

Wärmeübertragung

Thermisch-energetischer Gebrauchswert von Wohnbauten

Teil 1

Bernd Glück, Jößnitz (Plauen)

Zur technischen Charakterisierung eines Autos, das gegenüber einem Wohngebäude nur einen sehr kurzlebigen Gebrauchsgegenstand verkörpert, gibt man vielseitige Kriterien (Motorleistung, Drehmoment, Kraftstoffverbrauch, Höchstgeschwindigkeit, Beschleunigungsverhalten, Zuladung usw.) an. Demgegenüber sind die technischen Angaben für Wohnbauten mehr als spärlich. Die zwar umfangreichen Normen orientieren primär auf einen niedrigen Jahresenergiebedarf bzw. Jahresprimärenergiebedarf bei üblicher Nutzung. Sekundär versuchen sie, unzumutbare Raumtemperaturen im Sommer ohne das Wirken von Kühlanlagen zu vermeiden.

Autor



Prof. Dr.-Ing. habil. Bernd Glück, Jahrgang 1942, betreibt ein Forschungs- und Entwicklungsbüro für Technische Gebäudeausrüstung. Gleichzeitig ist er als Honorarprofessor an der Westsächsischen Hochschule Zwickau (FH) tätig.

Wohnbauten verkörpern einen sehr hochwertigen Gebrauchsgegenstand, dessen thermisch-energetische Nutzeigenschaften für ein ganzheitliches Urteil über den gesamten Jahresgang zu bewerten sind. Für vier ausgewählte Entwurfstage werden mit Hilfe des „Dynamischen Raummodells“ [1; 2] unterschiedliche Beton-, Ziegel- sowie Holzleicht- und Massivholzbauweisen untersucht. Ergänzend kommen bei den Holzbauten Latentspeichermaterialien – sogenannte PCM – zum Einsatz. Die den Entwurfstagen zugeordneten Hauptkriterien werden in übersichtlichen Diagrammen gegenübergestellt.

Wohnbauten in unseren Breiten sind sehr wechselnden meteorologischen Randbedingungen ausgesetzt, so dass die bau- und anlagentechnischen Kombinationen oftmals nur während begrenzter Zeitabschnitte sinnvoll arbeiten. In der übrigen Zeit können die getroffenen Maßnahmen sogar kontraproduktiv wirken. So ist z.B. der solare Energieeintrag über große transparente Raumumfassungen im Winter energetisch sehr positiv, aber bereits an heiteren Frühlingstagen muss ein Teil der „nicht nutzbaren solaren Gewinne weggelüftet“ werden, was oftmals mit Behaglichkeitsdefiziten verbunden ist.

Während im Norden Europas die Gebäude vornehmlich eine wirkungsvolle Wärmedämmung und im Süden eine große Wärmespeicherfähigkeit besitzen müssen, bedarf es hierzulande der „richtigen Mischung“ aus beiden Eigenschaften. Die vorrangige Entwicklung der Gebäudedämmung, die durch die Energieeinsparverordnungen befördert wurde, vernachlässigte die Wärmespeicherkapazität der Raumumfassungen. Der Einsatz von Latentspeichermaterialien (PCM) – beispielsweise durch mikroverkapselte Paraffine in Putzen und Bauplatten – soll diesen Nachteil beheben. Die Werbung vergleicht die Wärmespeicherkapazitäten von PCM-Bauplatten mit denen be-

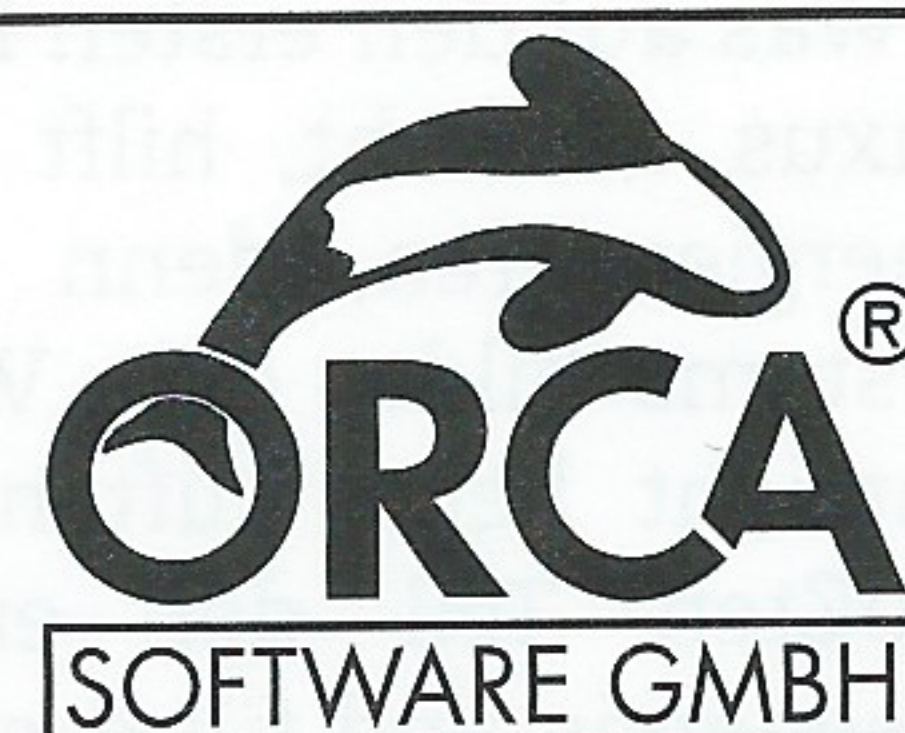
stimmter Beton- oder Ziegelwanddicken und suggeriert beim Einsatz dieser Produkte auch das analoge energetische Verhalten und eine vergleichbare thermische Behaglichkeit wie in konventionellen Bauten. Wie gezeigt wird, sind diese Eigenschaften aber nicht a priori in derselben Weise gegeben, da die Phasenwandeltemperatur entscheidenden Einfluss nimmt.

Über die Notwendigkeit und die Ausgestaltung eines Verfahrens zur ganzjährigen Bewertung der Wohnbauten würde ein Normenausschuss möglicherweise trefflich streiten. Der Autor dieses

- AVA
- Kostenplanung
- Projektmanagement

Kostenlose Testversion Tel. 08031 - 40688-0 Fax 08031 - 40688-11

e-mail: info@orca-software.com · www.orca-software.com



Beitrages erlaubt sich als Alleinentwickler – befreit von vielfältigen Abstimmungen, jedoch belastet von quälendem Überlegen und Abwägen – den nachfolgenden Vorschlag zur Diskussion zu stellen.

