

***RICHTIG HEIZEN -
GESUND LEBEN***

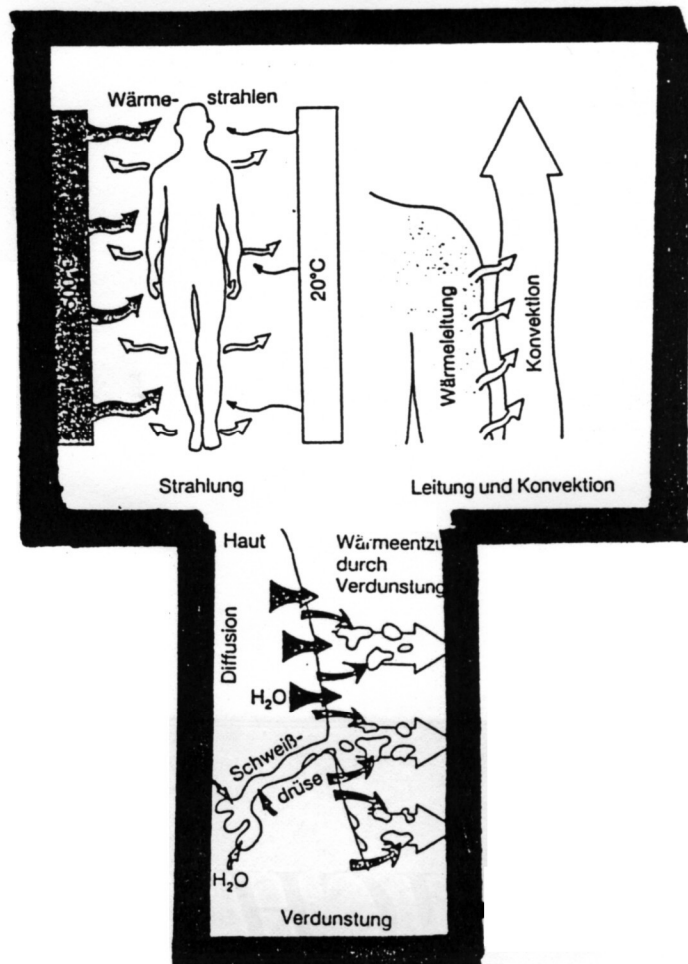
HEIZSYSTEME AUF DEM PRÜFSTAND

Für eilige Leser, die nur an den Endergebnissen interessiert sind und die Beurteilungskriterien als gegeben hinnehmen, genügt es, nur die Punkte 2.11 und 2.1 bis 2.10 durchzuarbeiten. Die wesentlichen Überlegungen zur eigenen Bewertung der Heizsysteme sind jedoch in Kapitel 1. ausführlich behandelt. Jedem interessierten Leser sei daher vorher die Durcharbeitung von Kapitel 1. empfohlen, es enthält darüber hinaus wesentliche Hinweise über

RICHTIG HEIZEN - GESUND LEBEN.

INHALTSVERZEICHNIS

1. BEURTEILUNGSKRITERIEN
 - 1.1 Mensch und Heizung
 - 1.1.1 Wärmeabgabe des Menschen
 - 1.1.2 Behaglichkeit
 - 1.1.3 Luftfeuchtigkeit
 - 1.1.4 Wozu befeuchten
 - 1.1.5 Physiologische Behaglichkeit
 - 1.1.6 Atmung
 - 1.1.7 Wärmeleitung
 - 1.2 Anforderungen an ein Ideales Heizungssystem
 - 1.2.1 Raumklima
 - 1.2.2 Heizflächen
 - 1.2.3 Energieeinsatz
 - 1.2.4 Sonstige Anforderungen
2. BEURTEILUNG DER HEIZSYSTEME
 - 2.1 Beurteilungsschema
 - 2.2 Beurteilungsgrundlagen
 - 2.3 Elektro-Nachtspeicherheizung
 - 2.4 Radiatorheizung
 - 2.5 Fußleistenheizung
 - 2.6 Holzkachelofen
 - 2.7 Bodenheizung
 - 2.8 Hochtemperatur - Wandheizung
 - 2.9 Niedertemperatur - Plattenheizkörper
 - 2.10 Niedertemperatur - Unterputz Wandheizung
 - 2.11 Prüfergebnisse - Übersicht



1. BEURTEILUNGSKRITERIEN
 - 1.1 MENSCH UND HEIZUNG
 - 1.1.1 Wärmeabgabe des Menschen

Der Mensch nimmt täglich erhebliche Energiemengen über die Nahrung auf. Diese Energie muß abgebaut werden.

Ist die Energieabfuhr eingeschränkt so kommt es zu einer Überwärmung im Körper. Übersteigt die Körpertemperatur 42°C führt dies zur Eiweißzersetzung in den Organen und in weiterer Folge zum Tod. Um dies zu verhindern, haben wir verschiedene Möglichkeiten die Wärme abzuführen.

1. ATMUNG
2. STRALUNG
3. KONVEKTION
4. LEITUNG
5. TRANSPIRATION

Gesteuert wird die Wärmeabgabe durch kompl-



zierte Regelmechanismen des Organismus mit folgenden Prioritäten.

- I Atmung beschleunigen
- II Konvektion erhöhen (Drang Kleidung abzuliegen, Frischluftzufuhr, Öffnen der Fenster, aufsuchen eines kühlen Raumes.)
- III Transpiration an der Hautoberfläche

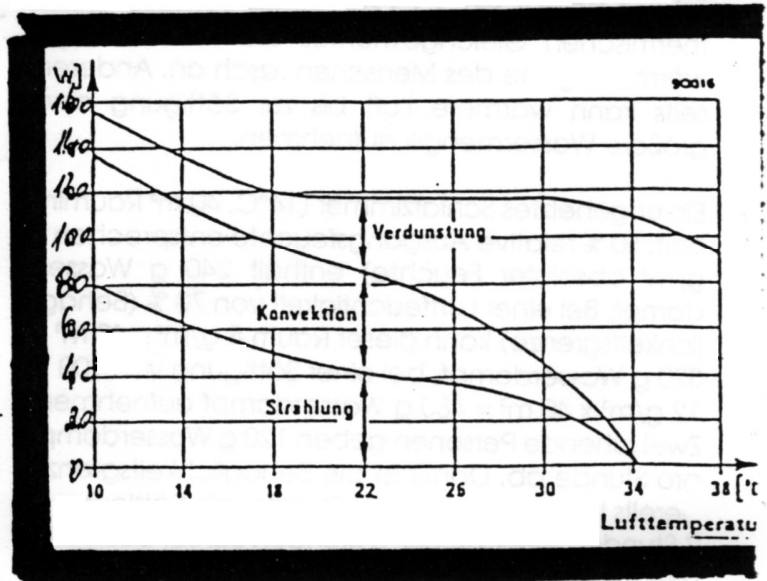
Die Gesamtwärmeabgabe des Menschen ist lt. nebenstehendem Bild bei Lufttemperaturen zwischen 18 °C und 30 °C annähernd konstant 120 Watt. Betrachtet man jedoch die Anteile, so fällt die rasch steigende Verdunstung durch Transpiration und Atmung auf.

Oberstes Ziel jedes Heizsystems müßte es sein, Umweltbedingungen zu schaffen, die der Gesundheit, dem Wohlbefinden und der Behaglichkeit des Menschen dient. Dies ist nur möglich, wenn der Wärmehaushalt für den Organismus ausgeglichen ist. Jede Einschränkung der Wärmeabfuhr wird genau so unangenehm empfunden wie jede, der natürlichen Wärmeabfuhr nicht entsprechenden, einseitige Entwärmung des Körpers.

Dabei darf nicht außer acht gelassen werden, daß der Mensch über zehntausende von Jahren an "seiner" Umwelt angepaßt ist. Für den Südländer gelten zwangsläufig andere Behaglichkeitskriterien als für den Eskimo. Die Art der Tätigkeit verursacht eine unterschiedliche Wärmeproduktion und damit andere Anforderungen an die Raumbedingungen zur Erreichung der Behaglichkeit. Darüber hinaus bestehen unterschiedliche persönliche Grenzwerte des Behaglichkeitsempfindens.

1.2 Behaglichkeit

Die Messung der Behaglichkeit wurde seit Jahrzehnten von vielen Wissenschaftlern versucht und entsprechende Verfahren und Berechnungsgrundlagen geschaffen. Zuletzt wurden eingehende Untersuchungen von Prof. Fanger durchgeführt und in einer komplizierten Gleichung erfaßt, die es erlaubt, in Abhängigkeit von Lufttemperatur, mittlerer Strahlungstemperatur der Umfassungswände, Luftgeschwindigkeit, Luftfeuchtigkeit, Aktivität und Kleidungswert die zu erwartende Anzahl Unzufriedener bei gegebenen Umweltzuständen zu bestimmen. Selbst bei idealen Bedingungen gibt es laut Fanger noch immer 5 % Unzufriedene. Einen tatsächlich geeigneten Behaglichkeitsmaßstab



gibt es noch nicht und wird es vielleicht auch nicht geben. Der Mensch ist eben ein Lebewesen und keine Maschine. Allen Untersuchungen gemeinsam ist, daß die Behaglichkeit von den vier Grundgrößen

- Lufttemperatur,
- Wandtemperatur einschließlich Fenster und Heizflächen,
- Luftbewegung und
- Luftfeuchtigkeit abhängt.

Die ersten drei Faktoren sind unmittelbar durch die Wahl des Heizsystems beeinflussbar, während die Luftbe- und -entfeuchtung den Einsatz zusätzlicher Geräte erfordert. In Frage zu stellen ist, ob in unseren Klimazonen nicht erst die Wahl falscher Heizsysteme und Bauweisen eine Befeuchtung bedingt.

1.1.3 Luftfeuchtigkeit

Das Problem der Luftfeuchtigkeit scheint in unseren Klimazonen erst in den letzten 20 - 30 Jahren zu einem Problem zu werden. Da sich die Witterungs-

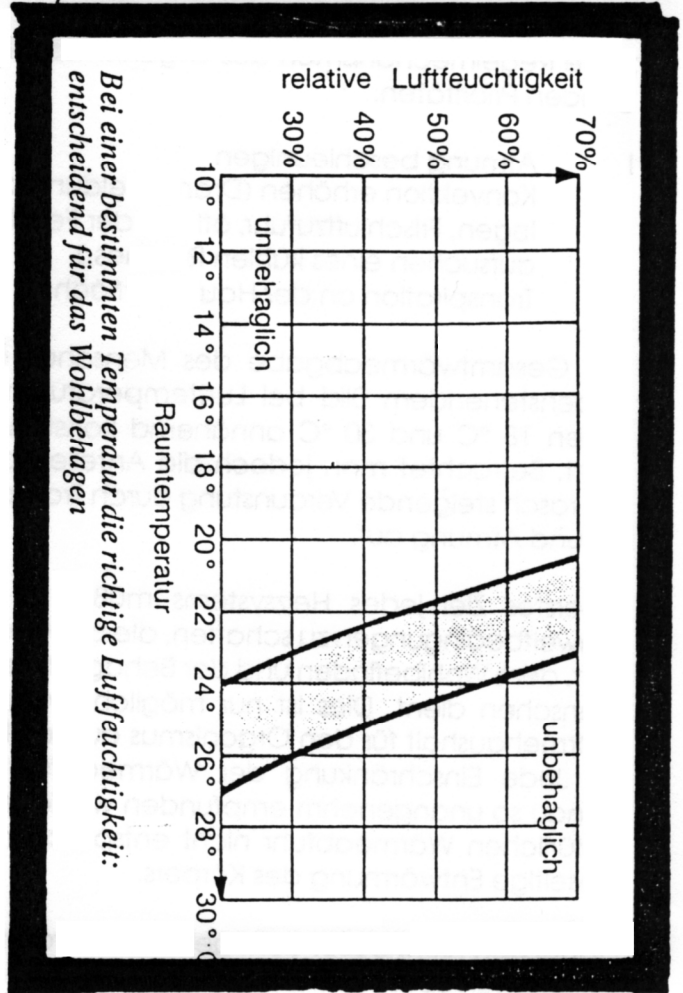
bedingungen nicht verändert haben, sind die Ursachen in den veränderten Bauweisen und technischen Einrichtungen, sowie in der veränderten Lebensweise zu suchen. Bei höheren Raumtemperaturen steigt lt. Pkt. 1.1.1 zur Aufrechterhaltung des thermischen Gleichgewichtes die Verdunstungswärmeabgabe des Menschen rasch an. Andererseits kann wärmere Luft bis zur Sättigung eine größere Wassermenge aufnehmen.

