Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 116 (1998)
Heft: 15

Artikel: Natürliche Lüftung
Autor: Rossi, Dino / Zaccheddu, Elia / Kofoed, Peter
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-79480

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: 08.08.2025

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

Dino Rossi, Trimbach, Elia Zaccheddu, Peter Kofoed, Winterthur

Natürliche Lüftung

Im Rahmen des Forschungsprojektes Natvent wurden die Einsatzmöglichkeiten der natürlichen Lüftung zur Klimatisierung von Bürogebäuden untersucht. Unter diese Kategorie fallen Systeme, die ohne mechanische Lüftung auskommen. Der Luftwechsel wird allein durch die geschickte Ausnutzung von Windkräften und thermisch bedingten Druckunterschieden erzielt.

Das Natvent-Projekt wird von neun Partnern in sieben Ländern getragen und von der Europäischen Gemeinschaft mitfinanziert. Sein Ziel ist es, die Hindernisse für den Einsatz von natürlichen Niedrigenergie-Lüftungssystemen in Bürogebäuden in gemässigten und kalten Klimazonen zu überwinden. Durch die Förderung der natürlichen Lüftung soll der Primärenergieverbrauch (und damit der CO_2-Ausstoss) reduziert werden, der zur Klimatisierung von Bürogebäuden erforderlich ist. Weiter sollen Planungsgrundlagen geschaffen werden, denen Architekten und Ingenieure die Möglichkeiten und Voraussetzungen für den erfolgreichen Einsatz natürlicher Lüftungssysteme entnehmen können.

Projektablauf

Um diese Ziele zu erreichen, wurde eine dreiteilige Strategie angewandt. In einem ersten Teilprojekt sollten die Hindernisse identifiziert werden, die einem breiteren Einsatz der natürlichen Lüftung im Wege stehen. Im Teil zwei wurde ein standardisiertes Messverfahren entwickelt, um die Leistungsfähigkeit natürlich belüfteter Gebäude zu quantifizieren. Nach diesem Verfahren wurden zwanzig gut funktionierende Gebäude in den sieben Partnerländern ausgemessen und dokumentiert (drei davon in der Schweiz). Basierend auf diesen Daten wird ein Planungshandbuch für Architekten und Ingenieure geschaffen. In einem dritten Teilprojekt werden «intelligente» Komponenten für den Einsatz in natürlich belüfteten Gebäuden evaluiert, die eine verbesserte Kontrolle des Luftwechsels erlauben.

Untersuchtes Gebäude

Im Rahmen dieses Forschungsprojektes wurde ein Verwaltungsgebäude in Trimbach SO untersucht. Es weist eine Grundfläche von 1100 m² auf und wurde in Massivbauweise erstellt. Das Gebäude liegt in einer Industriezone, wo weder Lärm noch Umweltverschmutzung als Problem gelten. Das Gebäude wurde 1992 renoviert und dem ehemaligen Flachdach ein Schrägdach aufgesetzt, in dem zwei weitere Stockwerke Platz finden. Das Untergeschoss und die zwei unteren Stockwerke bestehen aus Zellbüros, die zwei obersten Stockwerke wurden als Grossraumbüros und Vorführraum gestaltet (Bild 1). Im Sommer 1996 wurden die meisten Fenster (vier Fenster im Untergeschoss, jedes zweite Fenster im ersten und zweiten Stockwerk und die Firstverglasung) mit elektrischen Fensteröffnern ausgerüstet, um das Konzept der natürlichen Lüftung zu verbessern.

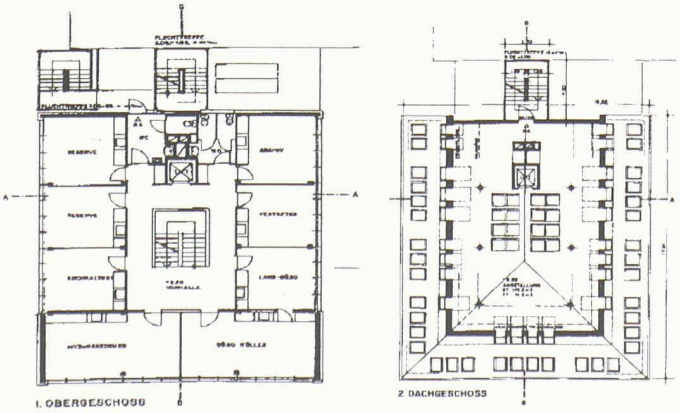
Lüftungskonzept

Dank der offenen Architektur des Treppenhauses, verbunden mit der grosszügig angelegten Firstverglasung, entstand ein kräftiger Kamineffekt, was eine hohe Luftwechselrate auch bei windstiller Wetterlage gewährleistet.

