



Hessischen Universitätsklinik für Haut- und Geschlechtskrankheiten in Gießen
Direktor: Prof. Dr. Jesionek

Messung von Hauttemperaturen
mit nadelförmigem Thermoelement u. Schleifengalvanometer
und deren Ergebnisse

Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde

der medizinischen Fakultät
der Hessischen Ludwigs-Universität
zu Gießen

*mit
B
59
20*



vorgelegt von
HERMANN DECKER
aus Lauterbach

Gießen 1935
Buchdruckerei Franz Vogt & Co., Gießen

Aus der Hessischen Universitätsklinik für Haut- und Geschlechtskrankheiten in Gießen
Direktor: Prof. Dr. Jesionek

**Messung von Hauttemperaturen
mit nadelförmigem Thermoelement u. Schleifengalvanometer
und deren Ergebnisse**

**Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde**

der medizinischen Fakultät
der Hessischen Ludwigs-Universität
zu Gießen

vorgelegt von

HERMANN DECKER
aus Lauterbach

Gießen 1935

Buchdruckerei Franz Vogt & Co., Gießen

Gedruckt mit Genehmigung der
Medizinischen Fakultät zu Gießen
Dekan: Prof. Dr. A. W. Fischer
Referent: Prof. Dr. W. Schultze

Sonderabdruck aus den „Bioklimatischen Beiblättern“
der „Meteorologischen Zeitschrift“. Heft 1, 1935.

Messung von Hauttemperaturen mit nadelförmigem Thermoelement und Schleifengalvanometer und deren Ergebnisse

Von Hermann Decker, Jena

Mit 2 Abbildungen

Zusammenfassung. Bei dem thermoelektrischen Kontaktverfahren zur Messung der Hautoberflächentemperaturen sind methodisch einige Fehlerquellen zu beseitigen, die sich bei den praktisch unvermeidlichen Schwankungen der Außentemperatur geltend machen.

Für die Form des messenden Thermoelements wird die Nadelform vorgeschlagen, die vor den ausgespannten Auflageelementen neben einigen anderen Vorteilen denjenigen besitzt, in das zu messende Oberflächenmedium (Stratum corneum) eindringen zu können und so die physikalischen Voraussetzungen zu einwandfreier Temperaturmessung am besten erfüllt.

Die früheren Ergebnisse über die Temperaturhöhe der menschlichen Haut werden im wesentlichen bestätigt; die Temperaturverteilung am Körper der einzelnen Individuen hingegen wird unter normalen äußeren Umständen uneinheitlicher als früher befunden.

Ferner wird aufmerksam gemacht darauf, daß die ermittelten großen Verschiedenheiten in der Durchwärmung der distalen Extremitätenabschnitte für den Gesamtwärmehaushalt des Körpers eine große Bedeutung haben. Zur Ermittlung der sogenannten mittleren Strahlungstemperatur der Haut ist daher auf den Wärmezustand der Extremitäten größtes Gewicht zu legen.

Verschiedenheiten im Oberflächenrelief der Haut können bei Temperaturmessungen zur Energiebilanz des Körpers in weitestem Umfange außer Betracht bleiben, sofern es sich nicht um akut entzündliche Dermatosen handelt.

Die Frage nach der Bestimmung der Temperaturen der menschlichen Hautoberfläche hat durch verschiedene Veröffentlichungen der letzten Jahre eine stärkere Betonung erhalten. Das Verlangen nach einer direkten zuverlässigen Hauttemperaturmessung findet besonderen Ausdruck auf dem Gebiete der *Physiologie der Haut* selbst; weiter ist sie besonders in jüngster Zeit zu einem viel umstrittenen Faktor in der Lehre vom *Energiehaushalt* des menschlichen Körpers geworden.

Bemerkenswert ist hier nun einerseits bei vielen Autoren die zögernde Art in der Angabe von absoluten Zahlen, ebenso wie andererseits an Stellen, wo solche in näheren Zusammenhängen genannt werden, die großen Differenzen auffallen, die unter diesen Angaben bestehen bleiben, selbst wenn man die uneinheitlichen Versuchsbedingungen mit berücksichtigt.