Definition der Entwurfstage

Um die wärmetechnischen Eigenschaften der zu untersuchenden Gebäude zu demonstrieren, werden vier Entwurfstage – je zwei Winter- und Sommertage – definiert. Generell werden die

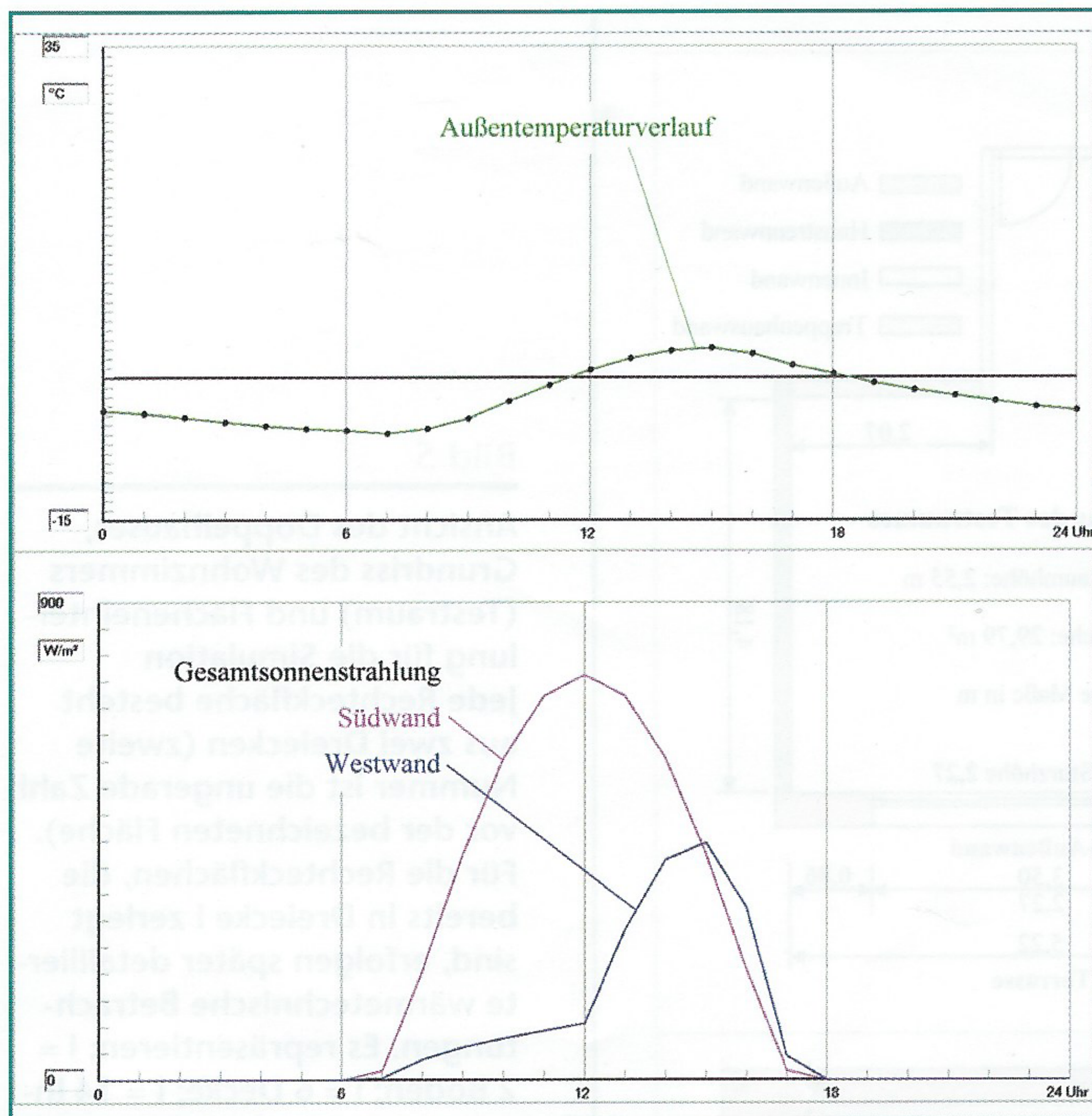


Bild 1

Meteorologische Daten für den Entwurfstag 2 (heiterer Februartag)

