

REFERATENTEIL.

HAUT- UND TIEFENSENSIBILITÄT.

Von

Privatdozent Dr. ERICH SCHILF,

Assistent am Physiologischen Institut der Universität Berlin.

Alle Sinnesempfindungen lassen sich im allgemeinen nur auf Grund subjektiver Angaben von Versuchspersonen studieren. Den sinnesphysiologischen Experimenten wird also ein subjektiver Fehler anhaften. Die Güte der Methodik wird hier mehr wie bei anderen physiologischen Versuchen eine ausschlaggebende Rolle spielen.

Beim *Gesicht* und *Gehör* sind auf Grund einer genügend ausgebauten Methodik Forschungsergebnisse erzielt worden, die an Wert den Versuchsergebnissen einer objektiv arbeitenden Methode gleichkommen.

Geruch und *Geschmack* dagegen haben sich bis jetzt in nur ganz geringem Ausmaß einer physiologischen Bearbeitung zu erfreuen gewußt. Wegen der Eigenart dieser beiden Sinne steht die Methodik vor recht schwierigen Aufgaben. Während HENNING mehr das psychologische Verfahren anwendet unter Benutzung von viel Riechstoffen und einer großen Anzahl von Versuchspersonen, zieht F. B. HOFMANN die experimentell-physiologische Methodik heran.

Die letzte Gruppe von Sinnesempfindungen, die der *Haut* und *Tiefensensibilität*, steht seit einer Reihe von Jahren im Mittelpunkt des medizinischen Interesses. Kliniker und Physiologen, sich gegenseitig zu immer neuen Fragestellungen anregend, haben auf Grund einer sorgfältig aufgebauten Methodik eine Fülle von Material zusammengetragen.

Faßt man den Begriff der Tiefensensibilität weiter, so können hierunter auch die Empfindungen eingeordnet werden, die von den Gefäßen und Eingeweiden unter bestimmten Umständen zur Wahrnehmung gelangen. Zwischen diesen *Organempfindungen* besteht ein fließender Übergang zu den *Gemeingefühlen*, wie z. B. Durst, Hunger, Wohlbehagen. Wir werden hier nicht näher auf sie eingehen, da, wie das aus dem psychologischen Begriff des Wortes „Gefühl“ hervorgeht, wir sonst das physiologische Gebiet verlassen müßten.

Die hier zur Besprechung kommende *Haut-* und *Tiefensensibilität* unterscheidet sich nun von allen anderen Sinnen durch eine Eigentümlichkeit. Wir beziehen Farben, Töne oder Gerüche auf Eigenschaften, die im allgemeinen anderen Körpern außer uns angehören; die die Rezeptoren der Haut und der von ihr geschützten Organe treffenden Reize dagegen können uns auch *unmittelbare* Nachricht über den Zustand unserer Körperteile geben. Hierzu gehört, daß wir in der Lage sind, die Reize an der betreffenden Körperstelle lokalisieren zu können. Allerdings besitzt die Tiefensensibilität in nicht so hohem Grade diesen *Ortswert*; die aus dem Körperinnern kommenden Sensationen werden nur wenig sicher lokalisiert. Dieser Mangel einer genauen Ortsbestimmung hat unter anderem zu der Meinungsäußerung Veranlassung gegeben, daß diese Sinnesempfindungen nicht über cerebrospinal (somatisch)-sensible Nervenfasern zentralwärts geleitet werden. Da viele der hier in Betracht kommenden Organteile, z. B. Gefäße, Eingeweide, von autonomen Nerven innerviert werden, so lag es nahe, sensible (afferente) autonome Fasern für die Aufnahme und Weiterleitung dieser *Organempfindungen* anzunehmen. Doch der Physiologe (und auch der Anatom) kennt keine eigentlichen afferent-autonomen Fasern¹⁾. Wir haben für die Darmkolikschmerzen am Tierexperiment zeigen können, daß keine Veranlassung vorliegt²⁾, für die Leitung dieser Sinnesempfindung andere Fasern als somatisch-sensible Nerven anzunehmen. Und wir haben weiter in (noch nicht zur Veröffentlichung gelangten) Versuchen (gemeinschaftlich mit ZIEGNER) nicht finden können, daß eine Sympathicusdurchschneidung die durch Injektion von Milchsäure in ein Gefäß gesetzten Schmerzreaktionen an ihrem Auftreten verhindert. Es liegen bis jetzt keine Versuche mit genügender Beweiskraft darüber vor, daß die Tiefensensibilität in weiterem Sinne über afferente autonome Nerven — wenn solche Nervenfasern überhaupt vorhanden sind — zentralwärts geleitet wird. Wir meinen, daß in der Art des Auftretens zwischen den Empfindungen der Tiefensensibilität und denen anderer Sinne sehr wohl Vergleichsmöglichkeiten vorhanden sind,