Ein ungeheiztes Schlafzimmer (14°C, 40 m³ Rauminhalt, 50 % relative Ausgangsfeuchte entsprechen 6 g/m³ absoluter Feuchte) enthält 240 g Wasserdampf. Bei einer Luftfeuchtigkeit von 70 % (Behaglichkeitsgrenze) kann dieser Raum 8 g/m³ x 40 m³ = 320 g Wasserdampf, bei einer Sättigung von 100 % 12 g/m³ x 40 m³ = 480 g Wasserdampf aufnehmen. Zwei ruhende Personen geben 120 g Wasserdampf pro Stunde ab. Damit ist die Behaglichkeitsgrenze bereits in weniger als einer Stunde, die Sättigung in 2 Stunden erreicht. Bei 8 Stunden Schlaf bedeutet dies 8 x 120 g/h = 960 g oder einen Überschuß von 720 g Wasserdampf. Dieser Überschuß muß durch Fensterlüftung bzw. durch die Baustoffe aufgenommen werden.

Bild 4 zeigt das Saugvermögen verschiedener Putze bei einer Lufttemperatur von 20°C und einer relativen Luftfeuchte von 90 %. Die Proben standen mit den Schmalseiten 2 cm im Wasser.

Aus dem Diagramm (Bild 4) folgt, daß geeignete Baustoffe, wie Kalk- und Gipsputz, genügend Speichervermögen haben, um die Feuchtebelastung aufzunehmen und über längere Zeiträume ein ausgeglichenes Feuchteklima aufrecht zu erhalten. Wichtig in diesem Zusammenhang sind dampfdiffusionsfähige Wände und nicht absolut dicht schließende Fenster.

Wie vorstehend erläutert, besteht in Räumen in denen sich Personen aufhalten das Problem der steigenden Luftfeuchtigkeit, sofern die Räume nicht ausreichend gelüftet werden. Paradoxerweise wird zur Erreichung der Behaglichkeit zusätzlich künstliche Befeuchtung der Räume empfohlen, obwohl die feuchte Luft die Energieabfuhr des Menschen beeinträchtigt. Bestehen also die Klagen über zu trockene Luft bei der Zentralheizung zu Unrecht?



1.1.4 Wozu befeuchten?

Der Kachelofenheizung werden behagliche Luftzustände nachgesagt, der Radiator- und Konvektorheizung dagegen trockene Luft. Mißt man jedoch bei gleichen Wetterbedingungen und gleicher Raumtemperatur in Räumen mit Kachelofen bzw. Zentralheizung die relative und die absolute Luftfeuchtigkeit, so besteht kein Unterschied. Die Ursache für die "trockene Luft" bei der Zentralheizung muß also woanders liegen. An Konvektoren und Radiatoren wird die Luft weitgehend durch Konvektion erwärmt. Der thermische Auftrieb, und damit die Wärmeübertragung, steigt mit zunehmender Heizflächentemperatur. Gleichzeitig nimmt die Strömungsgeschwindigkeit unter dem Heizkörper zu und damit der Transport von mikroskopisch kleinen Staubpartikeln. Ab einer Heizflächentemperatur von 55 bis 60°C beginnt eine Verbrennung des Staubes (Staubverschmelzung) zu Ammoniak und anderen Gasen. Diese Gase, der Staub und die Mikroorganismen, die durch die Luftumwälzung in Schwebelage gehalten werden, setzen sich an den Flimmerhärchen der oberen Atemwe-

ge ab und verursachen die Reizung der Atmungsorgane. Diese Reize werden fälschlicherweise als "trockene Luft" interpretiert. Durch die als Gegenmaßnahme gegen die "trockene Luft" eingesetzte Befeuchtung kondensiert die Luftfeuchtigkeit an den Staubteilchen. Diese werden schwerer und sinken zu Boden - die Luft wird entstaubt und somit wieder atembar. So wird ein technischer Fehler (hohe Heizflächentemperatur), mit einem zweiten technischen Fehler (Befeuchtung) kompensiert. Warum die Befeuchtung ein Fehler ist, wird unter Pkt. 1.1.6 erläutert.

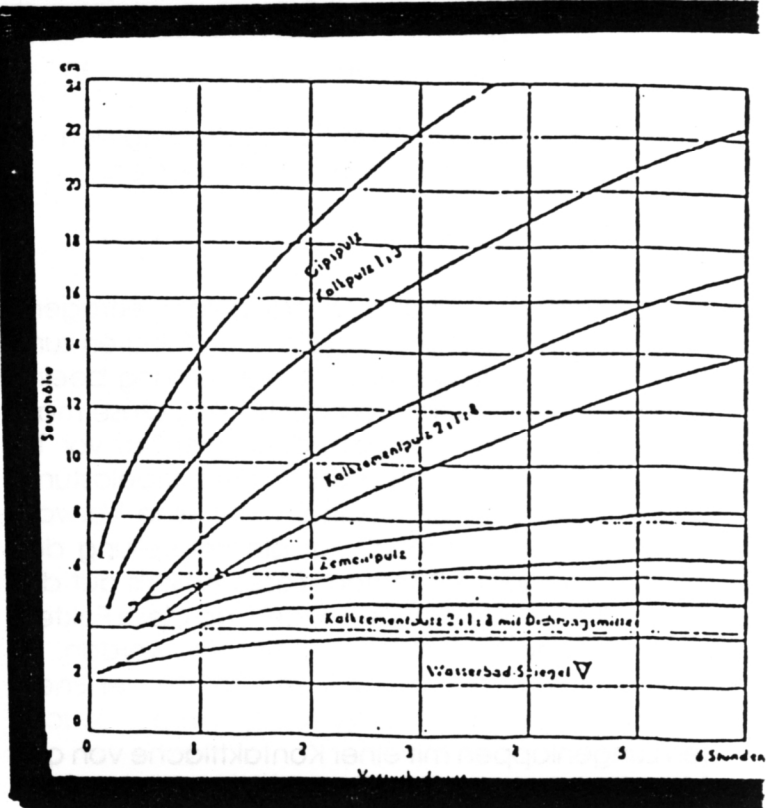
1.1.5 Physiologische Behaglichkeit

Da bei normalen Raumtemperaturen von 20°C lt. Bild 2 die Wärmeabgabe durch Verdunstung nur eine geringe Rolle spielt, kann geschlossen werden, daß die Luftfeuchte in diesem Bereich keinen großen Einfluß hat (vgl. Recknagel/Sprenger). Berücksichtigt man weiters eine dem Feuchtehaushalt entgegenkommende Bauweise (siehe Pkt.1.1.3) so hängt die Behaglichkeit nur mehr von einem zweckmäßigen Heizsystem ab. Anders ausgedrückt heißt dies, daß sich die Behaglichkeit eines Heizsystems tatsächlich auf die Hauptfaktoren

- * Lufttemperatur
- * Temperatur der Raumumschließungsfläche
- * Luftbewegung

reduzieren läßt, ohne jedoch in der Beurteilung den Faktor "Luftfeuchtigkeit" außer acht zu lassen. Die Kurve physiologischer Behaglichkeit (Bild 5) zeigt den gesetzmäßigen Zusammenhang zwischen Wandtemperatur und Raumtemperatur. Die Breite der Kurve ergibt sich auf Grund individueller Unterschiede, aus dem Grad körperlicher Anstrengung und der Wirksamkeit der Kleidung. Bei modernen Bauten mit großen Glasflächen sinkt die Oberflächentemperatur an den Scheiben auf 12°C, zur Erreichung der Behaglichkeit ist eine Raumtemperatur von 25 - 26°C erforderlich. Ein Extremwert ergibt sich bei einem winterlichen Sonnenbad im Gebirge. Bei einer Strahlungstemperatur der Sonne von 35°C ist die Behaglichkeit selbst bei -10°C erreicht. Voraussetzung ist absolute Windstille.

Beträgt die Wandtemperatur 22°C, so genügt eine Raumtemperatur von 18°C. Abgesehen von der



Energieeinsparung von 6 % pro 1 K Temperaturabsenkung wird die Wärmeabfuhr des Menschen sowohl durch die Atmung als auch durch Konvektion verbessert. Recknagel/Sprenger gibt zu diesem Thema folgende Zusammenfassung: "Maßgebend für die Behaglichkeit ist, soweit Temperatureinflüsse in Frage kommen, das Mittel aus Lufttemperatur und mittlerer Temperatur aller Umgebungsflächen. Je weniger diese beiden Temperaturen voneinander abweichen, und je mehr sie sich dem Mittelwert von 20 - 22°C nähern, desto gleichmäßiger ist die Entwärmung des Menschen." Im nächsten Absatz steht: "Von diesem Gesichtspunkt aus betrachtet ist diejenige Flächenheizung, bei der alle kalten Wandflächen eines Raumes Heizflächen erhalten, die hygienisch günstigste Heizungsart. Sie erzeugt Temperatur- und Strahlungsverhältnisse, wie sie etwa an angenehmen Sommertagen in ungeheizten Räumen herrschen." Stellt man an ein Heizsystem die Forderung, daß die Luftbewegung wesentlich unter 0,1 m/s liegen oder noch besser 0 m/s sein soll, so scheidet auch die Luftbewegung als Behaglichkeitskriterium aus. Damit läßt sich die Behaglichkeit eines Heizsystems auf die Faktoren

Lufttemperatur

Temperatur der Umschließungsflächen

reduzieren, ohne jedoch in der Beurteilung den Faktor "Luftbewegung" außer acht zu lassen.

1.1.6 Atmung

Hunger wird wochenlang, Durst tagelang ertragen, Atemstillstand führt aber bereits nach Minuten zum Tod. Falsche Heizsysteme, die die Atmung beeinträchtigen führen zum "Tod auf Raten". Diese mag überspitzt ausgedrückt sein, doch wer hat vor 10 Jahren vom Waldsterben durch die Luftbelastung gesprochen. Sind die Wälder nicht eine Vorwarnung für uns Menschen? Für die Beurteilung der Heizsysteme sei im Rahmen dieses Artikels auf die Atemluft besonders eingegangen, da diese Fakten in der Heizungstechnik kaum beachtet werden.

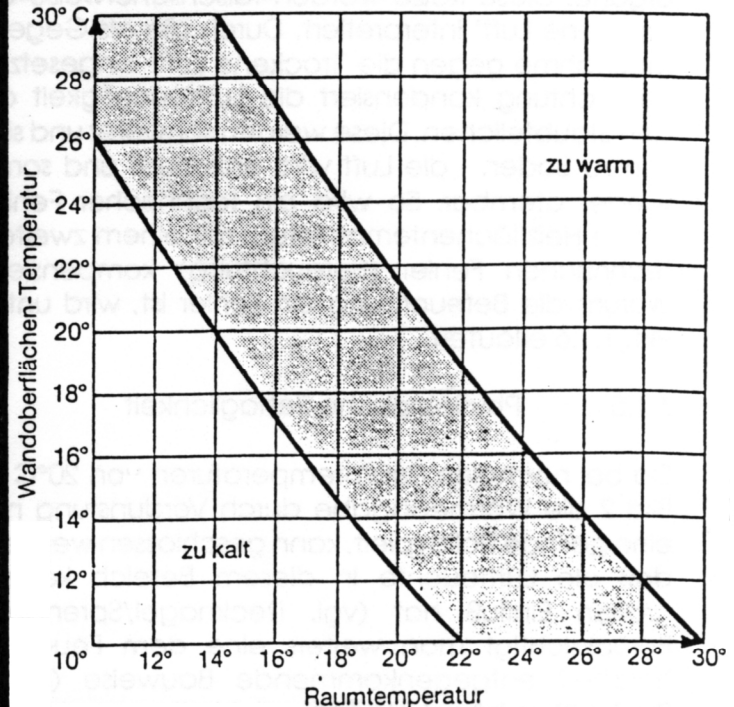
Das Bild 1 geht hervor, daß ein Großteil der Energieabfuhr über die Atmung erfolgt. An den feuchten Lungenlappen mit einer Kontaktfläche von ca. 120 m² wird die Luft bei jedem Atemzug erwärmt (von zB. 20°C auf 37°C) und gleichzeitig befeuchtet (von zB. 4 g/kg auf 42 g/kg Atemluft). Bei einer stündlichen Atemluftmenge von 0,5 m³/h errechnet sich für die Erwärmung eine Wärmemenge von 1470 kJ/Tag, und für die Befeuchtung 1130 kJ/Tag.

