

Zeitschrift für

Physikalische Medizin Balneologie Med. Klimatologie

Prävention · Diagnostik · Therapie · Rehabilitation

745 - 11

*78-79, S. H. 1 =
vergr.*

INHALTSVERZEICHNIS

13. Jahrgang Nr. 1 – 6, 1984



DEMETER VERLAG · D-8032 GRÄFELFING

ORIGINALARBEITEN

O. Knüsel

Langzeitresultate einer kombinierten Adipositasstherapie
bei Patienten des rheumatischen Formenkreises.
Ergebnisse einer prospektiven Langzeitstudie 45 (1)

Chr. Gutenbrunner, Chr. Heckmann, R. Schrägle
Zur Problematik der adaptiven Wirkung intermittierender
Unterdruckexpositionen 127 (3)

C. Mucha
Ergebnisse einer kontrollierten Therapiestudie
zur postoperativen Frührehabilitation bei Knieinstabilitäten 136 (3)

P. Brugger
Verhalten bei Notfällen während der Ergometrie 148 (3)

E. Ernst, I. Magyarosy, Ch. Roloff, H. Drexel
Hämorrheologische Immediat- und Langzeiteffekte des CO₂-Bades
bei arterieller Verschlusskrankheit, Stad. II 157 (3)

H. Pratzel, J. Hillmeier
Zur perkutanen Resorption von Salicylsäure durch Iontophorese 163 (3)

C. Mucha, E. A. Zysno
Ergebnisse einer prospektiven Beobachtungsreihe zur
funktionellen Therapie des Sudeck-Syndroms 167 (3)

C. Mucha
Einfluß motorisch-erregender Stromformen
auf die Unterarmdurchblutung 220 (4)

H. Pratzel, S. Chlebarov
Zum Einfluß von monochromatischer Rotlichtbestrahlung
(LASER 632,8 nm) auf ein epidermales Stoffwechsel-Modell 227 (4)

K.-W. Beste, R. Doll, R. Pietsch
Atemfunktion und venöser Rückstrom bei einem Übungsprogramm
zur Prävention venöser Erkrankungen 235 (4)

A. Schuh, W. Schnizer, K. Dirnagl
Zur bioklimatischen Beurteilung von Terrainkurwegen 244 (4)

C. Mucha, E. A. Zysno
Vergleichende Untersuchungen zur analgetischen Wirkung
medizinisch-physikalischer Therapieverfahren auf experimentelle
ischämische Muskelschmerzen – II. Teil 253 (5)

R. Fricke
Lokale Kaltlufttherapie – Eine weitere kryotherapeutische
Behandlungsmethode 260 (5)

D. Nolte
Durch Sauerstoff unterstützte physikalische Atemtherapie bei
Patienten mit obstruktiver Lungenerkrankung und Hypoxämie 267 (5)

G. Trnavsky Die physikalische Therapie beim rheumatischen Formenkreis	274 (5)
W. Markt Die allgemeine Bedeutung chronophysiologischer Phänomene und deren Beeinflussung durch Kuren	280 (5)
F. Singer Für und Wider stationärer Heilverfahren bei Krankheiten des Bewegungs- und Stützapparates (v. a. bei rheumatischen Erkrankungen)	287 (5)
A. Schuh, K. Dirnagl Voraussage und tatsächliche Aussage über das thermische Empfinden bei standardisierter Freiluft-Bewegungstherapie	294 (5)
E. Wannewetsch, J. Zwick Die Kur im Doppel-Blind-Versuch	300 (5)
G. Jendritzky Die Bewertung der thermischen Reizstärke in heilklimatischen Kurorten	304 (5)
D. H. A. Maas Physikalisch-medizinische Behandlungsmethoden in der Frauenheilkunde	340 (6)
K.-W. Beste, J. Graubner Sauerstoffschuld und Arterienrelaxation vor und nach Sprunggelenkergometrie	353 (6)
E. Ernst, I. Magyarosy, A. Scherer, Ch. Schmidlechner Der Einfluß physikalischer Reize auf die Blutfluidität	359 (6)
V. Štrec, J. Kolesár, L. Brdová, H. Valušková Renale und humorale Reaktionen auf ein CO ₂ -Bad mit und ohne Diuretikum	369 (6)
C. Mucha, E. A. Zysno Periphere Kreislaufadaptation unter krankengymnastischer Übungstherapie nach Immobilisation der unteren Extremität im Gips	377 (6)

KONGRESSBERICHT

(Kurzfassung der wissenschaftlichen Vorträge und Referate)

88. KONGRESS DER DEUTSCHEN GESELLSCHAFT FÜR PHYSIKALISCHE MEDIZIN UND REHABILITATION UND JAHRESTAGUNG DES VERBANDES DEUTSCHER BADEÄRZTE

Freie Vorträge

Ch. Stahl, V. Goymann, E. Puhlers, P. Thümler, G. Groddek Lassen sich Sport und Knieprothese vereinbaren?	2 (1)
--	-------

