

**Nr. 3**

**SCHRIFTENREIHE**

T. Schiffert

**KACHELOFEN 2000**

**Raumklima und Gesundheit**



**ÖSTERREICHISCHER KACHELOFENVERBAND**

Versuchs- und Forschungsanstalt der Hafner Österreichs

Schriftenreihe des Österreichischen Kachelofenverbandes

Herausgeber und Vertrieb Österreichischer Kachelofenverband  
A-1220 WIEN, Dassanowskyweg 8

Schriftleitung Univ. Doz. Dr. Hermann Hofbauer

Redaktion Dipl.-Ing. Dr. Thomas Schiffert

Verantwortung Der Inhalt der Beiträge liegt in der  
Verantwortung des jeweiligen Autors

Copyright © 1996, Österreichischer Kachelofenverband  
Nachdruck auch auszugsweise nur mit  
Genehmigung des Herausgebers. Alle  
Rechte, auch das der Übersetzung,  
vorbehalten.

Ausgabe 1, 2/1996

ISBN 3-901680-01-2

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Einleitung .....</b>	<b>5</b>
<b>2 Stellenwert von Raumklima und Gesundheit bei Hafnern und Kunden .....</b>	<b>5</b>
2.1 Hafnerbefragung .....	5
2.2 Kundenumfrage .....	6
2.3 Bedeutung gesundheitlicher und umweltbezogener Aspekte in der Bevölkerung.....	7
<b>3 Umwelt: Indoor - Outdoor .....</b>	<b>8</b>
<b>4 Raumklima.....</b>	<b>10</b>
4.1 Mensch und Indoor-Umwelt .....	10
4.2 Kriterien für die Behaglichkeit .....	10
4.2.1 Thermische Kriterien .....	11
4.2.2 Luftqualität.....	15
4.2.3 Geräusch/Lärm.....	16
4.2.4 Raumgestaltung: Formen/Farben.....	16
<b>5 Gesundheit .....</b>	<b>17</b>
<b>5.1 Indoor-Umweltaspekte und Gesundheit.....</b>	<b>17</b>
5.1.1 Lufttemperatur - Umgebungsflächentemperatur .....	17
5.1.2 Luftfeuchtigkeit .....	19
5.1.3 Luftbewegung.....	20
5.1.4 Staub .....	20
5.1.5 Luftionisierung .....	21
<b>5.2 Umweltschadstoffe und Gesundheit .....</b>	<b>21</b>
5.2.1 Kohlendioxid CO <sub>2</sub> .....	21
5.2.2 Kohlenmonoxid CO .....	21
5.2.3 Organisch gebundener Kohlenstoff OGC .....	22
5.2.4 Staub .....	23
5.2.5 Stickoxide NO <sub>x</sub> .....	23

5.2.6 Schwefeldioxid SO <sub>2</sub> .....	23
<b>6 Kachelofen und Raumklima.....</b>	<b>25</b>
<b>6.1 Thermische Kriterien .....</b>	<b>25</b>
6.1.1 Wärmestrahlung .....	25
6.1.2 Lufttemperatur/Wandtemperatur .....	25
6.1.3 Luftfeuchtigkeit .....	26
6.1.4 Luftbewegung.....	26
<b>6.2 Luftqualität.....</b>	<b>26</b>
6.2.1 Staubgehalt .....	26
6.2.2 Ionisierung.....	26
6.2.3 Geruch.....	27
<b>6.3 Geräusch/Lärm .....</b>	<b>27</b>
<b>6.4 Raumgestaltung .....</b>	<b>27</b>
<b>6.5 Idealwerte - Kachelofen .....</b>	<b>28</b>
<b>7 Kachelofen und Gesundheit .....</b>	<b>29</b>
7.1 Indoor-Umweltaspekte.....	29
7.2 Outdoor-Umweltaspekte.....	29
<b>8 Verzeichnisse.....</b>	<b>31</b>
8.1 Literaturverzeichnis .....	31
8.2 Abbildungsverzeichnis .....	32
8.3 Tabellenverzeichnis .....	32

## 1 Einleitung

Die Raumerwärmung mit Kachelöfen wird seit jeher als angenehm und behaglich empfunden. Bei Diskussionen oder Verkaufsbesprechungen werden die Argumente des gesunden Raumklimas fast immer ins Treffen gebracht. Als Grund dafür wird meist die Wärmeabgabe durch Strahlung angegeben. Oft werden auch die Argumente der höheren Luftfeuchtigkeit und der ionisierten Luft oder Ähnliches angeführt, wobei bei weiterem Nachfragen einige der angeführten Argumente ins Wanken kommen. Hier soll der Versuch unternommen werden, den derzeit verfügbaren Wissensstand auf diesem Gebiet auf verständliche Weise darzustellen.

Zu Beginn werden eine Erhebung der Bedürfnisse bei den Hafnern und potentiellen Kunden unter anderem über den Stellenwert von Raumklima (Behaglichkeit, Strahlungswärme) sowie eine Meinungsumfrage zum Thema Gesundheit dargestellt. Nach einer Begriffsdefinition erfolgt eine Beschreibung der Anforderungen an das Raumklima und eine Beurteilung des Kachelofens in bezug auf diese Forderungen. Weiters werden die Auswirkungen der raumklimatischen Parameter und der Emissionen auf die Gesundheit des Menschen beschrieben.

## 2 Stellenwert von Raumklima und Gesundheit bei Hafnern und Kunden

### 2.1 Hafnerbefragung

An die österreichischen Hafner wurde ein Fragebogen ausgesendet, in dem unter anderem auch nach ihrer Einschätzung der Beweggründe der Kunden für die Anschaffung eines Kachelofens gefragt wurde. Dabei konnte ein Wert zwischen 1 (sehr hoch) und 6 (sehr niedrig) angekreuzt werden.

Frage:

„Wie schätzen Sie die Bedeutung folgender Beweggründe der Kunden für die Anschaffung eines Kachelofens ein?“

Betrachtet man die Mittelwerte der gegebenen Antworten, so bildet sich folgende Reihenfolge:

Rang	Thema	Mittelwert
1	Behaglichkeit	1,19
2	Möbelstück	1,83
3	Brennstoff Holz	1,96
4	Krisensicherheit	2,12
5	Wirtschaftlichkeit	2,3
6	Umweltfreundlichkeit	2,45

Tabelle 1: Bewertung der Beweggründe bei der Anschaffung eines Kachelofens

Aus der Beantwortung dieser Frage leitet sich eine überragende Bedeutung der Behaglichkeit bei der Verwendung eines Kachelofens als Heizgerät für die Kunden ab. Sehr hoch ist auch die Bedeutung der Gestaltungsmöglichkeiten mit dem Kachelofen, wie aus der Beantwortung der Frage nach dem Kachelofen als Möbelstück ersichtlich ist. Weiters ist auffallend, daß die Bedeutung der Umweltfreundlichkeit des Kachelofens für die Kunden (nach Ansicht bzw. Erfahrung der Hafner) nur einen geringen Anschaffungsanreiz darstellt.

## 2.2 Kundenumfrage

Die Aussendung der Kundenumfrage erfolgte an Personen, die mittels Rücksendecoupons Informationsmaterial anforderten.

Dabei wurde anhand der Antworten auf die Fragen

1. „Wie bedeutend sind für Sie folgende Kriterien für die Wahl eines Heizsystems?“ und
2. „Wie bewerten Sie den Kachelofen in bezug auf diese Kriterien?“ ein Profil erstellt.

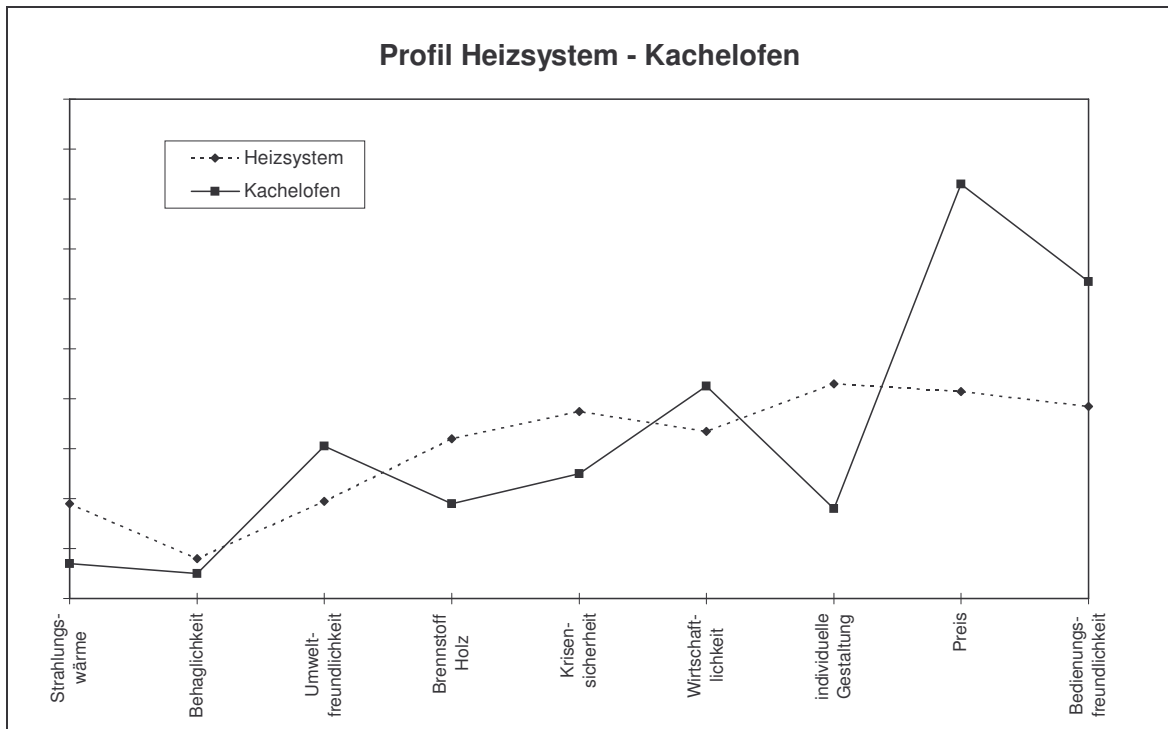


Abbildung 1: Profil Heizsystem - Kachelofen

Die strichlierte Linie stellt die Anforderungen der Kunden an das Heizsystem dar. Die stärkere durchgezogene Linie zeigt, wie der Kachelofen eingeschätzt wird. Liegt nun der Punkt beim Kachelofen unterhalb des Wertes für das Heizsystem, so steht der Kachelofen bei diesem Kriterium gut da. Tritt der umgekehrte Fall auf, so hat der Kachelofen in den Augen der Kunden ein Defizit. Weiters muß beachtet werden, daß ein schlechterer Wert für den Kachelofen bei Punkten nahe der x-Achse schwerwiegender ist, da vom Kunden für diesen Fall eine hohe Wertigkeit vergeben wird.

