

**Zeitschrift:** Schweizer Ingenieur und Architekt  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 101 (1983)  
**Heft:** 43

**Artikel:** Teilklimatisierte Büroräume mit einfachem Luftwechsel pro Stunde:  
erste Betriebserfahrungen  
**Autor:** Stadler, Alois  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-75216>

### **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:** 01.04.2025

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

# Teilklimatisierte Büroräume mit einfachem Luftwechsel pro Stunde

## Erste Betriebserfahrungen

Von Alois Stadler, Baden

Beim Neubau der Aarg. Kantonalbank in Wohlen wurde klimatechnisch eine Alternative gewählt. Sie liegt zwischen der Vollklimaanlage und der Fensterlüftung. Merkmale der installierten Büroteilklimaanlage sind der lediglich einfache Luftwechsel pro Stunde, die Mehrfachnutzung der aufbereiteten Luft, die Gebäudekühlung im Sommer mit kühler «Nachtluft» sowie die adiabatische Kühlung im Sommer (keine Kältemaschine).

Der Energiebedarf dieser Anlage ist deutlich geringer als bei Vollklimatisierung oder reiner Fensterlüftung, und die Investitionskosten betragen nur etwa 50% der konventionellen Vollklimaanlage.

### Vorgeschichte

#### Wunsch der Bauherrschaft

Bei der Planung und Projektierung des Neubaus der Aarg. Kantonalbank in Wohlen nahm die Bauherrschaft Einfluss auf die Klimatisierung der Räume: Schlechte Erfahrungen mit Klimaanlagen (Zugluft usw.) hatten in Bankfilialen zu Personalproblemen und hohen Betriebskosten geführt. Deshalb wünschte die Bauherrschaft bei Planungsbeginn im Sommer 1978 keine Klimaanlage, sondern eine Heizung mit Fensterlüftung für die Büros. Die Arbeitsplätze befinden sich in Fensternähe mit Raumtiefen von 6 bis 9 m (Bild 1).

#### Empfehlung des Planers

Das planende Ingenieurbüro versuchte der aufgrund der Energiekrise aufgetretenen Tendenz, von einem Extrem (energiefressende Klimaanlage) ins andere (Fensterlüftung) zu fallen, sachlich zu begegnen. Mittels eines entsprechenden Berichtes konnte die Bauherrschaft von einer alternativen Lösung überzeugt werden. Die vom Klimaingenieur empfohlenen Ziele lassen sich so zusammenfassen, dass gegenüber einer Fensterlüftung eine behaglichkeits- und energieverbrauchsmässige Verbesserung anzustreben ist. Auf Wunsch des Bauherrn sollte auf eine Kälteanlage, welche die Raumlufttemperatur und -feuchtigkeit im Sommer nach oben begrenzt, verzichtet werden.

Die Ziele liefen also auf einen Kompromiss zwischen Fensterlüftung und Klimaanlage hinaus, damit gleichzeitig ein energetisches und kostenmässiges Optimum erreicht werden konnte. Die Bauherrschaft liess sich davon überzeugen, dass mittels einer mechanischen Teilklimaanlage gegenüber Fensterlüftung folgende Behaglichkeitskriterien verbessert werden können:

- Raumlufttemperatur im Sommer

- und Winter (geschlossene Fenster möglich)
- Raumluftfeuchtigkeit im Winter (zentrale Luftbefeuchtung möglich)
- kontrollierte Aussenluftzufuhr (zeitlich, mengenmässig)
- kontrollierte Raumluftströmungen (keine Zugerscheinungen durch offene Fenster)
- reduzierte Strassenlärmimmissionen (geschlossene Fenster möglich)
- Zufuhr von filtrierter Aussenluft (im Gegensatz zur Fensterlüftung)

Aufgrund einer intensiven Aufklärungskampagne (siehe z. B. Bild 2) durch den planenden Ingenieur überzeugte sich die Bauherrschaft auch davon, dass eine Lüftungs- oder Teilkli-

maanlage mit Wärmerückgewinnung gegenüber Fensterlüftung energiesparender ist bei mengenmässig etwa gleicher Aussenluftzufuhr.

Während bei Fensterlüftung «zum Fenster hinaus geheizt wird», kann bei einer mechanischen Lüftungs- oder Teilklimaanlage durch Wärmeübertragung von der warmen Fortluft auf die zugeführte kältere Aussenluft Wärmerückgewinnung realisiert werden. Das sind alles Aspekte, die 1983 sicher geläufiger sind als beim seinerzeitigen Planungsbeginn im Jahre 1978.

