

ABHANDLUNGEN ÜBER DIE PATHOPHYSIOLOGIE
DER REGULATIONEN

Herausgeber

H. Kleinsorge, Jena · H. W. Knipping, Köln · R. Wagner, München

Heft 4

Elektrobiologische Hautuntersuchungen
bei inneren Erkrankungen
insbesondere bei vegetativen Funktionsstörungen

Von

Dr. med. habil. HEINZ-OTTO DORSCHIED

Oberarzt der Tbc-Klinik Bad Berka

Mit 74 Abbildungen und 67 Tabellen im Text



VEB GUSTAV FISCHER VERLAG JENA

ABHANDLUNGEN ÜBER DIE PATHOPHYSIOLOGIE
DER REGULATIONEN

Herausgeber

H. Kleinsorge, Jena · H. W. Knipping, Köln · R. Wagner, München

Heft 4

Elektrobiologische Hautuntersuchungen
bei inneren Erkrankungen
insbesondere bei vegetativen Funktionsstörungen

Von

Dr. med. habil. HEINZ-OTTO DORSCHIED
Oberarzt der Tbc-Klinik Bad Berka

Mit 74 Abbildungen und 67 Tabellen im Text



VEB GUSTAV FISCHER VERLAG JENA

1960

Aus der Medizinischen Universitäts-Poliklinik Rostock
(ehem. Direktor: Prof. Dr. Robert E. Mark)

ES 17. F. 1

Alle Rechte vorbehalten · Printed in Germany
Copyright 1960 by VEB Gustav Fischer Verlag Jena
Lizenznummer 261 215/16/60
Gesamtherstellung Druckerei „Magnus Poser“ Jena
Gesetzt aus Bodoni-Antiqua

Abhandlungen über die Pathophysiologie der Regulationen

Heft 4

ELEKTROBIOLOGISCHE HAUTUNTERSUCHUNGEN BEI INNEREN
ERKRANKUNGEN

Inhaltsverzeichnis

A. Einleitung	
Allgemeine Zusammenhänge, Fragestellung und Übersicht	1
B. Elektrobiologische Hautuntersuchungen in der Inneren Medizin	
I. Allgemeine Grundlagen	
1. Anatomie und Physiologie der Haut	5
2. Beziehungen zum vegetativen Nervensystem, Reflexlehre, vegetativ-nervöse Versorgung der Haut	7
3. Elektrophysiologie der Haut	9
II. Hautleitwertmessungen (Gleichstromwiderstandsbestimmungen) und spezielle patho-physiologisch-klinische Zusammenhänge	
1. Hautleitwertbestimmung und klinische Diagnostik	14
2. Das Elektrodermatogramm (EDG) nach REGELSBERGER	17
a) Schrifttum	17
b) Eigene Untersuchungen	22
1. Methodik	22
2. EDG bei vegetativer Dystonie	26
3. EDG bei einigen internen Erkrankungen	32
4. EDG bei Fettsucht unter Saftfastentherapie	46
5. Besprechung der Ergebnisse	55
3. Das Elektrodermatogramm der HEADSchen Zonen (bzw. Dermatome)	63
a) Schrifttum	63
b) Eigene Untersuchungen	71
1. Methodik	71
2. EDG der HEADSchen Zonen bei Oberbaucherkrankungen	79
3. EDG der HEADSchen Zonen bei einigen internen Erkrankungen	85
4. Besprechung der Ergebnisse	88
4. Eigene Hauttemperaturuntersuchungen und ihre Beziehungen zu den Hautleitwerten	90
a) Methodik	90
b) Hauttemperaturen und Dermatomunterschiede bei Fettsucht unter Nahrungsentzug	92
c) Vergleiche der Hautleitwerte und Hauttemperaturen bei Fettsucht	100
d) Vergleiche der Hautleitwerte und Hauttemperaturen bei Oberbaucherkrankungen	102
e) Besprechung der Ergebnisse	103

III. Der Galvanische Hautreflex (GHR) und seine klinische Bedeutung	
1. Allgemeine Grundlagen	109
a) Spezielle Elektrophysiologie des Reflexes	109
b) Bahnen des Galvanischen Hautreflexes	114
c) Der Galvanische Hautreflex in der Neurologie, Psychologie, Psychiatrie	116
2. Der Galvanische Hautreflex (GHR) ohne Hilfsstrom und Hautpotential-	
messungen	118
a) Schrifttum	118
b) Eigene Untersuchungen bei vegetativer Dystonie	121
1. Methodik	121
2. Einzeluntersuchungen	130
3. Reflexwiederholung	132
4. Einfluß biophysilogischer Faktoren	134
5. Einfluß der Stammhirnnarkose	142
6. Statistische Auswertung	144
7. Besprechung der Ergebnisse	150
3. Der Galvanische Hautreflex (GHR) mit Hilfsstrom und Hautpolarisations-	
phänomene bei inneren Erkrankungen	153
a) Schrifttum	153
b) Eigene Untersuchungen	155
1. Methodik	155
2. GHR und Hauptolarisationsphänomene bei vegetativer Dystonie . .	161
3. GHR und Hautpolarisationsphänomene bei einigen internen Erkrankungen	163
4. GHR und Hautpolarisationsphänomene bei Fettsucht unter dem Einfluß	
der Saftfastentherapie	169
5. GHR unter dem Einfluß körperlicher Arbeit	175
6. Statistische Auswertung	179
7. Besprechung der Ergebnisse	183
C. Besprechung der Gesamtergebnisse	188
D. Zusammenfassung	198
E. Schrifttumsübersicht	199
F. Sachregister	210

A. Einleitung

Allgemeine Zusammenhänge, Fragestellung und Übersicht

In der Medizin spielt seit alters her die Betrachtung der Haut und ihrer pathologischen Veränderungen eine besondere Rolle. Die Haut stellt ja ein Organ dar, dem die verschiedensten Aufgaben des Schutzes, der Wärmeregulation sowie der Schweiß- und Talgabsonderung gestellt sind und das zudem ganz offen zutage liegt. Nicht nur im Bereich der Dermatologie, sondern für fast alle Erkrankungen, insbesondere der Inneren Medizin, sind daher Hautsymptome beschrieben worden.

