

Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 104 (1986)
Heft: 43

Artikel: Sulzer-Energiesparhaus: Erfahrungen aus dem Betrieb der lufttechnischen Anlagen
Autor: Krüttli, Hanspeter
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-76280>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 30.01.2025

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

Sulzer-Energiesparhaus

Erfahrungen aus dem Betrieb der lufttechnischen Anlagen

Von Hanspeter Krüttli, Winterthur

Die während der Betriebszeit vom Sommer 1982 bis Herbst 1985 durchgeführten Messungen bestätigen, dass in Gebäuden mit einfachen lufttechnischen Anlagen die Komfortbedingungen und der Energieverbrauch hauptsächlich von der Gebäudehülle sowie der Speichermasse abhängig sind. Bei der Planung der haustechnischen Anlagen muss deshalb darauf geachtet werden, dass durch die Wahl geeigneter Regel- und Steuersysteme die Gebäudeeigenschaften genutzt werden können. Im weiteren deuten die Untersuchungsergebnisse darauf hin, dass bei ähnlichen Bauten:

- die Konstruktion und Dichtheit der Gebäudehülle vermehrt beachtet werden müssen,
- auch einfache lufttechnische Anlagen mit Wärmerückgewinnung aus rein energetischen Überlegungen – speziell in dichten Gebäuden – sinnvoll sind,
- die intensive Nachtlüftung die Kälteanlage entlastet oder sogar eine vernünftige Alternative dazu ist, wenn bestimmte Randbedingungen erfüllt sind und an Tagen mit hoher Sonneneinstrahlung Komforteinbussen akzeptiert werden.

Das Projekt «Energiesparhaus»

Mit dem Bau des Energiesparhauses wurden rund 1000 m² Büro- sowie 1500 m² Lager- und Nebenraumflächen bereitgestellt (Tab. 1, Bilder 1 und 2). Die integrale Planung und die Anwendung richtungweisender Technik sollen einen minimalen Energieverbrauch gewährleisten, ohne dabei die Wirtschaftlichkeit zu vernachlässigen. Bei dieser Planungsmethode wird das ganze Gebäude – Gebäudekörper und haustechnische Anlagen – als Gesamtsystem betrachtet. Dank dem Einbau von Versuchseinrichtungen konnten unter realen Bedingungen am Objekt Langzeitversuche durchgeführt werden.

Die Zielsetzungen für die lufttechnischen Anlagen waren:

- Gegenüberstellen des Energieverbrauchs von Fensterlüftung und mechanischer Lüftung mit Wärmerückgewinnung,
- Ermitteln der sommerlichen Raumbedingungen, wenn auf eine Kälteanlage verzichtet wird, das Gebäude aber nachts mit Aussenluft gekühlt wird.

Lüftungsanlage

Die installierte Anlage arbeitet während der Belegungszeit mit einfachem Zuluftwechsel. Sie führt die notwendige Ersatzluft kontrolliert zu und weg.

