

VERGLEICHSMESSUNGEN DES INNENKLIMAS

Beeinflussung der Sauerstoff- und Kohlendioxid-Konzentrationen der Raumluft durch die Grüne Solar-Architektur



Welchen Einfluß bauliche Bepflanzungen auf die O_2 - bzw. CO_2 -Konzentration der Raumluft haben, wurde am Verwaltungsgebäude eines Fuldaer Unternehmens untersucht. Im Rahmen einer meßtechnischen Erfassung sollte neben dem Heizenergieverbrauch, dem thermischen und hygrischen Verhalten sowie der Versorgung der Räume mit Tageslicht die Beeinflussung dieser Konzentrationen durch das nach den Prinzipien der Grünen Solar-Architektur erweiterte Gebäudekonzept nachgewiesen werden.

Vom 16. September 1986 bis 31. Mai 1988 wurden dazu kontinuierlich die Konzentrationen in dem Erweiterungsbau und, zum Vergleich, im angrenzenden klimatisierten Bürobereich desselben Unternehmens sowie in der Außenluft gemessen und registriert.

Prof. Dr.-Ing. Gerd Hauser,
Fachgebiet Bauphysik,
Gesamthochschule-Universität Kassel

Herrn Prof. Dr.-Ing. Karl Gertis zum 50. Geburtstag in Dankbarkeit gewidmet.

Einführung

Einer intensiven Bepflanzung von Wintergärten wird zum Teil in der Literatur [1 bis 5] eine erhebliche Beeinflussung der Sauerstoff- bzw. Kohlendioxidkonzentration der Luft zugeschrieben. So zeigen Meßkurven [1], die in [2 bis 3] übernommen sind, Schwankungen der CO_2 -Konzentration je nach Tageszeit und Witterung von 18,7 bis 21,4 Vol.-%. Für vier Tage mit unterschiedlichen Bewölkungsgraden werden die in *Bild 1* wiedergegebenen Tagesgänge der Sauerstoffkonzentration in der Luft eines Wintergartens publiziert. Auch im Freien werden erhebliche Schwankungen des Sauerstoffgehalts gemessen.

Gebäudebeschreibung

Bei dem untersuchten Gebäude handelt es sich um einen Anbau an ein bestehendes Verwaltungsgebäude, welches traditionell ausgeführt ist. Der Anbau wurde von der Architektengruppe LOG ID, Tübingen, so gestaltet, daß das eigentliche, als Büro genutzte Anbauvolumen, bestehend aus zwei Pavillons im Ober- und Dachgeschoß, vollständig von einem Wintergarten umgeben ist. *Bild 2* zeigt die Nordost- und *Bild 3* die Südostansicht des bestehenden Verwaltungsgebäudes mit Erweiterung. *Bild 4* enthält einen Längsschnitt.

Der Wintergarten besteht aus einer feuerverzinkten Stahlkonstruktion mit Isolierverglasung. Wie in *Bild 4* zu erkennen, sind in der Wintergartenhülle vier Lüftungsklappen angeordnet, die sich über die gesamte Gebäudebreite erstrecken. Die Büropavillons im Wintergarten bestehen aus einer Holzkonstruktion. Die Bepflanzung des Wintergartens, die sich auch auf die Dächer der Pavillons erstreckt, ist sehr intensiv und umfaßt 20 verschiedene Pflanzenarten. Der Wintergarten wird so beheizt, daß eine Temperatur von ca. 5 °C (Winter 1986/1987) bzw. 0 °C (Winter 1987/1988) nicht unterschritten wird.

Meßsystem

Die Messung der O_2 - und CO_2 -Konzentration erfolgt mit dem in *Bild 5*

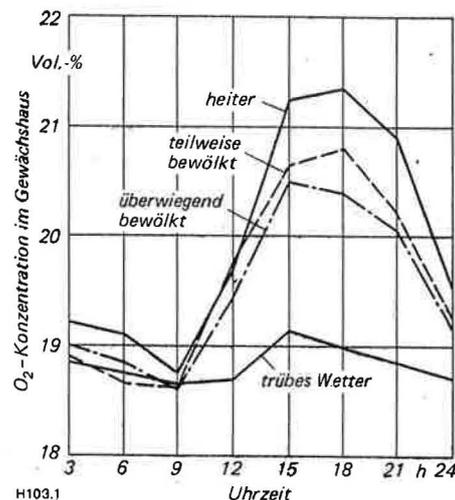


Bild 1: Meßwerte der Sauerstoff-Konzentration in einem Gewächshaus an Tagen mit unterschiedlicher Witterung nach [1]

schematisch dargestellten System. Die Luft wird aus den zu untersuchenden Bereichen über Schläuche kontinuierlich angesaugt und nach Trocknung und Erwärmung bzw. Kühlung auf Klimaboxtemperatur den Analysatoren zugeführt. Abströmregler sorgen für gleichbleibende Gesamtdrücke. Als Analysatoren finden folgende Geräte Verwendung:

CO_2 : Siemens CO_2 Controller TN 59 129

O_2 : Panamatrix OX-T-19

Täglich um 24.00 Uhr werden die Analysatoren nachkalibriert mit Hilfe von zwei Gasgemischen folgender Zusammensetzung:

- 15,4% O_2 ; 84,6% N_2
- 20,4% O_2 ; 0,267% CO_2 und 79,333% N_2

Die Meßwerte werden zusammen mit allen anderen Meßgrößen über insgesamt 4 HP 3421A-Scanner einer Rechereinheit zugeführt und auf Disketten gespeichert, wobei Momentanwerte der Gaskonzentrationen im 15-Minuten-Takt Verwendung finden.

