

Massivdecke eines Grossraumbüros als Wärmespeicher

Autor(en): **Gertis, Karl / Fuchs, Walter**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **IABSE proceedings = Mémoires AIPC = IVBH Abhandlungen**

Band (Jahr): **5 (1981)**

Heft P-45: **Concrete slabs of an office building used as heat storage**

PDF erstellt am: **16.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-35889>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Massivdecke eines Grossraumbüros als Wärmespeicher

Concrete Slabs of an Office Building used as Heat Storage

Dalles massives d'un bâtiment fonctionnant comme accumulateur de chaleur

Karl GERTIS

Prof. Dr.-Ing.
Bauphysik & Baustofflehre, Universität Essen
Essen, BRD

Walter FUCHS

Dr.-Ing.
Büro für Industriebau
Stuttgart, BRD

ZUSAMMENFASSUNG

In dem betrachteten Bürogebäude, das Grossraumbüros enthält, werden die Massivdecken nicht nur nach statischen, sondern auch nach thermischen Gesichtspunkten ausgelegt. Die Massivdecken wirken hierbei als Wärmespeicher, in welchen die interne Wärmelast vorübergehend aufgenommen werden kann. Im Verhältnis zu traditionellen Klimasystemen arbeitet das neue «System der internen Massen» äusserst energieökonomisch.

SUMMARY

In this office building with open plan offices, the concrete slabs are not only constructed with regards to statics, but thermal points of view are considered as well. The concrete ceilings are used as heat-storing components in which the internal heat loads are temporarily stored. Compared to traditional air conditioning systems, the new «system of internal masses» is extremely economical in terms of energy consumption.

RÉSUMÉ

Dans le bâtiment considéré, conçu avec de larges bureaux collectifs, les dalles massives sont construites non seulement selon les exigences de la statique, mais aussi de la thermique. Les plafonds ont ici la fonction d'un accumulateur de chaleur où la charge est déposée temporairement. Comparé aux systèmes de climatisation traditionnelles, le «système des masses internes» est extrêmement économique du point de vue énergétique.



1. AUFGABENSTELLUNG UND WIRKUNGSWEISE

Im neuzeitlichen Bürohausbau werden neben Großräumen hauptsächlich Gruppenräume bzw. Funktionsräume geplant. Für solche Arbeitsräume ist eine natürliche Lüftung wegen der Raumgröße, der Raumtiefe und der internen Wärmelasten, die aus der Personenbelegung und aus der Wärmeabgabe von Beleuchtungskörpern und technischem Gerät resultieren, nicht mehr ausreichend. Dies führte bislang dazu, daß Bürogebäude mit größeren Räumen auch unter hiesigen Klimabedingungen in der Regel stets mit mechanischen Klimaanlagen versehen wurden.

Gegenüber den zunächst nur mit mechanischen Klimaanlagen beherrschten Sommergehältnissen zeigt sich im Winter, daß das gewünschte Raumklima leicht mit Hilfe einfacher Heizanlagen hergestellt werden könnte. Ferner wäre auch die Zuführung erwärmter Außenluft in

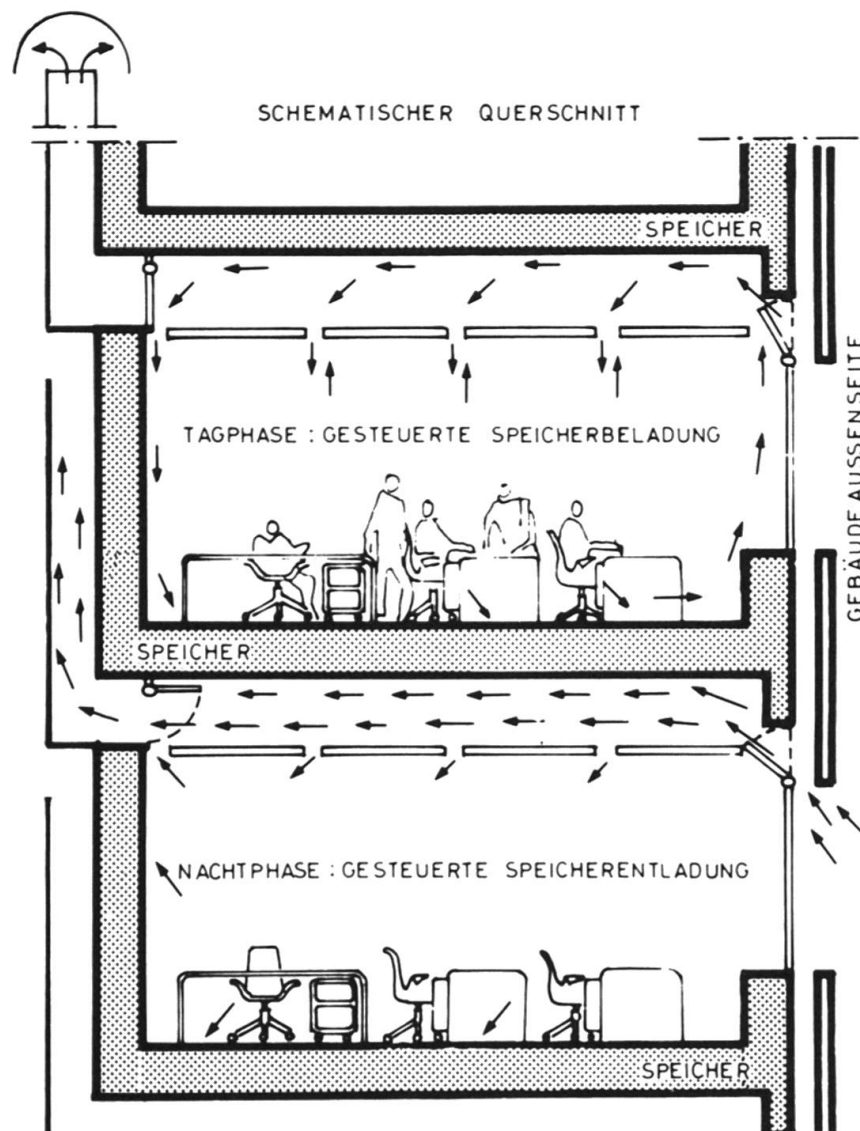


Bild 1: Wirkungsweise der Klimatisierung mit Hilfe interner Massen (schematisch dargestellt).

Oben: Tagbetrieb (der Speicher wird mit der im Raum anfallenden Wärme beladen).

Unten: Nachtbetrieb (der Speicher wird mit der zur Nachtzeit kühlen Außenluft entladen).

der benötigten Menge mit relativ geringem technischen Aufwand realisierbar. Wenn somit die sommerliche Wärmelast vernünftig "verarbeitbar" wäre, würde nicht nur die kostenaufwendige Installation einer mechanischen Klimaanlage, sondern auch Energie beim laufenden Betrieb eingespart werden können.