Deutet man nun diese Darstellung, so sieht man, daß der Kachelofen bei den Kriterien Strahlungswärme, Behaglichkeit, Brennstoff Holz, Krisensicherheit und individuelle Gestaltung einen guten Ruf bei den Kachelofeninteressierten hat. Bei den Kriterien Umweltfreundlichkeit, Wirtschaftlichkeit, Preis und Bedienungs-freundlichkeit weist er aus der Sicht der Kunden ein Defizit auf.

### 2.3 Bedeutung gesundheitlicher und umweltbezogener Aspekte in der Bevölkerung

Die einzige erruierbare, repräsentative Meinungsumfrage über die Bedeutung von medizinischen Fragen und Gesundheitspflege stammt vom Meinungsforschungsinstitut IMAS. Die herangezogene Umfrage trägt den Titel "Interessensgebiete im Trend" und wird im Abstand von zwei Jahren durchgeführt, die letzte Erhebung wurde 1994 veröffentlicht und bezieht sich auf das Erhebungsjahr 1993 (IMAS, 1994).

Frage: „Könnten Sie mir nach dieser Liste sagen, welches Ihre Hauptinteressensgebiete sind, für was davon Sie sich besonders interessieren?“

Sie brauchen mir nur die entsprechenden Nummern anzugeben!“ (Vorlage einer Liste). Bei den Antworten waren Mehrfachnennungen möglich.

In der folgenden Abbildung ist die Entwicklung der Bedeutung medizinischer Fragen und der Gesundheitspflege über die letzten 10 Jahre dargestellt.

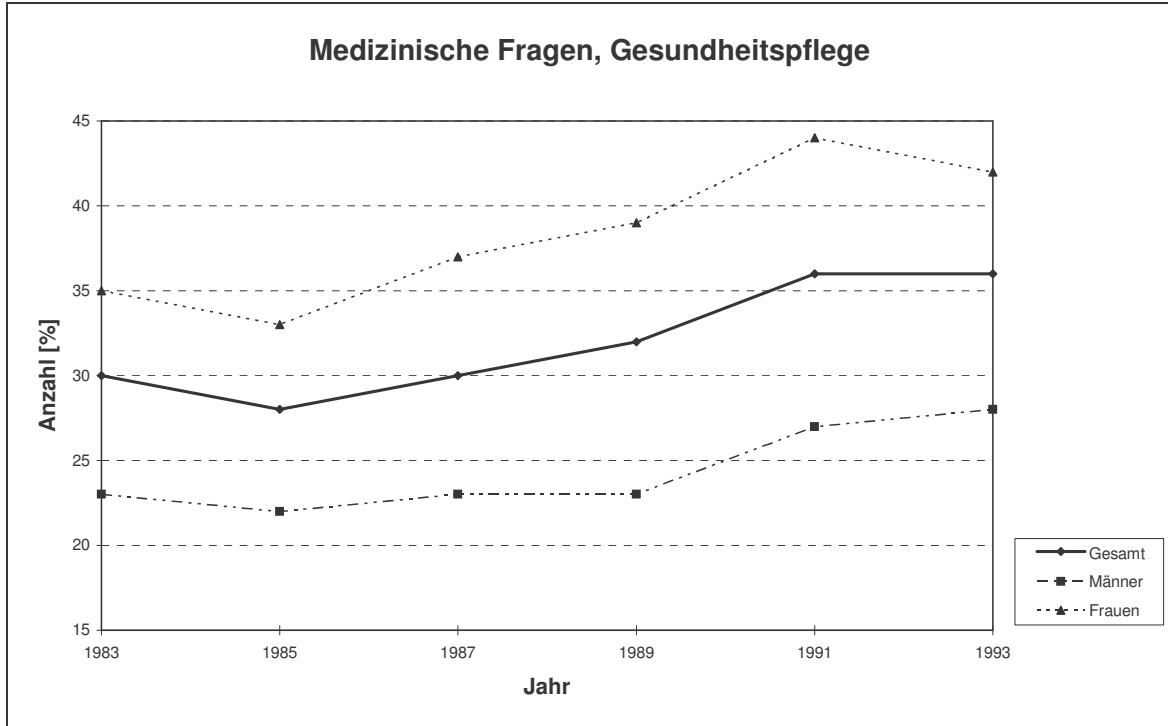


Abbildung 2: Bedeutung medizinischer Fragen und der Gesundheitspflege

Auffallend an dieser Darstellung ist einerseits der kontinuierliche Anstieg der Bedeutung dieser Themen im beobachteten Zeitraum, andererseits die permanent höhere Bedeutung für Frauen als für Männer.

### 3 Umwelt: Indoor - Outdoor

Wenn man hinterfragt, was die Menschen als entscheidende Kriterien für eine gesunde Umwelt ansehen, so erfährt man meistens, daß es sich um das Verlangen nach einer schadstofffreien Luft, sauberem Wasser und ungeschädigtem Boden handelt.

Betrachtet man aber nun die direkte zeitliche Einwirkung dieser natürlichen Umwelt auf den Menschen, so erkennt man, daß der Mensch nur einen kleinen Teil seiner Zeit einer direkten Einwirkung ausgesetzt ist.

Geht man vom in einem geschlossenen Raum arbeitenden Menschen aus, der rund die Hälfte seiner Freizeit im Freien, die andere Hälfte aber in geschlossenen Räumen verbringt, so erkennt man, daß dieser rund 3/4 seiner Zeit einer von ihm selbst zu gestaltenden Umwelt in einem geschlossenen Raum ausgesetzt ist (Abbildung 3).

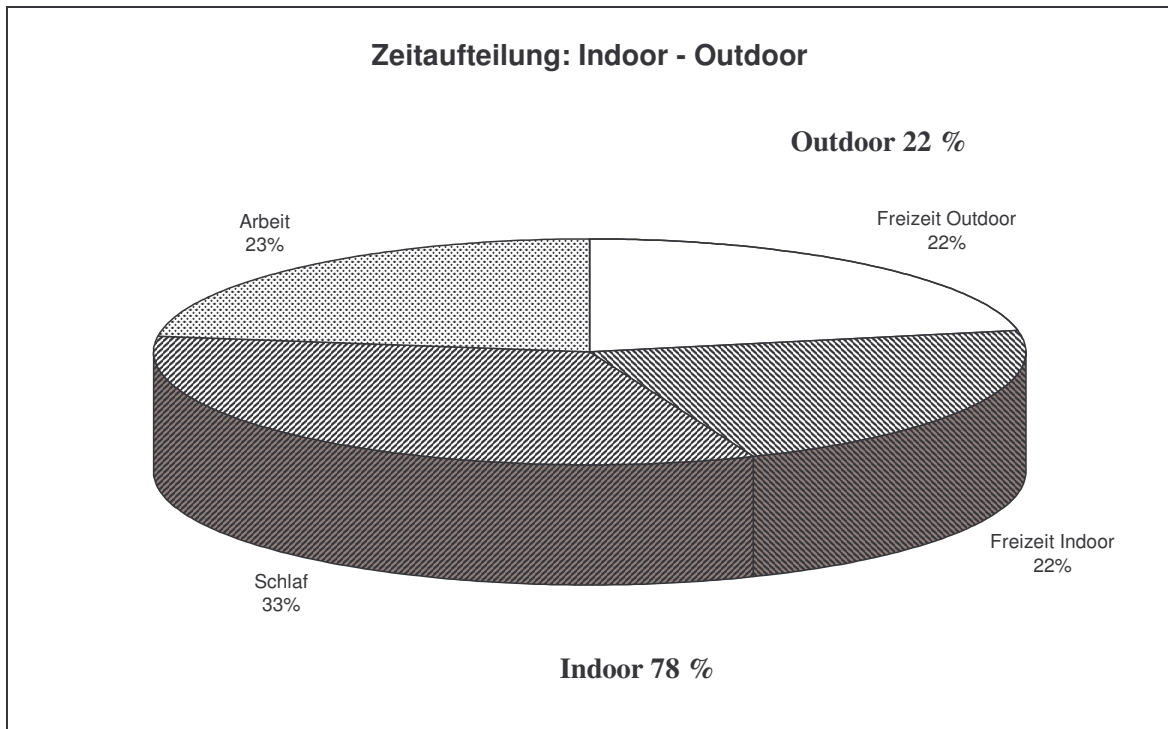


Abbildung 3: Zeitaufteilung: Indoor - Outdoor

Baubiologen sprechen von bis zu etwa 90 % Aufenthaltsdauer in geschlossenen Räumen (Schuster, 1995).

Diese unmittelbare Umwelt in geschlossenen Räumen bezeichnet man im englischen Sprachraum als „Indoor“, die Umwelt außerhalb dieser geschlossenen Räume wird als „Outdoor“ bezeichnet. Für diese Begriffe gibt es in der deutschen Sprache keine naheliegenden brauchbaren Übersetzungen, deswegen übernimmt man am besten diese Begriffe. Zum leichteren Verständnis werden Indoor und Outdoor durch den Zusatz „Umwelt“ ergänzt.

Der Mensch verbringt also den Großteil seiner Zeit in dieser Indoor-Umwelt. Daher muß für ihn ein zentrales Anliegen eine lebensgerechte und gesundheitsförderliche Indoor-Umwelt sein. Das gilt einerseits als ganz herausragende Forderung für den Wohnbereich des Menschen. Dort verbringt der Mensch seine Nächte und auch einen beträchtlichen Teil seiner Freizeit. Andererseits trifft dies auch für den in geschlossenen Räumen arbeitenden Menschen auf seinen Arbeitsplatz zu. Es liegt in der Natur der Sache, daß die Einflußnahme des Individuums auf seinen eigenen Wohnbereich deutlich größer ist als auf seinen Arbeitsbereich. Nichtsdestotrotz ist in beiden Fällen auf eine zuträgliche Indoor-Umwelt zu achten. Diese Bewußtseinsbildung hat in der Bevölkerung noch nicht richtig eingesetzt, da kaum jemand die Lösungen der Probleme in diesem Bereich für ein zentrales Thema hält.