O_2 -Konzentrationen

Wie die Konzentrationsverläufe an den vier Meßstellen beispielsweise während einer Januarwoche in *Bild 6* und während des März 1988 in *Bild 7* verdeutlichen, sind die gemessenen O_2 -Konzentrationen nahezu

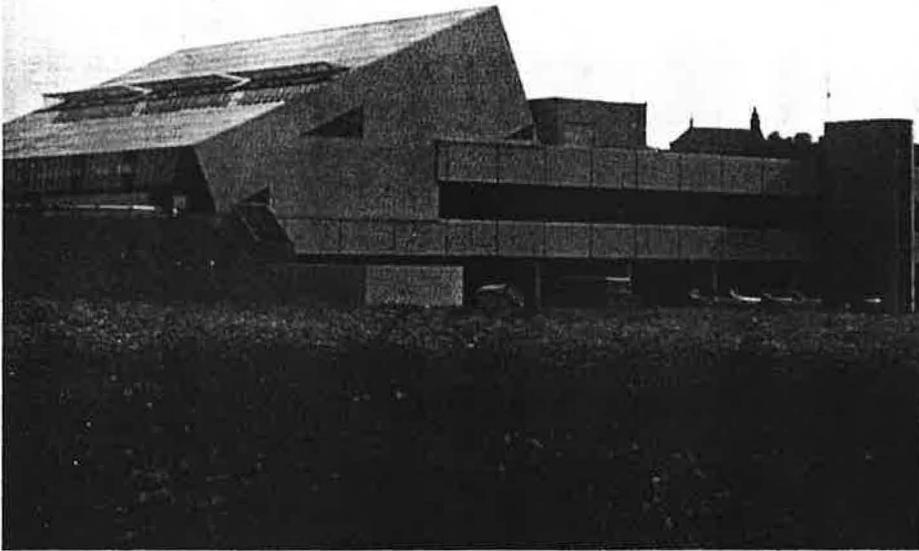


Bild 2: Nordostansicht des Verwaltungsgebäudes [6]



Bild 3: Südostansicht des Verwaltungsgebäudes mit dem Erweiterungsbau

konstant und unterscheiden sich nur geringfügig. Die wesentlich glatteren Kurvenverläufe während der Januarperiode gegenüber der Märzperiode hängen mit der Konditionierung der dem Meßgerät zugeführten Luft zusammen. So gelang es in der Klimabox, welche das Meßgerät und einen 5 m langen Schlauch enthält, den die Prüfluft zur Temperaturannahme durchströmen muß, in der Januarperiode sehr stabile Temperaturen aufrechtzuerhalten, wie Bild 8 zeigt, während in der Märzperiode größere Schwankungen auftraten. Der kurzfristige Temperaturanstieg der Klimabox am 14. Januar 1987 rührt von einer Systempflege her, während der die Regelung der Klimabox nicht lief. Ebenso sind die Konzentrationswerte vom 11. März 1988 keine regulären Meßwerte, weil zu diesem Zeitpunkt das Silicagel in den Trockenflaschen ausgetauscht wurde und anschließend das Gesamtsystem erst wieder „hochgefahren“ werden mußte. Die Temperaturschwankungen in der Klimabox während des März führen selbst bei rechnerischer Korrektur entsprechend den Temperaturen zum Zeitpunkt der Kalibrierung und zum Zeitpunkt der Messung zu geringfügigen O₂-Konzentrations-Abnahmen, wie aus Bild 9 hervorgeht.

Auch zu anderen Zeiten während des Untersuchungszeitraums treten keine größeren Konzentrationschwankungen als die hier dargestellten auf. Gemittelt über die Januarperiode ergeben sich folgende Mittelwerte:

- a) Außenluft 20,91%
- b) Pavillon OG 20,88%
- c) Pavillon DG 20,83%
- d) Klimatisierter Bereich 20,89%.

Meßergebnisse der Sauerstoffkonzentration in der Außenluft finden sich in [7 bis 11]. Aus allen Messungen geht hervor, daß der Sauerstoffgehalt