Elektrotherapie und Massagen

- I. Magyarosy, W. Schnizer, Th. N. Witt, Ch. Roloff, F. Stechele
Untersuchung des trophischen Effektes von galvanischem Strom und
Schwellstrom auf den immobilisierten Wadenmuskel der Ratte 5 (1)
- M. Bühring, A. Sayegh, E. Blumenthal, M. Klöckner, R. Saller
Elektrotherapie bei Patienten mit claudicatio intermittens 8 (1)
- M. Bühring, R. Saller, A. Sayegh, P. Herdt, E. Blumenthal
»Bindegewebe« Zonen bei Patienten mit claudicatio
intermittens 10 (1)

Thermo- und Hydrotherapie

- F. Demuth, H. Breithaupt, B. Feunko
Thermischer Komfort im Verlauf einer Kneippkur 12 (1)
- A. Gehrke, V. Ulbert, B. Siebert, H. Drexel
Der Einfluß hyperthermer Badeformen (Sauna, Dampfbad, Whirlpool)
auf immunologische Parameter (Komplementsystem) 15 (1)
- A. Gehrke, V. Ulbert, F. X. Eich, B. Siebert, H. Gall, H. Drexel
Veränderung kardio-pulmonaler Parameter während und nach
hyperthermen Badeformen. Ein Vergleich zwischen Sauna,
Dampfbad und Heißwassersprudelbädern 17 (1)
- D. Rusch
Langzeit-Thermographie der Haut über gesunden Kniegelenken 19 (1)
- J. Warns, R. Dreher, S. Grebe, K. L. Schmidt
Vergleichende Untersuchungen zur Wirkung kalter Schlick- und
Wasserbäder auf die Tuberkulin-Arthritis der Meerschweinchen 21 (1)
- F. Keßler, K. L. Schmidt
Thermometrische Untersuchungen zur Wirkung der Kälte auf eine
akute-exsudative (Dextran-Ödem) und eine exsudative-proliferative
(Kaolin-Ödem) Entzündung bei der Ratte 24 (1)

Bewegungstherapie und Rehabilitation

- W. Schnizer, I. Magyarosy, H. Pratzel, J. Osswald, H. Drexel,
W. Teichmann
Vergleich der Katecholaminausscheidung nach Ergometer-
belastung und Saunabad bei Postinfarktpatienten 27 (1)
- C. Mucha
Ergebnisse einer kontrollierten Therapiestudie zur
postoperativen Frührehabilitation nach Knieinstabilität 29 (1)
- W. F. Koenig, L. Toth, P. Krenauer
Kritische diagnostische Gesichtspunkte für die Rehabilitation
des älteren Infarktkranken 31 (1)
- E. Roediger, M. Bühring, F. Wolff, Ch. Rosak, K. Pirlet
Kreislauf- und Stoffwechselformparameter bei seriellen
Bestrahlungen mit UVA und mit UVB 34 (1)
- M. Aalam, G. Elfring
Rehabilitation der Beinamputierten mit Erkrankungen
des zentralen Nervensystems 36 (1)

C. Mucha, E. A. Zysno Ergebnisse einer prospektiven Beobachtungsreihe zur funktionellen Therapie des Sudeck-Syndroms	39 (1)
--	--------

Soletherapie und Balneotherapie

Chr. Gutenbrunner, H. Winter Trinkkuren bei hypotonen Blutdruckregulationsstörungen	41 (1)
H. Breithaupt Zur Frage der Periodenanalyse von Kurverläufen	43 (1)
U. Pohl, B. Hartmann, E. Bassenge, D. Wohltmann Einfluß einer CO ₂ -Bäderkur und begleitender Kurmaßnahmen auf den Belastungsblutdruck von Grenzwerthypertonikern	213 (4)
B. Hartmann, E. Bassenge Untersuchungen zur Blutdruckreaktivität bei Grenzwert- hypertonikern im Verlauf einer vierwöchigen Kur mit Kohlensäurebädern in Bad Krozingen	216 (4)
J. Holtz, E. Bassenge Wirkung eines CO ₂ -Bades auf die Blutdruck-Reaktion während eines nachfolgenden psychomentalen Beanspruchungs-Testes am Wiener Determinationsgerät in normotonen Kontroll-Personen	219 (4)

Soletherapie

G. Hildebrandt Aspekte der Langzeitwirkung von Sole-Bäderkuren	58 (2)
H. Tronnier Balneo- und Balneophototherapie von Dermatosen	70 (2)
B. Ehret Die Soletherapie in der Gynäkologie	86 (2)
V. R. Ott Zur Soletherapie bei rheumatischen Erkrankungen	92 (2)
W. Menger Soletherapie in der Pädiatrie	99 (2)
H. Jungmann Wirkung und Bedeutung der Meer-Sole in der Thalassotherapie	107 (2)
M. Ständer Die Thermalsole-UV-Behandlung bei der Psoriasis vulgaris	112 (2)