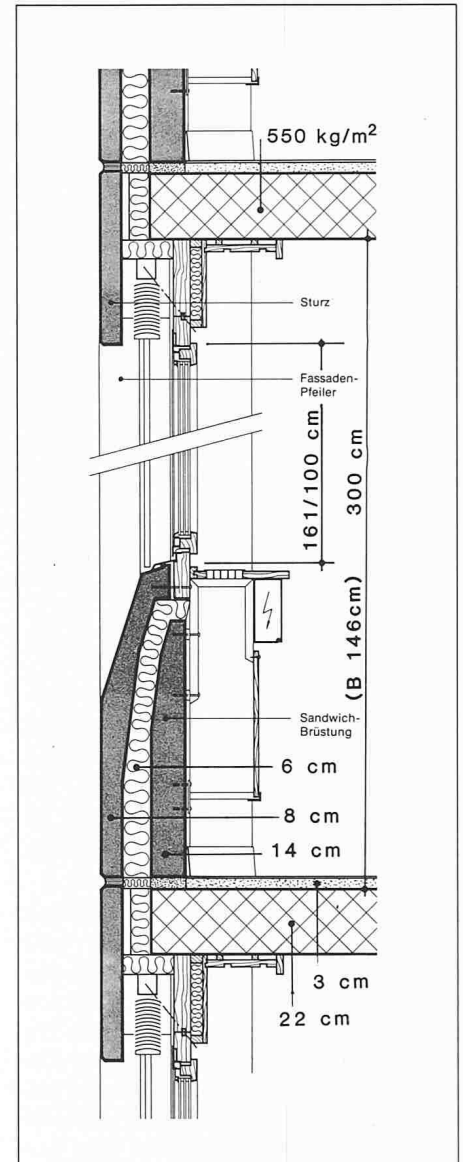


Bild 2. Fassadenaufbau

Bild 1. Das Energiesparhaus

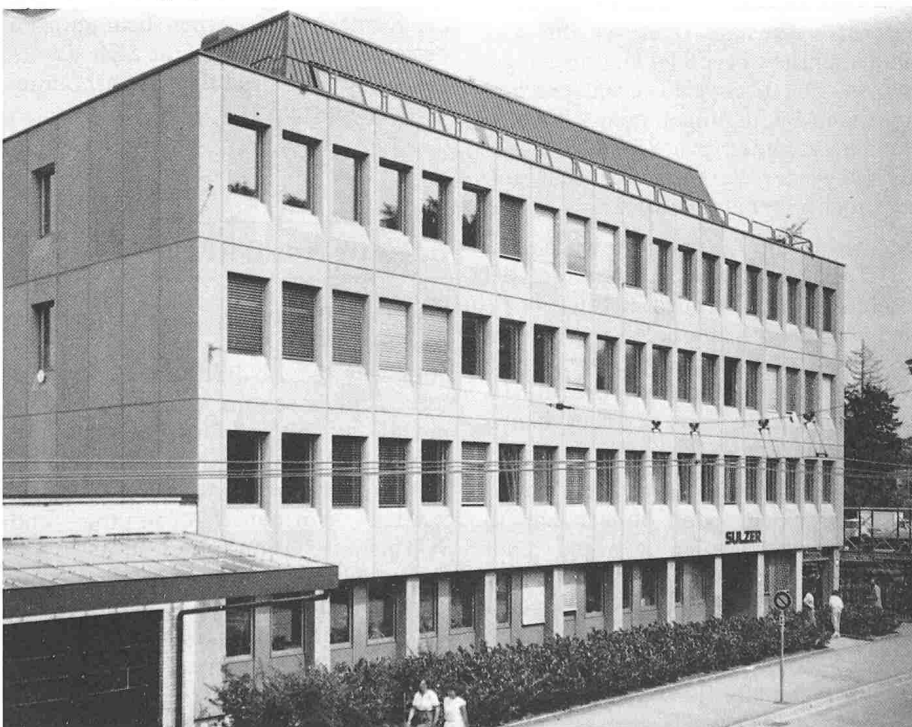


Tabelle 1. Gebäudedaten

| Gebäudedaten | |
|---|--|
| Standort | Zeughausstrasse 70 8400 Winterthur |
| Höhe über Meer (EG) | 444 m |
| Orientierung der Hauptfassaden | SW bzw. NO |
| Lage (SIA 384/2) | geschützt/frei |
| Gebäude-Grundfläche | 30 x 13 m |
| Bauvolumen | 7000 m ³ |
| Bürofläche (brutto) | 1300 m ² |
| Energiebezugsfläche (SIA 180/4) | 1900 m ² |
| Gebäudemasse (Zwischengeschoss) | |
| - pro m ² Bodenfläche | 700 kg/m ² |
| - pro m ² Fassadenfläche | 1100 kg/m ² |
| Beleuchtung (600 LUX) | 24 W/m ² |
| Mittlere Belegung | 40 bis 50 Personen |
| Mittlerer k-Wert (SIA 180/1) der Gebäudehülle | 0,65 W/m ² K |
| Hauptfassaden (SW/NO): | |
| Fensterflächenanteil | 30% |
| Verglasung (Klarglas) | dreifach IV |
| Brüstung | vorfabrizierte Sandwich-Fertig-elemente aus Beton, k-Wert = 0,6 W/m ² K |
| Sonnenschutz | dunkle Aussen-lamellenstoren |