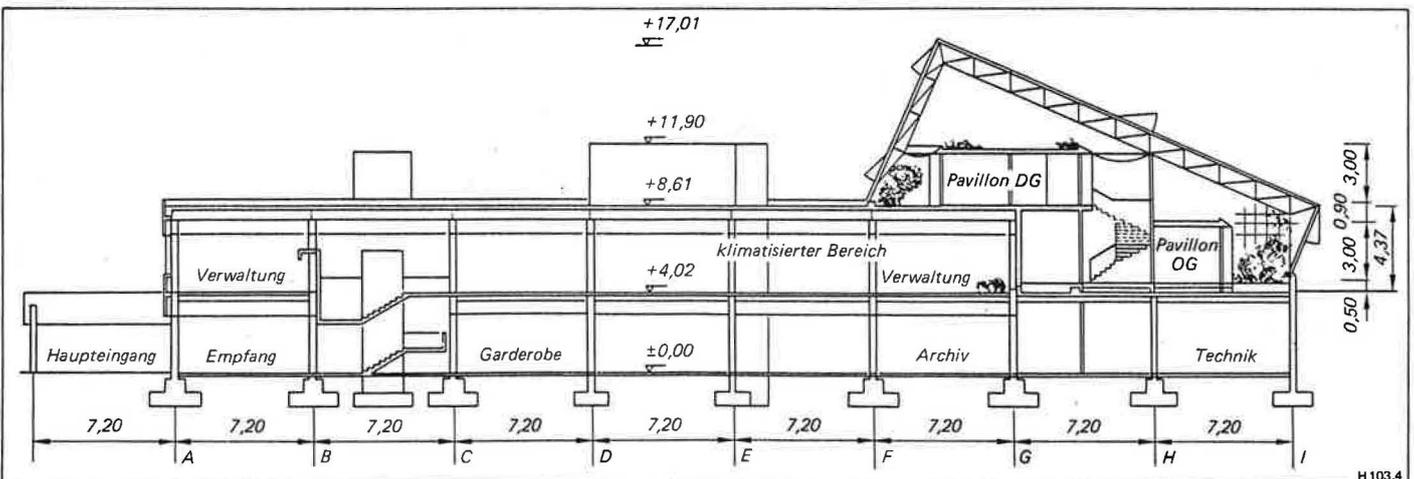
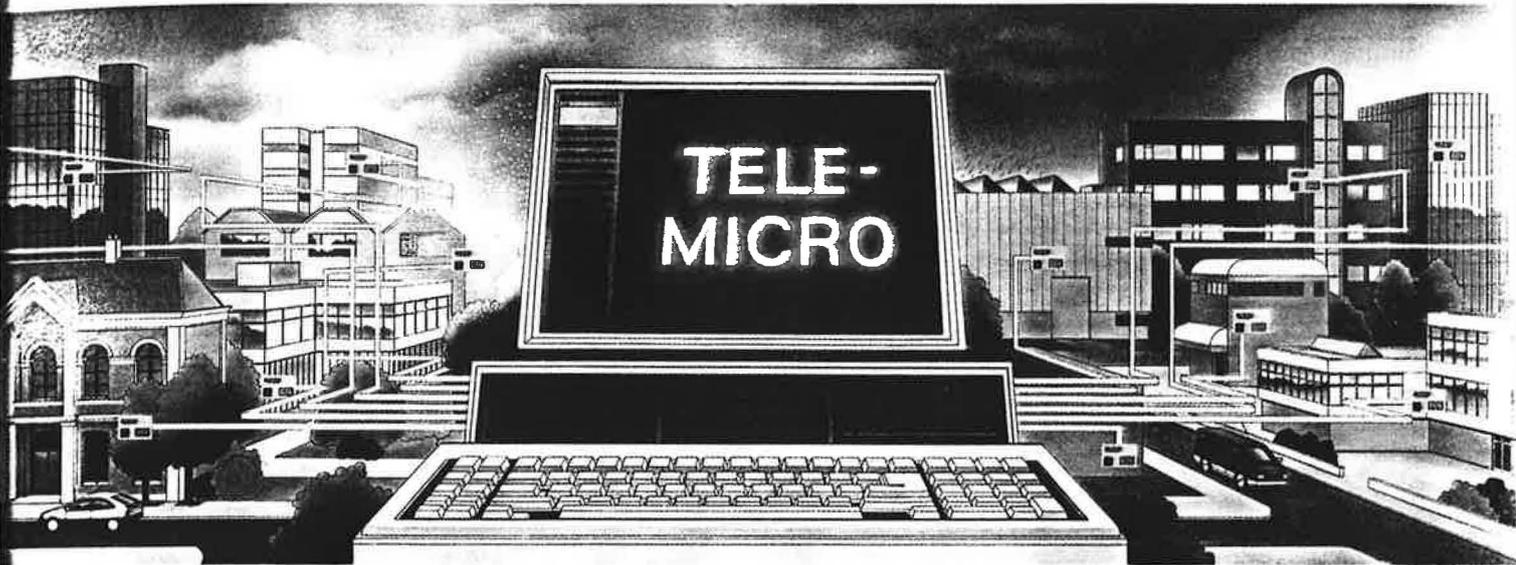
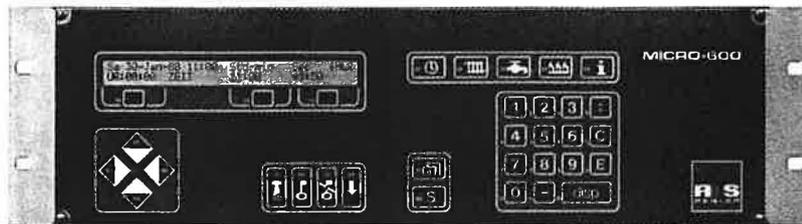


Bild 4: Schnitt durch das Verwaltungsgebäude mit Erweiterungsbau (rechts) [6]

Die ökonomische Gebäude-Fern-
überwachung per Computer, voll-
automatisch für 24 Stunden am Tag,
365 Tage im Jahr



Ein vollständiges DDC-System
zum Messen, Steuern, Regeln
und Überwachen für Ihre Heizungs-
und Lüftungsanlage



Die Parametrierung und Konfigurie-
rung der DDC-Systeme „MICRO“
von R+S erfolgt über das Telefonnetz
der Bundespost oder über ein
lokales Netz.



RICCIUS+STROSCHEN

Regelungstechnik für Heizung, Klima, Lüftung
Ostpreußendamm 137/138 · 1000 Berlin 45
Telefon (030) 77 99 4-0 · Telex 1 84 311

ISH

89 Halle 9.2 Stand F 30

SIEMENS

SICLIMAT bedeutet:

**Leitsysteme, die Ihnen
glatte 25% Betriebskosten
einsparen**

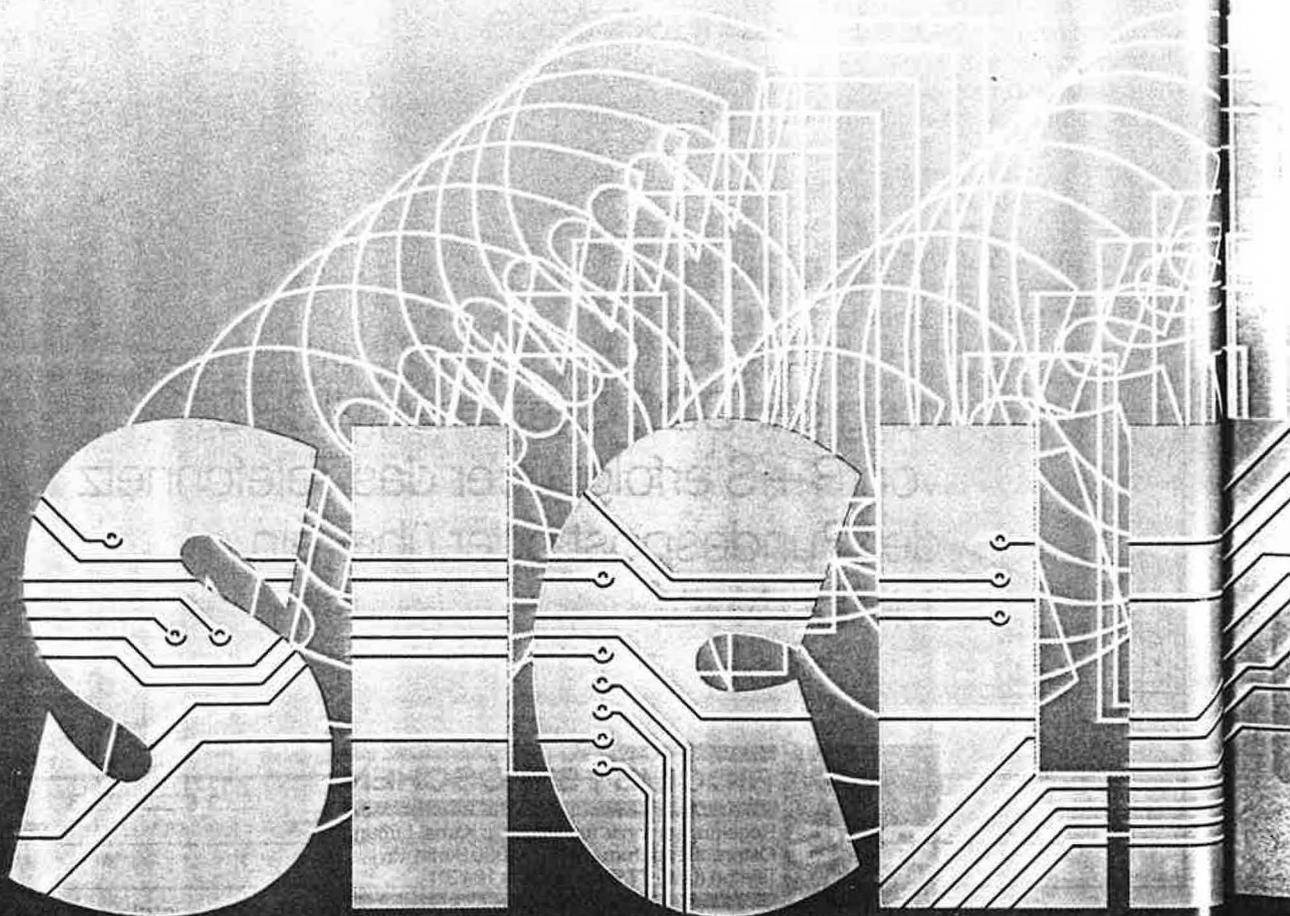
Im Büro wird rationalisiert, in der Fertigung automatisiert und bei der Gebäudetechnik – meist viel zu viel gezahlt! Für zuviel Energie bei ungünstiger Betriebsweise und zu hohe Wartungsaufwendungen

Dabei ist es möglich, auch hier Rationalisierungsreserven auszuschöpfen:

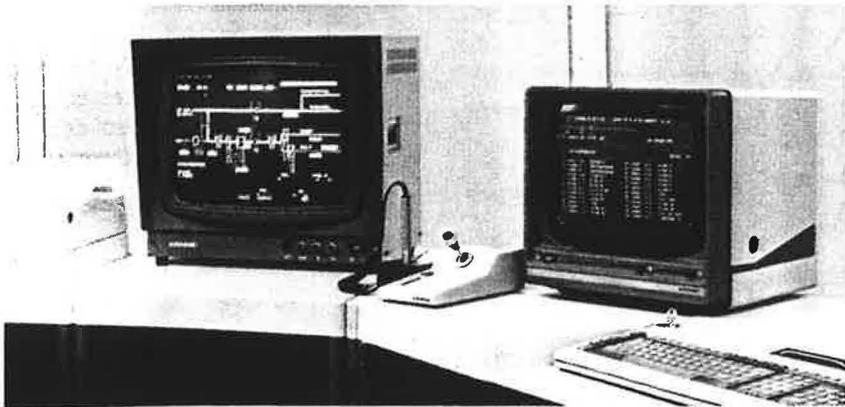
mit SICLIMAT®-Leitsystemen.

Denn die senken den Energieverbrauch, erhöhen die Betriebssicherheit und sorgen für ein optimales Instandhaltungsmanagement.

Und zwar so wirkungsvoll, daß Einsparungen von 25% und Amortisationszeiten von zwei bis fünf Jahren realisierbar sind.



Ega
Ver
Indu
eine
SIC
die
tech



Egal, ob es sich um große Verwaltungsgebäude, ganze Industriekomplexe oder nur um einen Gebäudeteil handelt:

SICLIMAT-Leitsysteme senken die Betriebskosten der gebäudetechnischen Anlagen.

Was gehört noch zum SICLIMAT-System?

- Automatisierungsgeräte (DDC) verschiedener Leistungsklassen in modernster Mikroprozessortechnik und
- Stellgeräte mit hervorragenden technischen Eigenschaften
- äußerst preisgünstige Meßfühler

Coupon

An Siemens AG
 Infoservice 213-Z287
 Postfach 23 48 · D-8510 Fürth 2

Senden Sie mir bitte kostenlos Informationen zu SICLIMAT, dem digitalen Automatisierungssystem für die Gebäudetechnik.

