und 6. OG) erweitert worden. Die HIT-Fenster können ebenfalls geöffnet werden und sind mit Aussenstoren versehen. Das Raumklima wird durch eine raumindividuell geregelte sanfte Lüftung mit Luftwechselraten von 0,5–5,0 h⁻¹ geschaffen. Die Lufterwärmung geschieht zentral mit Wärmerückgewinnung und mit einem Lufterhitzer. Zusätzlich erfolgt, falls nötig, eine raumindividuell gesteuerte elektrische Nacherwärmung. In Sommer Nächten sorgt Free Cooling für die Ausschaffung der überschüssigen Wärme. Die Regelung der Lüftungsanlage erfolgt nach vier Betriebsarten. Sie sind allein durch die Uhr (Datum, Uhrzeit) und durch die Aussentemperatur definiert:

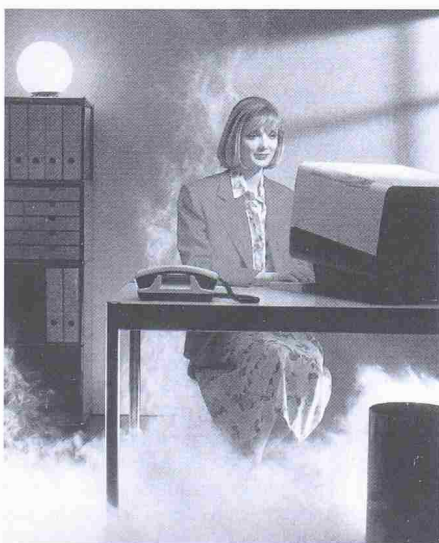


Bild 1. Rauchbild zur Wirkungweise der quellengesteuerten Verdrängungslüftung: Die frische Luft breitet sich langsam über den ganzen Boden aus. Durch thermischen Auftrieb wird die verbrauchte Luft aus der Aufenthaltszone nach oben befördert, und die frische Luft kann nachfliessen

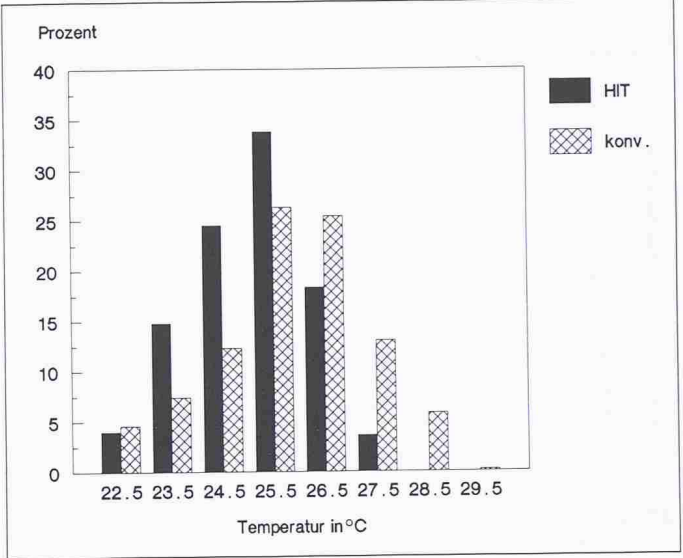
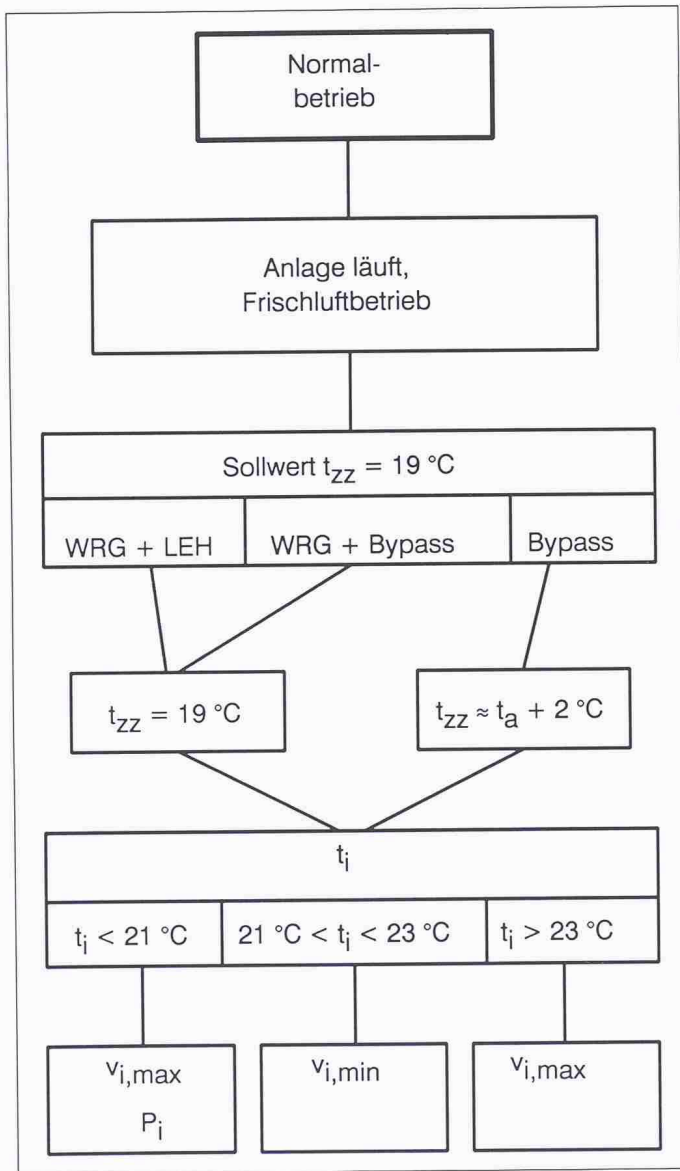