Verfolgt man im hx-Diagramm (Bild 6) die eingezeichneten Luftzustände, so können folgende Werte abgelesen werden:

Pkt	Luf-temp.	Luftfeuchtigkeit		Luftqualität
		relative	absolute	
I	37°C	100 %	42g/kg	ausgeatmete Luft
II	20°C	28 %	4g/kg	Maitag, Kachelofen im Winter
III	0°C	100 %	4g/kg	Waldspaziergang im November
IV	37°C	10 %	4g/kg	Luft aus Haarföhn
V	25°C	70 %	14g/kg	Schwüle vor Gewitter
VI	30°C	60 %	16g/kg	Hallenbad

Ausgeatmete Luft ist durch den Kontakt an den feuchten Lungenlappen immer zu 100 % befeuchtet, dabei enthält 1 kg ausgeatmete Luft 42 g Wasserdampf und hat eine Temperatur von 37°C angenommen.

Die Größe der Energieabgabe an die Atemluft hängt vom Zustand der eingeatmeten Luft ab.



Die Zone behaglicher Temperatur

Dabei sagt der Wert der relativen Luftfeuchte nichts aus, obwohl gerade dieser Wert in den meisten Publikationen für die Beurteilung der Luftqualität herangezogen wird. Dies mag daran liegen, daß die relative Feuchte mit billigen Geräten gemessen werden kann, während die Bestimmung der absoluten Luftfeuchte über die Messung der Trockenkugel- und der Feuchtkugeltemperatur mittels Psychrometer wesentlich komplizierter ist. Vergleicht man die Werte II, III und IV (Bild 6), so fällt auf, daß die relative Feuchte von 10 % bis 100 % schwankt, während die absolute Luftfeuchte mit 4 g/kg gleich bleibt. Die tatsächliche Befeuchtung in der Lunge errechnet sich aus der Differenz der absoluten Werte mit

$$dx = 42 \text{ g/kg ausgeatmeter Luft} - 4 \text{ g/kg eingeatmeter Luft} = 38 \text{ pro kg Atemluft.}$$

Daraus wird deutlich, daß die relative Luftfeuchtigkeit kein gültiges Maß für die Luftqualität sein kann. Vor einem Gewitter steigt die absolute Luftfeuchte auf 14 g/kg, die Befeuchtungsmöglichkeit durch die Atmung reduziert sich auf

$$dx = 42 \text{ g/kg} - 14 \text{ g/kg} = 28 \text{ g pro kg Atemluft. (vgl. Pkt. V).}$$

Der Organismus quittiert diese eingeschränkte Energieabgabe durch Transpiration. In einem Hallenbad (Pkt. VI) mit 16 g/kg ist der Aufenthalt nur mehr unbekleidet möglich.

Betrachtet man die Rubrik "Luftqualität" so fällt auf, daß behagliche Luftzustände nur bei niedriger absoluter Luftfeuchte gegeben sind. Luft aus dem Haarföhn ist noch atembar, obwohl keine Energieübertragung durch Erwärmung mehr möglich ist. Selbst das Saunaklima ist bis zum "Aufguß", bei dem die Luftfeuchtigkeit rasch ansteigt, erträglich. Im Vergleich zur Atmung als wichtigstem Energie-regulator, ist die Wärmeabgabe durch Strahlung, Konvektion und Leitung relativ gering, wobei der Organismus aber auf einseitige Entwärmung durch Strahlung und Zugluft (Konvektion) empfindlich reagiert. Diese Werte müssen für die Behaglichkeit in engen Grenzen gehalten werden, während sich die Atmung in einem breiten Regelbereich den geänderten Umweltbedingungen rasch und effektiv anpaßt.

Jeder kann diese Vorgänge an sich selbst nachvollziehen und sich ein Bild über den Sinn oder Unsinn der Luftbefeuchtung machen. Damit ist der im Pkt. 1.1.4 angeschnittene "zweite Fehler" ausreichend erläutert.

Der Volksmund kennt eine Reihe von Redewendungen:

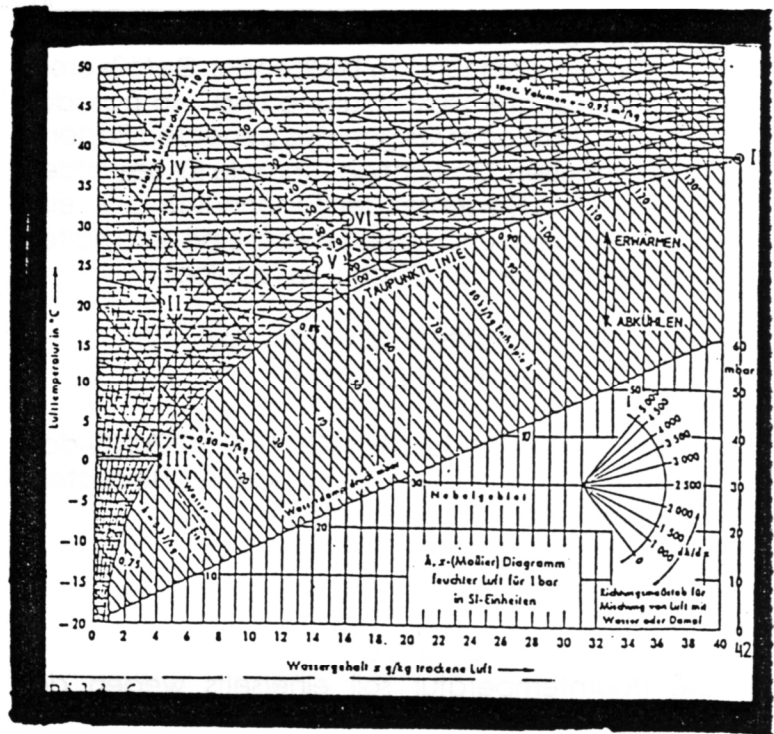
- * Es verschlägt einem den Atem *bei großer Hitze oder Kälte.
- * Der Atem fliegt *bei großen Anstrengungen (laufen).
- * Man kommt außer Atem *wenn Energieabfuhr und Sauerstoffzufuhr nicht mehr sichergestellt sind. Dies ist verbunden mit einem rapiden Leistungsabfall.

gänzend sei noch festgehalten, daß alle berühmten Lungenheilstätten wie Keiro, Teheran und Davos in ausgesprochen trockenem Klima liegen. Aus der Gegend um Davos stammt bezeichnenderweise das luftgetrocknete "Bündnerfleisch". (vgl. Eisenschink).

Dieser Exkurs in ein Fachgebiet außerhalb der Heizungstechnik sollte lediglich die Bedeutung der Luftqualität für Behaglichkeit und Gesundheit erhärten, er hat direkten Einfluß auf die Anforderungen an ein Ideales Heizsystem lt. Pkt. 1.2, bei dem der

* Mensch vor der Heizungstechnik *

stehen soll.



1.1.7 Wärmeleitung

Als letztes Behaglichkeitskriterium gilt es, die Wärmeleitung zu untersuchen. Der Mensch ist in unseren Klimazonen seit einigen zehntausend Jahren an vergleichsweise kalte Böden (12 - 15°C) angepaßt. Die Wärmeableitung über die Kontaktfläche Fuß ist außerdem sehr gering. Vordergründig könnte dieses Problem vernachlässigt werden. Welchen Einfluß hat die Anhebung der Bodentemperatur überhaupt?

Wie unter Pkt. 1.1.1 ausgeführt, darf die Körpertemperatur wegen der Eiweißzersetzung an keiner Stelle 42°C überschreiten. Jede Temperaturerhöhung wird vom Organismus sofort ausgeglichen. Welche Möglichkeiten der Temperaturregelung bestehen in den Beinen?

Die Wärmezufuhr erfolgt über die Blutmenge, da im Körper eine Beimischregelung zur Temperatursteuerung fehlt. Wird die Wärmeabfuhr durch höhere Bodentemperatur reduziert, so muß Blutmenge zur Einhaltung der Fußtemperatur gedrosselt werden. Diese Drosselung der Blutzirkulation erfolgt durch eine Verengung der Blutgefäße.

Bei anhaltendem Aufenthalt auf geheizten Böden, stellt sich das Gefäßsystem auf die neuen Bedingungen ein. Dies führt zu bleibender Gefäßverengung, schlechter Durchblutung und - so paradox es klingt - trotz oder wegen des behetzten Bodens, zu kalten Füßen. Die richtige Therapie für Beinleiden ist genau das Gegenteil der Bodenheizung - Kneipkuren mit kalten und heißen Wechselbädern halten das Gefäßsystem elastisch und regelbar.

1.2 ANFORDERUNGEN AN EIN IDEALES HEIZSYSTEM

Auf den unter Pkt. 1.1 MENSCH UND HEIZUNG dargelegten Gründen sind an ein Ideales Heizsystem folgende Forderungen zu stellen:

1.2.1 Raumklima

1.2.1.1 Raumtemperatur

Die Raumtemperatur soll einerseits wegen der Atmung niedrig (16°C bis 18°C) sein und sich andererseits möglichst der Idealen Wandtemperatur der Raumumschließungsflächen (20°C bis 22°C) angleichen. Aus diesen Forderungen ergibt sich als

- * Idealwert: Raumtemperatur 18°C bis 20°C .

1.2.1.2 Unterschiede der Raumlufttemperatur
Die Unterschiede der Raumtemperatur sollten möglichst gering sein

- * Idealwert: Raumtemperaturunterschiede unter $1,5^{\circ}\text{C}$

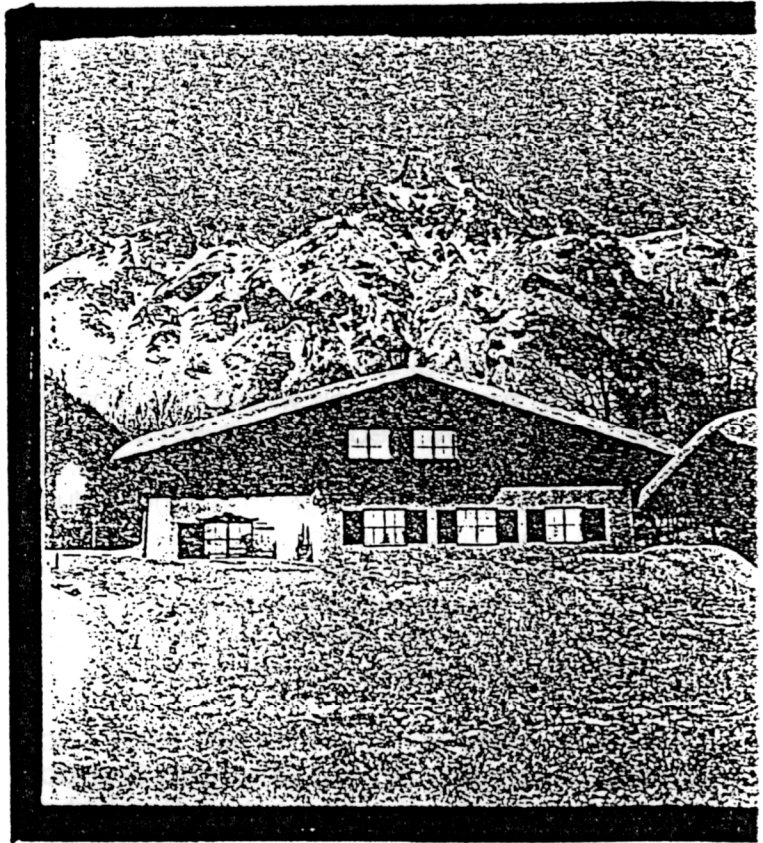
1.2.1.3 Mittlere Wandtemperatur

Die mittlere Wandtemperatur aller Raumumschließungsflächen (Wände, Boden, Decke und Heizflächen) sollte sich möglichst der Raumtemperatur annähern. Der Unterschied sollte nicht mehr als $\pm 2^{\circ}\text{C}$ betragen.

- * Idealwert: Wandtemperatur 20°C bis 22°C

Außerdem sollten keine zu große Unterschiede bei den Temperaturen der einzelnen Umgebungsflächen bestehen, damit der Körper sich allseitig gleichmäßig entwärmt.

Von diesem Gesichtspunkt aus betrachtet ist diejenige Flächenheizung, bei der alle kalten Wand-



flächen eines Raumes Heizflächen erhalten, die günstigste Heizungsart. Sie erzeugt Temperatur- und Strahlungsverhältnisse, wie sie etwa an angenehmen Sommertagen in angeheizten Räumen herrschen.