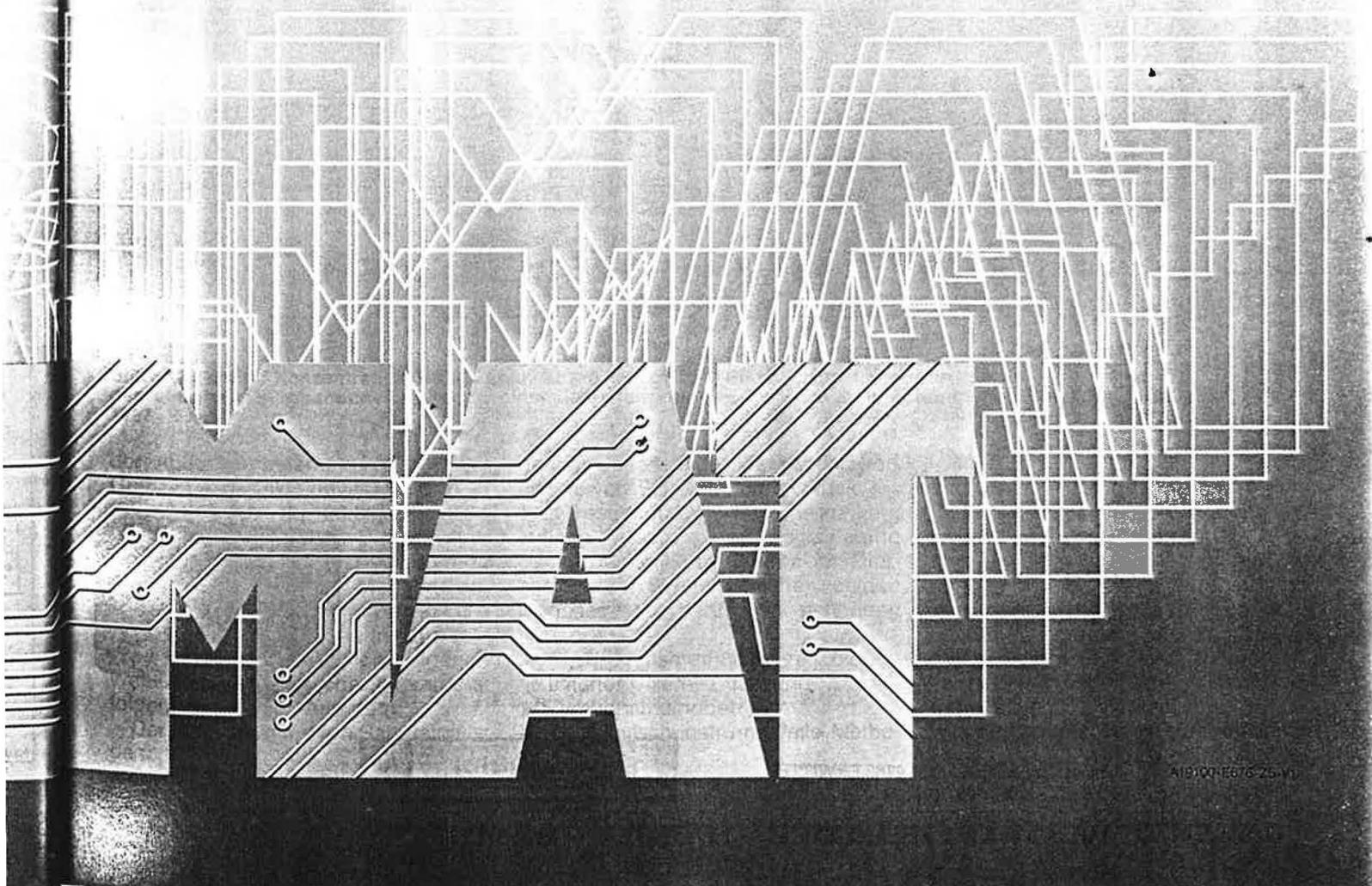
 Name

 Firma

 Anschrift

 Telefon

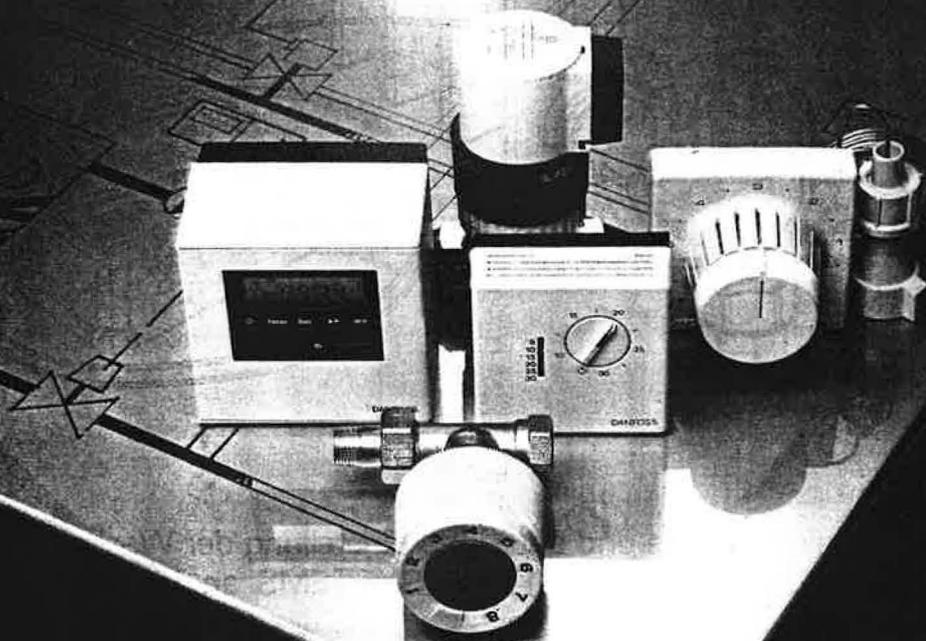
**Gebäudetechnik
 intelligent automatisieren
 mit SICLIMAT von Siemens**



DANFOSS

Regelkomponenten für Fußbodenheizungen

Die optimale Lösung für
Ihre Kunden



... mit neuen Komponenten
für die zentrale und
dezentrale Fußboden-
heizungsregelung.
Energieeinsparung ohne
Komfortverlust.