Beim Bau eines Bürogebäudes in Stahlbetonkonstruktion ist ein neuartiges Prinzip verwirklicht worden, mit dem sich die hohen internen Wärmelasten im Sommer mittels baulicher Maßnahmen aufnehmen lassen. Dieses Prinzip beruht darauf, daß die tagsüber ab einem bestimmten Zeitpunkt anfallenden Wärmemengen in die Massivdecken eingespeichert werden. Während der kühlen Nachtstunden, d.h. zu einem späteren Zeitpunkt, wird die dort gespeicherte Wärmeenergie mit Hilfe von Lüftungsmaßnahmen wieder abgeführt. Die Masse der Massivdeckenkonstruktion muß hierfür nach thermischen Gesichtspunkten ausgelegt werden. Ferner müssen die Wärmeübertragungswiderstände im konstruktiven Aufbau klein gehalten werden. Bild 1 verdeutlicht den Wirkungsmechanismus einer derartigen Massivdeckenkonstruktion schematisch. Man erkennt, daß die Raumluft am Tage im Umluftverfahren über alle raumseitigen Speicherflächen, besonders aber über die Unterseite der Deckenfläche, zwangsabgeführt wird. Die Temperatur der Decke liegt dabei unter der Raumlufttemperatur. Der Temperaturanstieg der Raumluft wird durch die Wärmeaustauschvorgänge verhindert und ist quantitativ mittels der Umluftmenge zu steuern. Die benötigte Frischluftmenge wird als Zuluft durch leicht geöffnete Außenluftklappen über die Speicheroberfläche herangeführt, kühlt sich dabei ab und liegt bei Raumeintritt unter der Temperatur der Außenluft. Mit Beginn der Nachtlüftung sind diese Außenluftklappen voll geöffnet. Die kühle Nachtluft wird mit möglichst großer Geschwindigkeit und in großer Menge über die Speicheroberfläche geführt und dann nach außen geleitet. Während größere Luftmengen den Spalt zwischen Speicheroberfläche und abgehängter Decke durchströmen, wird über ein stark gegliedertes Netz von Lüftungsspalten ein Anteil der Gesamtluftmenge an den darunterliegenden Raum abgeführt. Dieser Luftanteil bewirkt die Wärmeübertragung aus dem Fußboden und den übrigen Raumumschließungsflächen. Über den im Luftspalt an den Absaugeöffnungen entstehenden Unterdruck wird die in den Raum gelangende Zuluft wieder abgeführt, so daß der Durchsatz einer bestimmten Luftmenge gewährleistet ist. Während die Wärmeübertragung in der Nachtphase vorwiegend durch Zwangskonvektion mittels mechanischer Lüftung gekennzeichnet ist, erfolgt am Tage die Wärmezufuhr in die Speichermassen zum Teil auch durch natürliche Konvektion und Wärmestrahlung im Spalt (Beleuchtungskörper). In Bild 2 ist das Prinzip der während des Tages in die Decke eingedrungenen Wärmemenge als "Beladung" und der während der Nachtzeit aus der Decke abgegebenen Wärmemenge als "Entladung" schematisch dargestellt. Da der Wärmeübergang an der Deckenunterseite im wesentlichen durch Konvektion erfolgt, beeinflußt die Strömungsgeschwindigkeit der Luft die dort wirksam werdende konvektive Wärmeübergangszahl. Mit zunehmender Geschwindigkeit wird die Wärmeübergangszahl größer und der Wärmeübergangswiderstand somit kleiner. Wie in Bild 2 dargestellt, nehmen die Temperaturverteilungen über den Querschnitt der Deckenplatte am Ende der Erwärmungs- und Auskühlphase einen ungleichmäßigen Verlauf an. Die größten Temperaturgradienten sind an der von der Luft beströmten Oberfläche zu erwarten, während sich die Temperaturen im Innern der Platte nur geringfügig verändern.

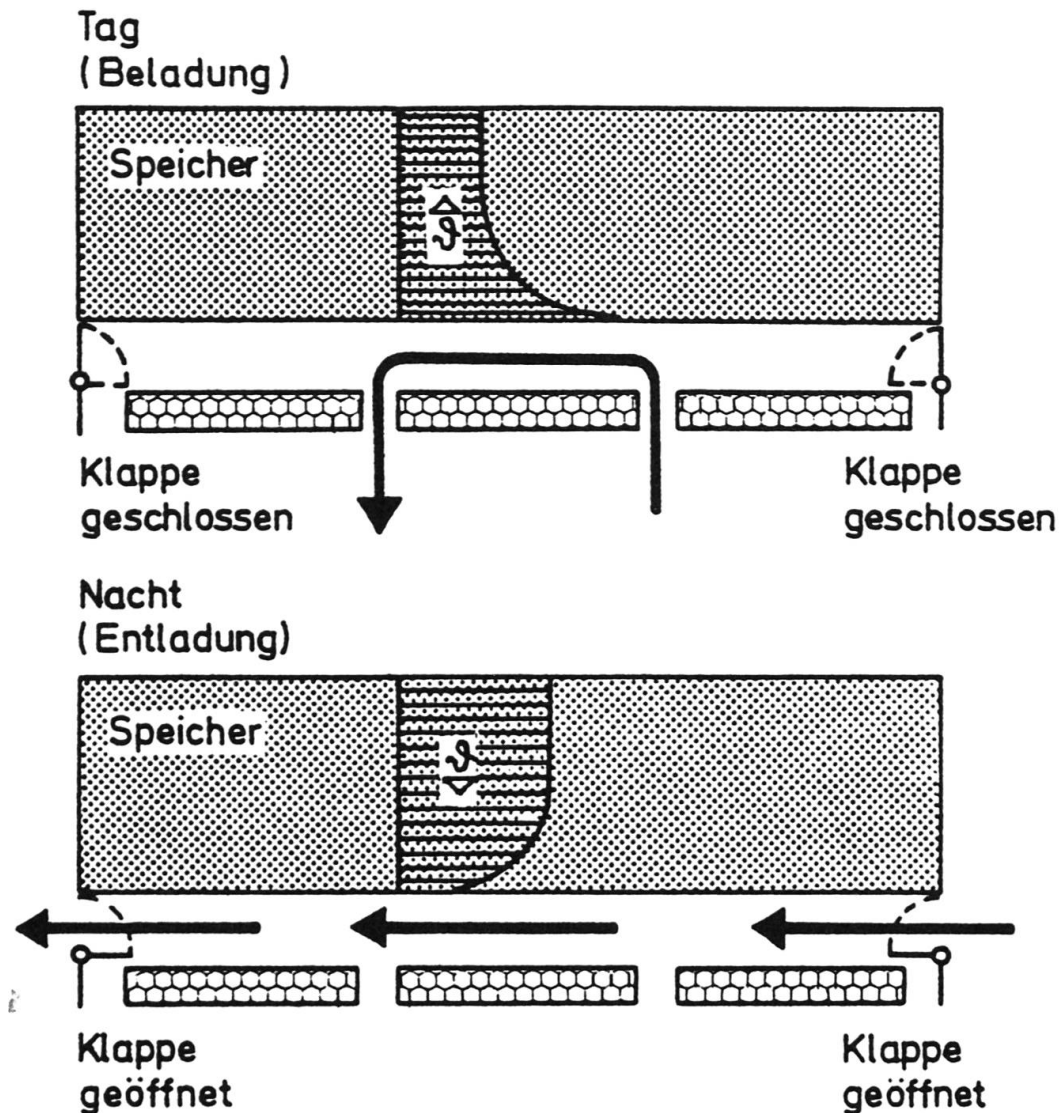


Bild 2: Mechanismus der Wärmeübertragung im Speicher anhand schematisierter Temperaturverteilungen (ϑ).