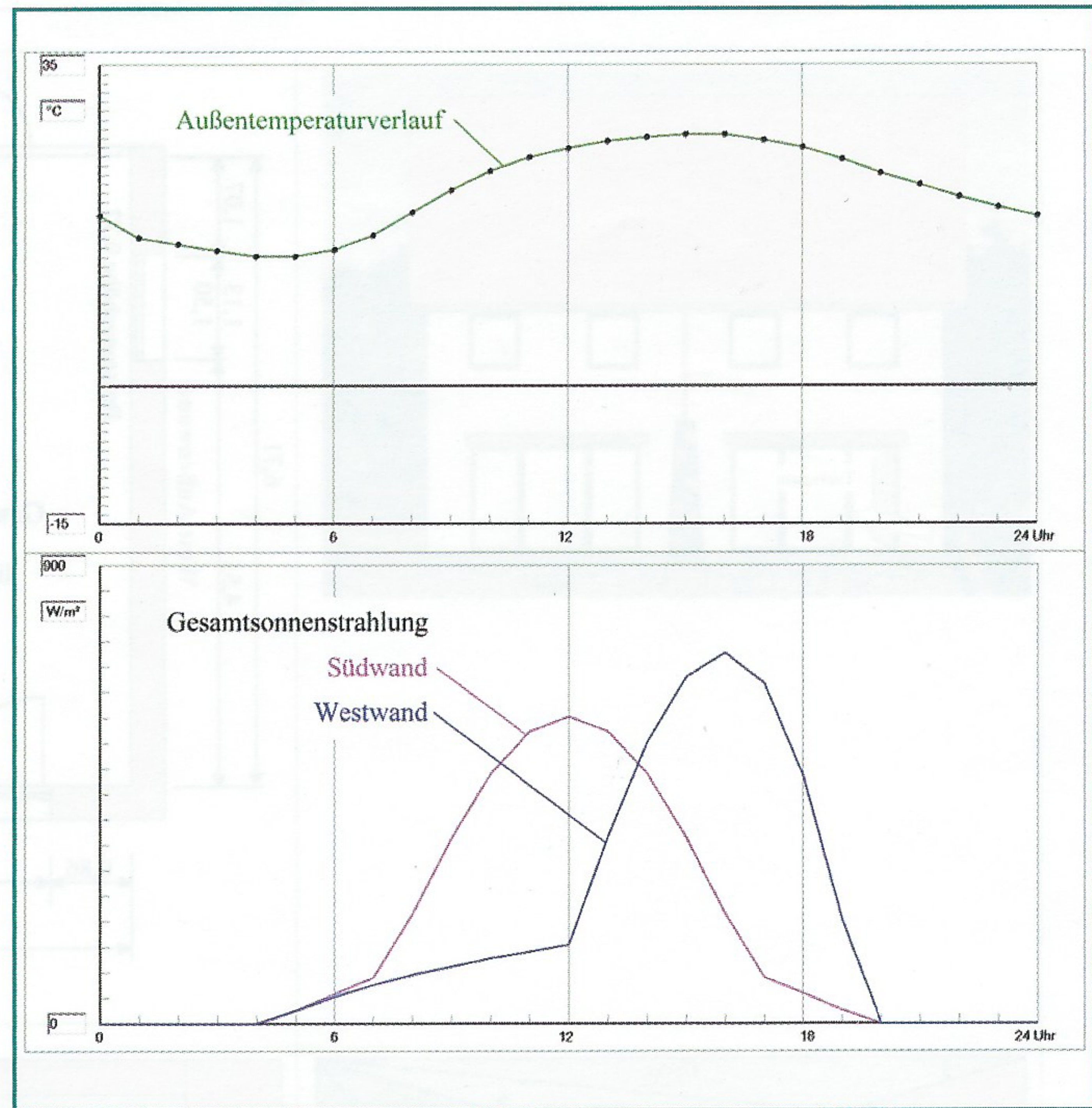


Bild 3

Meteorologische Daten für den Entwurfstag 3 (heiterer Julitag)

