

## Studie zum energetischen Verhalten - Sportbad West Wolfsburg

Prof. Dr.-Ing. Hans-Peter Leimer

Dipl.-Ing. Frank Eßmann

Dipl.-Ing. Claudia Brösel

### 1 Vorbemerkung

Der derzeitige Anteil von 32 % des Endenergieverbrauches für die Gebäudeheizung in der Bundesrepublik Deutschland macht deutlich, welch großes Einsparpotential in der Reduzierung des Heizenergieverbrauches und damit auch der Umweltbelastung liegt. Dieses Thema war Bestandteil des Bauphysik-Kongresses 1991 in Berlin<sup>1</sup>.

Hierbei zeigte sich, dass die gezielte Verbesserung der Wärmedämmung eine der Maßnahmen sein muss, um ressourcenschonend beim Einsatz von Energien vorzugehen.

Während mit einer Verbesserung der konventionellen Dämmung die Transmissionsverluste des Gebäudes nur reduziert werden können, ist es durch die Verwendung neuartiger, hochtransparenter Dämmmaterialien möglich, die Wärmeverluste durch Solargewinne zu kompensieren und darüber hinaus Wärmegewinne für die Beheizung von Gebäuden zu nutzen.

Der sommerliche Wärmeschutz, das Aufheizen und hiermit verbunden das Klimatisieren von Gebäuden, ist ein weiterer wesentlicher Bestandteil, der das energetische Verhalten von Gebäuden beeinflusst. Diese Größe kann durch den Einsatz von Jalousien oder neuartigen Solargläsern beeinflusst werden.

#### 1.1 Fragestellung

Ziel dieser Studie ist die Darstellung neuartiger solarer Verfahren zur Reduzierung des Energieverbrauches für das Projekt, als Entscheidungskriterium für den Rat der Stadt Wolfsburg.

Die Erarbeitung der Studie ist hierbei bewusst umfangreicher gehalten, da die Problemstellungen im Rahmen der bauphysikalischen Bearbeitung Bestandteil der weiteren Planung und Ausführung werden.

## 2 Einsatz von passiver Solarenergienutzung

### 2.1 Passiv-Solare Architektur

Inhalt dieser Studie ist die Überprüfung eines möglichen Einsatzes passiver solarer Architektur. Hierunter versteht man die Ausnutzung der architektonischen Gebäudekonstruktion zum Gewinn an solarer Energie.

Das Energiepotential der Solargewinne kann hierbei während der Heizperioden einen entscheidenden Anteil am Gesamt-Energiehaushalt des Gebäudes darstellen.

Während der Sommerperioden können jedoch diese Energiegewinne zu problematischen Veränderungen des Raumklimates führen.

Aus diesem Grunde ist das energetische Verhalten des Gebäudes einerseits für die Heizperiode, andererseits für die Sommerperiode zu betrachten.

Die passive Solarenergienutzung kann durch folgende baulich/konstruktive Maßnahmen<sup>2</sup> erreicht werden:

- Nutzung der direkten Sonneneinstrahlung durch Verglasungen
- Anwendung des Prinzipes des Wintergartens
- Transparente Außenwärmedämmung (TWD)
- Speicherwände

### 2.1.1 Direkte Nutzung der Sonneneinstrahlung

Die direkte Nutzung der Sonneneinstrahlung kann durch eine nach Süden geöffnete Gebäudekonzeption mit großen Glasflächen erreicht werden.

Die ungehindert eintretende Strahlungsenergie wird im Gebäude absorbiert und in Wärme umgewandelt. Die Speicherung dieser Energien erfolgt durch die Baustoffe im Innern des Gebäudes.

Im weiteren resultiert hieraus eine als positiv empfundene Egalisierung der Raumtemperatur.

Der sommerliche Wärmeschutz muss durch geeignete Sonnenschutzmaßnahmen, Rolläden, Jalousien oder Spezialverglasungen (siehe Kap. [5.1.3]) in Verbindung mit ausreichenden Lüftungsanlagen erreicht werden.

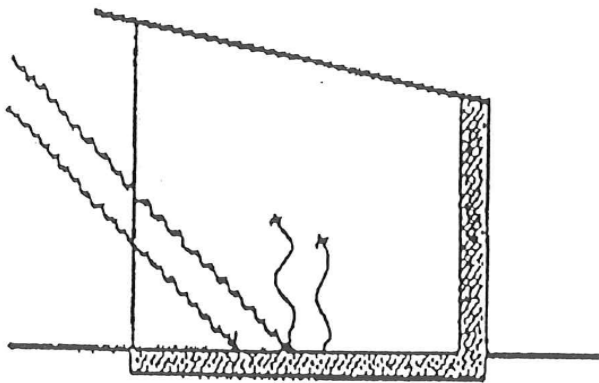


Bild 1 Direkte Nutzung der Sonneneinstrahlung

### 2.1.2 Prinzip der Wintergärten

Durch das Vorlagern eines Wintergartens an eine Gebäudeaußenwand wird eine Pufferzone erreicht, in der die durch den sog. Treibhauseffekt eingefangene Sonnenenergie gehalten und an das Gebäude weitergegeben wird.

In den kalten Wintermonaten wirkt der Wintergarten als zusätzliche Wärmedämmung (besonders bei Verwendung von Isolierverglasungen) zwischen dem Gebäude und der äußeren Umgebung.

Die Ausrichtung des Wintergartens ist hierbei zu berücksichtigen. Untersuchungen von Dr. G. Hauser zeigen, dass auch die diffusen Einstrahlungen im Nord- bzw. Ost-, Westbereich zur Verbesserung des energetischen Verhaltens von Gebäuden beitragen.