1.2.1.4 Luftfeuchtigkeit

Die Luftfeuchtigkeit soll, zur uneingeschränkten Energieabfuhr über die Atemluft, möglichst gering sein, bzw. in unseren Klimazonen dem Wetterverlauf entsprechen. Ein Heizungssystem soll so konzipiert sein, daß eine Staubverschmelzung ausgeschlossen ist. Die Erfüllung dieser Forderung erübrigt jede Luftbefeuchtung (siehe Pkt. 1.1.6).

- * Idealwert: Es ist weder Be- noch Entfeuchtung der Atemluft erforderlich.

1.2.1.5 Luftbewegung

Für die Zugfreiheit eines Raumes ist eine Luftgeschwindigkeit unter $0,1 \text{ m/s}$ anzustreben.

- * Idealwert: Luftbewegung 0 m/s

1.2.2 Heizflächen

1.2.2.1 Strahlung

Die Wärmeabgabe der Heizflächen soll möglichst durch Strahlung erfolgen und die Forderung nach Pkt. 1.2.1.2, daß alle kalten Wandflächen eines Raumes Heizflächen erhalten, erfüllen. Soll auch die zweite Forderung erfüllt werden, daß keine allzu großen Temperaturunterschiede der einzelnen Umgebungsflächen bestehen, damit sich der Körper gleichmäßig entwärmt, so ergibt sich ein

- * Idealwert: Strahlungstemperatur 22°C bis 25°C

1.2.2.2 Konvektion

Läßt man die Forderung gelten, daß die Wärmeabgabe durch Strahlung erfolgt, so wäre Konvektion auszuschließen. Die Konvektion soll aber auf keinen Fall an Heizflächen mit hoher Temperatur (wegen der Staubverschmelzung laut Pkt. 1.1.4) erfolgen. Die Luftgeschwindigkeit im Raum muß unter 0,1 m/s liegen.

- * Idealwert: keine Konvektion

1.2.2.3 Max. Heizungsvorlauftemperatur

Je niedriger die Heiztemperatur, desto niedriger kann die eingesetzte Energie sein. Das heißt, daß der Betrieb der Heizung mit Abwärme, Sonnenkollektoren und Wärmepumpen möglich ist. Für Wärmepumpen gilt, daß die Leistungsziffer mit fallender Kondensationstemperatur von 35°C auf 4. Wärmespeicher können bei niedriger Heiztemperatur das Speichervolumen besser ausnützen.

- * Idealwert: max. Heizungsvorlauftemperatur 35°C.

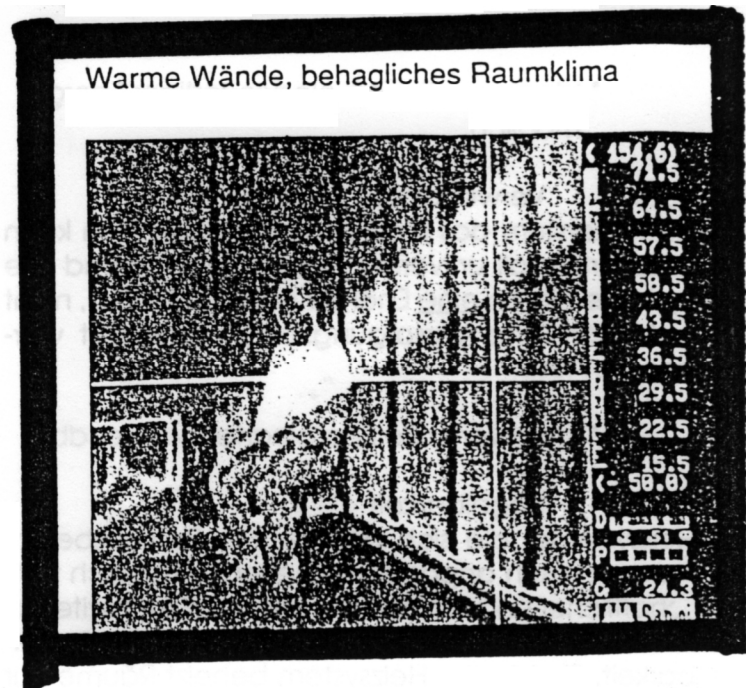
1.2.2.4 Aufheizzeit

Ein wesentliches Kriterium zur Beurteilung von Heizflächen ist die Aufheizzeit bis zur Erreichung der Behaglichkeit im Raum. Dabei genügt nicht das Erreichen der Raumlufttemperatur, es müssen auch die Raumumschließungsflächen die Behaglichkeitswerte erreichen.

- * Idealwert: 30 Minuten

1.2.2.5 Reinigung

Eine leichte Reinigung der Heizflächen ist aus hygienischen Gründen anzustreben. Bei hohen Heiztemperaturen ist die leichte Reinigung



wegen der Staubverschmelzung eine Grundvoraussetzung.

- * Idealwert: Verschmutzung ausgeschlossen

1.2.2.6 Montageaufwand

Der Montageaufwand wirkt sich in den Investitionskosten aus. Eine Bewertung ist nur durch den Vergleich der einzelnen Heizsysteme möglich. Als Basis für die Bewertung wird eine Radiatormontage angenommen.

- * Idealwert: geringer Montageaufwand

1.2.3 Energieeinsatz

1.2.3.1 Energiewertigkeit

Je geringer das Temperaturniveau einer Heizanlage ist, desto minderwertiger kann die verwendete Energie sein. Elektroenergie ist sehr hochwertig, da diese universell einsetzbar ist, während Sonnenenergie höchstens über Sonnenkollektoren zur Wärmeerzeugung verwendet werden kann. Ein

Heizsystem das eine max. Vorlauftemperatur von 35°C erfordert, kann während wesentlich längerer Zeit Solarenergie ausnutzen.

- * Idealwert: Einsatz niederwertiger Energie möglich.

1.2.3.2 Verwendbare Energien

Ein Heizsystem das Jede Energie verwenden kann ist im Krisenfall universell einsetzbar, während alle Systeme die an eine Energie gebunden sind, nicht auf geänderte Versorgungslage umgestellt werden können.

- * Idealwert: alle Energiearten verwendbar

1.2.3.3 Regelbarkeit

Heizsysteme, die sich geänderten Betriebsbedingungen rasch anpassen, arbeiten wesentlich wirtschaftlicher und erfüllen die Behaglichkeitskriterien besser. Grundvoraussetzung ist eine gute Regelbarkeit. Ein Ideales Heizsystem beheizt Räume nur dann, wenn sich Personen darin aufhalten, erreicht die Behaglichkeitswerte in kurzer Zeit und reagiert auf Fremdwärmeinflüsse.

- * Idealwert: Raumtemperaturregelung mit Anwesenheitsfühlern und Einhaltung einer standby-Temperatur.

1.2.3.4 Wirkungsgrad

Der eigentliche Nutzen einer Heizungsanlage ist, daß sich Personen in den Räumen, in denen sie sich gerade aufhalten, behaglich fühlen. Unter diesem Gesichtspunkt ist auch der

- * Idealwert:

$$\text{Wirkungsgrad} = \frac{\text{Nutzwärme in Räumen mit Personen}}{\text{erzeugte Gesamtenergie}}$$

zu bewerten und nicht wie üblich (weil leicht meßbar) mit dem "feuerungstechnischen Wirkungsgrad".

1.2.3.5 Umweltbelastung

Die Umweltbelastung kann nicht nur örtlich betrachtet werden, da auch Elektroenergie aus Kohlekraftwerken und Fernheizwerke die Umwelt belasten.

- * Idealwert: Solarenergie und Elektroenergie aus Wasserkraft (mit Einschränkungen).

Pos.3: Einzelraumregelung THERMOTEC 2000

Nr	P _{kw}	F _C	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	22	23	24	1	2	3	4																						
001	1,4	20																																													
002	1,1	20																																													
003	0,5	20																																													
004	1,1	20																																													
005	0,3	24																																													
006	0,5	15																																													
007	0,7	15																																													
008	0,6	24																																													
009	1,0	20																																													
E01	1,5	20																																													
E02	1,0	20																																													
E03	0,6	20																																													
E04	0,4	15																								Wärmebed. 24 Stunden																					
E05	0,1	20																																													
rechnerisch NGS & W																																														> 259 kWh 100%	
Maximale Energie																																															64 kWh 25%
Wärmebed. -15°C																																															42 kWh 16%
Wärmebed. 0°C																																															29 kWh 11%
Wärmebed. 15°C																																															29 kWh 11%

1.2.4 Sonstige Anforderungen

Unter diesem Punkt werden wesentliche Beurteilungskriterien zusammengefaßt, die anlagenspezifisch auf den Betreiber der Anlage abgestimmt sind. Diese Kriterien sind variabel, da z. B. der Bedienungsaufwand des Holzhackens einem Bauherrn ein Hobby, dem anderen aber eine Last ist.

1.2.4.1 Bedienungsaufwand

Beim Bedienungsaufwand sind einerseits der Arbeitsaufwand beim Heizen als auch die laufende Überwachung und allfällige Regelungseingriffe der Personen enthalten.

- * Idealwert: kein bis wenig Bedienungsaufwand

1.2.4.2 Wartungsaufwand

Unter Wartungsaufwand ist der Arbeitsaufwand zu verstehen, der von Fremdpersonen zur Aufrechterhaltung des Betriebes der Anlage erforderlich ist.

- * Idealwert: kein Wartungsaufwand

1.2.4.3 Lärmübertragung

Durch das Heizsystem sollte weder Lärm erzeugt noch Lärm zwischen den Räumen übertragen werden.

* Idealwert: keine Lärmübertragung

2. BEURTEILUNG DER HEIZSYSTEME

2.1 BEURTEILUNGSBLÄTTER

Die Anforderungen an ein ideales Heizsystem wurden in einem Beurteilungsblatt mit einer entsprechenden Bewertungsskala versehen. Anhand der Kriterien Pkt. 1.2.1.1 bis Pkt. 1.2.4.3 werden die einzelnen Systeme im Vergleich untereinander bewertet.

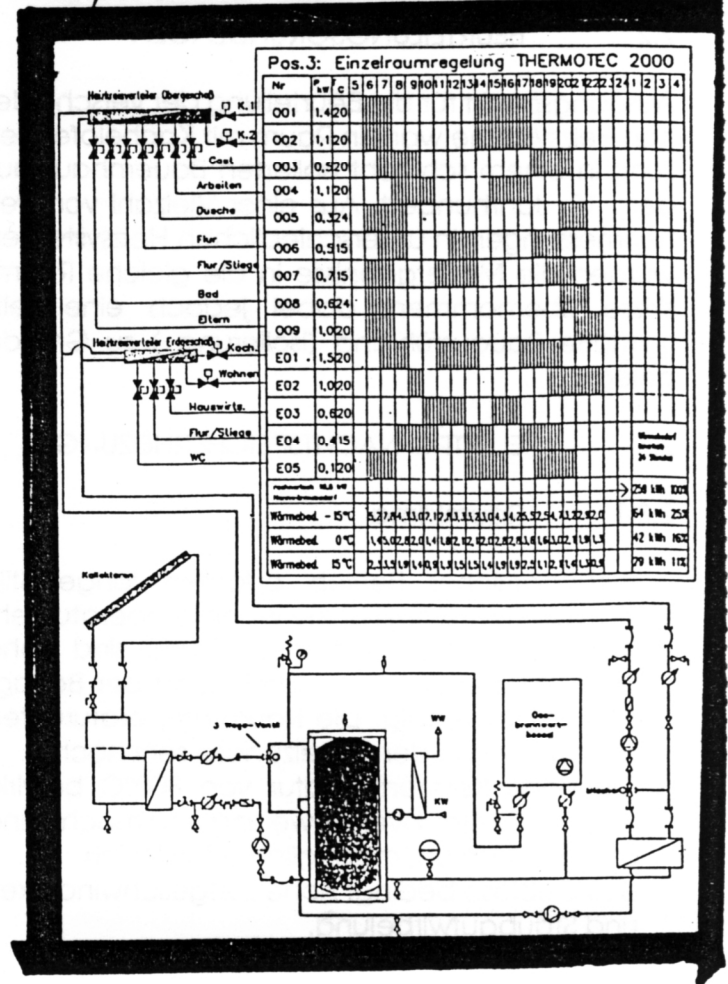
Sowohl die Auswahl der Kriterien als auch deren Bewertung unterliegt einer gewissen Subjektivität. Die in den einzelnen Beurteilungsblättern eingetragenen Bewertungsziffern sind als Vorschlag zu verstehen. Es können durchaus einzelne Bewertungen anlagenbedingt stark abweichen.