Oben: Tagbetrieb

Unten: Nachtbetrieb

2. BESCHREIBUNG DES BÜROGEBÄUDES

Das vorgestellte Wirkungsprinzip konnte anhand eines praktisch realisierten Bürobaues überprüft werden [1]. Als Bauaufgabe ergab sich die Realisation eines 6-geschossigen Bürogebäudes mit 3200 m² Brutto-Nutzfläche. Der Standort am Rande einer mittelgroßen Kleinstadt, mit einer durch Emission nur geringfügig belasteten Luftqualität, bot für die beabsichtigten Lüftungsmaßnahmen günstige Voraussetzungen. Die Überprüfung der Lage an der Nahtstelle zwischen Schulzone und Wohnbebauung ergibt einen genügend großen Abstand, so daß Belästigungen durch Schallübertragung während der Nachtlüftungsmaßnahme bei Verwendung von Schallschürzen ausgeschlossen werden können. Bild 3 zeigt die Lageplan-situation des Gebäudes. Die Zufahrtstraße dient nur Erschließungszwecken und schließt Belastungen, wie sie infolge Lärmentwicklung und Luftverschmutzung bei Durchgangsstraßen auftreten können, aus.

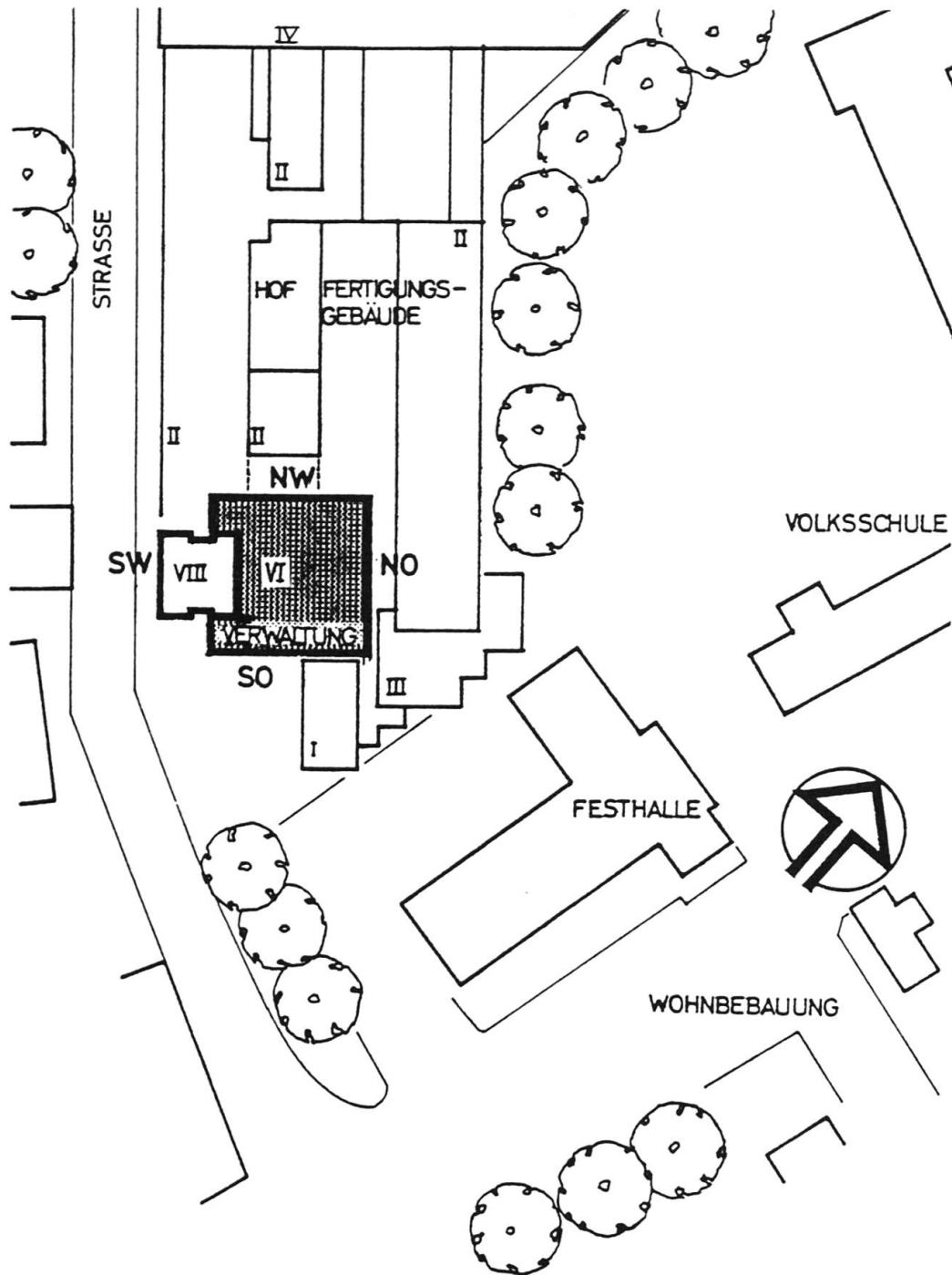


Bild 3: Lageplan des untersuchten Bürogebäudes. Es handelt sich hierbei um ein in Nord-Württemberg (Künzelsau) gelegenes 6-geschossiges Verwaltungsgebäude mit mehreren Büro-Großräumen von je ca. 500 m² Grundrißfläche.

Daraus, wie auch aufgrund der direkten nachbarlichen Industriebetriebe, war ein von äußeren Einflüssen abhängiger Geräuschpegel während der Benutzungszeiten unter 40 DIN-Phon als Belastungsgrenze zu erwarten.

Aufgrund einer organisatorischen Strukturuntersuchung entschied sich der Bauherr für die Grundkonzeption Großraumbüro: "Bei einem Höchstmaß an Bürokompfort sollen die kommunikativen und funktionellen Belange optimal und flexibel gesteuert werden können".



Trotz dieser Prämisse sollte für zukünftige Strukturwandlungen eine reversible Grundform entstehen, mit welcher bei Bedarf eine Anordnung von Einzel- oder Gruppenbüros ermöglicht werden kann. Aus der Prämisse "Großraumbüro" ergeben sich für die räumliche Disposition und Konstruktion folgende Planungsgrundsätze:

- Große Stützweiten, um möglichst wenige Festpunkte im Raum zu haben
- Erschließung der Flächen möglichst ohne visuelle Störung bei Dezentralisierung der sanitären Anlagen
- Raumbreiten und -längen von mindestens 22 m, bei Entfernungen von weniger als 12 m vom Arbeitsplatz zum Fenster.

