Fortbildungsakademie des Innenministeriums NRW in Herne-Sodingen Energiekonzept einer Mikroklimahülle mit Solarkraftwerk

Autoren: Dipl.-Ing. Till Pasquay, Prof. Dr. Helmut F.O. Müller
Universität Dortmund, Lehrstuhl für Klimagerechte Architektur
Baroper Str. 301, D-44227 Dortmund
Tel.: 0049 - 231 - 755 4690
Fax: 0049 - 231 - 755 5423
e-mail: Klimagerechte-Architektur@Uni-Dortmund.de

Abstract

For the academy Mont Cenis in Herne, Germany, a large microclimatic glass envelope (72m x 180m x 15m) with separate buildings inside the envelope, a concept for the natural ventilation was put up and a program for the control of the motor driven windows in the facades and in the roof was developed. To comprise the influence of wind speed, wind direction and the temperature difference between the envelope and the environment, numerous CFD-calculations were carried out on the base of a wind tunnel test and dynamic thermal calculations. The thermal mass was in taken into account to avoid short switching intervals of the windows. A 10.000 m² PV plant integrated in the roof avoids overheating in summer and the glass envelope leads to moderate temperatures in winter.

Inhalt

1. Die Akademie Mont-Cenis
2. Thermisches Raumklima
3. Lüftung
4. Gesamtenergiebilanz
5. Zusammenfassung / Literatur

Die Akademie Mont-Cenis

Abb. 1: Südwestansicht

Auf der ehemaligen Zechenbrache Mont-Cenis im Stadtteil Sodingen der Stadt Herne wurde im Herbst 1999 im Rahmen der Internationalen Bauausstellung Emscherpark nach dem Entwurf der Architekten Jourda / Perraudin, Lyon und HHS, Kassel, die Akademie Mont-Cenis in Verbindung mit öffentlichen Einrichtungen des Stadtteils fertiggestellt. Zentraler Bestandteil der Anlage in einer ovalen Lichtung des neuen Landschaftsparks ist eine Mikroklimahülle, in welche die Gebäude der Forbildungsakademie und des Stadtteilzentrums einge-stellt sind. Die Glashülle bewirkt eine Verschiebung des Innenklimas gegenüber dem winterlichen Außenklima zu höheren Temperaturen hin. Auf dem Glasdach der Halle befindet sich das weltweit größte dachintegrierte Solarkraftwerk mit einer Modulfläche von 10.000 m² und einer Spitzenleistung von 1 Megawatt. Die Solarzellen sind aus Gründen tageslichttechnisch optimiert unregelmäßig über den eingestellten Gebäuden angeordnet und dienen zugleich als Sonnenschutz für den Halleninnenraum (Abb. 1).

Thermisches Raumklima

Abb. 2: Bibliothek

Für den Entwurf und die Planung der Mikroklimahülle war es entscheidend, Erkenntnisse über das thermische Verhalten der Halle zu erhalten. Die thermische Simulation mit dem Programm TRNSYS (Kooperation mit dem Institut für Licht und Bautechnik) berücksichtigt neben der Wirkung der Glashalle Transmission und Absorbtion von Solarstrahlung in den Solarmodulen, sowie den Luftwechsel der Halle infolge natürlicher Lüftung. Thermische Simulationen und Strömungssimulation wurden iterativ durchgeführt.

Für das deutsche Testreferenzjahr 3 (Ruhrgebiet) liegen die Temperaturen im Sommer in der Halle zwar zeitweise über den Außentemperaturen, sind jedoch durch den hohen Luftwechsel, der über die Öffnungen in der Hülle erreicht werden kann, akzeptabel. Abb. 9 zeigt die Temperaturen in den eingestellten Gebäuden, die während heißer Tage über Erdkanäle versorgt werden (siehe auch Abb. 3) Bei weitgehend geschlossenen Öffnungen im Winter kann bei einem einfachen Luftwechsel in der Halle der gewünschte Effekt von moderaten "mediteranen" Temperaturen in der Halle erzielt werden (Abb. 7).

Lüftung

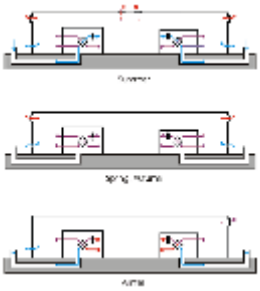


Abb. 3: Lüftungsschema

Die in die Halle eingestellten Gebäude verfügen, um den Heizenergiebedarf noch weiter zu reduzieren über eine Be- und Entlüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung. Die Anlage erhält ihre Frischluft während der Übergangszeit über die Mikroklimahülle. In sehr heißen oder sehr kalten Perioden wird die Zuluft von außen über Erdkanäle angesaugt. Die Abluft geht bis auf stark belastete Luft aus Küchen und Toiletten in die Halle (Abb. 3). Der Luftwechsel in der Halle musste so abgestimmt werden, dass trotz des Eintrags der Abluft der Gebäude in die Halle insgesamt eine gute Luftqualität gewährleistet bleibt.