Mit Danfoss
ist alles geregelt



Danfoss GmbH
Carl-Legien-Str. 8
6050 Offenbach / Main
Tel. 0 69 / 89 02 - 0

CO₂-Konzentrationen

Die Beschreibung der Raumluftqualität hinsichtlich Geruchsstoffen und Ausdünstungen von Personen erfolgt im allgemeinen nach *Pettenkofer* [15] mit Hilfe der Kohlendioxid-Konzentration [16 bis 19]. Diese soll nach DIN 1946 [16] den Wert von 0,15 Vol.-% nicht überschreiten. Aussagen über den Staubgehalt der Luft und die durch die Außenluft eingebrachten und durch Arbeitsprozesse am Arbeitsplatz entstehenden schädlichen und belästigenden Gase und Dämpfe sind damit ebensowenig möglich, wie die Beschreibung der Wirkung von Geruchsstoffen von Pflanzen. CO₂-Konzentrationen sind also in erster Linie ein geeigneter Indikator für Geruchsbelästigungen. Darüber hinaus geben sie Aufschluß über die Versorgung der Räume mit Außenluft.

Meßwerte der CO₂-Konzentrationen sind in ihrem zeitlichen Verlauf beispielhaft für den März in den *Bildern 10 bis 13* für die Außenluft sowie die Luft in den Pavillons und im klimatisierten Bereich wiedergegeben. Zum leichteren Vergleich sind die Meßwerte aller Bereiche für den 8. März 1988 in *Bild 14* einander gegenübergestellt. Die niedrigen Werte am 11. März resultieren auch hier aus der Silicagelerneuerung und sind deshalb ohne Aussagekraft.

Die Diagramme verdeutlichen, daß relativ große CO₂-Konzentrationschwankungen auftreten. Selbst in der Außenluft schwanken in dem Industriegebiet Fuldas die Werte zwischen 0,022 und 0,084 Vol.-%. Der Tagesgang entspricht dabei nicht dem aus der Literatur bekannten, wonach nachts die höchsten und tagsüber die tiefsten Konzentrationen vorliegen, entsprechend den Assimilationsvorgängen bei Pflanzen. So erbrachten Messungen am 14. September 1952 in Frankfurt a.M. um 6.00 Uhr den Maximalwert von 0,037 und um 16.00 Uhr den Minimalwert von 0,023 Vol.-% [20] und Messungen aus Berlin zeigen für die mittleren Konzentrationen des Jahres 1980 ein Maximum um 6.00 bis 7.00 Uhr von 0,0367 und ein Minimum um 14.00 bis 15.00 Uhr von 0,0348 Vol.-% [21]. Nach [22] tritt um 4.00 Uhr das Maximum und um 12.00 Uhr das Minimum auf. Der in Fulda gemessene atypische Tagesgang kann mit der Nachbarschaft von Industrieanlagen, insbesondere einer Fleischwarenfabrik in unmittelbarer Nähe (ca. 100 m), erklärt werden. Die tiefste gemessene Konzentration von 0,022 Vol.-% wird durch den Wert von 0,023 Vol.-% in [20] und 0,025 Vol.-% in [23] gestützt.

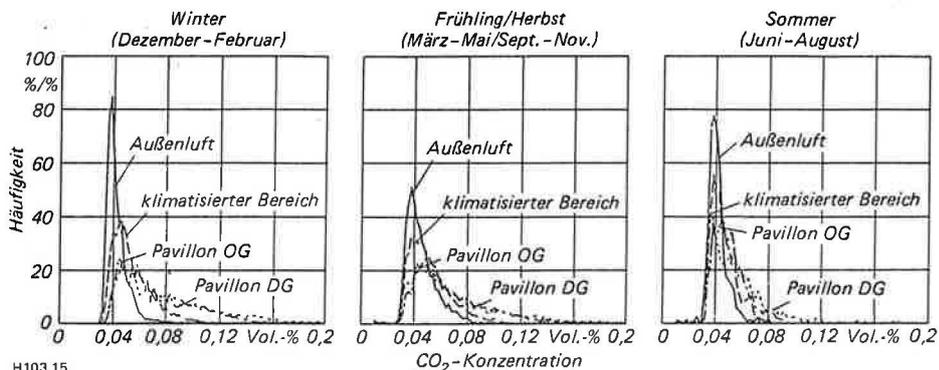


Bild 15: Häufigkeitsverteilung der Kohlendioxid-Konzentration in der Außenluft und in den Büros während der Nutzungszeiten von 7.00 bis 17.00 Uhr in Abhängigkeit von der Jahreszeit

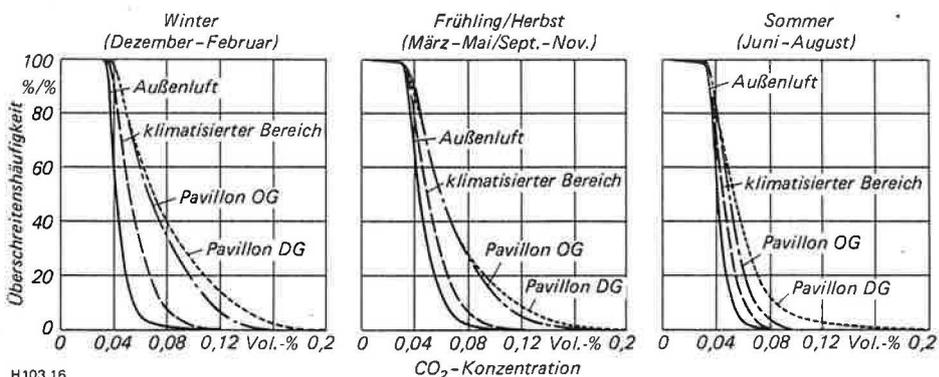


Bild 16: Überschreitungshäufigkeiten von Kohlendioxid-Konzentrationen in einzelnen Büros während der Nutzungszeit von 7.00 bis 17.00 Uhr in Abhängigkeit von der Jahreszeit