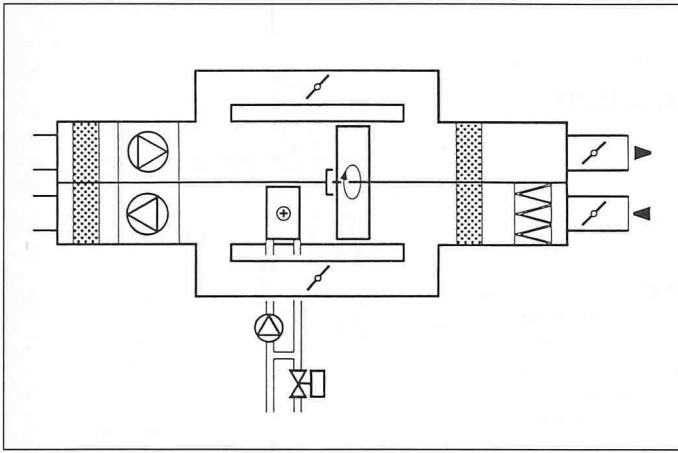


Bild 3. Prinzipschema der Lüftungsanlage

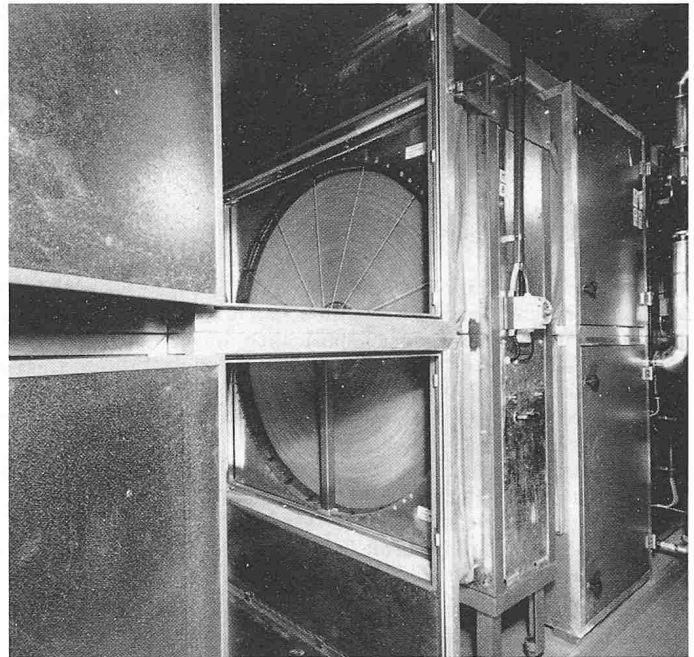


Bild 4 (rechts). Der regenerative Wärmetauscher

Wie das Bild 3 zeigt, wird die mit einem regenerativen Wärmerückgewinnungssystem ausgerüstete Anlage mit 100 Prozent Aussenluft betrieben (Bild 4). Auf eine Kälte- und Befeuchtungsanlage wurde verzichtet.

Die Zuluft, deren Temperatur während der Heizperiode 18 °C beträgt, wird über Schlitzplattenauslässe eingeblasen. Sie wird in den Räumen durch den internen Wärmeanfall bzw. durch die statische Heizung nachgewärmt. Dadurch werden die belegten Räume weniger überheizt, und die im Gebäude anfallende Überschusswärme wird besser genutzt. Zudem kann durch diese Betriebsweise der Komfort im Fensterbereich in der Übergangszeit und im Winter erhöht werden.

Um diese energiesparenden und komforthebenden Effekte bei ähnlichen Gebäuden (mit kleinem Luftwechsel) zu verstärken, müssen die Luftauslässe so ausgelegt werden, dass auch Zuluft von 15 bis 16 °C zugfrei eingeführt werden kann.