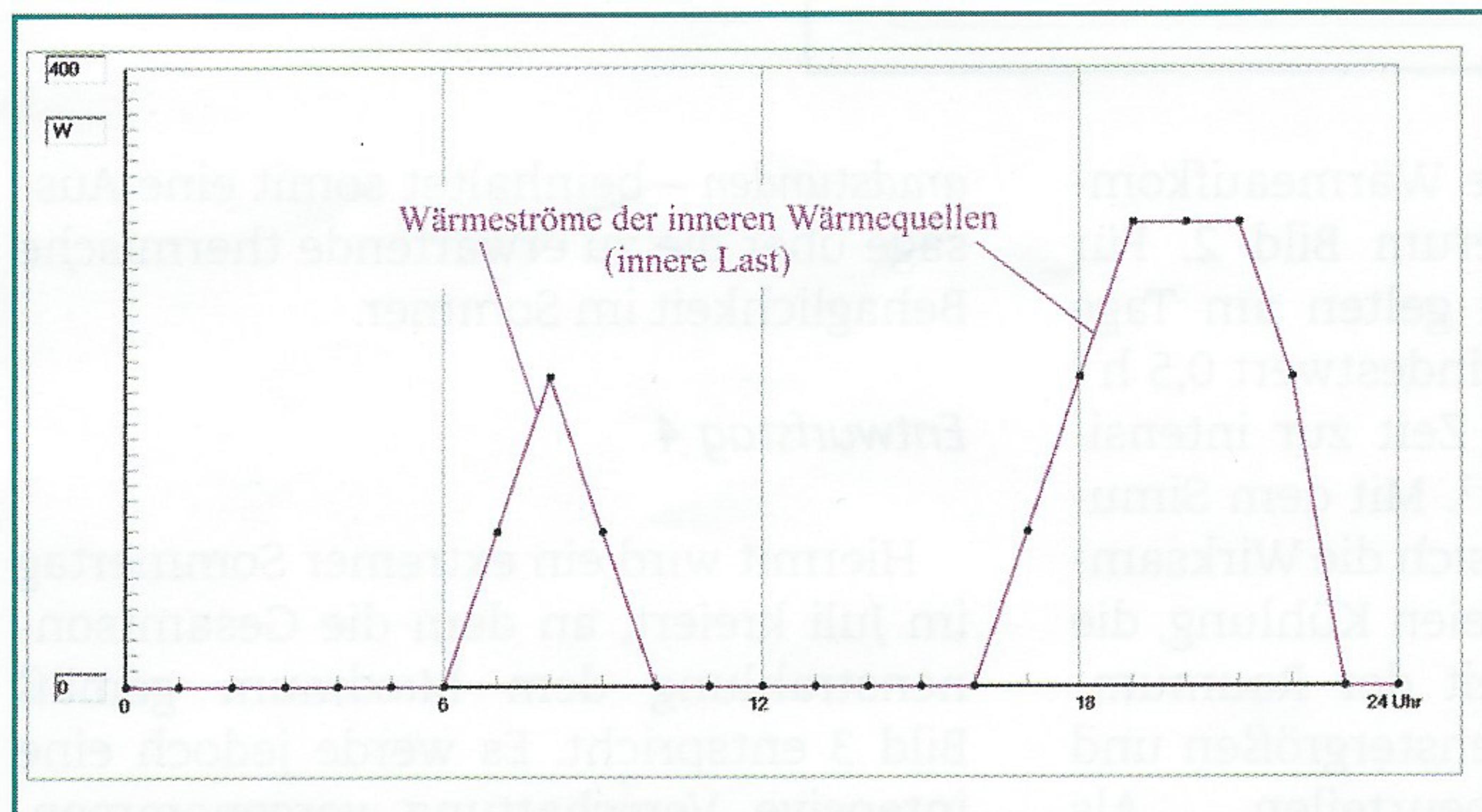


Bild 2

Zeitlicher Leistungsverlauf der inneren, standortlosen Konvektionswärmequellen

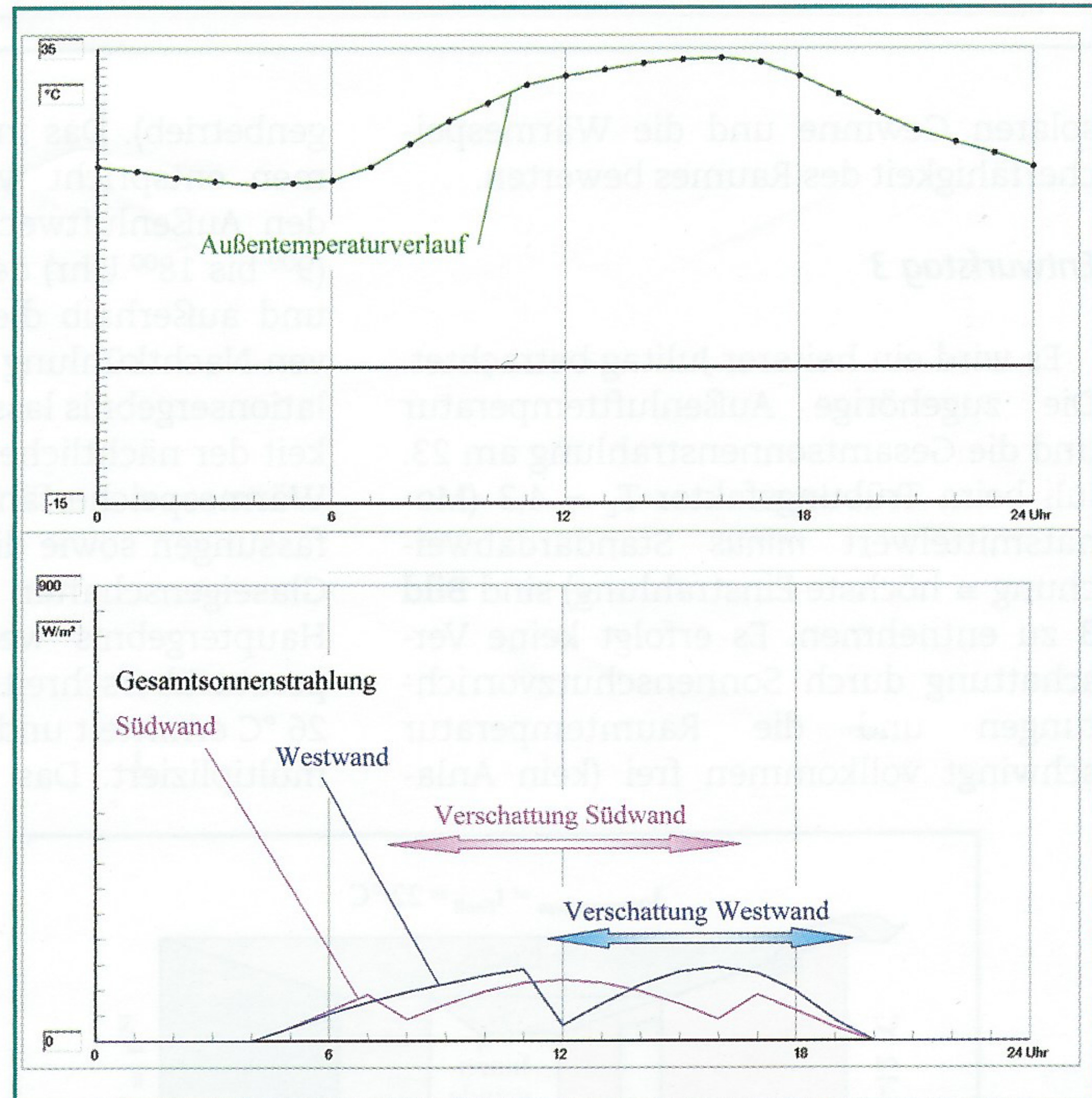


Bild 4

Meteorologische Daten für den Entwurfstag 4 (extremer Sommertag)

Außentemperaturen für den Standort Kassel und die Gesamtstrahlungsdaten für 50° nördlicher Breite jeweils nach DIN 4710:2003-01 verwendet. Es gelten die nachfolgenden Detaillierungen.

Entwurfstag 1

Es handelt sich um einen Wintertag (Auslegungsfall) bei statistisch tiefster, konstanter Außenlufttemperatur von -12 °C nach EN 12831: 2004, Beiblatt 1 ohne Besonnung und ohne innere Last. Die Raumtemperatur beträgt durch-

gehend 22 °C . Für den Außenluftwechsel gilt $0,5\text{ h}^{-1}$. Das Simulationsergebnis liefert Aussagen zum Dämmstandard und zur Bewertung von möglicherweise unterschiedlichen Heizungsanlagen. Die bodenflächenbezogene Heizlast stellt das Hauptkriterium dar.

Entwurfstag 2

Untersucht wird ein heiterer Februartag. Es gelten der zugehörige Außenlufttemperaturverlauf und die Gesamtsonnenstrahlung am 20. Februar beim Trü-

bungsfaktor $T_L = 4,1$ (Monatsmittelwert) nach Bild 1 sowie die definierte innere Last gemäß Bild 2. Eine Minderung der Solarstrahlung durch Verschattungseinrichtungen erfolgt nur im Sonderfall beim Anstieg der Raumtemperatur auf $>25\text{ °C}$. Die Mindestwerte der Raumtemperatur betragen tags (7⁰⁰ bis 22⁰⁰ Uhr) 22 °C und nachts 18 °C . Sie werden durch eine Heizungsanlage garantiert. Der Außenluftwechsel von $0,5\text{ h}^{-1}$ gelte ganztägig. Mit dem Simulationsergebnis – täglicher Heizenergiebedarf – lassen sich indirekt auch die nutzbaren