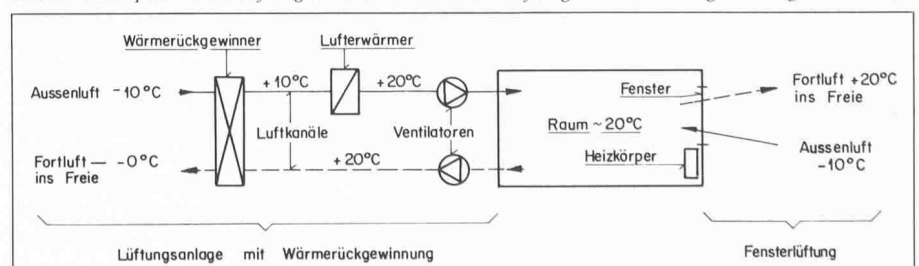
#### Prinzip der Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung (Bild 2: linke Seite)

Die wichtigste Sparfunktion hat der «Wärmerückgewinner» (Wärmeaustauscher). Durch ihn strömen auf der einen Seite die kalte Aussenluft aus dem Freien, auf der anderen Seite die warme verbrauchte Fortluft aus dem Raum. Die verbrauchte Luft gibt im «Rückgewinner» Wärme an die kalte Aussenluft ab und erwärmt diese in bedeutendem Masse. Wärmerückgewinner haben Wärmeübertragungsgrade von 50-90%. Bei etwa 70% Übertragungsgrad erwärmt also z. B. die warme Fortluft die kalte Aussenluft von  $-10^{\circ}\text{C}$  auf  $+10^{\circ}\text{C}$ , so dass diese vom Lufterwärmer (mit Energieaufwand) nur noch von  $+10^{\circ}\text{C}$  auf  $+20^{\circ}\text{C}$  aufgeheizt werden muss. Gleichzeitig kühlt sich



Bild 1. Neubau der Aarg. Kantonalbank in Wohlen. Südwest-Fassade aus Betonelementen. Nordwest-Fassade als Fensterfront der Büroräume mit der Möglichkeit zum Öffnen der Fenster

Bild 2. Prinzip der Fensterlüftung bzw. der kontrollierten Lüftung mit Wärmerückgewinnung



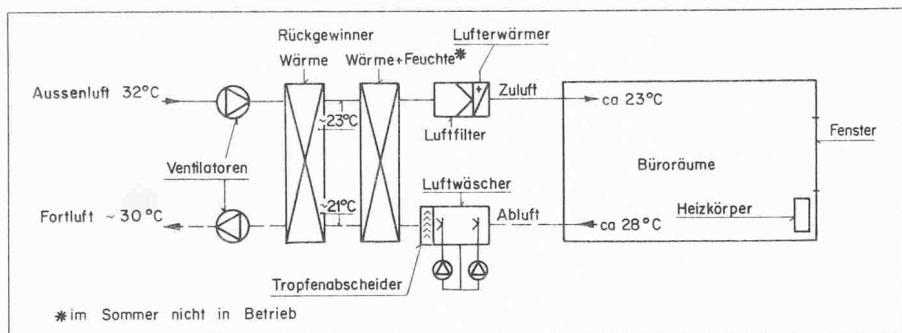


Bild 3. Prinzipschema der energiesparenden Luftaufbereitung

die verbrauchte Fortluft von +20 °C ab und wird mit 0 °C ins Freie ausgeblasen. Mit einer derartigen Lüftungsanlage lassen sich gegenüber Fenster- und Fugenlüftung bei gleicher Leistung 50–70% des Energieverbrauchs einsparen.

### Prinzip der Fensterlüftung

(Bild 2: rechte Seite)

Bei offenem Fenster strömt im unteren Fensterteil kalte Aussenluft in den Raum, welche vom Heizkörper erwärmt werden muss. Gleichzeitig strömt im oberen Fensterbereich teuer erwärmte Luft ins Freie, ohne dass dieser Fortluft Wärme entzogen werden kann.

## Auslegung und System der Teilklimaanlage

### Energiesparender Aussenluftwechsel

Bei einer lichten Büroraumhöhe von 2,8 m und einer Belegungsdichte von 8 bis 12 m<sup>2</sup> pro Person ergab sich ein Raumvolumen von 22,5 bis 33,5 m<sup>3</sup> pro Person.

