



Institut für Biofeedback & Stressforschung

Gartenstraße 26, 98553 Schleusingen, Germany

Gutachten

zur Bewertung von Infrarotheizelementen der Firma Cagon GmbH, Oberlandstrasse 21, CH-1719 Brünisried, Schweiz hinsichtlich biologischer Effekte und der Erfüllung gesundheitlicher Anforderungen an strahlungsarme Systeme

Zeitraum der Studie: 01. November 2012 – 14. Dezember 2012

Auftraggeber: Cagon GmbH,
Oberlandstrasse 21,
CH-1719 Brünisried
Schweiz

Bewertungsobjekte: Produktlinien
Cagon Infrarot Flächen-Heizelemente (IFG, IFS)
Cagon Infrarot Heizkugel (HZ)
Heizleistung von 220 bis 1150 Watt



Die Messungen erfolgten durch den Leiter des Instituts für Biofeedback & Stressforschung Herrn Dipl. Ing. Paul Sommer

Schleusingen, den 14.12.2012

Inhaltsverzeichnis

1.	Problemstellung	3
1.1.	Grundlagen der Infrarot-Wärmestrahlung	5
1.2.	Wirkungsweise und bisher erwiesene Vorteile der Infrarot-Wärmestrahlung	6
1.3.	Vergleich der Effektivität der Infrarot-Wärmestrahlung zu anderen Heizsystemen	7
1.4.	Wissenschaftliche Studien über Infrarot-Wärmestrahlung	10
1.5.	Aufgabenstellung dieser Studie	11
1.6.	Produktserien der Firma Cagon GmbH für diese Studie	12
2.	Versuchsaufbau und Messwerte der technischen Messung	13
2.1.	Messprotokoll Feldbelastung	13
2.1.1.	Messprotokoll der hochfrequenten elektromagnetischen Strahlung	13
2.1.2.	Messprotokoll der elektrischen Feldstärke	13
2.1.2.	Messprotokoll der magnetischen Flussdichte	14
2.2.	Messprotokoll der Temperaturen	14
2.2.1.	Untersuchung Raumtemperaturen sowie Oberflächentemperaturen der Heizelemente	14
3.	Untersuchung der biologischen Effekte der Wärmestrahlung der Heizelemente der Cagon GmbH	17
3.1.	Grundsätze der biophysikalischen Untersuchung der Wirkung von Strahlungen an lebenden Systemen	17
3.2.	Gewähltes Messgerät und Sensoren	18
3.3.	Auswahl der Probanden und gewähltes Messprotokoll	19
4.	Darstellung und Auswertung der Entwicklung der Messwerte in den Perioden des Messprotokolls	20
4.1.	Vorbemerkung zu den statistischen Messwerten	20
4.2.	Analyse und Darstellung psychophysiologischer Messwerte	21
4.2.1.	Messung der elektrischen Aktivität der Haut	21
4.2.2.	Messung der Hauttemperatur	22
4.2.3.	Messung der Herzrate	24
4.2.4.	Messung des geförderten Blutvolumens	26
5.	Parameter der Herzratenvariabilität (HRV)	28
5.1.	Messwerte der Herzratenvariabilität	29
5.1.1.	Messwerte der HRV für Infrarot-Glas-Heizelement (IFG900)	29
5.1.2.	Messwerte der HRV für Infrarot-Heizkugel (HZ 1150)	29
5.2.	Analyse und grafische Darstellung der Messwerte der Parameter der Herzratenvariabilität	30
5.2.1.	Veränderungen der Spannweite unterschiedlicher Herzschlaglängen	30
5.2.2.	Veränderung der Anzahl nebeneinander liegender Paare von Herzschlaglängen mit einer Intervalldifferenz > 50 ms (Paare nn50)	32
5.2.3.	Entwicklung des Arrhythmiemaßes	33
5.2.4.	Entwicklung der Leistung des vegetativen Nervensystems	34
5.2.5.	Entwicklung der sympathischen Aktivität des vegetativen Nervensystems	35
6.	Diskussion	36
7.	Literaturverzeichnis	39

1. Problemstellung

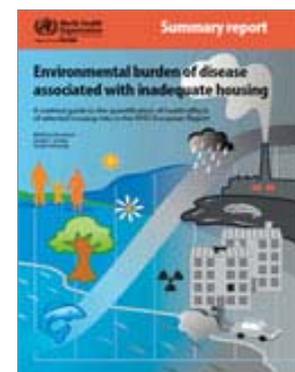
In unserer Klimazone verbringen wir die überwiegende Zeit des Tages in geschlossenen Räumen. Die Gebäude, in denen wir wohnen und arbeiten, haben für die Gesundheit des Menschen eine weitaus größere Bedeutung, als wir gemeinhin annehmen. Von einem Zuhause sollte der Mensch mehr erwarten als eine architektonisch geformte Verbindung von Beton, Ziegeln, Balken, Fenstern, Fliesen und Leitungen zu einem „funktionellen“ Ganzen. Es muss in seiner Gesamtheit letztendlich ein energetisch gesundes System sein, ein Wohlfühlgarant und ein Ort der Entspannung und des Erholens zugleich. Darüber hinaus muss das Wohnhaus aber auch die Bedürfnisse des Menschen im Austausch mit der Umwelt ermöglichen. Unser Zuhause ist eine wichtige Grundlage für unsere körperliche, geistige und emotionale Verfassung. Das alles gilt es bei der Planung und Herstellung eines „wohngesunden Hauses“ zu berücksichtigen.

Seit den 1970er Jahren wurde das Sick Building Syndrom bekannt. Zunehmend häufen sich in Zeitungsartikeln die Berichte von Menschen, die sich in modernen Gebäuden nach einem längeren Aufenthalt an ihrem Arbeitsplatz unwohl fühlen und nicht mehr leistungsfähig sind. Das Krankheitsbild ist in unterschiedlichen Formen ausgeprägt, aber zu den meist beobachteten "Symptomen" gehören ein Mangel an Energie, Kopfschmerzen, Mattigkeit, Hautreizungen, Übelkeit sowie psychisch schwächende Reaktionen. Da die Beschwerden anderen Orts schnell wieder verschwinden, werden die Symptome meist als psychogen oder als gesteigertes Stressempfinden bewertet und weniger als Krankheitsbild gedeutet, das mit dem Gebäude selbst assoziiert werden kann. Es gibt eine Fülle von widersprüchlichen Forschungen und Meinungen darüber, was der Grund des Sick Building Syndrom sein könnte. Auch die Weltgesundheitsorganisation (WHO) befasst sich seit längerem mit diesem Phänomen. Ein Zusammenhang von schlechter Luftqualität, der Gebäudeabdichtung, der Heizungsart und den Lüftungsbedingungen im Wohnraum ist zu vermuten.

Das oberste Ziel der Heizungstechnik ist es, die Behaglichkeit im Wohnraum unter allen Klimabedingungen zu gewährleisten. Seit der Durchsetzung der funktionellen Architektur und der Industrialisierung der Bauproduktion wurde durch die Heizungsbranche allein das Prinzip der Konvektionsheizung favorisiert. Damit finden sich bis heute falsche Denkmodelle und auch Widersprüche in den DIN-Normen für die Heizungsberechnung wieder. Der geltende Grundsatz mit einer Heizanlage Raumlufttemperaturen zu gewährleisten, muss umgewandelt werden. Eine Heizanlage muss durch Berechnungsverfahren so bemessen sein, dass primär eine ausreichende Temperierung der Wandoberflächen erreicht wird.

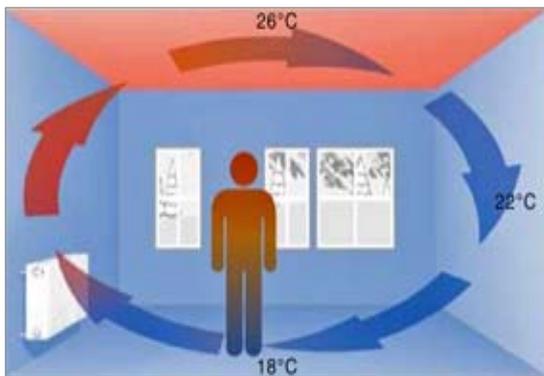
Die Konvektionsheizung ist deshalb so ungesund, weil die Raumluft unnötigerweise aufgeheizt, umgewälzt, mit Schadstoffen, Staub und Bakterien durchsetzt und befeuchtet wird. Für den Menschen ist eine kühle und trockene Atemluft weitaus angenehmer. Das ständige Einatmen von Staub erhöht das Risiko für Erkrankungen der Lunge.

Die Weltgesundheitsorganisation (WHO) betrachtet mit Sorge, dass Asthma sich als chronische Krankheit besonders in den entwickelten Ländern der Europäischen Union ausbreitet. Im



Jahr 2011 veröffentlichte die WHO einen zusammenfassenden Bericht („Environmental burden of disease associated with inadequate housing“) in welchem ausgewertet wird, dass ein beträchtlicher Teil von Asthmafällen bei Kindern auf die Exposition von Feuchtigkeit und Schimmel in Innenräumen zurückzuführen ist. In der heutigen Wohnumgebung (dichte Fenster, zentrale Heizung nach dem Konvektionsprinzip) haben wir es in der Regel mit zu hohen Luftfeuchtigkeitswerten größer 65 % zu tun.

Als Konvektion wird eine Form der Wärmeübertragung bezeichnet, der auf dem Transport von Teilchen beruht, welche die Wärmeenergie mit sich führen. Bei der in Wohnungen am häufigsten verwendeten Warmwasserheizung ist Wasser innerhalb des Rohrkreislaufes das Transportmedium für die Wärme. Ab dem Heizkörper ist das Wärmetransportmedium die Luft. Es tritt freie Konvektion auf, d. h. die Luft dehnt sich nach Erwärmung aus und bewegt sich nach oben. Von unten strömt kühlere Luft über den Boden nach. Es stellt sich jedoch kein thermisches Gleichgewicht ein, da die je nach Temperaturgefälle aufgewärmten oder abgekühlten Teilchen fortlaufend abtransportiert und durch neue ersetzt werden, zu denen das ursprüngliche



Temperaturgefälle besteht [Kosack, 2009]. Da Luft ein äußerst schlechter Wärmeleiter ist, sind die Energiekosten zum Aufwärmen sehr aufwendig. Die Wandoberflächen bleiben weitaus kälter als die aufsteigende Raumluft, insbesondere werden die Raumecken im Konvektionskreislauf ausgespart (Abbildung Quelle: www.rundumenergieberatung.at). Messungen bestätigen, dass Raumecken bis zu 30 Prozent kälter sein können als durchgehende Wandflächen.

Deshalb kondensiert Wasser oft in Raumecken und an anderen Isolierungsschwachstellen im Wohnraum und bildet so den Nährboden für Schimmel.

Neben dem Schimmel ist die Schadstoffbelastung der Raumluft in Wohnungen ein weiteres Gesundheitsproblem. Lediglich 4 Prozent der Menschen halten die Luftqualität ihrer Wohnung für schlecht. Das erweist sich für manche als ein folgenschwerer Irrtum, denn gegenüber der Umwelt ist die Raumluft in Wohnungen deutlich höher mit Schadstoffen belastet. Eine herkömmliche Konvektionsheizung trägt durch die permanente Umwälzung mit dazu bei, dass eines der wichtigsten Lebensmittel - die Raumluft - durch die Belastung mit Staub und Bakterien zu Allergien, Augenbrennen, Atembeschwerden und Kopfschmerzen führt. Die Konvektionsheizung unterbricht den natürlichen Filterkreislauf und wirbelt Schadstoffe, Staub, Milben und Bakterien im Wohnraum ständig wieder auf.

Der Mensch atmet etwa 20.000-mal pro Tag Luft ein und wieder aus. Als vitalisierende Elemente in unserer Atemluft gelten negativ geladene Sauerstoff-Ionen (O_2^-), die biologisch aktiv sind und gesundheitsfördernd wirken können. Die Wirkung liegt darin begründet, dass die Ionen mit in der Luft gelösten, flüssigen oder gasförmigen Schadstoffen (z. B. Formaldehyd) eine Bindung eingehen, so dass die Gesamtheit schwerer als die Umgebungsluft wird und zu Boden sinkt. Die Luft wird so regelrecht gefiltert und gesäubert. Sehr viele dieser Minus-Ionen enthält die Luft am Meer oder im Gebirge (ca. 3.000 bis 4.000 pro Kubikzentimeter), weswegen wir dieses auch als besonders frisch und vitalisierend empfinden.

In geschlossenen Wohnräumen ist weitgehend molekularer Sauerstoff (O₂) vorhanden. Die Zahl negativ geladener Ionen sinkt z.B. in Innenräumen städtischer Wohnungen oftmals auf weniger als 500, während man in Bürogebäuden, Versammlungsräumen oder z.B. in modernisierten Schulen häufig nur noch weniger als 100 solcher Ionen je Kubikzentimeter findet. In Gebäuden mit Klimaanlage verschlimmert sich das Problem sogar noch, da diese der Raumluft die letzten Energieteilchen entziehen [Autorenkollektiv Hutter H.-P, 2005].

In Studien wurde unter anderem belegt, dass die von der Energiesparverordnung geforderte Dichtigkeit der Gebäudehülle auch negative Einflüsse auf das Innenraumklima und somit auf die Gesundheit der Menschen haben kann. Neben dem Anstieg der Formaldehydkonzentration ist nach einer energetischen Sanierung von Gebäuden der hygienisch erforderliche Luftwechsel besonders in Schlafräumen oft nicht mehr gewährleistet. Das bei der Benutzung durch den Menschen ausgeatmete Kohlenstoffdioxid wird in nur unzureichender Form abgeführt, sofern nicht ständig gelüftet wird [Kram, B. 2009]. Dagegen konnten negative Effekte auf das Raumklima durch die Anwendung von Infrarot-Strahlungsheizungen bisher nicht festgestellt werden.

1.1. Grundlagen der Infrarot-Wärmestrahlung

Als Infrarotstrahlung (kurz IR-Strahlung) bezeichnet man in der Physik elektromagnetische Wellen im Spektralbereich zwischen 780 nm bis 1.000.000 nm. Dieser Bereich langwelliger Strahlung gehört zum nicht sichtbaren Lichtspektrum und ist ein Teil der Wärmestrahlung. Wichtigste natürliche Infrarot-Strahlungsquelle ist die Sonne.

Rund 42 Prozent der Sonnenstrahlung, die unsere Erde erreicht, ist Infrarotstrahlung. Sie ist für das Wärmeempfinden beim Aufenthalt in der Sonne verantwortlich, die von den meisten Menschen als angenehm wahrgenommen wird. Für Schäden aus Sonnenstrahlung ist weitestgehend der UV-Anteil verantwortlich, was sich aus dem UV-Index als Maß für die Gefährdungsbeurteilung bereits ableitet.

Die IR-Strahlung wird gemäß nachstehender Tabelle in drei Bereiche eingeteilt:

Wellenlängenbereich	IR-A	IR-B	IR-C	IR-C
	nahes Infrarot (NIR)		mittleres Infrarot (MIR)	fernes Infrarot (FIR)
nach DIN 5031, Teil 7 und WHO	0,78-1,4 [µm]	1,4-3,0 [µm]	3,0-5,0 [µm]	5,0-1.000 [µm]

Infrarot-Strahlung ist nicht sichtbar, wird aber über die Wärmerezeptoren der Haut direkt wahrgenommen. Die Augen des Menschen sind für den Anteil IR-A bis zur Netzhaut durchlässig. Infrarot-Strahlung führt zu einer Temperaturerhöhung im Gewebe. Durch Temperaturereize werden Thermorezeptoren aktiviert, welche Temperaturempfindungen auslösen. Durch die Biofeedbackuntersuchung in dieser Studie wird später aufgezeigt, dass die Regelkreise beim Menschen sehr fein aufeinander abgestimmt sind, um eine relativ konstante Kerntemperatur zu halten.

Nach bisherigen Erkenntnissen dringt Infrarotstrahlung nur oberflächlich in menschliches Gewebe ein. Kritische Organe für die Einwirkung optischer Strahlung bei hohen Temperaturen (z.B. Schmelzprozesse, Glasbläsereien) sind bei Menschen die Augen und die Haut. Langwellige Infrarotstrahlung (IR-C) wird bereits an der Hautoberfläche absorbiert, während die Strahlung im nahen Infrarotbereich tiefer in die Haut eindringen kann. In Infrarotstrahlung lassen sich viele Resonanzlinien zu lebenden Zellen nachweisen.

Zum Nachweis von IR-Strahlung aller Wellenlängen eignen sich thermische Detektoren. Die als Infrarotstrahlen effektiv für Heizzwecke in Frage kommenden Wellenlängen liegen im schmalen Band zwischen 3 und etwa 50 μm . In dieser Studie wird für die Bestimmung der mittleren Leistung der untersuchten Infrarotelemente ein Detektor mit einer spektralen Empfindlichkeit des IR-Sensors (Thermoelement) $> 350 \text{ nm}$ bis $40 \mu\text{m}$ verwendet.