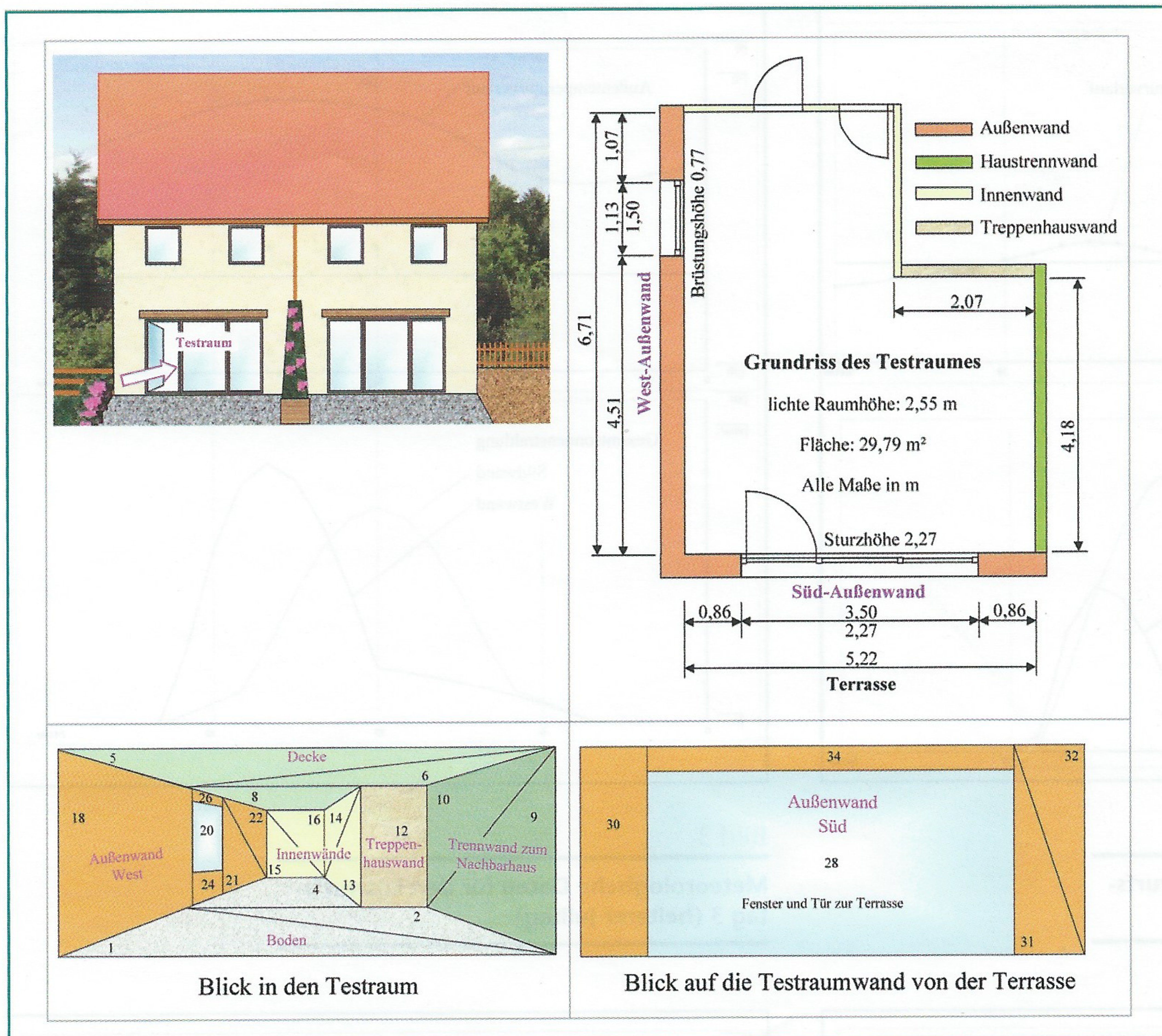


Bild 5

Ansicht des Doppelhauses, Grundriss des Wohnzimmers (Testraum) und Flächeneinteilung für die Simulation. Jede Rechteckfläche besteht aus zwei Dreiecken (zweite Nummer ist die ungerade Zahl vor der bezeichneten Fläche). Für die Rechteckflächen, die bereits in Dreiecke i zerlegt sind, erfolgen später detaillierte wärmetechnische Betrachtungen. Es repräsentieren: $i = 2$ Boden; $i = 6$ Decke; $i = 14$ Innenwand; $i = 10$ Trennwand; $i = 32$ Südaußenwand; $i = 22$ Westaußenwand.

solaren Gewinne und die Wärmespeicherfähigkeit des Raumes bewerten.

Entwurfstag 3

Es wird ein heiterer Julitag betrachtet. Die zugehörige Außenlufttemperatur und die Gesamtsonnenstrahlung am 23. Juli beim Trübungsfaktor $T_L = 4,3$ (Monatsmittelwert minus Standardabweichung $\equiv$ höchste Einstrahlung) sind **Bild 3** zu entnehmen. Es erfolgt keine Verschattung durch Sonnenschutzvorrichtungen und die Raumtemperatur schwingt vollkommen frei (kein Anla-

genbetrieb). Das innere Wärmeaufkommen entspricht wiederum Bild 2. Für den Außenluftwechsel gelten am Tage (9⁰⁰ bis 18⁰⁰ Uhr) der Mindestwert 0,5 h⁻¹ und außerhalb dieser Zeit zur intensiven Nachtkühlung 2 h⁻¹. Mit dem Simulationsergebnis lassen sich die Wirksamkeit der nächtlichen freien Kühlung, die Wärmespeicherfähigkeit der Raumumfassungen sowie die Fenstergrößen und Glaseigenschaften beurteilen. Als Hauptergebnis werden die Raumtemperaturüberschreitungen bezogen auf 26 °C ermittelt und mit der Stundenzahl multipliziert. Das Produkt – Tageshoch-

gradstunden – beinhaltet somit eine Aussage über die zu erwartende thermische Behaglichkeit im Sommer.

Entwurfstag 4

Hiermit wird ein extremer Sommertag im Juli kreiert, an dem die Gesamtsonnenstrahlung dem Maximum gemäß Bild 3 entspricht. Es werde jedoch eine intensive Verschattung vorgenommen, bei einer flächenorientierten Gesamtstrahlung von >150 W/m² gelte der Minderungsfaktor $F_C = 0,2$. Damit ergibt sich die solare Belastung auf die transparen-