Basierend auf den seinerzeit publizierten neuesten schwedischen Vorschriften [1], die einen etwa 0,5fachen Aussenluftwechsel pro Stunde vorschreiben unter Berücksichtigung des Rauchverbotes sowie aufgrund der schweizerischen Heizlastregeln [2], welche in Büros einen 0,5- bis 1,0fachen Luftwechsel pro Stunde empfehlen, wurde 1 Aussenluftwechsel pro Stunde (1 LW/h) bzw. etwa 25 m<sup>3</sup>/h Aussenluft pro Person zugrunde gelegt. Ausschlaggebend für die Wahl von 1 LW/h anstelle von 0,5 LW/h waren vor allem die bereits 1978 aufgeworfenen Fragen bezüglich Verunreinigungen der Raumluft durch Emissionen von Farbanstrichen, Baustoffen und Büroausstattungen usw. Im weiteren ist der Mehrenergiebedarf für 1 LW/h bei guter Wärmerückgewinnung unbedeutend.

In den Büros sind leicht zu öffnende Fensterflügel vorhanden, welche dem menschlichen Bedürfnis zum Fenster-

öffnen entgegenkommen, so dass die Teilklimaanlage auch als Energiesparende Grundlüftung betrachtet werden kann. Mittels eines Informationsschreibens versuchte man allerdings die Büroangestellten zu motivieren, die Fenster aus energetischen und sonstigen Gründen möglichst selten zu öffnen.

### Energiesparende Luftaufbereitung

Das Prinzipschema der Anlage ist in Bild 3 dargestellt, wobei sich die eingetragenen Temperaturen auf einen extremen Sommertag beziehen. Für diesen Kühlbetrieb im Sommer wurden folgende Betriebsarten gewählt:

#### - Tagbetrieb (extremer Sommertag)

Im Luftwäscher wird die Abluft durch Befeuchten («Sommerregenereffekt») adiabatisch von etwa 28 °C auf etwa 21 °C gekühlt. Via Wärmerückgewinner (Feuchterückgewinner ausser Betrieb) wird die heisse Aussenluft von 32 °C auf etwa 23 °C gekühlt [3], und gleichzeitig erwärmt sich die Fortluft auf etwa 30 °C. Diese Art der Kühlung ist wesentlich energiesparender im Vergleich zu einer konventionellen Kälteanlage, jedoch in bezug auf die Leistung beschränkt.

#### - Nachtbetrieb

Um die tagsüber im Gebäude gespeicherten Wärmemengen abzuführen, wird nachts der Zu- und Abluftventilator von Thermostaten automatisch in Betrieb genommen zwecks Abkühlung des Gebäudes mit kühler «Nachtluft».

### Ergänzende energiesparende und komfortverbessernde Massnahmen

Grosse Bedeutung wurde einer guten Zuluftverteilung beigemessen, damit die einzelnen Büros mit den vorgesehenen minimalen Luftmengen auch tatsächlich versorgt werden. Die Massnahme hierfür ist ein gut einregulierbares Niederdruckkanalsystem mit in die abgehängte Decke eingebauten Kugelauslässen. Die im Fensterbereich disponierten Luftauslässe ermöglichen durch Verstellen der einzelnen «Kugeldüsen» eine wirksame und zugfreie Aussenluftversorgung der Aufenthaltszone.

Die Büroabluft strömt via Absaugleuchten in den Deckenhohlraum und wird von dort via Absaugventil erfasst. Die im Erdgeschoss disponierten wärmeabgebenden Elektroneinheiten (Terminals) wurden zur Wärmeentlastung der Büros im Sommer mit Abluft- bzw. Direktabsaugung versehen.

Das energiesparende Prinzip der Mehrfachnutzung von aufbereiteter Aussenluft konnte ebenfalls angewendet werden, indem die Büroabluft (Nichtraucher) in die Garderobenräume eingeblasen und via WC usw. abgesaugt wird. Diese Lösung wurde verwirklicht anstelle einer leider immer noch häufig angewendeten Nur-Abluftanlage für die WC, welche (ohne Wärmerückgewinnung) energetisch so schlecht oder sogar schlechter als Fensterlüftung ist. Da die eingebaute Teilklimaanlage im Vergleich zu einer konventionellen Vollklimaanlage lediglich eine Kühlleistung von etwa 10% aufweist, hat der Klimaingenieur die Bauherrschaft und den Architekten auf entsprechende Massnahmen zur Reduktion des sommerlichen Wärmeeinbaus hingewiesen. Damit die sommerlichen Raumtemperaturen in den Büros in erträglichen Grenzen gehalten werden können, sind entsprechende Empfehlungen des Klimaingenieurs betreffend Bauphysik (Sonnenschutz, Wärmespeicherfähigkeit) und optimierte künstliche Beleuchtung mit geringem Wärmeeinbau von 10–15 W/m<sup>2</sup> in die Planung eingeflossen.