Weichteilrheumatismus

F. Schilling Merkmale weichteilrheumatischer Erkrankungen (sog. Fibrositis-Syndrom)	320 (6)
H. Freyberger, H. Raspe Psychosomatische Probleme in Therapie und Rehabilitation weichteilrheumatischer Erkrankungen	331 (6)
O. Knüsel Die transkutane elektrische Nervenstimulation beim Weichteilrheumatismus – Eine kontrollierte untersucherblinde Studie an 60 Patienten mit Levator-Scapulae-Syndrom	337 (6)

**KONGRESS DER SCHWEIZERISCHEN GESELLSCHAFT
FÜR BALNEOLOGIE UND BIOKLIMATOLOGIE
SOCIÉTÉ SUISSE DE MÉDECINE THERMALE ET CLIMATIQUE**

V. R. Ott Allocution du président de la Société Suisse de Médecine thermale et climatique	190 (4)
F. J. Wagenhäuser Universitätsklinik und Kurortmedizin – Probleme und Möglichkeiten	192 (4)
V. R. Ott Schwerpunkte der ärztlichen Fortbildung im Bereich der Balneologie	197 (4)
K. L. Schmidt Experimentelle Grundlagen der Balneotherapie entzündlicher Prozesse	202 (4)
B. Primault Neue Kriterien zur Beurteilung von Wohlbefindenszonen	208 (4)

BESPRECHUNG VON VERÖFFENTLICHUNGEN

W. Lent	53 (1), 116 (2), 182 (3), 249 (4), 315 (5), 384 (6)
---------------	---

VERBANDSNACHRICHTEN

Protokoll der Ordentlichen Mitgliederversammlung anlässlich des 88. Kongresses für Physikalische Medizin und Rehabilitation, Nürnberg und Bad Windsheim	XVII (1)
Ordentliche Generalversammlung der Österreichischen Gesellschaft für Balneologie und Medizinische Klimatologie, Bad Schallerbach	XVIII (1)
Verband Deutscher Badeärzte e. V. 1. Änderungsvereinbarung	126 (2)
Verband Deutscher Badeärzte e. V. Vertrag	XV (3)
Österreichische Gesellschaft für Balneologie und Medizinische Klimatologie Kurzbericht über die ordentliche Generalversammlung der Österreichischen Gesellschaft für Balneologie und medizinische Klimatologie, Bad Aussee, 25. 2. 1984	XVII (3)
Weiterbildungskurse zum Erwerb der Zusatzbezeichnung »PHYSIKALISCHE THERAPIE«	XX (3)
»MARISA ARA«	XXII (3)
Schweizerische Gesellschaft für Balneologie und Bioklimatologie Protokoll der ordentlichen Mitgliederversammlung der SGBB vom 29. September 1983 im CHUV, Lausanne	XVII (4)

Jahresbericht des Präsidenten der SGBB für 1982/1983	XIX (4)
Rapport du Président de la Commission des Indications pour la période de novembre 1982 à septembre 1983	XXI (4)
Deutsche Gesellschaft für Physikalische Medizin und Rehabilitation – Einladung	XXII (4)
Verband Deutscher Badeärzte e. V. Kongreßhinweis	XXIII (4)
Verband Deutscher Badeärzte e. V. Einladung	XVII (5)
Tagungshinweise	XVIII (5)
Dr. med. Theo Kleinschmidt – 65 Jahre	XVIII (5)

VARIA

Weiterbildungskurse zum Erwerb der Zusatzbezeichnung »BADEARZT« oder »KURARZT«	X (1), X (2), X (3), X (4), V (5), V (6)
Weiterbildungskurse zum Erwerb der Zusatzbezeichnung »PHYSIKALISCHE THERAPIE«	XI (1), IX (2), XIV (4), XV (5), XI (6)
90 Jahre Kneippärztebund	XI (1)
Internationales Bad Krozinger CO ₂ -Symposium	XII (1)
Laudatio auf Herrn Professor Dr. Dr. h. c. Hans Erhard Bock zum 80. Geburtstag	XIII (1)
Ehrung für Dr. Brüggemann	XIV (1)
Laudatio auf Herrn Dr. med. Herbert Wollmann, 75 Jahre	XV (1)
Buchbesprechungen	55 (1), 125 (2), 317 (5), 386 (6)
Laudatio auf Herrn Prof. Dr. Walther Amelung zum 90. Geburtstag	XII (2)
Themen und Referenten der 25. Tagung des Arbeitskreises »Gynäkologische Balneotherapie«	V (3)
Laudatio auf Herrn Professor Dr. V. R. Ott	XIII (3)
Podiumsdiskussion über Probleme der Kurortemedizin – Einweisender Arzt und Kurarzt	180 (3)
Georg-Schmorl-Preis	IX (4)
45. Ärztlicher Fortbildungskongreß der Ärztlichen Gesellschaft für Physiotherapie, Kneippärztebund e. V. Bad Wörishofen, vom 6. bis 12. Mai 1984 in Bad Wörishofen	XIII (4)
In memoriam – Dr. med. Victor Heinemann	XV (4)
Dr.-Karl-Aschoff-Preis 1985	252 (4)
Sebastian-Kneipp-Preis 1985	252 (4)