Eine Gasheizung z. B. in einem Gebiet hoch zu bewerten, in dem es keine Gasversorgung gibt, wäre sinnlos. Die Bewertung einer Bodenheizung für ein Hallenbad muß zwangsläufig andere Bewertungen erfahren als für einen ständig begangenen Arbeitsraum.

In diesem Sinn sind die Bewertungsziffern in erster Linie als Sollwerte für Wohn- und Arbeitsräume zu verstehen, in der zweiten Bewertungsruhrük soll eine eigene, auf die jeweilige Anlage bezogene Bewertung vorgenommen werden und damit die Wahl für "das beste Heizsystem" erleichtert werden.

Unter "Sonstiges" können zusätzliche Bewertungskriterien (z. B. Eignung für ein Wochenendhaus, eine Kirchenheizung, eigene Brennstoffversorgung mit Holz) angefügt werden, die unter Umständen einzelne Heizsysteme grundsätzlich ausschelden.

Die in den Beurteilungsblättern mit "****" bezeichneten Kriterien sollten mit der doppelten Punktzahl bewertet werden, da diese für die Behaglichkeit des Menschen oder für die Umweltbelastung u. a. wesentlich sind. Auch hier gilt der Grundsatz, daß anlagenspezifische Überlegungen eine andere Wertung bedingen können.



2.2 BEURTEILUNGSGRUNDLAGEN

Ausgangspunkt für die Beurteilung der verschiedenen Heizsysteme war ein Raum mit Kachelofenheizung in einem schlecht isolierten Bauernhaus aus dem 18. Jahrhundert. Aus einer Vielzahl von Reihenmessungen in unterschiedlichen Heizsystemen wurden die Meßergebnisse in die gleiche Raumskizze übernommen, dabei jedoch eine zeitgemäße Bauausführung (Isollierung) zu Grunde gelegt.

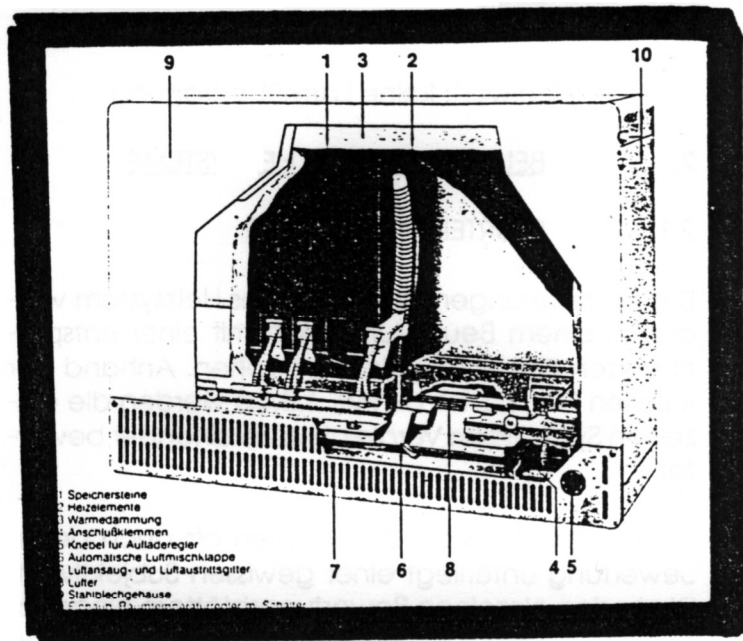
2.3 ELEKTRO-NACHTSPEICHERHEIZUNG

2.3.1 Raumklima

- Wirtschaftlicher Betrieb erfordert lange Stillstandszeiten. Damit ist die Wandtemperatur sehr niedrig. Aus dem gleichen Grund sind hohe Raumtemperaturen zur Erreichung der Behaglichkeit notwendig. Die Raumtemperaturunterschiede sind in der Anheizphase sehr hoch.
- Die hohe Kerntemperatur von 800°C bewirkt eine starke Staubverschmelzung und macht eine Befeuchtung unumgänglich erforderlich.
- Das Gebläse bedingt hohe Luftgeschwindigkeit und Staubaufwirbelung.

2.3.2 Heizflächen

- Die Wärmeabgabe erfolgt überwiegend durch Konvektion am heißen Kern. Der Strahlungsanteil ist vergleichsweise klein.
- Es ist der Einsatz unserer hochwertigsten Energie zur Erreichung einer (Vorlauf-) Temperatur von 800°C erforderlich.
- + Die kurze Aufheizzeit ist positiv zu bewerten. Eine Reinigung wäre wegen der hohen Staubaufwirbelung unumgänglich erforderlich, ist jedoch nicht möglich.
- + Der Montageaufwand ist gering.
- Der Große Platzbedarf und die Bautiefe sind negativ.
- Vom Standpunkt der Baubiologie ist das System sehr negativ zu beurteilen (Elektrische Felder, Staubverschmelzung, Luftbewegung, ungleichmäßige Temperaturen). Dies ist unter "Sonstiges" mit einem entsprechenden Punkteabzug bewertet.



2.3.3 Energie

- Es ist nur hochwertige elektrische Energie einsetzbar.
- + Positiv ist die gute Regelbarkeit und damit der Wirkungsgrad.
- + Das häufige verwendete Argument, daß mit der Elektroenergie keine Umweltbelastung verbunden ist, stimmt nur eingeschränkt. Auch Kraftwerke beeinträchtigen Luft und Landschaft.

2.3.4 Sonstiges

- + Der Bedienungs- und Wartungsaufwand ist niedrig.
- Das Gebläse entwickelt Luftgeräusche.
- Der Punkteabzug resultiert aus den baubiologischen Bedenken.

2.3.5 BEURTEILUNG ELEKTRO-NACHTSPEICHERHEIZUNG

BEWERTUNG	POSITIV		4	3	2	1	0	NEGATIV	NOTE
RAUMKLIMA									
Raumtemperatur 1.2.1.1	18°C - 20°C	**				1	0	24°C - 26°C	2
Raumtemp. Untersch. 1.2.1.2	1°C - 2°C	**					0	6°C - 10°C	0
Wandtemperatur 1.2.1.3	20°C - 22°C	**					0	14°C - 16°C	0
Luftfeuchtigkeit 1.2.1.4	keine Befeug.	**					0	Befeuchtung	0
Luftbewegung 1.2.1.5	0 - 0,1 m/s	**					0	über 0,3 m/s	0
HEIZFLÄCHEN									
Strahlung 1.2.2.1	22°C - 24°C	**				1	0	über 40°C	1
Konvektion 1.2.2.2	keine Konv.	**					0	starke Konv.	0
Vorlauftemperatur 1.2.2.3	35°C	**					0	über 60°C	0
Aufheizzeit 1.2.2.4	30 min	**		3				über 2 Std.	6
Reinigung 1.2.2.5	nicht erford.	**					0	schlecht	0
Montageaufwand 1.2.2.6	gering	**	4					hoch	4
Bautiefe 1.2.2.7	5 cm	**					0	über 10 cm	0
Optik/Ästhetik 1.2.2.8	nicht sichtb.	**					0	schlecht	0
Baubiologie 1.2.2.9	gut	**					0	bedenklich	0
ENERGIE									
Energiewertigkeit 1.2.3.1	niedrig 35°C	**					0	über 60°C	0
Verwendb. Energie 1.2.3.2	alle	**					0	eine	0
Regelbarkeit 1.2.3.3	jeder Raum	**	4					nicht regelb.	8
Wirkungsgrad 1.2.3.4	hoch	**	4					niedrig	4
Umweltbelastung 1.2.3.5	keine	**		3				hohe	3
SONSTIGES									
Bedienungsaufwand 1.2.4.1	niedrig	**		3				hoch	3
Wartungsaufwand 1.2.4.2	niedrig	**		3				hoch	3
Wärmeübertragung 1.2.4.3	keine	**				1		hohe	1
Abzug Staubverschw.									-6

1 = erhebliche Mängel
2 = mangelhaft/bedenkl.
3 = befriedigend

3 = gut
4 = sehr gut
** = doppelte Bewertung

SUMME

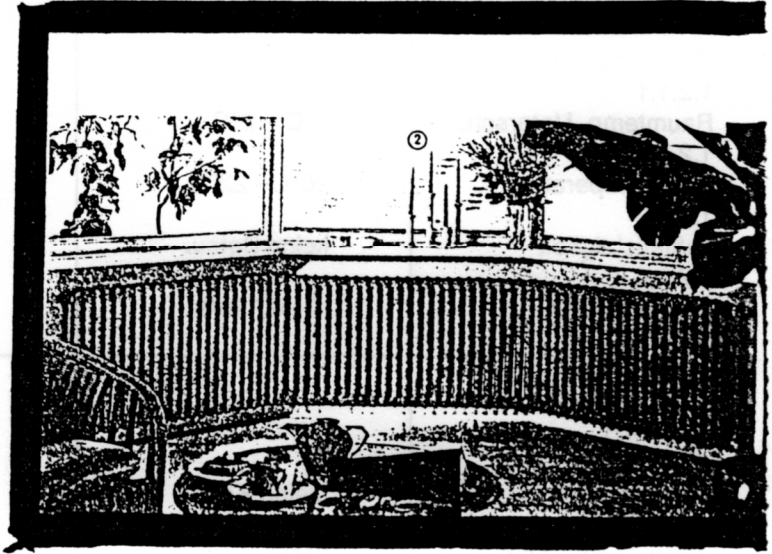
27



2.4 RADIATORHEIZUNG

2.4.1 Raumklima

- + Die Raumtemperatur ist je nach Ausführung der Raumumschließungsflächen mehr oder weniger hoch, da der Strahlungsanteil des Radiators niedriger ist.
- Die Raumtemperaturunterschiede sind ebenfalls groß.
- Die Wandtemperatur steigt erst nach langer Betriebszeit auf einigermaßen behagliche Werte, da die Wand erst über den Umweg Luft erwärmt wird.
- Bei niedriger Außentemperatur steigt die Heizflächentemperatur über die Grenze der Staubverschmelzung von 60°C .
- Ab dieser Grenze sind die Klagen über zu "trockene" Luft nur durch Luftbefeuchtung zu beherrschen.
- Die Luftbewegung ist durch die hohe Konvektion groß, vor allem bei falscher Heizflächenanordnung.



2.4.2 Heizflächen

- Der geringe Strahlungs- und der hohe Konvektionsanteil, die hohen Vorlauftemperaturen, die lange Aufheizzeit auf Behaglichkeitswerte, die Notwendigkeit der Reinigung und der Transport von Staub und Keimen sind negativ zu bewerten.
- + Der Montageaufwand ist gering.
- + Die Bautiefe variiert je nach baulichen Gegebenheiten.
- Optik und Ästhetik sind mangelhaft, jedoch Geschmackssache.
- Vom Standpunkt der Baubiologie ist das System negativ zu beurteilen (Staubverschmelzung, Befeuchtung, Luftbewegung, ungleichmäßige Temperaturen). Dies ist unter "Sonstiges" mit einem entsprechenden Punkteabzug bewertet.

2.4.3 Energie

- Für die hohen Heizflächentemperaturen ist der Einsatz hochwertiger Energie erforderlich.
- + Es können mehrere hochwertige Energiearten verwendet werden.
- + Positiv ist die gute Regelbarkeit und damit der Wirkungsgrad, vorausgesetzt es werden die entsprechenden Regelgeräte eingebaut.

2.4.4 Sonstiges

- + Der Bedienungs- und Wartungsaufwand ist vertretbar.
- Der Punkteabzug resultiert aus den baubiologischen Bedenken.