Zur Beurteilung der Raumluftqualität wurden im belegten Gebäude die CO₂-Pegel bei geschlossenen Fenstern gemessen. Sie lagen bei etwa 0,02 Volumenprozent Aussenluftpegel in folgenden Bereichen:

mit mechanischer Lüftung:

- Nichtraucherbüros 0,04–0,05 Vol.-%
- Raucherbüros 0,04–0,09 Vol.-%

ohne mechanische Lüftung:

- Nichtraucherbüros 0,04–0,10 Vol.-%
- Raucherbüros 0,04–0,15 Vol.-%

Gemäss Untersuchungen am Institut für Hygiene und Arbeitsphysiologie der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich wird die Luftqualität von der Mehrheit der Raumbenutzer als ak-

zeptabel bezeichnet, wenn der CO₂-Gehalt unter 0,15 Volumenprozent liegt. Die bei mechanischer Lüftung gemessenen Werte liegen auch in Raucherbüros eindeutig unter dieser Grenze. Dies darf aber nicht darüber hinwegtäuschen, dass mit dem gewählten Lüftungssystem die Verbreitung örtlich auftretender Geruchstoffe (Tabakrauch, Ausdünstung) innerhalb der Räume nicht verhindert werden kann.

Energiebedarf mit und ohne mechanische Lüftung

Zu Beginn der Messperiode wurde in Zusammenarbeit mit der Eidg. Materialprüfungsanstalt (EMPA) die Gebäudedichtheit bei 50 Pa Überdruck gemessen. Die Leckverluste entsprechen bei diesen Bedingungen dem 1,8fachen Gebäudevolumen pro Stunde. Das ist für Schweizer Verhältnisse recht gut, liegt aber höher als erwartet.

Der natürliche Luftwechsel wurde mit der Tracergasmethode bestimmt. Bei geschlossenen Fenstern beträgt er je nach Windgeschwindigkeit das 0,1- bis 0,4fache Raumvolumen/h. Damit liegt er in der Grössenordnung des in SIA 384/2 für dichte Fenster angegebenen Wertes.

Zum Vergleichen der Energieverbrauchswerte mit und ohne mechanische Lüftung wurden während einer dreimonatigen Messperiode das 1. und 2. Obergeschoss abwechselnd mechanisch und natürlich belüftet. Dadurch konnten mögliche bauliche Unterschiede sowie der Einfluss der Witterung ausgeglichen werden.

Die Energiebilanz (Bild 5) zeigt, dass der Energieverbrauch bei mechanischer Lüftung trotz Wärmerückgewinnung ($\eta > 70\%$) etwa 18 Prozent höher liegt als bei Fensterlüftung. Bei der Interpretation der Ergebnisse muss jedoch berücksichtigt werden, dass die Büros während der Messperiode unterbelegt waren. Da ausserdem nur zwei bis drei Raucher in diesem Gebäude arbeiteten, wurden die Fenster nur sehr selten geöffnet.

Aufgrund der Erfahrungen von anderen Gebäuden darf jedoch gesagt werden, dass bei dichter Fassade und hoher Belegung die mechanische Lüftung der Fensterlüftung aus energetischen Überlegungen vorzuziehen ist. Zudem muss auch die nicht messbare Verbesserung der Komfort- bzw. Arbeitsbedingungen berücksichtigt werden, die sich durchaus in einer Produktivitätserhöhung niederschlagen kann.

Intensive Nachlüftung (INL)

Die Ersatzluftanlage ist so ausgelegt, dass ihre Leistung ausserhalb der Belegungszeit bis zum dreifachen Luftwechsel je Stunde erhöht werden kann. Damit die luftseitigen Druckverluste und damit die Ventilatorantriebsenergie im INL-Betrieb verringert werden können, werden Wärmerückgewinnung und Wärmetauscher umfahren (Bild 3). Mit dem erhöhten Luftwechsel kann die durchschnittliche Raumlufttemperatur an sonnigen Tagen zwischen 25 und 27 °C gehalten werden. An sehr heissen Tagen (max. Aussenlufttemperatur >32 °C) stieg sie auf der Südwestseite

bis etwa 28 °C. Während längerer Schönwetterperioden können diese Werte jedoch nur eingehalten werden, wenn die Sonnenstoren rechtzeitig geschlossen, die Fenster am Nachmittag nicht geöffnet und die Raumbeleuchtung vernünftig bedient werden.