Schon hiernach erscheint die Vermutung berechtigt, daß diese Unsicherheit in dem Mangel an einer allgemeingültigen Methodik begründet liegt. In der Tat zeigt es sich bei der Prüfung der Angaben über die verwandten Apparaturen, daß es sich bei diesen meist um kaum mehr als Versuchskonstruktionen handelt.

Die umfassendste Darstellung und Kritik der bis dahin angewandten Methoden stammt von Cobet⁵⁾ aus dem Jahre 1926; die Ausführungen besitzen im wesentlichen noch heute Gültigkeit. Spätere Veröffentlichungen greifen dementsprechend ausnahmslos auf ihn zurück. Das von ihm als das einwandfreiste befundene thermoelektrische Kontaktverfahren wird von der Mehrzahl der Untersucher angewandt. Einige bestimmen die Hauttemperatur noch indirekt durch Messung der Wärmeausstrahlung [Bohnenkamp⁶⁾, Philipp¹¹⁾ u. a.]; zu den Ausnahmen gehört

die Benutzung des Quecksilberthermometers [Mayer⁹⁾]. Auch uns erschien das erstgenannte Verfahren von vornherein als das aussichtsreichste.

Die Forderungen, die an ein solches Meßgerät für biologische Zwecke gestellt werden können und gestellt werden müssen, sind folgende:

1. Einfachheit, d. h. Verwendungsmöglichkeit auch außerhalb des Laboratoriums.
2. Angabe von absoluten, reproduzierbaren Werten.
3. Mittlere Empfindlichkeit und Meßgenauigkeit von 0.1° C bei kürzestmöglicher Einstellzeit des Meßinstruments.

Bei Berücksichtigung von Punkt 1 verbot sich so unter allen Umständen die Benutzung eines Spiegelgalvanometers. Auch auf die schon von Benedict¹⁾ als erwünscht bezeichnete Konstanzhaltung der Temperatur der Kompensationslötlstellen durch thermostatische Regulierung mußte aus dem gleichen Grunde verzichtet werden.

Zu Punkt 2 mußte an die Beseitigung aller Möglichkeiten gedacht werden, die den Meßstrom in irgendeiner Weise verändern oder fälschen können. In erster Linie kommen hierfür *thermoelektrisch aktive Stellen* im Meßstromkreis außerhalb der Meß- und Kompensationslötlstellen in Frage. Es dürfen also zwischen den genannten Stellen und dem Galvanometer sich keine weiteren Metallverbindungen oder Lötstellen befinden, wie dies bei einigen im Handel befindlichen Konstruktionen der Fall war und noch der Fall ist. Bei den unvermeidlichen Schwankungen in der Temperatur einer beweglichen Leitung sind dann Stromschwankungen möglich, die einem Fehler von mehreren Grad C der Meßtem-

Bei der eigentlichen Messung wurde die Nadel tangential auf die Haut aufgelegt, und zwar so, daß sie möglichst in ihrer ganzen Länge mit der Haut in Berührung war. Dann wurde durch leichte, gleitende Bewegung die Spitze der Nadel ebenfalls tangential etwa 0.5 bis 1.0 mm in die Hornschicht der Haut eingestochen. Die Spitze mußte dabei in den obersten Schichten des Stratum corneum, also sichtbar bleiben, wie auch der ganze Vorgang von der Versuchsperson nicht als Stich gefühlt werden durfte. Diese bei bloßer Beschreibung etwas schwierig erscheinende Manipulation war dank der natürlichen, geschichteten Beschaffenheit der Hornhaut sehr einfach auszuführen. Eine verschiedene Temperaturangabe durch verschiedene Tiefe des Einstichs fand erst statt, wenn der *gefäßführende Papillarkörper* getroffen wurde, was jedoch bei genau tangentialem Anlegen der Nadel und bei nur ganz leichtem Auflagedruck unmöglich war. Eine Alteration der Haut, die zu einem veränderten Füllungszustand ihrer Gefäße hätte führen können, war nicht zu befürchten; zum mindesten wäre eine in der Folge davon auftretende Temperaturschwankung bedeutend später zu erwarten gewesen als nach der Ablesezeit von 5 sec. Es bestand auch die Möglichkeit, auf das Einstechen überhaupt zu verzichten und die Nadel mit etwas stärkerem Druck nur anzulegen, also in gleicher Weise zu benutzen wie die bisher viel gebrauchten Auflageelemente. Man erhielt dann die gleichen Temperaturwerte; lediglich die Einstellzeit des Galvanometers verlängerte sich auf etwa das Doppelte, auf 10 bis 15 sec. Wir verwandten in allen Fällen die Methode des Einstechens, da wir

den Wegfall jedes Druckes auf die Meßstelle als entscheidenden Vorteil betrachteten.