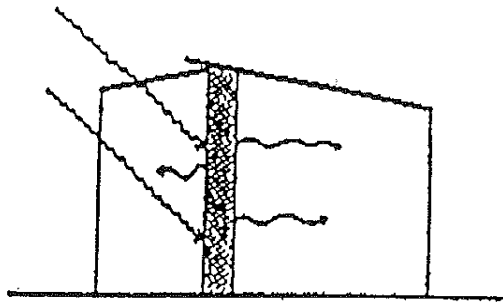


Bild 2 Prinzip Wintergarten

### 2.1.3 Isoliergläser mit optisch geregelter Sonnenschutz

Um eine Kombination von Energiegewinn und Reduzierung der erheblichen Energieverluste während der Heizperioden sowie einen wirkungsvollen Sonnenschutz während der Sommerperioden zu erreichen, wurden Sondergläser entwickelt.<sup>3/4</sup>

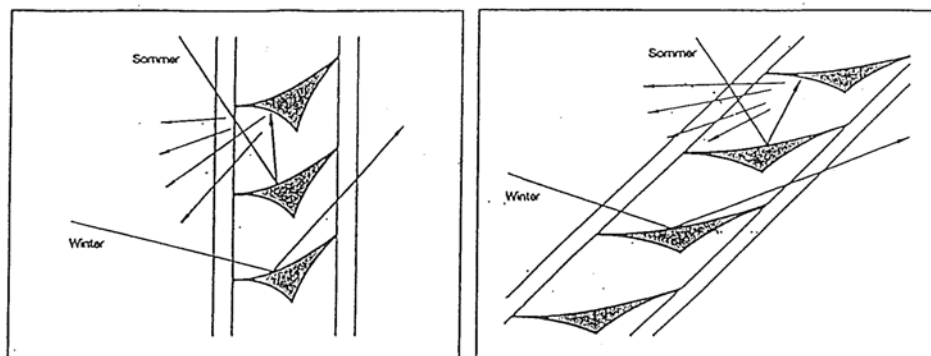


Bild 3 Optische Regelung der einfallenden Sonnenstrahlung bei Sondergläsern

Während der Winterperioden, bei flachem Sonneneinfallswinkel, wird die Sonneneinstrahlung durch die im Luftraum zwischen den Scheiben befindlichen Alulamellen ungehindert hindurchgelassen.

Während der Sommerperioden, bei steilem Sonneneinfallswinkel, wird die Sonneneinstrahlung durch die Spiegelung an den Lamellen nach außen reflektiert, es erfolgt ein passiver Kühleffekt.

Während des Jahreszyklus werden die Übergangszustände berücksichtigt. Hierbei werden zum einen Anteile der Strahlung durchgelassen, zum anderen ein Restteil nach außen reflektiert. Das einfallende Tageslicht wird hierbei gleichmäßig verteilt in den Raum geleitet, hierbei wird eine deutlich verbesserte Tiefenausleuchtung erreicht (siehe auch Bild [4]).

Einsatzbereiche dieser Gläser sind unabhängig von ihrer Ausrichtung und Lage. Sie werden je nach Dachneigung und Himmelsrichtung eingestellt um die optimale Wirkung zu erzielen. Dabei können die Lamellen derart ausgeführt werden, dass von innen gesehen dem Betrachtenden eine weitgehende Transparenz geschaffen wird.

### 2.1.4 Gläser mit integrierter kapillarstrukturierter Wärmedämmung

Um den Wärme- sowie den Blend- und UV-Schutz zu verbessern, wurden Gläser mit integrierter kapillarstrukturierter Wärmedämmung<sup>5</sup> entwickelt, wobei k-Werte  $< 0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$  erreicht werden können.

Diese lichtstreuenden, somit blendfreien Isoliergläser sammeln einfallendes Tageslicht und verteilen es schattenfrei in den Raum mit der Folge der deutlich verbesserten Tiefenausleuchtung. Sie sind somit für Fensterausrichtungen nach Süden, Osten und Westen besonders gut geeignet.

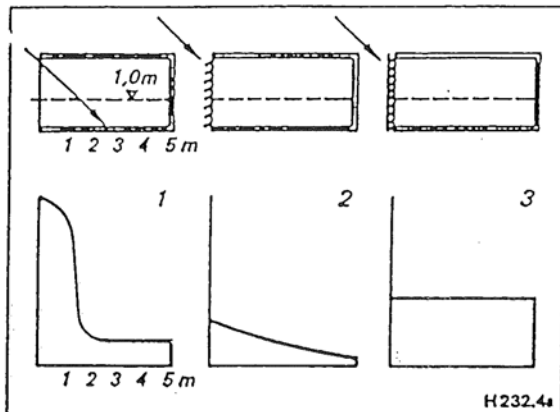


Bild 4 Vergleich der Raumbelichtung

- 1 Einseitig verglaster Innenraum ohne Sonnenschutz
- 2 Belichtungsverhalten bei Verwendung von Jalousien
- 3 Raumbelichtung mit Hilfe von Solar-Gläsern

### 2.1.5 Transparente Wärmedämmung

Mittels transparenter Wärmedämmung<sup>6/7/8</sup> (TWD) wird die Dämmwirkung eines Baustoffes mit einem Energiegewinn aus Sonneneinstrahlung, vergleichbar Kap. [4.1.1], kombiniert.

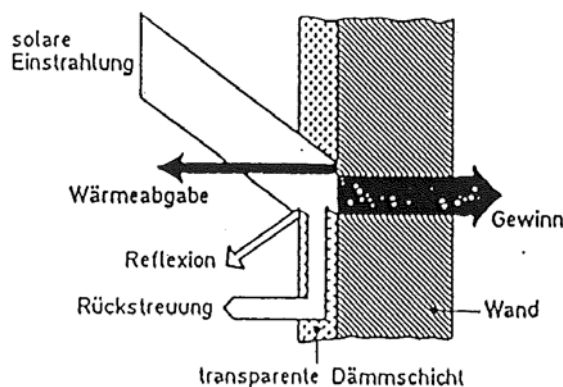


Bild 5 Schematische Darstellung der Wirkungsweise der transparenten Wärmedämmschicht vor einer massiven, speicherfähigen Außenwand

Die Wirkungsweise solcher Dämmstoffe beruht auf der Absorption des Strahlungsanteiles hinter der Dämmschicht und auf der hiermit verbundenen Erwärmung der Wand.