Während der Belegungszeit bewegen sich die mittleren Raumlufttemperaturen in diesem «schweren» Gebäude im Bereich der mittleren Aussenlufttemperatur (Bild 6). Im Laufe des Tages erhöhen sie sich durch externen und internen Wärmeeintrag um 1 bis 3 K. Die Raumlufttemperaturen bei Arbeitsbeginn können also an sonnigen Tagen zwischen 24 und 25 °C liegen. Diese Morgentemperaturen werden jedoch als zu warm empfunden. Eine Verbesserung der Komfortverhältnisse während der ersten zwei Stunden kann durch kurzes Öffnen der Fenster bei Arbeitsbeginn erreicht werden.

Damit in «schweren» Gebäuden maximale Raumlufttemperaturen von 26 bis 27 °C eingehalten werden können, ist ein wirksamer äusserer Sonnenschutz unerlässlich.

Die wirksame Kühlleistung während der Nacht beträgt je nach Betriebsverhältnissen der INL bis zu 14 kW (etwa 10 W/m² Bodenfläche). Das Verhältnis von wirksamer Kühlenergie zu Ventilatorantriebsenergie erreicht Werte bis 5 (vgl. Tabelle 2).

Beim Auslegen der Lüftungsanlage muss vor allem darauf geachtet werden, dass die Aussenluft an einem kühlen Ort angesaugt wird. Zudem müssen Luftauslässe eingesetzt werden, die die Luftbewegung an den Raumumschliessungsflächen beeinflussen und dadurch die Speicherbewirtschaftung verbessern.

Nach warmen Tagen beträgt die Temperaturdifferenz zwischen Aussen- und Raumluft während der Nacht nur 5 bis 6 K. Damit die kühle Aussenluft wirksam zur Gebäudeauskühlung genutzt werden kann, darf sie sich in der Zuluftzentrale und im Verteilnetz nicht unnötig erwärmen. Am wirksamsten wird sie eingesetzt, wenn sie vollständig oder teilweise über Fassadenöffnungen den Räumen direkt zugeführt wird (vgl. Bild 7).

Bild 7. Schema eines wirksamen INL-Systems

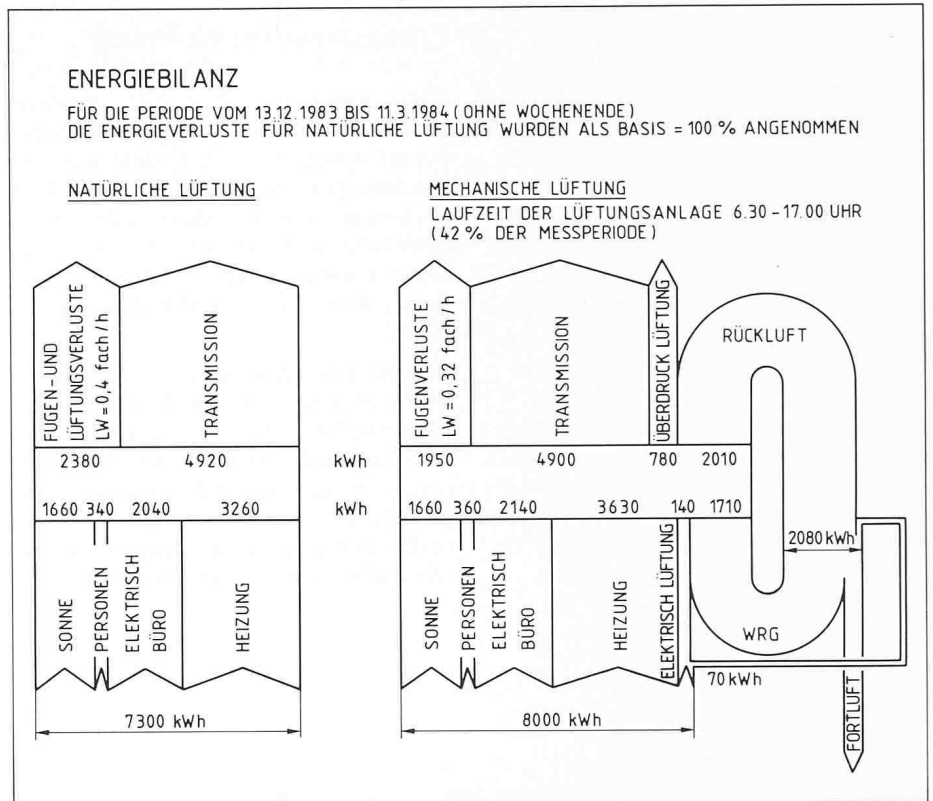
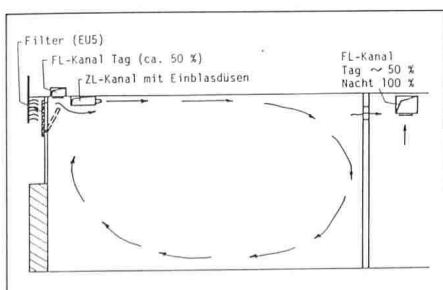