Gegenüber den sichtbaren Hautveränderungen (z. B. Hautrötung und Schweiß bei Morbus Basedow, Hautblässe bei Nephritis, Pigmentierung bei Morbus Addison, Exanthem bei Infektionskrankheiten) gewinnen die *unsichtbaren* Hautsymptome neuerdings bei Verwendung einer speziellen Untersuchungstechnik an diagnostischer Bedeutung und geben Aufschluß über funktionelle Störungen der Haut, die sich im Bereich der nervösen Hautversorgung und im Verhalten der Schweißdrüsen (Perspiratio insensibilis) abspielen können.

Zu den unsichtbaren Hautsymptomen sind vor allem die Elektrophänomene der Haut zu rechnen. Mit Hilfe der elektrophysiologischen Methoden (Messung der Hautpolarisation oder der elektrischen Hautpotentiale) sind wir in der Lage, anatomische oder funktionelle Änderungen im Bereich bestimmter Hautmembranen im submikroskopischen Strukturbereich zu erfassen. Die Elektrobiologie hat in den letzten Jahren viele Probleme mit erstaunlich präzisen Registriereinrichtungen einer Erklärung näherführen können. So sind z. B. die Elektrokardiographie aus der Inneren Medizin, die Elektroencephalographie aus der Neurologie nicht mehr wegzudenken. Gegenüber den elektrophysiologischen Hautuntersuchungen zeigte die Innere Medizin zunächst eine auffällige Zurückhaltung. Wohl mag die natürliche Scheu vor den etwas fremden elektrotechnischen Begriffen und den zunächst kompliziert erscheinenden elektrophysiologischen Zusammenhängen manche Forscher davon abgehalten haben, dieses diagnostische Neuland zu betreten.

Die besondere Bedeutung der Haut für den Mechanismus der Wärmeregulation ist von GESSLER (1927), BOHNENKAMP (1931), K. BÜTTNER (1927) sowie THAUER (1939) umfassend dargestellt worden.

Die Bedeutung des vegetativen Nervensystems für den Ablauf, die Intensität und individuellen Variationen der verschiedensten Erkrankungen wird immer mehr erkannt. Mit der Erforschung des vegetativen Nervensystems ergibt sich jedoch zwangsläufig die Notwendigkeit der Anwendung sicherer Testkombinationen. In diese Richtung gehende klinische Studien bei vegetativer Dystonie und den so häufig feststellbaren vegetativen Störungen im Verlauf innerer Erkrankungen haben immer wieder den Satz bestätigt: „daß die vegetative Dystonie das Parkett darstellt, auf dem sich die Erkrankungen der inneren Medizin abspielen“ (MARK).

Unter den Untersuchungsmethoden des vegetativen Nervensystems spielen auch die Hautteste eine wichtige Rolle. 1935 und 1937 hat ESSEN den galvanischen Hautreflex mit Hilfsstrom als besonders wertvollen Funktionstest des vegetativen Nervensystems, besonders bei „vegetativen Neurosen“, empfohlen. 1952 wurde von uns über elektrische Hautpotentiale und den galvanischen Hautreflex bei vegetativer Dystonie berichtet. Im gleichen Jahr erfolgten Veröffentlichungen aus demselben Gebiet mit spezielleren Angaben (neuartige Gleichstromverstärker-Apparatur). 1953 hat MARK in einer Monographie unsere bis dahin durchgeführten Untersuchungen über die Hautelektrizität zusammenfassend dargestellt. Bei vegetativen Dystonien fanden sich teils stark variierende, von der Norm abweichende, teils normale Kurven des galvanischen Hautreflexes und wechselnde Hautpotentialwerte, die ähnlichen Gesetzen folgten, wie andere vegetative Symptome.

1953 wurde über die Konstruktion einer neuartigen und empfindlichen Apparatur zur Hautleitwertmessung und zum Nachweis regionärer Leitwertänderungen, 1954 „über elektrische Leitwertmessungen in den HEADSchen Zonen und Dermatomen“ berichtet. 1954 haben wir weiter mit Hilfe einer Neukonstruktion des Transformatoren- und Röntgenwerkes Dresden mit entsprechender Methodik (s. S. 71–73) den *galvanischen Hautreflex mit Hilfsstrom* bei unseren Untersuchungen mit angewandt.

Eine andere Studie beschäftigte sich mit dem „Nachweis der Hyperhidrosis bei vegetativer Dystonie“ (1954) und einer eingehenden Darstellung der Nachweismethoden der Schweißsekretion und ihrer Beziehungen zu den Elektro-Hautphänomenen.