1.2. Wirkungsweise und bisher erwiesene Vorteile der Infrarot-Wärmestrahlung

Grundsätzlich sollte eine optimale Heizung wohltuend und gesundheitsfördernd sein, ohne schädliche Nebenwirkungen und dies auf lange Zeit. Statt „Heizung“ sollte sich ohnehin besser der Begriff „Temperierung“ durchsetzen, der das gewünschte Wohlfühl in Wohnräumen besser erkennen lässt. In dieser Studie soll die biologische Wirkung der von den Heizelementen der Cagon GmbH ausgestrahlten Infrarot-Strahlungswärme anhand der Rückmeldung von Signalen des vegetativen Nervensystems von Probanden untersucht werden.

Verschiedene Autoren gehen heute davon aus, dass eine optimale Temperierung von Räumen Infrarot-Strahlungswärme entwickeln sollte. Dafür sprechen neben gesundheitlichen auch ökonomische und ökologische Gründe.

Vorzüge für die Anwendung der Infrarot-Wärmestrahlung sollen nach dem heutigen Wissenstand sein:

Infrarotstrahlung bewegt sich durch den Raum, ohne die Luft dabei als Transportmittel zu nutzen, und wird nur von den Gegenständen, auf die sie trifft, absorbiert. Sie sorgt damit für ein angenehmes Raumklima mit einer relativ konstanten Luftfeuchtigkeit von etwa 55 Prozent, was für den menschlichen Organismus sehr wohltuend ist. Die Wärmestrahlung bei Wellenlängen im infraroten Spektrum durchdringt kein Fensterglas sondern verbleibt im Raum. [Ulmer, Tuningen].

Bei der Infrarot-Wärmestrahlung treten ab dem Hausanschluss bis zur direkten Wärmenutzung keine Energieverluste mehr auf. Der Transport thermischer Energie erfolgt nach dem Mechanismus der Wärmediffusion (auch Konduktion genannt), bei der Wärme infolge eines Temperaturunterschiedes von Teilchen zu Teilchen durch intermolekulare Wechselwirkung weitertransportiert wird. Dies geschieht auch zwischen mehreren feststofflichen Körpern oder Fluiden, die sich berühren und in Ruhe zueinander sind. In Gasen dominiert die Wärmeleitung durch Stöße zwischen Teilchen, solange nicht durch Dichteunterschiede oder äußere Durchmischung eine teilweise Konvektion eintritt. Gemäß dem 2. Hauptsatz der Thermodynamik fließt die Wärme immer nur in Richtung geringerer Temperatur, es geht dabei keine Wärmeenergie verloren (www.wikipedia.de).

Infrarot-Wärmestrahlung ist besser geeignet als aufgeheizte Luft, um für eine behagliche Raumtemperierung zu sorgen. Als Behaglichkeit wird der Umgebungstemperaturbereich bezeichnet, in dem sich der Mensch am wohlsten fühlt [Kosack, 2009].

Wie es uns die Sonne in der Natur zeigt, erzeugt eine Strahlungsheizung ein natürliches Innenraumklima schlechthin, indem die infrarote Strahlung die Luft wirkungslos durchdringt und dabei nur an festen Körpern Energie in Wärme umsetzt. Die Lufttemperatur in den Wohnräumen kann dabei um 2-3 Grad niedriger liegen als die Oberflächentemperatur der umgebenden Wände, was das Atmen nochmals angenehmer macht. Es entsteht auch kein Zugempfinden, wie dies oft bei Konvektionsheizungen der Fall sein kann. Die etwas geringere Raumtemperatur, die zudem am Boden, wie an der Zimmerdecke nahezu gleich ist, wird als sehr angenehm empfunden.

Bei reiner Wärmediffusion entstehen in der Raumluft keine Wirbel, eine ständige Staubverteilung findet so gut wie nicht statt. Deshalb haben Hausstaub-Allergiker und Asthmatiker weitaus weniger gesundheitliche Probleme. Eine Strahlungsheizung schließt Kondensatbildung an den inneren Wandoberflächen aus, da ihre Temperatur immer höher als die der Luft ist. Auf diese Weise wird den Schimmelpilzen der Nährboden entzogen.

Da durch die Strahlungsheizung die Lufttemperatur niedrig gehalten werden kann, verbleibt bei dem nach Wärmeschutzverordnung erforderlichen Luftwechsel ebenfalls ein energetischer Gewinn. Eine geringere Luftwechselrate durch die ruhende Luft (keine Staubaufwirbelung) könnte weitere Energieeinsparungen ermöglichen.

Strahlungswärme ist somit eine Energieform, die physiologisch günstig bewertet und vom menschlichen Organismus als wohltuend empfunden wird.

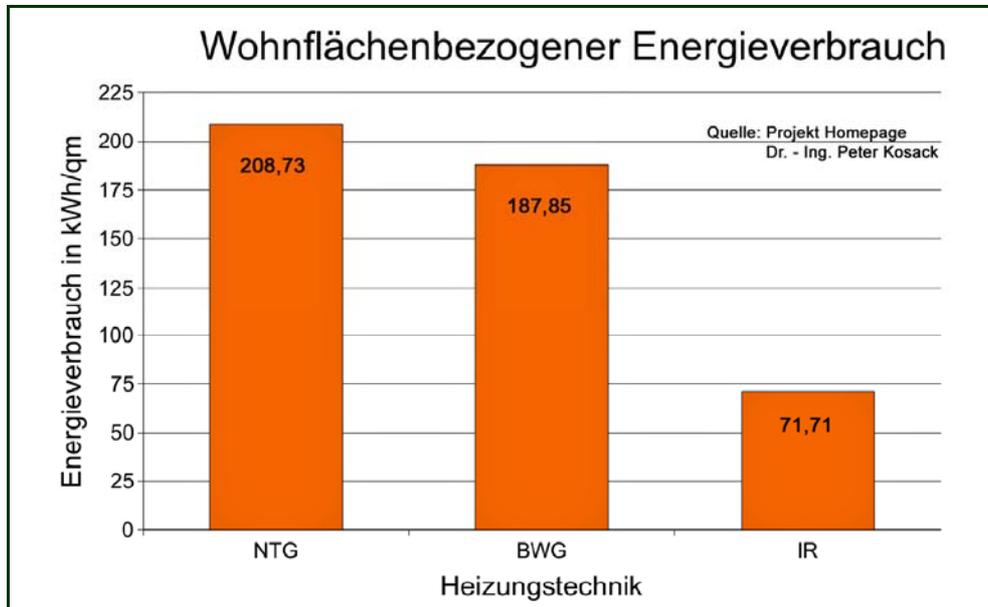
1.3. Vergleich der Effektivität der Infrarot-Wärmestrahlung zu anderen Heizsystemen

Heizen mit Strom steht immer wieder wegen angeblich hohen Heizkosten und seinen die Umwelt belastenden Eigenschaften (CO₂-Emission) in der Kritik. Besonders im Hinblick auf zunehmende Varianten eigener Herstellung, kann Heizen mit Strom eine Reihe von Vorteilen bieten, wenn umweltspezifische Parameter z.B. eine geringe Feldbelastung und natürliche Ordnung der selbst erzeugten Frequenzen eingehalten werden. Heizen mit Strom bietet sich durch geringere Anschaffungskosten und vielfach unkomplizierte Lösung an. Des Weiteren können Handwerkerkosten für Leitungswege bei der Herstellung sowie Wartungskosten beim Betrieb der Heizanlage eingespart werden. Für den Kunden steht somit nicht die Auswahl des Heizmediums, sondern die Funktion der Heizung als Konvektions- oder Strahlungsheizung im Vordergrund. Verschiedene Untersuchungen belegen, dass der Strahlungsheizung aus gesundheitlichen und ökonomischen Gründen grundsätzlich der Vorzug zu geben ist.

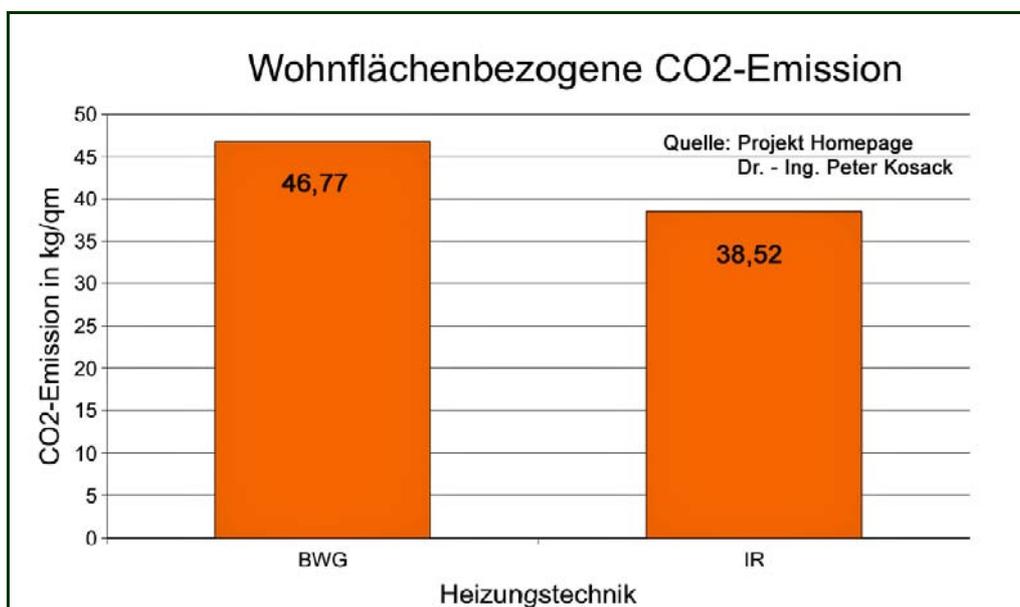
Durch die Technische Hochschule Kaiserslautern wurden im Zeitraum 2008/2009 in einer Vergleichsmessung die erfassten Energieverbrauchswerte vergleichbarer Wohnflächen bei Heizung mit Gas bzw. Infrarot-Wärmestrahlung gegenübergestellt. Die Ergebnisse der Studie sind auf der PROJEKT-HOME PAGE von DR.-ING.

PETER KOSACK unter dem Link: <http://www-user.rhrk.uni-kl.de/~kosack/forschung/?infrarot-strahlungsheizung> veröffentlicht. Das Projekt konnte die ökonomische und ökologische Sinnhaftigkeit der Infrarot-Wärmestrahlung am konkreten Beispiel bestätigen.

Grafiken der Ergebnisse des Projektes von Dr.-Ing. Kosack :

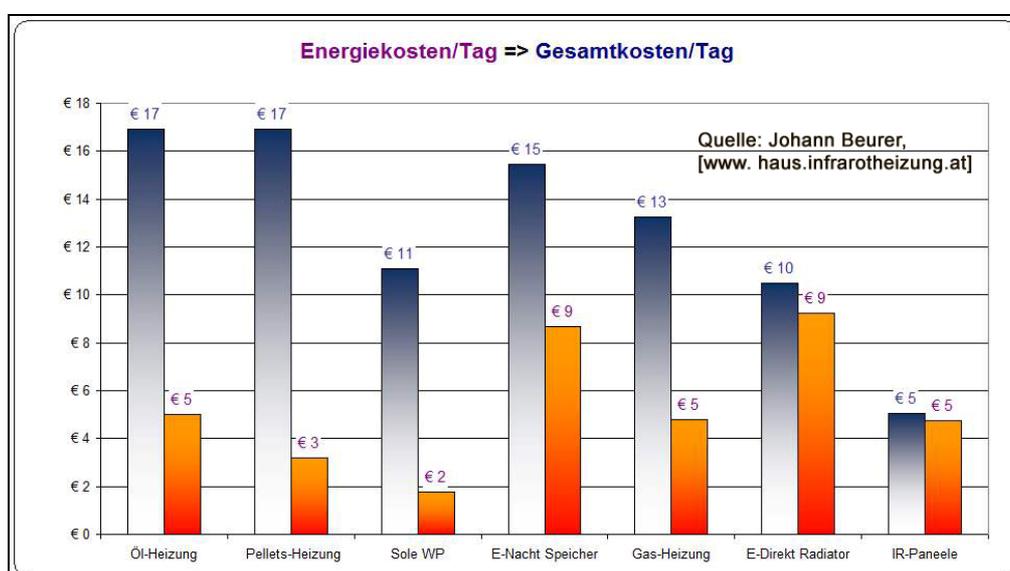
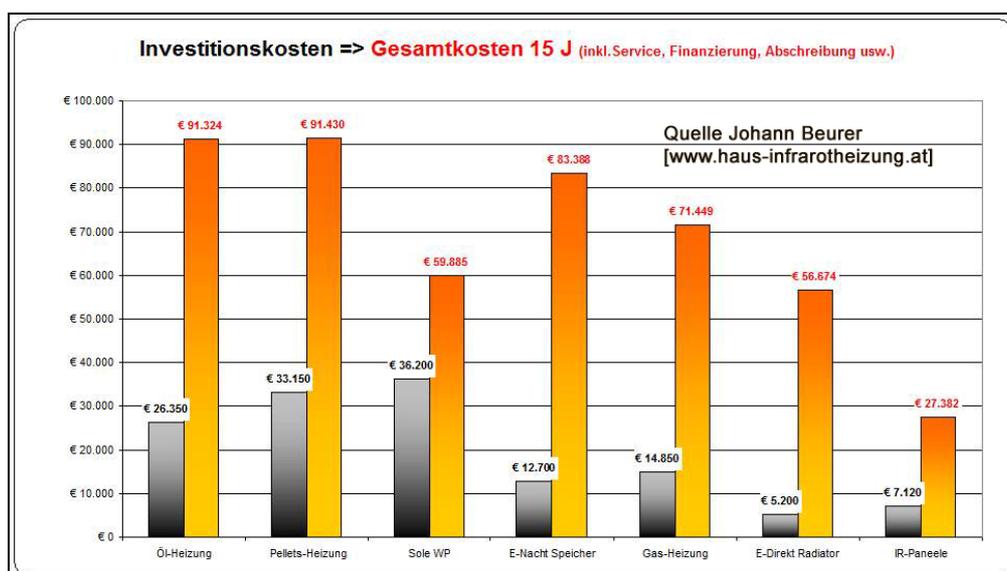


Der wohnflächenbezogene Energieverbrauch lag bei der Infrarotwärmestrahlung im Vergleich zur Gasheizung auch mit Brennwertechnik bei etwa nur einem Drittel. Der Unterschied im Energieverbrauch fällt in dieser Praxis-Studie recht deutlich aus. Beide Wohnungen wurden in gleicher Weise per Stoßlüftung gelüftet. In den gasbeheizten Wohnungen sank in Frostperioden die Innentemperatur der Außenwandflächen auf 14 Grad Celsius. Die infrarot beheizten Wandoberflächen wurden auf mindestens 19 Grad Celsius gehalten und lagen durchschnittlich über den Werten der Lufttemperatur. Die Infrarotheizung schneidet in dieser Studie auch bezüglich der CO₂-Emission besser ab als die Gasheizung. Das gilt erst recht bei Verwendung von 100 Prozent regenerativen Strom [Kosack, 2009].



Die Ergebnisse dieser Praxisstudie werden in ähnlicher Weise bekräftigt durch einen Vergleich der Gesamtkosten für verschiedene Heizungssysteme, der ursprünglich von der Stiftung Warentest (Quelle: www.heiz-tipp.de) erstellt wurde. Dieser Vergleich beinhaltet Investitions-, Verbrauchs- und Kapitalkosten über die Nutzungsdauer einer Heizanlage von 15 Jahren für ein Wohnhaus von 160 m² Nutzfläche. Bauliche Anforderungen sind bei zentralen Heizungsanlagen (z. B. ein Technikraum) einkalkuliert. Die Ursprungstabelle wurde durch den Energieberater Johann Beurer, Klagenfurt mit aktuellen Werten z. B. der Sole Wärmepumpe ergänzt. Die Werte sind auf den Webseiten von Johann Beurer (www.haus-infrarotheizung.at) veröffentlicht und können ohne Anspruch auf Vollständigkeit dort geladen werden. Die Daten sind angenommene Werte, die durch Temperaturschwankungen und Eigennutzung hohen Toleranzen unterliegen können.