Bild 3. Häufigkeitsverteilung der Raumlufttemperaturen im HIT-Raum und im konventionellen Raum während der Arbeitszeit (Wochentage von 8.00 bis 18.00 Uhr) von 12 Sommerwochen (3381 Messwerte pro Fall)

Bild 2. Regelung der Lüftungsanlage bei Normalbetrieb (d.h. während der Arbeitszeit, ausser bei $t_a > 22 °C$), vereinfachte Darstellung

t_{zz} = Zulufttemperatur ab Zentrale
 WRG = Wärmerückgewinnung
 LEH = Lufterhitzer Zentrale
 Bypass für Überbrückung der WRG bei genügend hohem t_a
 t_i = Raumtemperatur eines Einzelraums
 v_i = Zuluftgeschwindigkeit für diesen Raum
 P_i = Elektrischer Zonennacherwärmer für diesen Raum

Normalbetrieb
(während der Arbeitszeit)

Bild 2 zeigt das Regelprinzip. Die Anlage läuft im Frischluftbetrieb, allenfalls mit Wärmerückgewinnung und, falls noch nötig, mit zentraler Lufterwärmung. Die Zulufttemperatur ab Zentrale beträgt etwa 19 °C. Die weitere Regelung geschieht für jeden Raum einzeln: Ist der Sollwert (mit 2 °C Bandbreite) der Raumtemperatur erreicht, so wird die Zuluft mit minimalem Volumenstrom eingeführt (Hygiene). Wird der Sollwert unterschritten, so wird der Volumenstrom erhöht und ein elektrischer Nacherwärmer eingesetzt. Dies kann an kalten Wintertagen notwendig werden, wenn im betreffenden Raum keine inneren Quellen vorhanden sind. Ist aber der Raum zu warm, so wird einfach der Volumenstrom erhöht, womit sich die Kühltransportkapazität der Luft vergrössert. Übrigens kann der Sollwert in jedem Zimmer über einen Schiebeschalter individuell um bis zu 3 °C nach oben oder unten verschoben werden.

Sommerbetrieb
(«hohe» Aussentemperaturen)

Da keine Kältemaschine installiert ist, wird bei $t_a > 22 °C$ die Lüftungsanlage abgestellt, weil sie in dieser Situation als Heizung wirken würde. Die Benutzer öffnen die Fenster, ausser bei Extremtemperaturen, bei denen man bekanntlich die Fenster besser geschlossen hält.

Temperaturüberwachung
(Nacht und Wochenende während der kalten Jahreszeit)

Unterschreitet der Mittelwert der Raumlufttemperaturen 21 °C, so wird die Anlage im Umluftbetrieb mit erhöhter Zulufttemperatur betrieben. Muss das Gebäude nicht mit Wärme versorgt werden, so ist die Anlage abgestellt.

Free Cooling
(Nacht während der warmen Jahreszeit)

Ist die Aussentemperatur 2 °C unter dem Mittelwert aller Raumlufttempera-

turen und ist die Bodentemperatur im Pilotraum über 20 °C, so wird unbehandelte Frischluft eingeblasen.

Komfort im Sommer

Messprogramm

Das Messprogramm des Sommers 1988 umfasste 30 Messgrössen und hatte folgende Ziele:

- Komfortuntersuchung in einem HIT-Raum mit Verdrängungslüftung
- Untersuchung der Wirksamkeit des Free Cooling
- Überprüfung der Zweckmässigkeit des Regelprinzips
- Vergleich mit einem konventionellen Raum
- Überwachung der korrekten Funktionsweise der Lüftungsanlage

Glücklicherweise hatte dieser Sommer mehrere ausgeprägte Schönwetterperioden. Die Raumbenutzer waren angewiesen, in ihrem Verhalten keine be-