Bei dem großen Interesse, das neuerdings den Hautwiderstandsmessungen und der Suche nach Leitwertänderungen als Projektion innerer Erkrankungen auf die Haut entgegengebracht wird (BECHER 1952, GRATZL und MARTIN 1952, ZACH 1953, ZINNITZ 1954, 1958) ergab sich die Notwendigkeit, durch genaue klinische Untersuchungen die diagnostische Bedeutung von Hautpotentialen und Hautpolarisationsphänomenen sowie eventuelle Parallelen abzugrenzen. Diese Fragestellung berührt ein seit HEAD und MACKENZIE unverändert wichtiges und aktuelles Problem: die klinische Bedeutung unterschiedlicher Hautreaktionen in verschiedenen Dermatomen bei Krankheitszuständen innerer Organe. Mit den verschiedensten Methoden wurden bisher abgestufte oder seitenunterschiedliche Hautreaktionen als „charakteristische“ Befunde bei vielen Erkrankungen beschrieben.

BOHNENKAMP sah 1929 eine auffallende regionäre Abstufung der Strahlungsverluste an der menschlichen Haut (s. S. 62).

OPPERMANN und MEIER aus unserer Klinik fanden 1952 bei Prüfung des Dermographismus, der Hauthyperalgesie und anderer vegetativer Symptome bei Oberbaucherkrankungen in den zugehörigen Dermatomen topographisch unterschiedliche Reaktionen (s. S. 68). Hierbei haben sie insbesondere auf die Intensität des Testreizes hingewiesen.

Die klinische Bedeutung unterschiedlicher Hautreaktionen in den Dermatomen geht auch aus den Bemühungen des Dermatologen SCHULZE hervor, der die Gesetzmäßigkeiten der unterschiedlichen *Hautgefäßreaktionen* nach lokaler chemischer Reizung in verschiedenen Dermatomen prüfte und damit Beobachtungen von ADAMS-RAJ (1952) über viscerocutane Beziehungen und segmental abgestufte Reaktionen erweitern konnte. Einer Anregung von Herrn Prof. SCHULZE (1954) folgend haben wir bei unseren Hautleitwertmessungen erstmals in größerem Maßstab systematisch zum Vergleich thermoelektrische Hauttemperaturmessungen vorgenommen als Versuch zur Klärung der noch umstrittenen Syntropiefrage (s. S. 90 ff.).

Schon aus diesen kurzen Angaben zeichnen sich vielfältige Zusammenhänge und Parallelen ab, welche als Grundlage für unsere Leitwertmessungen in den Dermatomen dienen.

Dazu kommt noch die bisher zu wenig beachtete und meist vermiedene Frage nach der diagnostischen und statistischen Treffsicherheit der elektrischen Hautsymptome (s. auch SCHAEFER 1954). Schon die klinischen Nachuntersuchungen der Angaben von HEAD und MACKENZIE haben ergeben, daß das Auftreten von Hyperalgesie, reflektorischer Spannung und Druckempfindlichkeit der Muskulatur keineswegs gesetzmäßig vorkommt. L. R. MÜLLER konnte z. B. nur in 10–15 % der Fälle von penetrierendem Magengeschwür eine tiefe oder oberflächliche Bauchdeckenhyperalgesie feststellen. Ähnliche klinische Untersuchungen über die Treffsicherheit von Hautleitwertmessungen bei Oberbaucherkrankungen fehlen bis heute fast völlig. Verschiedene Krankheiten desselben Organes können sich anscheinend völlig unterschiedlich auf die Haut projizieren. ALBRECHT (1921) fand fast typisch bei „Blasenneurose“ Hauthyperalgesie in den zugehörigen Zonen, während bei schwerster Blasen tuberkulose mit heftigsten Organschmerzen und Funktionsstörungen überhaupt keine derartige Hyperalgesie bestand.

Ähnliche Beobachtungen machte derselbe Autor bei Messung des Gleichstromwiderstandes der Haut. Solche Befunde lassen berechtigte Zweifel aufkommen, wenn heute „typische“ elektrische Hautleitwertdiagramme (z. B. bei Lungentuberkulose) veröffentlicht werden.

Für eingehende Beratungen und Hinweise bei unseren Untersuchungen und beim Aufbau unserer Apparaturen sei insbesondere dem inzwischen verstorbenen Professor Dr. REIN in Göttingen, Herrn Professor Dr. SCHAEFER in Heidelberg, Herrn Professor Dr. REGELSBERGER in Dortmund, Herrn Professor Dr. ESSEN in Eutin, Herrn Professor Dr. PH. KELLER in Aachen, Herrn Professor Dr. LOESCHKE in Göttingen, Herrn Professor Dr. G. MALL in Klingenmünster sowie Herrn Dipl.-Physiker Dr. JACOB (Institut für theoretische Physik, Rostock) gedankt. Meinem verstorbenen Lehrer, Herrn Professor Dr. MARTIN GILDEMEISTER, bei dem ich 1939 in Leipzig die Grundlagen der Elektrophysiologie erlernen durfte, schulde

ich besonderen Dank. Frau Professor Dr. ERNA WEBER vom mathematischen Institut der Humboldt-Universität Berlin verdanke ich eine eingehende Beratung und die Korrekturlesung bei der statistischen Auswertung unserer Befunde. Bei der Konstruktion unseres Gleichstromverstärkers zur Registrierung des galvanischen Hautreflexes haben uns dankenswerterweise Herr Professor Dr. WACHHOLDER, Direktor des Physiologischen Institutes, Rostock, jetzt Bonn, und Herr Professor Dr. SCHULZE (Physikalisch-Chemisches Institut Rostock) eingehend beraten. Herr Ing. GUTFLEISCH, Rostock, hat uns beim Bau und bei der Konstruktion unserer Apparaturen sehr wertvoll unterstützt.