Bild 5. Vergleich der Energiebilanzen von natürlicher und mechanischer Lüftung

Bild 6. Raumluft- und Aussenlufttemperaturverlauf im 2. Obergeschoss

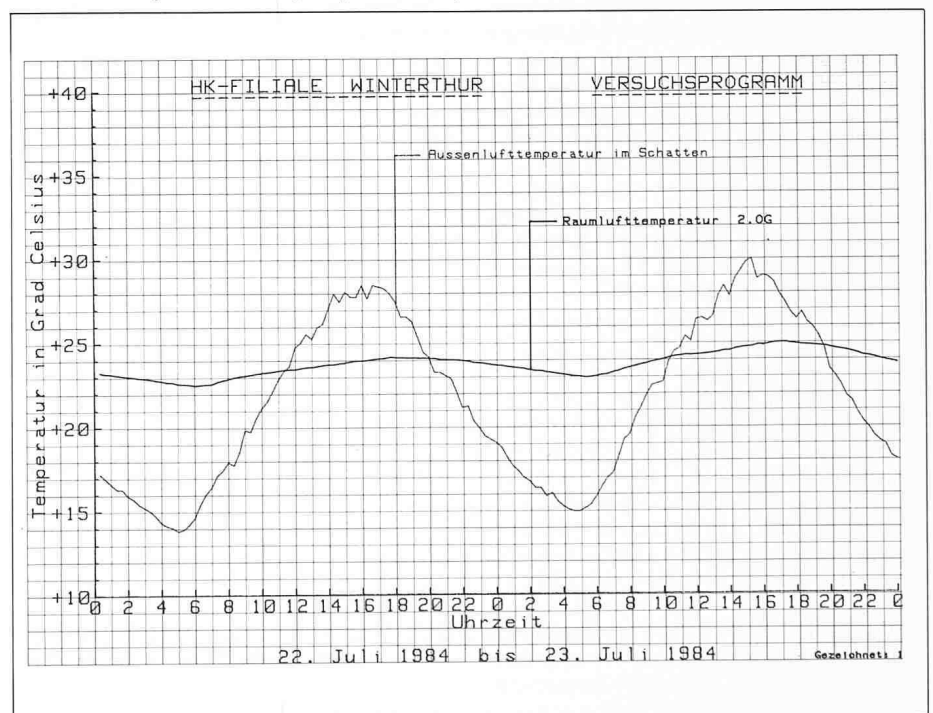


Tabelle 2. Verhältnis von wirksamer Kühlenergie zur Ventilatorantriebsenergie

| Betriebsart Ventilatorstufe | Im Gebäude wirksame Kühlenergie Ventilatorantriebsenergie | |
|--------------------------------|--|-----------|
| Zuluft | Fortluft | |
| 3 | 3 | 1,4 - 2,1 |
| 2 | 2 | 3,4 - 3,9 |
| 1 | 3 | 4,6 - 4,9 |

Betriebskosten

Der jährliche Energieverbrauch pro m² Bürofläche beträgt im Normalbetrieb (stündlich einmaliger Luftwechsel):

| | |
|-----------------|----------------------------|
| - Luftförderung | 2,2 kWh/a · m ² |
| - Lufterwärmung | 3,8 kWh/a · m ² |

Zusätzlich werden bei intensiver Nachtlüftung 3,0 kWh/a · m² für die Luftförderung benötigt.