die darauf hinweisen dürften, daß die afferente Erregung überall in den somatisch-sensiblen Nerven zentralwärts gelangt. Übrigens geht aus den schönen Versuchen E. v. SKRAMLIKS³⁾ mit aller Deutlichkeit hervor, daß auch die Angaben der nicht der Tiefensensibilität angehörenden Sinne an Genauigkeit zu wünschen übrig lassen, wenn die gegenseitige Kontrolle eines Sinnes über den andern ausgeschaltet wird. Hier möge ein sehr verblüffender Versuch v. SKRAMLIKS Erwähnung finden: „Man genießt ein belegtes Brot ohne es weiter zuvor angesehen zu haben. Wird gleichzeitig an ganz anderer Stelle des Zimmers der Geruch des Käses dargeboten, so verfällt man der Täuschung, daß das Brot mit Käse belegt ist, was tatsächlich gar nicht zutrifft.“

Selbst den methodisch so gut ausgearbeiteten Versuchsreihen an den *Hautsinnen* wird nur schwer die unbewußte Kontrolle und Mitarbeit anderer Sinne entzogen werden können; Versuche an den Druck- und Schmerzpunkten der Haut lassen sich wohl kaum ausführen, ohne daß diese Sinnesqualitäten schon von früher her in unserem Vorstellungsleben nach Ort und Art eben durch Unterstützung anderer Sinne fest verankert sind. Bei der *Tiefensensibilität* fällt sie Zusammenarbeit mit den anderen Sinnen weg.

Haut- und *Tiefensensibilität* werden im allgemeinen zum Sammelbegriff der Gefühlsempfindung zusammengefaßt, obwohl ja eigentlich eine Empfindung ein Element, eine Einheit darstellt. Die Namensgebung des Begriffs „Gefühlsempfindung“ deutet darauf hin, daß es sich um eine Verschmelzung einzelner Elemente handeln müsse. Erst eine nähere Analyse, an die sich die Namen der Forscher ALRUTZ, BLIX, v. FREY, GOLDSCHIEDER, THUNBERG knüpfen, hat im sog. Gefühlssinn eine Reihe von Empfindungen isoliert. Diese Empfindungen sind wenigstens im Gebiet der Hautsensibilität an kleinste Hautstellen gebunden und *sehr wahrscheinlich* bestimmten nervösen Rezeptionsorganen, die in der untersten Schicht der Epidermis sowie der Cutis liegen, zugeordnet. Man spricht von *Sinnespunkten* und weiß, daß den einzelnen Sinnespunkten der Haut die Fähigkeit der Reizübertragung im allgemeinen nur *einer* Sinnesempfindung zukommt. Dabei ist es gleichgültig, welcher Art der auf den Sinnespunkt wirkende Reiz ist (mechanisch, elektrisch, chemisch). Zur mechanischen Reizung der einzelnen Sinnespunkte dienen feine zugespitzte Nadeln, Haare, Borsten. Die Reizgröße muß bei jedem Versuch bekannt sein, da sonst bei Wiederholung des Versuches Fehler unterlaufen. Die Methodik ist in sehr exakter und geistreicher Weise von dem Physiologen v. FREY ausgearbeitet worden.