Unseren Untersuchungen über die Elektrobiologie der Haut haben wir folgende Fragen zugrunde gelegt:

- I. Welche klinisch-diagnostische Bedeutung kommt dem *Verhalten der elektrischen Hautleitwerte*, speziell dem REGELSBERGERSchen Elektrodermatogramm (EDG), d. h. der Hautpolarisationsrhythmik zu; welche Beziehungen zu den Dermatomen lassen sich auffinden und wie reagiert der elektrische Hautwiderstand auf die verschiedenen biophysiologicalen Faktoren?
Welche Beziehungen bestehen zwischen Hautleitwerten und Hauttemperatur?
Wie verhält sich die Hautpolarisation unter Gleichstrom-Dauerdurchströmung und bei mehrfacher Stromwendung?
- II. a) Welche Möglichkeiten bestehen für die Herstellung von einfachen und exakten, in jeder Klinik anwendbaren Verfahren zur Registrierung des *galvanischen Hautreflexes* (GHR) mit und ohne Hilfsstrom? Gibt es verfahrenbedingte Unterschiede im Kurvenverlauf?
b) Wieweit ist der galvanische Hautreflex zur Typisierung vegetativer Dys-tonien und zur Diagnostik der übrigen vegetativen und endocrinen Symptomatik geeignet?
c) Wie reagiert der galvanische Hautreflex auf die verschiedenen biophysiologicalen Faktoren und auf therapeutische Maßnahmen?

Unsere Untersuchungen über die elektrobiologischen Hautphänomene betreffen ein recht umstrittenes, ausgesprochenes Grenzgebiet zwischen den einzelnen Fachdisziplinen der Medizin. Die Literatur ist recht verstreut, in der Reihenfolge sind Elektrophysiologie, Physiologie, Psychiatrie, Neurologie, Dermatologie und Innere Medizin zu nennen. Es erwies sich daher als notwendig, auf die in der Inneren Medizin weniger bekannten Tatsachen, Theorien und Forschungsergebnisse etwas näher einzugehen. Bei dem außerordentlich umfangreichen Schrifttum konnten nur die wichtigsten Arbeiten Berücksichtigung finden.

B. Elektrobiologische Hautuntersuchungen in der Inneren Medizin

I. Allgemeine Grundlagen

1. Anatomie und Physiologie der Haut

Die *Histo-Biologie der menschlichen Haut* ist besonders eingehend und übersichtlich 1925 von KYRLE dargestellt worden. Danach lassen sich an der gesunden Haut die gefäßlose Epidermis und die bindegewebige Cutis differenzieren. Darunter befindet sich die Subcutis, in der Blutgefäße, Schweißdrüsenkörper und Fettläppchen nachweisbar sind.

An der voll entwickelten, hier besonders interessierenden Oberhaut werden 5 Schichten unterschieden (von unten nach aufwärts):

1. das Stratum germinativum oder basillare, auch Matrix- oder Keimschicht der Epidermis genannt,
2. das Stratum spinosum oder filamentosum, die Stachel- oder Riffzellenschicht, beide zusammen auch als Rete Malpighi bezeichnet,
3. das Stratum granulosum, die Keratohyalin- oder Körnerzellenschicht,
4. das Stratum lucidum, die Eleidin- oder leuchtende Schicht (im histologischen Bild!),
5. das Stratum corneum, die Hornschicht.

Für das Stratum germinativum, die Matrix-Keimschicht, ist die Tatsache des Vorkommens von Mitosen und von Pigment wichtig. Hier spielen sich die Neubildungsvorgänge der Epidermis ab. Die Keimzelle ist dabei nicht nur Trägerin des Pigments, sondern auch Bildnerin. Offenbar ist diese Schicht auch überwiegend für das elektrische Verhalten der Haut verantwortlich.

Die *Schweißsekretion* ist unabhängig von der Blutzirkulation und vom Blutdruck, andererseits wird sie aber durch Hyperämie begünstigt.

Anatomie, Physiologie, Pathophysiologie und Klinik der Schweißsekretion sind von SCHIEFFER-DECKER, SCHWENKENBECHER, von FREY, REIN, LOPEZ-PRIETO und JABONERO umfassend dargestellt worden. Auf die besondere Bedeutung der Haut für den Mechanismus der Wärmeregulation haben GESSLER 1927, BOHNENKAMP 1931, K. BÜTTNER 1937 sowie THAUER 1939 hingewiesen (s. auch S. 1 und 2).



Zweck der Wärmeregulation ist die Gewährleistung des Gleichgewichtes zwischen Wärmebildung und Wärmeabgabe. Die Wärmeregulation beim Menschen ist nach PFLEIDERER durch die relativ scharfe Fixierung von Hauttemperatur, Kerntemperatur und Wärmeproduktion festgelegt, wobei der Körper bestrebt ist, seine Kerntemperatur in einer bestimmten Höhe zu halten. Die Wärmeabgabe durch die Haut erfolgt dabei auf dem Wege der Abstrahlung, Leitung und Konvektion sowie Verdampfung. Die Wärmeabgabe durch Strahlung hängt ab vom Grad des Strahlungsvermögens der Haut. Sie beträgt, gemessen an der Schwärze der Haut im Ultrarot, nach BÜTTNER 94 %; der Wärmegrad durch Leitung beträgt nach IPSEN 6 % des Verlustes der Strahlung. Schon COBET (1931) stellte fest, daß fette Menschen niedrigere Hauttemperaturen haben als magere. Für dieses Verhalten soll das Fettpolster verantwortlich sein. BOHNENKAMP fand 1931 bei Messung der Wärmeabstrahlung von übergewichtigen Männern und Frauen fast durchweg einen Strahlungswert, der etwas tiefer lag als bei untergewichtigen oder normalen Personen.