Abb. 4: Lüftungsklappen in der Fassade

Für die Mikroklimahülle wurde in Zusammenarbeit mit der Ingenieurgesellschaft Schmidt Reuter Partner mit Hilfe umfangreicher Strömungssimulationen mit dem Programm PHOENICS für den Innenraum der Halle ein Konzept für die natürliche Be- und Entlüftung erarbeitet. Auf der Basis von Simulationsrechnungen für die typischen Jahreszeiten erfolgte gemeinsam mit den Architekten die Festlegung von Art und Lage der Lüftungsöffnungen.

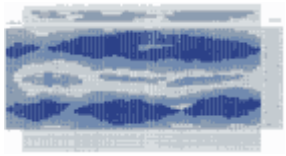


Abb. 5: Verteilung der Solarzellen im Dach

Die für die Strömungssimulation notwendigen Randbedingungen, d.h. die Temperaturen der Oberflächen in der Halle (Unterseite der Solarzellen, eingestellte Gebäude, Außenfassade und Boden) wurden mit dem Programm TRNSYS ermittelt. Das Programm berechnet die thermodynamischen Vorgänge in der Halle (Temperaturen, Wärmeströme, Solareinstrahlung, etc.) über einen Jahreszyklus. Der in der thermischen Simulation zugrundegelegte Luftwechsel wurde zunächst geschätzt und dann mit den so gewonnenen thermischen Vorgaben in der Strömungssimulation berechnet. In einem iterativen Prozess lassen sich beide Simulationen anpassen. Die bei Wind wichtigen Druckverhältnisse auf der Außenhaut der Mikroklimahülle wurden durch die Gesellschaft für Aerophysik, Zürich in einer Windkanalstudie mit ca. 160 Druckmesspunkten auf dem Hallenmodell bestimmt.

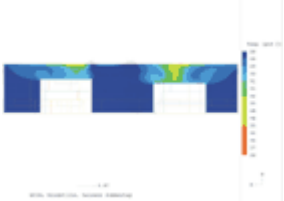


Abb. 6a: Strömung für einen heißen windstillen Sommertag

Die Ergebnisse der Strömungssimulation, insbesondere die Temperaturen, hängen immer von den zugrundegelegten Randbedingungen ab. Gleichzeitig beeinflussen sich Luftströmung, Temperaturen und Wärmeflüsse gegenseitig, so dass eine genaue Abstimmung dieser Werte nur in guter Näherung gelingen kann. Der Luftwechsel in der Halle beträgt am einem windstillen Tag im Sommer mit 28 °C Außentemperatur 6,45 pro Stunde. Insgesamt ist eine gute Durchlüftung der gesamten Halle (auch in der Mittelzone) im Aufenthaltsbereich festzustellen (Abb. 5). Bei dieser Simulation wurden alle Fenster in der Außenhülle der Halle und die Tore als geöffnet angenommen. Die Aufheizung der Hallenluft durch die Solarzellen beschränkt sich hier auf einen relativ kleinen Bereich über den Gebäuden unterhalb der Solarzellen. Im Aufenthaltsbereich der Halle herrschen, was die Lufttemperatur angeht, in etwa Außenbedingungen.

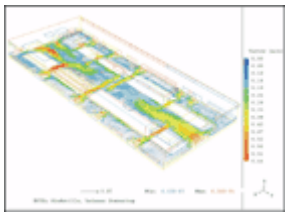


Abb. 6b: Temperaturen für einen heißen windstillen Sommertag

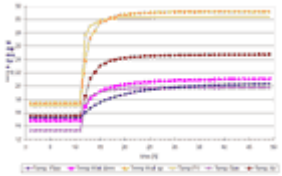


Abb. 7: Sprungantwort, Änderung der Einstrahlung

Das für die Regelung der Lüftungsöffnungen wichtige dynamische Verhalten der Halle wurde durch die Simulation einer Reaktion auf eine plötzliche Änderung der einzelnen Einflussgrößen ermittelt (Sprungfunktion). So betrug beispielsweise die Zeit einer Reaktion der Halle auf eine von 0 auf 400 W/m² erhöhte direkte Solarstrahlung 3 Stunden bis 70% des Endwertes erreicht waren (Abb. 7). Für die Regelung wurde ein Zeitintervall von 1 Stunde abgeleitet.

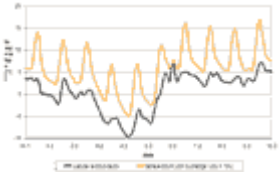


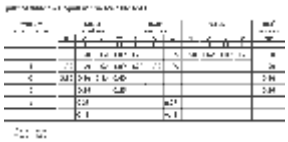
Abb. 8: Winterliche Temperaturen

	E	C	B'	A'
	D	B	B'	A'
	C	C	B	B
	F*	E	D	D
	F*	F*	E	E

Tab. 1: Fensteröffnungsschema

Ergebnis der Berechnungen sind detaillierte Vorgaben für das Öffnen und Schließen der Lüftungsöffnungen in den Fassaden und im Dach in Abhängigkeit von Außentemperatur, Windgeschwindigkeit, Windrichtung und der Zustände in der Halle.