## 4 Raumklima

### 4.1 Mensch und Indoor-Umwelt

Der Mensch steht im dauernden Kontakt zu seiner Umwelt, und so findet auch ein dauernder Wärmeaustausch zwischen ihm und der Umgebung (dem Raum) statt. Für den Menschen ist dieser Wärmeaustausch mit der Umgebung lebensnotwendig. Denn der Mensch nimmt täglich erhebliche Energiemengen über die Nahrung auf. Diese Energie muß abgebaut werden. Dieser Wärmeabbau erfolgt nach Roedler auf verschiedene Weise (Haider, 1974):

- Strahlung 46 %
- Konvektion und Leitung 33%
- Verdunstung (Transpiration) 19 %
- Atmung 2 %

Zur Steuerung dieser Wärmeabgabe besitzt der Organismus einen komplexen Regelmechanismus. Einige Maßnahmen dafür sind im Falle von zu geringer Wärmeabfuhr (Margreiter, 1987):

- Erhöhung der Transpiration
- Steigerung der Konvektion (z.B. Drang, Kleidung auszuziehen)
- Beschleunigung der Atmung

Ziel jeder Heizung muß es sein, Bedingungen zu schaffen, die der Gesundheit, dem Wohlbefinden und der Behaglichkeit des Menschen dienen. Dies ist nur möglich, wenn der Wärmehaushalt für den Organismus ausgeglichen ist. Jede Einschränkung der Wärmeabfuhr oder ein erhöhter Wärmeentzug werden daher als unangenehm empfunden. Dabei ist allerdings zu berücksichtigen, daß der Mensch an seine Umwelt (klimatische Bedingungen) angepaßt ist. Ein Eskimo wird daher ein etwas anderes Behaglichkeitsempfinden aufweisen als ein an hohe Temperaturen gewöhnter Südländer.

### 4.2 Kriterien für die Behaglichkeit

Das Gefühl der Behaglichkeit kann nicht durch ein einfaches Maß angegeben werden, wiewohl es von verschiedenen Wissenschaftlern versucht wurde. Das Zustandekommen dieses Gefühls hängt von einer Fülle von Faktoren ab, wobei hier nur die im Zusammenhang mit der Heizung wesentlichen angegeben werden:

- Thermische Kriterien
  - Form der Wärmeübertragung
  - Lufttemperatur/Wandtemperatur
  - Luftfeuchtigkeit
  - Luftbewegung
- Luftqualität
  - Staubgehalt
  - Ionisierung
  - Geruch
- Geräusch/Lärm
- Raumgestaltung (Formen/Farben)

Diese Faktoren sind nicht voneinander unabhängig, sondern sind teilweise eng miteinander verwoben. In der Folge sollen diese Faktoren für die Behaglichkeit diskutiert werden.

#### **4.2.1 Thermische Kriterien**

##### **4.2.1.1 Wärmestrahlung**

Für die Form der Wärmeübertragung stehen prinzipiell drei Möglichkeiten zur Verfügung:

- Leitung, Konvektion und Strahlung

Bei der Wärmeleitung wird die Wärme innerhalb eines Körpers von einem Teilchen zum nächsten weitergeleitet. Daher ist diese Form der Wärmeübertragung zwischen zwei festen Körpern nur beim direkten Kontakt möglich.

Die Konvektion benötigt ein Überträgermedium, das entweder gasförmig (z.B.: Luft) oder flüssig (z.B.: Wasser) sein kann. Diese Medien werden entweder natürlich oder gezwungen in Bewegung versetzt und gelangen so mit dem zu erwärmenden Körper in Kontakt.

Bei der Strahlung, die in der Folge besprochen werden soll, wird die Wärme ohne Überträgermedium von einem festen Körper auf den nächsten übertragen. Die Strahlung von Flüssigkeiten bzw. von Gasen ist im Zusammenhang mit dem Kachelofen von untergeordnetem Interesse.

Unter Wärmestrahlung versteht man eine elektromagnetische Strahlung, die von jedem Körper einzig und allein infolge seiner Temperatur abgegeben wird. Die Intensität der Strahlung hängt stark von der Temperatur, aber auch vom Material und dessen Oberflächenbeschaffenheit ab. Bei niedriger Temperatur ist sie gering, bei hohen Temperaturen jedoch ziemlich stark. Auch die Verteilung der Intensität der Wärmestrahlung über die verschiedenen Wellenlängen ist stark temperaturabhängig, wobei sich das Maximum mit steigender Temperatur zu kürzeren Wellenlängen verschiebt.

#### 4.2.1.2 Lufttemperatur/Wandtemperatur

Für die Behaglichkeit ist nicht nur die Raumlufttemperatur maßgebend, sondern auch die Temperatur der umschließenden Raumflächen. Der Grund ist darin zu sehen, daß rund 46 % der vom Menschen abzugebenden Wärme in Form von Strahlung erfolgt. Da der Strahlungsaustausch primär zwischen zwei festen Körpern erfolgt (der Anteil der Gasstrahlung der Raumluft kann vernachlässigt werden), wird z.B. eine kalte Wandfläche (Fensterfläche) durch einen erhöhten einseitigen Wärmeabfluß sofort als unangenehm registriert.

Hinsichtlich der Behaglichkeit besteht ein Zusammenhang zwischen der Raumlufttemperatur und der Temperatur der umschließenden Wandflächen. Das entsprechende Behaglichkeitsfeld ist in der Abbildung 4 zu sehen (aufgrund der individuellen Unterschiede ergibt sich keine Linie sondern ein Feld).

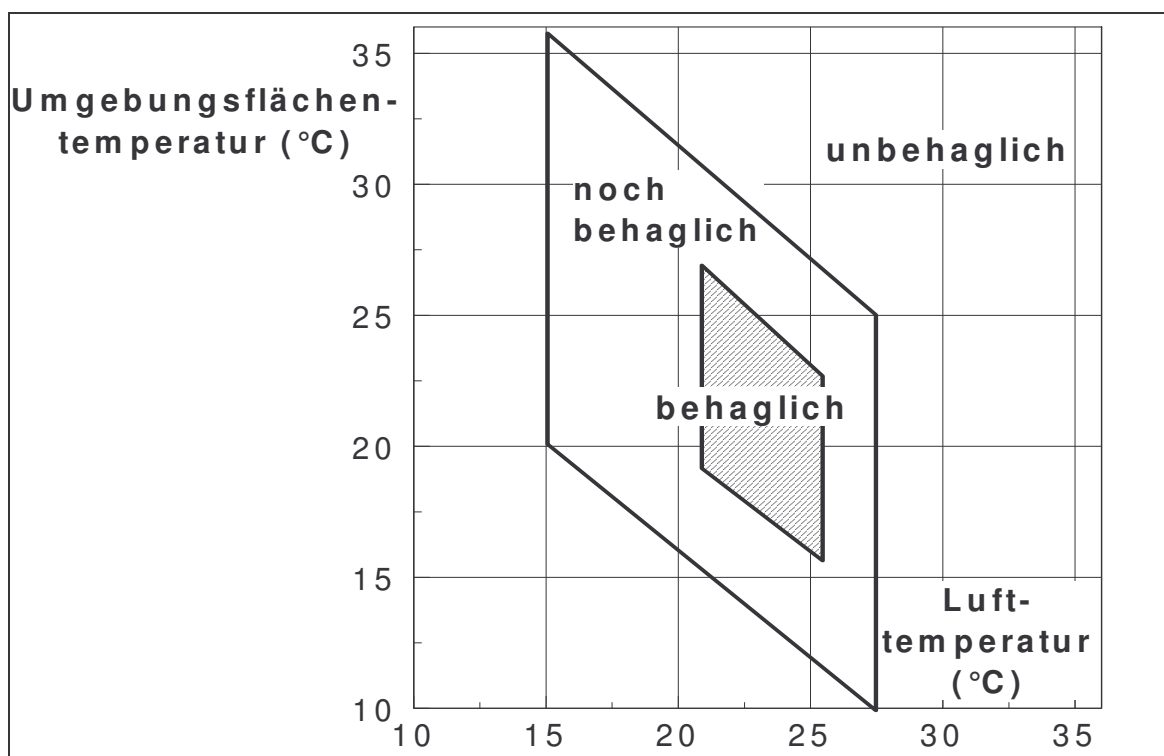


Abbildung 4: Behaglichkeitsfeld Lufttemperatur - Wandtemperatur (Beckert)

Je höher die Umschließungsflächentemperatur, desto niedriger kann die Raumlufttemperatur bei gleichem Behaglichkeitsempfinden gehalten werden. Umgekehrt gilt natürlich auch: Je niedriger die Umschließungsflächentemperatur,

desto höher muß die Raumluft aufgeheizt werden. Anzustreben ist hierbei allerdings, daß die Temperaturunterschiede zwischen der Raumlufttemperatur und der Temperatur der Umschließungsflächen nicht zu groß sind. Damit wird das Behaglichkeitsfeld weiter eingeschränkt (Abbildung 4).

#### 4.2.1.3 Luftfeuchtigkeit

Die Luftfeuchtigkeit wird üblicherweise als relative Luftfeuchtigkeit in % angegeben. Die relative Luftfeuchtigkeit gibt an, zu welchem Prozentsatz die Luft mit Feuchtigkeit gesättigt ist. Eine relative Luftfeuchtigkeit von 60 % gibt also an, daß die Luftfeuchtigkeit 60 % der maximal möglichen beträgt. Bei einer Überschreitung der maximal möglichen Feuchtigkeit (100 %) in der Luft fällt das Wasser in Form von feinen Tröpfchen aus (Nebel). Die relative Feuchtigkeit in der Luft ist abhängig von der Temperatur. Wärmere Luft kann mehr Wasser aufnehmen als kältere.

Das für die Luftfeuchtigkeit relevante Behaglichkeitsfeld ist in der Abbildung 5 zu sehen. Als unterer Grenzwert hinsichtlich der Behaglichkeit wird ein Grenzwert von ca. 30 % relativer Luftfeuchtigkeit angegeben. Je niedriger die Raumlufttemperatur, desto größer ist der Spielraum für die Luftfeuchtigkeit bei gleicher Behaglichkeit. Je höher die Raumlufttemperatur, desto empfindlicher reagiert der Körper auf die Luftfeuchte. Bei hoher relativer Feuchte wird der Verdunstungsanteil des Körpers herabgesetzt. Es entsteht das Gefühl von Schwüle.