Aber auch die topographischen bzw. individuellen regionären Unterschiede der Oberflächenhelligkeit waren recht bedeutend. Hierüber gibt die nachfolgende Originaltabelle von BOHNENKAMP (1929) Auskunft (s. Tabelle 1 unten u. S. 62).

Über Probleme der Hautwasserabgabe im Zusammenhang mit der Wärmeregulation und Methoden ihrer Bestimmung haben SCHÖLMERICH und HILDEBRANDT berichtet. Sie konnten mit einer relativ einfachen klinischen Methode (Bestimmung der Leitfähigkeit eines Halbleiterkristalles für Gleichstrom) die Schweißsekretionsintensität messen. Bestimmend für diesen wesentlichsten Faktor der Hautwasserabgabe soll die Sekretionsbereitschaft der Schweißdrüsen sein, die ihrerseits bei intakter nervöser Versorgung von zentralen Innervationsimpulsen abhängt. Periphere Einflüsse (Temperatur, O₂-Zufuhr, Flüssigkeitszufuhr) haben nur innerhalb des innervatorisch bestimmten Bereiches modifizierende Wirkung.

Tabelle 1

Die Oberflächenhelligkeit der einzelnen Hautbezirke bei Menschen verschiedenen Ernährungszustandes (nach BOHNENKAMP 1929).

	mager %	normal %	fett %
Stirn	100	100	100
Haare.	25	25	25
Wange	87,5	90	90
Hals	83	85	75
Brust	83	85	80
Rücken	83	85	75
Oberarm	79	80	70
Unterarm	75	65	50
Handrücken	50	55	50
Handfläche	71	70	70
Bauch	87,5	90	85
Seite	83	90	83
Gesäß.	79	70	60
Oberschenkel	83	80	75
Unterschenkel	75	75	60
Fußrücken	62,5	60	55
Sohle	40	30	30

Die Bedeutung des Mineralhaushaltes der Haut für die Elektrophysiologie ist zwar bekannt (SCHAEFER), jedoch bei klinischen Untersuchungen noch zu wenig beachtet worden (s. auch

KRAUSE, STORZ und VOELKEL 1953). Die Bedeutung des relativen Natriumentzuges für die Hautfunktion geht aus den Untersuchungen von G. HOPF (1937) hervor. Eine Diätumstellung im obengenannten Sinne führt zu einer Verminderung der Gewebshydratation infolge Beseitigung des Natriumüberschusses der Haut.

WALSER, MACKENZIE und BODENLOS prüften an Ratten den Gehalt der Haut an Wasser und Kalium im Vergleich zum Muskel. Die Rattenhaut erwies sich dabei wasserreicher als der Muskel (76,3 % zu 67,2 %). Sehr stark differierte der Kaliumgehalt. Es fanden sich $6,06 \pm 2,58$ mMol Kalium gegenüber der 6mal größeren Konzentration von 36,9 mMol im Muskel (pro 100 g fettfreie Trockensubstanz).

Stoffwechselvorgänge, Temperaturschwankungen und Änderungen der Sauerstoffversorgung können erheblichen Einfluß auf nervös bedingte Prozesse (z. B. Aktionsströme), besonders auch in der Haut gewinnen (ROSENBERG 1921).

2. Beziehungen zum vegetativen Nervensystem, Reflexlehre, vegetativ-nervöse Versorgung der Haut

Nach DE CRINIS ist die Haut als das „Repräsentationsorgan“, nach L. R. MÜLLER als das Sinnesorgan des vegetativen Nervensystems anzusprechen. Das vegetative Nervensystem ist das Regulationssystem des Lebens (GANGE 1953). Seine Aufgabe ist, die Organfunktionen des Gesamtorganismus im Ausmaße der von ihm gestellten Anforderungen harmonisch zu regulieren. Vegetative und animale Funktion stehen somit in einem gegenseitigen Abhängigkeitsverhältnis (ROTHLIN). Bekannt sind die therapeutischen Angriffspunkte psychischer Störungen über das vegetative Nervensystem und umgekehrt. Das vegetative System braucht zur Bewältigung seiner Aufgaben seine beiden Anteile, den Sympathicus und den Parasympathicus. Im Verlauf einer Aufgabe ist nicht der eine eingespannt und der andere ruhend, sondern beide sind meist synergistisch (W. R. HESS) tätig.

Die Funktion der peripheren vegetativen Zentren ist lange Zeit unterschätzt worden, tritt aber dann deutlich zutage, wenn die zentralen Regulationen fortfallen (BRÄUCKER 1933).

Über das Wesen und die richtige Darstellung der normalen und pathologischen Morphologie des peripheren vegetativen Nervensystems bestehen die widersprechendsten Ansichten. Eine Einigung der verschiedenen Schulen ist weder bezüglich der Neuronenlehre, noch in bezug auf die Lehre von der nervalen Funktion des sogenannten Terminalreticulums (STÖHR), noch endlich bezüglich der Neurokrinie derzeit erzielt worden (DE CASTRO, HERZOG, FEYRTER, SUNDERPLASSMANN).

