

Hermann Hofbauer, Thomas Schiffert
(Österreichischer Kachelofenverband)

Strahlungswärme ist wohlige Wärme

Systematische Untersuchungen zum Kachelofen-Raumklima und dessen Auswirkung auf den Menschen

Der Österreichische Kachelofenverband ist in den letzten Jahren im Rahmen von mehreren Projekten der Frage nachgegangen, was denn das als allgemein angenehm anerkannte Kachelofen-Raumklima ausmacht und was dieses beim menschlichen Organismus bewirkt. Diese Projekte wurden in Kooperation mit dem Institut für Baubiologie und weiteren Projektpartnern durchgeführt.

Beim Kachelofen erfolgt die Wärmeabgabe an den Raum zu etwa 50 Prozent durch Strahlung und 50 Prozent durch Konvektion. Beim Heizkörper einer Zentralheizung überwiegt der Anteil der konvektiven Wärmeübertragung bei weitem. Die typischen Werte betragen 15 Prozent durch Strahlung und 85 Prozent durch Konvektion.

Daher wurde bei den durchgeführten Untersuchungen versucht, einen Vergleich zwischen Strahlungsheizung (Kachelofen) und Konvektionsheizung (Heizkörper einer Zentralheizung) durchzuführen, um so die Eigenheiten des als angenehm empfundenen Strahlungsklimas zu ermitteln. Eine erste Annäherung an diese Fragestellung kann mit Hilfe von Behaglichkeitsfeldern erfolgen.

Behaglichkeitsfelder

Lufttemperatur, Umgebungsflächentemperatur, Luftfeuchtigkeit und Luftbewegung sind Größen, welche die Behaglichkeit in Räumen entscheidend beeinflussen können. In früheren Jahren wurden unabhängig von der Frage des Raumklimas bei Kachelöfen Behaglichkeitsfelder ermittelt und in Form von Diagrammen dargestellt. Behaglichkeitsfelder geben für jeweils zwei der oben genannten Parameter den Bereich an, wo sich der Mensch behaglich fühlt.

Ein derartiges Behaglichkeitsfeld für die Kombination Lufttemperatur/Umgebungsflächentemperatur ist in der Abbildung 1 dargestellt. Wie in der Abbildung zu sehen ist, werden Lufttemperaturen zwischen 21 und 25,5 °C als behaglich empfunden. Für die Umgebungsflächentemperatur ist bei niedriger Lufttemperatur der Bereich zwischen 19 und 27 °C und bei hoher Lufttemperatur zwischen 15,5 und 22,5 °C an-

zustreben. Daher ergibt sich als Behaglichkeitsfeld ein Bereich annähernd in Form eines Parallelogramms. Zusätzlich ist in diesem Behaglichkeitsdiagramm auch ein grösseres Feld mit der Bezeichnung «noch behaglich» gekennzeichnet.

In dieses Behaglichkeitsfeld wurden Werte eingetragen, die bei Messungen in einem wahlweise mit einem Kachelofen oder mit Konvektoren (Zentralheizungsradiatoren) beheizbaren Raum erhalten wurden. Bei diesen Messungen wurde versucht, annähernd die gleiche Raumlufttemperatur einzustellen und die zugehörige Umgebungsflächentemperatur zu ermitteln. Die Messungen ergaben, dass bei gleicher Raumlufttemperatur die Umgebungsflächentemperatur bei Beheizung mit dem Kachelofen höher ist als bei konvektiver

Beheizung. Daraus ist abzuleiten, dass es aufgrund der niedrigeren Temperaturdifferenz zwischen Raumlufttemperatur und Umschliessungsflächentemperatur mit dem Kachelofen immer möglich ist, im Behaglichkeitsfeld zu bleiben, wogegen es bei der Konvektionsheizung bei kalten Wintertagen zu zu niedrigen Umgebungsflächentemperaturen kommen kann, was zu Punkten am Rande bzw. ausserhalb des Behaglichkeitsfeldes führen kann.