Aus dem Institut für Medizinische Balneologie und Klimatologie der Universität München
(Vorstand: Prof. Dr. med. H. Drexel)

Voraussage und tatsächliche Aussage über das thermische Empfinden bei standardisierter Freiluft-Bewegungstherapie

A. SCHUH, K. DIRNAGL

Anschr. d. Verf.: Dr. rer. biol. hum.-Dipl.-Met. A. Schuh, Inst. f. med. Balneologie und Klimatologie der Universität München, Marchioninistraße 17, 8000 München 70

Eingang der Arbeit: 2. 6. 1984

Zusammenfassung

Die vorliegende Studie befaßt sich mit dem thermischen Empfinden von Patienten während Freiluft-Bewegungstherapie und dessen Vorhersage.

Wir untersuchten zwei Modellverfahren zur Vorhersage des zu erwartenden thermischen Empfindens PMV und fanden bei der Anwendung der Modelle im Freiland noch Probleme: Das thermische Empfinden der Probanden wurde als zu kühl beurteilt. Zusätzlich wiesen die Ergebnisse eine große Streuung auf.

Die deutlichste Abweichung zwischen Vorhersage und Aussage über das thermische Empfinden wurde für besonnte Strecken gefunden. Als Ursache wird eine falsche Einschätzung der Auswirkung der Strahlung auf das thermische Empfinden angenommen.

Summary

Prediction as compared to actual vote of thermal sensation during outdoor therapeutic exercise

This study deals with the thermal sensation of patients walking on training footways in a health-resort. We examined several methods to determine the thermal sensation index PMV (Predicted Mean Vote) and found some problems in their practical application: The predicted values of the index lie obviously below the thermal sensation vote of the patients and show a large individual variance.

The most significant deviation between prediction and real vote of thermal sensation was found for footways lying in the sun. Therefore, a wrong estimation of the influence of the radiation is probably giving rise to the difference between the answer of the patients and PMV.

Einleitung

In der Freiluft-Bewegungstherapie können die körperlichen Anforderungen, vor allem im Bereich des thermischen Wirkungskomplexes, durch bioklimatische Einflüsse modifiziert werden. Der Vorgang der menschlichen Wärmeabgabe wird durch die meteorologischen Parameter Lufttemperatur, mittlere Strahlungstemperatur der Umgebung, Dampfdruck und relative Windgeschwindigkeit beeinflusst.

Eine ausgeglichene Wärmebilanz ohne übermäßige Beanspruchung der Thermoregulation ist eine unerläßliche Voraussetzung, daß sich der Mensch im thermischen Komfort befindet. »Thermischer Komfort« heißt, daß man sich in seiner Umgebung behaglich, also weder zu warm noch zu kühl, fühlt.

Fanger (1) hat auf der Grundlage von Literaturlauswertungen und Experimenten ein Modell für den Aufenthalt in Innenräumen entwickelt, um das subjektive thermische Empfinden in Abhängigkeit von der Wärmebilanz vorherzusagen. Mit diesem Modell lassen sich über ein aufwendiges Rechenverfahren die multifaktoriellen Ursachen der Wärmeerzeugung und -abgabe zusammenfassen und quantitative Vorhersagen über zu erwartende Komfort- oder Diskomfortempfindungen machen. Zur Einordnung des

thermischen Empfindens hat *Fanger* den Index PMV (Predicted Mean Vote) eingeführt. Er ist an die sog. ASHRAE-Skala angeglichen, die eine subjektive Einteilung des Wärme- bzw. Kälteempfindens ermöglicht. Der Index PMV bildet die 7-teilige Ordinalskala verbaler Aussagen auf die ganzzahligen Werte eines Zahlenbereiches ab und ermöglicht es, eine funktionelle Beziehung zwischen der Wärmebilanz und dem thermischen Empfinden herzustellen.

Um PMV bei einer Freiland-Bewegungstherapie bestimmen zu können, müssen vor allem die im Freien sehr unterschiedlichen Strahlungsflüsse berechnet, gemessen oder aus verfügbaren meteorologischen Parametern abgeschätzt werden. Der Mensch ist beim Aufenthalt im Freien Strahlungsflüssen aus allen Richtungen ausgesetzt. Es treffen ihn von oben die direkte und die diffuse Sonnenstrahlung sowie die atmosphärische Gegenstrahlung. Von den Seiten und dem Boden wirken auf ihn die von der Umgebung reflektierten Anteile der Sonnenstrahlung und die langwellige Ausstrahlung der Umgebung ein.