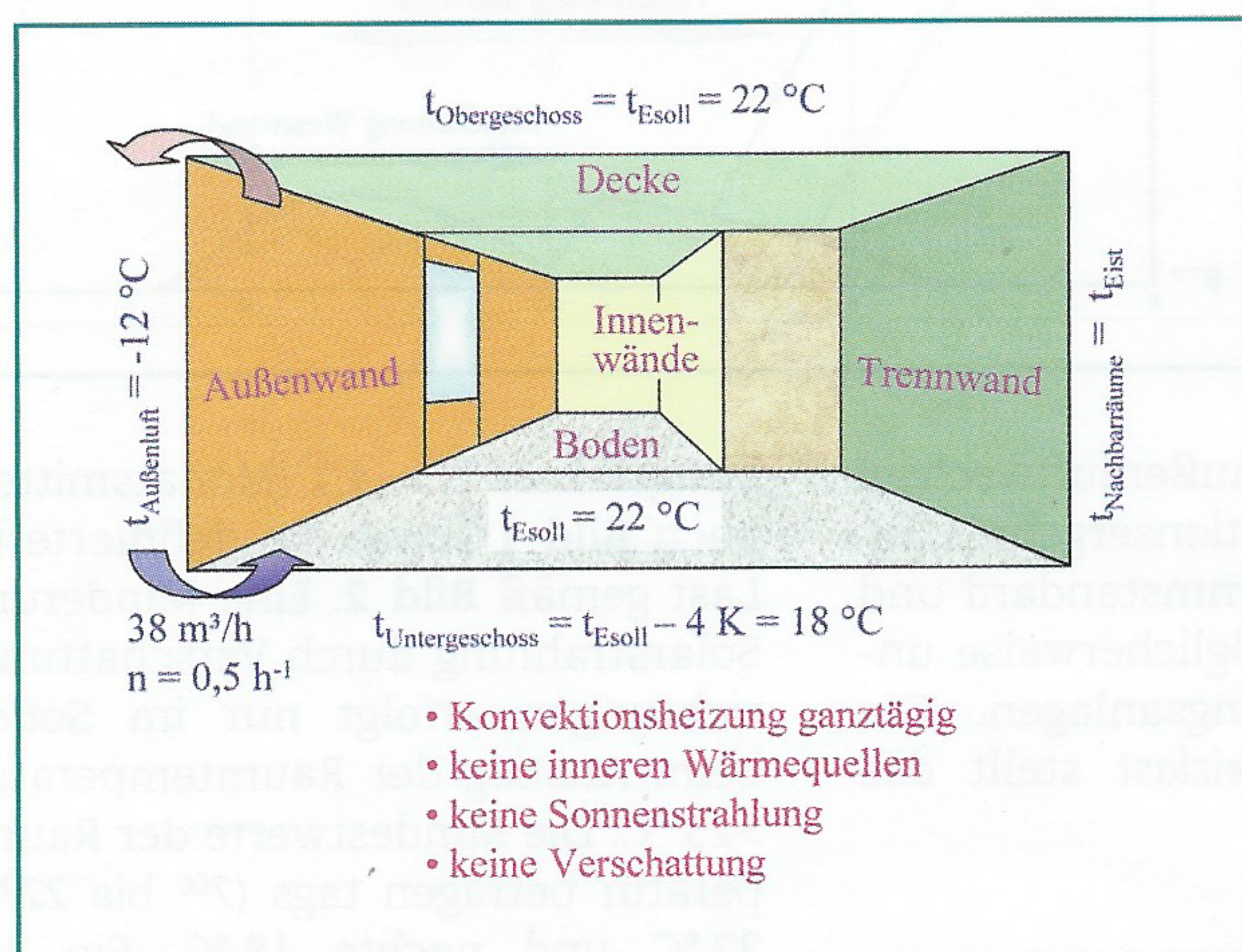


Bild 6

Übersichtsinformation zum Entwurfstag 1

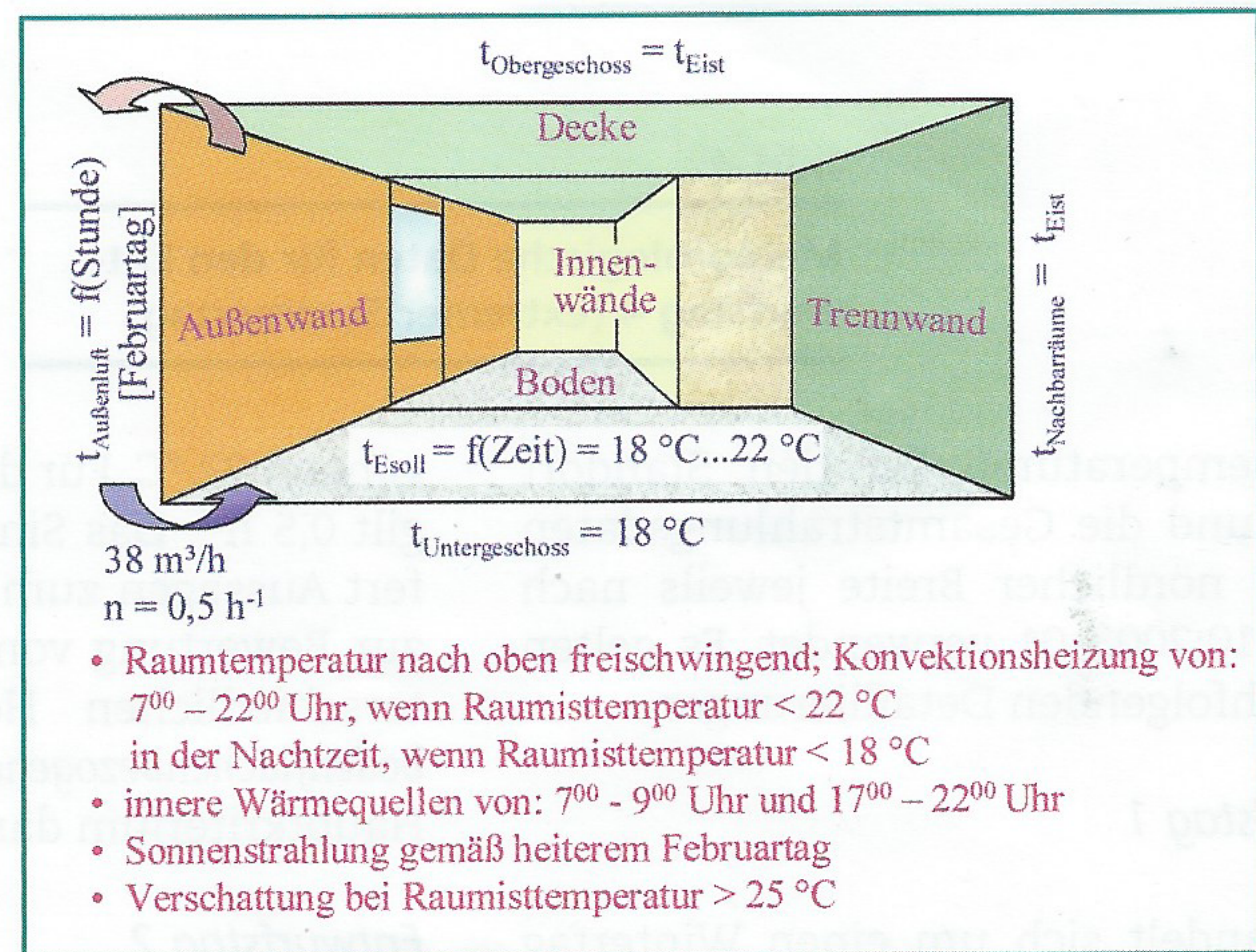


Bild 7

Übersichtsinformation zum Entwurfstag 2

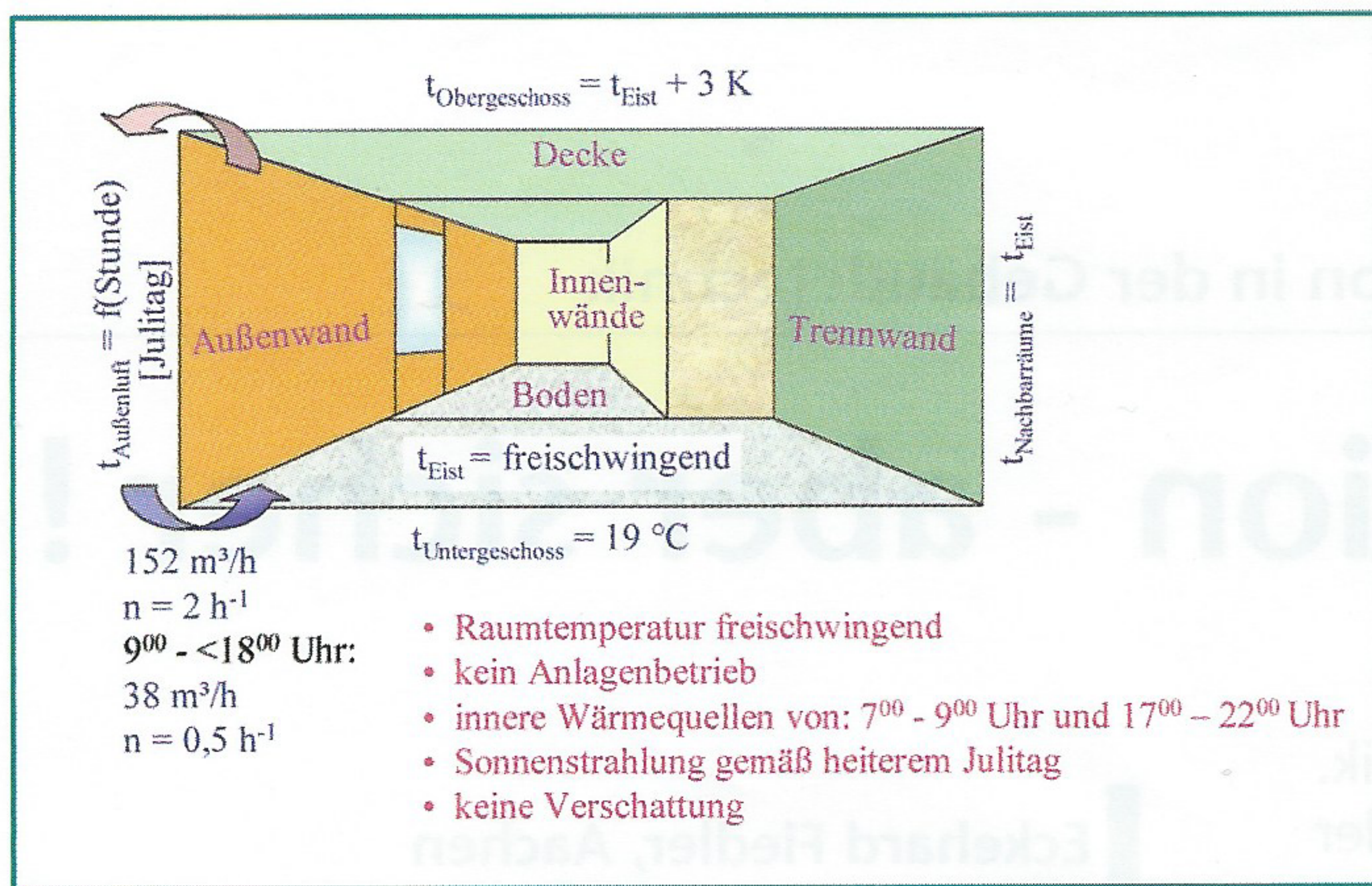


Bild 8

Übersichtsinformation zum Entwurfstag 3

ten Flächen nach Bild 4. Der Lufttemperaturverlauf ist synthetisch erstellt, wobei dieser sich an dem stündlichen Spitzenwert nach DIN 4710:2003-01 für Kassel orientiert (Bild 4). Die innere Last folgt wieder Bild 2. Der Außenluftwechsel beachtet den hohen Außentemperaturverlauf und ist gegenüber dem Entwurfstag 3 verändert. Am Tage wirkt der Mindestwert von $0,5 \text{ h}^{-1}$ länger (8:00 bis 21:00 Uhr), wodurch sich die Zeit mit dem Außenluftwechsel von 2 h^{-1} zur wirkungsvollen Nachtkühlung verkürzt. Die Raumtemperatur darf während der täglichen Nutzzeit (7:00 bis 22:00 Uhr) 26°C nicht übersteigen. Zur Einhaltung dieses Grenzwertes wird eine Raumkühlung aktiviert. Gegen diese ist grundsätzlich nichts einzuwenden, wenn die installierte Heizungsanlage oder Teile dieser (z.B. thermisch aktive Flächen) Verwendung finden und Umweltenergiequellen genutzt werden. Ob diese Möglichkeiten gegeben sind, hängt vor allem von der Größe des Tageskühlbedarfs beim Wirken der intensiven Verschattung ab. Der bodenflächenspezifische Tageskühlbedarf wird deshalb als Hauptkriterium der Simulation ermittelt.

Testraum und modellierte Heiz- Kühlanlage

Als Testraum für die umfassenden wärmetechnischen Simulationen wird das Wohnzimmer in einer Doppelhaushälfte gewählt (Bild 5). Neun unterschiedliche Raumumfassungsarten finden Beachtung: Süd-Außenwand, West-Außenwand, Trennwand zur benachbarten Doppelhaushälfte mit Schallschutz für gereimte Häuser nach DIN 4109, Innenwand, Treppenhauswand, Boden (Decke zum Kellergeschoss), Decke (Decke zum Obergeschoss), Fenster und Terrassentüre, Innentüren. Allen zu simulierenden Bauweisen wird die im Bild gezeigte einheitliche Raumgeometrie zugrun-