Der *Druckpunkt* antwortet auf mechanische oder elektrische Reize immer mit der für ihn spezifischen Druckempfindung. Der *Kältepunkt* meldet eine Kälteempfindung auch dann, wenn er mit Temperaturen über 40° gereizt wird. Man hat diese Kälteempfindung als *paradox* bezeichnet. An Zahl weit geringer sind die *Wärmepunkte*, von denen neuerdings bestritten wird, daß sie in einer anderen (tieferen) Hautschicht wie die Kältepunkte ihre reizaufnehmenden Nervenapparate zu liegen haben. (GOLDSCHIEDER, Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol. 206, 308. 1924.)

Die *Schmerzpunkte* sind in den letzten Jahren von v. FREY und GOLDSCHIEDER auf das eingehendste untersucht worden. Im großen und ganzen muß gesagt werden, daß beide Forscher an den Schmerzpunkten dieselben Empfindungssensationen haben. In dem, was Schmerz ist, scheinen beide Autoren einig zu sein. Aber GOLDSCHIEDER⁴⁾ findet an den Schmerzpunkten vor dem Auftreten der Schmerzempfindung „ein sehr schwaches, mattes Berührungsempfindung“, welches schnell in Schmerz übergeht“. v. FREY⁵⁾ weist dagegen in methodisch glänzenden Versuchsreihen nach, daß die an den Schmerzpunkten vor dem Auftreten der eigentlichen Schmerzempfindung vorübergehend sich bemerkbar machende Berührungsempfindung auf Miterregung von in der näheren Umgebung der Schmerzpunkte liegenden Druckpunkten abhängt. So fehlt z. B. bei thermischer Reizung der Schmerzpunkte mit dem Brennglas jede Berührungsempfindung; bei schwacher mechanischer Reizung der Schmerzpunkte ist die Schmerzempfindung häufig ohne begleitende Berührungsempfindung vorhanden, während bei stärkeren Reizen die Vergesellschaftung von Berührung und Schmerz in den Vordergrund tritt. Die Berührungsempfindung wird stets

im Augenblick des Aufsetzens der Stachelborste bemerkbar und verschwindet sofort wieder. „Dies ist typisch für kleinflächige, schwelennahe Tastreize“ (v. FREY, Zeitschr. f. Biol. 76, 1. 1922). Doch GOLDSCHIEDER macht diesen Versuchsergebnissen gegenüber Einwände: Die auch nicht von v. FREY wegzuleugnende Berührungsempfindung bei Reizung eines Schmerzpunktes müßte doch bei hinreichender Reizverstärkung in die charakteristische Druckempfindung übergehen. Weiter sollte man doch erwarten, daß, wenn es sich um indirekte Druckpunktreizung handelte, die für eine Druckempfindung charakteristischen Eigenschaften, körnige, schwirrende Empfindungssensationen, auftreten müßten. Dies ist aber nicht zu bemerken. Wäre dies der Fall, so wäre es überhaupt unmöglich gewesen, druckpunktfreie Hautstellen auffindbar zu machen. Nach GOLDSCHIEDER hat man reine Schmerzpunkte abzulehnen, weil an den Schmerzpunkten vor dem Auftreten der Schmerzempfindung eine Berührungsempfindung eintritt. Schmerz entstehe nicht durch Erregung der Schmerzpunkte, sondern lasse sich dadurch erklären, daß die peripherisch in der Haut ausgelöste Berührungsempfindung zentral Summationsprozesse erfahre, wodurch der Schmerz zustande komme.

Die Schmerzpunkte liegen nun außerordentlich dicht gehäuft in der Epidermis. v. FREY nimmt die zwischen den Zellen der Keimschicht liegenden freien Nervenenden dafür in Anspruch, auf Reize mit einer Schmerzempfindung zu antworten; GOLDSCHIEDER macht allerdings darauf aufmerksam, daß viel mehr freie Nervenenden als Schmerzpunkte vorhanden sind. Wenigstens ist das aus seinen Arbeiten herauszulesen (S. 6 seines Buches).