Jendritzky und Schmidt-Kessen (3) stellen ein auf *Fanger's* Modell (1) basierendes Verfahren zur PMV-Bestimmung im Freiland vor. Es soll die Möglichkeit geben, aus körperlicher Aktivität, Isolationswerten der Bekleidung und den meteorologischen Größen Lufttemperatur und Windgeschwindigkeit den thermischen Reizwert PMV abzuschätzen, der bei einem Patienten im Freien zu erwarten ist. Dabei werden die Strahlungsbedingungen aus Bewölkung und Sonnenhöhe indirekt ermittelt.

In einer Studie (4, 5) haben wir Vergleiche zwischen der Voraussage nach *Jendritzky/Schmidt-Kessen* (3) bzw. *Fanger* (1) und der tatsächlichen Aussage von Patienten über ihr thermisches Empfinden während Freiluft-Bewegungstherapie angestellt.

Methodik

Die Untersuchung wurde unter Beteiligung von 100 gut gefähigen Kurpatienten mit unterschiedlichen Krankheitsbildern (63 Frauen und 37 Männer, Durchschnittsalter 53 Jahre) in Garmisch-Partenkirchen auf vier nach Steigung, Höhenlage, Sonnen- und Windexposition unterschiedlichen Übungswegen durchgeführt.

An mehreren festgelegten Ortspunkten erfolgte unterwegs die Messung der notwendigen bioklimatischen Parameter; gleichzeitig fand eine Befragung der Versuchspersonen nach ihrem thermischen Empfinden statt. Die Antwortmöglichkeiten waren gemäß der eingangs erwähnten ASHRAE-Skala vorgegeben. Das Befinden wird dabei in sieben Stufen unterteilt: kalt, kühl, leicht kühl, angenehm, leicht warm, warm und heiß. Jeder dieser Stufen wird eine Zahl zwischen -3 und +3 zugeordnet; -3 bedeutet kalt, +3 heiß und 0 angenehm.

Der Energieumsatz mußte auf der Basis von Gehgeschwindigkeit und Wegneigung aus Tabellen abgelesen werden, die *Fanger* (1) aus Literaturangaben zusammengestellt hat.

Die Strahlungswerte zur PMV-Vorhersage nach *Jendritzky/Schmidt-Kessen* können bei Kenntnis der Sonnenhöhe und Bewölkung aus den Nomogrammen in der Veröffentlichung der Autoren entnommen werden. Um das PMV nach *Fanger's* Methode auch im Freiland zu berechnen, wurden die tatsächlichen Strahlungsverhältnisse während der Begehung gemessen. Dabei wurde die mittlere Strahlungstemperatur der bodenseitigen Hemisphäre aus Messungen an den einzelnen umgebenden Oberflächen und dem Boden berechnet. Wir verwendeten hierzu ein Infrarotthermometer (Thermophil) der Fa. Ultracust. Für die seitliche Umgebung wurde die Strahlung aus insgesamt vier Raumwinkeln bestimmt, die jeweils auf den Weg in Gehrichtung vorne, hinten, rechts und links bezogen wurden. Global- und Himmelsstrahlung wurden mit einem Sternpyranometer (Typ Dirmhirm) von Schenk am Institut für atmosphärische Umweltforschung der Frauenhofer-Gesellschaft in Garmisch-Partenkirchen gemessen.*

* Wir danken Herrn. Dr. R. Reiter für die Zurverfügungstellung der Strahlungsdaten.

Ergebnisse:

Auf den Kurübungswegen wurden 1027 Meßphasen erfaßt. In *Abb. 1* sind die PMV-Berechnungen nach *Fanger*, also unter Verwendung von Strahlungsmessungen, und nach *Jendritzky/Schmidt-Kessen*, d. h. unter Verwendung der Tabellen und Nomo-gramme zur indirekten Abschätzung des Strahlungsflusses als kumulative Häufigkeitsverteilungen eingezeichnet. Sie werden mit den Probandenaussagen verglichen.