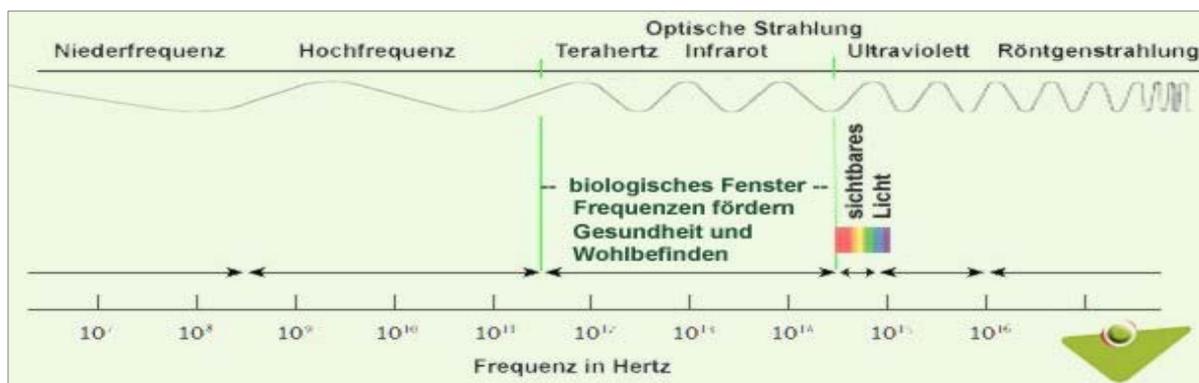
Mit freundlicher Genehmigung des Autors dürfen die Grafiken der Gesamtkosten unterschiedlicher Heizanlagen in diesem Gutachten zur weiteren ökonomischen Untersetzung von Praxisuntersuchungen herangezogen werden. Für die Darstellung in diesem Gutachten wurden die Grafiken der Investitionskosten gesamt für 15 Jahre sowie die daraus resultierenden Energiekosten je Tag für die verschiedenen Heizanlagen ausgewählt.



Auf der Basis des Gesamtaufwandes für den Bau und den 15-jährigen Betrieb von Heizanlagen ist die Wärmestrahlung mit Infrarot-Paneelen aus ökologischer und ökonomischer Sicht mit zu bevorzugen.

1.4. Wissenschaftliche Studien über Infrarot- Wärmestrahlung

Für Anwendungen der Magnetfeldtherapie wurde von Prof. Dr. William Ross Adey der Begriff „Biologisches Fenster“ geprägt. Damit soll sozusagen ein ausgewähltes elektromagnetisches Spektrum beschrieben werden, welches vom Körper „erkannt“ und somit eine positive physiologische Reaktion ausgelöst wird. Als Hypothese soll in dieser Studie untersucht werden, ob das von den Heizelementen der Cagon GmbH ausgestrahlte infrarote Spektrum vom vegetativen Nervensystem der Probanden als ein „biologisches Fenster“ empfunden wird.



In anderen wissenschaftlichen Untersuchungen hat sich bisher gezeigt, dass sich im infraroten Strahlungsbereich starke Resonanzlinien zu lebenden Zellen zeigen. Die Ausgangshypothese bestätigt sich, wenn im Zeitraum der Anwendung der Strahlungswärme in dieser Studie der Aufwand des Herz-Kreislauf-Systems der Probanden zur Erhaltung der inneren Balance merklich rückläufig ist.

Internationale Studien belegen zunehmend die förderliche Wirkung der Infrarotstrahlung auf den menschlichen Organismus. Wissenschaftliche Untersuchungen zeigen, dass insbesondere zu Heilzwecken die Eigenschaft des Fernen Infrarots (FIR) genutzt wird, tief in den Körper einzudringen und dort einen Mechanismus auszulösen, welcher die Blutzirkulation fördert. [Dr Kobu Y, Faculty of health science, Kobe University School of Medicine. Quelle: Kobe J Med Sci, 45(1): 27-39 1999 Feb. und Dozent Lundberg, Karolinska Institutet, Uni Stockholm, Schweden.]

Fernes Infrarot (FIR) führt weiterhin zur Verbesserung des Energiehaushalts der Zelle und Zunahme des vorhandenen ATP. Die Zellen der Sehnen, Bänder und Muskeln gesunden schneller unter dem Einfluss langwelliger Infrarotstrahlung. Wissenschaftliche Studie: Dr Kobu Y, Faculty of health science, Kobe University School of Medicine. Quelle: Kobe J Med Sci, 45(1): 27-39 1999 Feb.

NASA News vom 18/12/00 beschreibt die Beobachtung der Erhöhung des Energieniveaus der Zellen und Beschleunigung der Heilung durch ein Ärzteteam des Medical College of Wisconsin (Prof. Dr. Whelan) nach Infrarotbehandlungen bei schweren Erkrankungen.

Weitere Studien bestätigen die Linderung von Schmerz, eine Verbesserung der Funktion von Gelenken durch Anwendung von Infrarot-Wellen bei Arthrosen. [J. American Geriatric Soc. 1992 40:23-26)

Mit der Pressemitteilung Nr. 136/2006 vom 09.08.2006 publiziert die Chirurgische Universitätsklinik Heidelberg im „British Journal of Surgery“ eine Doppelblindstudie über die Verkürzung des Klinikaufenthaltes von Patienten bei Magen-Darmoperationen nach Infrarot-Bestrahlung.

„Weil alle Lebewesen während evolutionärer Zeiträume der Infrarotstrahlung (Wärme) ausgesetzt waren, darf man erwarten, dass diese potentiell unschädlich ist, anders als Strahlungsarten wie Mikrowellen und [künstliche] ionisierende Strahlung, welcher die Organismen im Lauf der Evolution nie ausgesetzt waren“, so kommentierte Jeff Carson, Lawson Health Research Institute of London in Ontario, Kanada die Einführung neuer bildgebender Technik mit Nah-Infrarot für Gewebeuntersuchung (Morgan, BioEM 2009),

Aus dem Gesagten und weiteren hier nicht genannten Studien ist zu erwarten, dass die Infrarotstrahlung generell einen förderlichen Einfluss auf das Wohlbefinden und die Gesundheit lebender Systeme hat.

1.5. Aufgabenstellung dieser Studie

Bisher war es die gültige Lehrmeinung, dass Energiefelder nur eine Wirkung auf den Organismus haben können, wenn sie zur Temperaturerhöhung oder Ionisierung des Gewebes beitragen. Zunehmend konnten Biologen wiederholt jetzt nachweisen, wie empfindlich Organismen auf kleinste Signale in ihrer Umgebung reagieren.

Das Angebot an Infrarot-Wärmepaneelen ist auf dem Markt in den letzten Jahren stark angestiegen und wird intensiv beworben. Trotz den oben beschriebenen effektiven Leistungsparametern der Infrarot-Strahlungsheizung sind Bauherren heute ziemlich verunsichert. Zum einen fühlt sich mancher Kunde durch diese Technologie im Wohnraum künstlichen Energiestrahlungen ausgesetzt, zum anderen stehen Behörden und Planer dieser eigentlich umweltfreundlichen Technologie ablehnend gegenüber. Fest installierte elektrische Heizungen sind in der Schweiz sogar genehmigungspflichtig, was im Hinblick auf die rasante Entwicklung der dezentralen Stromerzeugung sogar ökologische Nachteile für die Bauherren mit sich bringen kann.

Das Anliegen dieser Studie ist es, die biologische Wirkung der von den Infrarot-Strahlungsheizungen der Cagon GmbH, Schweiz ausgehenden Wärmestrahlung durch die Rückmeldung körpereigener Signale zu erfassen und zu analysieren. Die Ergebnisse dieses Gutachten sollen dem Kunden die Auswahl technischer Geräte erleichtern, da auf dem Markt unterschiedliche Technologien angewandt werden, um Wärmestrahlung im infraroten Spektrum zu erzeugen. Das vegetative Nervensystem des Menschen wertet zu jedem Zeitpunkt die Veränderungen der Umgebungsstrahlung aus. In dieser Studie sollen über die Rückmeldung körpereigener Signale der einbezogenen Probanden die Effekte der von den Heizelementen der Cagon GmbH ausgehenden Wärmestrahlung auf die biologischen Rhythmen eines Anwenders erfasst und dargestellt werden. Es ist zu erwarten, dass Strahlungs-

wärme im infraroten Spektrum dann förderliche Effekte im Biofeld des Menschen auslöst, wenn sie der physikalischen Ordnung und dem natürlichen Prinzip der Sonne nahe kommt.

1.6. Produktserien der Firma Cagon GmbH für diese Studie

Die in dieser Studie getroffenen Aussagen gelten für die Heizelemente folgender Produktserien der Firma Cagon GmbH:

- Infrarot-Glas (IFG)
- Infrarot-Spiegel (IFS) und
- Infrarot-Heizkugel (HK)

Technische und biophysikalische Untersuchungen erfolgten an den Heizelementen IFG 900 (leistungsstärkstes Flächen-Element) und an der Heizkugel HK 1150. Die in diesen Produktserien angebotenen Heizelemente sind in folgender Tabelle zusammengestellt.

Zusammenstellung der für das Zertifikat gültigen Produktserie der Cagon GmbH				
Typ	Bezeichnung	Leistung [Watt]	Abmessung LxBxT [mm]	Gewicht [kg]
Infrarot-Glas	IFG 200	220	350x600x25	4,0
	IFG 400	420	600x600x25	6,5
	IFG 500	520	1.200x400x25	8,5
	IFG 600	620	950x600x25	10,0
	IFG 900	940	1.370x600x25	14,5
Infrarot-Spiegel	IFS 200	220	350x600x25	6,0
	IFS 500	520	1.200x400x25	13,5
Heizkugel	HZ 1150	1.150	Ø 510	10,5

Alle Infrarot Heizelemente der Cagon GmbH sind vom TÜV Süd geprüft. Für die elektromagnetische Kompatibilität liegt ein Prüfprotokoll der Montena EMC AG vor.

2. Versuchsaufbau und Messwerte der technischen Messung

Für eine realitätsnahe Bewertung wurden die elektromagnetische Feldbelastung im Umfeld der untersuchten Heizelemente im Abstand von 0,5 m und 1,0 m vom Testobjekt gemessen.

2.1. Messprotokoll Feldbelastung

Für die technische Messung wurden folgende Messgeräte eingesetzt:

Messgerät: Feldstärkemessgerät ME 3951 A
der Firma Gigahertz Solutions GmbH, Langenzenn
mit internen Sensoren für elektr. Feldstärke und magn. Flussdichte

Messgerät: HF Analyser HF 38 A
der Firma Gigahertz Solutions GmbH, Langenzenn
mit Antenne LogPer 800 MHz – 3.000 MHz.

2.1.1. Messprotokoll der hochfrequenten elektromagnetischen Strahlung

Messgerät: HF Analyser HF 38 A
der Firma Gigahertz Solutions GmbH, Langenzenn

Beim Einschalten des Infrarot-Heizpaneels konnte **keine** messbare Erhöhung der am Messplatz unvermeidbaren Leistungsflussdichte hochfrequenter elektromagnetischer Strahlung festgestellt werden.

2.1.2. Messprotokoll der elektrischen Feldstärke

Messgerät: Feldstärkemessgerät ME 3951 A
der Firma Gigahertz Solutions GmbH, Langenzenn
Messbereich: 50 Hz bis 400 kHz

Der Messwert der elektrischen Feldstärke wurde bei aktiver Heizleistung der Infrarot-Elemente ermittelt.

Elektrische Feldstärke der untersuchten Heizelemente der Cagon GmbH		
Abstand	Elektrische Feldstärke [V/m]	
	IFG 900	Hz 1150
0,5 m	125	81
1,0 m	75	55

Die am Messplatz aus der Hausinstallation unvermeidbare Feldstärke elektrischer Wechselfelder betrug 31,0 V/m.

Als aktuelle Grenzwertempfehlung der 26. Bundesimmissionsschutz-Verordnung (26.BImSchV) gilt für die Feldstärke niederfrequenter elektrischer Wechselfelder 5.000 V/m. Die empfohlenen baubiologischen Richtwerte für Schlafbereiche liegen deutlich unter diesen Grenzwerten.

2.1.2. Messprotokoll der magnetischen Flussdichte

Niederfrequente magnetische Wechselfelder werden hervorgerufen durch fließende Ströme in elektrischen Leitungen.

Messgerät: Feldstärkemessgerät ME 3951 A
 der Firma Gigahertz Solutions GmbH, Langenzenn
 Messbereich: 50 Hz bis 400 kHz

Magnetische Flussdichte der untersuchten Heizelemente der Cagon GmbH		
Abstand	Magnetische Flussdichte [nT]	
	IFG 900	Hz 1150
0,5 m	110	84
1,0 m	68	53

Als baubiologischer Richtwert (Vorsorgewert) für Schlafbereiche wird eine magnetische Flussdichte > 20 nT – 100 nT als schwache Anomalie eingestuft. Die Grenzwertempfehlung nach 26.BImSchV für die magnetische Flussdichte von niederfrequenten Wechselfeldern liegt bei 100.000 nT.

Bei der Installation von Infrarot-Heizpaneelen der Cagon GmbH ist daher ein Mindestabstand von 1,00 m zu Schlafplätzen zu empfehlen.

2.2. Messprotokolle Temperaturen

2.2.1. Untersuchung Raumtemperaturen sowie Oberflächentemperaturen der Heizelemente

Als weitere technische Untersuchung wurde in der Studie der Temperaturanstieg in einem Versuchsraum bei Aktivierung des Heizelementes IFG 900 in einem Zeitraum von insgesamt 0,5 Stunden protokolliert. Der Versuchsraum war mittels einer temperaturgesteuerten Fußbodenheizung beheizt.

Vor der Aktivierung des Infrarot-Heizelementes und nach 30 Minuten aktiver Heizleistung wurden die Temperaturen der Raumluft [°C], die Oberflächentemperatur der Heizflächen [°C], die vom Heizelement abgestrahlte Wärmemenge sowie die vorhandene Wärmestrahlung im infraroten Spektrum [W/m²] im Raum erfasst und protokolliert.

Verwendete Messgeräte: für Oberflächentemperatur Bauteile und Heizelemente:

Infrarotthermometer SainSonic

Temperaturbereich: - 50 °C bis + 320 °C

Messgenauigkeit ± 2% bzw. 2 °C

für Messung der Lufttemperatur im Raum

ELSEC 775

Messung der Umgebungstemperatur in °C bzw. °F,

Messgenauigkeit: ± 0,5°C bzw. (±0,9°F)

IR-Sensor mit spektraler Empfindlichkeit des

Thermoelements: 350 nm bis 40 µm

Oberflächentemperaturen der Heizelemente (bei 0,5 Stunden)										
IFG 900	HZ 1150									
<table border="1"> <tr><td>95</td><td>95</td><td>98</td></tr> <tr><td>92</td><td>92</td><td>94</td></tr> <tr><td>95</td><td>95</td><td>98</td></tr> </table>	95	95	98	92	92	94	95	95	98	
95	95	98								
92	92	94								
95	95	98								

Beim Flächen-Heizelement sind die Oberflächentemperaturen recht gleichmäßig verteilt, die Heizkugel erwärmt sich im unteren Bereich (Aufhängung oben) deutlich mehr.

Abgestrahlte Wärmemenge im infraroten Spektrum [W/ m ²]							
IFG 900	HZ 1150						
<table border="1"> <tr><td>135</td><td>130</td><td>135</td></tr> <tr><td colspan="3" style="text-align: center;">W/m²</td></tr> </table>	135	130	135	W/m ²			
135	130	135					
W/m ²							

Die abgestrahlte Wärmemenge im infraroten Spektrum ist beim Flächen-Heizelement relativ gleichmäßig mit 135 W/ m² zu bewerten. Bei der Heizkugel nimmt die im infraroten Spektrum abgestrahlte Wärmemenge von der Aufhängung nach unten deutlich zu. Dieser Effekt ist für den Nutzer als positiv zu sehen. Heizkugeln werden in der Regel zentral in einem Raum angeordnet, so dass mit der Wärmestrahlung der Raum darunter großflächig temperiert wird.

Anstieg der Umgebungstemperatur und Wärmestrahlungseffekte im Raum					
Raum im Neutralzustand vor Aktivierung der Infrarotheizung			Raum nach 30 Minuten Wärmestrahlung mit IFG 900 bei voller Leistung		
<i>Raumluft</i> °C	<i>Bauteile</i> °C	<i>Infrarot</i> W/ m2	<i>Raumluft</i> °C	<i>Bauteile</i> °C	<i>Infrarot</i> W/ m2
22,7	<i>Decke: 20,0</i>	0,0	23,9	<i>Decke: 23,5</i>	10,1
22,6	<i>Wand: 19,9</i>	0,0	23,7	<i>Wand: 23,8</i>	7,6
22,8	<i>Kork: 28,5</i>	4,8	23,4	<i>Kork: 29,8</i>	8,4
<i>Fussbodenheizung</i>			<i>Fussbodenheizung</i>		

Die Effekte der Wärmestrahlung stellen sich bereits nach 30 Minuten Temperierung mit dem Infrarot-Glas-Heizelement der Cagon GmbH deutlich heraus.