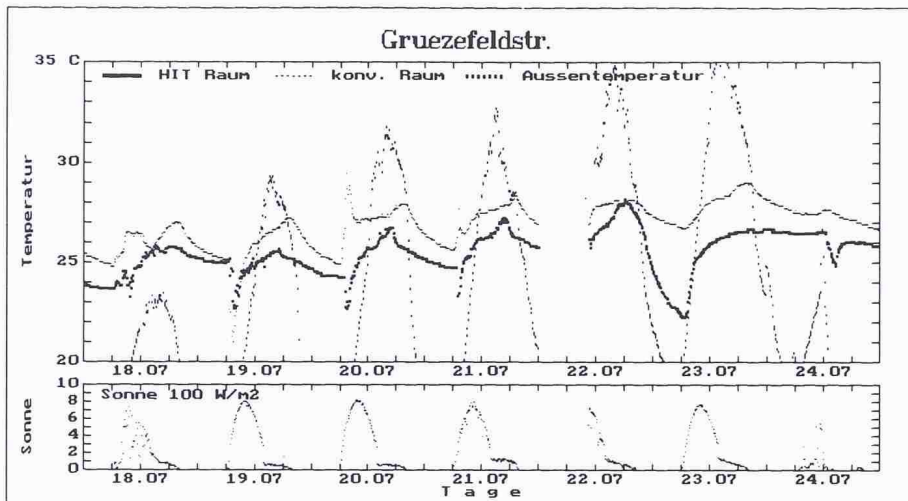


Bild 4. Temperaturverlauf des HIT-Raumes (in dieser Zeit aufgrund eines Bedienfehlers ohne Free Cooling), des konventionellen Vergleichsraumes und der Aussentemperatur sowie Globalstrahlung (vertikal) während einer heißen Sommerwoche. An allen Tagen waren Storen eingesetzt (in der Nacht auf den 23.7. 1988 war ein Fenster im HIT-Raum leicht geöffnet)

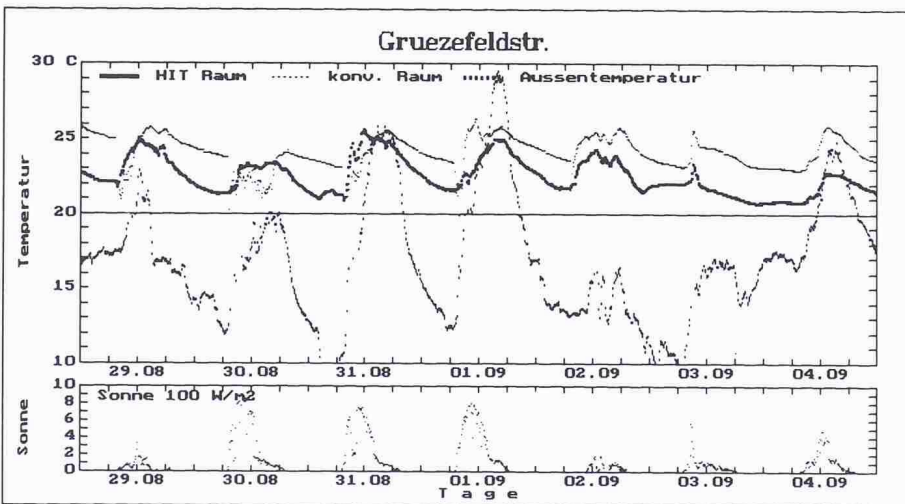


Bild 5. Temperaturverlauf des HIT-Raumes, des konventionellen Vergleichsraumes und der Aussentemperatur sowie Globalstrahlung (vertikal) während einer sommerlichen Woche. Man vergleiche die nächtliche Abkühlung der beiden Räume: beim HIT-Raum dank Free Cooling, beim konventionellen Raum nur über Transmission

sonderen Rücksichten auf das Messprogramm zu nehmen. Hingegen können ein vernünftiger Einsatz von Storen und Fensteröffnung vorausgesetzt werden. Der Storeneinsatz lässt sich übrigens anhand der gemessenen Fensteroberflächentemperaturen rekonstruieren. Sowohl im untersuchten HIT-Raum (Sekretariat) im 6. als auch im konventionellen Vergleichsraum im 4. Stock werden mehrere Apparate betrieben.

Während der Arbeitszeit gemessene Raumlufttemperaturen

Bild 3 zeigt die statistische Verteilung der Raumlufttemperaturen des HIT-Raumes und des konventionellen Raumes während 12 Sommerwochen (Werktage von 8.00–18.00 Uhr; insgesamt 530 Stunden). Die zeitlichen Mittelwerte unterscheiden sich kaum. Im Hinblick

auf die Komfortfrage ist dies allerdings auch keine bedeutungsvolle Grösse. Viel wichtiger ist die Anzahl Stunden mit hoher Raumlufttemperatur. Das HIT-System ist klar überlegen: Die Zahl der Stunden mit Temperaturen über 27 °C war im konventionellen Raum viermal grösser (111 Std. gegenüber 19 Std. im HIT-Raum).

Der Verlauf der Raumlufttemperaturen während einer heißen Sommerwoche ist in Bild 4 zu sehen. Das Free Cooling war zu dieser Zeit aufgrund eines Bedienfehlers nicht in Funktion, was dafür einen Einblick in die Raumdynamik erlaubt: Zu allen Zeiten ist die Raumlufttemperatur im HIT-Raum tiefer als im Vergleichsraum. Im HIT-Raum beginnt die Raumlufttemperatur sofort nach Arbeitsschluss zu sinken (Wegfall der inneren Quellen, Wärmeabgabe an die massiven Speicher), obwohl die

	HIT-Raum	konv. Raum
Transmission	1 762 kJ	7 373 kJ
Free Cooling	9 102 kJ	-
Total	10 864 kJ	7 373 kJ

Tabelle 1. Abtransport der Überschusswärme aus den beiden 24 m² grossen Räumen in der Nacht vom 1./2.9.88 von 20.00 Uhr bis 5.00 Uhr

Aussentemperatur noch viel höher liegt. Der konventionelle Raum ist hingegen stark an den Temperaturverlauf im Freien gekoppelt und kann sich deshalb erst abkühlen, wenn die Aussentemperatur die Innentemperatur unterschritten hat.