Die sich hieraus entwickelnde Disposition von Gestalt und Lage des Baukörpers kann von erheblichem Einfluß auf die Wärmebilanz der Räume sein. Es soll deshalb bereits in diesem Stadium der Entwurfsvorbereitung auf einige grundlegende Dispositionsgedanken eingegangen werden. Eine aus meteorologischen Gesichtspunkten angestrebte "Nord-Süd"-Gebäudeorientierung kann grundsätzlich wegen der vorgegebenen Grundstücksverhältnisse und den baurechtlichen Bestimmungen nicht verwirklicht werden. Aus der Sicht der planerischen Möglichkeiten wird deshalb aus einer Reihe von Entwurfsalternativen die Lösung, wie in Bild 4 anhand des Grundrisses dargestellt, ausgewählt, bei welcher der Hauptkern als Festpunkt mit Verkehrsflächen und Nebenräumen, wie Aufzügen, Treppenhaus, WC-Anlagen und Pausenräumen, aus der Nutzflächenstruktur herausgelöst ist. Dadurch wird eine architektonische Gliederung und Differenzierung von horizontalem Bürobereich und vertikalem Festpunkt, sowie eine abschirmende Lage des herausgelösten Festpunktes und der Peripherieräume vor dem Hauptgebäude im Sinne meteorologischer und klimatechnischer Erkenntnisse erreicht. Der "Kern", welcher alle Nebenräume enthält und einen kleineren Fensterflächenanteil aufweist, ist der Hauptfassadenseite mit großem Fensterflächenanteil und deshalb größerem Wärmeeufkommen vorgeschaltet. Damit wird der unter sommerlichen Gesichtspunkten sich ergebende Nachteil der sich gegenüber der reinen Südseite stärker erwärmenden Südwestseite ausgeglichen. Ein weiterer Vorteil ergibt sich aus dem größeren Wärmespeichervermögen des Kerns aufgrund der vorgelagerten Speichermassen.

Für die Lösung der konstruktiven Probleme aus statischer Sicht werden im wesentlichen zwei Alternativen entwickelt. Die Deckenplatte erhält über einer Raumgröße von ca. 22 m x 22 m vier Auflagerepunkte. Zur Diskussion stehen:

- eine unterzugsbündige Rippendecke in einer Stärke von 50 cm mit freier Deckenunterseite
- eine Stahlbetondeckenplatte, 22 cm bis 25 cm stark, mit Haupt- und Nebenunterzugssystem. Um eine Luftführung unter der Deckenplatte zu ermöglichen, müssen die Unterzüge mit einer Vielzahl von Durchbrüchen unbestimmter Größe versehen werden.

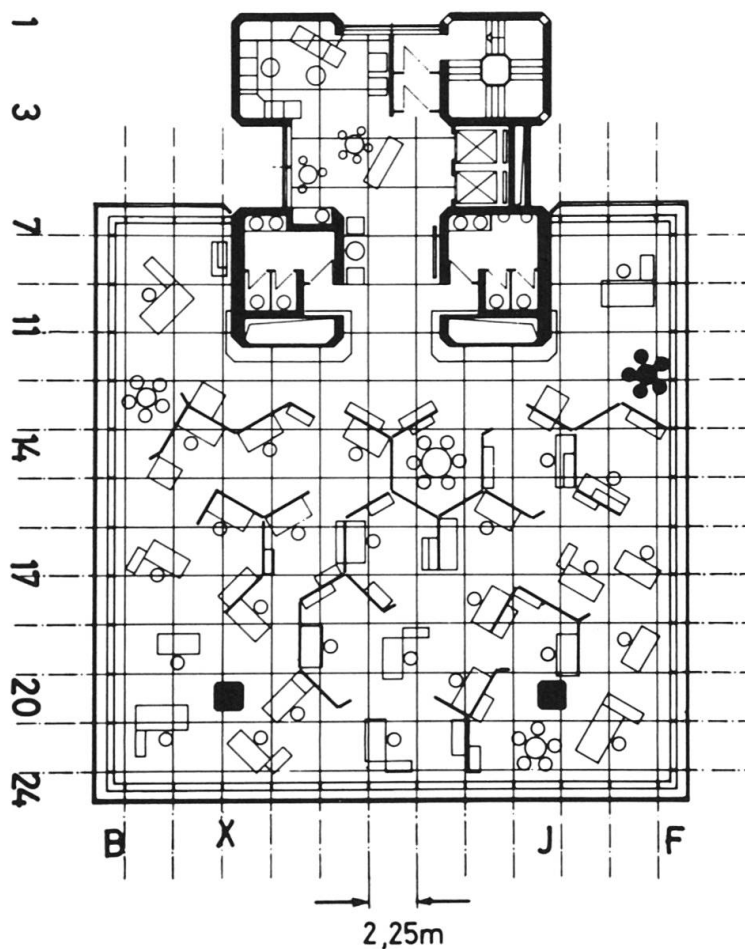
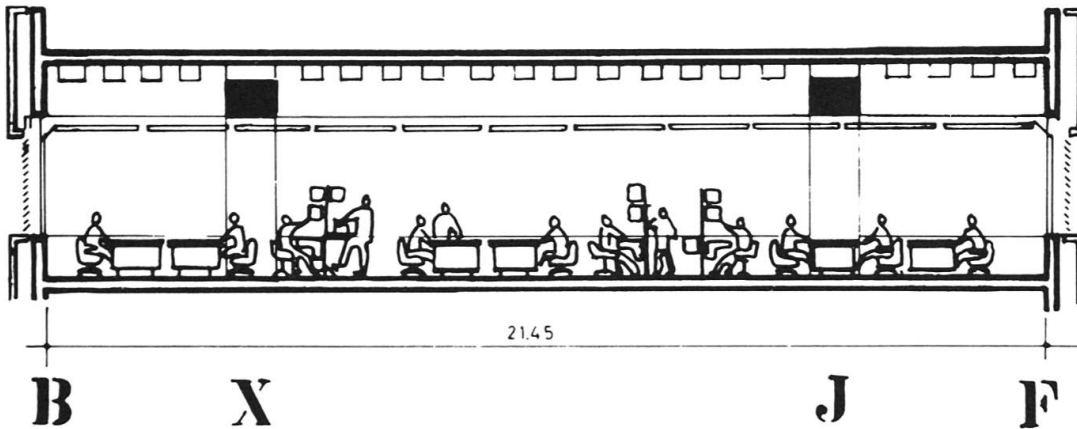


Bild 4: Grundriß und Schnitt vom zweiten bis fünften Obergeschoß des untersuchten Bürogebäudes.

Zur Vermittlung eines Gesamteindrucks von dem Bürogebäude ist in Bild 5 eine Gesamtansicht und in Bild 6 die Innenansicht des Großraumbüros wiedergegeben.