Die durch die Fußbodenheizung relativ konstante Temperatur der Raumluft kann die Bauteile Wand bzw. Decke gerade auf 20 °C temperieren. Der Korkfußboden über der Fußbodenheizung im Versuchsraum hat als Bauteil eine hohe Oberflächentemperatur von 28,5 °C und ebenfalls als einziges Bauteil im Raum einen geringen Anteil an Wärmestrahlung von 4,8 W/ m².

Mit Aktivierung des Infrarot-Heizelementes erhöht sich der Anteil an IR-Wärmestrahlung im Raum. Bereits im kurzen Zeitraum von 30 Minuten sind Decke und Wände als Bauteile im Strahlungsumfeld über 23 °C temperiert. Die Temperatur der Raumluft steigt bei voller Leistung des Infrarot-Heizelementes nur geringfügig über die gewöhnlichen Einstellwerte für Zimmertemperaturen an. Trotz der relativ hohen Oberflächentemperatur des Infrarot-Heizelementes ist das Temperaturgefälle der Raumluft im Versuchsraum gering und es kommt nicht zu einem ausgeprägten Wärmestau im Bereich der Decke, wie dies bei Konvektionsheizungen zu beobachten ist.

3. Untersuchung der biologischen Effekte der Wärmestrahlung der Heizelemente der Cagon GmbH

3.1. Grundsätze der biophysikalischen Untersuchung der Wirkung von Strahlungen an lebenden Systemen

Das Ziel der biophysikalischen Untersuchung in dieser Studie ist es, über die Veränderung von Signalen des vegetativen Nervensystems zu bewerten, welche biologischen Effekte durch die Wärmestrahlung der Infrarot-Heizelemente der Cagon GmbH in lebenden Systemen ausgelöst werden. Durch die Konstitution, Vorbelastung und Erfahrung der Menschen ist zu erwarten, dass die Reaktionen des Nervensystems bei solchen Untersuchungen individuell voneinander abweichen. Mit der Einbeziehung einer größeren Anzahl von Probanden in solche Untersuchungen, lässt sich der Trend der biologischen Wirkung einer Therapie oder eines Verfahrens recht verständlich erkennen und bewerten. Grundlage für solche Untersuchungen bilden in einer Neutralmessung protokollierte physiologische Daten, die das vorhandene Stressniveau der ausgewählten Probanden repräsentieren.

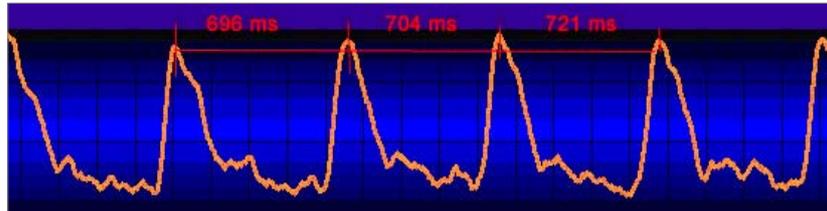
Jede Veränderung von Schwingungen bzw. Informationen im Lebensumfeld wird vom vegetativen Nervensystem registriert und ausgewertet. Der Mensch verfügt über ein komplexes Informationsnetz, um die Stabilität dynamisch unter schnell wechselnden Bedingungen zu erhalten. Ein Wechsel der Wohnung oder technische Neuinstallationen im eigenen Zuhause können ein völlig verändertes Strahlenklima mit sich bringen, so dass über einen längeren Zeitraum sich eine Neuordnung von Körperrhythmen einstellt. Der Mensch kann eine Veränderung der Information der Umgebungsstrahlung meist nicht über seine 5 Sinne wahrnehmen. Das Autonome Nervensystem, bestehend aus Sympathikus, Parasympathikus und enterischem Nervensystem (Bauchhirn), sind für die Kommunikation mit den Informationsmustern im Umfeld zuständig und passen zu jedem Zeitpunkt die Regulation des biologischen Systems auf veränderte Parameter im Innen- und Außenbereich an.

Die spontane Erregung des vegetativen Nervensystems durch wechselnde Anforderungen aus der Umgebungsstrahlung liegt in der Regel weit unter dem Schwellenwert der körperlich wahrgenommen werden kann. Die sensible Messtechnik moderner Biofeedbackgeräte erfasst allerdings auch kleinste Reaktionen der Steuerung des vegetativen Nervensystems, insbesondere über die Parameter der Herzratenvariabilität (HRV). Aus den Erfahrungen des Instituts für Biofeedback & Stressforschung werden gerade diese Parameter in biophysikalischen Untersuchungen beobachtet. Folgende Signale können beim Wechsel des Strahlenklimas im Wohnraum wertvolle Hinweise liefern:

- Entwicklung des Stresspotentials,
- Entwicklung der Hauttemperatur,
- Entwicklung der Herzrate,
- Entwicklung des geförderten Blutvolumenstroms,
- Entwicklung der Leistung (Totalpower) des vegetativen Nervensystems,
- Entwicklung der Anzahl von Paaren aufeinander folgender Herzschlagintervalle die eine Längendifferenz von mehr als 50 ms aufweisen,
- Entwicklung der Arrhythmie des Herzschlags,
- Entwicklung des sympatho-vagalen Gleichgewichts.

Seit der Mitte der 80er Jahre hat sich in der physiologischen Forschung die Untersuchung der Herzratenvariabilität (HRV) einen hohen Stellenwert erobert. Nach Prof. Michael Mück-Weymann ist die HRV ein „Globalindikator für die Resonanzfähigkeit und Adaptivität bio-psycho-sozialer Funktionskreise im Austausch zwischen Organismus und der Umwelt“ [Mück-Weymann, www.hrv24.de].

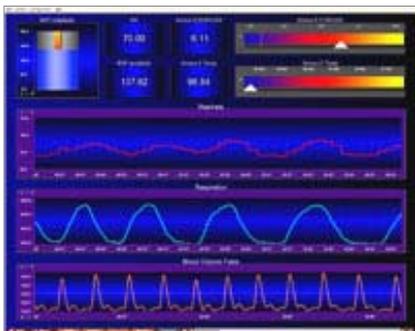
Die Herzratenvariabilität beschreibt die Fähigkeit des Herzens, den zeitlichen Abstand von einem Herzschlag zum nächsten kontinuierlich und belastungsabhängig zu verändern und sich so flexibel den schnell wechselnden Belastungen anzupassen.



Die HRV ist damit ein Maß für die allgemeine Anpassungsfähigkeit des Organismus an innere und äußere Reize und wird auch als Globalfitness bezeichnet. Menschen mit eingeschränkter HRV funktionieren oft nur in einem begrenzten Bereich. Sie werden durch größere „Lebensschwankungen“ rasch überfordert. Dieses Missverhältnis zwischen den momentanen Anforderungen aus dem Potential der Umgebungsstrahlung einerseits und den zur Verfügung stehenden Bewältigungsmöglichkeiten andererseits, wird als „Stress“ erlebt. [Mück-Weymann, www.hrv24.de]. In wissenschaftlichen Forschungen hat sich die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse moderner HRV-Messgeräte auch in nur kurzen Untersuchungszeiträumen bestätigt.

3.2. Gewähltes Messgerät und Sensoren

Für die biophysikalische Untersuchung wurde in dieser Studie eines der modernsten Biofeedbackgeräte eingesetzt. Das Messgerät „NEXUS 10“ der Firma MIND MEDIA ermöglicht die Erfassung der ganzen Bandbreite physiologischer Signale im Bereich von Biofeedback und Neurofeedback und eröffnet mit der BioTrace+ Software eine neue Dimension für physiologische Messungen. Das Biofeedbackgerät „Nexus 10“ ist für die Auswertung spezieller Parameter der HRV ausgelegt.



Die BioTrace+ Software gestattet die schnelle Auswertung der Messdaten nach Standards der mathematischen Statistik und die grafische Gestaltung der Messwerte. Diese Software erlaubt es auch die Daten der Herzratenvariabilität, sowohl in den Zeit- wie auch den Frequenzparametern, bildlich aufzubereiten. Die Messdaten der Biosignale werden mit mindestens 24 Samples/Minute erfasst und gespeichert.

Damit bleiben alle einzelnen Messwerte prüffähig erhalten und können durch Exportfunktionen beliebig zur Auswertung an andere Datenbanken übergeben werden.

Folgende bewährte und in der Praxis ähnlicher Aufgabenstellungen erprobte Sensoren wurden für die Untersuchung der in diese Studie einbezogenen Probanden eingesetzt:

- EDA-Sensor (elektrodermale Aktivität, Stresspotential),
- BVP-Sensor zur Erfassung der Herzrate, des geförderten Blutvolumens und der HRV-Werte,
- Temperatur-Sensor zur Erfassung der Hauttemperatur.

Ganz allgemein sei noch darauf hingewiesen, dass es in der Psychophysiologie zwar für Messtechniken, nicht jedoch für die Datenauswertung allgemein verbindliche Regeln gibt. Die Auswertungsform und –methode muss sich jeweils an der wissenschaftlichen Fragestellung orientieren. Rein stereotypische Auswertungsregeln können bei biophysikalischen Untersuchungen dieser Art nicht angewendet werden, da unter anderem auch mentale Prozesse der Versuchspersonen einen Einfluss auf die Veränderung ihrer physiologischen Signale haben können. Durch den Leiter der Untersuchung werden diesbezügliche Beobachtungen dokumentiert und ggf. in den Ergebnissen ausgewertet.

3.3. Auswahl der Probanden und gewähltes Messprotokoll

Als Hautgegenstand für die biophysikalische Untersuchung war das Infrarot-Glas-Flächenelement IFG 900 ausgewählt. Darüber hinaus wurde zusätzlich die Heizkugel HZ 1150 als Sonderelement in die Untersuchungen einbezogen.

Für die Teilnahme am Gesamtumfang der biophysikalischen Untersuchung wurden insgesamt sechzehn Testpersonen beiderlei Geschlechts geworben. Die Probanden gehören verschiedenen Altersgruppen an. Die Durchführung der biophysikalischen Untersuchung erfolgte für alle Probanden im gleichen Raum und unter den gleichen Bedingungen des nachfolgend beschriebenen Messprotokolls. Das Infrarot-Glas-Heizpaneel IFG 900 und ebenso die Heizkugel HZ 1150 der Cagon GmbH wurden für diese Studie in einem Abstand von 2,0 m von den Probanden aufgebaut und im Ablauf des Messprotokolls durch den Versuchsleiter zugeschaltet. Zwischen den einzelnen biophysikalischen Untersuchungen waren Pausen angeordnet, um die Zimmertemperaturen wieder entsprechend zu normalisieren.

Um die Vergleichbarkeit der Messprotokolle aller Probanden zu gewährleisten, wurden innerhalb des Beobachtungszeitraums 3 Auswertungsperioden mit exakt gleicher Länge von 2 Minuten festgelegt.

Perioden des Messprotokolls:

- Periode 1: Neutralmessung (Erfassung und Protokollierung des momentanen vorhandenen Stressniveaus der Probanden) – IR-Paneel inaktiv.
- Periode 2: Protokoll physiologischer Parameter der Probanden nach 10 Minuten Infrarot-Wärmestrahlung durch aktivierte Elemente der Cagon GmbH.
- Periode 3: Protokoll physiologischer Parameter der Probanden nach 20 Minuten Infrarot-Wärmestrahlung durch aktivierte Elemente der Cagon GmbH.

Im gleichen Zeitraum jeder Periode wurden die Messwerte der physiologischen Signale der Probanden über an den Fingern befestigte Sensoren erfasst. Die Probanden sollten sich im gesamten Zeitraum des Messprotokolls entspannen. Für die statistische Auswertung wurden die Werte der jeweils letzten 2 Minuten jeder Periode herangezogen. Das Messprotokoll wurde zwischen den einzelnen Perioden des Messprotokolls unterbrochen. Aus Datenschutzgründen werden die Personalien der Testpersonen im Gutachten nicht protokolliert.

4. Darstellung und Auswertung der Entwicklung der Messwerte in den Perioden des Messprotokolls

4.1. Vorbemerkung zu den statistischen Messwerten

Die Auswertung der protokollierten Messwerte erfolgt im Gutachten generell im Mittel über alle Probanden dieser Studie.

Auf den folgenden Seiten werden jeweils die statistischen Messwerte für die untersuchten Parameter im Mittel über alle Probanden und in allen drei Perioden des Messprotokolls tabellarisch dargestellt. Die Auswertung und die grafische Darstellung der Entwicklung der Messwerte erfolgt getrennt nach den beiden Messobjekten. Insgesamt stehen für die statistische Auswertung folgende Kennziffern der kontrollierten Biosignale für alle Probanden und Perioden zur Verfügung:

- Minimalwert
- Maximalwert
- Mittelwert
- Standardabweichung

Die Mittelwerte und die Standardabweichung der Messwerte werden durch die BioTrace+ Software berechnet. Sie repräsentieren nicht die rein mathematisch definierten Normen, sondern sind an die Häufigkeit des Auftretens in der üblichen Form von Histogrammen geknüpft. Die mittleren Messwerte stellen damit bereits eine optimierte Annäherung an die Normalverteilung dar.

4.2. Analyse und Darstellung psychophysiologischer Messwerte

4.2.1. Messung der elektrischen Aktivität der Haut

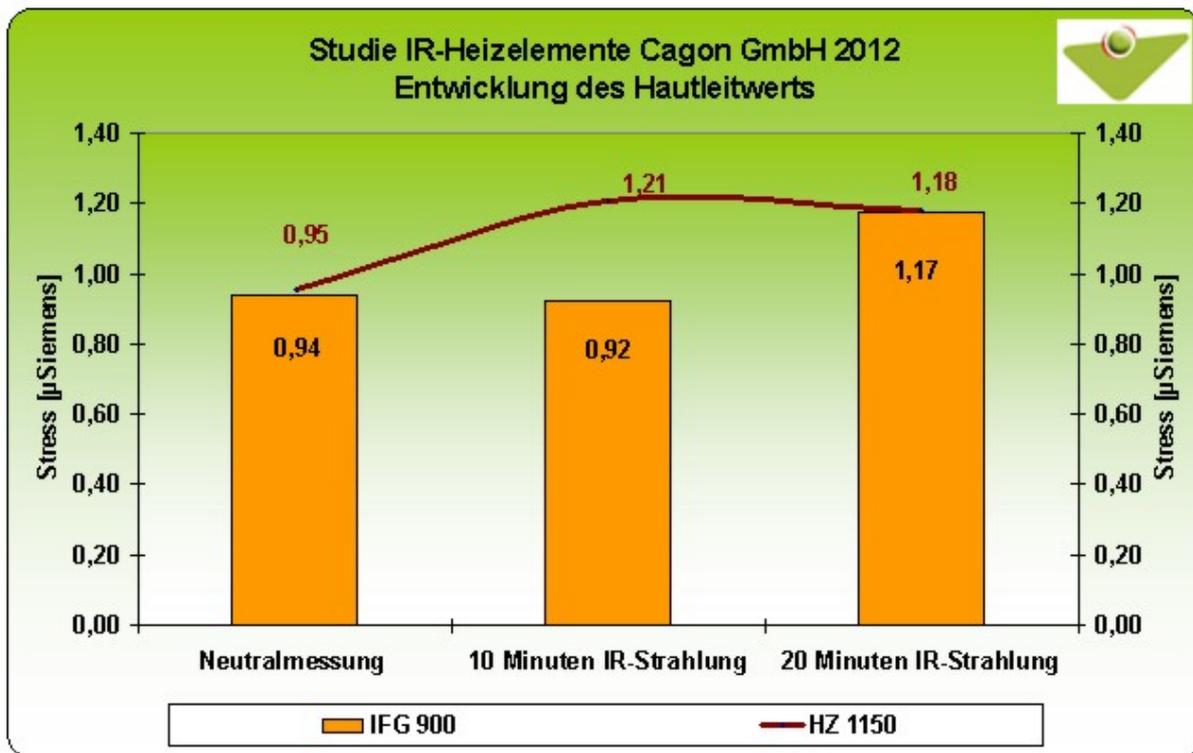
Veränderungen des elektrischen Widerstandes der Haut (engl. galvanic skin response, GSR) stehen in enger Beziehung zu psychischen bzw. emotionalen Prozessen. Der Hautleitwert ist ein einfacher, aber sehr direkter Indikator des Stresslevels der Probanden zum Zeitpunkt der Untersuchung. Er beruht auf einer erhöhten Schweißsekretion beim Anstieg sympathischer Aktivität. Die elektrische Leitfähigkeit der Haut wird dadurch gesteigert und macht das Erregungsniveau messbar. Wie allgemein üblich wird in dieser Studie nicht der Hautwiderstand [Ohm], sondern der sich reziprok verhaltende Hautleitwert [μ Siemens] gemessen.