Es gibt Körperstellen, die keine Berührungs- oder Druckempfindlichkeit besitzen sollen, dagegen aber eine Schmerzempfindlichkeit. Die Glans penis, die Cornea und Conjunctiva gehören hierher. Für letztere beiden haben BRÜCKNER und GOLDSCHIEDER⁸⁾ auch hier finden können, daß neben dem Schmerz ein taktils Element empfunden wird. Doch v. FREY (Zeitschr. f. Biol. 74, 175. 1922) weist darauf hin, daß „schwache und flüchtige Temperaturempfindungen auch als Berührungsempfindungen“ beschrieben oder mit solchen verwechselt worden sind. Bei schwachen Reizen unbekannter Art ist es für die Versuchsperson „weit leichter festzustellen, daß etwas geschehen, als welcher Art es gewesen ist“. von FREY kann, indem er auf die bei den Versuchen am Auge leicht unterlaufenden Fehlerquellen aufmerksam macht, nur zwei Sinnesempfindungen an der Cornea feststellen, nämlich Schmerz- und Kälteempfindung. Dieser Befund ist von E. MARX (angeführt nach Ronas Ber. f. d. ges. Physiol. 9, 562. 1921) bestätigt und erweitert worden. Interessant ist, daß in der Cornea im wesentlichen zwei voneinander histologisch unterscheidbare Formen von Nervenendigungen vorhanden sind: Am Rande der Hornhaut, der kaltempfindlich ist, findet man unter anderm eigentümlich geformte, von DOGIEL näher beschriebene Nervenendkörperchen, die den in der Froschlunge gefundenen sowie den Genitalnervkörperchen gleichen. Nach der Mitte der Cornea zu sind diese Körperchen nicht mehr sichtbar. Hier enden die Nerven häufig in Form von Endplättchen dicht unter dem Epithel. v. FREY nimmt an, daß sie die Rezeptionsorgane des Schmerzsinnes sind. *Doch wir sind der Ansicht, daß die histologischen Befunde über die Nervenendigungen in der Cornea nicht so eindeutige Bilder ergeben haben, als daß wir uns der Ansicht v. Freys anschließen müßten.* Außerdem haben vor einem Jahre KANT und HAHN⁷⁾ unter Berücksichtigung der Fehlerquellen finden können, daß zwar Cornea und Conjunctiva überwiegend schmerzempfindlich, aber Berührungs- und Druckempfindung wohl vorhanden sind.

Charakteristisch für die Schmerzempfindung ist ihre verhältnismäßig lange Latenz. Sie kann sich auf viele Sekunden erstrecken. GOLDSCHIEDER hält diese Tatsache für ein zentrales Phänomen, vor allem deshalb, weil sie stets mit einer Irradiation verbunden ist. Deshalb käme die Schmerzempfindung, wir haben oben schon darauf hingewiesen, im Gebiet spinaler Nervenzellen (Spinalganglion oder, was wahrscheinlicher ist, Hinterhorn) zustande. v. FREY, gestützt auf glänzende Versuchsreihen, kann nachweisen, daß sich die Goldschieidersche Ansicht ebensogut peripherisch erklären läßt, d. h. die Erscheinung der Schmerzerregung findet schon an den Schmerzpunkten statt. Dabei hat er gefunden, daß der chemische Reiz zur Erregung von Schmerz besonders geeignet ist. Man könnte die chemische Erregung für „adäquat“ halten. v. FREY stellt sich vor, daß bei jeder Schmerzerregung zuerst eine Gewebsschädigung

zustande kommt, deren Produkte bei genügender Konzentration erst die Erregung einleiten. So käme die Latenz der Schmerzempfindung zustande; der Entzündungsschmerz, hervorgerufen durch chemische Reizung der bei der Gewebsschädigung entstandenen nichtphysiologischen Stoffwechselprodukte könnte so eine Erklärung finden.

Die Nichtberücksichtigung der Latenz der Schmerzempfindung kann zu falschen Schlußfolgerungen führen. So hat ODERMATT⁸⁾ in einer fleißigen Studie über die Schmerzempfindlichkeit der Blutgefäße aus der Latenz geschlossen, daß der durch Einspritzung von Milchsäure in die Arteria femoralis gesetzte Schmerz von den Capillaren ausgeht. Klemmt man aber die Vena femoralis ab, so tritt die Latenz der Schmerzempfindung in derselben Größe ein, obwohl doch die Strömungsgeschwindigkeit verlangsamt sein wird. Ferner muß berücksichtigt werden, daß das Tier trotz Unterbrechung der Narkose sich nicht in einem wachen Zustand befindet, wodurch die Latenz noch vergrößert wird.