Die transparente Wärmedämmschicht reduziert im Weiteren den Wärmeabfluss an das Außenklima.

Je geringer das Wärmeeindringvermögen der Wand, desto höher ist die Erwärmung an der Außenoberfläche und desto größer ist die Phasenverschiebung zwischen Temperaturmaximum an der Außen- und Innenwandoberfläche.

Messergebnisse<sup>9</sup> zeigen, dass mit TWD der Wärmeverlust vollständig reduziert werden kann. Im Heizperiodenmittel überwiegen somit die Wärmegewinne. Aus diesem Grund sind während der Sommerperiode Maßnahmen gegen die Überhitzung transparent-gedämmter Wände durch eine aktive/passive Verschattung unerlässlich.

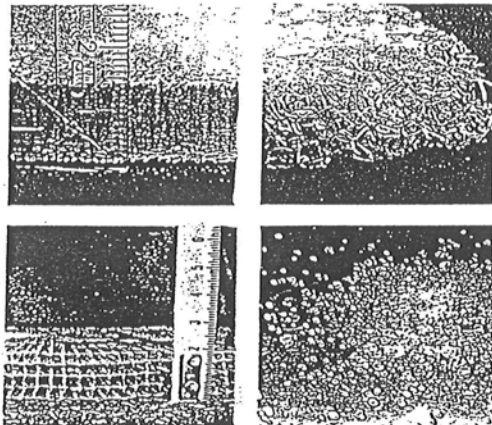


Bild 6 Darstellung unterschiedlicher transparenter Dämmstoffe

- a) Kapillarglas
- b) Acrylglasschaum
- c) Rechteckwaben
- d) granuliertes Aerogel

Der Strahlungstransmissionsgrad und der Wärmedurchlasswiderstand hängen von der Materialschichtdicke ab.

Eine geringe Dickenabhängigkeit und im Vergleich zu den anderen Materialien ein relativ hoher Strahlungstransmissionsgrad liegen bei Waben- und Kapillarstrukturen vor (siehe Bild [7]).

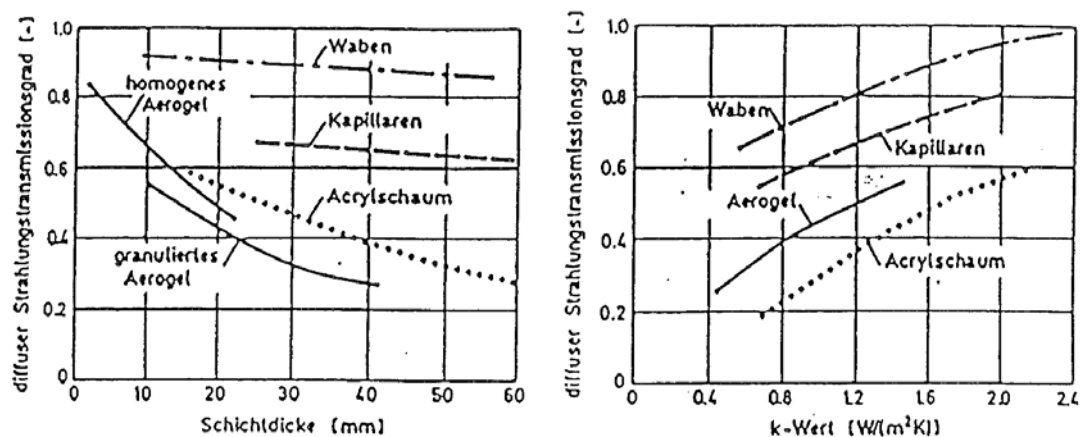


Bild 7 Zusammenhang zwischen diffusem Strahlungstransmissionsgrad und Dämmschichtdicke (links) sowie k-Wert (rechts) verschiedener transparenter Wärmedämmstoffe

Die baustofftechnischen Entwicklungen unterschiedlicher Fachfirmen befinden sich derzeit vor der Markteinführung.

### 2.1.6 Speicherwände

Bei diesen Wänden wird die auftreffende Strahlungsenergie durch die Wärmekapazität der Baustoffe aufgenommen, gespeichert und mit zeitlicher Verzögerung abgegeben.

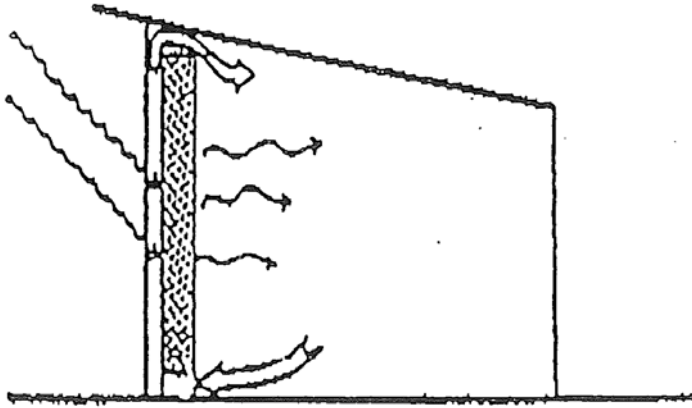


Bild 8 Speicherwand mit konvektiver Ankopplung an das Gebäude

## 3 Möglichkeiten zur Reduzierung des Energieverbrauches beim Projekt Sportbad West, Wolfsburg

Im Rahmen dieser Studie werden nach vorangegangener Prüfung der unterschiedlichen Maßnahmen folgende baukonstruktive Möglichkeiten zur Reduzierung des Energieverbrauches untersucht:

- Berücksichtigung der Speicherefähigkeit der Baustoffe
- Erhöhung des Wärmeschutzes unter Berücksichtigung der bevorstehenden Novelle der Wärmeschutzverordnung
- Verwendung von transparenter Wärmedämmung an Außenwänden
- Einsatz neuartiger Verglasungen

### 3.1 Beschreibung der untersuchten Varianten

In dieser Studie werden fünf verschiedene Varianten mit unterschiedlichem Bauteilbau untersucht.