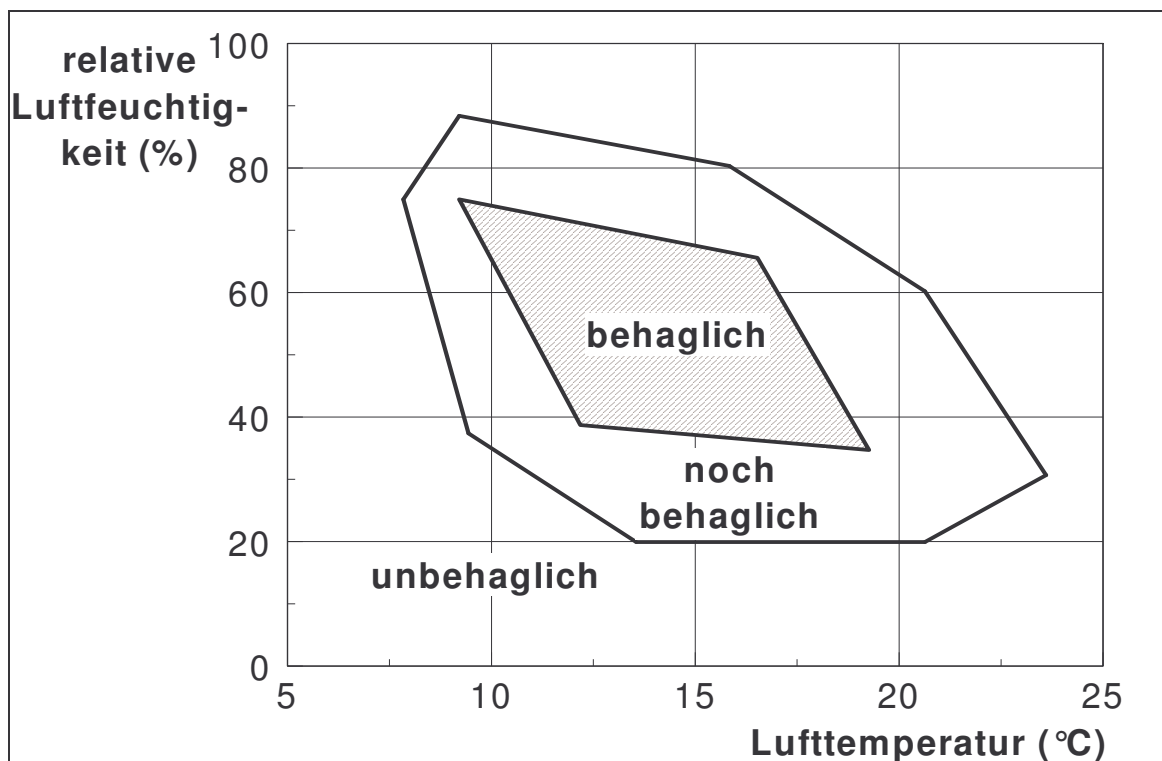


Abbildung 5: Behaglichkeitsfeld Lufttemperatur - Luftfeuchtigkeit (Beckert)

Als guter Mittelwert ist bei einer Temperatur von 20°C etwa 50 - 60 % relative Feuchte anzusehen. Unter Zugrundelegung gleicher Lufttemperatur und Belüftung ist die Raumlufffeuchte praktisch unabhängig vom Heizsystem.

#### 4.2.1.4 Luftbewegung

Die Luftbewegung in Räumen kommt vorwiegend durch unterschiedlich erwärmte Luftschichten zustande. Warme Luft besitzt ein geringeres Gewicht als kalte Luft und steigt daher auf. Bei Abgabe der mitgeführten Wärmemenge kühlt die Luft ab (meist an kalten Wänden) und sinkt wieder nach unten. Je größer die Temperaturdifferenzen zwischen Wärmetauscherflächen und kalten Wänden sind, umso stärker ist die Luftbewegung.

Die Luftbewegung ist ein wesentlicher Bestandteil des Behaglichkeitszustandes. Bewegte Luft unterhalb der Körpertemperatur wird stets kühler empfunden als ruhende Luft bei gleicher Temperatur. Durch das Vorbeiströmen der Luft am Körper wird der konvektive Wärmeabgabeanteil erhöht und damit das Regelniveau gestört. Es muß also der Grenzwert der Luftgeschwindigkeit so festgelegt werden, daß kein Unbehagen eintritt. In der Abbildung 6 ist das entsprechende Behaglichkeitsfeld angegeben.

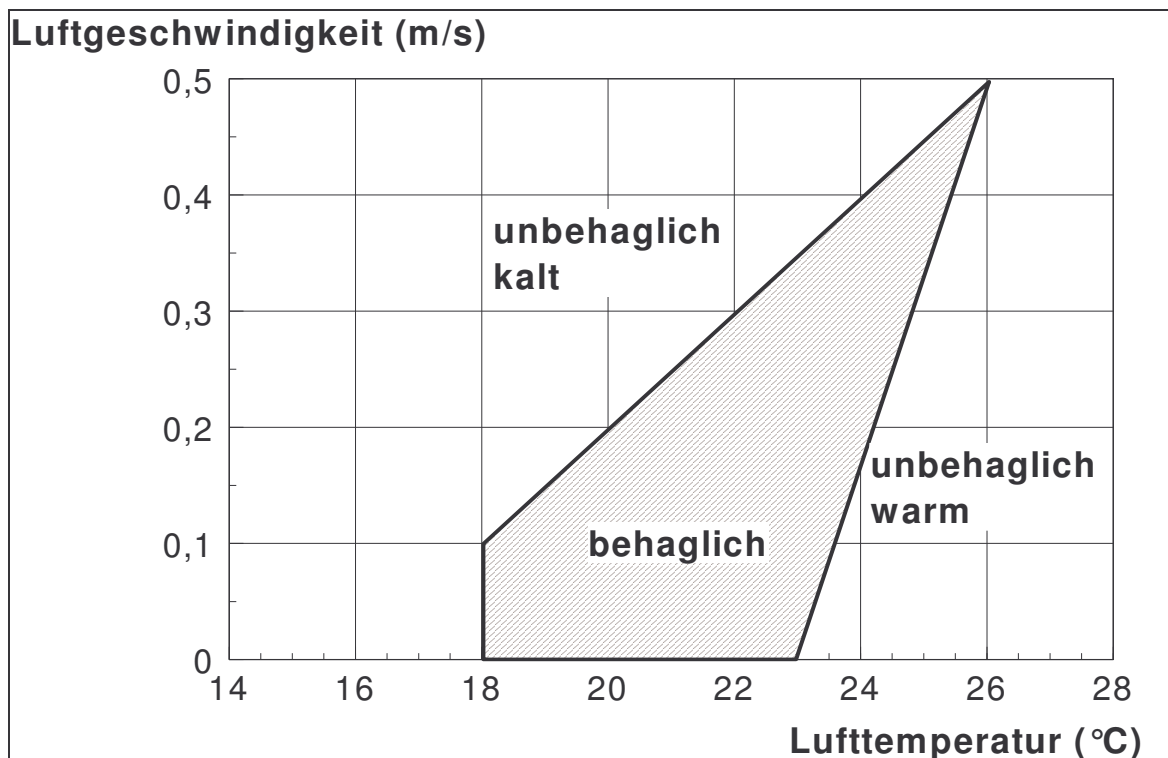


Abbildung 6: Behaglichkeitsfeld Lufttemperatur - Luftgeschwindigkeit (Beckert)

Die Geschwindigkeit von 0,1 m/s gilt als kritische Schwelle für die Behaglichkeit. Bei höheren Temperaturen kann die Luftgeschwindigkeit etwas ansteigen. Luftgeschwindigkeiten über 0,5 m/s sind abzulehnen, da sie allgemein zu Unbehagen führen.

## 4.2.2 Luftqualität

### 4.2.2.1 Staubgehalt

Oft wird der Luftfeuchtigkeit, besonders im Wohnungsbau, zu große Bedeutung beigemessen und ein anderer Gesichtspunkt völlig übersehen. Entscheidend für das Empfinden einer zu trockenen Luft ist nicht allein die relative Feuchte, sondern vielfach der Staubgehalt der Luft. Die Staubaufwirbelung wird durch Luftbewegungen im Raum verursacht, vor allem in der Nähe von Heizkörpern. Daher sollte angestrebt werden, die Wärme vorwiegend über Strahlungsheizflächen abzugeben.

Durch den Staub oder andere Verunreinigungen werden Reize auf der Rachenschleimhaut ausgelöst, die als unangenehm empfunden werden.

### 4.2.2.2 Ionisierung der Raumluft

Die natürliche Luft in der Atmosphäre besitzt eine gewisse Anzahl von ionisierten Molekülen. Diese Ionisierung erfolgt durch elektrische Entladungen (Blitzschläge), kosmische Strahlung (X-Strahlung:  $\lambda \leq 10^{-3}$  nm), UV-Strahlung (10 - 400 nm) und durch natürliche Radioaktivität (Varga, 1981).

Die Anzahl der Ionen beträgt in der Höhenlage rund  $3000/\text{cm}^3$ , während in der Ebene rund  $1000 - 2000/\text{cm}^3$  gemessen werden können (Varga, 1981). Das natürliche Verhältnis der negativen zu den positiven Ionen beträgt ca. 4,5 : 5,5 (Mayer, 1989).

Man unterscheidet zwischen Kleinionen, Mittelionen und Großionen, wobei die Kleinionen aus 3 - 12 Molekülen und einer Elementarladung, die Mittelionen aus 100 - 1000 Molekülen und einer Elementarladung und die Großionen aus  $\sim 10^6$  Molekülen und  $\sim 10$  Elementarladungen bestehen (Varga, 1981).

Besonders wichtig sind die negativen Kleinionen, die zum Teil Sauerstoffionen beinhalten. Diese negativen Sauerstoffionen erhöhen beim Einatmen durch den Menschen den Sauerstoffpartialdruck in der Lunge und bewirken dadurch ein „tieferes Atmen“ und erzeugen so ein Gefühl der Zufriedenheit und des Wohlbefindens. Negative Auswirkungen haben hingegen die positiven Ionen und hier vor allem die Großionen. Verändert sich das Verhältnis zu gunsten der positiven Ionen, so können sich beim Menschen nachteilige Effekte wie Kopfschmerzen, verstopfte Nase, Heiserkeit, Müdigkeit, trockener Hals und Schwindelgefühl einstellen (Kime, 1989).