Das sommerliche Verhalten eines hochisolierten Raumes ist durch zwei wesentliche Faktoren geprägt:

- Die gute Isolation wirkt auch als Schutz gegenüber hochsommerlicher Hitze.
- Der sogenannte Sonnengewinn, welcher sich in Verwaltungsgebäuden im Sommer als Last auswirkt, wird mit HIT-Fenstern tiefgehalten, obwohl die Tageslichttransmission höher ist als bei vergleichbaren Wärmeschutzverglasungen. (Im Winter ist natürlich der Sonnengewinn auch entsprechend tiefer. Da die Transmissionsverluste aber meistens durch die inneren Lasten gedeckt werden, ist dies kein Nachteil.)

Generell kann man das HIT-Konzept dahingehend zusammenfassen, dass Innen- und Aussenklima möglichst voneinander getrennt werden.

Free Cooling

Bei mechanisch belüfteten Gebäuden kann die frische Nachtluft benutzt werden, um die tagsüber kumulierte Wärme den Speichermassen (Böden, Decken, Mobiliar usw.) wieder zu entziehen. Das Bild 5 zeigt die Auswirkung des Free Cooling während einer sommerlichen Woche. Die nächtliche Abkühlung im HIT-Raum springt sofort in die Augen.

Für die Nacht vom 1./2.9. 1988 (typisches Beispiel) sind aus den Messwerten die nächtlichen Energietransporte berechnet worden (Tabelle 1): Der konventionelle Raum konnte durch Transmission während 9 Stunden 7400 kJ abgeben. Mit Free Cooling hingegen konnten 9100 kJ aus dem HIT-Raum abgeführt werden (aus Temperaturdifferenz von Zu- und Abluft und Volumenstrom berechnet). Die Zahlen hängen natürlich vom thermischen Zustand des Raumes nach Arbeitsschluss sowie vom Verlauf der Aussentempera-

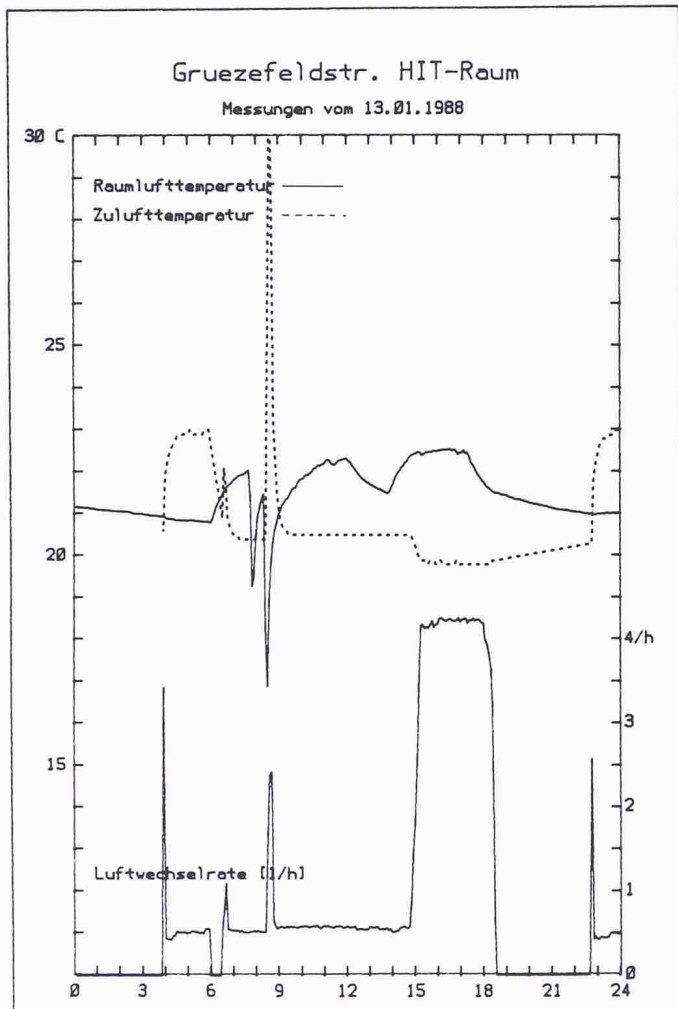


Bild 6. Betriebsverlauf vom 13.1. 1988, einem trübem Wintertag mit Aussentemperaturen um 0 °C. Der Raum war vormittags und nachmittags während längerer Zeit belegt. Die Lüftungsanlage lieferte während der Arbeitszeit Frischluft: vormittags mit minimaler Luftwechselrate und nachmittags zur Kühlung mit etwa 4,5 LW/h. Ferner sind zu sehen: Fensterlüftungsaktionen (einmal mit daraus folgendem Einsatz des elektrischen Zonenwärmers) und der Betriebsmodus «Temperaturüberwachung» von 4.00 bis 6.00 Uhr