Einige Gründe sprechen dafür, dass die unablässige Reizung des sympathischen Nervensystems durch das Strahlenklima der Umwelt für ein erhöhtes Stressniveau verantwortlich ist. Individuell wird jedoch der Anstieg von Stress nicht immer von einer erhöhten Schweißsekretion begleitet. Bei der Aufgabenstellung dieser Studie ist jedoch von vorne herein zu erwarten, dass eine Zunahme der Umgebungstemperatur durch die IR-Wärmestrahlung eine Aktivierung der Schweißdrüsenaktivität auslösen kann. Die durch die fehlende Regelung ständig hohe Oberflächentemperatur der Heizpaneele im Untersuchungszeitraum, kann bei einigen Probanden leicht zur erhöhten Schweißdrüsenaktivität führen. Die realen Auswirkungen der IR-Strahlungswärme auf das Wohlfühl der Probanden lassen sich unabhängig davon im Zusammenhang mit der Entwicklung weiterer Parameter des vegetativen Nervensystems aufzeigen.

Infrarot-Glas-Heizelement (IFG 900)				
Mittlere Messwerte des Stresspotentials (Hautleitwert)				
Perioden	MIN [μ Siemens]	MAX [μ Siemens]	Mittelwert [μ Siemens]	SD [μ Siemens]
P 1: Neutralmessung (Basiswerte)	0,88	1,03	0,94	0,04
P 2: 10 Minuten IR-Wärmestrahlung	0,99	1,20	1,08	0,05
P 3: 20 Minuten IR-Wärmestrahlung	1,09	1,34	1,17	0,06

Heizkugel (HZ 1150)				
Mittlere Messwerte des Stresspotentials (Hautleitwert)				
Perioden	MIN [μ Siemens]	MAX [μ Siemens]	Mittelwert [μ Siemens]	SD [μ Siemens]
P 1: Neutralmessung (Basiswerte)	0,87	1,06	0,95	0,05
P 2: 10 Minuten IR-Wärmestrahlung	1,12	1,35	1,21	0,06
P 3: 20 Minuten IR-Wärmestrahlung	1,13	1,26	1,18	0,04

Nach verbaler Aussage empfinden die Probanden die IR-Wärmestrahlung der aktivierten Heizelemente als angenehm. Die sensible Biofeedbacktechnik wertet die leicht erhöhte Schweißdrüsensekretion als „Wärmestress“ aus.



Der leichte Anstieg des mittleren Hautleitwerts wird mit dem Anstieg der Umgebungstemperatur im Versuchsraum ursächlich durch den Gegenstand der Untersuchung selbst ausgelöst. Die mittlere Standardabweichung als Maß für die Ordnung des Kurvenverlaufs der Messwerte verändert sich im Zeitraum der Untersuchung nur geringfügig.

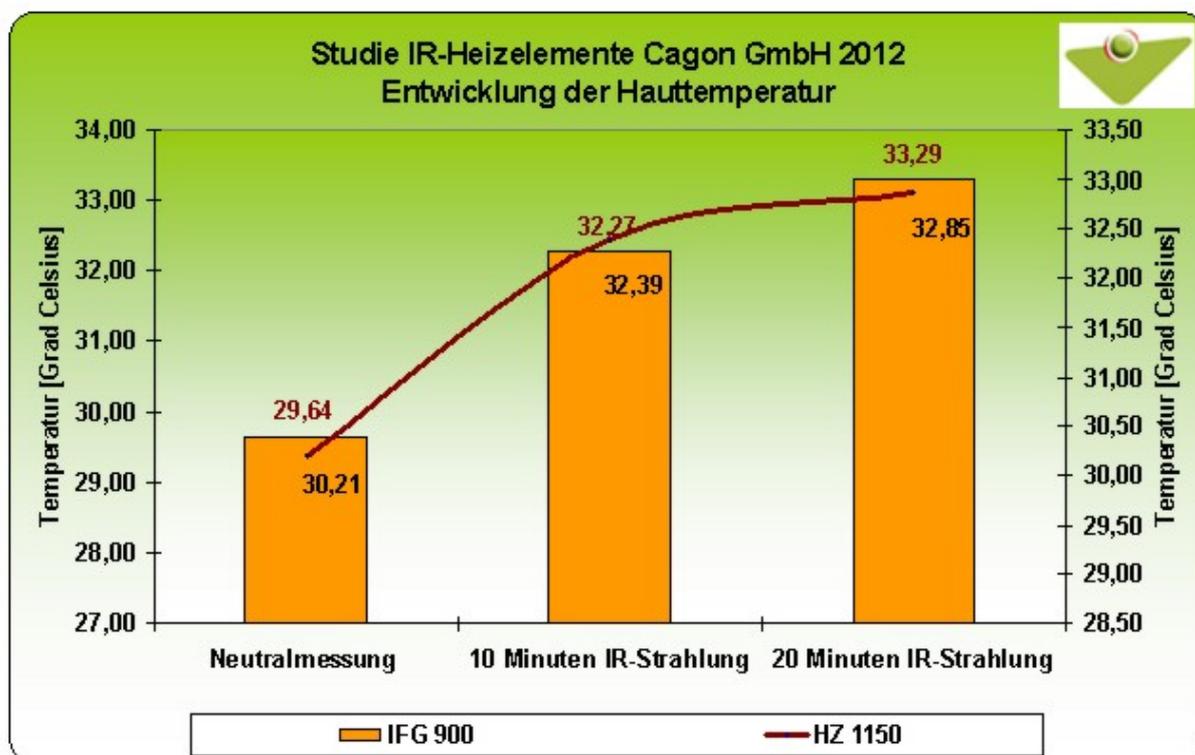
4.2.2. Messung der Hauttemperatur

Die Hauttemperatur [Grad Celsius] wird mittels eines hochempfindlichen thermischen Sensors durch direkten Kontakt mit der Hautoberfläche erfasst. Die Messwerte der Hauttemperatur sind gewöhnlich abhängig von den klimatischen Bedingungen. In dieser Studie ist zu erwarten, dass die Messwerte der Hauttemperatur der Probanden mit dem Anstieg der Umgebungstemperatur im Untersuchungsraum korrelieren. Sie sind aber auch ein Maß dafür, wie schnell die Körpertemperatur der Probanden an die IR-Wärmestrahlung ankoppelt.

Infrarot-Glas-Heizelement (IFG 900)				
Mittlere Messwerte der Hauttemperatur				
Perioden	MIN [°C]	MAX [°C]	Mittelwert [°C]	SD [°C]
P 1: Neutralmessung (Basiswerte)	29,14	30,13	29,64	0,25
P 2: 10 Minuten IR-Wärmestrahlung	32,13	32,42	32,27	0,08
P 3: 20 Minuten IR-Wärmestrahlung	33,13	33,42	33,29	0,08

Heizkugel (HZ 1150) Mittlere Messwerte der Hauttemperatur				
Perioden	MIN [°C]	MAX [°C]	Mittelwert [°C]	SD [°C]
P 1: Neutralmessung (Basiswerte)	29,56	30,82	30,21	0,36
P 2: 10 Minuten IR-Wärmestrahlung	32,24	32,52	32,39	0,08
P 3: 20 Minuten IR-Wärmestrahlung	32,69	32,88	32,79	0,06

Im Allgemeinen gilt für physiologische Untersuchungen, dass der Anstieg der Hauttemperatur mit einer Erhöhung des Wohlbefindens der Testperson einhergeht.



Die Probanden koppeln bei beiden Heizelementen sehr schnell an die IR-Strahlungswärme an. Der wesentliche Wärmeaustausch vollzieht sich vom Höheren zum Niederen bereits in den 10 Minuten der Periode 2. Der Anstieg der Hauttemperatur verringert sich bis zum Ende des Messprotokolls, der Organismus begrenzt durch Steuermechanismen die uneingeschränkte Wärmeaufnahme. Der rapide Anstieg der Hauttemperatur von annähernd drei Grad Celsius in einem kurzen Zeitraum wirkt in keiner Weise störend in der Körperregulation. Ausgehend von der Standardabweichung, erhöht sich im Gegenteil in den Perioden der aktiven IR-Wärmestrahlung die Kontinuität der Hauttemperatur beträchtlich.

4.2.3. Messung der Herzrate

Die Herzrate [Schläge je Minute] reagiert auf kurzfristige Wechsel der inneren und/ oder äußeren Belastung eher träge und spiegelt den „Endeffekt“ zahlreicher Regulationseinwirkungen auf das Herz-Kreislauf-System wider. Zwei Menschen mit gleicher durchschnittlicher Herzfrequenz können folglich in einem unterschiedlichen Regulationszustand sein. Dieses Signal liefert bei kurzfristigen Veränderungen des Strahlungsklimas im Wohnumfeld nur ergänzend verwertbare Informationen. Die später untersuchten Parameter der Herzratenvariabilität lassen aus Erfahrung des Instituts für Biofeedback & Stressforschung weitaus detaillierte Aussagen im Hinblick auf das Wohlbefinden und die Vitalität der Probanden durch zu.

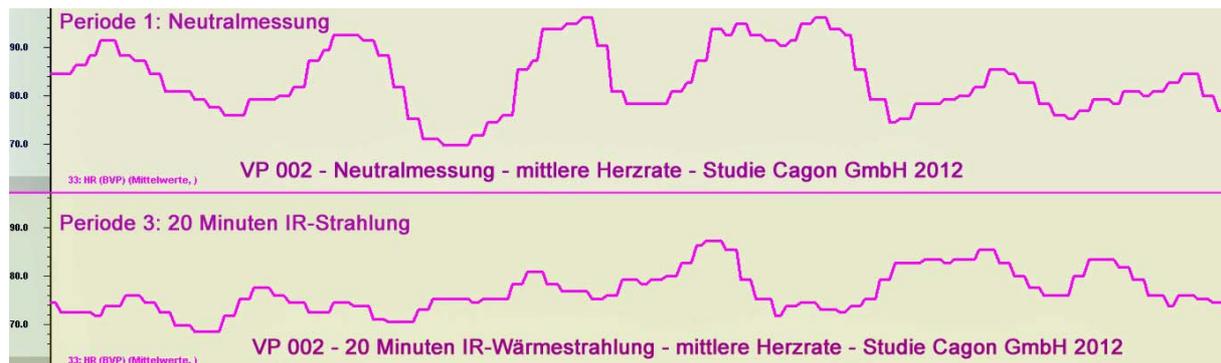
Infrarot-Glas-Heizelement (IFG 900)				
Mittlere Messwerte der Herzrate				
Perioden	MIN [Schläge/ Minute]	MAX [Schläge/ Minute]	Mittelwert [Schläge/ Minute]	SD [Schläge/ Minute]
P 1: Neutralmessung (Basiswerte)	64,35	83,51	73,39	3,57
P 2: 10 Minuten IR-Wärmestrahlung	65,12	79,53	72,34	2,55
P 3: 20 Minuten IR-Wärmestrahlung	66,00	80,15	71,97	2,76

Heizkugel (HZ 1150)				
Mittlere Messwerte der Herzrate				
Perioden	MIN [Schläge/ Minute]	MAX [Schläge/ Minute]	Mittelwert [Schläge/ Minute]	SD [Schläge/ Minute]
P 1: Neutralmessung (Basiswerte)	61,13	88,18	71,91	4,44
P 2: 10 Minuten IR-Wärmestrahlung	63,67	79,34	71,39	3,05
P 3: 20 Minuten IR-Wärmestrahlung	64,57	79,25	70,85	2,86

Die Herzschlagfrequenz beim Menschen ist abhängig von der Konstitution, der Belastung und dem Alter. Die mittlere Herzrate der Probanden dieser Studie liegt mit über 70 Schlägen/ Minute in einem Bereich, den man bei gesunden Menschen erwartet. Der leichte Rückgang der Herzschlagfrequenz mit Aktivierung der IR-Wärmestrahlung bei den Probanden lässt in dieser Form allerdings keine Interpretation zu.

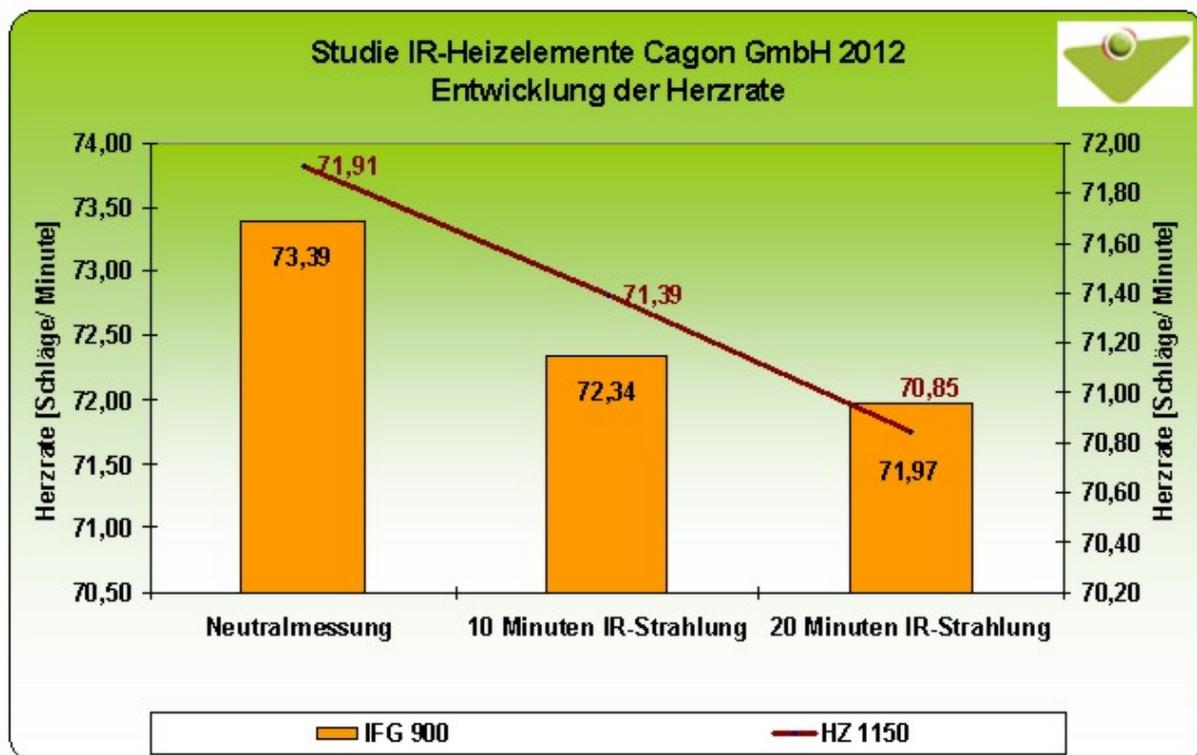
Bedeutsamer wirkt dagegen der ausgeprägte Anstieg (≈30 Prozent) der Ordnung der Herzfrequenz im Zeitraum der Wirkung der Wärmestrahlung auf den Organismus. Am Beispiel eines Probanden wird nachfolgend das Messprotokoll der mittleren Herzrate zum Zeitpunkt der Neutralmessung und in Periode 3, nach 20 Minuten der IR-Wärmestrahlung dargestellt. Die Abnahme der Amplituden der Herzfrequenz ist im Messprotokoll am Kurvenverlauf der Herzrate optisch sichtbar.

Grafik Messprotokoll mittlere Herzrate des Probanden 002 dieser Studie



Die Ergebnisse dieser Studie wurden im Zeitraum einer nur kurzzeitigen Anwendung von Strahlungswärme im infraroten Spektrum ermittelt. Eine längere oder ständige Nutzung von IR-Heizgeräten der Cagon GmbH lassen eine förderliche Wirkung auf die Ordnung des Herzrhythmus erwarten.

Die Entwicklung der Herzrate der Probanden ist für beide untersuchten Heizelemente der Cagon GmbH in folgender Grafik dargestellt.



4.2.4. Messung des geförderten Blutvolumens

Mit der Fotoplethysmographie wurde ein unblutiges Verfahren zur optischen Erfassung der Blutmenge entwickelt, die das Gewebe durchströmt. Ein Sensor strahlt infrarotes Licht in das darunter liegende Gewebe. Aus dem reflektierten Licht kann die Blutmenge im Gewebe in Bezug auf die Weite der Blutgefäße bestimmt werden. Im Allgemeinen ist hier, wie häufig bei psychophysiologischen Variablen, nur das Muster der Veränderungen von Interesse, nicht jedoch die Absolutwerte.

Die protokollierten Messwerte des geförderten Blutvolumenstroms repräsentieren daher die Durchblutung der Gefäße fiktiv in % zur maximalen Durchblutung. Bei Stresserhöhung werden durch den Sympathikus die Gefäße enger gestellt und so der Blutdruck gesteigert. Jede Verringerung des geförderten Blutvolumenstroms mindert die Versorgung der Zellen mit Nährstoffen und Sauerstoff. Daneben wird die Entsorgung von Giftstoffen durch das Gefäßsystem eingegrenzt.