Ein weiteres Behaglichkeitsfeld ist in Abbildung 2 zu sehen, das die Luftgeschwindigkeit über der Lufttemperatur darstellt. Auch in diesem Diagramm ist die Fläche markiert, die beim Menschen die grösste Behaglichkeit bewirkt. Beim mit einem Kachelofen beheizten Raum ist die durchschnittliche Luftgeschwindigkeit aufgrund des Wärmetransportprinzips (hoher Anteil

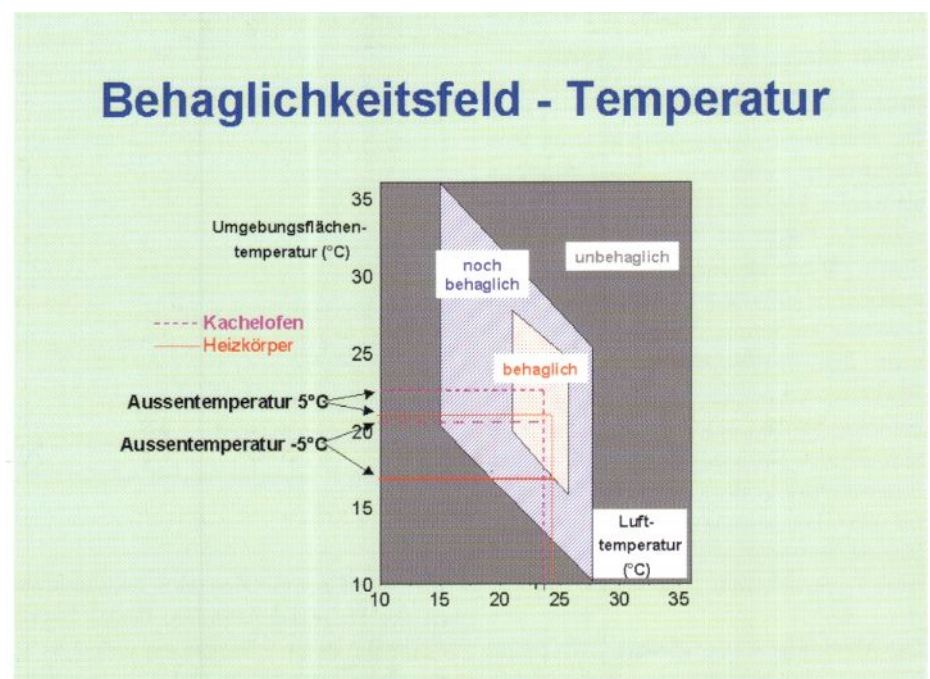


Abbildung 1: Behaglichkeitsfeld Umgebungsflächentemperatur/Lufttemperatur

an Wärmestrahlung) mit maximal 0,25 m/s in unmittelbarer Nähe des Kachelofens niedriger als bei ausgeprägter Konvektionsheizung (bis 0,7 m/s in unmittelbarer Nähe des Heizkörpers). Dies ergibt einen deutlich grösseren Spielraum für die Lufttemperatur und insbesondere eine behagliche Beheizung auch bei niedrigerer Raumlufttemperatur.

Das dritte üblicherweise verwendete Behaglichkeitsfeld zeigt den Einfluss der Luftfeuchtigkeit in Abhängigkeit der Lufttemperatur. Da Kachelöfen im Vergleich zu Konvektionsheizungen bei niedrigeren Raumlufttemperaturen behaglich betrieben werden können, ergibt sich beim Kachelofen eine höhere relative Luftfeuchtigkeit, wodurch eine Luftbefeuchtung im allgemeinen vermieden werden kann.

Diese Behaglichkeitsfelder geben erste Hinweise, warum die Beheizung mit einem Kachelofen als behaglich empfunden wird, jedoch wird jeweils nur ein spezieller Aspekt der Behaglichkeit dargestellt. Auf der Suche nach einem einzigen Parameter zur Beschreibung der Eigenheit des angenehmen Strahlungsklimas erscheint es sinnvoll, die mittlere Strahlungstemperatur zu betrachten.