BARGMANN hat 1955 vom Standpunkt des Anatomen die Organisation des Nervensystems beleuchtet. Er verweist auf elektronenoptische Untersuchungen, welche die Existenz synaptischer Neuronenendigungen erwiesen haben. Der Begriff „Grenze“ schließt strukturgebundene Zusammenhänge nicht aus. Es ergibt sich das Bild eines Aquarells mit ineinander fließenden Farben, das einige schärfer hervortretende Teile enthält. Das Bild des Nervensystems als eines Schaltwerkes ist das Bild eines Fragmentes (BARGMANN). DRISCHEL spricht allgemein-regeltheoretischen Erwägungen als Richtlinie für eine physiologisch-dynamische Funktionsdiagnostik der vegetativen Regulation das Wort und hält derartige Untersuchungen für die vegetativen Kriterien der Zukunft.

Zum Verständnis der segmentalen Zusammenhänge zwischen Haut und inneren Organen ist es notwendig, die Innervation der Haut näher zu besprechen: In der

Embryonalentwicklung kommt es durch eine segmentale Abspaltung von mesodermalem Gewebe (Cutis-Lamelle) zu einer Metamerie einzelner Hautgebiete, wobei die nun entstehenden Dermatome nicht ganz scharf voneinander abgegrenzt werden können. Die sensiblen markhaltigen Hautnerven gehören zum Zentralnervensystem und leiten ihre Impulse zum Cerebro-Spinal-System. Die marklosen sympathischen Nervenfasern schließen sich vom Grenzstrang des Sympathicus ausgehend den cerebrospinalen Nerven an und teilen sich erst in der Haut wieder auf. Dazu kommen noch die bekannten autonomen Nervengeflechte, welche die Vasomotoren der Arteriolen der Haut umspannen und als Vasokonstriktoren und Dilatoren wirken.

Die Dilatoren dürften nach W. R. HESS (1948) über die hinteren Wurzeln austreten. Die autonomen Faserelemente, welche sympathicotrope, bzw. parasymphaticotrope efferente Impulse leiten, laufen peripher sich verzweigend in die Haut aus.

Wenn auch die Frage der *vegetativen Innervation der Schweißdrüsentätigkeit* bisher im einzelnen noch nicht endgültig gelöst worden ist, so besteht doch kein Zweifel über die rein vegetative Steuerung der Schweißdrüsenfunktion. Auch gewisse Medikamente können zu Schweißausbrüchen führen (KARPLUS 1916). Nach KARITZKY dient die Schweißfunktion der Abwehr der kompensierten Azidose, die Schweißdrüsen stellen dabei gewissermaßen die „Notventile“ des vegetativen Nervensystems dar.

Das Vorhandensein schweißsekretorischer Nerven ist unumstritten. Wegen ihrer Marklosigkeit sind sie dem vegetativen Nervensystem zuzurechnen. Die Schweißhemmung durch Atropin und die schweißfördernde Wirkung des Pilocarpin könnten nach der üblichen pharmakologischen Testung für die Zugehörigkeit zum Parasympathicus sprechen. Dem steht jedoch der hochgradige Schweißausfall in den entsprechenden Dermatomen nach Sympathicusentfernung gegenüber. Das Zwischenhirn ist seit den Forschungen von KARPLUS und KREIDEL als die autonome Zentralstelle der Schweißsekretion aufzufassen. Es finden sich Hinweise sowohl für eine schweißhemmende, als auch für eine schweißfördernde Funktion der Großhirnrinde. Die Schweißauslösung geht entweder zentral oder peripher vor sich. Während das zentrale Schwitzen auf dem Umweg über den Hypothalamus zustande kommt, werden die Schweißdrüsen durch Pilocarpin auf humoralem Wege direkt erregt. Die Pilocarpinwirkung ist also peripher.

Da Durchtrennung des unteren Halsmarkes zu einer vorübergehenden Anhidrosis der gesamten Körperoberfläche (einschl. des Gesichtes) führt (FOERSTER 1936) muß auf das Bestehen einer „zentralen“ Schweißbahn geschlossen werden, die nach KARPLUS und KREIDELs Tierexperimenten (1916) ungekreuzt durch das ganze Halsmark verläuft, dann jedoch eine partielle Kreuzung eingeht, so daß jede Halsmarkhälfte zu den Schweißdrüsen beider Körperhälften in Beziehung steht.

Der direkte Beweis für das Vorhandensein schweißsekretionsfördernder parasympathischer Fasern in den vorderen Wurzeln steht aber noch aus (THAUER 1939). Entgegen den Annahmen, daß in den hinteren Wurzeln Hemmungsfasern für die Schweißsekretion verlaufen (LANGLEY 1903, DIEDEN 1915, SCHILF und MANDUR 1922, SCHILF 1922, FOERSTER 1938, s. auch Übersicht von MARK 1953), werden hemmende Nerven für die Schweißdrüsen abgelehnt.

Die Existenz eines übergeordneten Schweißdrüsenzentrums in der Medulla oblongata, welche LUCHSINGER und NAWROCKI auf Grund ihrer Experimente angeben, ist keineswegs sichergestellt (GAGEL 1931).

3. Die Elektrophysiologie der Haut

Die Elektromedizin ist heute entsprechend dem Stand der Technik ein noch junges Arbeitsgebiet. Bestimmte, dem Mediziner im allgemeinen noch fremde Kenntnisse und Begriffe sollen daher, soweit erforderlich, stichwortartig erwähnt werden.