Zum Vergleich: Der Heizenergieverbrauch des Energiesparhauses beträgt 45 kWh/a · m². Eine Klimaanlage würde – selbstverständlich bei höherem Komfort – 100 bis 150 kWh/a · m² benötigen.

Erkenntnisse für die Praxis

Nicht nur in der Planungs-, sondern auch in der Bauphase muss besonders darauf geachtet werden, dass die Gebäudehülle dicht ausgeführt wird. Nur so können die Wärmeverluste durch natürliche Lüftung auf ein Mass reduziert werden, das den energiewirtschaftlichen Betrieb einer Lüftungsanlage erlaubt.

Wie die ermittelten Energieverbrauchswerte zeigen, sind die Energiekosten für einfache lufttechnische Anlagen gering. Solche Anlagen können den Komfort, d. h. die Arbeitsbedingungen bei geringem Energieverbrauch eindeutig verbessern und dürfen nicht einfach als «Energiefresser» bezeichnet werden.

Die Resultate zeigen, dass die intensive Nachtlüftung durchaus eine Alternative zu einer Kälteanlage ist, wenn unter anderem folgende Voraussetzungen erfüllt sind:

- äusserer Sonnenschutz,
- grosse Speichermasse des Gebäudes (>500 bis 600 kg/m² Bodenfläche),
- gute Speicherbewirtschaftung durch entsprechende Raumgestaltung und Luftführung,
- kleine interne Lasten,
- Wärmerückgewinnungsbetrieb bei hohen Aussenlufttemperaturen, gegebenenfalls kombiniert mit adiabatischer Fortluftkühlung.

Adresse des Verfassers: H. Krüttli, Ing. HTL, Auftragsleiter und Fachstellenleiter in der Abteilung Lüftungstechnik, Gebr. Sulzer AG, 8401 Winterthur.

Evangelischer Kirchenbau im ökumenischen Kontext

Die Beschäftigung des Rezensenten mit diesem Buch ist bedingt von seiner langjährigen Bekanntschaft mit dem Autor, welche zu einem ebensolchen Prozess des Verstehens wurde. Die Besprechung des Buches ist davon geprägt, auch voreingenommen, wie man will. Seine Anzeige hier und jetzt ist deshalb nicht verjährt, weil der Autor weder eine formalen Trends ausgesetzte «Entwurfslehre», noch eine durch fortschreitende Forschung überholbare «Kunstgeschichte» des Kirchenbaues zu geben versucht. Dennoch ist sowohl eine programmatische als auch eine historische Hinsicht im Spiel. Aber wie? Der Autor betrachtet das Feld des protestantischen Kirchenbaues von der Reformation bis zur Gegenwart; dies die historische Hinsicht. Er betrachtet es jedoch vergegenwärtigt, fragt, inwiefern sich darin sozusagen eine Raumbewusstheit bekundet oder sich eine Raumvergessenheit breit macht; dies die programmatische Hinsicht. Solche Betrachtung orientiert sich nicht am Formalen von «bau-» und «raumkünstlerischen Schöpfungen». Raum ist gegenwärtig oder es gähnt Leere, sei's in der kleinsten, sei's in der grössten Hütte! Der Autor: «Dabei wird als aufschlussreich nicht nur der jeweils neu errichtete Bau erachtet, die Art und Weise der Auseinandersetzung mit dem überkommenen Baubestand wird für die jeweilige Zeit als nicht minder aussagekräftig befunden, handle es sich um das Verfahren der Adaptierung, der Restaurierung oder der