Mittlere Strahlungstemperatur – ein Mass für ein angenehmes Strahlungsklima

Die mittlere Strahlungstemperatur ist jene Temperatur, die ein (punktförmiger schwarzer Strahler) Körper an einem bestimmten Punkt im Raum ausschliesslich durch Wärmestrahlung annimmt. Die mittlere Strahlungstemperatur ist nicht konstant im Raum, sondern richtet sich nach dem Aufenthaltsort. Die mittlere Strahlungstemperatur kann als Charakterisierung für das Mass des Strahlungsklimas dienen. Sie wird für jeden Punkt im Raum aufgrund der Oberflächentemperatur der Umschliessungsflächen (inklusive Heizflächen) und deren Lage zum betrachteten Punkt ermittelt.

Die Abbildung 4 zeigt die mittleren Strahlungstemperaturen für einen rechteckigen Raum, in dem sich ein Kachelofen an der

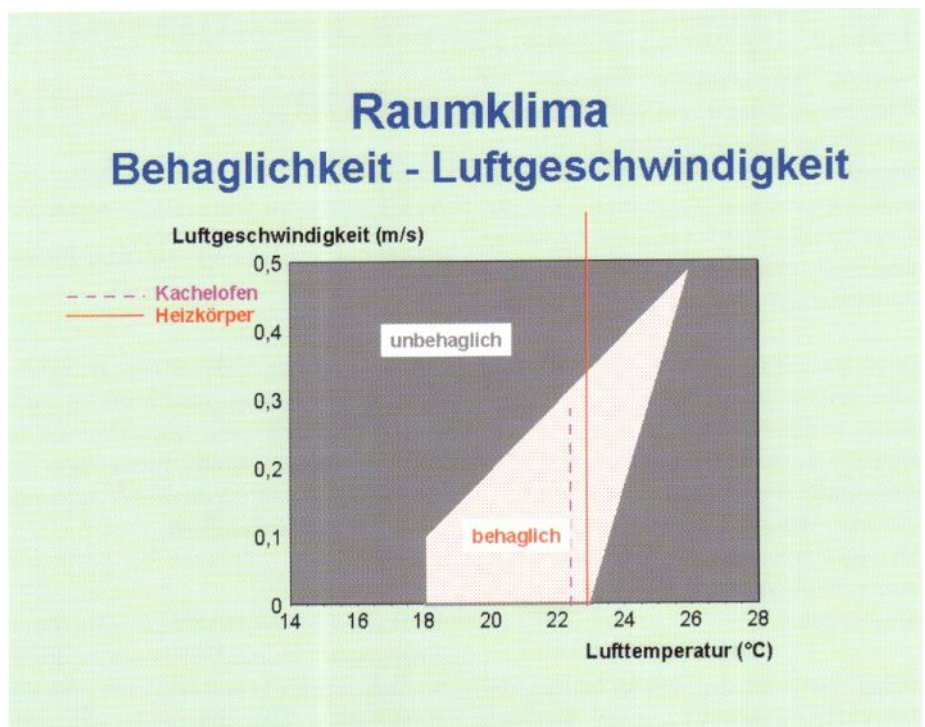


Abbildung 2: Behaglichkeitsfeld Luftgeschwindigkeit/Lufttemperatur

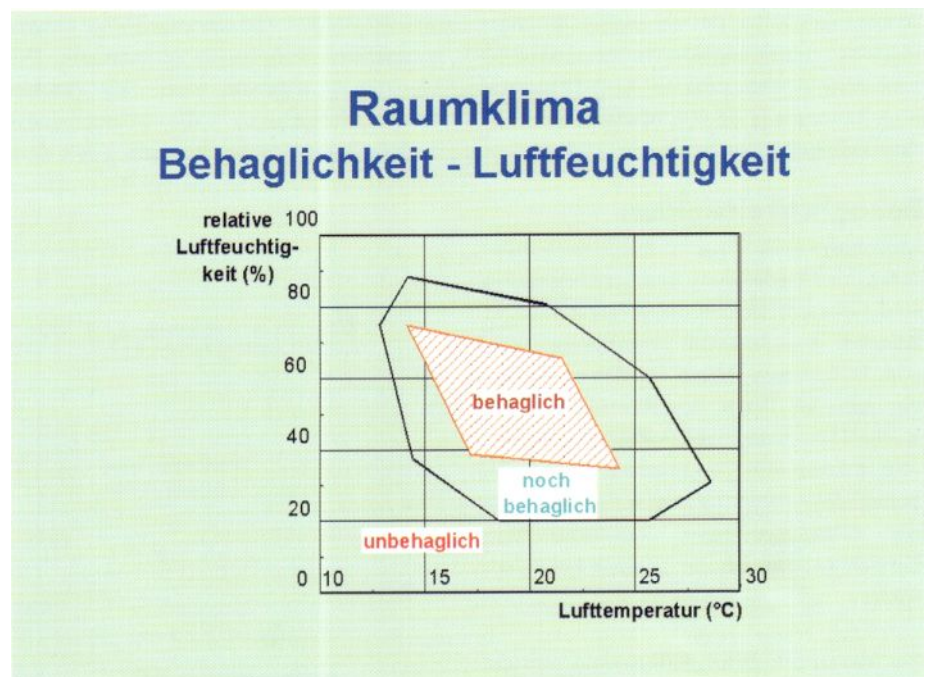


Abbildung 3: Behaglichkeitsfeld relative Luftfeuchtigkeit/Lufttemperatur

Westwand und ein Konvektionsheizkörper an der Südwand befinden. Weiter besitzt dieser Raum zwei Fenster, ein grösseres an der Ostwand und ein kleineres über dem Konvektionsheizkörper an der Südwand.

In der Abbildung ist durch eine Farbskala die unterschiedliche mittlere Strahlungstemperatur in einer Höhe von ca. 1,5 m vom Boden dargestellt, wobei beim linken Bild die Beheizung mit dem Kachel-

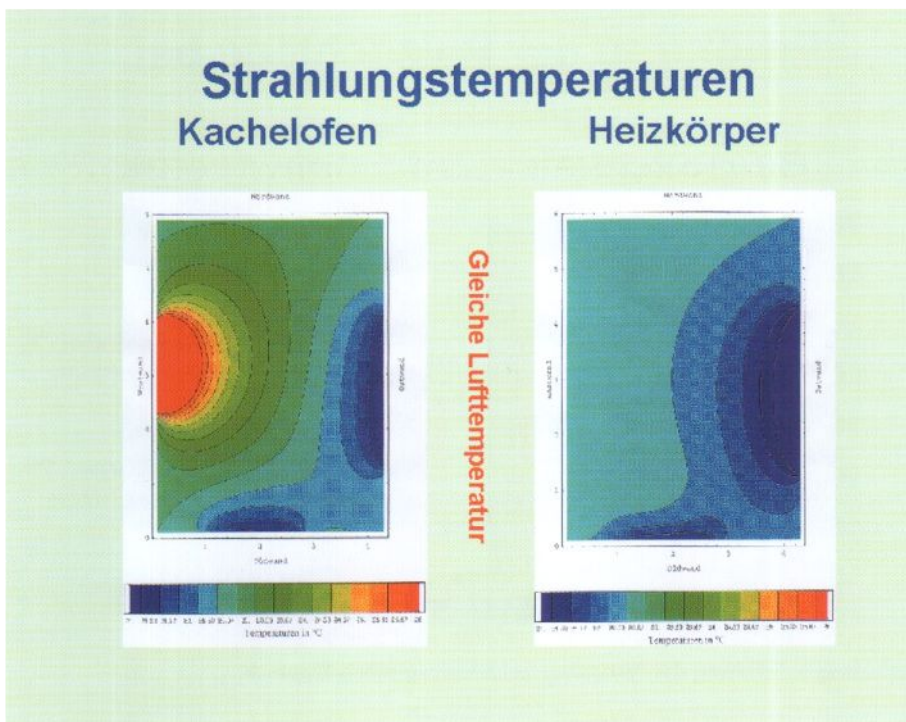


Abbildung 4: Mittlere Strahlungstemperaturen in ca. 1,5 m Höhe bei gleicher Raumlufthemperatur