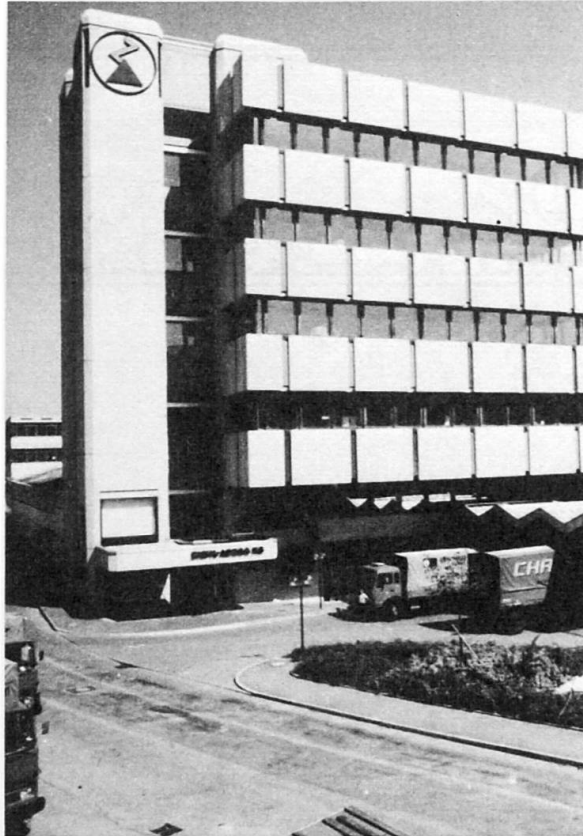


Bild 5: Gesamtansicht des entworfenen und untersuchten Bürogebäudes.



Bild 6: Fotografische Aufnahme des eingerichteten Großraumbüros.

Die wärmetechnische Konzeption des Gebäudes wird wesentlich von den Hüllteilen bestimmt. Außenbauteile beeinflussen das Raumklima durch ihren Wärmedurchlaßwiderstand, das Temperatur-Amplitudenverhältnis und die strahlungstechnischen Eigenschaften ihrer Oberflächen. Während sich die Wärmedämmung und die Wärmespeicherfähigkeit von Außenbauteilen während der ganzen Jahreszeit positiv auf das Raumklima auswirkt, muß hinsichtlich des Fensterflächenanteils ein Kompromiß getroffen werden. Der Einfluß der Fenstergröße nimmt mit zunehmender Güte der Sonnenschutzvorrichtung ab. Eine systematische Einbeziehung der bauphysikalischen Forderungen führt zu dem in Bild 7 rechts anhand eines Schnittes dargestellten Fassadenaufbau.

Die Hauptspeichermasse des Deckenbauteils mit dem dazugehörigen Unterzugsystem ist, wie in Büroräumen aus akustischen Gründen üblich, mit einer Schallschluckdecke verkleidet. Diese stellt gleichzeitig einen wärmedämmenden Mantel dar und trägt, unter Verwendung der beschriebenen Lüftungsmaßnahmen, zur Steuerung der kontrollierten Wärmeübertragungsvorgänge bei (vgl. Bild 7).

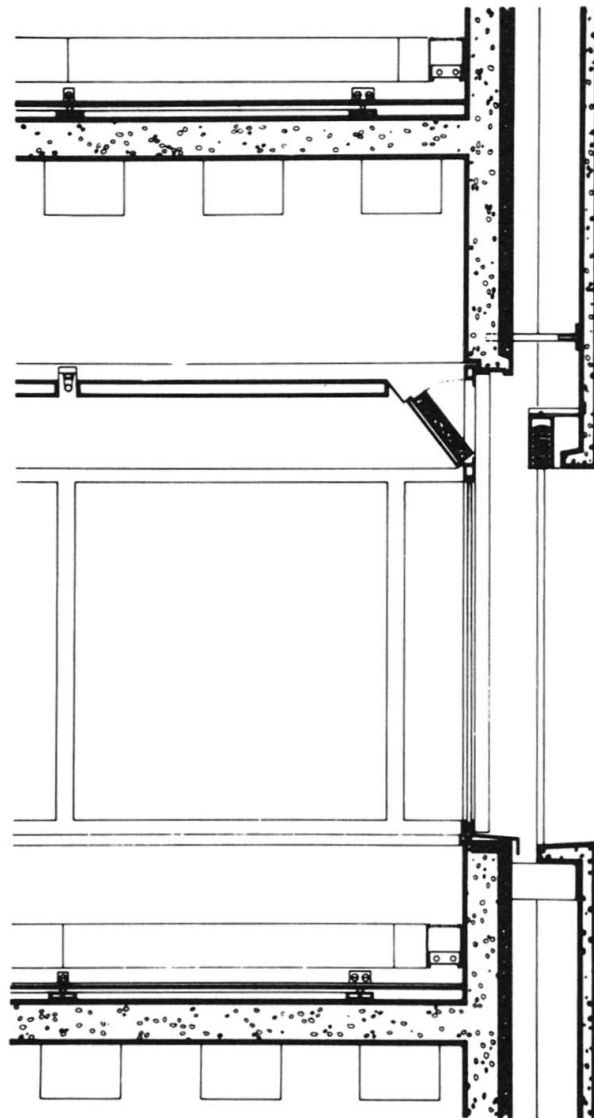


Bild 7: Maßstäblicher Schnitt durch die Fassade mit Angabe der Details.



3. THERMISCHES VERHALTEN DER RÄUME UND DES SPEICHERS

Das Bürogebäude ist, wie beschrieben, gebaut und im Jahre 1975 fertiggestellt und bezogen worden. Es arbeitet seitdem zur vollen Zufriedenheit des Bauherrn und der Nutzer. Laufende experimentelle Untersuchungen geben Aufschluß über das thermische Verhalten der Räume und des Deckenspeichersystems. Bild 8 veranschaulicht das Ergebnis zweier Meßtage im Sommer. Die während der beiden vergli-

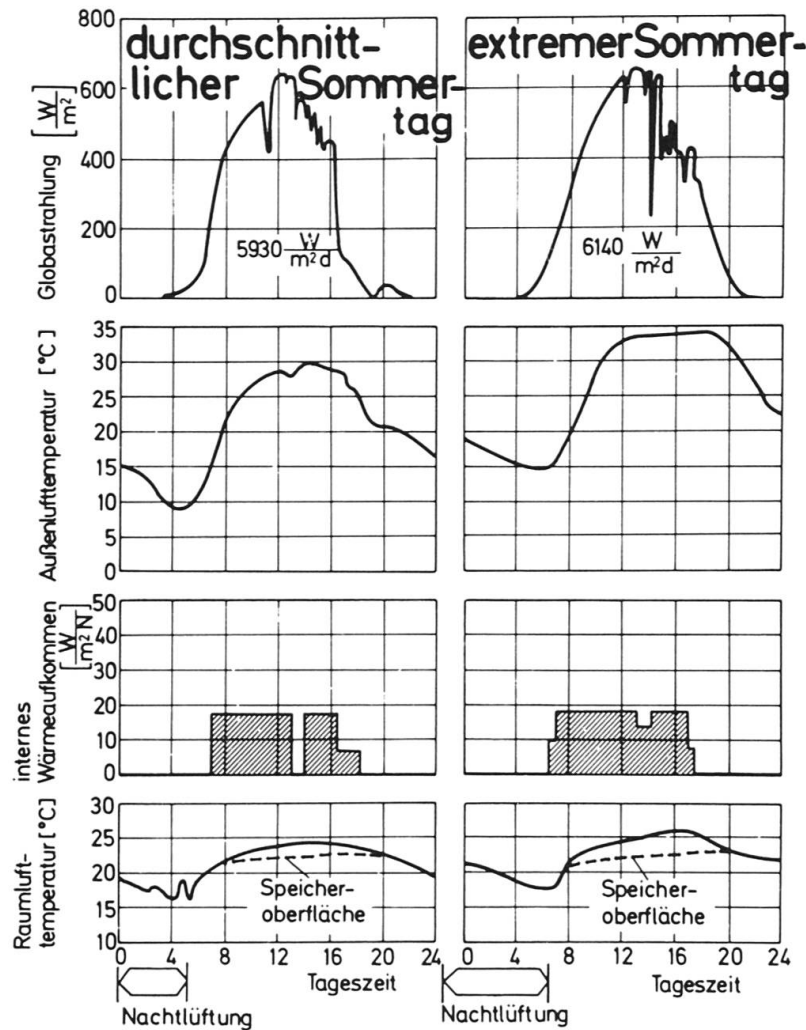


Bild 8: Vergleich der zeitlichen Verläufe der Raumlufttemperatur mit vorausgegangener Speicherentladung an strahlungsreichen, warmen und extrem warmen Sommertagen, mit Angaben der meteorologischen Daten und der internen Wärmeaufkommen.