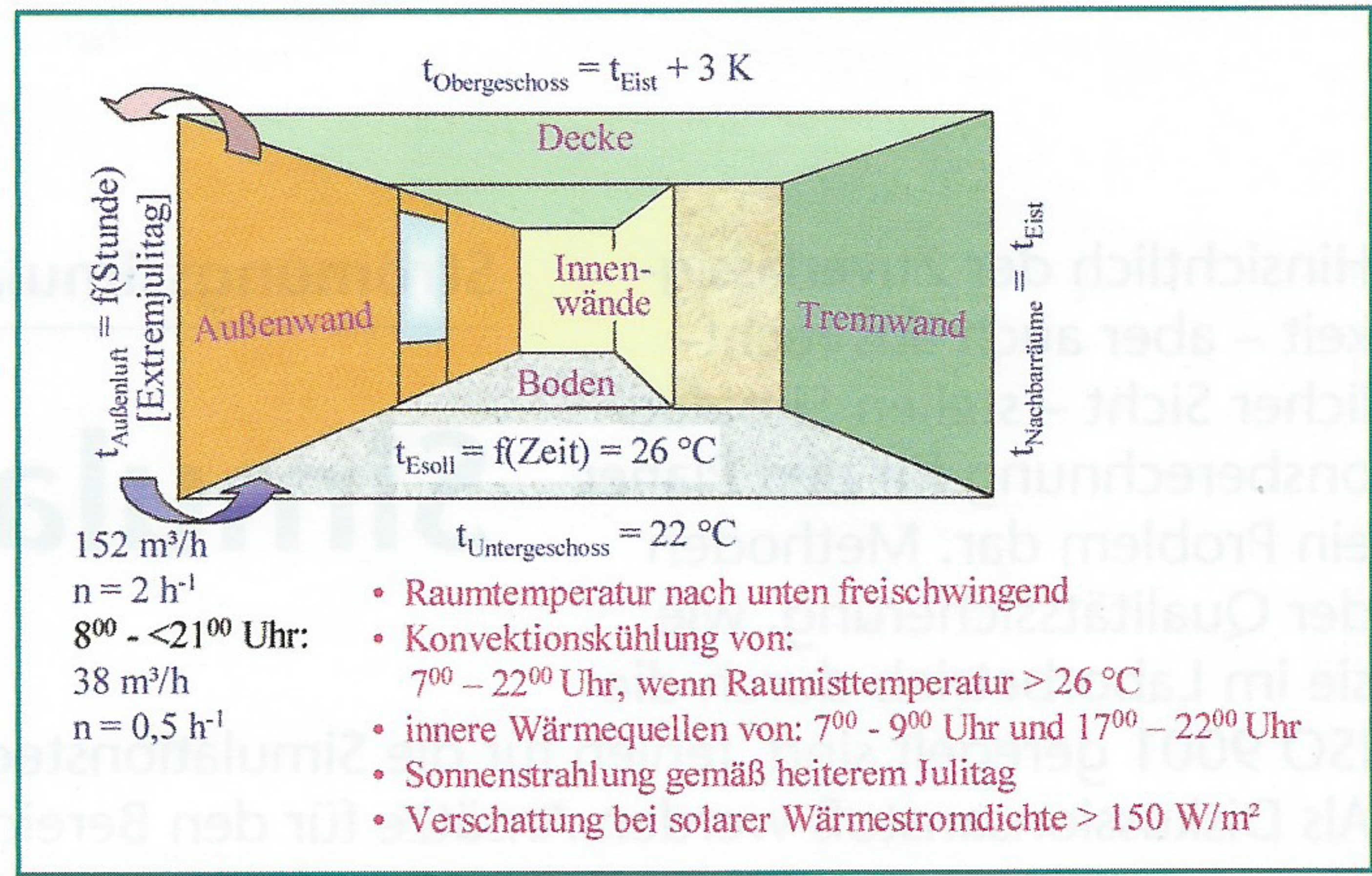


Bild 9

Übersichtsinformation zum Entwurfstag 4

de gelegt. Zur eindeutigen Ergebnisbewertung der unterschiedlichen Bauweisen kommt in den nachfolgenden Beispielfällen ein einfaches Luftheiz- und -kühlsystem zum Einsatz, dass den gesamten Wärmestrom rein konvektiv und über alle Zonen gleichverteilt dem Raum zu- bzw. abführt. Selbstverständlich können bei speziellen Untersuchungen auch andere Heiz-/Kühlsysteme – z.B. Fußbodenheizungen – berücksichtigt werden.

Simulationsmodell und -durchführung

Es wird das „Dynamische Raummodell zur wärmetechnischen und wärmephysiologischen Bewertung“ [1; 2] verwendet. Es kommt dabei die instationäre Komplexsimulation unter Beachten von Latentspeichermaterial (PCM) zum Einsatz, wobei das Verfolgen der Materialtemperatur und der Phasenzustände detailliert geschieht und deren grafische Darstellung ergänzt wurde. Die Flächenaufteilung der Umfassungen (Dreiecksdarstellung) sind Bild 5 zu entnehmen. Die höhenabhängige Lufttemperatur wird durch ein 10-Zonen Schichtmodell nachgebildet.

Die Simulation umfasst 91 Stunden (Start: 0:00 Uhr), die Zeitintervalle betragen 10 s. Als Auswertzeitraum werden die 67. bis 91. Stunde herangezogen (19:00 Uhr des 3. Tages bis 19:00 Uhr des 4. Tages). Die Heizlast des Entwurfstages 1 gilt am Simulationsende, die Hauptkriterien der Entwurfstage 2 bis 4 werden für die letzten 24 Stunden gebildet. Als Startbedingungen für die Raumumfassungen gelten: $t_{\text{Start}} = 22^\circ\text{C}$; $\text{Phase}_{\text{Start}} = 0$ (PCM liegt in der festen Phase vor).

Die Behaglichkeitsgrößen (Empfindungstemperatur, Strahlungstemperatur, Strahlungstemperatur-Asymmetrie, vertikaler Lufttemperaturgradient) können am Ende der Simulationszeit be-

stimmt werden. Deshalb wurde das Ende der Simulation auf 19:00 Uhr (Hauptnutzzeit des Raumes) gelegt.

Zusammenfassung der Simulationsbedingungen

Die Außentemperatur-, Solarstrahlungs- und Wärmestromverläufe sind in Stundenintervallen vorgegeben und werden linear interpoliert. Der Zuluftvolumenstrom (Außenluftwechsel) ändert sich maximal zweimal pro Tag zur festen Stunde. Die Temperaturen der

Nachbarräume sind fest vorgegeben oder an die Isttemperatur des Testraumes gekoppelt. Die Raumsolltemperatur kann als stündliche Angabe in Abhängigkeit der Regelungsart erfolgen. Die Zusammenfassungen dieser Daten sind geordnet nach Entwurfstagen den Bildern 6 bis 9 zu entnehmen.

(Wird fortgesetzt)

AVA

Kostenplanung

Projektmanagement

Kostenlose Testversion Tel. 08031 - 40688-0 Fax 08031 - 40688-11

e-mail: info@orca-software.com · www.orca-software.com



Literatur

- [1] Glück, B.: Dynamisches Raummodell zur wärmetechnischen und wärmephysiologischen Bewertung. <http://www.rom-umwelt-stiftung.de> (Rubrik „Arbeit bisher“ Projekt 14)
- [2] Glück, B.: Dynamisches Raummodell (Kurzfassung), HLH Bd.56 (2005)Nr. 5, S. 26-31 (Teil 1); Nr. 6, S. 34-39 (Teil 2).