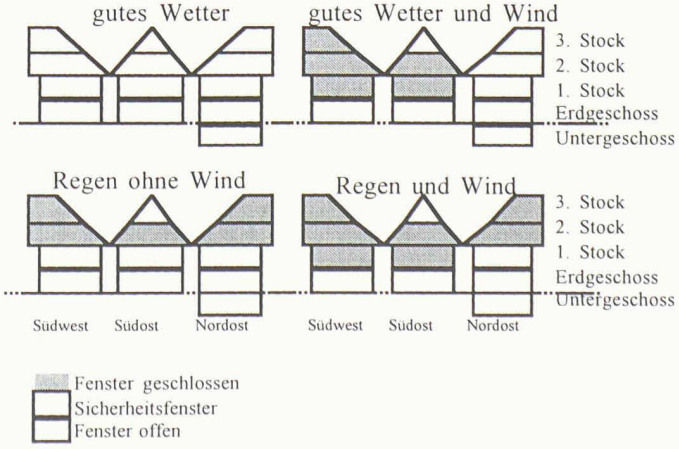
Verschiedene Sensoren überwachen und steuern die Fenster, erlauben jedoch den Benutzern, die lokale Lüftung am Arbeitsplatz und somit ihr persönliches Raumklima durch manuelle Bedienung der Fenster selbst zu steuern. Das Lüftungskonzept wurde mehrstufig aufgebaut. Eine Automation teilt das Gebäude in neun unterschiedliche Sektoren. Die Ausrichtung dieser Sektoren wurde nach Windrichtung der Fassaden und nach Stockwerken unterteilt, um so den unabhängigen Systemablauf in jedem Sektor zu ermöglichen und den Lüftungsquerschnitt den Wetterbedingungen anzupassen.

Bild 2 zeigt die Struktur der Sektoren und die entsprechenden natürlichen Lüftungsfunktionen bei Regen- und Windverhältnissen. Vier Fälle werden unterschieden: gutes Wetter mit oder ohne Wind, Regen mit oder ohne Wind. Zusätzlich kontrolliert eine Schaltuhr die Nachtkühlung im Sommer und die Stosslüftung z.B. während der Mittagspause mittels Öffnung der Fenster für eine gewisse Zeitspanne (in der Regel nur einige Minuten).

1
Plan des ersten und des dritten Stockwerks

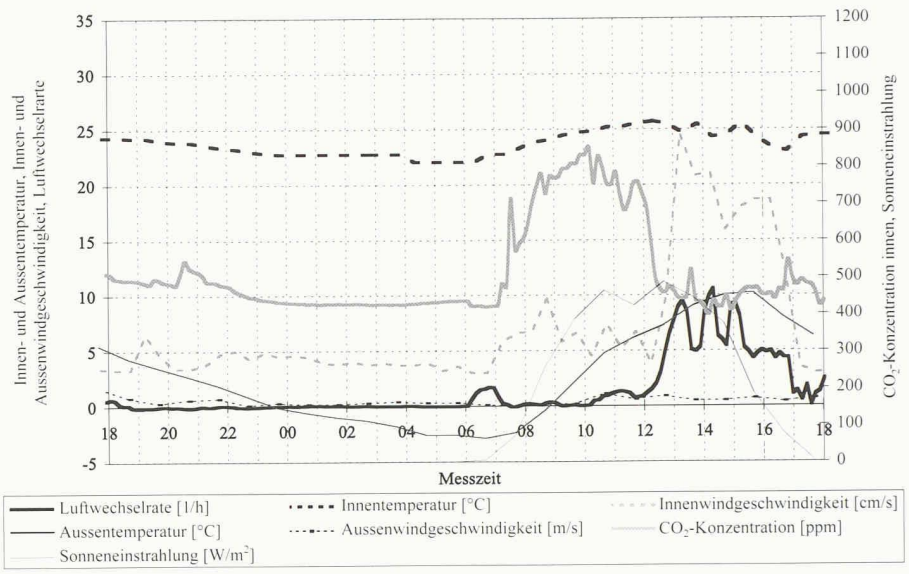


2
Elektronisches Kontrollsystem für Regen und Wind



Sicherheitskonzept

Fenster, die nachts für die natürliche Lüftung offen stehen, bedürfen eines entsprechenden Sicherheitskonzeptes. Beim vorgenannten Gebäude wurden Sensoren eingesetzt, die die Fassaden überwachen. Sie wurden so angeordnet, dass lediglich die Fassade und nicht die davorliegenden Grünflächen überwacht werden. Man wollte verhindern, dass nachtaktive Tiere in der Nähe der Fassade die Fenster schliessen. Das Sicherheitskonzept kann erweitert werden, indem die Fensterantriebe mit Magnetkontakten ausgerüstet werden. In diesem Falle würde ein Alarm ausgelöst, wenn nicht alle Fenster nach Aktivierung der Fassadenüberwachung schliessen.