2.4.5 BEURTEILUNG RADIATORHEIZUNG

BEWERTUNG	POSITIV	**	4	3	2	1	0	NEGATIV	NOTE
RAUMKLIMA									
Raumtemperatur 1.2.1.1	18°C - 20°C	**			2			24°C - 26°C	4
Raumtemp. Untersch. 1.2.1.2	1°C - 2°C	**				1		6°C - 10°C	2
Wandtemperatur 1.2.1.3	20°C - 22°C	**				1		14°C - 16°C	2
Luftfeuchtigkeit 1.2.1.4	keine Befeug.	**					0	Befeuchtung	0
Luftbewegung 1.2.1.5	0 - 0,1 m/s	**				1		über 0,3 m/s	2
HEIZFLÄCHE									
Strahlung 1.2.2.1	22°C - 24°C	**				1		über 40°C	2
Konvektion 1.2.2.2	keine Konv.	**					0	starke Konv.	0
Vorlauftemperatur 1.2.2.3	35°C	**					0	über 60°C	0
Aufheizzeit 1.2.2.4	30 min	**				1		über 2 Std.	2
Reinigung 1.2.2.5	nicht erford.	**				1		schlecht	1
Montageaufwand 1.2.2.6	gering	**	4					hoch	4
Bautiefe	5 cm	**			2			über 10 cm	2
Optik/Ästhetik	nicht sichtb.	**				1		schlecht	1
Baubiologie	gut	**					0	bedenklich	0
ENERGIE									
Energiewertigkeit 1.2.3.1	niedrig 35°C	**					0	über 60°C	0
Verwendb. Energie 1.2.3.2	alle	**				2		eine	4
Regelbarkeit 1.2.3.3	jeder Raum	**	4					nicht regelb.	8
Wirkungsgrad 1.2.3.4	hoch	**		3				niedrig	3
Umweltbelastung 1.2.3.5	keine	**			2			hohe	2
SONSTIGES									
Bedienungsaufwand 1.2.4.1	niedrig	**		3				hoch	3
Wartungsaufwand 1.2.4.2	niedrig	**		3				hoch	3
Wärmeübertragung 1.2.4.3	keine	**		3				hohe	3
Abzug Staubverschw.									-8

1 = erhebliche Mängel
2 = mangelhaft/bedenkl.
3 = befriedigend

3 = gut
4 = sehr gut
** = doppelte Bewertung

SUMME

40

2.5 FUSSLEISTENHEIZUNG

2.5.1 Raumklima

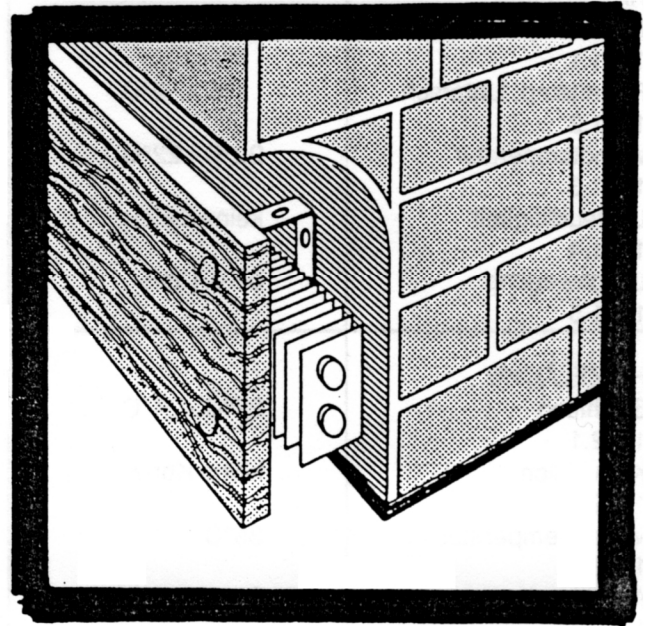
- + Die Raumtemperatur ist trotz des hohen Konvektionsanteiles relativ niedrig und gleichmäßig, da die Heizflächen entlang der kalten Außenwände angebracht sind.
- + Die Wandtemperatur ist durch den "Warmluftvorhang" entlang der Außenwände relativ hoch und bewirkt dadurch Behaglichkeit bei niedrigeren Raumtemperaturen.
- Die Luftgeschwindigkeit und Staubaufwirbelung ist hoch.
- Bei niedriger Außentemperatur steigt die Heizflächentemperatur über die Grenze der Staubverschmelzung von 60°C.
- Ab dieser Grenze sind die Klagen über zu "trockene" Luft nur durch Luftbefeuchtung zu beherrschen.

2.5.2 Heizflächen

- Der geringe Strahlungs- und der hohe Konvektionsanteil, die hohen Vorlauftemperaturen, die Notwendigkeit der Reinigung und der Transport von Staub und Keimen sind negativ zu bewerten.
- + Der Montageaufwand ist für Firmen mit Erfahrung gering.
- + Die Bautiefe variiert je nach bautechnischen Gegebenheiten.
- + Optik und Ästhetik sind befriedigend, jedoch Geschmacksache.
- + Vom Standpunkt der Baubiologie ist das System negativ zu beurteilen (Staubverschmelzung, Befeuchtung, Luftbewegung). Dies ist unter "Sonstiges" mit einem entsprechenden Punkteabzug bewertet.

2.5.3 Energie

- Für die hohen Heizflächentemperaturen ist der Einsatz hochwertiger Energie erforderlich.
- + Es können mehrere hochwertige Energiearten verwendet werden.
- + Positiv ist die gute Regelbarkeit und damit der Wirkungsgrad, vorausgesetzt es werden die entsprechenden Regelgeräte eingebaut.



2.5.4 Sonstiges

- + Der Bedienungs- und Wartungsaufwand ist vertretbar.
- Der Punkteabzug resultiert aus den baubiologischen Bedenken.

2.5.5 BEURTEILUNG FUSSLEISTENHEIZUNG

BEWERTUNG	POSITIV		4	3	2	1	0	NEGATIV	NOTE
RAUMKLIMA									
Raumtemperatur	18°C - 20°C	**		3				24°C - 26°C	6
1.2.1.1									
Raumtemp. Untersch.	1°C - 2°C	**		3				6°C - 10°C	6
1.2.1.2									
Wandtemperatur	20°C - 22°C	**		3				14°C - 16°C	6
1.2.1.3									
Luftfeuchtigkeit	keine Befeug.	**				1		Befeuchtung	2
1.2.1.4									
Luftbewegung	0 - 0,1 m/s	**					0	über 0,3 m/s	0
1.2.1.5									
HEIZFLÄCHEN									
Strahlung	22°C - 24°C	**				1		über 40°C	2
1.2.2.1									
Konvektion	keine Konv.	**					0	starke Konv.	0
1.2.2.2									
Vorlauftemperatur	35°C	**					0	über 60°C	0
1.2.2.3									
Aufheizzeit	30 min	**		3				über 2 Std.	6
1.2.2.4									
Reinigung	nicht erford.	**					0	schlecht	0
1.2.2.5									
Montageaufwand	gering	**		3				hoch	3
1.2.2.6									
Bautiefe	5 cm	**			2			über 10 cm	2
Optik/Ästhetik	nicht sichtb.	**				1		schlecht	1
Baubiologie	gut	**					0	bedenklich	0
ENERGIE									
Energiewertigkeit	niedrig 35°C	**					0	über 60°C	0
1.2.3.1									
Verwendb. Energie	alle	**			2			eine	4
1.2.3.2									
Regelbarkeit	jeder Raum	**		3		1		nicht regelb.	2-6
1.2.3.3									
Wirkungsgrad	hoch	**			2			niedrig	2
1.2.3.4									
Umweltbelastung	keine	**			2			hohe	2
1.2.3.5									
SONSTIGES									
Bedienungsaufwand	niedrig	**		3				hoch	3
1.2.4.1									
Wartungsaufwand	niedrig	**		3				hoch	3
1.2.4.2									
Lärmübertragung	keine	**		3				hohe	3
1.2.4.3									
Abzug Baubiologie									-6

0 = erhebliche Mängel
 1 = mangelhaft/bedenkl.
 2 = befriedigend

3 = gut
 4 = sehr gut
 ** = doppelte Bewertung

SUMME

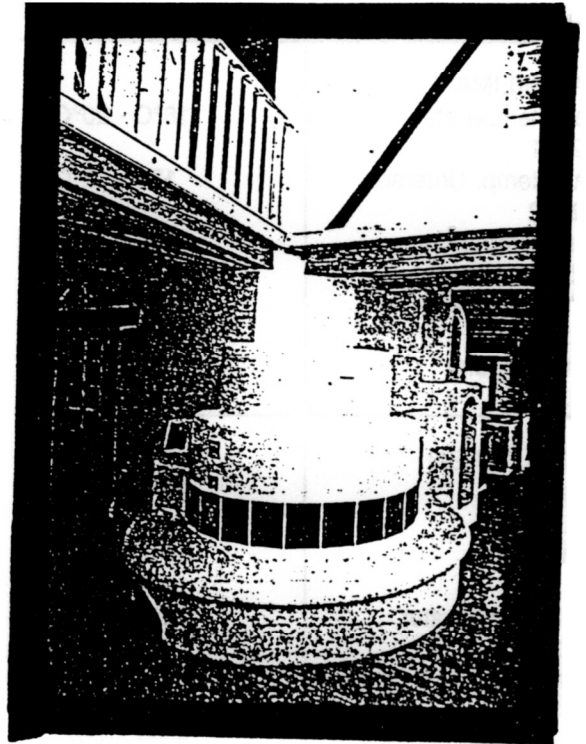
47-
51



2.6. HOLZKACHELOFEN, MITTELSCHWERE AUSFÜHRUNG

2.6.1 Raumklima

- + Die Raumtemperatur ist wegen des hohen Strahlungsanteiles niedrig und relativ gleichmäßig.
- + Die Wandtemperatur ist bei richtiger Anordnung des Kachelofens an der Rauminnenseite relativ hoch, da die kalten Wände angestrahlt werden. Lediglich die Außenwanddecke hat niedrige Temperaturen. Aus diesem Grund haben alte Bauerntische Fußbretter, die Wand ist getäfelt.
- + Durch den hohen Strahlungsanteil herrschen geringe Luftbewegungen, keine Staubaufwirbelung und Staubverschmelzung. Diese Fakten sind Ursache für den Ruf des Kachelofens als behaglichste Heizung.
- Aus den angeführten Gründen wird beim Kachelofen keine Befeuchtung gefordert, obwohl die gemessene "relative Luftfeuchtigkeit" gleich niedrig wie bei der Radiatorenheizung ist (vgl. 1.1.4).



2.6.2 Heizflächen

- + Der hohe Strahlungsanteil und die geringe Konvektion sind positiv zu bewerten.
- Negativ ist die hohe (Vorlauf-) Temperatur, die lange Aufheizzeit und der große Platzbedarf.
- /+Optik und Ästhetik sind Geschmackssache, daher streut hier die Bewertung stark.
- ++ Vom baubiologischen Standpunkt ist der Kachelofen sehr hoch zu bewerten, zu überlegen wäre ein eventueller Zuschlag unter "Sonstiges".

2.6.3 Energie

- Hier verliert der Kachelofen wesentliche Punkte, da er an eine hochwertige Energie gebunden und nicht regelbar ist.
- + Wirkungsgrad und Umweltbelastung sind gut.

2.6.4 Sonstiges

- Der Bedienungsaufwand ist sehr hoch, der Wartungsaufwand befriedigend.
- + Zusatzpunkte könnten aus baubiologischen Erwägungen gegeben werden, da der Ruf des Kachelofens als behaglichste Heizung legendär ist:

2.6.5 BEURTEILUNG HOLZKACHELOFEN, MITTELSCHWERE AUSFÜHRUNG

BEWERTUNG	POSITIV							NAGATIV	NOTE
			4	3	2	1	0		
RAUMKLIMA									
Raumtemperatur 1.2.1.1	18°C - 20°C	**	4					24°C - 26°C	8
Raumtemp. Untersch. 1.2.1.2	1°C - 2°C	**			2			6°C - 10°C	4
Wandtemperatur 1.2.1.3	20°C - 22°C	**		3				14°C - 16°C	6
Luftfeuchtigkeit 1.2.1.4	keine Befeug.	**	4					Befeuchtung	8
Luftbewegung 1.2.1.5	0 - 0,1 m/s	**		3				über 0,3 m/s	6
HEIZFLÄCHEN									
Strahlung 1.2.2.1	22°C - 24°C	**		3				über 40°C	6
Konvektion 1.2.2.2	keine Konv.	**		3				starke Konv.	6
Vorlauftemperatur 1.2.2.3	35°C	**					0	über 60°C	0
Aufheizzeit 1.2.2.4	30 min	**				1	0	über 2 Std.	0-2
Reinigung 1.2.2.5	nicht erford.			3				schlecht	3
Montageaufwand 1.2.2.6	gering				2			hoch	2
Bautiefe	5 cm						0	über 10 cm	0
Optik/Ästhetik	nicht sichtb.		4				0	schlecht	0-4
Baubiologie	gut	**	4					bedenklich	8
ENERGIE									
Energiewertigkeit 1.2.3.1	niedrig 35°C	**					0	über 60°C	0
Verwendb. Energie 1.2.3.2	alle	**					0	eine	0
Regelbarkeit 1.2.3.3	jeder Raum	**					0	nicht regelb.	0
Wirkungsgrad 1.2.3.4	hoch			3				niedrig	3
Umweltbelastung 1.2.3.5	keine			3				hohe	3
SONSTIGES									
Bedienungsaufwand 1.2.4.1	niedrig						0	hoch	0
Wartungsaufwand 1.2.4.2	niedrig				2			hoch	2
Lärmübertragung 1.2.4.3	keine		4					hohe	4
Zuschlag Baubiol.									5

1 = erhebliche Mängel
2 = mangelhaft/bedenklich.
3 = befriedigend

3 = gut
4 = sehr gut
** = doppelte Bewertung

SUMME

74-
80



2.7 BODENHEIZUNG

2.7.1 Raumklima

- + Die Raumtemperatur ist wegen des hohen Strahlungsanteiles niedrig und gleichmäßig.
- Die Wandtemperatur ist niedrig, da die Wand zu wenig angestrahlt und durch die niedrige Lufttemperatur und die fehlende Abschirmung der Fenster zu wenig erwärmt wird.
- Trotz des hohen Strahlungsanteils herrschen kurzzeitig hohe Luftbewegungen unmittelbar in der warmen Grenzschicht über dem Boden. Diese steigt durch thermischen Auftrieb auf und nimmt Staub und Kerne vom Boden mit. Wegen der niederen Oberflächentemperatur kommt es jedoch zu keiner Staubverschmelzung.
- Ein großer Nachteil ist die eingeschränkte Fußentwärmung (vgl. 1.1.7).