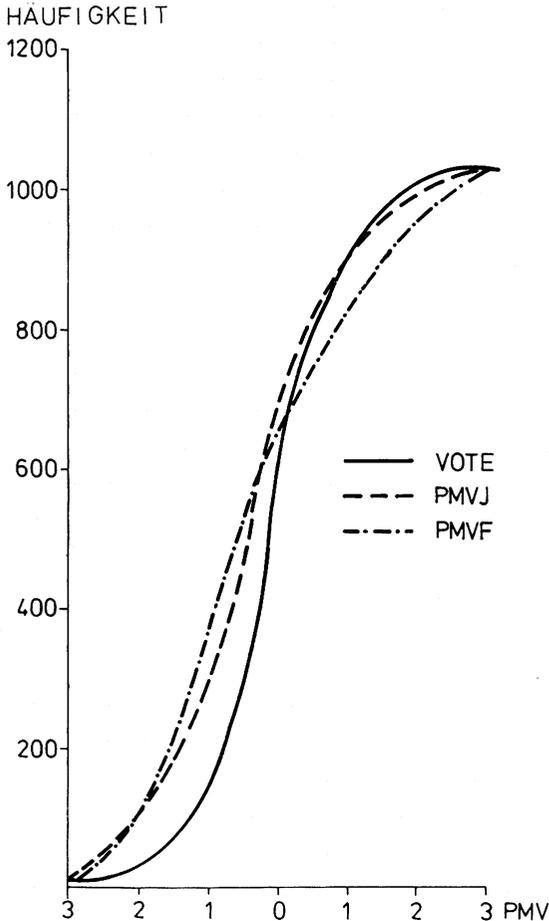


Abb. 1: Kumulative Häufigkeitsverteilung der PMV-Vorhersage nach *Fanger* (PMVF), *Jendritzky/Schmidt-Kessen* (PMVJ) und der Aussage der Probanden (VOTE).

Trotz der Annäherung der Kurven im indifferenten Bereich, d. h. im thermischen Komfort $-0,5 \leq \text{PMV} \leq +0,5$, wird die Häufigkeit der Probandenaussagen bei $\text{PMV} < -0,5$ sowohl nach *Fanger* als auch nach *Jendritzky* deutlich unterschätzt. Das thermische Empfinden wird hier im Mittel um etwas weniger als eine PMV-Stufe zu kühl beurteilt, während bei $\text{PMV} > +0,5$ die Häufigkeit der Antworten durch die *Fanger*-Gleichung unterschätzt wird. Die Verteilungskurve nach *Jendritzky* paßt sich hier recht gut an die Aussage-Kurve an.

In *Abb. 2* ist die Differenz zwischen der PMV-Berechnung nach *Jendritzky* (PMVJ) und der tatsächlichen Aussage der Patienten (VOTE) als kumulative Häufigkeitsverteilung dargestellt, wobei die Beobachtungsergebnisse nach unterschiedlicher Strecken- und wetterbedingter Sonnenexposition unterteilt wurden. Die Differenz PMVJ-VOTE ist für besonnte Strecken bei heiterem bzw. bewölktem Himmel und für schattige

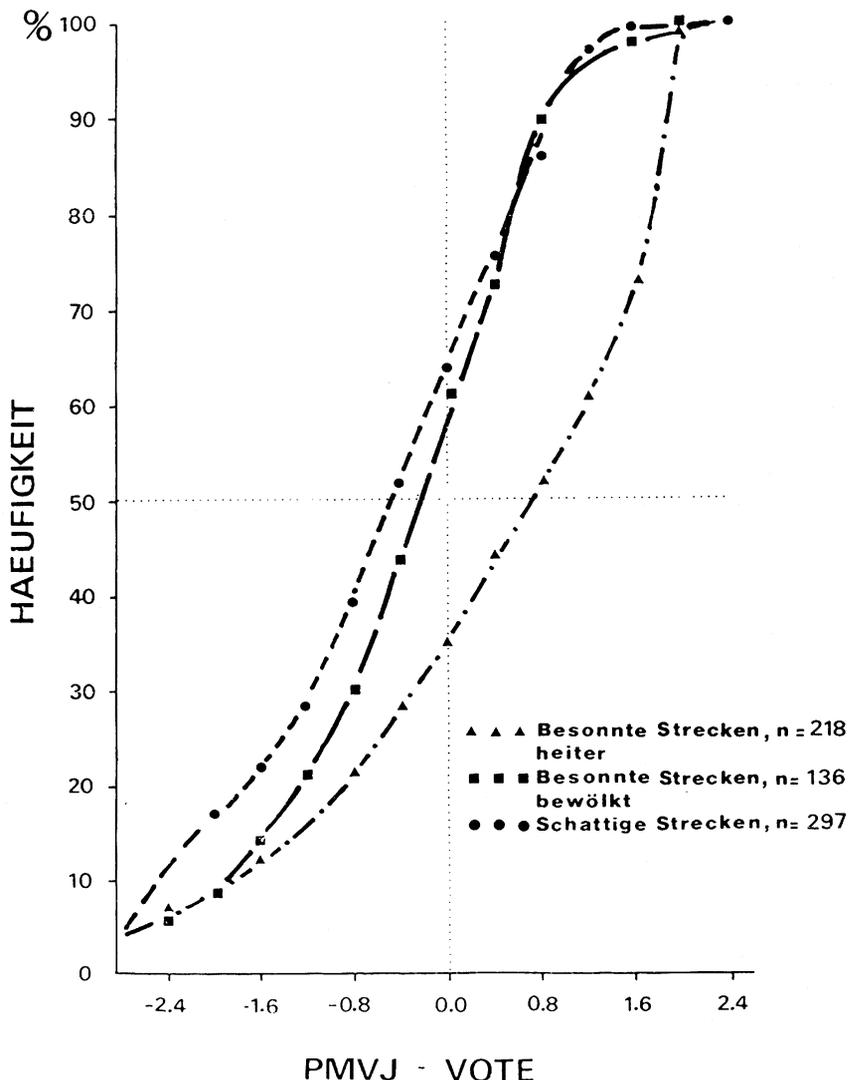


Abb. 2:

Kumulative Häufigkeitsverteilung der Differenz von PMV-Vorhersage nach *Jendritzky/Schmidt-Kessen* und der tatsächlichen Aussage der Probanden (PMVJ-VOTE), für besonnene Strecken, heiter bzw. bewölkt und für schattige Strecken dargestellt.