### 4.2.2.3 Geruch

Auch lästiger Geruch kann die Luftqualität beeinträchtigen. Er entsteht durch Verschmelzung von Staubpartikeln oder Gasen an heißen Flächen. Um diesen unangenehmen Geruch zu vermeiden, sollte die Heizflächentemperatur niedrig gehalten werden.

### **4.2.3 Geräusch/Lärm**

Geräusche, die von Heizsystemen verursacht werden, können einerseits von elektrischen Aggregaten wie z.B. Pumpen und Gebläsen oder von Geräuschen in Rohrleitungen stammen, andererseits verursacht auch das Knistern des Feuers Geräusche. Manche dieser Geräusche, hier vor allem die gleichbleibenden, monotonen, werden als unangenehm empfunden. Als Beispiel sei hier der Lärm einer Pumpe erwähnt.

Andere Geräusche wie das Knistern des Feuers werden als durchaus angenehm empfunden und sind daher auch zu begrüßen.

### **4.2.4 Raumgestaltung: Formen/Farben**

Die Raumgestaltung in ihren Formen und Farben kann ebenfalls wesentlich zur Behaglichkeit beitragen. Hier ist der individuelle Geschmack sehr unterschiedlich, und ein gutes Heizsystem sollte diesem Umstand Rechnung tragen können.

## 5 Gesundheit

Gesundheitliche Aspekte erfreuen sich in letzter Zeit steigender Bedeutung. Dies gilt auch für die Wirkung geschlossener Räume, der Indoor-Umwelt, auf die Gesundheit des Menschen. Die Bedeutung für den Menschen wird besonders deutlich, wenn man betrachtet, daß der Mensch ca. 3/4 seiner Zeit in einer Indoor-Umwelt verbringt. Es ist nun für ihn von geradezu lebenswichtiger Bedeutung, diese Indoor-Umwelt so zu gestalten, daß sie maximal gesundheitsfördernd ist. Trotzdem darf die Qualität der Outdoor-Umwelt nicht außer acht gelassen werden.

Dies liegt einerseits daran, daß der Mensch rund 1/4 seiner Zeit der direkten Wirkung der Outdoor-Umwelt ausgesetzt ist, andererseits auch daran, daß die Außenluft, die ein Teil der Outdoor-Umwelt ist, bei der Lüftung des Raumes zur Luft der Indoor-Umwelt wird. Ist diese Luft mit Schadstoffen angereichert, wirkt sich das sofort auf die Qualität der Innenluft aus.

Weiters ist bei einer weiteren groben Belastung der Atmosphäre mit vom Menschen erzeugten Schadstoffen mit einer Entwicklung zu rechnen, die die Existenz der Menschheit in ihrer heutigen Form für die Zukunft gefährdet.

Als Beispiele dafür sind der „Treibhauseffekt“ (das ist die Erhöhung der Lufttemperatur unserer Atmosphäre durch Anreicherung mit „Treibhausgasen“ wie Kohlendioxid, Methan und Wasser) und das wachsende Ozonloch über den beiden Polen (Ozon: O<sub>3</sub>, in der Stratosphäre schützt es den Menschen vor UV-Strahlen) zu nennen.

In der Heizperiode erfolgt eine Einflußnahme des Heizsystems sowohl auf die Indoor-Umwelt als auch auf die Outdoor-Umwelt. Bevor man die Auswirkungen der Heizsysteme auf die Gesundheit des Menschen erörtert, muß die Frage geklärt werden, warum der Mensch überhaupt heizt. Der Mensch wandelt im Inneren des Organismus die chemisch gebundene Energie der Nährstoffe in mechanische Energie und Wärme um. Der Körper verwendet nun diese Wärme zur Erhaltung seiner konstanten Körperkerntemperatur von etwa 37°C, die überschüssige Wärme muß nach außen abgegeben werden. Dafür muß sich der Mensch ein Klima schaffen, in dem er diese Wärme möglichst exakt an die Umgebung abgeben kann. In unseren Breiten ist es in der Heizperiode so kalt, daß der Mensch die Räume, in denen er lebt, durch Heizsysteme auf eine höhere Temperatur bringen muß, um ein Klima zu schaffen, in dem dieser Wärmeabfluß nicht zu groß ist.

Die gesundheitlichen Auswirkungen der Heizsysteme auf die Gesundheit des Menschen sollen nun im folgenden behandelt werden.

### 5.1 Indoor-Umweltaspekte und Gesundheit

#### 5.1.1 Lufttemperatur - Umgebungsflächentemperatur

Wie schon in der Einleitung erwähnt, schafft sich der Mensch durch das Heizsystem ein Temperaturniveau, bei dem er möglichst exakt seine überschüssige Wärme an die Umgebung abgeben kann.

Der Wärmeabbau erfolgt durch Strahlung, Konvektion, Verdunstung, Atmung und Leitung (siehe 4.1.).

Untersuchungen haben gezeigt, daß sich der Mensch nur in einem gewissen Temperaturfeld von Lufttemperatur und Umgebungsflächentemperatur behaglich fühlt (siehe Abbildung 4).

Dieses Temperaturbehaglichkeitsfeld hat seine Ursache in der Forderung nach einem Gleichgewicht von Wärmeproduktion und Wärmeabgabe des menschlichen Körpers.

Ist die Wärmeproduktion über einen längeren Zeitraum deutlich größer als die Wärmeabgabe, so treten beim Menschen Hitzeschäden auf. Es gibt drei Formen von Hitzeschäden, nämlich Hitzekrämpfe, Hitzeerschöpfung und Hitzschlag, wobei im Zusammenhang mit Heizsystemen nur die Hitzekrämpfe von Interesse sind. Ist der Mensch durch zu hohe Luft- und Wandtemperatur nicht in der Lage, seine überschüssige Wärme abzugeben, so kommt es zu Müdigkeit und Schläfrigkeit, was die Leistungsbereitschaft reduziert und Fehlleistungen vermehrt auftreten läßt. Der Grund liegt darin, daß das Blut für den Wärmetransport zur Haut benötigt wird und so dem Hirn und der Muskulatur weniger Blut zur Verfügung steht. Dauert dieser Wärmeüberschuß länger an, so kann der Mensch nur durch eine starke Erhöhung der Transpiration seine Wärme an die Umgebung abführen, bei lang anhaltendem Schwitzen kommt es durch Salzverlust zu schmerzhaften Krämpfen (Borneff, 1991).

Bei zu großer Wärmeabgabe durch zu niedrige Luft- und Wandtemperaturen kommt es beim Menschen zu einem Absinken der Körpertemperatur. Nimmt diese einen Wert um 35°C an, stellen sich Effekte wie Kältezittern, Reflexsteigerung und Verlangsamung der geistigen Tätigkeiten ein. Im Bereich von 33°C Kerntemperatur entsteht schon weitgehende Handlungsunfähigkeit, bei 30°C erfolgt Bewußtlosigkeit und 25°C werden durchwegs nicht überlebt (Borneff, 1991). Der Mensch verhindert diese dramatischen Auswirkungen durch das Verwenden einer Heizung einerseits und durch die richtige Wahl der Bekleidung andererseits.

Wichtig für die gesundheitliche Beurteilung des Heizsystems ist weiters das Verhältnis von Strahlung zu Konvektion bei der Wärmeabgabe. Durch dieses Verhältnis wird festgelegt, wie stark sich die Raumluft und wie stark sich die Umgebungsflächen erwärmen.

Diese Temperaturen wirken sich ihrerseits wieder stark auf die Wärmeabgabe des Menschen aus.

Entscheidend für die Gesundheit des Menschen ist nicht die Forderung allein, daß er möglichst genau die Wärmemenge abgeben kann, die überschüssig ist, sondern auch die Art und Weise, wie er diese abgeben kann.

Hier hat sich in umfangreichen medizinischen Untersuchungen herausgestellt, daß eine Entwärmung durch Konvektion wesentlich günstiger für die Gesundheit des Menschen ist als die Entwärmung durch Strahlung. Bei einer Entwärmung des Körpers durch Strahlung wird die Haut deutlich abgekühlt. Das Blut, von dem rund ein Viertel der Gesamtmenge in der Haut zirkuliert, muß diese

nun mit Wärme versorgen, was den Organismus stark belastet. Das hat zur Folge, daß das Verhältnis zwischen Konvektionsklima (Entwärmung des Menschen vorwiegend durch Strahlung) und einem Strahlungsklima (Entwärmung des Menschen vorwiegend durch Konvektion) sowohl für die Atem- und Pulsfrequenz als auch für den mittleren arteriellen Blutdruck rund 4 : 3 beträgt (Ledwina, 1981). Das bedeutet, daß das Strahlungsklima für den Organismus deutlich weniger anstrengend ist als das Konvektionsklima.

Diese Forderung wird nur bei einem möglichst hohen Strahlungsanteil des Heizsystems erfüllt, weil dieses durch seine Strahlung die Temperatur der Umschließungsflächen erhöht und so für eine geringe Temperaturdifferenz zwischen dem menschlichen Körper und den Umschließungsflächen sorgt. Da die Entwärmung des menschlichen Körpers durch Strahlung stark mit der Abnahme der Temperaturdifferenz zwischen Körper und Wand sinkt, ist ein Heizsystem mit einem hohen Strahlungsanteil aus gesundheitlicher Sicht zu bevorzugen.

Liegt die Temperatur einer Heizfläche über der Oberflächentemperatur des Menschen, so nimmt dieser Wärme durch Strahlung auf. Dies ist vor allem bei einem Wärmedefizit des Menschen von großem Interesse. Dabei ist die Wellenlänge der Strahlung von großer Bedeutung, da durch sie die Eindringtiefe in den menschlichen Körper bestimmt wird. Für die Wärmeaufnahme am geeignetsten sind langwellige Infrarotwärmestraahlen (Wellenlänge  $> 1,4 \mu\text{m}$ ), da sie oberflächlich durch das Gewebewasser aufgenommen werden können und dieses dadurch erwärmen. Der Rest des Körpers wird anschließend über den Blutkreislauf ebenfalls erwärmt. Weiters sind Wärmestraahlen für die physiologischen Vorgänge im Körper sehr wichtig, da sie das vegetative Nervensystem positiv beeinflussen.

Durch die genannten Vorteile ist im in Abbildung 4 (Seite 10) dargestellten Behaglichkeitsfeld der Bereich zu bevorzugen, in dem die Umgebungsflächentemperatur hoch und die Lufttemperatur niedrig ist (dies ist der linke, obere Bereich). Ein gutes Beispiel für gesunde Temperaturen sind  $19^\circ\text{C}$  Lufttemperatur und  $20^\circ\text{C}$  Umgebungsflächentemperatur.