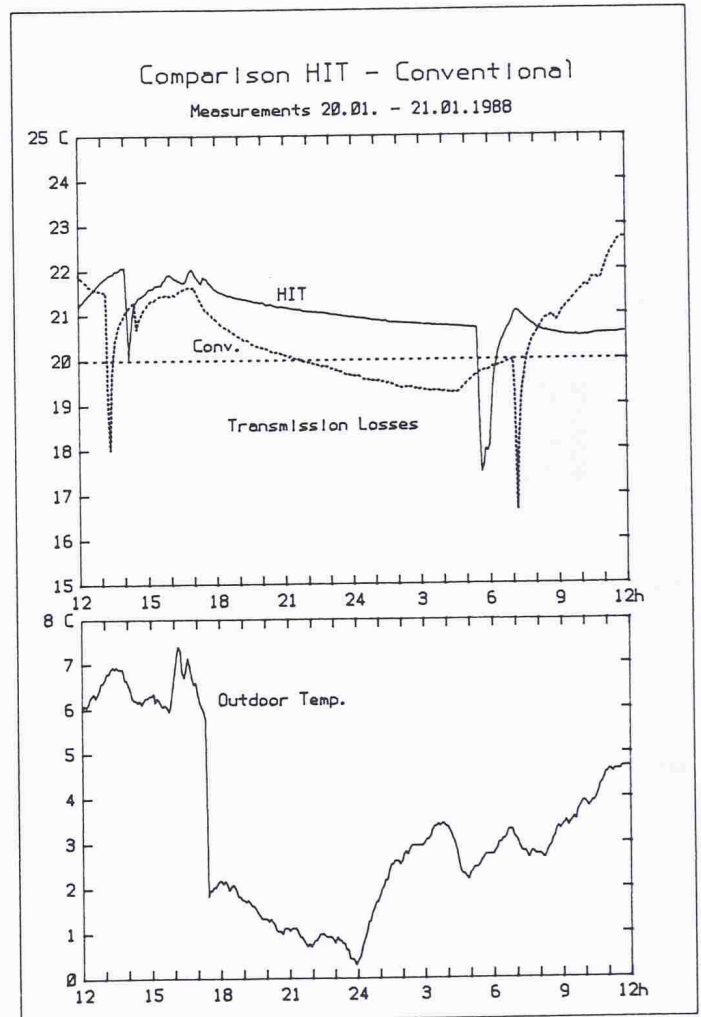


Bild 7. Raumlufthtemperaturen während der Nacht 20./21.1. 1988 im HIT-Raum (Lüftung abgestellt, keine Heizung, keine inneren Quellen) und im konventionellen Vergleichsraum (ganze Nacht reduzierter Heizbetrieb) sowie Aussentemperatur (unterer Bildteil)

tur während der Nacht ab. Das Beispiel zeigt aber, dass das Free Cooling für den HIT-Raum effektiver ist als die Transmissionskühlung des konventionellen Raumes.

Der Komfortgewinn durch Free Cooling ist in diesem Fall mit einem Verbrauch von 6000 kJ elektrischer Energie für die Ventilatoren erkauft worden (bezogen auf den betrachteten Büroraum). Dieser Aufwand darf aber nicht isoliert beurteilt werden, sondern muss als Bestandteil eines zukunftsweisenden Konzeptes mit gesamthaft tiefem Energieverbrauch gesehen werden (siehe Kapitel «Energiehaushalt»).

Komfort im Winter

Tagbetrieb

Während der Arbeitszeit werden die HIT-Räume durch die Lüftungsanlage

dauernd mit frischer Luft versorgt. Normalerweise muss auch im Winter Wärme abgeführt werden. Deshalb wird die Zuluft in der Zentrale auf etwa 19 °C gehalten. In den nicht isolierten Zuluftkanälen gleicht sich die Zulufttemperatur in einem gewissen Mass der Temperatur der Betondecken an und erreicht deshalb die Messstelle mit einer etwas höheren Temperatur.

Im Winter 1987/88 wurden die Komfortmessungen in Räumen mit geringen inneren Quellen durchgeführt. Bild 6 zeigt den Betriebsverlauf an einem trübem Wintertag mit einer Aussentemperatur um 0 °C. Der Benutzer war vormittags und nachmittags während längerer Zeit anwesend. Am Nachmittag reagierte die Lüftung bei einer Raumlufthtemperatur von etwas über 22 °C mit einer erhöhten Luftwechselrate, d.h. also mit Kühlung.

Die Vorteile des HIT-Konzeptes (HIT-Fenster und sanfte Lüftung) für den Benutzerkomfort im winterlichen Betriebsfall gegenüber konventioneller Bauweise können so zusammengefasst werden: Da die Temperaturen der Fensteroberflächen nur wenig unter jenen der Innenwände liegen, ergibt sich für den Benutzer ein ausgeglichenes Strahlungsklima. Zudem ist die Abkühlung der Grenzschicht so gering, dass kein Kaltluftabfall entsteht. Da keine thermisch bedingten Zugserscheinungen auftreten, sind Heizkörper überflüssig.