- |            |  |
|------------|--|
| Variante 1 | Basis nach Vorgabe des Architekten           |
| Variante 2 | Erhöhung des Wärmeschutzes der Außenbauteile |
| Variante 3 | V2 + Einsatz von Solar-Verglasungen          |
| Variante 4 | V2 + Einsatz von TWD                         |
| Variante 5 | Kombination V2,V3,V4                         |

#### 3.1.1 Variante 1 nach Vorgabe des Architekten

Fenster: Isolierglas-Alurahmen

12 mm Luftzwischenraum

Bauteile: nach Vorgabe

### 3.1.2 Variante 2 Erhöhung des Wärmeschutzes

Es erfolgt eine Anpassung des Wärmeschutzes des Gebäudes basierend auf der bevorstehenden Novelle zur Wärmeschutzverordnung (ca. 01.01.1993) für die Außenbauteile.

Die Dicken der Dämmschichten wurde entscheidend erhöht.

Außenwände	14 cm
Sohlplatten	10 cm
Kellerdecken	6 cm
Becken	10 cm
Dächern	18 cm

Die Erhöhung der Wärmedämmschichten führt hierbei lediglich zu einer Verringerung der Transmissionswärmeverluste.

### 3.1.3 Variante 3 Einsatz von Solar-Verglasungen

Bei dieser Variante werden zusätzlich zu den Maßnahmen nach Variante 2 Verglasungen nach Kap. [4.3] und [4.4] in die Rechnung einbezogen.

Solar-Verglasungen nach Kap. [4.3] werden hierbei im Bereich der Schwimmhalle Süd und West vorgesehen.

Bedingt durch das Lichtband der Springerhalle besteht die Gefahr einer Blendung der Sportler. Durch den Einsatz einer opaken Isolierverglasung mit integrierter kapillarstrukturierter Wärmedämmung nach Kap. [4.4] kann dieses Problem reduziert werden.

Die günstige Ausleuchtung der Räume in Verbindung mit einem entscheidend höheren Wärmedurchlasswiderstand führte bei dieser Variante auch zum Einsatz dieser Verglasung bei den Oberlichtern im Dachbereich.

### 3.1.4 Variante 4 Einsatz von transparenter Wärmedämmung

Bei dieser Variante werden zusätzlich zu den Maßnahmen nach Variante 2 transparente Wärmedämmungen nach Kap. [4.5] in die Rechnung einbezogen.

Aufgrund der Ergebnisse<sup>2</sup> ist ein Einsatz auf vertikalen Südflächen sowie Ost- und Westwänden empfehlenswert.

Die Süd- und Westwand der Schwimmerhalle, die Westwand der Springerhalle, sowie die nach Osten ausgerichteten Außenwände der Nebenräume werden bei dieser Variante mit TWD versehen.

### 3.1.5 Variante 5 Kombination V2, V3, V4

Hierbei wird die Kombination der Varianten 2, 3 und 4 berechnet.

## 4 Beschreibung des Rechenverfahrens

Auf der Grundlage eines vom Bundesministerium für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau finanzierten Rechenprogrammes zur Ermittlung von Luft- und Bauteiltemperaturen sowie Heiz- und Kühlleistungen wurden für das Projekt Analysen der energetischen Leistung durchgeführt.

Das von Dr.- Ing. F. Haferland, Dr. phil. W. Heindl und Dipl.-Ing. H. Fuchs erstellte Rechenprogramm berücksichtigt dynamische Effekte in einem eingeschwungenen Zustand basierend auf den gebäudespezifischen Grundlagen.

Die Variation der nachstehenden Randbedingungen, die ein Bauwerk belasten, ermöglichte es, eine Optimierung der Anlagen und des Wärmeschutzes des Gebäudes rechnerisch durchzuführen.

### 4.1 Grundlagen der Berechnung

#### 4.1.1 Außenklima

Der Ansatz des Außenklimates erfolgt für

- je einen festgelegten Tag je Jahreszeit (Frühling, Sommer, Herbst, Winter)
- extreme Klimabedingungen (Hitze und Kälte)
- eine vorgegebene, sich über den Tag verändernde Außentemperatur mit der Vorgabe der MIN/MAX Temperaturen
- eine vorgegebene, sich über den Tag verändernde Sonnenstrahlungsintensität
- die aktuellen geographischen Daten (geogr. Länge und Breite, Höhe über NN) des Gebäudestandortes
- die aktuelle Ausrichtung des Gebäudes auf dem Grundstück in Hinblick auf Azimut und Neigung der Flächennormalen
- eine zeitabhängige Verschattung des Gebäudes durch vorhandene Nachbarbebauung oder Eigenverschattung

#### 4.1.2 Baustoffe

Die Auswahl der Baustoffe erfolgte nach Vorgabe, Norm oder Eignungsprüfung unter Berücksichtigung

- ihrer Absorption (bei außen liegenden Bauteilen),
- ihrer Speicherfähigkeit (bei innen liegenden Bauteilen),
- ihrer Absorption, Reflexion und Durchlasswiderstand (bei Verglasungen) sowie eines möglichen Einsatzes von Jalousien.

#### 4.1.3 Innenklima und Raumzuordnung

Das Innenklima wird berechnet unter Berücksichtigung

- einer Zuordnung der Räume untereinander (somit Berücksichtigung der sich gegenseitig beeinflussenden Wärmebilanzen)
- eines zeitunabhängigen Luftwechsels der Fugen und Türen
- eines zusätzlichen, zeitabhängigen Luftwechsels
- einer zeitabhängigen Ganglinie für Personenbelegung, Maschineneinsatz und Beleuchtung
- der Zuordnung eines Raumes oder einer Raumgruppe zu einem bestimmten Heiz- bzw. Kühlkreis.



#### 4.1.4 Ergebnisse

Als Ergebnisse aus diesen Berechnungen wurden folgende Größen erwartet:

- Der Tagestemperaturverlauf, der sich frei unter Berücksichtigung der Randbedingungen im Raum einstellt.
- Die Heiz- bzw. Kühlleistung, die benötigt wird, um den Raum bzw. die Raumgruppen den Vorgaben entsprechend zu heizen bzw. zu kühlen (bei der Vorgabe unterschiedlicher, gewünschter Temperaturverläufe).