schillernden Denkmalpflege.» «Raumbewusstheit» und «Raumvergessenheit» sind begriffliche Versuche des Rezensenten, die Sicht des Autors zu markieren. Sie mögen verstiegen anmuten, vor allem dann, wenn einem schon die pure Nennung von «Raum» Mühe bereitet. Dies ist angesichts der Erfahrungen mit zeitweise üppigen Raumtheorien und Raumpostulaten nur zu begreiflich, sowohl was die Kunsthistoriker als auch was die Architekten anbelangt. Das Buch ist demgegenüber eine Warnung, nämlich die Warnung vor einer Art Tagesordnung, in der man, des Raumgeredes müde, zur emsigen Fest- und Herstellung eines Arsenalen signifikanter Formen übergeht. Aus dieser Tagesordnung ruft das Buch weg, setzt einem nochmals vor eine Schwelle, die ziemlich zu Anfang des Buches mit dem Titel des Abschnittes «Raum als Form» bezeichnet ist. Diese Schwelle gilt es unbedingt zu überschreiten, will man die Absicht des Buches verstehen. Ein Referat dessen, was der Autor im Gefolge von «Raum als Form» entfaltet, geriete zu einem schlechten Extrakt aus einem ursprünglichen Text von hoher Dichte. Der Leser möge deshalb selbst hinter jener Schwelle mitvollziehen, was es heisst, dass in und mit baulichen Volumen Raum als Form erstellt oder Raum zur Leere evakuiert wird. Vom Autor her ist dies eine Interpretation vom «strukturellen Gesichtspunkt» aus.

Die Interpretation wird durchgeführt im Feld des protestantischen Kirchenbaues, anhand einer Dokumentation. Diese gibt in kenntnisreicher Auswahl einen Geschmack von der regional, konfessionell und baugeschichtlich bedingten Vielfalt. Doch ist nicht diese zu belegen, sondern die darin waltende Raumvorstellung bzw. ihre Auswirkung als

Ordnungsprinzip des Baues. Der Autor hat dafür bereits in seinen früheren Aufsätzen (2. Hälfte 1950er Jahre) eine eigene graphische Präsentation entwickelt, sie dient der Sichthilfe zur Wahrnehmung der Raumstruktur des jeweiligen Objektes. Der Autor bedient sich ihrer erneut und bemerkt dazu: «Es geht darum, das typologisch Vorfindliche auf seine Struktur hin durchsichtig werden zu lassen. Die Wiedergabe der Objekte wird deshalb auf die strukturell ausschlaggebenden Elemente reduziert mittels eines Diagramms planimetrischer Abstraktion der übereinander projizierten Raumschichten, ...» Den Diagrammen jeweils beigegeben ist eine entsprechend vereinfachte Innenansicht des Objektes. Gegenüber den früheren Aufsätzen des Autors bedeutet diese abstrahierte Innenansicht – natürlich nur zusammen mit dem Diagramm – eine informative Bereicherung. Besonders zu begrüssen ist auch, dass der Autor, soweit möglich, eine typologische Einordnung der Objekte vornimmt. Nun geschieht diese aber nicht um ihrer selbst willen, sie verfolgt vielmehr eine kritische Absicht: «Es ist nicht so, dass die Raumstruktur von einer bestimmten äusseren Gestalt abhängig wäre(!, d.Rez.), ... das typologisch Vorfindliche wird durch die hier vorgenommene Analyse auf die jeweilige Raumstruktur hin durchsichtig gemacht.» Es geht also dem Autor gerade nicht um die Eruierung eines «genuinen protestantischen Kirchenbautyps» und schon gar nicht, daraus ein Konstrukt für gegenwärtiges Bauen zu deduzieren – ein Missverständnis, dem seine früheren Äusserungen zum Thema und gerade auch seine Projekte immer wieder ausgesetzt waren.

Aus der strukturellen Analyse im historischen Feld erstet dem Autor eine epochale Unterscheidung zwischen dem «Kirchenbau reformatorischer Überlieferung», der den Kirchenbau von der Reformation bis anfangs 19. Jahrhundert in sich vereint, und dem «modernen Kirchenbau», der von Romantik über Historismus und formale

* * *

Identität und Variabilität – Tradition und Freiheit. Von Otto H. Senn. 120 S., ill. ETH-Institut für Geschichte und Theorie der Architektur, H. 26, Birkhäuser Verlag, Basel 1983. Preis: 30 Fr.