In dem unteren Diagramm ist auch noch der Gang der Speicheroberflächentemperatur eingetragen.

chenen Meßtage aufgetretenen Globalstrahlungsintensitäten und intern auftretenden Wärmemengen können als annähernd gleich groß angesehen werden. Der wesentliche Unterschied in den meteorologischen Daten besteht im Verlauf der Außenlufttemperatur. Hier treten an extremen Sommertagen Maxima zwischen 32 °C und 36 °C auf. Im Vergleich zum durchschnittlichen Sommertag erreicht das Temperaturminimum während der Nacht nur 15 °C, d.h. daß die nächtliche

Lüftungsphase mit einer um 6 K wärmeren Lufttemperatur betrieben werden muß. Deshalb muß die Lüftung 3 Stunden länger in Betrieb genommen werden. Wie aus dem Vergleich der Raumluffttemperaturen hervorgeht, kann an den durchschnittlich warmen Sommertagen die Temperatur tagsüber unter 25 °C gehalten werden. Damit ergibt sich eine Differenz zur Außenlufttemperatur von ca. 5 K. An extrem warmen Sommertagen mit Außenlufttemperaturen um 35 °C steigt die Temperatur der Raumlufft in den Nachmittagsstunden an. Würden die Speichermassen über Nacht nicht wieder "ladefähig" gemacht, so würde sich die Raumluffttemperatur bis zum Ende des Einschwingvorganges "aufschaukeln". In Addition mit der inneren, nicht reduzierten Wärmelast und ohne wärmespeichernde Maßnahmen, wie dies im allgemeinen der Fall ist, würden sich Raumluffttemperaturen höher als die Temperatur der Außenluft einstellen.

Für die Erstellung der Wärmebilanz muß das Zusammenwirken aller Einzelwärmeströme betrachtet werden, nämlich:

- Wärmeströme durch Fensterflächen aller Orientierungen mit und ohne Sonnenschutz
- Wärmeströme durch nicht transparente Außenflächen aller Orientierungen
- Wärmestrom im Fußboden
- Wärmestrom in der Decke
- alle inneren Wärmequellen
- Luftvolumen der Außenlufftrate zur Frischluffversorgung.

Aus einer solchen Wärmebilanz ergibt sich der in Bild 9 dargestellte Wärmestromverlauf für einen strahlungsreichen Sommertag. Um die Auswirkungen des Sonnenschutzes und verschieden großer interner Wärmeaufkommen besser studieren zu können, sind diese gebäudespezifisch variiert worden. Man erkennt die Wärme-flüsse in den vier Phasen des Tagesverlaufes. Nach der nächtlichen Lüftungsphase wird dem System Wärme zugeführt (Phase II B), wobei sich das Maximum aufgrund der aus dem nächtlichen Lüftungsvorgang resultierenden stark abgekühlten Raumlufft, der Wärmezufuhr von Bauteilen und auch bereits durch Einflüsse von außen (morgens zwischen 7 und 8 Uhr) ausbildet. Aufgrund der Wärmeaufnahme der speichernden Bauteile nimmt mit dem Anstieg der Raumluffttemperatur der Wärmestrom in das System ab, um gegen 14 Uhr das Minimum zu erreichen (Phase III). So gleichen sich z.B. im Fall "e" die Wärmeströme, welche in das System fließen, mit den Flüssen aus dem System fast völlig aus. Eine Stunde später steigen aufgrund der jetzt sich einstellenden maximalen Außenlufttemperatur und Globalstrahlung die Wärme-flüsse in den Raum bis 17 Uhr geringfügig an, um endgültig zwischen 18 und 19 Uhr aus dem System zu fließen (Phase II A). Die Raumlufft entzieht dem System jetzt Wärme, da in der Zwischenzeit alle internen Wärmequellen abgeschaltet sind. Es ergibt sich eine negative Bilanz, die in Form eines Kühleffektes erscheint. Gleichzeitig fließt über die Fensterflächen Wärme aus dem System. Nach kurzer Zeit wird durch den beginnenden Abkühlvorgang der Nacht die Raumlufft so weit abgekühlt, daß dieser von den Bauteilen wieder Wärme zugeführt wird (Phase II A).