Niedrige Umschließungsflächentemperaturen haben auch den gesundheitlichen Nachteil, daß es an den Wänden zu einer Kondensation kommen kann und damit zahlreiche Mikroorganismen, darunter auch die sichtbaren Schimmelpilze, wachsen, deren Sporen in der Raumluft allergische Erkrankungen hervorrufen können. Beispiele dafür sind Asthma, allergische Nasennebenhöhlenerkrankungen, allergischer Schnupfen und Hautkrankheiten. Außerdem können Rheumatiker Räume mit kalten Wänden nur schlecht ertragen (Grandjean, 1973).

Weiters sollen die Umschließungsflächen durch das Heizsystem möglichst gleichmäßig erwärmt werden, um eine Asymmetrie der Wärmeabgabe des Menschen zu vermeiden, die ebenfalls gesundheitliche Nachteile mit sich bringt.

### **5.1.2 Luftfeuchtigkeit**

Auch für die Luftfeuchtigkeit läßt sich ein Behaglichkeitsfeld in Abhängigkeit zur Lufttemperatur erstellen (siehe Abbildung 5, Seite 11).

Die untere Grenze der Behaglichkeit bei rund 30 % relativer Luftfeuchte ergibt sich durch die Tatsache, daß längerer Kontakt mit Luft niedrigerer Luftfeuchte zu einer Austrocknung der Schleimhäute führt. Das Innere der Nase, die Atemwege und die Lungen, bis zu ihren feinen Endorganen, den Alveolen, sind mit Schleimhäuten ausgekleidet, die ständig einen flüssigen Schleim absondern. Sinkt nun die Luftfeuchtigkeit unter den kritischen Wert von 30 %, so kommt es zu einem Gefühl der Trockenheit, beginnend im Nasen- Rachenraum, das sich bis zu einem schmerzhaften Reiz steigern kann. Der Schleim wird eingedickt und bleibt an den Schleimhäuten haften. Dadurch wird das ganze Selbstreinigungssystem in seiner Funktion beeinträchtigt, und Bakterien können dadurch günstige Verhältnisse zur Entwicklung vorfinden (Grandjean, 1973).

Der obere Grenzwert für die relative Luftfeuchtigkeit bei etwa 70 % ergibt sich aus der bei diesem Wert deutlich ansteigenden Belastung für den Organismus, was sich durch eine Erhöhung der Pulsfrequenz erkennen läßt (Beckert).

### **5.1.3 Luftbewegung**

Für die Luftbewegung läßt sich ein kritischer Wert für die Behaglichkeit von etwa 0,1 m/s festhalten, wobei dieser Wert mit steigender Lufttemperatur geringfügig überschritten werden kann (Abbildung 6, Seite 12).

Abweichungen zu höheren Luftgeschwindigkeiten führen beim Menschen zu Zugempfindungen, wobei Luftströmungsschwankungen diesen Effekt noch verstärken. Außerdem ist der Körperteil, auf den die Einwirkung des Zuges erfolgt, von Bedeutung. Besonders abkühlungsempfindliche Teile wie der Nacken müssen vor Zug geschützt werden.

### **5.1.4 Staub**

Die Art der gesundheitlichen Beeinträchtigung durch Staubeinwirkung hängt in erster Linie von der Teilchengröße des Staubes ab. Staub mit einem Durchmesser über 15 µm (0,015 mm) wird von den feuchten Schleimhäuten des Nasen- Rachentraktes weitgehend aufgenommen. Er bewirkt in größeren Konzentrationen Reizerscheinungen, die zu Husten führen können.

Als Ursache dieser Form der Reizerscheinung wird oft fälschlicherweise zu geringe Luftfeuchtigkeit angegeben.

Stäube mit einem Durchmesser zwischen 5 und 15 µm gelangen in die mittleren Atemwege, zu denen die Luftröhre und die Bronchien gehören. Dort können sie die Schleimhaut schädigen und verhindern so den Abtransport von Fremdstoffen. In diesem Falle kann dieser Abtransport nicht mehr gegen die Strömungsrichtung der eingeatmeten Luft erfolgen.

Staub mit einem Durchmesser kleiner als 5 µm ist in der Lage, bis zu den Lungenbläschen zu gelangen. Dort gibt es ebenfalls ein Abwehrsystem, das aber auch bei einer zu intensiven Staubinhalation unwirksam wird. Ist dieses Abwehrsystem einmal unwirksam, so erfolgt eine Verminderung der

Infektionsresistenz der Lunge durch eine Schädigung des Immunsystems (Beckert).

### **5.1.5 Luftionisierung**

Die natürliche Luft ist zu einem sehr kleinen Teil ionisiert. Ein Kubikzentimeter Luft enthält rund 2000 Ionen, die zum einen Teil negativ, zum anderen positiv geladen sind. Das Verhältnis von negativen zu positiven Ionen beträgt etwa 4,5 : 5,5 (Mayer, 1989).

Wichtig für die Gesundheit des Menschen sind die negativen Sauerstoffionen. Sie bewirken durch eine Erhöhung des Sauerstoffpartialdrucks in der Lunge ein „tieferes Atmen“ und erzeugen dadurch ein Gefühl der Zufriedenheit und des Wohlbefindens.

Schlechte Auswirkung auf die Gesundheit des Menschen haben die positiven Ionen. Sind sie in einem Ausmaß vorhanden, das über das natürliche hinausgeht, so stellen sich beim Menschen nachteilige Effekte wie Kopfschmerzen, verstopfte Nase, Heiserkeit, Müdigkeit, trockener Hals und Schwindelgefühl ein (Hicks, 1957).

## **5.2 Umweltschadstoffe und Gesundheit**

### **5.2.1 Kohlendioxid CO<sub>2</sub>**

Kohlendioxid ist ein Produkt, das bei vollständiger Verbrennung auftritt. Seine Konzentration hängt bei guter Verbrennung nur vom Brennstoff, nicht jedoch vom Heizgerät ab.

Kohlendioxid ist das wohl bekannteste „Treibhausgas“, das heißt, es verhindert die Abstrahlung der von der Erde reflektierten Sonnenstrahlen in den Weltraum und verursacht so eine Temperaturerhöhung unserer Atmosphäre.

In den letzten Jahrzehnten seit der Industrialisierung hat es einen dramatischen Anstieg der CO<sub>2</sub>- Konzentration in der Atmosphäre gegeben.

Für den Menschen hat CO<sub>2</sub> in geringen Konzentrationen kaum direkte schädliche Auswirkungen. In geschlossenen Räumen bemerkt man aber bei Konzentrationen, die über 0,1 % liegen, Symptome wie zum Beispiel Kopfschmerzen. Bei hohen Konzentrationen wird das Kohlendioxid in den Knochen abgelagert, außerdem führt es zu Atemnot, da diese Menge meist auf Kosten des Sauerstoffs geht (Deutsche Forschungsgemeinschaft, 1993).

### **5.2.2 Kohlenmonoxid CO**

Im Gegensatz zum Kohlendioxid ist das Kohlenmonoxid ein Zeichen einer unvollständigen Verbrennung. Eine hohe Konzentration an Kohlenmonoxid hat vor allem gesundheitliche Nachteile.

Die Versorgung des Körpers mit Sauerstoff (O<sub>2</sub>) erfolgt über die Lunge. In der Lunge wird der Sauerstoff auf das Blut übertragen, indem er an das

Hämoglobin (Hb), das ein wesentlicher Bestandteil des Blutes ist, gebunden wird. Die Bindung ist reversibel, was bedeutet, daß der Sauerstoff dort wo er gebraucht wird auch abgegeben werden kann. Kohlenmonoxid hat nun die Eigenschaft, sich rund 2400 mal stärker an das Hämoglobin zu binden als der Sauerstoff. Da der Sauerstoff seinerseits rund 10 mal schneller durch die Membranen der Lunge durchdiffundiert und sich dadurch auch schneller an das Hämoglobin bindet als das Kohlenmonoxid, besteht eine Affinität von 240 (2400/10) zwischen Kohlenmonoxid und Sauerstoff. Das hat zur Folge, daß sich bei einer Kohlenmonoxidkonzentration von 1/240 der Sauerstoffkonzentration jeweils zur Hälfte Kohlenmonoxid-Hämoglobin-(CO-Hb) Bindungen und Sauerstoff-Hämoglobin-(O<sub>2</sub>-Hb) Bindungen einstellen. Die CO-Hb Bindung hat unter Normalbedingungen (Luftatmosphäre) eine Halbwertszeit von rund 250 Minuten. Diese Halbwertszeit ist jene Zeitspanne, in der die Hälfte der CO-Hb Bindungen wieder gelöst sind. In einer reinen Sauerstoffatmosphäre beträgt diese Zeit etwa 40 Minuten, was dazu führt, daß im Falle einer Vergiftung durch Kohlenmonoxid eine Zufuhr von reinem Sauerstoff erfolgen soll (Deutsche Forschungsgemeinschaft, 1993).

Der Mensch hat auch ohne Kohlenmonoxideinwirkung einen CO-Hb Gehalt von rund 0,5 %, bei Rauchern liegt dieser Anteil bei 10 - 14 % (Borneff, 1991).

Die Symptome, die bei einer Belastung durch CO auftreten, sind bei einem CO-Hb Gehalt von 20 - 30 % Kopfschmerzen, Kurzatmigkeit, Herzklopfen und Mattigkeit, von 30 - 40 % Erbrechen und Kollaps, von 40 - 50 % Ohnmacht, von 50 - 60 % Koma und bei über 60 % der Tod. Bei einer kontinuierlichen Belastung durch CO treten Symptome bereits bei niedrigeren Konzentrationen auf. So lassen sich bereits bei einem CO-Hb Gehalt von 2 - 5 % psychosensorische, -motorische und intelligenzbezogene Leistungseinschränkungen feststellen. Der MAK-Wert, das ist die maximale Konzentration in der Raumluft, der ein Mensch über 8 Stunden am Arbeitsplatz ausgesetzt sein darf, beträgt für CO 30 ppm (Deutsche Forschungsgemeinschaft, 1993).

Die Toxizität (Giftigkeit) geringer, aber kontinuierlicher CO-Hb Konzentrationen drückt sich auch in der vorgeburtlichen Entwicklung aus. So wiegen zum Beispiel Kinder von Raucherinnen bei der Geburt im Durchschnitt um 200 g weniger als Kinder von Nichtraucherinnen (Borneff, 1991).