## Wirtschaftlichkeit

Investitionskostenmässig ergaben sich gegenüber einer konventionellen Klimaanlage mit 3- bis 6fachem Luftwechsel pro Stunde wesentliche Einsparungen, wie nachfolgende Zahlen belegen. Dies beruht hauptsächlich auf der Tatsache, dass die Kanäle und Komponenten (Ventilatoren, Filter usw.) 3- bis 6fach geringere Querschnitte aufweisen und dadurch entsprechend weniger Platz für Klimazentralen, Installations-schächte usw. beanspruchen.

Investitionskosten (für total etwa 1000 m<sup>2</sup> Bürofläche):

- installierte Teilklimaanlage inkl. Heizung Fr. 200 000.- (100%)

Vergleichsweise kostet:

- die Heizungsanlage (mit Fensterlüftung) etwa Fr. 60 000.- (30%)

- eine konventionelle Klimaanlage inkl. Heizung und Kälteanlage etwa Fr. 400 000.- (200%)

Wenn man davon ausgeht, dass bei der Heizungsanlage mit Fensterlüftung

## Literatur

- [1] *Attlmayr, E.*: «Schwedens Energiesparmassnahmen im Bauwesen». Schweiz. Bauzeitung, Heft 30/31, S. 582, 1978
- [2] Schweiz. Ingenieur- und Architektenverein: «Wärmeleistungsbedarf von Gebäuden». Empfehlung SIA 380. Zürich, 1975
- [3] *Hofmann, W.M.*: «Fortluftbefeuchtung bei Wärmerückgewinnungsanlagen». Klima- und Kälte-Ingenieur, Heft 5, 1977

ebenfalls ein einfacher Aussenluftwechsel pro Stunde erzeugt wird, ist die installierte Teilklimaanlage mit Wärmerückgewinnung deutlich energiesparender als die Heizung mit Fensterlüftung, weil etwa 90% der in der Fortluft enthaltenen Wärmemenge zurückgewonnen wird. Unter Berücksichtigung des etwas grösseren Strombedarfs der Teilklimaanlage ergeben sich *Energieeinsparungen gegenüber der Fensterlüftung* von etwa 50-70%. Anders ausgedrückt beträgt der Energiebedarf im Vergleich zur installierten Teilklimaanlage:

- bei einer Heizungsanlage mit Fensterlüftung: etwa das 2- bis 3fache
- bei einer konventionellen Klimaanlage mit Wärmerückgewinnung: etwa das 3- bis 6fache

Veranschlagt man die gesamten jährlichen Kosten eines Arbeitsplatzes inkl. Löhne auf Fr. 50 000.- bis Fr. 100 000.-, so beträgt der Kostenanteil für Energie, Unterhalt und Kapitalkosten der Teilklimaanlage inkl. baulicher Nebenkosten weniger als 1% der Arbeitsplatzjahreskosten. Wenn also *aufgrund der verbesserten Behaglichkeitskriterien* eine durchschnittliche Leistungssteigerung des Personals von lediglich etwa 1% er-

zielt wird, kann die Büroteilklimaanlage (in kommerziellen Betrieben) als wirtschaftlich bezeichnet werden.

### Erste Betriebserfahrungen der ausgeführten Anlage

Die ersten Betriebserfahrungen liegen für eine Sommer- und Winterperiode vor. Die an die Anlage gestellten *Anforderungen*, eine behaglichkeits- und energieverbrauchsmässige Verbesserung gegenüber vergleichbarer reiner Fensterlüftung zu erbringen, *werden erfüllt*. Eine vom planenden Ingenieurbüro bei den Angestellten im Gebäude vorgenommene Umfrage ergab, dass über 80% der Mitarbeiter mit der installierten Teilklimaanlage in Kombination mit zu öffnenden Fenstern *zufrieden* sind. Dieser Wert stellt - wie Branchenkundige wissen - einen hohen Zufriedenheitsgrad dar.

In einem Gruppenraum mit aus Sicherheitsgründen nicht zu öffnenden Fenstern traten anfänglich *Geruchsprobleme* im Zusammenhang mit der Ausdünstung von Personen auf. Es zeigte sich aber, dass dieser Raum stark überheizt wurde. Die Situation besserte sich wesentlich, nachdem vernünftige Raumtemperaturen gewählt wurden (entsprechend geringere Feuchtigkeits- bzw. Schweissabgabe der Personen).