Die bekannteren elektrophysikalischen Maße und Definitionen sind übersichtlich im Lehrbuch von POHL und speziell für die Medizin bearbeitet in einer Zusammenstellung von KOEPPEM aufgeführt. Bei unseren Untersuchungen häufig vorkommende Begriffe sind das Millivolt ($mV = 1 : 1000$ Volt), das Mikrovolt ($\mu V = 1 : 1000000$ Volt), das Milliampere ($mA = 1 : 1000$ Amp.) und das Mikroampere ($\mu A = 1 : 1000000$ Amp.), das Megohm ($M\Omega = 1000000$ Ohm) und das Kiloohm ($k\Omega = 1000$ Ohm). Eine besondere Besprechung erfordert der sogenannte *Leitwert*: Hierunter versteht man den Kehrwert des elektrischen Widerstandes. Die Metalle sind im allgemeinen gute Leiter. Glas, Porzellan, Seide, Gummi, Luft werden als „Isolatoren“ bezeichnet. Von den metallischen Leitern ist z. B. der „spezifische“, d. h. der auf gleiche Abmessungen bezogene Widerstand des Silbers am geringsten, der des Kupfers etwas höher und der des Eisens etwa achtmal größer als der des Silbers. Der elektrische Widerstand ist umgekehrt proportional dem Leitwert oder kurz ausgedrückt $= \frac{1}{W}$. Beträgt der Widerstand $10\ k\Omega$, so beträgt der ent-

sprechende Leitwert $\frac{1}{10}\ k\Omega$. Die Einheit des Leitwertes ist das Siemens (S), d. h. der Leitwert eines Leiters, der einen Widerstand von 1 Ohm hat.

Das *Ohmsche Gesetz* gehört zu den Fundamentalgesetzen der Elektrodynamik und charakterisiert folgende Zusammenhänge: $I = \frac{U}{R}$. Das heißt: Die Stromstärke I , gemessen in Ampere, ergibt sich aus der Höhe der Spannung U , gemessen in Volt, geteilt durch den Widerstand des *gesamten* Stromkreises R , gemessen in Ohm. Die Herkunft der Spannung (Akkumulator, Batterie, Transformator oder Maschine) spielt dabei keine Rolle. Dieses Gesetz gilt auch bei Stromdurchgang durch den menschlichen Körper, nur muß beim Widerstand R hier der Gesamtwiderstand (Körper- und Übergangswiderstand an den Stromein- und -austrittsstellen, Elektroden usw.) mitberücksichtigt werden.

Das OHMSche Gesetz erlaubt, die unbekannte 3. Größe zu berechnen, wenn die zwei anderen bekannt sind. Bei Berücksichtigung des Gesetzes von der Erhaltung der Energie (ROBERT MAYER) lassen sich so auch die Spannungsverluste bei Stromschluß durch einen Widerstand R sowie der Energieverlust berechnen (s. auch KOEPPEM).

Als Instrument zur Messung oder Registrierung elektrischer Größen dienen Voltmeter, Amperemeter, Ohmmeter usw. Bei der Mehrzahl dieser Instrumente werden die elektromagnetischen oder die Wärmewirkungen der elektrischen Energie zum Messen benutzt.

Die Widerstandsbestimmung kann auf verschiedenem Wege erfolgen. Einmal durch Berechnung nach dem OHMSchen Gesetz, wenn Spannung und Stromstärke

bekannt sind; zum anderen mit Hilfe einer WHEATSTONESchen Brücke. Bei stromloser Brücke verhält sich der gesuchte Widerstand zu dem bekannten Vergleichswiderstand wie der Abgriff auf dem Meßdraht zur restlichen Länge des Meßdrahtes.

Oft wird davon gesprochen, daß Elektrizität erzeugt würde. Dies ist jedoch nicht richtig. Wir müssen uns vorstellen, daß Elektrizität überall vorhanden ist und alles von ihr durchdrungen und gesättigt ist, also auch der menschliche Körper. Elektrizität selbst können wir nicht erzeugen, sondern lediglich ihr Strömen bewirken. Wir reden deshalb besser von der Erzeugung einer *elektrischen Spannung*.

Die *Polarisation*, genauer gesagt die elektrolytische Polarisation, spielt bei der Elektrophysiologie der Haut eine beachtliche Rolle. Hierzu einige Bemerkungen:

Hält man zwei gleiche metallische Leiter in einen Elektrolyten, so bildet sich kein Element, da zwischen den beiden Metallen oder Elektroden keine Spannung besteht (symmetrische Anordnung zwischen Metall und Elektrolyt auf beiden Seiten). Es entstehen weder Diffusionsvorgänge, noch chemische Reaktionen. Als Beispiele diene die nachstehende Abbildung (Abb. 1). Zwei Platindrähte als Elektroden tauchen in verdünnte Schwefelsäure. Das Voltmeter zeigt in diesem Fall keinen Ausschlag (Abb. 1a). Wird jetzt ein Gleichstrom durch den Elektrolyten geleitet, so entsteht durch Elektrolyse an der Kathode (— Elektrode) Wasserstoffabscheidung, an der Anode (+ Elektrode) Sauerstoff (Abb. 1b). Das Gas entweicht meist in Bläschenform. Die anfänglich abgeschiedenen Gase bilden auf den Elektrodenoberflächen einen unsichtbaren Überzug, der die anfängliche Symmetrie weitgehend stört. Zusammen mit dem Elektrolyten bilden nun die Elektroden ein Element mit einer Spannung, eben der „Polarisationsspannung“, die der Spannung des zugeführten Gleichstroms entgegengerichtet ist (Abb. 1c). Die entstehende Polarisationsspannung ist etwa so groß, wie bei zwei verschiedenen Metallen im gleichen Elektrolyten. Mit dieser Polarisationsspannung ist stets zu rechnen, wenn zwei Elektroden auf lebendes Gewebe, das ja einen Elektrolyten darstellt, ohne besondere Vorsichtsmaßnahmen aufgesetzt und ein Gleichstrom hindurchgeschickt wird. Dieser erfährt dann, wie Abb. 1a zeigt, durch die polarisatorischen Gegenkräfte eine Deformierung und wird in einen Stromstoß umgewandelt.