In den einzelnen Büros treten demgegenüber höhere Absolutwerte und größere Tagesschwankungen auf, insbesondere in den Büropavillons. Im Pavillon des Dachgeschosses wird zum Beispiel am Freitag, dem 4. März, ein Maximalwert von 0,21 Vol.-% erreicht, und 0,056 Vol.-% werden nicht unterschritten. Im klimatisierten Bereich sind die CO₂-Konzentrationen deutlich tiefer. An allen Sonntagen (6., 13., 20. und 27. März) und zum Teil auch an den Samstagen liegen in den Büros signifikant geringere CO₂-Konzentrationen vor.

Hinsichtlich des Tagesgangs der Konzentration ist aus *Bild 14* gut zu ersehen, wie mit Nutzungsbeginn gegen 8 Uhr in den Pavillons die Büroluftkonzentration ansteigt, gegen 13.00 Uhr ihr Maximum erreicht und sich nach 16.00 Uhr ähnlich wie die Außenluftkonzentration verhält.

Zur Vermeidung von Fehlschlüssen bei Betrachtung eines willkürlich gezeigten Zeitraums werden für den gesamten Untersuchungszeitraum die Auftretenshäufigkeiten der in den einzelnen Bereichen gemessenen Kohlendioxidkonzentrationen, getrennt für die einzelnen Jahreszeiten, ermittelt. Dabei zeigt sich daß

► im Winter und Sommer Außenluft-

konzentrationen von 0,02 bis 0,06 Vol.-% und im Frühling und Herbst von 0,02 bis 0,08 Vol.-% auftreten
 ► die häufigste Außenluftkonzentration im Frühling, Sommer sowie Herbst 0,034 Vol.-% und im Winter 0,035 Vol.-% beträgt.

Da für die Gebäudenutzung insbesondere Konzentrationen von 7.00 bis 17.00 Uhr Interesse finden, sind in *Bild 15* unter alleiniger Berücksichtigung dieses Tageszeitraums die Auftretenshäufigkeiten dargestellt. Für diese Zeitspannen steigt die häufigste Außenluftkonzentration geringfügig auf 0,038 Vol.-%. In den Büros erfolgt eine deutlichere Verschiebung hin zu größeren Konzentrationen. Dabei herrscht besonders im Winter in den Pavillons eine höhere Konzentration vor als in dem klimatisierten Gebäudebereich oder gar in der Außenluft. Der Grenzwert von 0,15 Vol.-% gem. DIN 1946 wird im Pavillon DG, geringfügig auch im Pavillon OG, überschritten. Für die Quantifizierung der Überschreitungshäufigkeit enthält *Bild 16* die entsprechenden Werte. Dabei zeigt sich, daß zum Beispiel eine CO₂-Konzentration von 0,1 bzw. 0,15 Vol.-% mit folgender Häufigkeit, bezogen auf die jeweiligen Zeiträume überschritten wird:

	Winter	Frühling/Herbst	Sommer
Pavillon OG	17,5 bzw. 0,5%	13 bzw. 1,5%	0%
Pavillon DG	25 bzw. 4%	17 bzw. 2,5%	5 bzw. 1%
Klimatisierter Bereich	1,5 bzw. 0%	1,5 bzw. 0%	0%

Zusammenfassung

Die Bepflanzung des Wintergartens ist nicht in der Lage, nennenswerte Schwankungen der Sauerstoffkonzentration in der Wintergartenluft oder gar in der Luft der Büropavillons hervorzu-rufen. Bei entsprechenden Aussagen in der Literatur liegen Fehlinterpretationen von Meßwerten vor.

Angesichts der gemessenen Kohlendioxid-Konzentrationen in den verschiedenen Bürobereichen ist festzustellen, daß die Büroflächen in den Pavillons, insbesondere diejenigen im Dachgeschoß, wesentlich weniger mit Frischluft versorgt werden als die Flächen im klimatisierten Gebäudebereich. So werden im Pavillon Dachgeschoß im Winter zu 25% der Bürozeiten von 7.00 bis 17.00 Uhr CO₂-Konzentrationen von 0,1 Vol.-% und zu 4% 0,15 Vol.-% überschritten. Zusätzliche Lüftungsmöglichkeiten bzw. die intensivere Bedienung der vorhandenen würde eine bessere Versorgung mit Frischluft, geringere Raumluftfeuchten, aber auch einen höheren Energieverbrauch bewirken.

Wenngleich die erhoffte Wirkung des Gebäudekonzepts auf die Sauerstoffkonzentrationen ausbleibt und Probleme bei der Raumluftqualität hinsichtlich Feuchte und Geruchsstoffbelastung auftreten, beinhaltet die realisierte Grüne Solar-Architektur für den Nutzer einen nicht zu unterschätzenden, jedoch auch nicht meßbaren Reiz des Zusammenlebens mit Pflanzen, der nicht durch die befürchteten sommerlichen Temperaturen getrübt wird, allerdings auch nicht die erhofften Heizeregieeinsparungen bewirkt –

hierüber wird an anderer Stelle berichtet – und dem sich auch die Messenden nicht verschließen konnten.