Der Komfortgewinn der Verdrängungslüftung beruht auf der konstanten Frischluftversorgung des Benutzers ohne Zugserscheinungen durch zu hohe Luftgeschwindigkeiten oder Turbulenzen, wie sie von den konventionellen Lüftungssystemen her unangenehm bekannt sind.

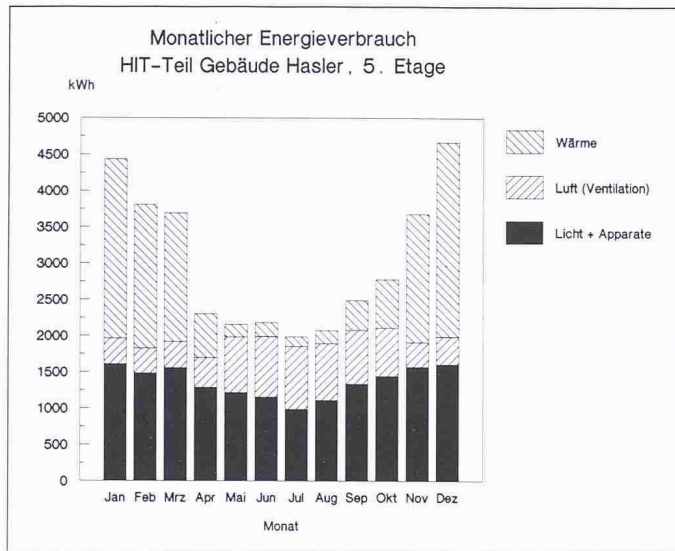


Bild 8. Monatlicher Energieverbrauch vom Dezember 1987 bis November 1988 des 5. Obergeschosses des HIT-Gebäudeteils, Werte in kWh

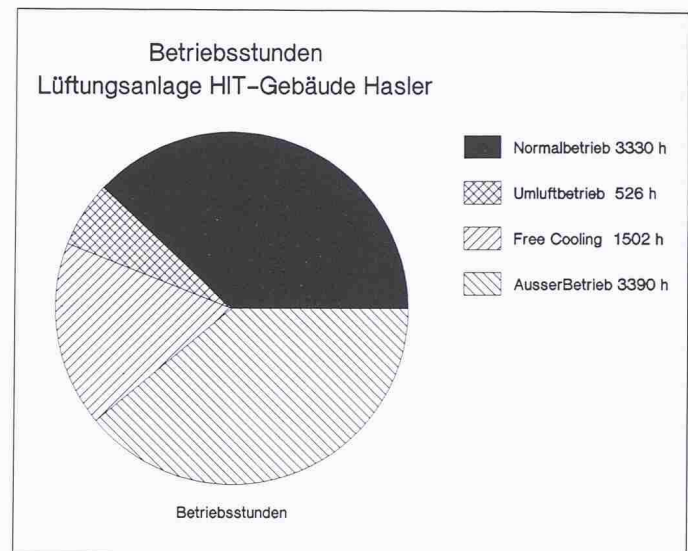


Bild 9. Jahresbetriebsstunden der Lüftungsanlage (Dezember 1987 bis November 1988)

Nacht- und Wochenendbetrieb

Während mässig kalten Winternächten muss bei HIT-Räumen meistens keine Wärme zugeführt werden, obwohl dann ja keine inneren Quellen vorhanden sind. Ein solcher Fall ist in Bild 7 dargestellt. Die Lüftungsanlage war von 18.30 bis 6.30 Uhr abgestellt. Während dieser Zeit sank die Raumlufttemperatur des beobachteten Büros nur gerade um 0,5 °C. Im Gegensatz dazu wurde der konventionelle Vergleichsraum während der ganzen Nacht (reduziert) beheizt.

Das Konzept der sanften Lüftung sieht Energietransporte nur in beschränktem Umfang vor. Deshalb sollten sich die massiven Speicher (z.B. Böden) auch ausserhalb der Arbeitszeit nicht unter die Komforttemperatur abkühlen. Nötigenfalls muss im Umluftbetrieb Wär-

me zugeführt werden (z.B. bei sehr tiefen Aussentemperaturen). Das Konzept der Temperaturabsenkung während der Nacht ist bei HIT-Gebäuden nicht sinnvoll: Der Fassadentransmissionsverlust ist nämlich so gering, dass eine weitere Reduktion durch das Mittel der Nachtabsenkung nicht interessant ist.

Energiehaushalt

Jahresenergieverbrauch

Seit mehr als einem Jahr werden im betrachteten Gebäude regelmässig Energieablesungen gemacht. Es sind verschiedene Elektro-, Wärme- und Betriebsstundenzähler installiert, was eine detaillierte Analyse ermöglicht [3, 8]. Resultate finden sich in Bild 8 und Tabelle 2.

In der Gruppe «Licht + Apparate» ist der direkte Verbrauch durch die Benutzer zusammengefasst. Wie man aus den geringen Schwankungen der monatlichen Verbrauchszahlen für die 5. Etage sehen kann, ist der Anteil für die Apparate relativ hoch.