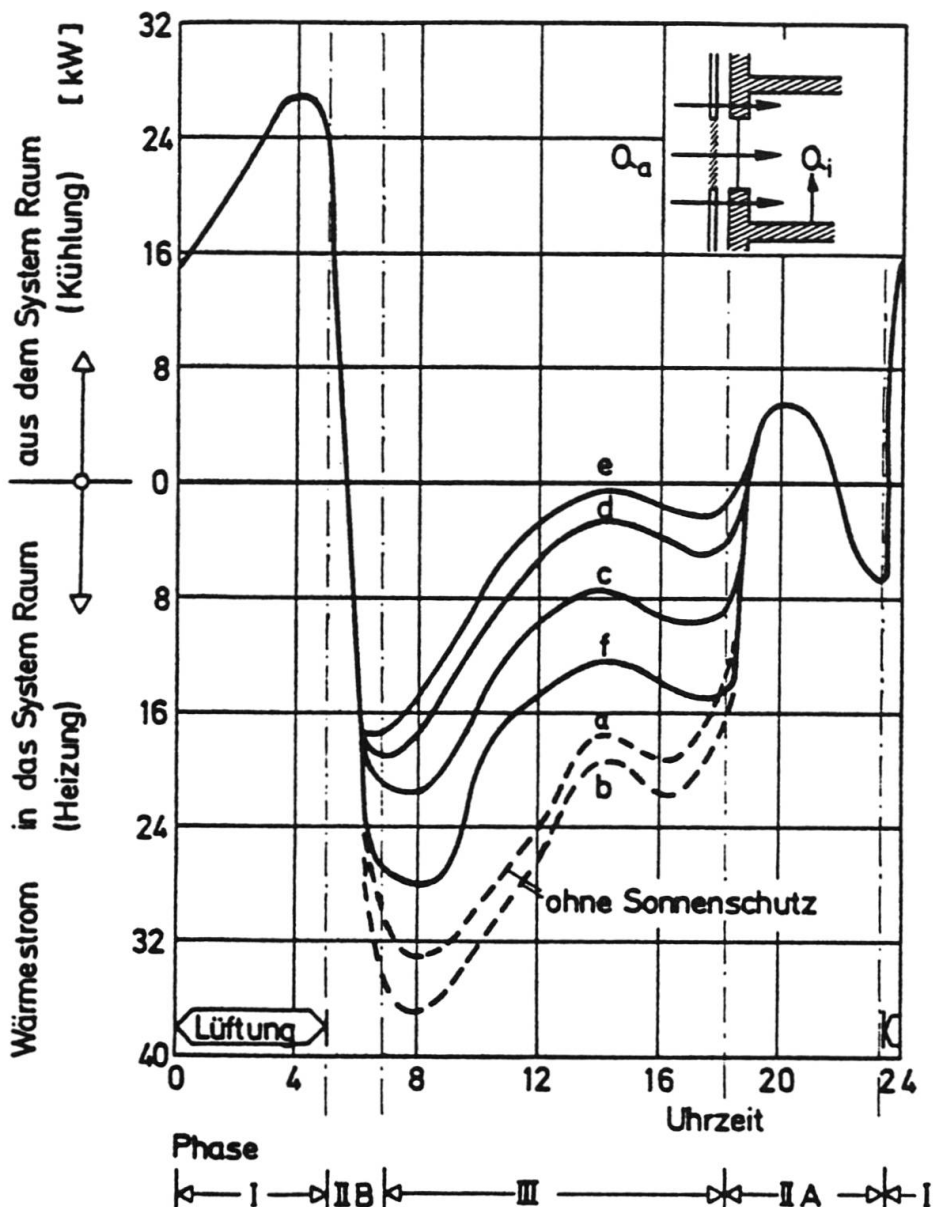


Bild 9: Zeitlicher Verlauf des Gesamtwärmestromes (Summe aus äußerem und innerem Wärmeaufkommen) während eines strahlungsreichen Sommertages bei verschieden großem internen Wärmeaufkommen (Juli).

- a: ohne künstliche Beleuchtung, ohne Sonnenschutz
- b: mit künstlicher Beleuchtung der Innenzone 550 lx, ohne Sonnenschutz
- c: mit künstlicher Beleuchtung der Gesamtfläche 550 lx, mit Außenlamellenstoren
- d: mit künstlicher Beleuchtung der Innenzone 550 lx, mit Außenlamellenstoren
- e: ohne künstliche Beleuchtung, mit Außenlamellenstoren
- f: mit künstlicher Beleuchtung der Gesamtfläche 1000 lx, mit Außenlamellenstoren.

Jetzt macht sich außerdem die Phasenverschiebung bemerkbar, indem von den nichttransparenten Außenbauteilen Wärme abgegeben wird. Mit

dem Beginn der Lüftungsphase um 23 Uhr (Phase I) beginnt dann der Wärmestrom sich wieder zu wenden, indem durch die kühle Nachtluft den internen Bauteilen die Wärme entzogen und nach außen abgeführt wird. Man erkennt beim Vergleich des Verlaufes der Kurve "d" als Normalfall für sommerliche Tage mit dem Verlauf der Kurve "b", bei welcher die durch das Fenster transportierten Wärmeströme ohne Sonnenschutz ermittelt sind, daß das Verfahren nur mit Hilfe einer wirksamen Sonnenschutzvorrichtung erfolgreich ersprechend eingesetzt werden kann.

Die Fähigkeit der Deckenmasse, Wärme zu speichern und wieder abzugeben, beruht auf den instationären Wärme-flüssen, welche durch die Lüftungsmaßnahmen eingeleitet werden. Dabei kommt den lufttechnischen Faktoren, wie Luftgeschwindigkeit, Luftmenge, Luftverteilung und Lufttemperatur, welche die Größe des Wärmeübergangskoeffizienten beeinflussen, besondere Bedeutung zu. Neben diesen Einflüssen von außen interessiert der Wärmestrom im Speicherinnern nach Beendigung der Beladungs- und Entladungsvorgänge. Wie in Bild 10 zu sehen ist, zeigt sich die größte Temperaturspreizung im Beton erwartungsgemäß während des Lüftungsvorganges in der Nachtphase. Die größte Temperaturdifferenz entsteht dabei zwischen der Oberfläche und der 5 cm tiefen Zone. Im Bild dargestellt sind die örtlichen Temperaturverteilungen über die Dicke der Stahlbetonplatte. Der asymmetrische Verlauf wird durch die unterschiedlichen Wärmeübergangskoeffizienten an den beiden Oberflächen der Platte bedingt. Aus den Temperaturverteilungslinien der unter sommerlichen Bedingungen entstandenen Be- und Entladevorgänge ist erkennbar, daß unter sehr günstigen lufttechnischen Voraussetzungen eine Temperaturdifferenz über dem Speicher von 2,4 K im Mittel erzielt werden kann. Dieses Ergebnis setzt allerdings einen relativ "vollen" Speicher als Ausgangssituation voraus, die unter Übergangsjahreszeitlichen Bedingungen sich ergebenden Temperaturverteilungen zeigen ähnliche Verläufe bei einer mittleren Temperaturdifferenz von 1,5 K.

Beim Vergleich der unterschiedlich großen Temperaturzunahmen in den äußeren Plattenzonen von Unter- und Oberseite ist neben der bereits erwähnten verschieden großen Wärmeleitfähigkeit auch die Abdeckung des Fußbodens durch Mobiliar zu berücksichtigen. Um den Wärmetausch möglichst wenig zu behindern, sind Stellwände, Schreibtischunterbauten, wie auch ein Teil der Schrankwände, durch Anordnung von Fußteilen soweit angehoben, daß eine "Unterlüftung" im Sinne der Luftführung zustandekommen kann. Gut zu erkennen ist bei Betrachtung der Temperaturverteilungen, daß die Betriebszeiten der Nachtlüftungen zu kurz sind, um das Eindringen der Wärmeströme bis zur Sättigung zu gewährleisten. Die zur Verfügung stehende Speichermasse kann demnach nur zum Teil wirksam werden.