Das Studium der Schmerzempfindlichkeit der Gefäße hat durch die *periarterielle Histonektomie* — so nennen wir den jetzt so viel geübten Eingriff der periarteriellen Sympathektomie, weil wir nachweisen konnten, daß der Sympathicus direkt nichts mit dem Wesen der Operation zu tun hat — eine Vertiefung erfahren. *Wir lehnen auf Grund von Versuchen afferente sympathische Schmerzbahnen ab.* Unsere Versuche (gemeinschaftlich mit ZIEGNER) haben wir oben erwähnt. Auch KARPLUS und KREIDL⁹⁾, die ganz kürzlich diese Frage aufgriffen, haben in Versuchen dasselbe gefunden. Sie konnten weiter zeigen⁹⁾, daß die Schmerzempfindung auch bei Ausschaltung aller langen Bahnen des Rückenmarks durch die graue Substanz zentralwärts gelangt, wobei sie an eine Kette kurzer Bahnen denken. Daß die Schmerzbahnen im Rückenmark zusammen mit den Faserzügen des Temperatursinnes verlaufen, ist aus der dissoziierten Empfindungslähmung zu schließen.

Mit der Frage der Schmerzempfindlichkeit der Blutgefäße ist auch die der tiefer liegenden Organe verbunden.

Es ist eine allgemein bekannte Tatsache, daß unter physiologischen Bedingungen von den Organen unter der Haut keinerlei Empfindungssensationen ausgehen, während bei krankhaften Zuständen Schmerzen auftreten können. Das physiologische Experiment am Menschen kann *zuverlässige* Angaben nur an solchen Organen machen, die unmittelbar unter der Haut liegen, vor allem den Knochen. An Tieren (Hunden, Katzen und Fröschen) wurden in letzter Zeit mit Reflexmethoden Versuche unternommen, aus denen zu ersehen ist, daß auch unter physiologischen Bedingungen, soweit davon gesprochen werden darf, Empfindungen zentralwärts geleitet werden.

Soweit der Knochen im physiologischen Versuch am Menschen untersucht werden konnte, so zeigt Nadelstich gegen das Periost einen „quetschenden“ Schmerz (GOLDSCHIEDER und HÖFFER, Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol. 199, 292. 1923).

Die Untersuchung tiefergelegener Organe hat nur bei Tieren einigen Wert. Die Versuche an Menschen dürften vorläufig nur eine bedingte Richtigkeit besitzen. HESS und v. WYSS¹⁰⁾ haben mit einer einfachen Reflexmethode die Eingeweidesensibilität des Frosches untersucht. BRÜNING und GOHRBANDT¹²⁾ nehmen bei Katze und Hund für die afferente Bahn des Darmkolikschmerzes sympathische Nerven an. Doch die angewendete Methode berechtigt nicht zu den von den Autoren gezogenen Schlüssen. Wir konnten zeigen, daß beim Frosch afferente sympathische Bahnen für den Darmkolikschmerz nicht in Betracht kommen¹⁾.

Alle Formen schwelennahe Schmerzeize können *Jucken* erzeugen. Auffällig ist, daß das Jucken genau wie die Schmerzempfindung mit einer deutlichen Latenz auftritt und häufig über die Reizdauer hinaus vorhanden sein kann. Außerdem kann die Juckempfindung genau so wie der Schmerz an allen Hautflächen hervorgerufen werden. Alles dies weist darauf hin, daß der Juckreiz der Haut zum Hautschmerz bzw. dessen rezeptorischen Organen in naher Beziehung steht (FELIX und v. FREY, Zeitschr. f. Biol. 78, 45. 1923). HÖFFER und KOHLRAUSCH, (Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol. 205, 447. 1924) haben an reinen, weitab vom nächsten Druckpunkt liegenden Schmerzpunkten bei schwellenmäßiger elektrischer Reizung neben Stechen, *Jucken*, Brennen, Schneiden allerdings auch ganz indifferente hauchartige Berührungsempfindungen beobachtet. Wir haben auf diese Berührungsempfindungen bei Reizung der Schmerzpunkte schon oben hingewiesen.