Strecken berechnet. Zwischen den Verteilungskurven bei schattigen Strecken bzw. bewölktem Himmel und der Kurve bei sonnigen Strecken zeigt sich ein deutlicher Unterschied. Man erkennt, daß bei schattigen Wegen und bei bewölktem Himmel rund 60% der Differenz von Vorhersage und Aussage im negativen Bereich liegen. Dies unterstützt die Folgerung aus *Abb. 1*, daß sich die Probanden wärmer fühlen, als nach *Jendritzky* anzunehmen wäre. Bei sonnigen Strecken und wolkenlosem Himmel dagegen werden nur etwa 35% der Differenz als zu kühl, dagegen 65% als zu warm beurteilt. Dies entspricht nicht unserem allgemeinen Ergebnis, d. h. bei sonnigen Strecken fühlten sich die Patienten kühler als nach der Vorhersage PMVJ. Analoges ergibt sich für die Abweichung der Vorhersage nach *Fanger* von den Aussagen.

Diskussion

Die Problematik der Vorhersage des thermischen Empfindens läßt sich in folgende drei Bereiche aufgliedern: a) mittlerer Verlauf der Abweichung, b) individuelle Streuung und c) in Unterschiede je nach den Besonnungsverhältnissen.

Ad a):

Ein hoher Anteil der Probanden, rund 50%, hat sich während der Begehung der Kurübungswege in thermischen Komfort, d. h. $-0,5 \leq \text{PMV} \leq +0,5$ befunden. Dagegen erbrachten die Berechnungen nach *Fanger* (1) bzw. *Jendritzky/Schmidt-Kessen* (3) überwiegend niedrigere PMV-Werte, d. h. daß im Mittel die Probanden ein stärkeres Kälteempfinden hatten, als es laut Vorhersage zu erwarten gewesen wäre. Gründe für die mittlere Abweichung der Vorhersage vom tatsächlichen thermischen Empfinden können darin liegen, daß die Modelle nur für stationäre Verhältnisse gelten. Bei einer Wanderung ändern sich die Umweltbedingungen und die physischen Anforderungen häufig und dementsprechend ändert sich die physiologische Reaktion des menschlichen Körpers. Ein steady state kann in diesem Fall kaum erreicht werden.

Eine weitere mögliche Erklärung für die Abweichung von Vorhersage und Aussage im negativen PMV-Bereich kann sein, daß die ASHRAE-Skala (7), die der Befragung und den Rechenverfahren zugrunde liegt, im Minus-Bereich nicht äquidistant abgebildet werden kann. Es bestehen bisher keine physiologischen Erkenntnisse darüber, ob die Spannbreite des thermischen Empfindens z. B. von kühl bis kalt genauso groß ist, wie von warm bis heiß. Dies könnte zu einer falschen Bewertung des thermischen Empfindens durch die Modelle führen, die sich ja an die ASHRAE-Skala anlehnen.

Ad b):

Zudem fanden sich große individuelle Unterschiede des Wärmeempfindens und seiner verbalen Darstellung. Dabei müssen von den Probanden selbst ausgehende Ursachen wie Alter, Geschlecht, Konstitution, Akklimatisation und Gesundheitszustand, die das thermische Empfinden beeinflussen und in den Modellverfahren nicht berücksichtigt werden, als Ursache für die starke individuelle Streuung erwogen werden.

Das statistische Verfahren bei der Ermittlung des PMV von *Fanger* bedingt, daß die Ergebnisse jeweils Mittelwerte für eine große Gruppe von Personen darstellen. So ist keine individuelle Betrachtung möglich, sie ist aber für die nutzbringende Anwendung im Kurbereich wesentlich.

Weiter liegen individuelle Unterschiede in der Wärmeproduktion. In den Modellen ist die Größe »körperliche Aktivität« nur für einen Standardmenschen angelegt. Um eine konkrete Bestimmung durchzuführen, müßten diese Werte, z. B. durch Berücksichtigung des Körpergewichtes, Trainingszustandes oder der Gehweise auf den Einzelfall bezogen werden. Die in den Tabellen von *Fanger* verwerteten experimentellen Bestimmungen der Aktivität fanden überwiegend auf dem Laufband- und Fahrradergometer statt. Seltener wurden Versuche im Freiland unternommen. Auf die Bestimmung der Aktivität im Freiland aus dem O₂-Verbrauch oder aus Abschätzungen aus Vergleichen mit der Pulsfrequenz bei Ergometrie wird in einer nachfolgenden Veröffentlichung ausführlicher eingegangen werden.