3
Messresultate Winter

Gebäudemessungen

Es wurden drei Zellbüros, eins im Erdgeschoss und zwei im ersten Stock, sowie ein Grossraumbüro im zweiten Stock für die Gebäudemessungen ausgewählt. Zwei zeitweise genutzte Räume im Untergeschoss und im dritten Stock wurden überwacht, um Vergleichswerte für die Analyse des Gebäudes als Ganzes zu haben.

Ein 122-m³-Büro im ersten Stock an der SW-Seite mit einer internen Last von ungefähr 30 W/m² wurde als stellvertretendes Gebäudebeispiel für eine detaillierte Analyse aller Parameter, die während eines typischen Winter- und Sommertages gemessen wurden, ausgewählt.

Im Winter und im Sommer wurden über eine gewisse Zeitspanne folgende Messungen durchgeführt: Lufttemperatur, Luftgeschwindigkeit, Luftaustauschrate, Luftfeuchtigkeit, CO_2-Konzentration sowie Schallpegel. Ziel dieser Messungen war es, das Büroklima vollständig zu erfassen. Die Resultate aller gemessenen Gebäude werden gesammelt und zu einer Dokumentation über natürliche Lüftung (Fensterlüftung) zusammengetragen.

Messresultate Winter

Thermischer Komfort und Luftqualität

Die thermischen Bedingungen am Morgen waren gekennzeichnet durch eine angenehme Innentemperatur von 23 Grad am frühen Morgen bis zu 26 Grad am Mittag und einer nichtstörenden Luftgeschwindigkeit von ungefähr 7 cm/s mit einer Luftfeuchtigkeit zwischen 4 und 5 g/kg. Die CO_2-Konzentration hingegen erreichte um 10 Uhr einen nicht zu ignorierenden Wert von 850 ppm.

Am späteren Nachmittag sank die Innentemperatur von 26 auf 23 Grad, und die Luftfeuchtigkeit war wie am Morgen. Weitere Werte von ausserordentlich unterschiedlicher Luftgeschwindigkeit und CO_2-Konzentration wurden am Nachmittag gemessen: der erste sank auf 450 ppm, und der zweite erreichte einen nicht zu vernachlässigenden Mittelwert von 20 cm/s.

Natürliche Lüftung und thermischer Komfort

Mit Ausnahme der Zeitspanne zwischen 6 und 7 Uhr und 10 und 12 Uhr, in der der Luftwechsel 2 h^{-1} betrug, wurde kein Luftwechsel während der Nacht und des nächsten Morgens festgestellt. Ein solches Benutzerverhalten verursachte keine relevanten thermischen Unterschiede am Morgen.

Nach dem Mittag wurde die natürliche Lüftung viel intensiver genutzt, was eine klare Schwankung der Innentemperatur verursachte. Diese Beobachtung hat sich bestätigt, nachdem der Verlauf der Luftgeschwindigkeit am Nachmittag verfolgt werden konnte. Der Mittelwert stieg von 6 plötzlich auf 20 cm/s und blieb im Bereich zwischen 15 und 25 cm/s während beinahe dreier Arbeitsstunden.

Natürliche Lüftung und Luftqualität

Während der ganzen Nacht wurde kein Luftwechsel im Büro gemessen. Um 6 Uhr wurde das Büro eine Stunde lang natürlich stossbelüftet mit einem Luftwechsel von 2 h^{-1}. Weil die Arbeit um 7 Uhr beginnt und die Fenster gleichzeitig geschlossen werden, stieg der Wert der CO_2-Konzentration von ungefähr 400 auf 850 ppm während dreier Stunden. Die nachfolgende Verschlechterung der Luftqualität wurde mit einem leicht höheren Luftwechsel von 2 h^{-1} kompensiert, da die Benutzer die Fenster öffneten. Folglich stoppte die Erhöhung der CO_2-Konzentration und begann zu sinken, um dann einen Wert von 700 ppm zu erreichen.

Am Nachmittag verwendeten die Benutzer die natürliche Lüftung intensiver und erreichten einen Luftwechsel von 7 h^{-1} mit einer klaren Senkung der CO_2-Konzentration auf 450 ppm.