## 5 Gebäudespezifische Berechnungsgrundlagen

### 5.1 Allgemeine Größen

- Heizleistung einer Person 81.410 W
- CP\*RHO für Luft kJ/m<sup>3</sup>K 1.156
- Jahreszeit: WINTER/SOMMER/HITZE/KÄLTE
- Fassade: MITTEL
- Bewölkung: KEINE
- Verschattung: ÖRTLICH
- Berechnung der Strahlungsintensitäten für den WINTERFALL am 10. Januar  
für den SOMMERFALL am 1. Juli
- Lage des Projektes:
  - Geografische Breite 52.00°
  - Geografische Länge 10.00°
  - Seehöhe in Metern 101.00

### 5.2 Luftwechselzahlen

- Fugenluftwechselzahl [h<sup>-1</sup>] 0.25
- Überlagerte Lüftung GANGTYP: 2 [h<sup>-1</sup>] 0.50
- Luftwechsel in Abhängigkeit der Anzahl der Personen [CBM/H PRO PERSON] 20.00
- Standardisierter konstanter Luftwechsel mit Nachbarräumen [CBM/H PRO m<sup>2</sup><sub>Türfläche</sub>] 3.00
- Luftwechselzahl additiv mit Außenluft [h<sup>-1</sup>]
  - Nebenräume 0.25
  - Flure 0.25
  - Raum 9 1.50
  - Allgemeine Räume 0.50
  - Eingangsbereich / Umkleide 1.00
  - Kraftraum / Sport 1.50
  - Schwimmbhallen 1.50
  - WC / Duschen 2.00
  - Chlor- / Keller- / Maschinenraum 3.00
  - Schwitzraum 0.15

### 5.3 Beleuchtung

Nach Angaben des Ingenieurbüros für Elektrotechnik wurden für die Ausleuchtung der Räume

- allgemein 10 W
- für den Wettkampf 15 W

je m<sup>2</sup> Deckenfläche des Raumes angesetzt.

### 5.4 Speicher

Um die Einbauten sowie die technische Gebäudeausstattung bei der Berechnung zu berücksichtigen, wurden bei Bedarf

- 1 m<sup>2</sup> Keramikfläche je Objekt in Bad/Dusche/WC
- x m<sup>2</sup> Bodenfläche Holz/Spanplatte für Möbel
- x m<sup>2</sup> Bodenfläche Aluminium/Stahl für Maschinen

den Räumen zugeordnet.