Zu bemerken ist hier noch, daß die Anlage in der geschilderten Form mit geringen technischen Hilfsmitteln herzustellen war. Die Selbstanfertigung der Nadel wie auch der übrigen Teile der Anlage dürfte in einem normal eingerichteten physikalischen Laboratorium oder in jeder Mechanikerwerkstatt ohne Schwierigkeit möglich sein.

Die geringe Trägheit und kurze Einstelldauer unserer Anlage gestattete es, eine große Anzahl von Einzelmessungen an vielen Punkten des Körpers in kürzester Zeit vorzunehmen. Gemessen wurde nach einem Schema, das 32 Meßstellen an skeletotopisch genau festgelegten Punkten der gesamten Körperoberfläche verteilte. Um den zufälligen Temperaturschwankungen, die unregelmäßige Gefäßversorgung kleiner Hautbezirke mit sich bringt, zu begegnen, führten wir an jeder dieser 32 Meßstellen innerhalb eines kreisförmigen Hautgebietes von 2.5 cm Durchmesser drei bis vier Einzelmessungen aus und werteten das arithmetische Mittel derselben. Im ganzen wurden also an jeder Person etwa 100 Messungen ausgeführt, insgesamt im Rahmen der Arbeit etwa 5000 Einzelmessungen.

Als Versuchspersonen standen uns 44 Personen (12 Frauen, 32 Männer) im Alter von 12 bis 52 Jahren zur Verfügung. Von diesen waren 28 teils Gesunde, teils geringfügig lokal Erkrankte (meist Fälle von nahezu abgeheilten, akuter Gonorrhoe), bei denen eine Störung im Gesamtwärmehaushalt nicht zu erwarten war, und deren Hautbeschaffenheit der Norm des Kulturmenschen entsprach. Nur

Tabelle der Mittelwerte (abgerundet auf 0.05° C)

Meßbezirk	Frauen			Männer			
	Mittel	Minimum	Maximum	Mittel	Minimum	Maximum	
Kopf	Stirn	34.55	33.2	35.7	34.85	32.7	35.8
	Nacken	34.45	34.0	35.4	34.85	33.6	36.0
Rumpf	Brust	33.85	32.3	34.8	33.95	32.8	35.3
	Rücken	33.95	32.4	34.7	34.4	32.2	35.3
	Bauch	33.3	29.3	34.6	33.8	32.3	35.0
	Kreuz	34.65	32.5	35.7	34.55	33.0	35.8
Obere Extremitäten	Gesäß	31.85	31.5	32.5	32.5	30.4	34.9
	Handrücken, Mitte	30.65	25.6	31.7	30.9	25.1	35.7
	Hohlhand, Mitte	31.65	26.5	33.5	31.9	25.0	36.6
	Unterarm Streckseite, Mitte	31.45	28.9	33.4	33.2	30.4	35.3
	Unterarm Beugeseite, Mitte	32.25	30.3	33.8	33.35	30.9	36.0
	Oberarm Streckseite, Mitte	31.3	28.5	34.1	32.7	30.3	34.4
	Oberarm Beugeseite, Mitte	33.0	31.3	34.6	33.55	31.9	34.6
	Fußrücken, Mitte	29.3	25.6	31.8	30.95	27.5	33.3
	Fußsohle, Mitte	27.95	23.4	30.8	28.7	25.3	34.3
	Untere Extremitäten	Unterschenkel Streckseite, Mitte	31.25	30.2	32.9	32.75	30.1
Unterschenkel Beugeseite, Mitte		32.05	30.8	33.0	32.95	31.4	34.5
Oberschenkel Streckseite, Mitte		31.95	29.2	34.8	32.5	30.6	33.9
Oberschenkel Beugeseite, Mitte		31.05	30.1	33.8	32.7	29.7	34.5

diese 28 wurden zur Berechnung der Mittelwerte (siehe Tabelle S. 8) herangezogen. Die restlichen 16 waren Patienten, deren Haut in verschiedener Weise pathologisch verändert war; die Meßergebnisse wurden dementsprechend ausgewertet.