[H 103]

Literaturangaben

- [1] Schoknecht, W., E. Karrer, K. Drysch: Sauerstoffmessungen in pflanzenreichen Räumen (Teil 1). Staub-Reinhalt. Luft 40 (1980), H. 10, S. 456/57.
- [2] Ohne Verfasser: Wohnen auf der Sonnenseite – Solar-Architektur in Deutschland. Aktionsgemeinschaft Glas im Bau, Köln.
- [3] Minke, G., u. G. Witter: Häuser mit grünem Pelz. Ein Handbuch zur Hausbegrünung. Rudolf Müller-Verlag, Köln (1985).
- [4] Gerischer, W.: Wintergartenanlagen. DBZ (1986), H. 7, S. 905/08.
- [5] Timm, U.: Der Wintergarten. Wohnräume unter Glas. Callwey-Verlag München (1986).
- [6] Ohne Verfasser: Grüne Solararchitektur Verwaltungsbauserweiterung, Firma Tegut, Geloser Weg, Fulda; Einkaufsmarkt, Petersberger Straße, Fulda. LOG ID, Tübingen (1987).
- [7] Kreuzler, U.: Über den Sauerstoffgehalt der atmosphärischen Luft. Landw. 14 (1985), S. 305/78.
- [8] Gmelin: Handbuch der Anorganischen Chemie. 8. Auflage, Band 3, Lieferung 2: Sauerstoff. Verlag Chemie, Weinheim, (1951), S. 96/98.
- [9] Egle, K.: Die Bestimmung des Sauerstoffs in: Handbuch der Pflanzenphysiologie, Bd. V/1, Hrsg. W. Ruhland, Springer-Verlag, Berlin (1960), S. 152/57.
- [10] NBS Technical Note 505, Microchemical Analysis Section. Summary of Activities. July 1968 to June 1969. U.S. Dep. of Commerce, Nat. Bureau of Standards. J.K. Taylor, Washington, (1969), S. 7/8.
- [11] Bruckmann, P.: Messungen des Sauerstoffgehaltes der Außenluft. Schriftenreihe der Landesanstalt für Immissionsschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, Essen, 47 (1979), S. 23/29.
- [12] Giebel, J., u. M. Buck.: Hat sich der Sauerstoffgehalt der Atemluft verringert? Staub-Reinhalt. Luft 46 (1986), H. 7/8, S. 313/16.
- [13] Leithe, W.: Die Analyse der Luft und ihre Verunreinigungen in der freien Atmosphäre und am Arbeitsplatz. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft Stuttgart (1974).
- [14] Bruckmann, P., u. H. Stratmann: Sauerstoffmengen in pflanzenreichen Räumen (Teil 1). Eine Kritik! Staub-Reinhalt. Luft 41 (1981), H. 4, S. 140/42.

- [15] Pettenkofer, M.: Luftwechsel in Wohngebäuden. Cotta'sche Buchhandlung München (1858).
- [16] DIN 1946: Raumlufttechnik (Jan. 1983).
- [17] Recknagel, Sprenger, Hönnmann: Taschenbuch für Heizung + Klimatechnik 86/87. Oldenbourg-Verlag (1985).
- [18] Gertis, K., u. G. Hauser: Energieeinsparung durch Stoßlüftung? HLH 30 (1979), H. 3, S. 89/93.
- [19] Hauser, G.: Einfluß der Lüftungswärmeverluste von Gebäuden. HLH 30 (1979), H. 7, S. 263/66.
- [20] Egle, K., u. W. Schulz: Der Tagesgang des Kohlendioxidgehalts der Luft und das CO₂-Gefälle in Gewächshäusern. Beiträge zur Biologie der Pflanzen 32 (1955), S. 156/77.
- [21] Lahmann, E.: Ergebnisse der Kohlendioxid-Immissions-Messungen in Berlin. Schr.-Reihe Verein WaBuLu 52 (1981), S. 251/65.
- [22] Huber, B.: Die CO₂-Konzentration in Pflanzengesellschaft. Handbuch der Pflanzenphysiologie. Band V/2 Hrsg. Ruhland, W., Springer-Verlag, Berlin (1960), S. 339/48.
- [23] Buch, K.: Das Kohlendioxid in der atmosphärischen Luft. Handbuch der Pflanzenphysiologie Band V/1. Hrsg. Ruhland, W., Springer-Verlag, Berlin (1960), S. 12/23.

Danksagung

Für die Erlaubnis der Firma Tegut, Theo Gutberlet (Stiftung & Co.) in Fulda zur Durchführung der Messungen sei an dieser Stelle herzlich gedankt.

Anmerkung

Die Untersuchung wurde im Rahmen des Forschungsvorhabens „Erweiterung des Verwaltungsgebäudes der Firma Tegut nach den Prinzipien der Grünen Solar-Architektur mit Untersuchung des Energieverbrauchs, des Temperaturverhaltens sowie der Akzeptanz“ durchgeführt. Das Vorhaben wurde vom Bundesministerium für Forschung und Technologie (BMFT) unter dem Förderkennzeichen „O3E/8574 A“ gefördert.

EINKOMMENSTEUERLICHE BEHANDLUNG DER UMSTELLUNG DER HEIZUNGSANLAGE VON ÖL- AUF GASFEUERUNG

Die Umstellung einer Heizungsanlage von Öl- auf Gasfeuerung in einem eigengenutzten Einfamilienwohnhaus oder einer eigengenutzten Eigentumswohnung ist keine erstmalige Maß-

nahme nach § 82a Abs. 3 EStDVO und demgemäß nicht gemäß § 82a EStDVO Abs. 1 Nr. 1 und 3 in Verbindung mit der Anlage 7 Nr. 7 zu § 82a EStDVO einkommensteuerbegünstigt.

– Bundesfinanzhof, Urt. v. 12. März 1985 – IX R 50/82 – BStBl II 1985, 398 – FWW 1985, 127 (n.L.) –

[H 1751] G/