### 5.5 Ganglinien Personen

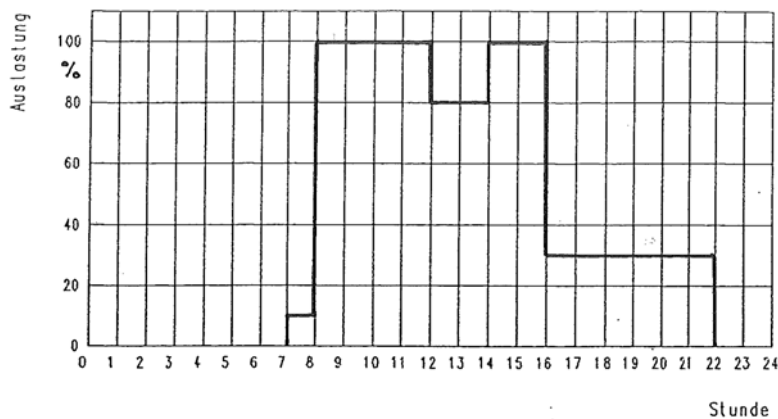


Bild 9 Ganglinie 6 – Badebetrieb

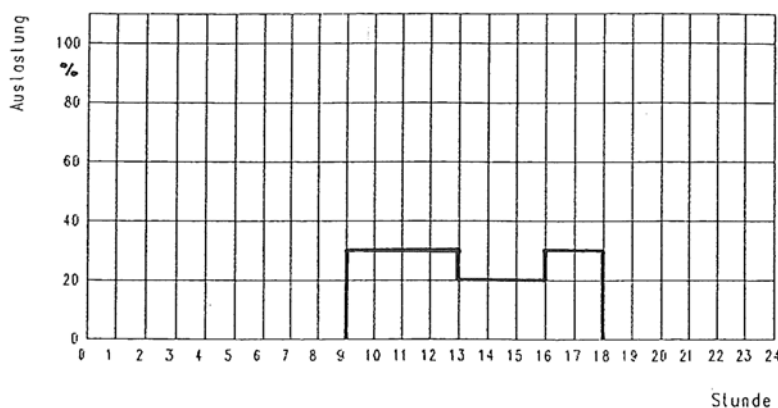


Bild 10 Ganglinie 12 - Keller und nicht genutzte Nebenräume

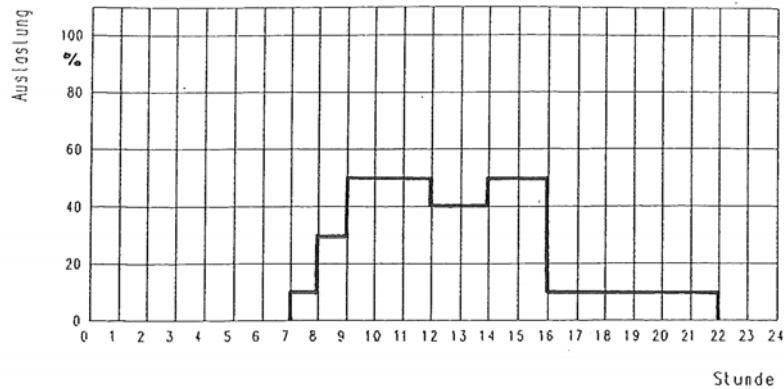


Bild 11 Ganglinie 13 – Nebenräume

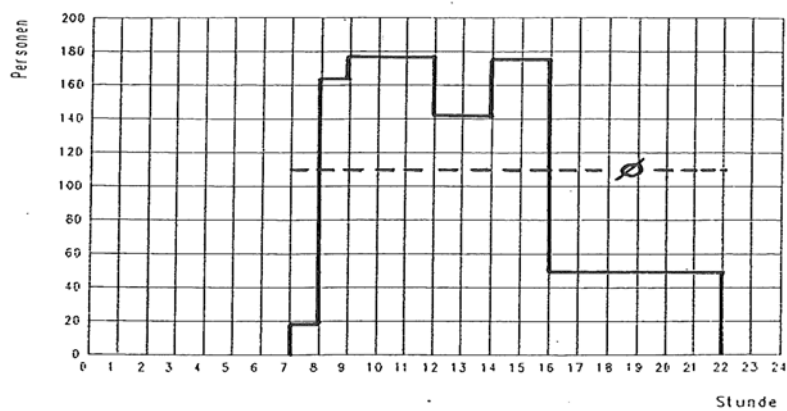


Bild 12 Personenganglinie, Gesamtbad, über den Tag, max. 100 % = 177 Personen

## 5.6 Innentemperaturganglinien

Für die Berücksichtigung der Innenlufttemperaturen wurden unterschiedliche Ganglinien ausgewählt.

Im Winterfall wurde von einer Nachtabsenkung von 2 K ausgegangen.

Im Sommerfall wurden die Temperaturen konstant angesetzt.

1	20 °C	konstant
2	20 °C	max - 2 K allg. Räume
3	22 °C	max - 2 K allg. Räume
4	24 °C	max - 2 K WC/Duschen
5	26 °C	max - 2 K Bewegungsfläche
6	28 °C	max - 2 K Schwimmbereich
7	30 °C	max - 2 K Springerbereich
8	32 °C	max - 2 K Nichtschwimmbereich
9	80 °C	max - 56 K Schwitzraum
10	0 °C	konstant

Bild 13 Ganglinien der Innenlufttemperatur (Winter)

### 5.7 Berücksichtigung interner Wärmequellen

In Absprache mit dem Ingenieurbüro für Haustechnik wurden die unterschiedlichen inneren Wärmequellen ermittelt.

Aufgrund dieser Angaben wurden die Wärmeverluste des Beckenwassers berechnet und den jeweiligen, angrenzenden Räumen zugeordnet.

Im Weiteren wurden die gerätetechnischen Anlageleistungen als interne Energiequellen mit 50% ihrer Anschlussleistung berücksichtigt.

## 6 Beschreibung der Räume

Um die Räume für die Rechnersimulation genau zu beschreiben, wurde jeder einzelne Raum mit folgenden Größen festgelegt:

- Beschreibung und Zuordnung der Innenbauteile
- Beschreibung und Zuordnung der Außenbauteile
- Raumvolumen
- Raumnutzung (Temperatur, Belegung, Beleuchtung, interne Wärmequellen, Ausstattung)

## 7 Simulation des energetischen Verhaltens des Gebäudes

Bei der Berechnung wurden die zuvor beschriebenen Varianten und Spezifika zugrunde gelegt.

Einen Überblick über die durchgeführten Rechenläufe mit den erwarteten Fragestellungen/Ergebnissen gibt die nachfolgende Matrix.

	gesucht	Variante1	Variante2	Variante3	Variante4	Variante5
Winter	HZ	V1W1	V2W1	V3W1	V4W1	V5W1
Kälte/Jal	HZ	V1W2	V2W2			
Sommer	Temp	V1S1	V2S1			
Sommer/Jal	Temp	V1S2	V2S2			
	Temp	V1H1	V2H1	V3H1	V4H1	V5H1
Hitze/Jal	Temp	V1H2	V2H2			
Sommer	HZ	V1S3	V2S3	V3S3	V4S3	V5S3
Sommer/Jal	HZ	V1S4	V2S4			

Jal Einsatz von Außenjalousien  
 HZ erforderliche Heiz-/Kühlleistung  
 Temp max/min Raumlufttemperatur

Tabelle I Matrix der Berechnungen

Wie bereits in Kap. [4.1] erwähnt, ist es bei passiv/solarer Architektur besonders von Interesse neben der Ermittlung der winterlichen Heizleistung auch das sommerliche Temperaturverhalten in den Räumen zu beachten.

Bei den Berechnungen wurde der Sommer- bzw. Hitzefall auch unter Berücksichtigung von Verschattungsmaßnahmen durch Jalousien betrachtet.

Neben der Berechnung der Heizleistung für den Winterfall wurde zusätzlich der Fall KÄLTE/bewölkt berücksichtigt. In einer im Vorfeld durchgeführten, eigenen Untersuchung<sup>10</sup> hat sich gezeigt, dass dieser Fall eine weitestgehende Übereinstimmung mit den Ergebnissen der DIN 4701<sup>11</sup> ergeben hat.

## 7.1 Rechenergebnisse

Die ausführlichen Ergebnisausdrucke zu den oben beschriebenen Rechenläufen sind in einem externen Ergebnisband zusammengefasst.

In der folgenden Matrix sind die wesentlichen Ergebnisse als Vergleich dargestellt. Dabei handelt es sich um die jeweilige

### mittlere Heiz- bzw. Kühlleistung

und um die

### maximal auftretende Lufttemperatur

in der Schwimmhalle.

	gesucht	Variante1	Variante2	Variante3	Variante4	Variante5
Winter	HZ	+436.2	+359.3	+350.4	+348.5	
Kälte/Jal	HZ	+662.1	+578.9			
Sommer	Temp	+52.5	+54.5			
Sommer/Jal	Temp	+43.8	+45.1			
Hitze	Temp	+56.6	+58.7	+49.3	+58.8	+49.5
Hitze/Jal	Temp	+47.8	+49.2			
Sommer	HZ	-118.4	-174.7	-135.5	-183.3	-144.6
Sommer/Jal	HZ	-48.6	-103.1			