Anmerkungen und Verbesserungen

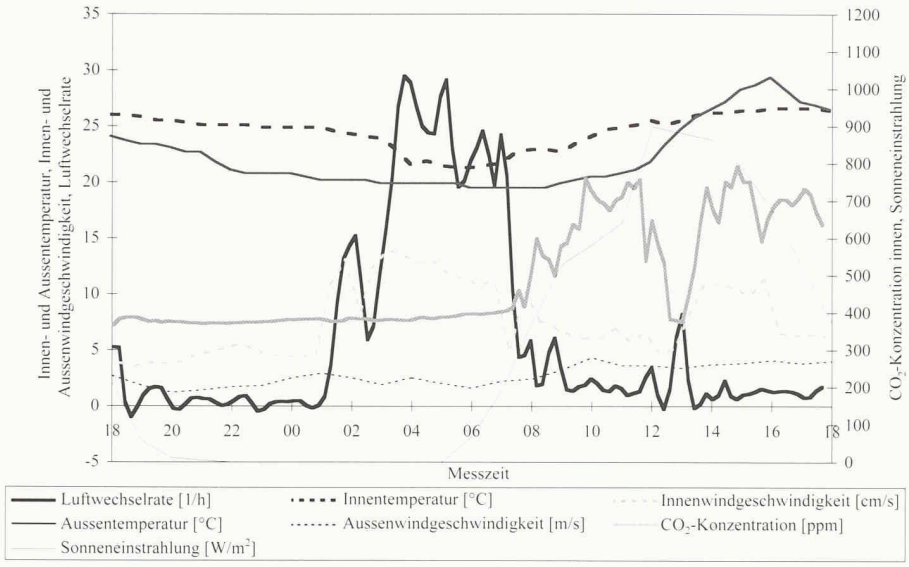
Dieses Büro ist kennzeichnend für eine annehmbare Luftqualität am Morgen sowie einer zu hohen Temperatur und Luftgeschwindigkeit am Nachmittag. Eine Reduktion der statischen Heizung und 4 bis 5 Stosslüftungen scheinen eine idealere Lösung für die Verbesserung der nicht optimalen Büroluftqualität zu sein. Durch die Stosslüftungen wird ein zu hoher Energieverlust vermieden. Der Luftwechsel könnte am Nachmittag dann z.B. auf 3 h^{-1} reduziert werden.

Messresultate Sommer

Thermischer Komfort und Luftqualität

Am frühen Morgen empfanden die Benutzer die thermischen Bedingungen als angenehm. Die Innentemperatur betrug zwischen 23 und 25 Grad, während der Mittelwert der Luftgeschwindigkeit 7 cm/s erreichte. Des weiteren konnte während der Arbeitszeit eine zufriedenstellende Luftqualität festgestellt werden, da die CO_2-Konzentration nie 800 ppm überschritt. Das Büro hatte eine konstante Luftfeuchtigkeit von 10 bis 11 g/kg.

Die Luftqualitätswerte zeigten keine grossen Unterschiede am Nachmittag. Die CO_2-Konzentration und die Luftfeuchtigkeit waren im selben Bereich wie am Morgen. Die Lufttemperatur am Nachmittag



4
Messresultate Sommer

erreichte nie Werte über 27 Grad, und der Mittelwert der Luftgeschwindigkeiten erhöhte sich gegenüber dem Morgen und betrug akzeptable 11 cm/s. Es kann davon ausgegangen werden, dass dieses Büro einen ziemlich angenehmen thermischen Komfort aufweist und eine mehr als zufriedenstellende Luftqualität.

Natürliche Lüftung und thermischer Komfort

Der Luftwechsel während der Nacht (von 1 bis 7 Uhr) betrug zwischen 5 und 30 h^{-1}. Zusätzlich wurde das Büro während der Mittagspause 5 Minuten lang natürlich gelüftet, dank automatisch geöffneter Fenster um 12.30 Uhr.

Dieses Lüftungkonzept hat grosse Auswirkungen auf die Lufttemperatur; der Nachtkühlungseffekt verursachte eine Temperatursenkung von 3 Grad. Demzufolge war die Innenlufttemperatur am Nachmittag mehr als 2 Grad unter der Aussenlufttemperatur. Der Grund für die erhöhte Luftgeschwindigkeit am Nachmittag war das Anstellen eines Tischventilators um 13 Uhr. Wahrscheinlich wurde er eingeschaltet, weil der Komfort sich verschlechterte, als die Lufttemperatur anstieg.