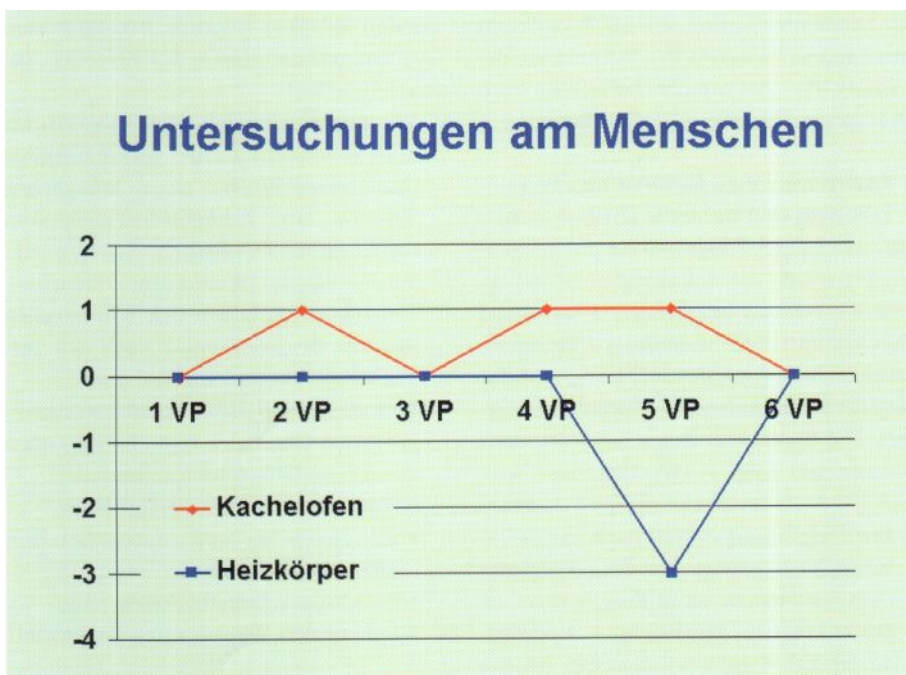


Abbildung 5: Stimmungslage nach Aufenthalt im Versuchsraum (VP = Versuchsperson)

ofen und beim rechten mit der Konvektionsheizung erfolgte. In beiden Fällen lag die gleiche Raumlufthemperatur und Ausstrahlungstemperatur vor. Aus den beiden Bildern fällt zunächst so-

fort auf, dass die mittleren Strahlungstemperaturen bei der Beheizung mit dem Kachelofen in weiten Bereichen deutlich höhere Werte annehmen. Sie reichen von ca. 27 °C nahe beim Kachelofen bis ca.

21 °C in einem kleinen Bereich nahe am Fenster. Im Fall der Konvektionsheizung sind mittlere Strahlungstemperaturen bloss zwischen 21 und 22 °C festzustellen.

Weiter erkennt man bei Kachelofenbeheizung eine klare Zonenbildung hinsichtlich der mittleren Strahlungstemperatur, die bei einer Konvektionsheizung aufgrund des Wärmeübertragungsprinzips (Wärme wird hauptsächlich über warme Luft gleichmässig verteilt) nicht auftreten kann. Je nach dem (gerade vorliegenden) persönlichen Empfinden hat der Bewohner die Möglichkeit, nahe am Kachelofen Platz zu nehmen (hohe Strahlungstemperatur) oder in entsprechender Entfernung (niedrigere Strahlungstemperatur) die Wärme zu geniessen. Man kann daher beim Kachelofen von einem «demokratischen» Heizsystem sprechen, während der Konvektionsheizung – um diesen Vergleich weiter zu verwenden – eher «diktatorischer» Charakter zukommt.