HZ      erforderliche Heizleistung      (+)      [kW]  
           erforderliche Kühlleistung      (-)      [kW]  
 Temp    maximale Lufttemperatur Schwimmhalle    [°C]

Tabelle II Matrix der Ergebnisse

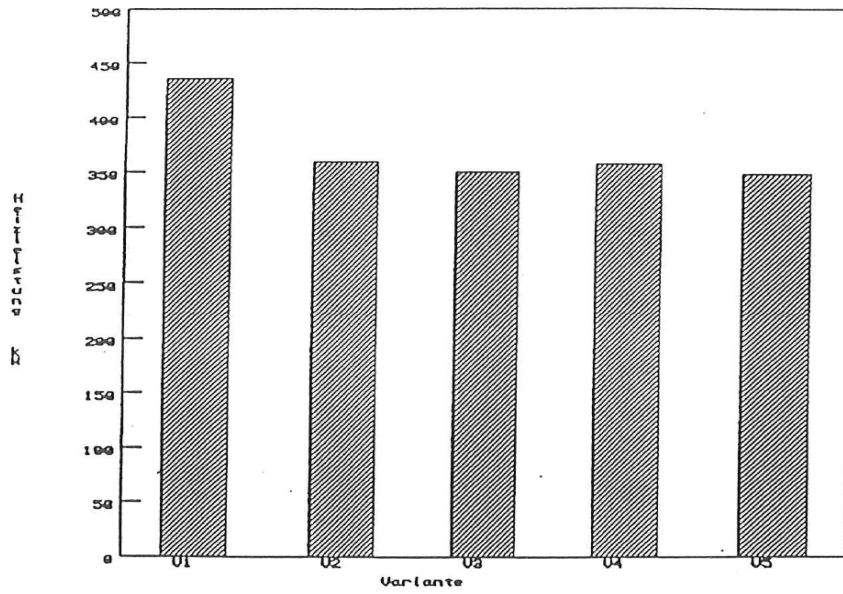


Bild 14 Ergebnisse Heizleistung V1 - V5

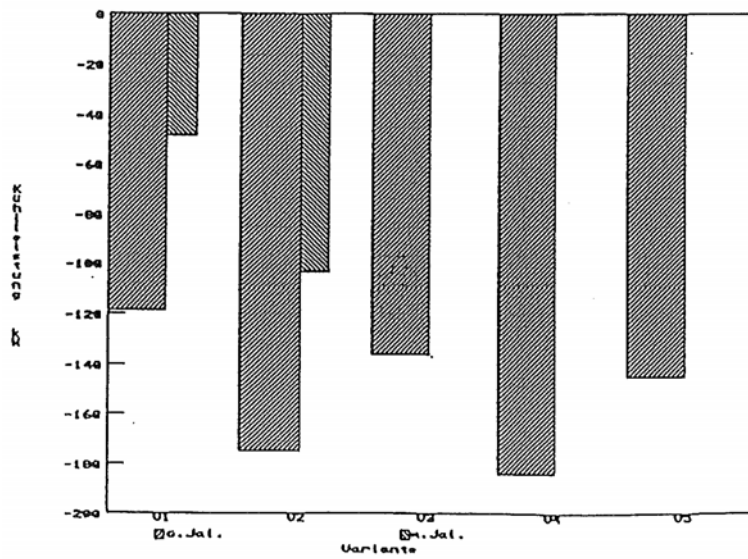


Bild 15 Ergebnisse Kühlleistung V1 - V5

In den folgenden Bildern ist der Temperaturverlauf über die Raumhöhe der Schwimmhalle, der Springerhalle sowie der Nichtschwimmerhalle aller Varianten für den Sommerfall ohne Kühlung dargestellt.

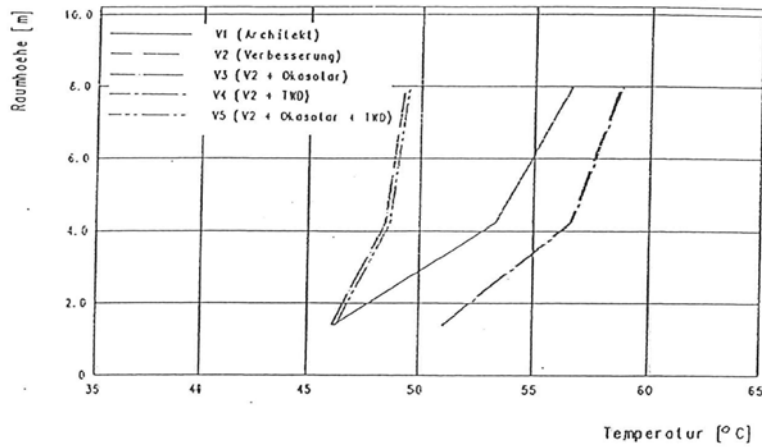


Bild 16 Temperaturverhalten Schwimmhalle (Sommer)

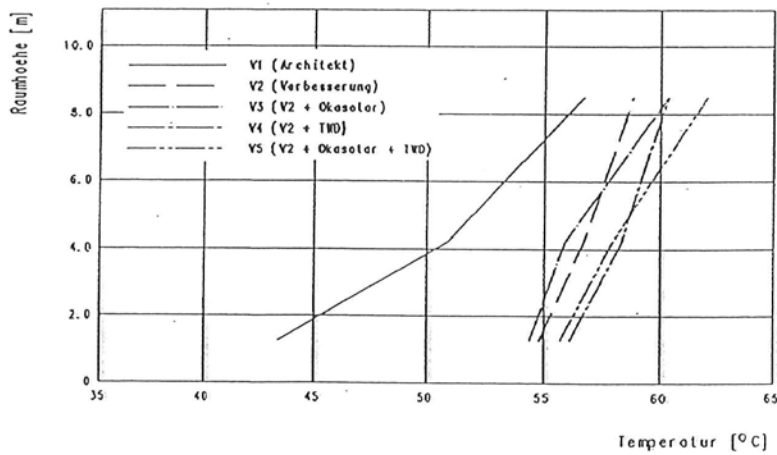


Bild 17 Temperaturverhalten Springerhalle (Sommer)