Natürliche Lüftung und Luftqualität

Die CO_2-Konzentrationsanalyse bestärkt die Wichtigkeit der Stosslüftung während der Mittagspause; diese Konzentration kann mit der Stosslüftung von 700 auf 400 ppm gesenkt werden. Dieser Effekt bestätigt, dass nur eine begrenzte Fensterlüftung während der Mittagspause genügt, um die Konzentration auf Aussenwerte zu bringen. Die CO_2-Konzentrationsanalyse unterstreicht generell, dass ein begrenzter Luftwechsel von 2 h^{-1} genügt, um die Kompensierung des produzierten CO_2 für annähernd 3 Stunden zu sichern, ohne ernsthafte Verschlechterung der thermischen Bedingungen.

Anmerkungen und Verbesserungen

Ein Vergleich zwischen Aussen- und Innentemperatur erlaubt uns anzunehmen, dass der Nachtkühleffekt sogar noch intensiver genutzt werden könnte: Die Fenster könnten annähernd 4 Stunden früher geöffnet werden, und die Stosslüftung in der Mittagspause könnte um eine halbe Stunde vorverschoben werden, um zu verhindern, dass wärmere Aussenluft in das Büro gelangt.

Schlussfolgerungen: Erfasste Hindernisse und Lösungen

Wie alle diese Messresultate zeigen, spielt beim Gebrauch der natürlichen Lüftung das Verhalten der Benutzer eine sehr wichtige Rolle. Dabei ist die Lage eines Büros Ursache für manche der üblichen Fehler der Benutzer, deren Auswirkungen so stark sein können, dass mit extremen Komforteinbussen zu rechnen ist. Dank der Analyse dieses Gebäudebeispieles können wir einige vorteilhafte Verhaltensregeln aufstellen und einige Fehler der Benutzer aufzeigen. Generell ist anzustreben, die Benutzer bei der Erstellung des Lüftungskonzeptes mit einzubeziehen. Es ist wichtig, das Verständnis der Benutzer durch gute und umfangreiche Information zu gewinnen. Weiter gilt:

Im Winter:

- Die Lüftung wurde auf einen minimalen Luftwechsel reduziert, um eine gute Luftqualität zu erreichen ohne grossen Lüftungsverlust.
- Kurze Stosslüftungen sollten genutzt werden (zum Beispiel um 10 und 15 Uhr), um eine bessere Luftqualität in den Büros aufzuweisen, ohne thermische Massenkühlung.

Im Sommer:

- Die Fenster bleiben immer geöffnet, wenn die Aussentemperatur tiefer ist als die Innentemperatur.
- Die Nachtkühlung sollte so intensiv und so lange wie möglich sein. Sie sollte mittels eines Temperaturfühlers und nicht einer Schaltuhr erfolgen.
- Alle Türen müssen in Sommernächten offen stehen, um eine maximale Kühleffizienz zu gewährleisten, alternativ dazu könnten Luftklappen über den Türen eingebaut werden.
- Heizende Sonneneinstrahlung sollte im zweiten Stock mit Sonnenstoren verhindert werden, um die Überhitzung zu vermindern und die mechanische Kühlung zu reduzieren; hingegen sollte das diffuse Sonnenlicht in das Büro eindringen können.

Zusammenfassung

Die Auswertung der Messresultate deckt sich weitgehend mit den positiven Erfahrungen der Benutzer. Die natürliche Nachtauskühlung reduziert die Raumtemperatur in den Sommermonaten. Die höchsten Temperaturen lagen 2–3 Grad unter den Temperaturen ohne Nachtauskühlung. Eine Verlängerung der Nachtauskühlung um 4 Stunden wird sicher eine wesentlich grössere Ausnutzung des Kühlspeichers (Massivbauteile) bringen.

In den Wintermonaten ist durch gezielte Stosslüftungen und das Absenken der Heizleistung am Nachmittag eine wesentliche Verbesserung der Luftqualität mit niedrigerem Energieaufwand zu erreichen.

Wir sind der Meinung, dass hybride Lüftungskonzepte kombiniert mit «natürlicher Lüftung» in näherer Zukunft einen wichtigen Beitrag zum massvollen Umgang mit Ressourcen darstellen und damit zur Erhaltung unserer Umwelt beitragen.

Adresse der Verfasser:
Dino Rossi, WindowMaster Fenstersteuerung, Industriestr. 7, 4632 Trimbach, *Elia Zaccheddu*, dipl. Ing. ETH, *Peter Kofoed*, Dr.-Ing., Sulzer Infra Lab AG, Zürcherstrasse 46, 8401 Winterthur