Die bisherigen Betrachtungen behandeln immer nur einen eingeschränkten Bereich der Qualität eines Raumklimas, das auf den Menschen wirkt. Will man die ganze Fülle des Empfindens des Menschen erfassen, ist es notwendig, den Menschen selbst als Messobjekt heranzuziehen.

Auswirkungen des Raumklimas auf den Menschen

In zwei Versuchsreihen wurde die Auswirkung des Raumklimas auf den menschlichen Organismus genauer untersucht. In einer ersten Versuchsreihe wurden 6 und in einer zweiten 36 Versuchspersonen (19 männlich, 17 weiblich) beobachtet, wobei die Messausrüstung zur Überwachung der Körperfunktionen und auch das Betätigungsprogramm der Versuchspersonen während des Aufenthaltes im Versuchsraum unterschiedlich waren.

- **Kachelofenklima führt zu besserer Stimmungslage**

Die Versuchspersonen wurden bei beiden Messreihen vor und nach dem Aufenthalt im Versuchsraum über ihre Stimmungslage befragt. Nach dem Versuchsdurchlauf war die Stimmung der Versuchspersonen

im Kachelofen beheizten Raum gleich gut oder besser (bei keiner Versuchsperson schlechter) als zuvor, während sie sich bei konvektiver Beheizung nicht merkenswert änderte oder schlechter war (bei keiner Versuchsperson besser). Dies ist beispielhaft für die sechs Versuchspersonen der ersten Versuchsreihe in der Abbildung 5 zu sehen.

• Kachelofenklima trägt zu physischer und psychischer Entspannung bei

Neben der Stimmung wurde auch der Zustand der körperlichen und psychischen Anspannung abgefragt. Auch hier zeigte sich, dass sich die Versuchspersonen nach dem Aufenthalt im Kachelofen beheizten Raum signifikant physisch und psychisch entspannter fühlten als bei konvektiver Beheizung.

• Kachelofenklima wird wärmer empfunden

Von besonderem Interesse war auch die Frage nach dem Wärmeempfinden. Der Messraum wurde bei Beheizung durch den Kachelofen signifikant als wärmer empfunden als bei der konvektiven Beheizung. Dabei wurde die Wärme des Kachelofens von den Versuchspersonen auch als angenehmer bewertet als die konvektive Wärme.

• Kachelofenklima erhöht die Belastbarkeit

In der ersten Versuchsreihe wurden die 6 Versuchspersonen mit einer Messjacke ausgerüstet, die in der Lage ist, eine Reihe wichtiger Körperfunktionen, wie z. B. Herzrhythmus, Blutdruck, Atemfrequenz und Körpertemperatur aufzuzeichnen. Während des Aufenthaltes im beheizten Raum (Kachelofen bzw. Konvektionsheizung) musste die Versuchsperson ein genau vorgegebenes Programm bestehend aus Ruhephasen und Belastungsphasen ausführen. Dabei wurde beispielsweise ein Belastungstest mittels Kipptisch durchgeführt. Damit konnte bei jeder Testperson eine genau definierte körperliche Belastung simuliert werden. Die Ergebnisse für die Pulsschlagfrequenzerhöhung zufolge dieser Belastung sind in der Abbildung 6 zusammengefasst.