### 5.2.3 Organisch gebundener Kohlenstoff OGC

Bei organisch gebundenem Kohlenstoff handelt es sich ebenfalls um Verbindungen, die bei einer unvollständigen Verbrennung entstehen.

Das Problem bei einer gesundheitlichen Bewertung besteht darin, daß es sich hier nicht um eine definierte Verbindung, sondern um eine Verbindungsklasse handelt. Zu dieser Verbindungsklasse gehören einerseits Substanzen, die als für den Menschen praktisch ungefährlich betrachtet werden können (z.B.: nichtaromatische Kohlenwasserstoffe wie Methan, Ethan und Ethylen), andererseits auch Verbindungen, die beim Menschen Krebs hervorrufen können (z.B.: Benzol, polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe wie Benzo(a)pyren und chlorierte polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe wie die Dioxine) und damit ein sehr hohes Gesundheitsrisiko darstellen.

Hier ist eine Bewertung nach dem heutigen Stand der Technik kaum möglich, da die genaue Zusammensetzung der Kohlenwasserstoffe sehr kompliziert ist (schwer meßbar) und auch von der genauen Zusammensetzung des Brennstoffs und von der Anlage selbst abhängig ist.

#### **5.2.4 Staub**

Untersuchungen haben gezeigt, daß die menschliche Lunge bis etwa zum sechsten Lebensjahr praktisch staubfrei ist. Bei 15-jährigen Jugendlichen kann man jedoch schon durchschnittlich 170 mg Staub in der Lunge feststellen. Bis zum 30. Lebensjahr werden dann zusätzlich rund 10 - 15 mg im Jahr eingelagert, mit zunehmendem Alter wird die Ablagerung noch stärker. In Industriegebieten enthält die menschliche Lunge im Durchschnitt etwa 3 g Staub (Borneff, 1991).

Beim Staub muß man zwischen zwei grundsätzlich unterschiedlichen Substanzen unterscheiden, nämlich der mineralischen Asche und unverbrannten Rußpartikeln. Während die mineralischen Teilchen ein unverbrennbarer Rückstand sind und somit bei vorgegebenem Brennstoff nicht ihr Entstehen selbst, sondern nur ihr Austrag verhindert werden kann, sind Rußteilchen ein Zeichen unvollständiger Verbrennung und können so durch eine gute Verbrennungsführung größtenteils verhindert werden.

Mineralische Stäube sind in ihrer gesundheitlichen Auswirkung schon behandelt worden (5.1.4.).

Auf Rußteilchen sind oft Kohlenwasserstoffe kondensiert, wodurch das gesundheitliche Gefährdungspotential wesentlich höher als bei mineralischen Stäuben ist. Wie schon bei den Kohlenwasserstoffen abgehandelt, hängt die Gefährlichkeit stark von der Art des Kohlenwasserstoffs ab, die aber heute nur unter extrem hohem meßtechnischen Aufwand erfaßt werden kann.

#### **5.2.5 Stickoxide NO<sub>x</sub>**

Das bei der Verbrennung vorwiegend entstehende Stickstoffmonoxid (NO) zeigt nach dem heutigen Stand der Medizin keine nachteiligen Auswirkungen auf die Gesundheit des Menschen. Die gesundheitliche Gefährdung besteht in der Tatsache, daß das NO in der Atmosphäre zum Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>) oxidiert wird.

Die Beeinträchtigung durch Stickstoffdioxid besteht darin, daß NO<sub>2</sub> beim Menschen bis in die Lungenbläschen eindringen und dort das Abwehrsystem der Lunge schwächen kann (Borneff, 1991).

#### **5.2.6 Schwefeldioxid SO<sub>2</sub>**

Die Inhalation von Schwefeldioxid erzeugt Reizwirkungen. Aufgrund der guten Wasserlöslichkeit sind vor allem die oberen Atemwege betroffen. Schon relativ geringe Konzentrationen an Schwefeldioxid, wie sie in der Luft häufig vorkommen, können bei Menschen zu einer Erhöhung des Atemwiderstandes und zu einem Anstieg der Atem- und Pulsfrequenz führen (Borneff, 1991).

## Gesundheit

Weiters kann  $\text{SO}_2$  unter bestimmten Bedingungen zu  $\text{SO}_3$  oxidiert werden. Die Reizwirkung von  $\text{SO}_3$  übertrifft die von  $\text{SO}_2$  erheblich.

## 6 Kachelofen und Raumklima

Der Kachelofen hat seit jeher das Image eines Heizsystems mit besonders angenehmem Raumklima. Worin liegt aber nun dieses subjektiv als wohltuend empfundene Klima begründet?

### 6.1 Thermische Kriterien

#### 6.1.1 Wärmestrahlung

Die Wärme, die der Kachelofen abgibt, wird seit jeher als sehr angenehm empfunden. Dies liegt in ihrem hohen Strahlungsanteil begründet. Bei 50 -100 °C Temperaturunterschied beträgt dieser Anteil knapp über 50 %.

Die Wärmestrahlung zeichnet sich durch folgende Qualitäten aus:

- keine Staubaufwirbelung
- niedrige Raumlufthtemperatur
- hohe relative Luftfeuchte
- günstige Ionisation

Die Strahlung, die vom Kachelofen abgegeben wird, befindet sich im infraroten (IR) Bereich. Diese Strahlen sind für die physiologischen Vorgänge im Körper überaus wichtig, da das vegetative Nervensystem empfindlich darauf reagiert. Optimales Strahlungsklima bewirkt unter anderem eine Reduktion der Pulsfrequenz, der Atemfrequenz und des arteriellen Blutdrucks (Ledwina, 1981). Die Strahlen haben weiters je nach ihrer Wellenlänge eine unterschiedliche Tiefenwirkung. Kurzwellige Strahlen dringen tiefer in feste Körper ein als langwellige. Die Haut absorbiert praktisch den größten Teil der kalorischen Energie. Da in der Haut rund ein Viertel der Blutmenge zirkuliert, transportiert das erwärmte Blut die Wärme in alle Körperteile.

#### 6.1.2 Lufttemperatur/Wandtemperatur

Entscheidend ist die niedrigere Temperatur der Raumlufth. Es ist nur eine Erwärmung auf 18 - 20 °C, im Gegensatz zu rund 24 °C bei einer reinen Konvektionsheizung, notwendig. Aus gesundheitlicher Sicht ist diese Tatsache begrüßenswert, weil dadurch bei Bewegung die Wärme des menschlichen Körpers abgeführt werden kann.

Einen weiteren Unterschied zwischen dem Kachelofen und einer Konvektionsheizung liegt im Temperaturprofil. Bei der Konvektionswärme entstehen unterschiedlich temperierte Luftschichten, deren Temperaturunterschied bis zu 10 °C betragen kann. Die Ursachen sind die kalten Raumwände und die heißen Heizkörperoberflächen. Bei Strahlungswärme wird der Raum vertikal gleichmäßig erwärmt, horizontal nimmt die Intensität der Strahlung quadratisch mit der Entfernung ab. Dabei treten Differenzen in der Raumlufthtemperatur < 4 °C bei

typischen Raumgeometrien auf. Dadurch ist eine individuelle Temperaturgestaltung möglich.

### **6.1.3 Luftfeuchtigkeit**

Weiters sei die hohe relative Luftfeuchte erwähnt. Durch die im Gegensatz zur Konvektionsheizung um bis zu 6°C geringere Lufttemperatur ist bei der selben Menge an vorhandenem Wasser die relative Luftfeuchte höher.

### **6.1.4 Luftbewegung**

Ein weiterer Vorteil der durch den Kachelofen erzeugten Strahlungswärme liegt in der niedrigen Luftgeschwindigkeit. Bewegte Luft unterhalb der Körpertemperatur wird vom Menschen immer als kühler empfunden als unbewegte. Die Luftgeschwindigkeit von ungefähr 0,1- 0,2 m/s in Abhängigkeit von der Raumlufttemperatur gilt als kritische Schwelle für die Behaglichkeit. Weiters ist dadurch die Staubaufwirbelung gering.

## **6.2 Luftqualität**

### **6.2.1 Staubgehalt**

Die für den Kachelofen typisch niedrige Luftgeschwindigkeit hat außerdem den großen Vorteil, daß eine Staubaufwirbelung größtenteils verhindert wird. Diese Staubaufwirbelung in Kombination mit den heißen Heizflächen bei einer Konvektionsheizung bewirkt, daß bei Temperaturen ab 55 - 60°C eine Verschmelzung des Staubes stattfindet, wobei unter anderem Ammoniak und andere Gase entstehen. Diese Gase, der Staub und Mikroorganismen setzen sich an den Flimmerhärchen der oberen Atemwege ab und verursachen Reizungen. Diese Reizungen werden oft fälschlicherweise als „trockene Luft“ interpretiert. Dies bedeutet, daß auch bei einer zusätzlichen Befeuchtung die Luft als zu trocken erscheint (Margreiter, 1987).

### **6.2.2 Ionisierung**

Als wichtiger Vorteil des Kachelofens wird auch die Ionisierung der Luft betrachtet. Ein gutes Heizsystem sollte die natürlichen Bedingungen möglichst nicht verändern.

Konvektionsheizungen erfüllen diese Forderung nicht. Durch die von den Heizkörpern erzeugte Luftströmung erfolgt eine elektrostatische Aufladung der Luft, die die Bildung von Großionen begünstigt. Zusätzlich erfolgt an den metallischen Heizkörpern eine Entladung der negativen Ionen, was eine einseitige positive Ionisation der Luft zur Folge hat. Diese Raumluft wird auch als „tote Luft“ bezeichnet und hat für den Menschen eine gesundheitsschädliche Wirkung.

Der Kachelofen stellt eine gesunde Alternative dar. Er hat einen wesentlich geringeren Konvektionsanteil und erzeugt geringere Luftströmungen. Daher findet eine deutlich geringere elektrostatische Aufladung statt. Außerdem bietet der Kachelofen keine metallischen Heizflächen, wodurch eine Entladung der negativen

lonen verhindert wird. Ein weiteres großes Plus für den Kachelofen ist die Versorgung des Raumes mit Frischluft. Sie kommt dadurch zustande, daß der Kachelofen bei der Verbrennung Luft benötigt, die dem Raum wieder zugeführt werden muß.