2.7.2 Heizflächen

- + Der hohe Strahlungsanteil ist positiv zu bewerten.
- Negativ ist die, trotz der niederen Heizflächentemperatur auftretende, zeitweise hohe Luftgeschwindigkeit am Boden und der große Platzbedarf.
- Vom baubiologischen Standpunkt ist die Bodenheizung abzulehnen (Fußentwärmung, System von Wasseradern). Daher wird unter "Sonstiges" ein entsprechender Punkteabzug vorgeschlagen.

2.7.3 Energie

- + Als Niedertemperaturheizung liegt in diesem Bereich die Bodenheizung gut, da viele und auch geringwertigere Energiearten eingesetzt werden können.
- Negativ ist die schlechte Regelbarkeit und damit verbunden der Wirkungsgrad.
- + Die Umweltbelastung ist je nach verwendeter Energie gut bis mangelhaft.

2.7.4 Sonstiges

- + Der Bedienungs- und Wartungsaufwand sowie die Lärmübertragung sind positiv zu werten.
- Die Abzugspunkte resultieren aus baubiologischen Erwägungen; für Personen mit Durchblutungsstörungen in den Beinen scheidet die Bodenheizung grundsätzlich aus.

2.7.5 BEURTEILUNG BODENHEIZUNG

BEWERTUNG	POSITIV		4	3	2	1	0	NEGATIV	NOTE
RAUMKLIMA									
Raumtemperatur 1.2.1.1	18°C - 20°C	**	4					24°C - 26°C	8
Raumtemp. Untersch. 1.2.1.2	1°C - 2°C	**	4					6°C - 10°C	8
Wandtemperatur 1.2.1.3	20°C - 22°C	**				1	0	14°C - 16°C	0-2
Luftfeuchtigkeit 1.2.1.4	keine Befeug.	**	4					Befeuchtung	8
Luftbewegung 1.2.1.5	0 - 0,1 m/s	**		3				über 0,3 m/s	6
HEIZFLÄCHEN									
Strahlung 1.2.2.1	22°C - 24°C	**		3				über 40°C	6
Konvektion 1.2.2.2	keine Konv.	**			2			starke Konv.	4
Vorlauftemperatur 1.2.2.3	35°C	**		3				über 60°C	6
Aufheizzeit 1.2.2.4	30 min	**					0	über 2 Std.	0
Reinigung 1.2.2.5	nicht erford.		4					schlecht	4
Montageaufwand 1.2.2.6	gering			3				hoch	3
Bautiefe Optik/Ästhetik	5 cm nicht sichtb.		4			1		über 10 cm schlecht	1 4
Baubiologie	gut	**					0	bedenklich	0
ENERGIE									
Energiewertigkeit 1.2.3.1	niedrig 35°C	**		3				über 60°C	6
Verwendb. Energie 1.2.3.2	alle	**		3				eine	6
Regelbarkeit 1.2.3.3	jeder Raum	**					0	nicht regelb.	0
Wirkungsgrad 1.2.3.4	hoch					1		niedrig	1
Umweltbelastung 1.2.3.5	keine				2			hohe	2
SONSTIGES									
Bedienungsaufwand 1.2.4.1	niedrig		4					hoch	4
Wartungsaufwand 1.2.4.2	niedrig		4					hoch	4
Lärmübertragung 1.2.4.3	keine		4					hohe	4
Abzug Fußentwärmg.									-8

1 = erhebliche Mängel
2 = mangelhaft/bedenklich
3 = befriedigend

3 = gut
4 = sehr gut
** = doppelte Bewertung

SUMME

77-
79



2.8. HOCHTEMPERATUR-WANDHEIZUNG

2.8.1 Raumklima

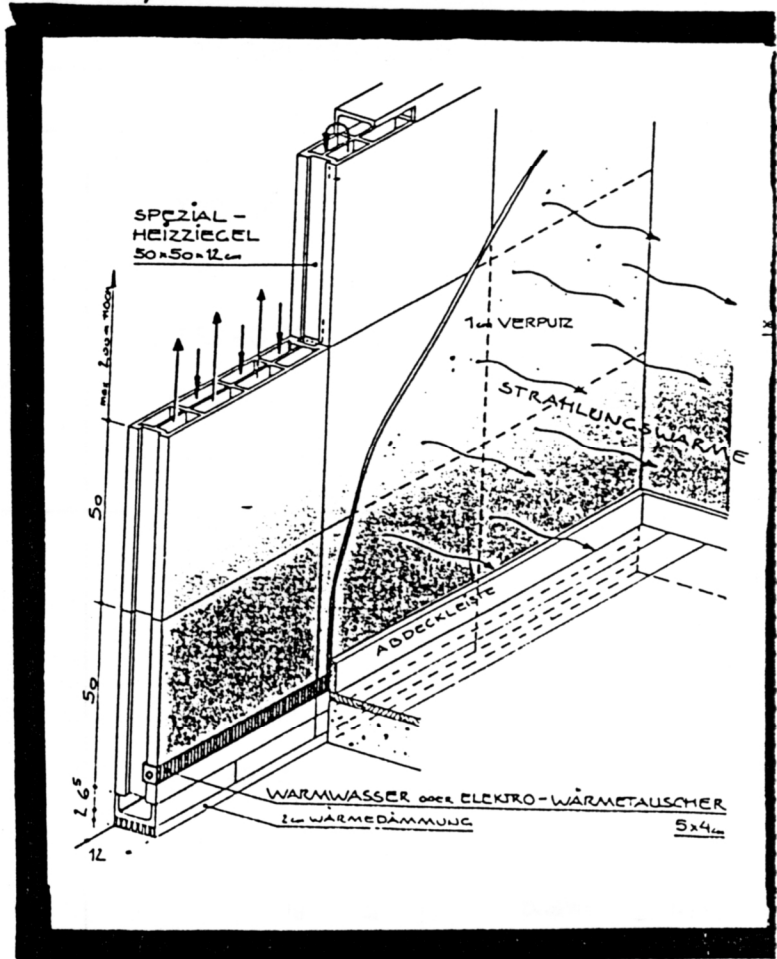
+++Der Raum wird zur Gänze von einer warm strahlenden Heizfläche umhüllt. Damit wird allseitig eine gleichmäßige, niedrige Oberflächentemperatur bei geringen Raumtemperaturunterschieden ohne Luftbewegung erreicht. Eine Befeuchtung ist bei den niedrigen Oberflächentemperaturen nicht erforderlich. Das Raumklima entspricht den Idealwerten des angenehmen Wärmeempfindens am Abend nach einem heißen Sommertag vor oder zwischen warmen Hausfronten oder Felsen. Kalte Fensterflächen werden von warmen Heizflächen umrandet. Dieses Raumklima führt in allen Bereichen zu höchsten Bewertungen. Die guten Bewertungen gelten nur bei Außenwandmontage. Die Temperaturprofile entsprechen der Raumskizze der Niedertemperatur-Wandheizung (vgl. Pkt. 2.10.1).

2.8.2 Heizflächen

- ++In den Bereichen Strahlung, Konvektion und Baubiologie erhält das System ebenfalls Maximalwertungen.
- Negativ ist die, trotz der niederen Heizflächentemperatur erforderlichen hohe Vorlauftemperatur, da die Heizfronten innerhalb der Keramiksteine über den "Umweg" der Luftwärmung aufgeheizt werden müssen. Dieser Nachteil schlägt sich auch in der langen Aufheizzeit nieder.
- Weitere negative Bewertungen ergeben sich aus dem hohen Montageaufwand und der großen Bautiefe, die bereits eine merkliche Raumverkleinerung bewirkt.
- + Optik und Ästhetik sind sehr gut, dies geht jedoch zu Lasten eines großen Platzbedarfes.

2.8.3 Energie

- Im Bereich "Energie" verliert das System wesentliche Punkte, da nur hochwertige Energie wie bei üblichen Zentralheizungen eingesetzt werden kann.
- Die schlechte Regelbarkeit durch die hohe Massenträgheit und die Wärmeübertragung über die Luft wirkt sich auch im Wirkungsgrad aus. Die Umweltbelastung entspricht den üblichen Zentralheizungen.



2.8.4 Sonstiges

- + Der Bedienungs- und Wartungsaufwand sowie die Lärmübertragung sind positiv zu werten.

2.8.5 BEURTEILUNG HOCHTEMPERATUR - WANDHEIZUNG

BEWERTUNG	POSITIV		4	3	2	1	0	NEGATIV	NOTE
RAUMKLIMA									
Raumtemperatur 1.2.1.1	18°C - 20°C	**	4					24°C - 26°C	8
Raumtemp. Untersch. 1.2.1.2	1°C - 2°C	**	4					6°C - 10°C	8
Wandtemperatur 1.2.1.3	20°C - 22°C	**	4					14°C - 16°C	8
Luftfeuchtigkeit 1.2.1.4	keine Befeug.	**	4					Befeuchtung	8
Luftbewegung 1.2.1.5	0 - 0,1 m/s	**	4					über 0,3 m/s	8
HEIZFLÄCHEN									
Strahlung 1.2.2.1	22°C - 24°C	**	4					über 40°C	8
Konvektion 1.2.2.2	keine Konv.	**	4					starke Konv.	8
Vorlauftemperatur 1.2.2.3	35°C	**					0	über 60°C	0
Aufheizzeit 1.2.2.4	30 min	**				1		über 2 Std.	2
Reinigung 1.2.2.5	nicht erford.		4					schlecht	4
Montageaufwand 1.2.2.6	gering						0	hoch	0
Bautiefe	5 cm						0	über 10 cm	0
Optik/Ästhetik	nicht sichtb.		4					schlecht	4
Baubiologie	gut	**	4					bedenklich	8
ENERGIE									
Energiewertigkeit 1.2.3.1	niedrig 35°C	**					0	über 60°C	0
Verwendb. Energie 1.2.3.2	alle	**			2			eine	4
Regelbarkeit 1.2.3.3	jeder Raum	**				1		nicht regelb.	2
Wirkungsgrad 1.2.3.4	hoch				2			niedrig	2
Umweltbelastung 1.2.3.5	keine				2			hohe	2
SONSTIGES									
Bedienungsaufwand 1.2.4.1	niedrig		4					hoch	4
Wartungsaufwand 1.2.4.2	niedrig		4					hoch	4
Lärmübertragung 1.2.4.3	keine		4					hohe	4
Abzug									

1 = erhebliche Mängel
2 = mangelhaft/bedenkl.
3 = befriedigend

3 = gut
4 = sehr gut
** = doppelte Bewertung

SUMME

96



2.9 NIEDERTEMPORATUR - PLATTEN-HEIZKÖRPER

2.9.1 Raumklima

Die Beurteilung gilt nur für großflächige Heizplatten mit Niedertemperaturlösung und ohne Konvektionsheizflächen auf der Rückseite.

++ In der Gruppe Raumklima erhält das System gute Bewertungen, da am Großteil der kalten Wandflächen warme Strahlungsheizflächen angebracht sind. Durch die Niedertemperaturlösung ist eine Befeuchtung nicht erforderlich.

2.9.2 Heizflächen

++ In den Bereichen Strahlung, Konvektion, Vorlauftemperatur und Aufheizzeit erhält das System ebenfalls gute Bewertungen.