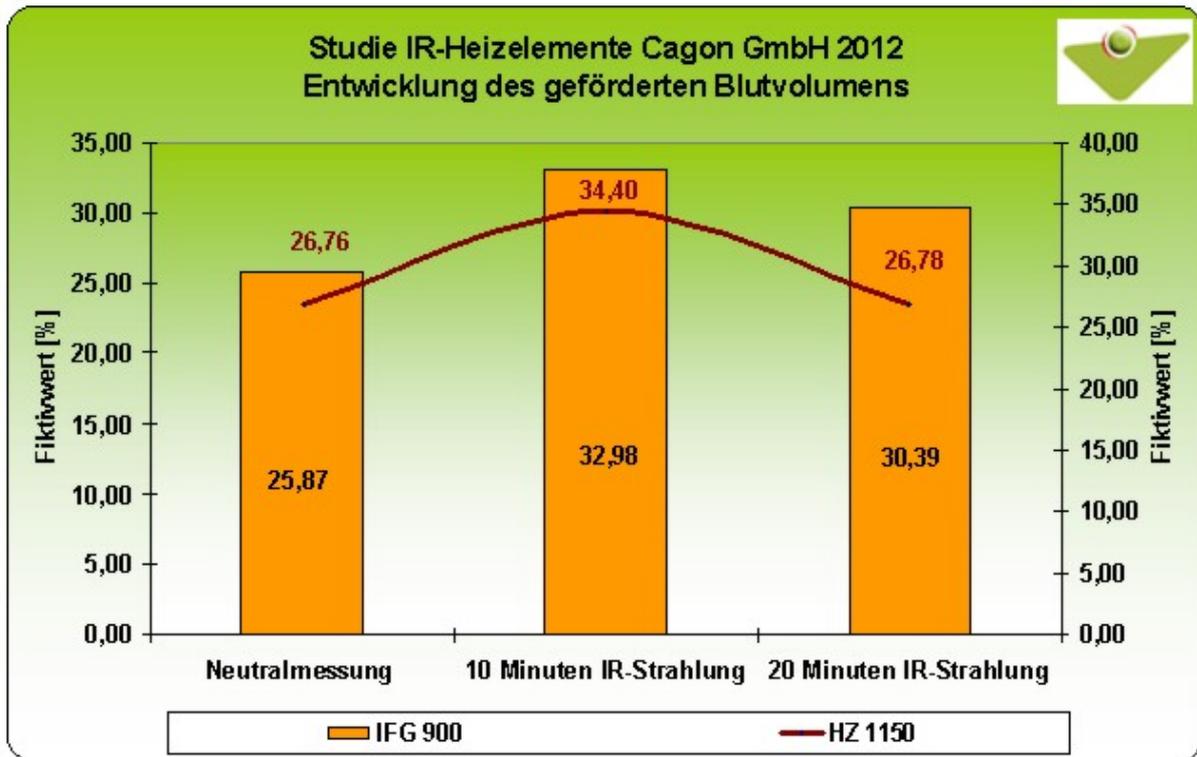
Infrarot-Glas-Heizelement (IFG 900)				
Mittlere Messwerte des geförderten Blutvolumenstroms				
Perioden	MIN Fiktivwert [%]	MAX Fiktivwert [%]	Mittelwert Fiktivwert [%]	SD Fiktivwert [%]
P 1: Neutralmessung (Basiswerte)	18,46	32,48	25,87	3,16
P 2: 10 Minuten IR-Wärmestrahlung	25,83	42,57	32,98	3,12
P 3: 20 Minuten IR-Wärmestrahlung	22,57	40,36	30,39	2,95

Heizkugel (HZ 1150)				
Mittlere Messwerte des geförderten Blutvolumenstroms				
Perioden	MIN Fiktivwert [%]	MAX Fiktivwert [%]	Mittelwert Fiktivwert [%]	SD Fiktivwert [%]
P 1: Neutralmessung (Basiswerte)	17,79	34,64	26,76	3,53
P 2: 10 Minuten IR-Wärmestrahlung	23,89	45,25	34,40	3,99
P 3: 20 Minuten IR-Wärmestrahlung	18,73	45,10	26,78	3,63

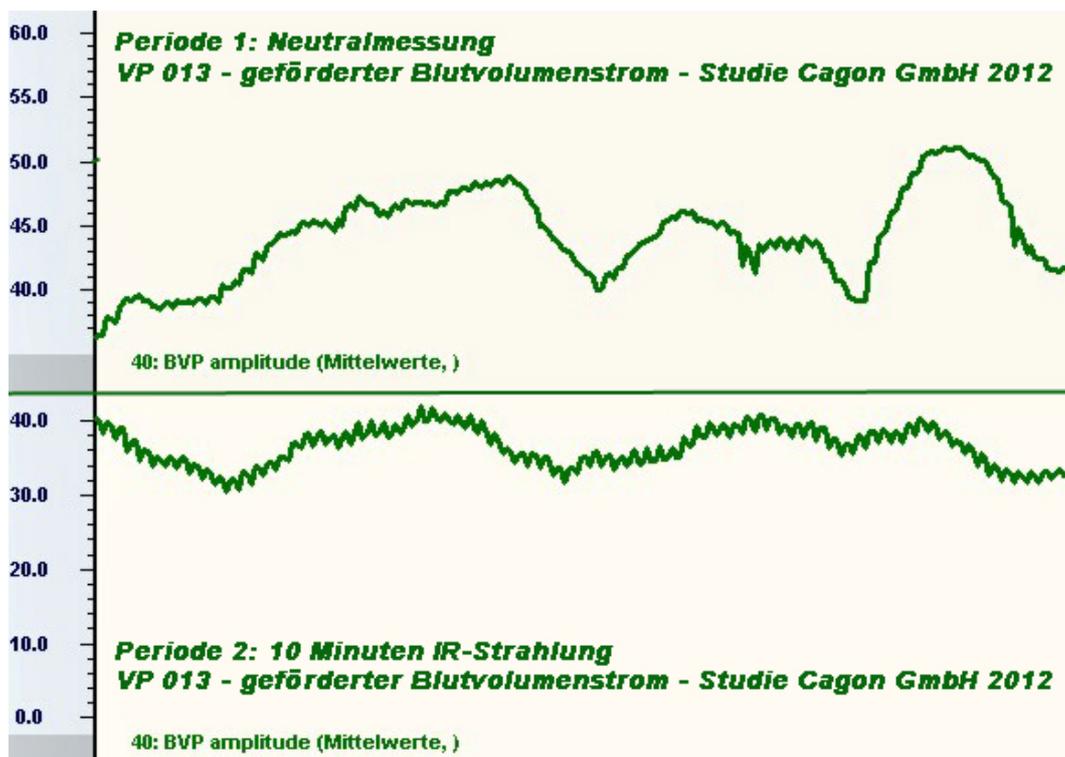
Im Vergleich zur Neutralmessung steigt der geförderte Blutvolumenstrom in der Periode 1 nach 10 Minuten IR-Wärmestrahlung sowohl bei dem Glas-Flächenelement als auch bei der Heizkugel um ≈ 22 Prozent an. Dieser Wert ist als maßgeblich für die Wirkung der IR-Wärmestrahlung der Heizelemente der Cagon GmbH zu betrachten. In der Periode 3 ist nach 20 Minuten aktiver Wärmestrahlung die Wohlfühltemperatur der Probanden längst erreicht, so dass ein weiterer Anstieg des Blutvolumenstroms vom Regulationssystem des Organismus gedrosselt wird.

Beim Infrarot-Glas-Heizelement ist die Verbesserung der Kontinuität des Blutvolumenstroms in den Perioden des Messprotokolls an der Standardabweichung der Messwerte besonders augenscheinlich.

Die Entwicklung des geförderten Blutvolumenstroms der Probanden dieser Studie ist für beide untersuchten Heizelemente der Cagon GmbH in folgender Grafik dargestellt:



Die Verbesserung der Kontinuität des Blutvolumenstroms nach Aktivierung der IR-Wärmestrahlung ist am Beispiel des Probanden VP 013 in nachfolgender Grafik verdeutlicht:



5. Parameter der Herzratenvariabilität (HRV)

Die Herzratenvariabilität beschreibt die Fähigkeit des Herzens, den zeitlichen Abstand von einem Herzschlag zum nächsten laufend (belastungsabhängig) zu verändern und sich so flexibel und rasant ständig wechselnden Herausforderungen anzupassen. Damit ist sie ein Maß für die allgemeine Anpassungsfähigkeit („Globalfitness“) eines Organismus an innere und äußere Reize. Menschen deren HRV eingeschränkt ist, entwickeln in einem deutlich höheren Prozentsatz über kurz oder lang gravierende Gesundheitsstörungen wie Herzkrankheiten, Depressionen, Neuropathien (Nervenentzündungen), Krebs. Eine ausreichend große HRV scheint also ein Hinweis auf Gesundheit zu sein [Michael Mück-Weymann, www.hrv24.de].

In der modernen physiologischen Forschung, insbesondere auch bei der Analyse von Herzrhythmusstörungen, hat die Untersuchung der Herzratenvariabilität (HRV) einen hohen Stellenwert erobert. Menschen bei denen die HRV stark eingeschränkt ist, erleben dies als „Stress“ und entwickeln zu einem deutlich höheren Prozentsatz Krankheiten.

Eine ausreichend große HRV scheint dagegen ein Hinweis auf Gesundheit zu sein. Steigen die Anforderungen an den Organismus, so vermindert sich die HRV.

Der funktionelle Informationsaustausch ist auf zellbiologischer Ebene nicht direkt messbar, wohl aber an Organsystemen, welche durch die vegetative Grundregulation beeinflusst werden. Die messbare Hauptgröße dieser Informationskette ist die Herzfrequenzvariabilität, als der wichtigste Parameter zur exakten Beurteilung von Vitalität, von Gesundheit und Wohlbefinden.

Signifikante Kriterien für die Bewertung der Entwicklung der Herzratenvariabilität (Globalfitness) sind:

- Die Veränderung der Anzahl an Herzschlagintervallen (Inter-Beat-Intervall) verschiedener Länge, die aufgrund der momentanen Belastung zur Aufrechterhaltung der vegetativen Balance des Organismus erforderlich sind.
- Die Veränderung der Aktivität (Power) von Komponenten des vegetativen Nervensystems [ms^2]
- Die Veränderung der Anzahl von Paaren aufeinander folgender Herzschlagintervalle, die eine Differenz von mehr als 50 ms aufweisen sowie die Entwicklung des Arrhythmiemaßes (RMSSD).

Die Funktion des autogenen Nervensystems besteht darin, die Grundregulation des biologischen Systems an veränderte Belastungsparameter im Innen- und Außenbereich anzupassen. Die Variabilität der Herzfrequenz ist bei Funktionsstörungen und bereits bei Veränderung der Information der Umgebungsstrahlung der Ausdruck der Regulationsfähigkeit des Systems.

Gesundheit, Wohlbefinden und funktionale Vitalität stehen in einem untrennbaren Zusammenhang mit den Regulationsvorgängen und den Rhythmen des Lebens, die sich im Herzschlag widerspiegeln.

In der vorliegenden Untersuchung wurden in den einzelnen Perioden des Messprotokolls die Veränderungen der Parameter der Herzratenvariabilität erfasst. Die Mittelwerte für alle Parameter sind, getrennt nach den beiden Untersuchungsobjekten, in den folgenden Tabellen zusammengestellt.

5.1. Messwerte der Herzratenvariabilität

5.1.1. Messwerte der HRV für Infrarot-Glas-Heizelement (IFG 900)

Messwerte der Parameter der Herzratenvariabilität - Teil 1 – Herzrhythmus Studie IR-Heizelemente – Cagon GmbH 2012 Untersuchungsobjekt: Infrarot-Glas-Heizelement (IFG 900)				
Perioden	NN Min [ms]	NN Max [ms]	NN MW [ms]	Spannweite Herzschlag- intervalle [ms]
P 1: Neutralmessung (Basiswerte)	739	983	838	244
P 2: 10 Minuten IR-Wärmestrahlung	778	962	848	184
P 3: 20 Minuten IR-Wärmestrahlung	773	922	850	149

Studie IR-Heizelemente – Cagon GmbH 2012 Messwerte der Parameter der Herzratenvariabilität - Teil 2 - Nervenaktivität Untersuchungsobjekt: Infrarot-Glas-Heizelement (IFG 900)				
Perioden	RMSSD [ms]	nn50 Anzahl]	Totalpower [ms ²]	Aktivität Sympathikus [ms ²]
P 1: Neutralmessung (Basiswerte)	31,1	10	2.796	1.211
P 2: 10 Minuten IR-Wärmestrahlung	24,1	6	933	490
P 3: 20 Minuten IR-Wärmestrahlung	21,4	5	545	292

5.1.2. Messwerte der HRV für Infrarot-Heizkugel (HZ 1150)

Messwerte der Parameter der Herzratenvariabilität - Teil 1 – Herzrhythmus Studie IR-Heizelemente – Cagon GmbH 2012 Untersuchungsobjekt: Infrarot-Heizkugel (HZ 1150)				
Perioden	NN min [ms]	NN max [ms]	NN MW [ms]	Spannweite Herzschlag- intervalle [ms]
P 1: Neutralmessung (Basiswerte)	752	1039	854	286
P 2: 10 Minuten IR-Wärmestrahlung	770	954	856	184
P 3: 20 Minuten IR-Wärmestrahlung	771	938	859	167

Studie IR-Heizelemente – Cagon GmbH 2012				
Messwerte der Parameter der Herzratenvariabilität - Teil 2 - Nervenaktivität				
Untersuchungsobjekt: Infrarot-Heizkugel (HZ 1150)				
Perioden	RMSSD [ms]	nn50 Anzahl]	Totalpower [ms ²]	Aktivität Sympathikus [ms ²]
P 1: Neutralmessung (Basiswerte)	27,6	8	2.080	1.026
P 2: 10 Minuten IR-Wärmestrahlung	23,2	4	1254	625
P 3: 20 Minuten IR-Wärmestrahlung	22,1	3	677	318