Ad c):

Bei der Berücksichtigung der Strahlungsbedingungen im Freien auf der Grundlage der *Fanger*-Gleichung ergeben sich Probleme. Bei der Übertragung des Modells von *Fanger* ins Freiland mußte die mittlere Strahlungstemperatur bestimmt werden. Sie erhöht sich im Freiland – über *Fanger's* Berechnung für Innenräume hinaus –, wenn die Sonne als zusätzliche Strahlungsquelle vorhanden ist. *Jendritzky* und *Sönning* (4) dehnten *Fanger's* Annahmen auf Freilandbedingungen aus, indem sie zu den Strahlungsbedingungen der Umgebung auch den Einfluß der direkten Sonnenstrahlung berücksichtigten.

Eine daraus resultierende Schwierigkeit zeigt die Unterteilung in besonnte und schattige Wegabschnitte (*Abb. 2*) auf. Der Einfluß der Strahlung wird dabei überbewertet, was sich darin äußert, daß das thermische Empfinden bei sonnigen Wegen als zu warm und bei im Schatten liegenden Wegen als zu kühl vorhergesagt wird. Die deutlichsten Unterschiede zwischen Aussage und Vorhersage wurden für besonnte Streckenabschnitte gefunden. Eine mögliche Ursache wäre dafür eine falsche Einschätzung der direkten Sonnenstrahlung auf das thermische Empfinden. Der Wärmeaustausch durch Zu- oder Abstrahlung nach *Fanger's* Vorhersagegleichung liegt zwar im Mittel im Normbereich, jedoch wird er bei sonnigen Strecken und wolkenlosem Himmel viel stärker bewertet als bei schattigen Strecken. Wir verglichen zwei Streckenabschnitte: Im sonnigen Fall war der Wärmegewinn durch Strahlung 31,3% des Gesamtenergieumsatzes, während im schattigen Fall nur 9,3% des Umsatzes durch Abstrahlung verloren gingen. Der Abstand vom indifferenten Zustand ist bei direkter Sonnenstrahlung wesentlich größer als bei bedecktem Himmel. Also ist der Einfluß eines eventuellen Bewertungsfehlers der direkten Sonnenstrahlung auf der positiven Seite (d. h. Wärmegewinn durch Zustrahlung) größer als auf der negativen (Wärmeverlust durch Abstrahlung).

Ebenso ist eine falsche Bewertung des kurzwelligen Absorptionskoeffizienten der Kleidung, der multiplikativ mit der Sonnenstrahlung verbunden ist, nicht auszuschließen.

Zudem könnte man Zweifel an der Grundannahme *Fanger's* anmelden, daß die einzelnen Arten des Wärmeverlusts oder -gewinns in ihrer Wirkung auf das Empfinden nur nach Maßgabe ihres Beitrags zur Bilanz gegenseitig ersetzbar sind. So kann man beispielsweise nicht ohne weiteres davon ausgehen, daß der Wärmeverlust durch Konvektion denselben Einfluß auf das thermische Empfinden hat, wie der Wärmeverlust durch Abstrahlung. Dies zeigen auch Überlegungen *Gärtner's* (2), der in seiner Veröffentlichung dieses Problem aufgegriffen und ausführlich diskutiert hat.

Literatur

1. *Fanger, P. O.*: Thermal Comfort. McGraw-Hill Book Company, New York, 1972
2. *Gärtner, W.*: Die Komponenten des Wärmehaushaltes unter dem Einfluß äußerer Abkühlung oder Aufwärmung des Menschen. Z. angew. Bäder- und Klimaheilk. 15:463, 1968 und 16:224, 1969
3. *Jendritzky, G.; Schmidt-Kessen W.*: Bewegungstherapie im heilklimatischen Kurort. Schriftenreihe des dt. Bäderverbandes 43:116–138, 1981
4. *Jendritzky, G.; Sönning, W.; Swantes, H. J.*: Ein objektives Bewertungsverfahren zur Beschreibung des thermischen Milieus in der Stadt- und Landschaftsplanung («Klima-Michel-Modell»). Beiträge Akademie für Raumforschung und Landschaftsplanung, Band 28, Herrmann Schrödel Verlag, Hannover, 1979
5. *Schuh, A.*: Menschliche Wärmebilanz und Empfindung von Patienten auf Kurübungswegen im Gebirge. Diplom-Arbeit in Meteorologie, München 1982
6. *Schuh, A.*: Klimatische Einflüsse auf die Bewegungstherapie. Dissertation, München 1984
7. *American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers*: Thermal Comfort Conditions. ASHRAE-Standart 55–66, New York, 1966