Die äußeren Bedingungen der Messungen sollten möglichst genau gleichbleibend und jederzeit leicht reproduzierbar sein. Es wurde daher am *liegenden, unbedeckten Menschen* gemessen, der auf einem gewöhnlichen lakenüberzogenen, leichtgepolsterten Untersuchungstisch Platz genommen hatte. Genau bestimmt und in jedem Meßprotokoll festgehalten wurden die *Raumtemperatur*, die *relative Feuchtigkeit* und in einem Teil der Messungen noch die *Abkühlungsgröße* mit dem Davoser Frigorimeter nach Dornos-Thilenius. Es hielt sich die Raumtemperatur an der unteren Grenze der sogenannten Behaglichkeitstemperatur, im Mittel bei 22,7° C (Max. 24,5° C, Min. 21,0° C). Die relative Feuchtigkeit lag zwischen 64 und 78 %; die Abkühlungsgröße betrug im Mittel 2,5 g/cal/Min. (Max. 3,5, Min. 2,3 g/cal/Min.) Vor Beginn der eigentlichen Messung hatte jede Versuchsperson etwa 10 bis 15 Min. entkleidet auf dem Untersuchungstisch liegend sich an die Raumtemperatur gewöhnt.

Ergebnisse der Messungen

Temperaturhöhe

Was die absolute Höhe der gefundenen Temperaturwerte anbetrifft, so steht sie mit derjenigen der Veröffentlichungen der letzten Jahre, wie sie allerdings meist nur für Einzelmessungen vorliegen, in gutem Einklang. Für die Temperaturverteilung am Körper hingegen fanden wir im Gegensatz zu einigen früheren Angaben, daß hier auch unter gewöhnlichen, den unsrigen ähnlichen äußeren Bedingungen die größten Schwankungen auftraten.

Systematische Untersuchungen, bei denen infolge von einheitlichen Versuchsbedingungen teilweise Vergleichsmöglichkeiten mit unseren Ergebnissen bestehen, sind bisher von Benedict¹⁾ angestellt worden. Soweit hierzu eine Kritik möglich ist, erscheinen uns die Benedict'schen Werte um den geringen Betrag von 0,25 bis 0,3° C zu tief gegriffen. Bestimmt gilt dies für die höher liegenden Temperaturwerte an unbedeckten Körperstellen, z. B. die Stirn, wo wir unter gleichen äußeren Bedingungen fast regelmäßig bis zu 1° C höhere Werte fanden. Wir führen diese Differenz auf die verringerte Wärmekapazität unserer Thermonadel und die dadurch verminderte Trägheit in der Einstellung der Apparatur zurück.

Wie schon früher fast regelmäßig beobachtet, lagen die Temperaturen für Frauen im Mittel um etwa 0,3 bis 0,4° C niedriger als für Männer. Daß

die mittleren Nackentemperaturen der Frauen die der Männer um 0,1° C übertreffen, ist wohl mit Sicherheit als die Folge der durch die Haartracht hervorgerufenen Wärmestauung anzusehen; die gleiche Umkehrung des Verhältnisses der Temperaturen im Kreuz mag in der beim Manne oft geringeren Lordose der Lendenwirbelsäule und der damit für die Abstrahlung günstigeren Oberflächenform begründet sein.

Der Unterschied in der Temperaturhöhe zwischen symmetrischen Stellen rechts und links ist sehr gering, im Gesamttemperaturbild kleiner als 0,1° C. Wo im Einzelfall gröbere Abweichungen vorkommen, so sind sie offensichtlich durch äußere Zufälligkeiten, wie z. B. unbemerktes zur Faust geschlossenes Tragen der Hohlhand verursacht.