Bei der Empfindung des *Brennendheißen* sollen nach HACKER (Zeitschr. f. Biol. 61, 231. 1913), auch die Schmerzpunkte beteiligt sein, da an analgetischen Körperstellen die Heißempfindung fehlt. Warum aber im Rektum und Dickdarm, von denen unter pathologischen Bedingungen Schmerzempfindungen ausgehen können, die also Schmerzpunkte besitzen müssen, selbst sehr heiße Glasstäbe nur das Gefühl angenehmer Wärme, jedoch keine Hitze oder Schmerzempfindung auslösen¹²⁾, läßt sich schwer erklären.

Der **Drucksinn** der Haut kann vier Arten von Empfindungen vermitteln: *Berührung, Kitzel, Schwirren* und *Druck*. Von den Druckpunkten aus läßt sich bei bestimmter Reizschwelle jede der soeben genannten Empfindungen erzeugen. Diese Druckpunkte liegen an denjenigen Hautstellen, wo man Meissnersche Tastkörperchen findet. Außerdem sind Druckpunkte immer in der Nähe eines Haars vorhanden. Seit einer Reihe von Jahren ist die Kenntnis vom Drucksinn der Haut besonders durch v. FREY und GOLDSCHIEDER außerordentlich vertieft worden, ohne daß wesentlich neue Gesichtspunkte sich ergeben haben. v. FREY hat es verstanden, in einer kurzen, tief durchdachten Übersicht (Vortrag, angemeldet aber nicht gehalten auf dem 11. internationalen Physiologenkongreß in Edinburgh 1923, Zeitschr. f. Biol. 79, 303. 1923) die physiologischen und psychologischen Bedingungen des Auftretens der Druckempfindung der Haut zu erörtern.

Nicht so vollkommen sind unsere Kenntnisse über den *tiefen Drucksinn*. Hierunter versteht man im allgemeinen die nicht schmerzhaften Empfindungen, die von Organen, die unter der Haut liegen, ausgehen können. *Diese tiefen Druckempfindungen sollen nach Goldscheider imstande sein, mit Hilfe der Gelenksensibilität die Stellung der Knochen zueinander zu beurteilen.*

Nun muß mit FREY und GOLDSCHIEDER gesagt werden, daß den tieferen Geweben *ein eigentlicher Drucksinn nicht zukommt*. (GOLDSCHIEDER und HÖFER, Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol. 199 u. 292, 313. 1923). Aber nach GOLDSCHIEDER ist doch in der Tiefe ein gewisses Wahrnehmungsvermögen für Zustandsänderungen des Gewebes (Gemeingefühl) vorhanden; Stichreize bei vertaubter Haut machen Druckempfindungen von „dumpfem Empfindungsinhalt, welchem die Steigerung zu starken und harten Druckempfindungen fehlt“. Sie haben eine hohe Schwelle, eine geringe Unterschiedsempfindlichkeit und ein undeutliches Lokalisationsvermögen (GOLDSCHIEDER und HÖFER, Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol. 199, 292. 1923). Doch erst kürzlich hat v. FREY gemeinschaftlich mit REIN und STRUGHOLD (Zeitschr. f. Biol. 82, 359. 1925) auf Grund von Hautvertaubungen, zu deren Technik H. REIN (Zeitschr. f. Biol. 81, 125 u. 141. 1924) einen sehr bemerkenswerten Beitrag lieferte, nachweisen können, daß die von GOLDSCHIEDER bezeichnete Tiefensensibilität auf den Drucksinn der Haut zurückzuführen ist. Wie GOLDSCHIEDER findet auch v. FREY, daß ein tiefer Drucksinn nicht vorhanden ist; Knochen und -Knochenhaut zeigen nur dann die verschwommenen Berührungsempfindungen, wenn die Vertaubung der Haut von geringer Ausdehnung ist, so daß bei dem Stichreiz die nicht vermeidbaren Hautverschiebungen die von GOLDSCHIEDER beschriebenen Empfindungssensationen auslösen.