5.2. Analyse und grafische Darstellung der Messwerte der Parameter der Herzratenvariabilität

5.2.1. Veränderung der Spannweite unterschiedlicher Herzschlaglängen

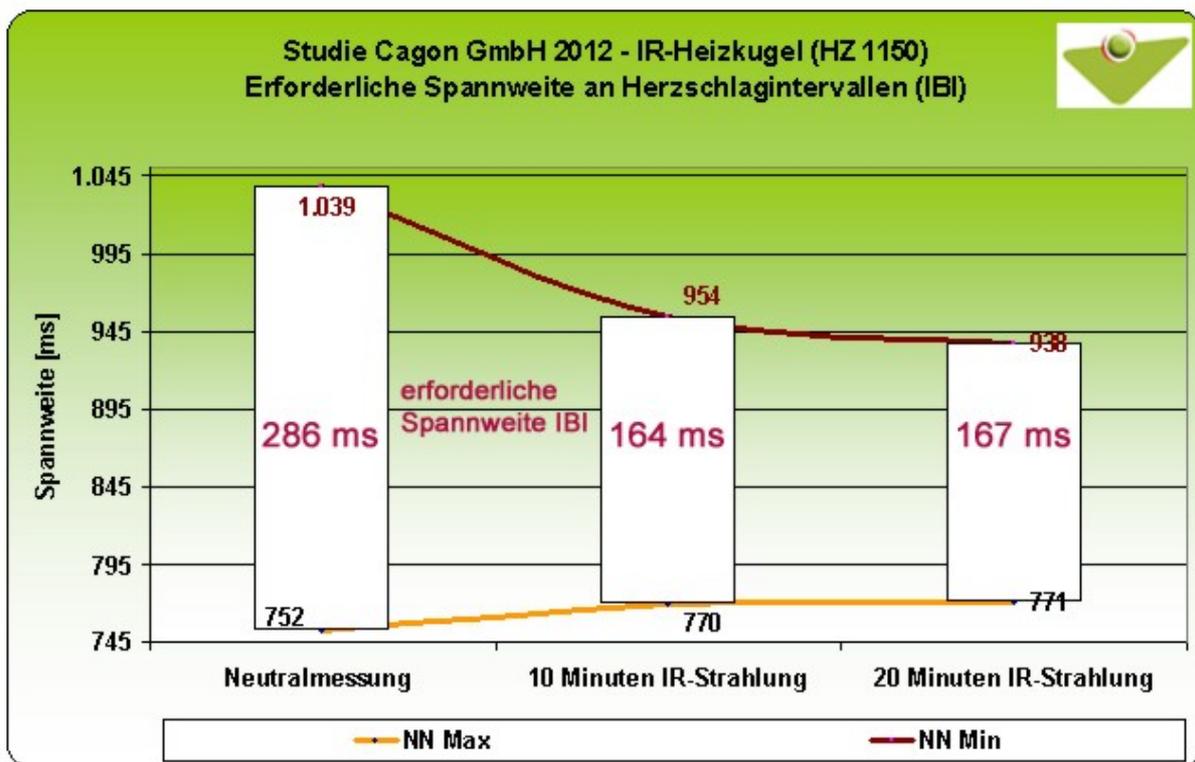
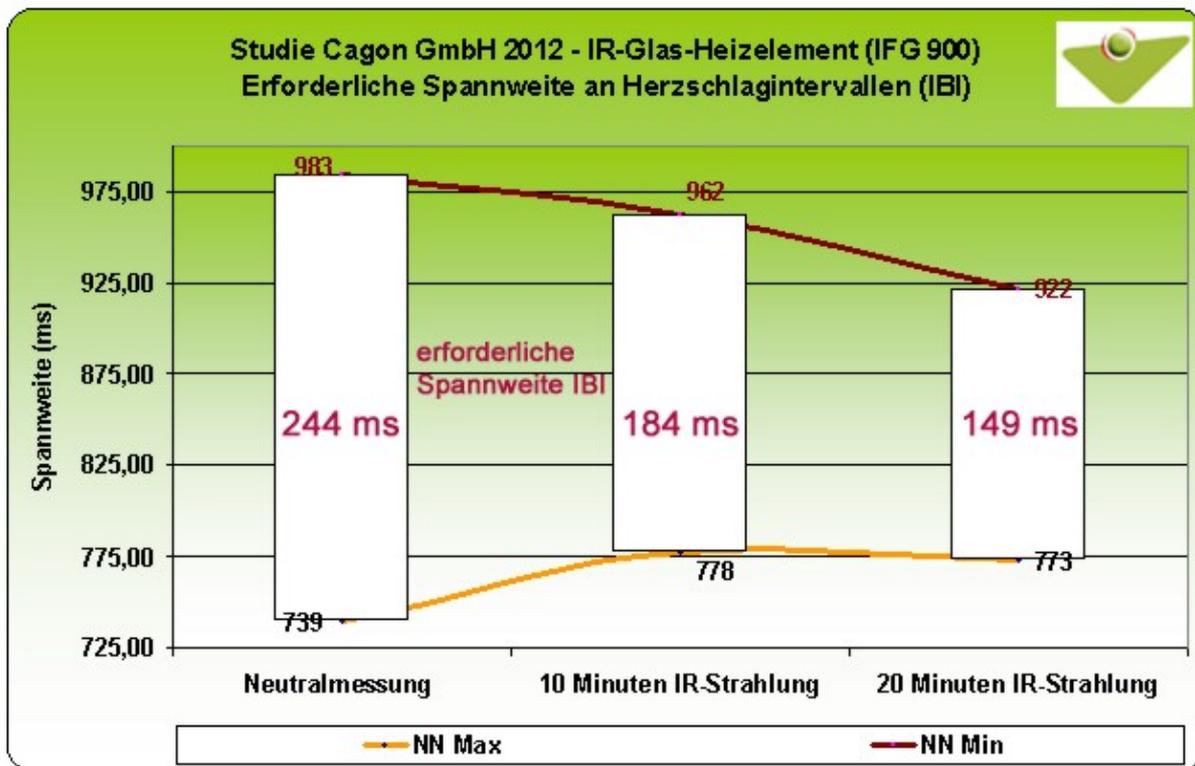
Als IBI (Inter-Beat-Intervall) bezeichnet man das Zeitintervall zwischen 2 aufeinander folgenden Herzschlägen, es wird in Millisekunden [ms] gemessen. Jede Veränderung im Strahlenklima des Umfeldes erzeugt eine Reaktion des vegetativen Nervensystems und löst einen Impuls an den Sinusknoten aus, der die erforderliche Länge des nächsten Herzschlagintervalls justiert. Das biologische System wird durch diese „Herzintelligenz“ in jedem Augenblick auf veränderte Parameter im Innen- und Außenbereich eingestellt. Man geht davon aus, dass der optimale Verlauf der Herzschlagintervalle im Histogramm einer Normalverteilung unterliegen soll.

Ein Anstieg der inneren und/oder äußeren Belastung erfordert somit als Reaktion eine größere Spannweite an Herzschlagintervallen. Umgekehrt ist bei einer Förderung des Gleichgewichts des Biofeldes des Organismus eine Verringerung des Aufwandes des Herz-Kreislauf-Systems zu erwarten. Für diese Betrachtung wurde jeweils die Veränderung der minimalen und maximalen Längen der Herzschlagintervalle der Probanden in den jeweiligen Perioden des Messprotokolls herangezogen.

Als Messwerte werden für die Analyse von Herzschlagintervallen unterschiedlicher Längen von der Systemsoftware folgende Parameter bereitgestellt:

Parameter	Beschreibung
NN Min	den kleinsten Zwischenschlagintervall (IBI in ms)
NN Max	den größten Zwischenschlagintervall (IBI in ms)
NN MW	den durchschnittlichen IBI
SDNN	die Standardabweichung
RMSSD =“Arrhythmiemaß“	Quadratwurzel des quadratischen Mittelwertes der Summe aller Differenzen zwischen benachbarten NN-Intervallen

In den folgenden Grafiken sind die in den Perioden des Messprotokolls jeweils erforderlichen Spannweiten an Herzschlagintervallen für die zu untersuchenden Heizelemente der Cagon GmbH dargestellt.

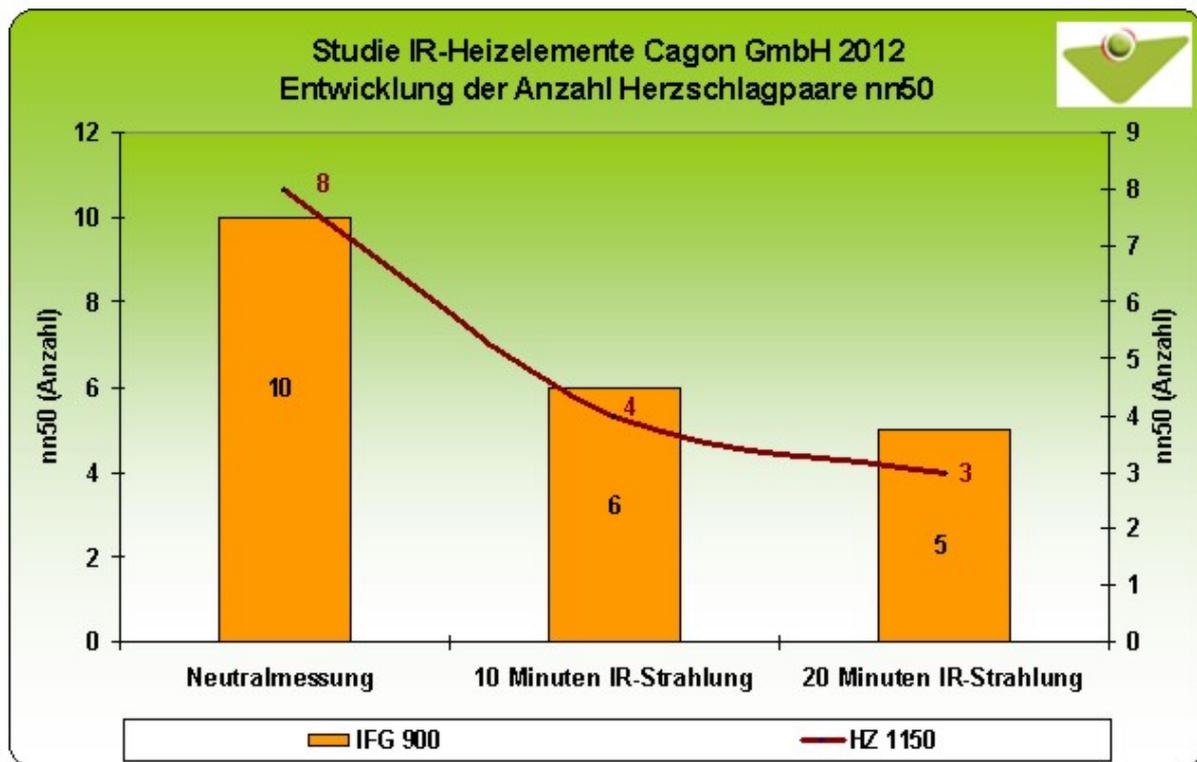


Die protokollierten Messwerte der Probanden bestätigen überzeugend, dass die IR-Wärmestrahlung der untersuchten Heizelemente bereits in einem kurzen Zeitraum den erforderlichen Aufwand des Herz-Kreislaufsystems verringern kann und somit förderlich für das Gleichgewicht des Biofeldes wirken. Der Regulationsaufwand des Organismus vermindert sich bei den Probanden dieser Studie um annähernd 40 Prozent.

Am konkreten Beispiel ist nachfolgend das IBI-Histogramm eines Probanden zum Zeitpunkt der Neutralmessung und nach Aktivierung der IR-Heizelemente der Cagon GmbH dargestellt:

Studie Cagon GmbH 2012 – Histogramm des IBI-Verlaufs Proband VP 002	
VP 002 - Neutralmessung – Periode 1	VP 002 – 20 Min. IR – Periode 3
NN Min=1040 ms, NN Max=1196 ms	NN Min=1032 ms, NN Max=1133 ms
Erforderliche Spannweite IBI: 156 ms	Erforderliche Spannweite IBI: 101 ms

5.2.2. Veränderung der Anzahl nebeneinander liegender Paare von Herzschlägen mit einer Intervalldifferenz > 50 ms (Paare nn50)



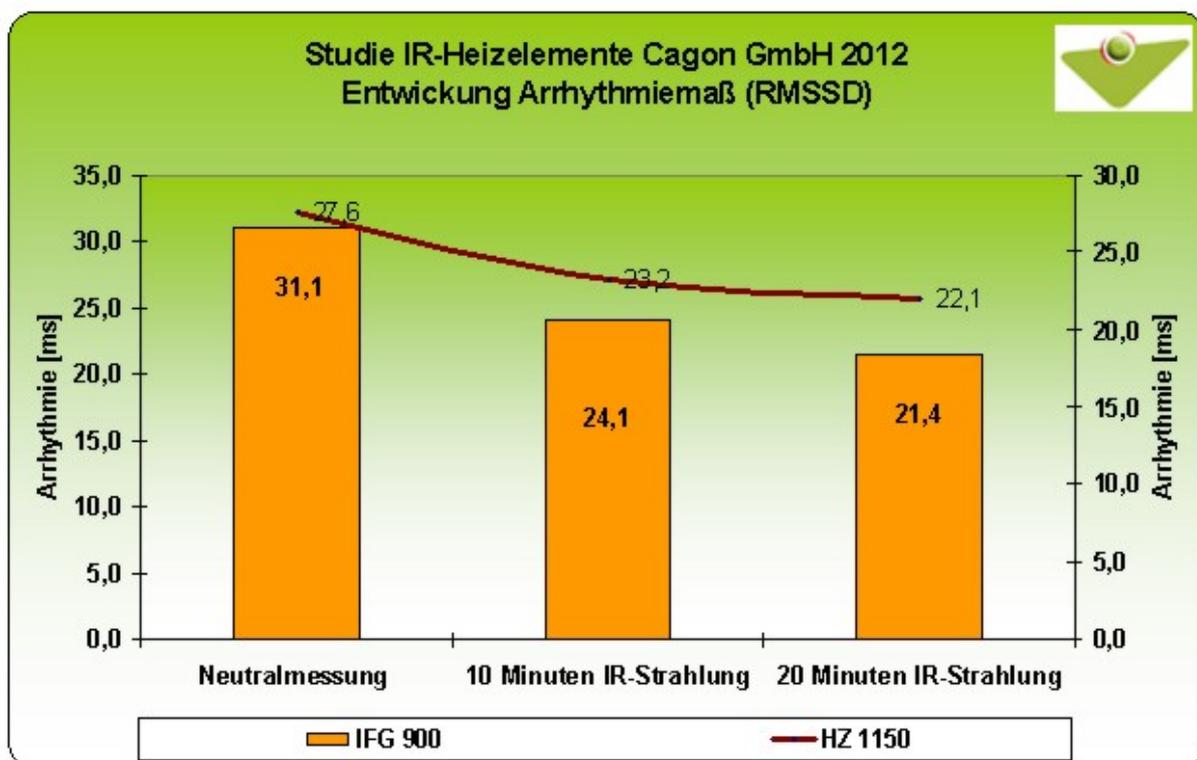
Das Maß der Herzfrequenzvariabilität wird bei verschiedenen Parametern in der Zeitbereichsanalyse über das Streuverhalten der Herzschläge um den Mittelwert bewertet. Von besonderem Interesse sind die Abstände zwischen zwei aufeinander folgenden NN-Intervallen. Intervallsprünge zwischen zwei angrenzenden Herzschlägen können zum Ausgleich der vegetativen Balance bei Stressbelastung erforderlich sein. Die Häufigkeit des Auftretens korreliert mit der Zunahme äußerer/ innerer

Belastung. Eine große Anzahl von Herzschlagpaaren größerer Intervalldifferenzen kann ein Hinweis auf belastungsbedingte Störungen des zeitlichen Grundrhythmus des Organismus sein.

Die Anzahl der Herzschlagpaare nn50 kann sich bei den Probanden dieser Studie im Zeitraum der aktiven IR-Wärmestrahlung halbieren. Dieses Ergebnis bestätigt erneut die förderliche Wirkung der IR-Wärmestrahlung der Heizelemente der Cagon GmbH auf das Biofeld des menschlichen Organismus.

5.2.3. Entwicklung des Arrhythmiemaßes (RMSSD)

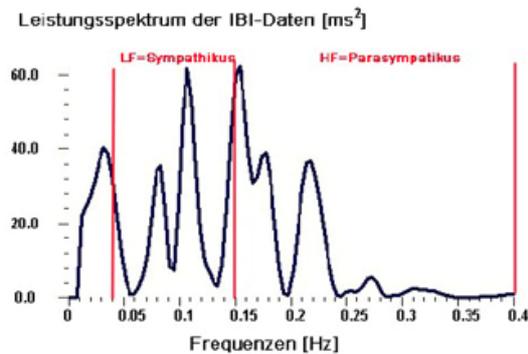
Das Arrhythmiemaß drückt vereinfacht aus, wie stark sich die Herzfrequenz von einem Herzschlag zum nächsten ändert. Er liefert damit eine Aussage über die Variation aufeinander folgender Herzschlagintervalle. Mathematisch entspricht der RMSSD der Quadratwurzel aller quadrierten Differenzen aufeinander folgender RR-Intervalle.



Die Ordnung des Herzrhythmus der Probanden erhöht sich konstant bereits im relativ kurzen Zeitraum der aktiven Infrarot-Wärmestrahlung in dieser Studie. An den Ergebnissen der Untersuchung bestätigt sich die verbale Aussage, dass die IR-Wärmestrahlung im Untersuchungszeitraum als angenehm empfunden wird. Die Minderung des Arrhythmiemaßes (RMSSD) der Probanden im Protokollzeitraum um etwa 30 Prozent ist eine Bestätigung der förderlichen Wirkung, der von den Heizgeräten der Cagon GmbH ausgehenden Wärmestrahlung auf das Biofeld der Probanden.

5.2.4. Entwicklung der Leistung des vegetativen Nervensystems

Zur Bestimmung der vegetativen Einstellung wird in den letzten Jahrzehnten auch die Spektralanalyse herangezogen. Die Abfolge der IBI-Daten werden dazu mit Hilfe der Fouriertransformation vom Zeitbereich in den Frequenzbereich übertragen und als Leistungsspektrum dargestellt.