Der Verbrauch für «Luft» (Ventilatorstrom) betrifft die Bereiche Hygiene und Komfort. Wegen des nächtlichen Free Cooling ist dieser Verbrauch im Sommer grösser als im Winter.

Die Gruppe «Wärme» umfasst den Verbrauch für den zentralen Luftheritzer und die Zonnennacherwärmer. Erwartungsgemäss ist der Jahresgang ausgeprägt.

Hervorstechend sind der tiefe Gesamtenergieverbrauch und der kleine Anteil des Wärmeenergieverbrauchs am Gesamtenergieverbrauch: 36% (bei Neubauten können tiefere Anteile erreicht werden). Dies wird durch den Vergleich mit den Energiekennzahlen gemäss SIA-Empfehlung 380/1 (Anhang A 4) und den Ist-Werten 1988 des «Schweizer Energiefachbuchs 1989» [8] verdeutlicht (Tabelle 3). Der Zielwert nach SIA gilt für Neubauten von Verwaltungsgebäuden, bei denen grosse Teile mechanisch belüftet sind. Die Angaben des Schweizer Energiefachbuchs beziehen sich auf bestehende Bauten ohne gravierende Mängel.

Obwohl die Bedingungen für den Erweiterungsbau nicht optimal waren (Stützen als Wärmebrücken usw.), sind die Energiekennzahlen des HIT-Gebäudeteils weit unter dem Zielwert nach SIA.

Im Vergleich der beiden Etagen weist das oberste Gebäudegeschoss einen

Literatur

- [1] Widmer, F.: Raumlufthygiene und rationelle Energieverwendung sind kein Widerspruch; Erfahrungen und Auswertungen aus der Praxis der Hochisolationstechnologie (HIT), Sonderausgabe Heizung/Klima zur Swissbau 1989
- [2] Skåret, E.: Displacement Ventilation, Roomvent 87, Stockholm, 1987
- [3] Braun, W., und Keller, B.: Resultate von Energieverbrauchsmessungen bei hochisolierten Bürogebäuden, 5. Schweizerisches Statusseminar Energieforschung im Hochbau, Zürich, Sept. 1988
- [4] Keller, B., et al.: Thermische Schwachstellenanalyse von Fenstersystemen, 2. Schweizerisches Statusseminar Wärmeschutzforschung im Hochbau, Zürich, Okt. 1982
- [5] Kofoed, P., und Nielsen, P.V.: Thermal Plumes in Ventilated Rooms - an Experimental Work, 3rd Seminar on Application of Fluid Mechanics in Environmental Protection, Silesian Technical University, Gliwice, Poland, 1988
- [6] Mathisen, H.M., und Skåret, E.: Ventilation Efficiency Part 4: Displacement Ventilation in Small Rooms, SINTEF Report Nr. STF13 A84047, Norwegian Institute of Technology, 23.5. 1983
- [7] Hesthag, B.H.: Ventilation and Thermal Climate in an Office Equipped with HIT-window and Low Momentum Displacement Ventilation, SINTEF Report Nr. STF15 F85023, Norwegian Institute of Technology, 16.4. 1985
- [8] Schweizer Energiefachbuch 1989, M&T-Verlag AG, St. Gallen, 6. Jahrgang

	MJ/m ² a	%
Licht + Apparate	150	45
Ventilatorstrom	64	19
Wärme	118	36
Total	332	100

Tabelle 2. Jahresenergieverbrauch für die 5. Etage (HIT)

grösseren Wärmebedarf auf. Die Ursachen dafür sind der um 67% höhere Verlustfaktor wegen des Dachs und ein (zufälligerweise) viel tieferer Verbrauch für Licht und Apparate.

Energiebilanz im Winter

Der Vergleich der Energiegewinn- und -verbrauchswerte mit den Verlusten zeigt, dass bei den HIT-Räumen die Abwärme von Licht und Apparaten zusammen mit dem Gewinn durch Sonne und Benutzer den Transmissionsverlust sogar überdeckt [3]. Mit andern Worten: Im HIT-Gebäudeteil wird Wärmeenergie also nur gebraucht für die Aufbereitung der Luft und zur Deckung von Verlusten, welche die Anpassungen an das bestehende Gebäude mit sich gebracht haben. Im konventionellen Teil hingegen beträgt der Deckungsanteil der Transmissionsverluste durch Abwärme und Gewinne nur 55%.

Betriebsstunden

Die Jahresbetriebsstunden der Lüftungsanlage sind in Bild 9 dargestellt.

Bücher

Der sauberste Brennstoff

Der Weg zur Wasserstoffwirtschaft. Von *Rudolf Weber*. 1989; 126 S., viele Schwarzweiss- und Farbillustrationen; Preis Fr. 23.-; Olynthus Verlag, Oberbözing, ISBN 3-907175-7.

Wasserstoff ist als künftiger, sauberer Energieträger der kommenden Nach-Öl-Zeit im Gespräch. Dieses Buch gibt über alle damit zusammenhängenden Fragen erschöpfend, objektiv und leicht lesbar Auskunft: Teil 1 «Ein Gas und seine Geschichte»: Wie der Wasserstoff entdeckt wurde und wie man ihn heute nutzt.