Auf die Verschiebungen und Spannungsänderungen der Haut hatte v. FREY schon früher (Zeitschr. f. Biol. 68, 339. 1918 u. 69, 322. 1910) gelegentlich der Gelenksensibilität aufmerksam gemacht. Er hatte damals bei 2 Verwundeten, denen ein Gelenk reseziert werden mußte, 2 Monate nach der Resektion Untersuchungen über die Wahrnehmung von Bewegungen derjenigen Extremitätenteile zueinander gemacht, deren zugehöriges Gelenk entfernt worden war. Er fand die auffällige Tatsache, daß „weder die Schärfe in der Wahrnehmung geführter Bewegungen, noch die Sicherheit in der Ausführung selbsttätiger eine Einbuße erleidet“. In weiteren, sehr bemerkenswerten Versuchen hat sich v. FREY die Haut des Handgelenks und der Ellenbeuge durch Novocaineinspritzungen betäubt und die danach auftretenden Bewegungstäuschungen und Ataxien studiert. So konnte er z. B. während des Mittagessens ohne Hilfe der Augen die Schüssel nicht wagerecht halten oder mit der Gabel den Mund finden. Wir hatten uns damals von der Richtigkeit der Angaben überzeugt, indem wir die Haut um das Grundgelenk eines Fingers anästhesierten und die Schwellenwerte für die Wahrnehmung einer geführten Bewegung bestimmten. *Es erscheint sicher, daß für die Erkennung von Lage und Bewegung der Glieder der Drucksinn der Haut eine nicht geringe Bedeutung hat.* Bei den

verschiedenen Gelenkbewegungen entstehen Spannungsverschiedenheiten der Haut, die den Drucksinn erregen können.

Aus unseren Angaben geht hervor, daß v. FREY und GOLDSCHIEDER in wesentlichen Punkten der Haut- und Tiefensensibilität nicht übereinstimmen. Es kann nicht geleugnet werden, daß die Untersuchungen von v. FREY sehr gute Analysen der in Betracht kommenden Empfindungskomplexe darstellen. Er teilt den Empfindungskomplex mit experimentellen Methoden auf, grenzt einzelne Komponenten willkürlich ab und schließt das Unwesentliche aus. GOLDSCHIEDER betrachtet die Empfindungskomplexe als gegeben und versucht mehr auf Grund logischer Beweisführung sinnesphysiologische Fakta aufzustellen. Beide Forscher empfinden aber bei den Reizversuchen an den verschiedenen Sinnespunkten dasselbe. Der Physiologe beschreitet, wenn er den v. FREYSchen Wegen folgt, gewohnte Pfade. Die Goldscheidersche Kritik an den Ausführungen v. FREYS erscheint z. T. berechtigt. Was z. B. die Gelenksensibilität anbelangt, so kann unserer Meinung nach nicht alles durch die Spannung der Haut erklärt werden. Wenn man eine hintere Extremität eines Frosches vollständig enthäutet, so springt der Frosch genau so herum; er zeigt keine Ataxien, wie z. B. nach Durchschneidung der hinteren Wurzeln. Wir haben diesen Versuch, der schon früher zu Meinungsverschiedenheiten Anlaß gegeben hat, häufig im Laboratorium zusammen mit Dr. HAHN ausgeführt. Weiter haben wir nicht finden können, daß der Abwischreflex durch Enthäutung in der Form des Auftretens geändert wird. Auch WERTHEIMER (Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol. 205, 634. 1924), der in seinen Versuchen über die Rolle der Haut für den Muskeltonus dieselbe Methodik anwendete, hat von Ataxien nichts berichtet. Möglich, daß beim Frosch die Verhältnisse anders liegen als beim Menschen.