- Negativ zu werten ist der Bereich Optik/Ästhetik, da die Anbringung von Heizplatten am Großteil der Außenwände fast unzumutbar ist. Hier wäre ein Punkteabzug unter "Sonstiges" gerechtfertigt.

+ Der Montageaufwand ist gering.

2.9.3 Energie

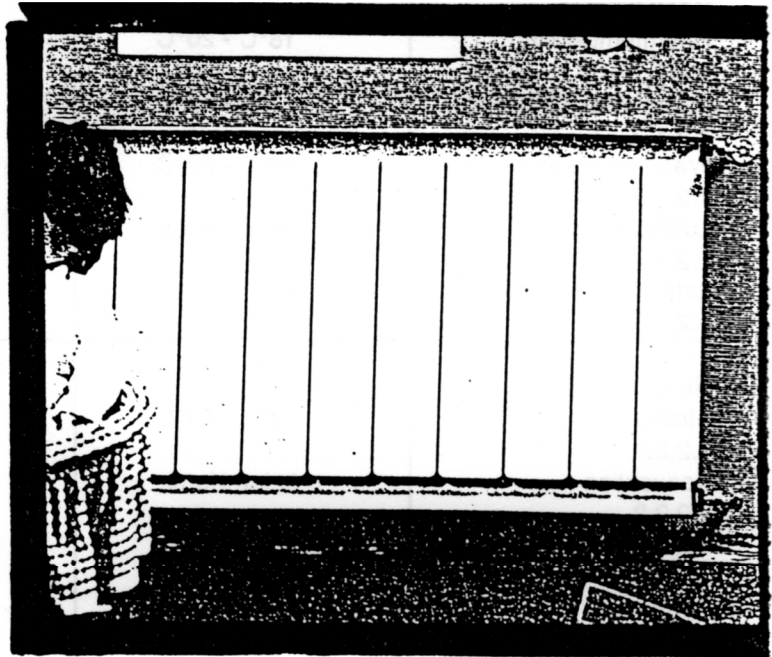
+ Im Bereich "Energie" ist das System überdurchschnittlich gut, da durch die Niedertemperaturlösung verschiedene niederwertige Energiearten eingesetzt werden können.

+ Die Regelbarkeit und damit der Anlagenwirkungsgrad sind sehr gut, vorausgesetzt es werden die erforderlichen Regelgeräte eingebaut.

2.9.4 Sonstiges

+ Der Bedienungs- und Wartungsaufwand sowie die Lärmübertragung sind positiv zu werten.

- Aufgrund der im Raum optisch dominierenden großen Heizflächen sollte ein Punkteabzug vorgenommen werden. Eine Verkleinerung der Heizplatten durch rückseitige Konvektionsheizflächen ist möglich, dadurch nähern sich jedoch die Wertungen zusehends normalen Radiatorheizung an (vgl: Pkt. 2.4).



2.9.5 BEURTEILUNG NIEDERTEMPERATUR - PLATTENHEIZKÖRPER

BEWERTUNG	POSITIV		4	3	2	1	0	NEGATIV	NOTE
RAUMKLIMA									
Raumtemperatur	18°C - 20°C	**		3				24°C - 26°C	6
1.2.1.1									
Raumtemp. Untersch.	1°C - 2°C	**			2			6°C - 10°C	4
1.2.1.2									
Wandtemperatur	20°C - 22°C	**		3				14°C - 16°C	6
1.2.1.3									
Luftfeuchtigkeit	keine Befeug.	**	4					Befeuchtung	8
1.2.1.4									
Luftbewegung	0 - 0,1 m/s	**		3				über 0,3 m/s	6
1.2.1.5									
HEIZFLÄCHEN									
Strahlung	22°C - 24°C	**		3				über 40°C	6
1.2.2.1									
Konvektion	keine Konv.	**		3				starke Konv.	6
1.2.2.2									
Vorlauftemperatur	35°C	**		3				über 60°C	6
1.2.2.3									
Aufheizzeit	30 min	**		3				über 2 Std.	6
1.2.2.4									
Reinigung	nicht erford.			3				schlecht	3
1.2.2.5									
Montageaufwand	gering		4					hoch	4
1.2.2.6									
Bautiefe	5 cm				2			über 10 cm	2
Optik/Ästhetik	nicht sichtb.						0	schlecht	0
Baubiologie	gut	**				1		bedenklich	2
ENERGIE									
Energiewertigkeit	niedrig 35°C	**		3				über 60°C	6
1.2.3.1									
Verwendb. Energie	alle	**		3				eine	6
1.2.3.2									
Regelbarkeit	jeder Raum	**	4					nicht regelb.	8
1.2.3.3									
Wirkungsgrad	hoch		4					niedrig	4
1.2.3.4									
Umweltbelastung	keine				2			hohe	2
1.2.3.5									
SONSTIGES									
Bedienungsaufwand	niedrig		4	3				hoch	3-4
1.2.4.1									
Wartungsaufwand	niedrig		4					hoch	4
1.2.4.2									
Lärmübertragung	keine			3				hohe	3
1.2.4.3									
Abzug Optik/Ästh.									-5

1 = erhebliche Mängel
2 = mangelhaft/bedenklich
3 = befriedigend

3 = gut
4 = sehr gut
** = doppelte Bewertung

SUMME

96-97



2.10 NIEDERTEMPERATUR-UNTERPUTZ-WANDHEIZUNG

2.10.1 Raumklima

+++Der Raum wird zur Gänze von einer warm strahlenden Heizfläche umhüllt; kalte Fenster sind von warmen Heizflächen umrandet. Damit wird allseitig eine gleichmäßige, niedrige Oberflächentemperatur bei geringen Raumtemperaturunterschieden ohne Luftbewegung erreicht. Eine Befeuchtung ist bei den niedrigen Oberflächentemperaturen nicht erforderlich. Das Raumklima entspricht den Idealwerten des angenehmen Wärmeempfindens am Abend nach einem heißen Sommertag vor oder zwischen warmen Hausfronten oder Felsen. Dieses Raumklima führt in allen Bereichen zu höchsten Bewertungen.

2.10.2 Heizflächen

+++In den Bereichen Strahlung, Konvektion, Vorlauftemperatur, Aufheizzeit, Reinigung, Bautiefe und Optik/Akustik erhält das System ebenfalls Maximalwertungen.

- + Bei einer eingehenden baubiologischen Untersuchung wurde die Wandheizung erst unmittelbar an der Wand registriert, während der Raum störungsfrei ist.
- Negativ ist der im Vergleich zur normalen Zentralheizung höhere Montageaufwand und die Einschränkung, daß Nägel erst nach Ortung der Rohre mittels Leitungssuchgerät eingeschlagen werden dürfen.

2.10.3 Energie

+++Im Bereich "Energie" hebt sich das System wesentlich von allen anderen ab. Es hat die niedrigste Vorlauftemperatur (max. 35°C) aller bekannten Heizsysteme und die kürzeste Aufheizzeit bis zur Erreichung der Behaglichkeit. Die rasche Regelbarkeit und damit der Möglichkeit der Abschaltung der Raumheizung, wenn keine Personen im Raum sind, führt zu sehr guten Wirkungsgraden. Da die durchschnittliche Vorlauftemperatur während der Heizperiode unter 30°C liegt, kann jede Energieform eingesetzt werden. Selbst Sonnenkollektoren erreichen in den Wintermonaten Temperaturen von 35°C sehr häufig ohne Umweltbelastung.

Wandheizmatten



Wandheizmatten werden an den Wänden befestigt und danach vernutzt

2.10.4 Sonstiges

- + Der Bedienungs- und Wartungsaufwand sowie die Lärmübertragung sind positiv zu werten.

2.10.5 BEURTEILUNG NIEDERTEMPERATUR-UNTERPUTZ-WANDHEIZUNG

BEWERTUNG	POSITIV		4	3	2	1	0	NEGATIV	NOTE
RAUMKLIMA									
Raumtemperatur 1.2.1.1	18°C - 20°C	**	④					24°C - 26°C	8
Raumtemp. Untersch. 1.2.1.2	1°C - 2°C	**	④					6°C - 10°C	8
Wandtemperatur 1.2.1.3	20°C - 22°C	**	④					14°C - 16°C	8
Luftfeuchtigkeit 1.2.1.4	keine Befeug.	**	④					Befeuchtung	8
Luftbewegung 1.2.1.5	0 - 0,1 m/s	**	④					über 0,3 m/s	8
HEIZFLÄCHEN									
Strahlung 1.2.2.1	22°C - 24°C	**	④					über 40°C	8
Konvektion 1.2.2.2	keine Konv.	**	④					starke Konv.	8
Vorlauftemperatur 1.2.2.3	35°C	**	④					über 60°C	8
Aufheizzeit 1.2.2.4	30 min	**	④					über 2 Std.	8
Reinigung 1.2.2.5	nicht erford.		④					schlecht	4
Montageaufwand 1.2.2.6	gering						①	hoch	1
Bautiefe	5 cm		④					über 10 cm	4
Optik/Ästhetik	nicht sichtb.		④					schlecht	4
Baubiologie	gut	**	④					bedenklich	8
ENERGIE									
Energiewertigkeit 1.2.3.1	niedrig 35°C	**	④					über 60°C	8
Verwendb. Energie 1.2.3.2	alle	**	④					eine	8
Regelbarkeit 1.2.3.3	jeder Raum	**	④					nicht regelb.	8
Wirkungsgrad 1.2.3.4	hoch		④					niedrig	4
Umweltbelastung 1.2.3.5	keine		④		③			hohe	2-4
SONSTIGES									
Bedienungsaufwand 1.2.4.1	niedrig		④					hoch	4
Wartungsaufwand 1.2.4.2	niedrig		④					hoch	4
Lärmübertragung 1.2.4.3	keine		④					hohe	4
Abzug									

1 = erhebliche Mängel
2 = mangelhaft/bedenklich
3 = befriedigend

3 = gut
4 = sehr gut
** = doppelte Bewertung

SUMME

135-
137

2.11 PRÜFERGEBNISSE - ÜBERSICHT

HEIZSYSTEM	RAUMKL.	HEIZFL.	ENERGIE	SONST.	SUMME
Elektro-Nachtspeicherheiz.	2	11	15	-1	27
Radiatorenheizung	10	12	17	1	40
Fußleistenheizung	20	14	10-14	3	47-51
Kachelofen	32	25-31	6	11	74-80
Bodenheizung	30-32	28	15	4	77-79
Hochtemp.-Wandheizung	40	35	10	12	96
Niedertemp.-Plattenheizung	30	35	26	5-6	96-97
Unterputz - Wandheizung	40	53	30-32	12	135-137

Wie aus der vorstehenden Übersicht der Prüfergebnisse deutlich hervorgeht, bieten in der Gruppe "Raumklima" die Wandheizsysteme eindeutig das beste Raumklima, gefolgt von der Kachelofenheizung und der Bodenheizung, während die Konvektionsheizsysteme deutlich abgeschlagen sind.

In der Gruppe "Heizflächen" liegt die Unterputz - Wandheizung durch die niedrigste Vorlauftemperatur aller Systeme, die kurze Aufheizzeit und die baubiologischen Vorteile mit Abstand in Führung. Die Bodenheizung fällt durch die schlechte Regelbarkeit und die baubiologischen Bedenken deutlich ab.

In der Gruppe "Energie" ergibt sich durch die niedrigste Heizmitteltemperatur und der dadurch bedingten Einsatzmöglichkeit bei allen derzeit denkbaren Energieformen, ebenfalls eine deutliche Führung der Unterputz - Wandheizung. Diese Führung kommt noch deutlicher beim Einsatz mit Wärmepumpen und Sonnenkollektoren zum tragen. In dieser Gruppe büßt der Kachelofen mit seiner engen Energieauswahl wesentliche Punkte ein.

In der Gruppe "Sonstiges" wirken sich bei einzelnen Systemen die Punkteabzüge für gesundheitlich bedenkliche Einwände aus. Der Kachelofen erhielt hier Zusatzpunkte, die eigentlich auch für die Wandheizsysteme zutreffen würden.

Der eindeutige Leader in diesem Vergleichstest ist relativ unbekannt. Es handelt sich um ein seit Jahrzehnten in Sonderanfertigung gebautes System für Räume mit höchsten hygienischen Anforderungen (Operationssäle, Intensivstationen, Laborräume, Komfortanlagen), bei dem die Heizrohre direkt im Putz verlegt werden. Durch eine österreichische Innovation mit europaweitem Patentschutz ist nunmehr die Serienanwendung im Wohnhausneubau wie auch bei der Althaussanierung, bei gleichzeitiger Verbesserung der Wärmedämmung, möglich.