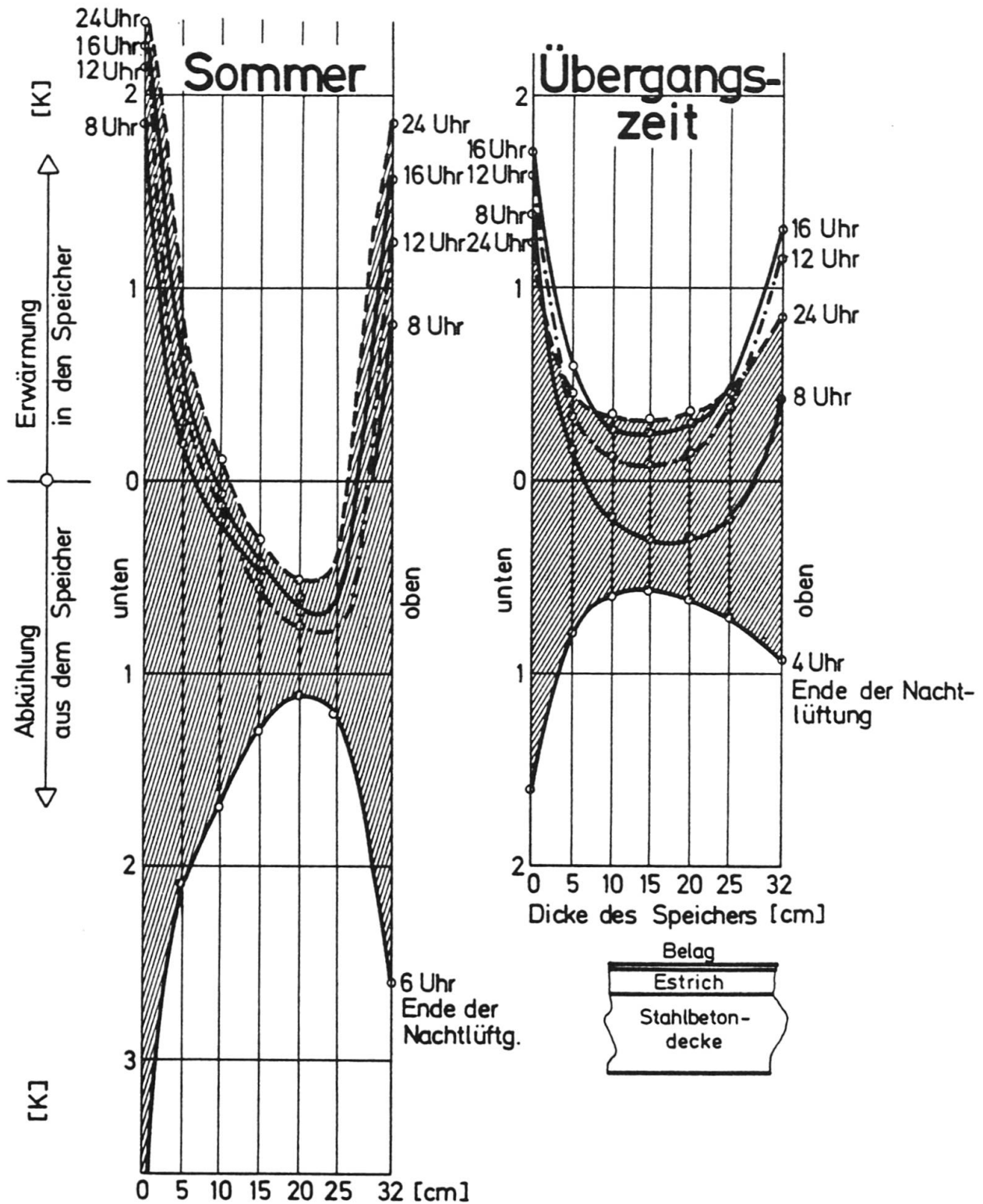


Bild 10: Vergleich der örtlichen Speichertemperaturverteilungen über die Dicke der Stahlbetondecke mit Estrich im Sommer und in der Übergangszeit. Bei der Temperatur-Differenzdarstellung wird als Bezugsniveau die bei Beginn der Phase I vorhandene Temperaturverteilung gewählt.

Zugrundliegende Randbedingungen:

Sommer: Luftstrom $91\,000\text{ m}^3/\text{h}$, Lufttemperatur 15 bis $25\text{ }^\circ\text{C}$.

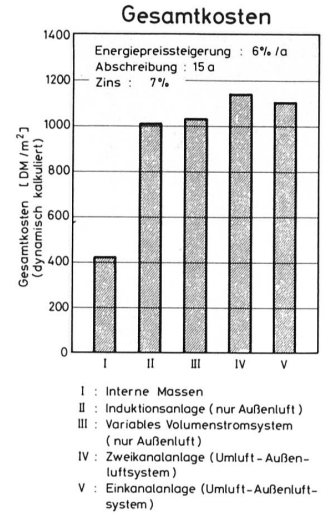
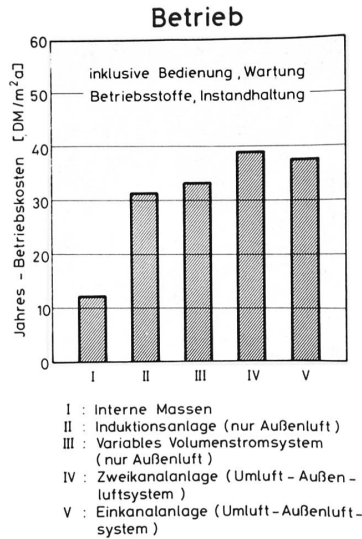
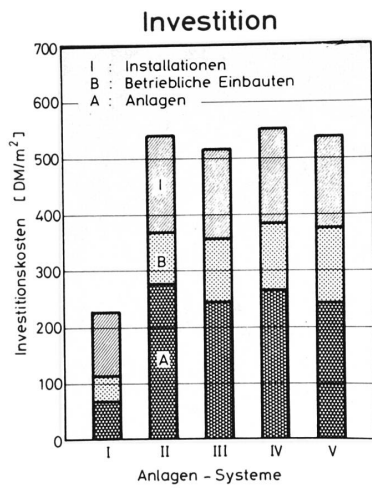


Bild 11: Vergleich der Investitions-, Betriebs- und Gesamtkosten fünf verschiedener Raumlufsysteme in einem Gebäude mit Großraumbüros. Das System I arbeitet nach dem Prinzip der "durchströmten Bauteile" und nutzt die internen Massen zur Wärmespeicherung. Die Kostenangaben stammen von einem ausgeführten Gebäude, das seit 5 Jahren in Betrieb ist [1].



4. ENERGIEEINSPARUNG UND KOSTENVERGLEICH MIT PRAXISÜBLICHEN KLIMAAANLAGENSYSTEMEN

Der Energiebedarf des Gebäudes, resultierend aus allen energieverbrauchenden Anlagen, welche für die Erhaltung des benötigten Raumklimas erforderlich sind, ist seit Bezug des Gebäudes über einen 5-jährigen Zeitraum gemessen worden. Hieraus lassen sich die Betriebskosten ermitteln. Die Investitionskosten sind von der Errichtung des Gebäudes her ebenfalls genau bekannt. Aus den Betriebs- und Investitionskosten können ferner auch die Gesamtkosten ermittelt werden.

Wie wirtschaftlich das neue System der "speichernden Massivdecke" arbeitet, belegt Bild 11. Hierin wird das neue Anlagen-System I mit vier anderen Systemen (II bis V) verglichen, die praxisüblich sind. Diesen Systemen, für die beim Bau des Bürogebäudes jeweils alternative Angebote eingeholt wurden, liegen reale Kalkulationen für das ausgeführte Gebäude zugrunde. Man erkennt, daß mit dem neuartigen System - gegenüber den anderen Systemen - ca. 40 % Investitionskosten an baulichem und technischem Aufwand eingespart werden können. Die Betriebskosten belaufen sich auf etwa nur ein Drittel, die Gesamtkosten auf weniger als die Hälfte. Damit erweist sich das vorgestellte neue System, welches die internen Massen als Wärmespeicher ausnützt, als äußerst kosten- und energieökonomisch.

5. LITERATUR

- [1] Fuchs, W.: Beeinflussung des thermischen Raumklimas in Bürogebäuden durch Ausnutzung der Wärmespeicherfähigkeit interner Massen. Diss. Universität Stuttgart (1980).