Die Gesamtleistung des vegetativen Nervensystems bewegt sich im Frequenzspektrum von 0,033 bis 0,4 Hertz und kann in vier Bereiche der Herzfrequenzvariabilität unterteilt werden:

- VLF-Power „Very Low Frequencies“ - (0,0033 – 0,04 Hz)
 - LF-Power „Low Frequencies“ - (0,04 – 0,15 Hz)=Aktivität des Sympathikus
 - HF-Power „High Frequencies“ - (0,15 – 0,4 Hz) Aktivität des Parasympathikus
- VLF+LF + HF = Totalpower (Gesamtaktivität des Nervensystems)

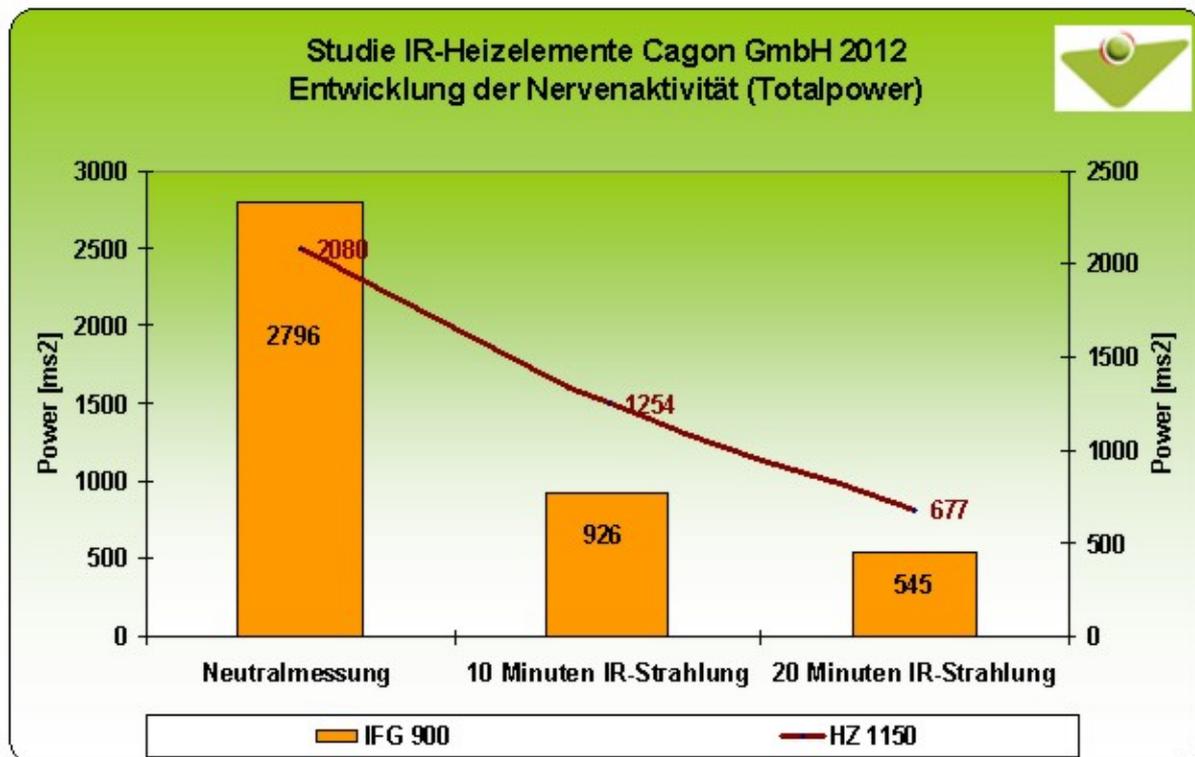
Die Frequenzen werden in der Einheit „Hertz“ berechnet, wobei „1 Hertz“ einer Schwingung pro Sekunde entspricht.

Die Hochfrequenzkomponente ist synchron mit der Atmung, und wird daher als parasympathisch vermittelt betrachtet. Die Niedrigfrequenzkomponente wird überwiegend durch sympathische Mechanismen übermittelt.

Die Summe der Leistung der einzelnen Komponenten (VLF, LF und HF) des vegetativen Nervensystems stellt als Totalpower [ms^2] die Leistung dar, die erforderlich ist, um die Balance des Organismus infolge der momentanen inneren und äußeren Belastung aufrecht zu erhalten. Die Totalpower steht für die Gesamtvariabilität und gilt als das Maß für den Einfluss des Vegetativums auf das Herz-Kreislauf-System.

Die Grenze der „Normalwerte“ der Totalpower des vegetativen Nervensystems wird mit 6.000 ms^2 (Millisekunden zum Quadrat) angegeben.

Die mittlere Gesamtaktivität des Nervensystems der in diese Studie einbezogenen Probanden liegt selbst im Zeitraum der Neutralmessung innerhalb der postulierten Normalwerte. Im relativ kurzen Zeitraum der Wirkung der IR-Wärmestrahlung mindert sich die Nervenaktivität der Probanden recht prägnant.



Im Vergleich zur Neutralmessung reduziert sich die Nervenaktivität der Probanden dieser Studie im Zeitraum der IR-Wärmestrahlung des Infrarot-Glas-Heizelementes (IFG 900) um 80 Prozent. Im Zeitraum der Aktivierung der Heizkugel (HZ 1150) wird durch die IR-Wärmestrahlung ein ähnlich gutes Ergebnis erzielt. Die spontane Minderung der Nervenaktivität spricht ebenfalls für eine hohe physikalische Ordnung der Wärmestrahlung der IR-Heizgeräte der Cagon GmbH, die den infraroten Anteilen der Sonnenstrahlung vermutlich nahe kommt.

Die von den Heizgeräten der Cagon GmbH ausgehende IR-Wärmestrahlung erhöht die biologische Qualität des Umfeldes. Das spiegelt sich in dieser Studie bereits in einem relativ kurzen Anwendungszeitraum markant in der Stressreduzierung der Probanden wider.

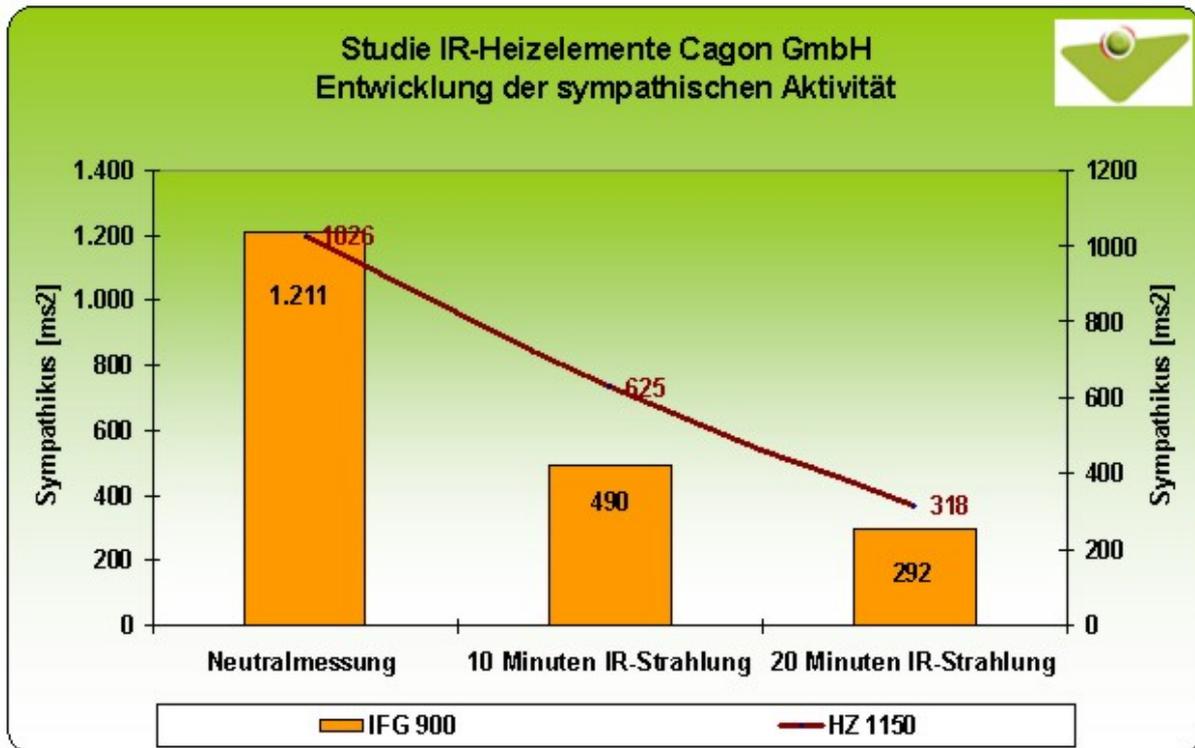
5.2.5. Entwicklung der sympathischen Aktivität des vegetativen Nervensystems

Das Verhältnis der Leistung von Sympathikus und Parasympathikus ist ein anerkannter Parameter zur Beschreibung des sympatho-vagalen Gleichgewichts. Das Verhältnis zwischen sympathischer und parasympathischer Aktivität liegt bei 1,5 bis 2,0 „in der Norm“.

Höhere Werte, wie bereits in der Neutralmessung dieser Studie bedeuten, dass das sympathische (also das aktivierende) Nervensystem übermäßig tätig ist. Eine Verminderung des Quotienten wird mit einer Verschiebung in Richtung vagaler Dominanz bzw. verminderter sympathischer Aktivität assoziiert.

Die sympathische Nervenaktivität mindert sich im Zeitraum dieser Studie mit Aktivierung der IR-Wärmestrahlung der Heizelemente der Cagon GmbH deutlich. Die

optimale sympatho-vagale Balance stellt sich bei den Probanden im Zeitraum des Messprotokolls nicht ein.



Die sympathische Nervenaktivität der Probanden verringert sich im Anwendungszeitraum der IR-Wärmestrahlung um 70 bis 80 Prozent recht enorm. Langzeituntersuchungen können die Aussage in Bezug auf die Einstellung der sympatho-vagalen Balance bekräftigen.

6. Diskussion

Die Gesamtheit der Ergebnisse der Auswertung der technischen und biophysikalischen Untersuchungen der vorliegenden Studie bildet die Grundlage für folgende allgemeine Schlussfolgerung: Die Anwendung der IR-Wärmestrahlung der Heizgeräte der Cagon GmbH kann durch die Anhebung der biologischen Qualität im Wohnumfeld zur Aufrechterhaltung des Gleichgewichts des Biofeldes des menschlichen Organismus beitragen. Aufgrund der im Folgenden aufgeführten Einzelergebnisse ist die Anwendung der Infrarot-Heizgeräte der Firma Cagon GmbH zu empfehlen:

1. Die technische Begutachtung in dieser Studie konnte bestätigen, dass die Feldbelastung der untersuchten IR-Heizgeräte der Cagon GmbH bei aktiver Heizleistung deutlich unter der Grenzwertempfehlung der 26. Bundesimmissionschutz-Verordnung liegt. Bezüglich der empfohlenen baubiologischen Richtwerte sollte vorsorglich ein Mindestabstand von 1,00 m zu Schlafplätzen eingehalten werden.
2. Die Oberflächentemperaturen der IR-Heizelemente der Cagon GmbH sind mit annähernd 95-98 Grad Celsius recht gleichmäßig über die Heizfläche verteilt und sollten als Gefahrenquellen im Wohnraum beachtet werden. Die abgestrahlte IR-Wärmemenge im infraroten Spektrum beträgt mindestens 135 W/m^2 .

3. Die stärkere Temperierung der Hüllflächen des Raumes hat sich mit Aktivierung der IR-Heizelemente bestätigt. Die Raumluft als schlechter Wärmeträger wird nur geringfügig aufgeheizt.
4. Die Probanden der Studie empfinden die Strahlungswärme der IR-Heizelemente im Versuchszeitraum durchweg nach eigenen Aussagen als angenehm. Die Hauttemperatur der Probanden erhöht sich um ca. 3 Grad Celsius unmittelbar mit Aktivierung der IR-Heizelemente innerhalb eines kurzen Zeitraums auf die Wohlfühltemperatur. Die Kontinuität der Körperwärme ist durch die IR-Wärmestrahlung ansteigend.
5. Die Ordnung des Herzrhythmus der Probanden verbessert sich im Zeitraum der aktiven Wärmestrahlung des Messprotokolls in dieser Studie um etwa 30 Prozent bei einem gleichzeitigen Anstieg des geförderten Blutvolumenstroms von annähernd 22 Prozent. Die Kontinuität des Blutvolumenstroms ist gleichfalls mit der Aktivierung der IR-Wärmestrahlung ansteigend.
6. Insbesondere lässt sich die förderliche Wirkung der IR-Wärmestrahlung der Heizelemente der Cagon GmbH auf das Biofeld der Probanden an der Entwicklung von Parametern der Herzratenvariabilität (HRV) ableiten, die insbesondere für das Empfinden von Wohlgefühl stehen. So kann sich unter der von den Heizelementen der Cagon GmbH ausgehenden IR-Wärmestrahlung die erforderliche Spannweite unterschiedlicher Herzschlagintervalle um annähernd 40 Prozent mindern. Der Regulationsaufwand des Organismus und der Aufwand des Herz-Kreislaufsystems können sich im Zeitraum der Aktivierung der IR-Wärmestrahlung deutlich reduzieren.
7. In dem kurzen Zeitraum der Aktivierung der IR-Heizelemente der Cagon GmbH führt die IR-Wärmestrahlung zum Anstieg der Ordnung des Herzrhythmus, indem die Anzahl benachbarter Herzschlagpaare mit großen Intervallabstand gemindert wird und sich nahezu halbieren kann.
8. Das Arrhythmiemaß der Probanden, welches die Veränderung der Herzfrequenz von einem Herzschlag zum anderen ausdrückt, kann sich im relativ kurzen Protokollzeitraum der aktiven IR-Wärmestrahlung um 30 Prozent reduzieren.
9. Besonders deutlich wird die biologische Wirkung der IR-Wärmestrahlung der Heizelemente der Cagon GmbH in der Reduzierung der Nervenaktivität der Probanden wirksam. Der „Reiz“ des vegetativen Nervensystems der Probanden kann sich in dieser Studie um 80 Prozent verringern, wobei der Anteil sympathischer Aktivität davon hauptsächlich betroffen ist. Die Auswirkungen auf die sympatho-vagale Balance lassen sich in einer Langzeit-Studie untersetzen.
10. Alle Ergebnisse der Studie wurden unter den Bedingungen einer Anwendungszeit der Cagon GmbH in einem Messprotokollzeitraum von nur 20 Minuten gewonnen. Man kann vermuten, dass unter den Bedingungen einer längeren bzw. ständigen Anwendung der Heizelemente der Cagon GmbH sich die Effektivität der Anwendung der Strahlungswärme im infraroten Spektrum auf die Aufrechterhaltung des menschlichen Biofeldes und die Ordnung rhythmischer Prozesse der Grundregulation in einzelnen Parametern noch weitaus deutlicher festigen kann.

Aufgrund der Ergebnisse der technischen und biophysikalischen Untersuchung dieser Studie ist die Anwendung der Heizelemente der Firma Cagon GmbH zur Anhebung der biologischen Qualität des Umfeldes zu empfehlen. Die Ergebnisse dieser Studie haben deutlich aufgezeigt, dass die von den Heizgeräten der Cagon GmbH ausgehende IR-Wärmestrahlung zum Anstieg von Vitalität und Wohlbefinden beiträgt.

Die Anforderungen für die Verleihung des Gütesiegels des Instituts für Biofeedback & Stressforschung sind damit erfüllt.

Schleusingen, den 14.12.2012



Institut für Biofeedback &
Stressforschung

A handwritten signature in cursive script that reads "Paul Sommer".

Paul Sommer
Dipl.- Ing.

7. Literaturverzeichnis

Fischer, Konrad (2007) Die überzeugenden Eigenschaften der Strahlungswärme, raum&zeit 145/2007

Meier, Prof. Dr.-Ing habil. Claus Dieter (2007) Die Wärmeleistung der Strahlungsheiztechnik, raum&zeit 145/2007

Meier, Prof. Dr.-Ing habil. Claus Dieter (2006) Heizen wie die Sonne. raum&zeit 144/2006

Hutter, H.-P., Moshhammer, H., Wallner, P., Tappler, P., Twrdik, F., Ganglberger, G., Geissler, S., Wenisch, A. Auswirkungen energiesparender Maßnahmen im Wohnungsbau auf die Innenluftqualität und Gesundheit. Link: http://www.innenramanalytik.at/pdfs/innenraumlft_u_gesundheit.pdf.

Braubach, M., Jacobs, E.J., Ormndy, D.:(2011): „Environmental burdens of disease associated with inadequate housing“ – Summary report-, WHO Regional Office for Europe.

Kram, B: (2009), Vergleichende Studie zum natürlichen Luftwechsel in Innenräumen vor und nach einer thermischen Sanierung (Uni Krems, Master-Thesis). Link:<http://www.kram.at/wp-content/uploads/2011/05Vergleichende-Studie-zum-natuerlichen-Luftwechsel.pdf>.

Kosack, Dr.-Ing. Peter (2009) Beispielhafte Vergleichsmessung zwischen Infrarotstrahlungsheizung und Gasheizung im Altbaubereich. Link Internet: <http://www-user.rhrk.uni-kl.de/~kosack/forschung/?infrarot-strahlungsheizung>.

Ott, G., Reidenbach, H.D., Siekmann, H., Steinmetz, M., Völker, Th. (2006) Leitfaden „Nicht ionisierende Strahlung – Sonnenstrahlung“. Fachverband für Strahlenschutz e.V., FS-06-130/2-AKNIR

Ulmer, G. A. Heizen, wie die Sonne, Günter Albert Ulmer Verlag – Tuningen

Mück-Weymann, Michael: Alles über Herzratenvariabilität (www.hrv24.de)