Teil 2: «Wie man Wasserstoff gewinnen, speichern und transportieren kann»: Welche Wasserstofftechniken bereits heute verfügbar sind und an welchen neuen Entwicklungen die Wissenschaft arbeitet.

Teil 3: «Vielseitig anwendbar, sicher und umweltverträglich»: Wie weit Wasserstoffauto, -flugzeug und -wohnhaus sowie andere Techniken sind und wie es um Sicherheit und Umweltverträglichkeit steht.

Teil 4: «Schritte in die Wasserstoffwirtschaft»: Konkrete Versuchsanlagen; Mög-

	Wärme		Gesamtenergie MJ/m ² a
	MJ/m ² a	%	
Ist-Wert 1988	575	70	825
Zielwert (SIA)	240	58	415
HIT-Gebäude 5. OG	120	36	332
HIT-Gebäude 5.+6. OG	170	47	362

Tabelle 3. Energiekennzahlen für Wärme und Gesamtenergie sowie prozentualer Anteil der Wärme an der Gesamtenergie

Die Lüftungsanlage läuft während etwa 40% der gesamten Zeit eines Jahres im Normalbetrieb (Lufthygiene und Komfort). Während etwas mehr als 20% der Zeit wird die Anlage nur zum Zweck des Energietransportes benötigt. (Die darin enthaltene Zeit für Umluftbetrieb könnte noch etwas kleiner sein, wenn man von den bereits erwähnten Verlusten wegen Anpassungen ans bestehende Gebäude absieht.)

Ausblick

Bei der in diesem Bericht beschriebenen Lüftungsanlage handelt es sich um ein sogenanntes Allluftsystem: Die mechanische Lüftung erfüllt die hygienischen Anforderungen und übernimmt den Transport von Wärmeenergie. Die praktischen Erfahrungen zeigen, dass die Höhe der internen Lasten vom wirtschaftlichen Standpunkt aus betrachtet die kritische Grösse darstellt: Liegt dieser Wert unter etwa 40 W/m, so ist ein

Allluftsystem eine gute Lösung. Sind die internen Lasten aber grösser, so wären bei einem Allluftsystem die zu transportierenden Luftmengen und damit die Investitions- und Betriebskosten entsprechend grösser. Ein kombiniertes System ist dann die kostengünstigere Lösung: Die Lüftungsanlage fördert nur gerade die hygienisch notwendigen Luftmengen. Überschüssige Wärme wird über wasserdurchflossene Deckenkühlelemente abtransportiert. Bereits in diesem Jahr werden erste nach diesem Konzept erstellte Gebäude dem Betrieb übergeben. Weitere sind in Bau bzw. geplant.

Adresse des Verfassers: Dr. *W. Braun*, Geilinger AG, Zentrale Forschung und Entwicklung, Grüzfeldstr. 47, 8401 Winterthur.

lichkeiten und Grenzen einer Wasserstoffwirtschaft.

Die Infrastrukturen der zivilisierten Umwelt

Von *Max Lehmann*. 250 Seiten, 38 Grafiken, geb., Format 14,4 × 22,8 cm. Preis: Fr. 37.80. Edition La Rochette, Sägeweg 10, 3114 Wichtrach. ISBN 3-907804-01-5.

Das Buch gibt eine systematische Darstellung über wesentliche Institutionen und Einrichtungen der Erschliessung (Verkehrs-, Informations- und Entsorgungssysteme) und der Bereitstellung grundlegender Güter (Energie, Wasser) und Dienstleistungen (Gesundheit, Bildung, Forschung und Entwicklung). Es behandelt gleichzeitig grundsätzliche Themen über die Gestaltung der Siedlungs- und Kulturlandschaft. Der Autor gibt ausserdem einen Einblick in andere übergeordnete Strukturen von Staat und Wirtschaft (der öffentlichen Sicherheit, Verwaltung, Wirtschafts- und Rechtsordnung) sowie in diejenigen Voraussetzungen, welche

notwendig sind, um den verschiedenen Risiken und Gefahren (durch Emissionen und gefährliche Abfälle, anlagentechnische Risiken, aus dem Umgang mit Rohstoffen und anderen besonderen Produkten) unserer Industriegesellschaft zu begegnen. Ein besonderer Abschnitt über internationale Strukturen gibt einen Überblick über Bedeutung und Vielfalt grenzüberschreitender staatlicher und nichtstaatlicher Beziehungen, welche in Anbetracht der zunehmenden Internationalisierung wichtiger Bereiche immer grössere Bedeutung erlangen.

Das Buch soll zum Verständnis über die vielfältigen Strukturen unserer Industriegesellschaft und damit zur Bewältigung von Gegenwart und Zukunft beitragen und bildet einen aufschlussreichen Beitrag über eine Welt, die zunehmend unbestimmter und komplexer wird.

Studierende und Berufstätige aus den Bereichen der Architektur, Natur- und Ingenieurwissenschaften, der Volkswirtschaft, Rechts-, Verwaltungs- und Politikwissenschaften, der Publizistik, der Bildungs- und Erziehungswissenschaften, Führungskräfte und höhere Angestellte in Unternehmung, öffentlicher Verwaltung und Politik.