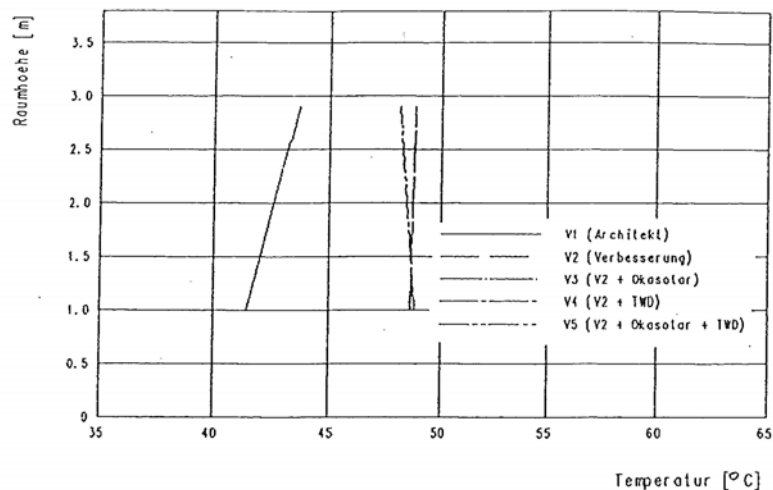


Bild 18 Temperaturverhalten Nichtschwimmerhalle (Sommer)

Aus den Diagrammen ist die Temperaturschichtung gut ablesbar.

Die Berechnungen zeigen, dass ohne eine Klimatisierung der Hallen in einer Raumhöhe von ca. 1.0 m Temperaturen von ca. 50 - 55 °C auftreten können.

Die Temperaturen unterhalb der Dachfläche liegen hier bei ca. 60 °C.

### 7.1.1 Zusammenfassung der Ergebnisse

#### Zu Variante V2:

Die Berechnungen zeigen, dass durch die Erhöhung des Wärmeschutzes eine Verringerung der Heizleistung von ca. **15 %** gegenüber V1 erzielt werden kann.

Im Sommer entstehen durch die internen Wärmequellen hohe Temperaturen die durch die erhöhten Dämmmaßnahmen schlechter an die Außenluft abgegeben werden können.

#### Zu Variante V3:

Die Berechnungen zeigen, dass Sondergläser eine Reduzierung des Gesamtenergiebedarfs bewirken können.

Wesentlich hierbei ist jedoch, dass während der Sommer/Hitzeperioden Innentemperaturen erreicht werden können, die derer bei der Verwendung von Normalglas plus Jalousien entsprechen.

#### Zu Variante V4:

Durch den Einsatz von transparenten Wärmedämmungen ist eine Reduzierung der Heizleistung möglich.

Bei dem hier untersuchten Projekt sind jedoch die infrage kommenden Flächenanteile gering, so dass der erwartete Energiegewinn unbedeutend bleibt.

Für den Sommerfall bringt die TWD hier keine Verbesserung, da in diesem Fall lediglich der erhöhte Wärmeschutz zum Tragen kommt.

## 8 Zusammenfassung und Ausblick

Im Rahmen dieser Studie wurden unterschiedliche Varianten zum Einsatz solarer Architektur auf ihre Wirkungsweisen und Einsatzmöglichkeiten untersucht.

Die Varianten unterteilten sich in:

- |            |  |
|------------|--|
| Variante 1 | Basis nach Vorgabe des Architekten           |
| Variante 2 | Erhöhung des Wärmeschutzes der Außenbauteile |
| Variante 3 | V2 + Einsatz von Solar-Verglasungen          |
| Variante 4 | V2 + Einsatz von TWD                         |
| Variante 5 | Kombination V2,V3,V4                         |

Mit Hilfe eines Simulationsprogrammes wurden die erforderlichen Heiz- und/oder Kühlleistungen, sowie die maximalen und/oder minimalen Lufttemperaturen der Einzelräume berechnet.

Die Ergebnisse zeigen, dass bei Variante V2, bedingt durch die Erhöhung des Wärmeschutzes, eine Verringerung der Heizleistung von ca. **15 %** gegenüber V1 erzielt werden kann. Die im Sommer



entstehenden hohen Innentemperaturen werden jedoch durch die höhere Wärmedämmung schlechter nach außen abgeleitet.

Die Ergebnisse der Variante V3 zeigen, dass Sondergläser eine Reduzierung des Gesamtenergiebedarfs bewirken können. Weiterhin kann durch den Einsatz dieser Gläser auf zusätzliche Sonnenschutzvorrichtungen verzichtet werden.

Der Einsatz von transparenten Wärmedämmungen (Variante V4) bewirkt bei diesem Projekt keine Reduzierung des Energiebedarfes im Winterfall und ist aus diesem Grunde nicht zu empfehlen.

## 9 Litereatur

- 
- 1 Verstärkter baulicher Wärmeschutz - ein Weg zur Vermeidung der bevorstehenden  
Klimaänderung; Prof. Dr. -Ing. habil. Gertis
  - 2 ISFH Institut für Solarenergieforschung, Hannover
  - 3 OKALUX, Marktheidenfeld
  - 4 Solartechnik, Köster; DBZ 2/1989
  - 5 OKALUX, Marktheidenfeld
  - 6 Außenwände mit transparenten Wärmedämmstoffen, Dr.-Ing. K. Gertis; Bauphysik 9/1987 H5
  - 7 Transparente Wärmedämmstoffe, E. Boy; Bauphysik 11/1989 H1
  - 8 BINE Informationsdienst, 3/1990 Nr.2
  - 9 IBP Bericht aus dem Fraunhofer-Institut für Bauphysik;  
Thermische Extrembeanspruchungen bei Verwendung hocheffizienter transparenter  
Wärmedämmsysteme, Lindauer und Werner 1988
  - 10 Wärmebedarfsberechnung für Gebäude, Eßmann; 1990/ Leimer; 1987 ff
  - 11 Regeln für die Berechnung des Wärmebedarfs von Gebäuden, 3/83