Im Gegensatz zu den bankeigenen Büros existiert in einem vermieteten Geschoss *kein Rauchverbot*. In den Chefbüros wird geraucht, ohne Beanstandungen der Teilklimaanlage. In den Gruppenbüros wird freiwillig auf das

Rauchen verzichtet, so dass sich das Mitraucher-(Passivraucher)Problem nicht stellte. Es kann jedoch angenommen werden, dass in Ergänzung zur energiesparenden Grundlüftungsanlage (Teilklimaanlage) diesem Problem mit etwas vermehrtem Fensteröffnen begegnet werden könnte.

### Vergleichende Betrachtungen zu einer Klimaanlage

Das planende Ingenieurbüro interessierte die Frage, ob das *Bedürfnis zum Fensteröffnen* bei einer Klimaanlage mit höherem Aussenluftwechsel geringer ist als bei der vorstehend beschriebenen Teilklimaanlage mit einem einfachen Luftwechsel pro Stunde. Eine Umfrage in einem Bürogebäude mit einer vom gleichen Ingenieurbüro geplanten energiesparenden und kostengünstigen Klimaanlage mit drei Aussenluftwechseln pro Stunde ergab, dass das Bedürfnis nach Fensteröffnen bei beiden Objekten praktisch gleich gross ist. Selbst wenn man annehmen würde, dass bei drei Aussenluftwechseln die Fenster zeitlich kürzer offen bleiben und entsprechend Energie gespart werden könnte, dürften die Mehrkosten für eine dreimal leistungsfähigere Klimaanlage (luftmengenmässig) in keinem vernünftigen Verhältnis zum Nutzen stehen.

Eine ähnliche Fassung ist am 15. August 1983 in der Zeitschrift «Heizung und Lüftung» erschienen.

Adresse des Verfassers: A. Stadler, c/o Motor Columbus Ingenieurunternehmung AG, Abteilung Wärmetechnik, Postfach, 5401 Baden.

## Zur SIA-Publikationsreihe «Energiekennzahlen von Gebäudegruppen»

Mit der Einführung der Energiekennzahl als Massstab für die energetische Bewertung von Gebäuden haben die Bauschaffenden ein Instrumentarium erhalten, das zu Diskussionen mit Bauherren und Bewohnern von neuen und bestehenden Gebäuden führen wird. Die Schweizerische Aktion Gemein-sinn für Energiesparen (Sages) hat in publikumswirksamen Aktionen die Idee der Energiekennzahl bekanntgemacht. Der SIA und das Bundesamt für Energiewirtschaft haben sich nicht nur um die genaue Definition des Begriffes gekümmert. Sie unterstützen mit einer Publikationsserie *auch die Auswertung von laufenden Untersuchungen*. Damit

soll einem möglichst grossen Kreis das neue Instrumentarium vertraut gemacht werden.

Auf die Aufforderung im «Schweizer Ingenieur und Architekt», Heft 18/83, hin haben *fast 20 Träger von Erhebungen* - Bundesämter, Kantone, Gemeinden, Verwaltungen, Verkaufsorganisationen, Hotels und Spitäler - eine Publikation ihrer Werte zugesichert. Die beiden folgenden Artikel setzen diese Serie fort, die am Schluss in einer SIA-Dokumentation zusammengefasst werden soll. Ergebnisse weiterer Erhebungen werden noch gerne zur Publikation entgegengenommen, sofern sie weitge-

**Energiekennzahlen der häufigsten Gebäudetypen in der Schweiz.** Stand Sommer 1983. Von Bruno Wick. 40 Seiten, geheftet. Verlag Sages, Zürich. Preis: Fr. 9.-.

Die Schweizerische Aktion Gemein-sinn für Energiesparen (Sages) gibt eine Broschüre über die bisherigen Energiekenn-zahlerhebungen heraus. Diese wurde im Auftrag des Bundesamtes für Energiewirtschaft erarbeitet. Die Broschüre wendet sich an Bauherren, Verwalter und Planer und soll die Zeit bis zur vorgesehenen Herausgabe der SIA-Dokumentation «Energiekennzahlen» im Jahre 1985 überbrücken.

hend auf der SIA-Empfehlung 180/4 basieren.

Kurt Meier, Zürich  
und Bruno Wick, Widen