### **6.2.3 Geruch**

Der Kachelofen erzeugt durch die Verhinderung der Staubaufwirbelung keine Geruchsbelästigung. Während der Verbrennung kann teilweise der Geruch von Holz wahrgenommen werden. Dieser wird von den meisten Menschen als angenehm empfunden.

## **6.3 Geräusch/Lärm**

Das Knistern des Feuers vor allem bei Weichholz (Nußbaumer, 1989) ist das einzige Geräusch, das der Kachelofen erzeugt, und es wird vom Menschen als sehr angenehm empfunden.

## **6.4 Raumgestaltung**

Den Möglichkeiten zur Raumgestaltung sind mit dem Kachelofen kaum Grenzen gesetzt. Er kann in einer sehr großen Bandbreite individuell gestaltet werden und so wesentlich zur Behaglichkeit beitragen.

## 6.5 Idealwerte - Kachelofen

Die folgende Tabelle zeigt einen Vergleich der in der Literatur geforderten Idealwerte mit den für den Kachelofen typischen Werten.

Kriterium	Idealwert *)	Kachelofen
<b>Thermisch</b>		
Raumtemperatur	18 - 20 °C	18 - 20 °C
Temperaturunterschied	1 - 2 °C	2 - 4 °C
Wandtemperatur	20 - 22 °C	18 - 20 °C
Luftfeuchtigkeit	40 - 60 %	40 - 60 %
Luftbewegung	kleiner 0,1 m/s	kleiner 0,1 m/s
<b>Luftqualität</b>		
Staubaufwirbelung	keine	gering
Geruch	keiner	gering, angenehm
Ionisierung	wie in der Natur	wie in der Natur
<b>Geräusch / Lärm</b>	keines, angenehmes	kurzzeitig angenehmes
<b>Raumgestaltung</b>	individuell	individuell

\*) laut Literatur

Tabelle 2: Vergleich der Idealwerte mit den Werten des Kachelofens

Wie man aus den Ausführungen erkennen kann, liegen die Werte des Kachelofens sowohl in den Punkten der thermischen Behaglichkeit wie auch in denen der Luftqualität, der Geräusche und der Raumgestaltung in der Nähe der Idealwerte. Daraus kann man eindeutig erkennen, daß der Kachelofen sein Image als Heizsystem mit angenehmem Raumklima durchaus zurecht trägt und daher eine ebenso große Zukunft vor sich wie Vergangenheit hinter sich hat.

## 7 Kachelofen und Gesundheit

### 7.1 Indoor-Umweltaspekte

Der Kachelofen hat den Ruf ein Heizsystem für eine gesunde Indoor-Umwelt zu sein. Betrachten wir nun die für die Gesundheit entscheidenden Indoor-Umweltfaktoren und ihre Beeinflussung durch den Kachelofen.

Durch die Verwendung keramischer Heizflächen hat der Kachelofen bei der Wärmeabgabe einen hohen Strahlungsanteil. Das führt dazu, daß der Kachelofen die Umgebungsflächen im Raum in einem hohen Maße erwärmt, während die Raumlufttemperatur relativ niedrig bleibt. Nachdem die Strahlungseinwirkung mit der Entfernung abnimmt, ist beim Kachelofen durch die Wahl der Distanz zur Heizfläche außerdem eine individuelle, der Situation angepaßte, Temperaturgestaltung möglich.

Die Einhaltung einer zuträglichen Luftfeuchtigkeit stellt für den Kachelofen kein Problem dar, weil die Lufttemperatur niedrig ist und die Luft bei der selben Wassermenge eine höhere relative Luftfeuchtigkeit aufweist als bei höherer Temperatur.

Die Luftbewegung ist beim Kachelofen aufgrund seines geringen Konvektionsanteils praktisch überall im Raum gering. Dadurch treten Zugscheinungen in Räumen, die durch einen Kachelofen beheizt werden, nicht auf.

Wegen der geringen Luftbewegung wird der Staub, der im Raum vorhanden ist, nicht aufgewirbelt. Das hat zwangsläufig zur Folge, daß der Staubgehalt der Luft in diesem Falle sehr gering ist.

Der Kachelofen verändert auch die natürliche Ionisation der Luft nicht. Das bedeutet, daß die wichtigen negativen Sauerstoffionen der Luft erhalten bleiben und ihre positive Wirkung auch in der Indoor-Umwelt ausüben können.

### 7.2 Outdoor-Umweltaspekte

Der Kachelofen, der in Österreich fast ausschließlich mit Holz betrieben wird, erzeugt durch die Verwendung der Biomasse Holz kein zusätzliches Kohlendioxid für die Atmosphäre (CO<sub>2</sub>-neutral). Das Holz, das im Wald verrottet, setzt bei diesem Vorgang die selbe Menge Kohlendioxid frei wie bei der Verbrennung im Kachelofen entsteht.

Die Bildung von Kohlenmonoxid hängt stark von der Anlage, in diesem Falle vom Kachelofen, ab. In jüngster Vergangenheit fanden hier verschiedenste Entwicklungen statt, und es werden heute bei modernen Anlagen Werte unter 1000 mg/MJ erreicht, die deutlich unter den vorgeschriebenen Grenzwerten liegen (Brötzenberger, 1994).

Auch bei den Kohlenwasserstoffen werden die Grenzwerte unterschritten (Brötzenberger, 1994). Ein Problem stellt hier aber sicher die nicht genau

bekannte Zusammensetzung der Kohlenwasserstoffe im Abgas dar. Nach (Hahn, 1989) beträgt der Anteil des Methans an den Emissionen von Kohlenwasserstoffen bei einem 5 kW-Stückholzdauerbrandofen mit dem Brennstoff Birke etwa 96,4 %, der der Aldehyde 1,5 %, der der polyzyklischen, aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAH's) 0,4 %.

Dioxinmessungen bei Holzverbrennungsanlagen in der Schweiz haben gezeigt, daß die Dioxinemissionen deutlich unter dem Grenzwert von 0,1 [ng TE/m<sup>3</sup>] (BGBL-Ö, 1988) liegen (BUWAL, 1993).

Der Kachelofen ist ein geradezu ideales Heizsystem, was die Belastung der Outdoor-Umwelt mit Staub bei der Verbrennung von Holz anbelangt. Durch die übliche keramische Nachschaltung des Brennraums, die sehr viele Umlenkungen aufweist, wird der Großteil des Staubes im Heizgerät abgelagert und daher nicht ausgetragen (Emission: 15 - 30 mg/Nm<sup>3</sup>).

Der Stickstoffdioxidausstoß bei der Holzverbrennung ist nicht sehr groß (50 - 150 mg/MJ) und außerdem gelangt der Mensch mit sehr stark verdünntem Abgas in Kontakt. Das führt dazu, daß die Belastung durch Stickstoffdioxid für den Menschen bei der Holzverbrennung kein dringliches Problem darstellt.

Die Emissionen an Schwefeldioxid bei der Verbrennung von Holz sind sehr gering. Sie betragen rund 10 mg/MJ.

## 8 Verzeichnisse

### 8.1 Literaturverzeichnis

BECKERT et. al., Gesundes Wohnen, Beton Verlag, DE.

BGBL-Ö, Bundesgesetzblatt für die Republik Österreich, 380/88, ausgegeben am 15. Juli 1988, Wien, AT, 1988.

BORNEFF J., BORNEFF M., Hygiene, G. Thieme Verlag, Stuttgart, DE, 1991.

BRÖTZENBERGER H., Typenprüfung Kachelofen, Prüfbericht 6388 und 6388/1 der staatlich autorisierten Prüfanstalt der TU-Wien, Wien, AT, 1994.

BUWAL, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Dioxinmissionen von Holzfeuerungen, BUWAL, Bern, CH, 1993.

DEUTSCHE FORSCHUNGSGEMEINSCHAFT, MAK- und BAT-Werte und Erklärungen, DE, 1993.

GRANDJEAN, Wohnphysiologie, Verlag für Architektur Artemis, Zürich, CH, 1973.

HAHN K., Flüchtige organische Kohlenstoffe im Abgas von Feuerungen und deren Reduktion durch eine Sauerstoffregelung, Technische Universität , Wien, AT, 1989. -- Dissertation

HAIDER M., Leitfaden der Umwelthygiene, Hans Huber Verlag, Bern, CH, 1974.

HICKS W., BECKETT J., The Control of Air Ionization and Its biological Effects, Trans Amer. Inst. Electr. Eng. 76:108, 1957.

IMAS, Institut für Markt- und Sozialanalysen, Interessensgebiete im Trend, Linz, AT, 1994.

KIME Z., Sonnenlicht und Gesundheit, Waldthausen Verlag, 2863 Ritterhude, DE, 1989.

LEDWINA W., Angewandte Bioklimatologie mit modernen naturnahen Heilmethoden, Karl F. Haug Verlag, Heidelberg, DE, 1981.

MARGREITER W., Baubiologie und Heizung, Gesundheit in Wohnung und Haus, Jahrestagung des Österreichischen Institutes für Baubiologie, St. Wolfgang, AT, 1987.

MAYER H., WINKLBAUR G., Biostrahlen, Verlag Orac, Wien, AT, 1983.

NUSSBAUMER T., Schadstoffbildung bei der Verbrennung von Holz, Juris Druck + Verlag, Zürich, CH, 1989.

SCHIFFERT T., Kachelofen 2000, TU-Wien, Wien, AT, 1995. -- Dissertation

SCHUSTER G., mündliche Information, Österreichisches Institut für Baubiologie und -ökologie, Wien, AT, 1995.

VARGA A., Grundzüge der Elektrobioklimatologie, Verlag für Medizin Dr. E. Fischer GmbH., Heidelberg, DE, 1981.

## **8.2 Abbildungsverzeichnis**

Abbildung 1: Profil Heizsystem - Kachelofen.....	7
Abbildung 2: Bedeutung medizinischer Fragen und der Gesundheitspflege .....	8
Abbildung 3: Zeitaufteilung: Indoor - Outdoor.....	9
Abbildung 4: Behaglichkeitsfeld Lufttemperatur - Wandtemperatur (Beckert) .....	12
Abbildung 5: Behaglichkeitsfeld Lufttemperatur - Luftfeuchtigkeit (Beckert).....	13
Abbildung 6: Behaglichkeitsfeld Lufttemperatur - Luftgeschwindigkeit (Beckert)...	14

## **8.3 Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1: Bewertung der Beweggründe bei der Anschaffung eines Kachelofens ..	6
Tabelle 2: Vergleich der Idealwerte mit den Werten des Kachelofens .....	28