Auffällig an den Ergebnissen bleibt lediglich die sehr verschiedene Steilheit in dem Temperaturgefälle vom Rumpf zu den distalen Extremitätenabschnitten hin. Während die Temperaturen des Stammes unter unseren genau gleichen Versuchsbedingungen bei Menschen verschiedensten Alters, Geschlechts und Konstitutionstyps um kaum mehr als 1° C um den Mittelwert schwankten, wiesen die Temperaturen der Extremitäten die größten Verschiedenheiten auf. Im Mittel lagen die Hand- und Fußtemperaturen um etwa 4,5° C tiefer als die des Stammes; jedoch betrug die gleiche Differenz unter denselben Versuchsbedingungen bei einem Teil der Personen kaum mehr als 2° C, bei einem anderen Teil 8 bis 9° C. Dabei war irgendein gemeinsames äußeres körperliches Merkmal für eine der Gruppen einheitlichen Temperaturverhaltens nicht mit Sicherheit nachzuweisen. Es handelt sich wohl hier um die gleiche Beobachtung, für die Schade¹²⁾ die Begriffe der „thermoäquale“ bzw. der „thermoinäquale“ Körperbeschaffenheit geprägt hat.

Für den Gesamtwärmehaushalt des Körpers muß der jeweilige Wärmezustand der Extremitäten von größter Bedeutung sein, da von der geometrischen wie auch von der strahlungswirksamen Gesamtoberfläche des Körpers nahezu die Hälfte auf die wechselnd warmen Extremitätenabschnitte entfällt. Die letzteren sind es also auch, die bei der Bestimmung der „mittleren Strahlungstemperatur“ in der Energiebilanz des Körpers besondere Beachtung verdienen.

Weiter gewinnt die Tatsache der verschiedenen Durchwärmung weiter Hautgebiete an Bedeutung, wenn man, wie dies im Rahmen ähnlicher Untersuchungen bisher fast durchweg geschehen ist, die Haut nicht nur als die physikalische Oberfläche des menschlichen Körpers auffaßt, sondern sich daran erinnert, daß dem Hautparenchym mit großer Wahrscheinlichkeit Organaufgaben endokriner Art zufallen. Von der Lebenstätigkeit der Hautzellen muß man annehmen, daß sie, wie die

meist sehr dünn und verletzlich war und wir mit unserem nadelförmigen Thermoelement leicht in tiefere, gefäßführende Schichten gerieten.

Die Unabhängigkeit der Hauttemperatur vom Hautrelief braucht uns nicht weiter auffällig zu sein, wenn wir zu unseren Betrachtungen das Lambert'sche Cosinusetz der Physik heranziehen. Nach diesem ist die Größe der Strahlungsabgabe einer Fläche lediglich von der Projektionsgröße der Fläche in die zur Strahlungsrichtung senkrechten Ebene abhängig, also unabhängig von Einzelkrümmungen oder δ -faltungen derselben, d. h. in unserem Falle von den Reliefänderungen. Da unter unseren Versuchsbedingungen allein etwa die Hälfte der Gesamtwärmeabgabe auf Strahlung entfällt, ist es verständlich, daß bei Reliefänderungen keine meßbare Verschiebung der Hauttemperatur beobachtet wurde. Daß, wie Bohnenkamp²⁾ annimmt, das Lambert'sche Gesetz seine Geltung verliert, wenn die Spaltbreite der Hautfältelung in den Bereich der Wellenlänge der vorzugsweise emittierten Strahlung (etwa 10μ) rückt, bedarf hier noch einer besonderen Erwähnung. Eine sichere Beurteilung dieses Grenzfalles, den sehr fein gegliedertes Hautrelief darstellt, dürfte jedoch erst möglich sein, wenn Reflexionsbestimmungen im Ultrarot an der Haut vorliegen.

Bei Ausglättung des Oberflächenprofils der Haut über größere Flächen des Körpers durch Auftragen von Salben oder Pasten erhöhte sich die Hauttemperatur nicht unbeträchtlich (in einem Falle um durchschnittlich 0.6°C). Der Grund hierfür ist jedoch ohne Zweifel in der behinderten Perspiratio insensibilis zu suchen und nicht in der Veränderung des Reliefs.