Entsprechend der meteorologischen Randbedingungen von Sonne, Wind, Außentemperatur und der Innentemperatur wurde ein System entwickelt, das eine Ansteuerung einzelner Gruppen von Lüftungsöffnungen regelt. Die zunächst unüberschaubare Vielfalt meteorologischer Konstellationen konnte in ein vereinfachtes Schema überführt werden. Tab. 1 zeigt für einen Windgeschwindigkeitsbereich und mögliche Temperaturkombinationen die angestrebten Luftwechselzahlen der Halle und benennt die zugehörigen geöffneten Fensterkonstellationen. Tab. 2 definiert den Anteil geöffneter Fenster für die in Tab. 1 genannten Konstellationen.



Tab. 2: Anteil geöffneter Fenster

Gesamtenergie-bilanz

Die Mikroklimahülle mit Ihren eingestellten Gebäuden trägt zur Heizenergieeinsparung bei und wandelt gleichzeitig Solarstrahlung in elektrischen Strom um. Die Vorgaben der Wärmeschutzverordnung können durch einen guten Dämmstandard der eingestellten Gebäude, eine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung, und den Einfluss der Mikroklimahülle um 55% unterschritten werden (dynamische Simulation mit dem Programm TRNSYS).

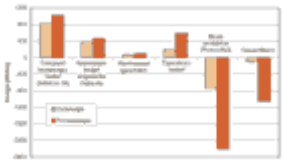


Abb. 9: Energiebilanz

Abb. 10: Halleninnenraum

Die Photovoltaikanlage auf dem Dach der Glashalle "erntet" im Jahr ca. 750 MWh elektrischen Strom mit einem Primärenergieäquivalent von 2.200 MWh im Jahr. Nach Abzug des Eigenstrombedarfs des Gebäudes können immer noch 550 MWh elektrische Energie ins öffentliche Netz eingespeist werden. Insgesamt kann die Halle auch unter Abzug der Heizenergie und dem abgeschätzten Bedarf für Warmwasser als Energiegewinngebäude mit einem Gewinn an Primärenergie von ca. 1060 MWh im Jahr angesehen werden (Abb. 9).

Zusammen-fassung

Die Mikroklimahülle der Akademie Mont-Cenis kontrolliert die Innenraumbedingungen bezüglich Licht, Wärme und Luft mit überwiegend baulichen Mitteln und gewinnt zudem Solarstrom weit über den eigenen Bedarf hinaus. Die Glashülle ermöglicht eine photovoltaische Solarnutzung von 1 MWp, eine Lichtdurchflutung der Halle und natürliche Beleuchtung der eingestellten Gebäude, ein mediterranes Winterklima mit entsprechender Heizenergieeinsparung, eine Verschattung gegen sommerliche Überwärmung sowie eine natürliche Lüftung durch Wind und Thermik. Die Realisierung dieses richtungweisenden Objekts der Umweltarchitektur im Rahmen der IBA Emscher Park ist dem Willen aller Beteiligten zur Anwendung neuester Erkenntnisse aus Forschung und Entwicklung zur Solar- und Umwelttechnik zu verdanken. Die Planungsbeteiligten setzten neben ihrer fachlichen Erfahrung neueste Hilfsmittel der rechnergestützten Simulation von Licht, Wärme und Luftströmung sowie Windkanalversuche ein, um die Unwägbarkeiten des beispiellosen Pilotgebäudes möglichst klein zu halten. Schließlich bedurfte es der Bereitschaft aller Beteiligten zur integrierten Planung in allen Phasen des Entwurfs.

Literatur

[1] Müller, H., Pasquay, T.: Solarzeitalter - Die Mikroklimahülle, Fortbildungsakademie Mont-Cenis, AIT-Spezial-Intelligente Architektur, Nov. 1999, ISSN 0949-2356, S. 38-41.

[2] Pasquay, T., Müller H.F.O.; Controlled Natural Ventilation in a Large Microclimatic Envelope, in proceedings 3rd REBUILD Conference, 4-6 October Barcelona (1999)

[3] v. Bohlen, U., Kischkoweit-Lopin, M., Müller, H.F.O., Pasquay, T.: Fortbildungsakademie Mont-Cenis, Herne- Sodingen, Planung der natürlichen Beleuchtung und Belüftung, in: Tagungsband Symposium Energiefassaden 1998, Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie, Berlin (1999), ISBN 3-9805738-2-6.

[4] Entwicklungsgesellschaft Mont-Cenis: Fortbildungsakademie Herne, Stadtteilzentrum Herne-Sodingen, 1 Megawatt Solarkraftwerk der Stadtwerke. Projektdarstellung (1999).