Wie der Abbildung zu entnehmen ist, stieg der Pulsschlag bei der Belastung des Kreis-

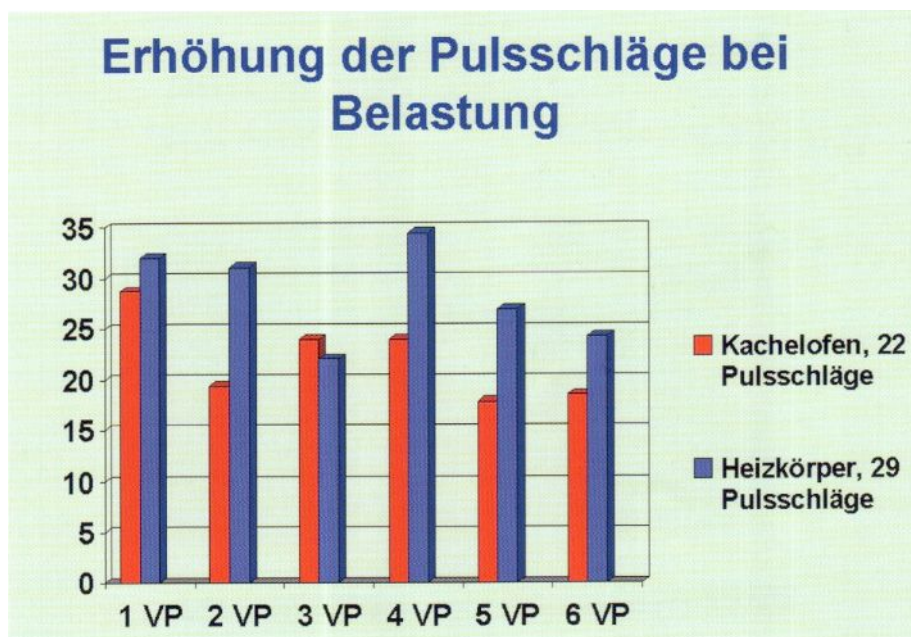


Abbildung 6: Erhöhung der Pulsschläge bei Belastung mittels Kipptisch

laufes mittels Kipptisch im Durchschnitt bei den 6 Versuchspersonen im Raum bei Kachelofenbeheizung um 22 Pulsschläge pro Minute, während bei konvektiver Beheizung der Anstieg 29 Pulsschläge pro Minute (ca. 30 Prozent mehr) betrug.

• Kachelofenklima führt zu rascherer Erholung und besserer Entspannung

Bei der zweiten Versuchsreihe (36 Testpersonen) wurde die Belastung nicht mit einem Kipptisch, sondern mittels Ergometer durchgeführt und besonderes Augenmerk auf Erholung nach der Belastung und das Regulationsverhalten des Herzschlages gelegt. Die Ergebnisse dieses Belastungstests können wie folgt zusammengefasst werden:

- Der Herzfrequenzabfall nach der Belastungsphase erfolgt bei Beheizung mit dem Kachelofen wesentlich rascher als bei konvektiver Beheizung, was eine raschere Erholung des Menschen im Kachelofenklima bedeutet.
- Die grösseren Schwankungen des Herzschlages (Herzratenvariabilität) in der Erholungsphase weisen ein besseres Regulationsverhalten und damit einen besseren Entspannungszustand beim Kachelofenklima nach.

Schlussfolgerungen

Aus den durchgeführten Untersuchungen können belegbar folgende Aussagen zum Strahlungsklima eines Kachelofens gemacht werden:

- Mit dem Kachelofen ist es möglich, bei allen in unseren Breiten vorkommenden Aussentemperaturen einen behaglichen Zustand laut Behaglichkeitsdiagramm im Raum zu erreichen.
- Der Kachelofen ist ein «demokratisches» Heizsystem, es bilden sich Wärmezonen aus, die die Erwärmung nach den persönlichen Empfinden erlauben.
- Eine Reihe von an Testpersonen durchgeführten Untersuchungen belegen, dass das Raumklima eines Kachelofens
 - Zu besserer Stimmungslage führt
 - Zu physischer und psychischer Entspannung beiträgt
 - Eine höhere Belastbarkeit erzeugt
 - Eine bessere Entspannung ermöglicht.

(Dieser Vortrag, von Prof. Dr. Hermann Hofbauer an der Fachtagung St. Gallen 2000 gehalten, wurden von den Autoren mit den neuesten Forschungsergebnissen, die sich während des Sommers ergaben, ergänzt. Anm. der Red.)