Literatur

- ¹⁾ Benedict, F. G. and H. S. Parmenter, Human Skin Temperature. The American Journal of Physiology 87, 1929, Nr. 3.
- ²⁾ Bohnenkamp, Über die Strahlungsverluste des Menschen und ihre physiologische Bedeutung. Verhandl. d. physikal.-medizin. Gesellschaft Würzburg, N. F. 54, 1929, Heft 1.
- ³⁾ Bohnenkamp, Das Grundgesetz des Energiewechsels in der Biologie. Klinische Wochenschr. 1931, Nr. 38.
- ⁴⁾ Büttner, K., Zur Physik der Bestimmung der menschlichen Energiebilanz im Zimmer und im Freien. Verhandl. d. Deutschen Gesellschaft für innere Medizin 45, 1933.
- ⁵⁾ Cobet, R., Die Hauttemperatur des Menschen. Ergebnisse der Physiologie 25, 1926. (Dasselbst weitere ausführliche Literaturangabe.)
- ⁶⁾ Jesionek, Tuberkulose und Haut. Teil Haut, Kap. Temperaturen. Verlag A. Töpelmann, Gießen. 1929.
- ⁷⁾ Lederer, F., Über Schwankungen der Hauttemperatur und der Schweißsekr. unter dem Einfluß veränderter Umweltsbedingungen. Dissert. Gießen. 1928.
- ⁸⁾ Lusezak, A., Das Messen der Temperatur der Hautoberfläche. Abhandl. aus d. Gesamtgeb. d. Hygiene. (Hyg. Institut d. Univ. Wien.) Verlag F. Deuticke. 1932.
- ⁹⁾ Mayer, E., Hauttemperatur in der Narkose. Deutsche Zeitschr. f. Chirurg. 236, 1932.
- ¹⁰⁾ Pfeleiderer, H., Wärme- und Wasserverlust des Gesunden im Zimmer und im Freien. Verhandl. d. Deutschen Gesellschaft für innere Medizin 45, 1933.
- ¹¹⁾ Philipp, H., Die Beeinflussung d. Wärmestrahlung der menschlichen Haut durch physikalische Teilbehandlung. Zeitschr. für d. gesamte physikal. Therapie 38, 6, 1930.
- ¹²⁾ Schade, Handbuch der normalen und pathol. Physiologie 17, Kap. Wärme.
- ¹³⁾ Schultze, W., Temperaturmessungen im Innern der Haut und ihre Beziehungen zur Abkühlungsgröße. Strahlentherapie 39, 1931.
- ¹⁴⁾ Zondek, Tiefenthermometrie. Münchener med. Wochenschr. 1919/20, 1.—5. Mitteilung.

51997



Lebenslauf

Ich, Hermann Decker, wurde geboren als Sohn des damaligen Oberlehrers Eduard Decker und seiner Frau Emma geb. Möller, zu Lauterbach in Hessen. Nach Übersiedlung meiner Eltern nach Alsfeld (Hessen) besuchte ich dort vom Jahre 1912 ab die Oberrealschule, an der ich im Februar 1923 die Reifeprüfung ablegte.

Nach vorübergehender Tätigkeit als Maschinenbaupraktikant in Mannheim im Jahre 1923 begann ich im W.-S. 1926/27 das Studium der Medizin in Gießen. Mit Ausnahme des W.-S. 1929/30, das ich als Medizinstudierender in Berlin verbrachte, verblieb ich alle meine Studiensemester in Gießen. Hier exmatrikulierte ich im März 1932 und legte im Juni 1932 die ärztliche Staatsprüfung ab.

Von Anfang Juli bis Anfang Dezember 1932 war ich als Medizinalpraktikant an der Univ.-Hautklinik in Gießen beschäftigt; von Anfang Februar bis Anfang Oktober 1933 arbeitete ich an der 2. Chirurgischen bzw. der 1. Medizinischen Univ.-Klinik der Charité in Berlin. Am 7. Oktober 1933 erhielt ich meine Approbation als Arzt; im Anschluß daran befand ich mich 3 Monate lang als Volontärassistent an der Univ.-Hautklinik in Gießen. Als planmäßiger Assistent arbeitete ich dann von März bis November 1934 an der Hautklinik der städtischen Krankenanstalten zu Bremen. Die anschließend angenommene Assistentenstelle an der Univ.-Hautklinik in Jena verließ ich bereits wieder im Februar 1935, um als Assistent an die Univ.-Hautklinik in Gießen zurückzukehren, wo ich mich jetzt noch befinde.

Gießen, im August 1935.