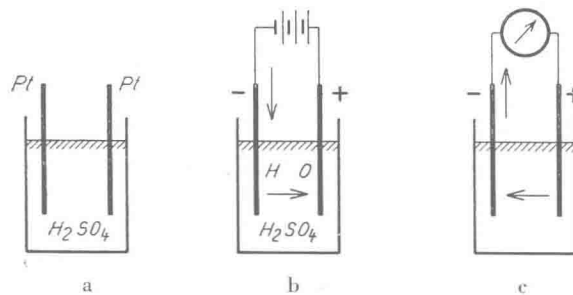


Abb. 1. Polarisationsschema.

Durch bestimmte Maßnahmen ist es jedoch möglich, Elektroden weitgehend unpolarisierbar zu machen und die Deformierung des Reizstromes an den Grenzen von Elektroden und Gewebe zu verhindern (Abb. 1b). Dem zugeführten Strom entgegengerichtete polarisatorische Kräfte entstehen aber nicht nur an der Berührungsstelle Elektroden — Körper, sie treten auch im Inneren des Körpers selbst auf. Durch Ionenstauung an den Grenzflächen entstehen elektromotorische Gegenkräfte, deren Entwicklung in außerordentlich kurzer Zeit vor sich geht (2 : 10 000 Sek. und weniger). Nach Stromschluß kann der Widerstand für den Reizstrom infolgedessen schon einen erheblichen Zuwachs erfahren haben und damit die Intensität des zugeführten Stromes eine

Abnahme. Je größer die Intensität des letzteren, um so rascher entwickeln sich die polarisatorischen Gegenkräfte. Die Polarisationsspannung ist bei vielen Messungen an elektrolytischen Leitern sehr störend, insbesondere bei physiologischen Versuchen (z. B. bei elektrischen Hautpotentialmessungen).

Diese Schwierigkeiten kann man weitgehend vermeiden, indem man sogenannte „unpolarisierbare“ Elektroden herstellt. Gewöhnliche polarisierbare Elektroden bestehen aus metallischen Leitern, eigentlichen Metallen, Kohle usw. Unpolarisierbare Elektroden bestehen aus Metallen mit geeigneten Überzügen. Sehr bequem ist z. B. als Überzug eine wäßrige Salzlösung mit den Ionen des Elektrodenmetalles. Als Beispiel einer unpolarisierbaren Elektrode diene die du Bois'sche Tontiefelektrode, früher sehr häufig in der Physiologie benutzt (s. Abb. 2). Sie besteht aus einer unpolarisierbaren Zinkelektrode. Ein Zinkstab taucht in ein Glasrohr mit wäßriger Zinksulfatlösung. Das Glasrohr ist unten durch einen porösen mit verdünnter NaCl-Lösung durchfeuchteten Tonstopfen (ST) verschlossen. Dieser feuchte Stopfen stellt die Verbindungen mit dem elektrolytischen Leiter her, z. B. einem Nerven.

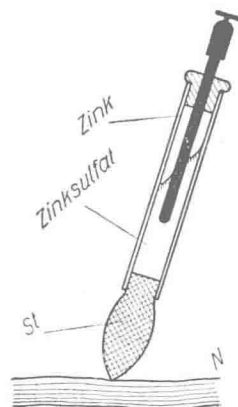


Abb. 2. Unpolarisierbare Elektrode

Diese „Tontiefelektroden“ sind für moderne Verhältnisse, insbesondere für klinische Untersuchungen, zu umständlich und unsicher. Eine modernere Art stellen die REINSCHEN Becherelektroden dar. Diese Elektroden haben jedoch den Nachteil, daß immer ein gewisser Druck auf die Haut ausgeübt werden muß und daß sie leicht auslaufen.

Die Wahl der richtigen Elektroden ist eines der schwierigsten Probleme der Elektrophysiologie der Haut. Die „Ideal-Hautelektrode“ wird wohl nie existieren und daher wird man sich in Zukunft mit mehr oder weniger optimalen Zwischenlösungen zwischen den strengen, nie ganz erfüllbaren Forderungen der exakten Elektrophysiologie, den jeweiligen klinischen Verhältnissen und rein praktisch-methodischen Gesichtspunkten begnügen müssen.

Das *Verstärkerprinzip* ist aus der Radiotechnik bekannt. Seine Kenntnis ist unumgänglich für das Verständnis der modernen Registriermethoden. Die Arbeit der dort verwandten Verstärkerröhren ist folgende:

Kleine Spannungsschwankungen des untersuchten Objektes werden von Elektroden aufgenommen und im Verstärkereingang an Gitter und Kathode der ersten Röhre gebracht. Durch die wechselnde Aufladung des Gitters steuern sie den stärkeren Anodenstrom der Röhre, der wiederum in seinen Schwankungen ein getreues Abbild der Eingangspotentiale des Objekts zwischen Filter und Kathode darstellt. Dieser Prozeß kann je nach Bedarf mit mehrfach hintereinander angeordneten Röhren wiederholt werden, bis man den nötigen Strom oder die notwendige Spannung für das Registrierinstrument erhält, welches entweder als spannungsanzeigendes Voltmeter oder als stromanzeigendes Amperemeter geschaltet ist (s. auch ALTENBURGER 1937, JUNG 1939 und WEBER 1952).