Wie sehr aber die von v. FREY gefundenen Tatsachen vom Drucksinn der Haut bei Sensibilitätsprüfungen des sog. tiefen Drucksinns zu berücksichtigen sind, zeigt ein Krankheitsfall, der von v. FREY (in der Sitzung der Physikal.-Med.-Ges. zu Würzburg, 20. XI. 1924) vorgestellt wurde. Dem Patienten waren die hinteren Wurzeln L_4 , L_5 und S_2 auf der rechten Seite durchschnitten worden. Der Patient hatte „neben einem Empfindungsausfall an der Innenseite des Unterschenkels an den Muskeln fehlende Eigenreflexe, fehlende Wahrnehmbarkeit faradisch ausgelöster Krämpfe; das Peristaltikum gegen Nadelstiche unempfindlich.“ Trotzdem wurde tiefer Druck wahrgenommen und ziemlich gut lokalisiert. Die nähere Untersuchung ergab, daß die *tiefe Druckempfindung* auf einer Mitterregung der intakten Hautstellen beruhte. Und wenn der Chirurg W. LEHMANN¹¹⁾ auf Grund seiner Feststellungen an Patienten meint, daß sensible Fasern durch vordere Wurzeln zögen, und daß diese Erkenntnis noch nicht Gemeingut des physiologischen Lehrbuchs sei, so sind ihm doch wohl die oben angeführten Freyschen Befunde entgangen. Wir werden vorläufig mit v. FREY festzuhalten haben, daß *die unter der Haut liegenden Organe im wesentlichen Schmerzen empfinden*; daneben besitzen sie noch eine *Spannungs- oder Kraftempfindung*, der wir uns jetzt kurz zuwenden wollen.

Kontrahiert man einen Muskel willkürlich, so hat man ein deutliches Spannungsgefühl. Dieser Kraftsinn ist mittels einer Gewichtsvergleichung von v. FREY (Zeitschr. f. Biol. 65, 203. 1914) genau untersucht worden. Er konnte feststellen, daß der Kraftsinn unter bestimmten Umständen Gewichte von 800 und 804 g noch unterscheiden kann. Dieser Sinn hat von allen Sinnen die relativ größte Unterschiedsschwelle. Hierdurch wird verständlich, daß es beim *Tasten*, wobei ja der Drucksinn und der soeben angeführte Kraftsinn zusammenwirken, zu erstaunlichen Leistungen kommen kann.

Seit BLIX im Jahre 1884 in Upsala die **Kalt- und Wärmepunkte** gefunden hatte, ist das Studium dieser Empfindungen besonders in den nordischen Ländern gepflogen worden. Wir haben schon angeführt, daß der Hornhautrand nur kaltempfindlich ist, ferner die Glans penis, die Mamille. Auch die Mund- und Nasenschleimhaut ist überwiegend kaltempfindlich.

Bei einer Temperatur von 33° verhalten sich für gewöhnlich die Temperaturpunkte indifferent. Reizt man stark mit Kälte, so tritt eine Schmerzempfindung auf, die bei Gefrierung des Gewebes aufhört. Diese Vereisung wird ja zu kleinen chirurgischen Eingriffen benutzt. Über die Heißempfindung haben wir schon berichtet.

Die Temperaturempfindung der Eingeweide ist von Zimmermann¹²⁾ an sich selbst untersucht worden. Wir haben das oben angeführt.

In den letzten Jahren ist das Studium der Temperaturempfindungen von GOLDSCHIEDER und seinen Schülern wieder aufgenommen worden (Pflügers Arch. f. d. ges.-Physiol. 206). Zusammen mit H. HAHN glaubt er auf Grund seiner Versuche die Meinung aussprechen zu können, daß die Kälte- und Wärmepunkte nicht in verschiedenen Hautschichten liegen, sondern in einer Lage, wahrscheinlich an der Grenze von Cutis und Epidermis. Damit ist das Problem der Kalt- und Wärmepunkte von neuem aufgerollt und, was die Lage ihrer Sinnespunkte anbetrifft, vor Schwierigkeiten gestellt; denn HACKER (bei v. FREY, Zeitschr. f. Biol. 64, 189. 1914) hatte damals gefunden, daß die Endigungen der kaltempfindlichen Nerven oberflächlicher als die Wärmepunkte liegen. Übrigens kann GOLDSCHIEDER das Vorhandensein einer „paradoxen“ Wärmeempfindung, wie vor ihm schon EBBECKE¹³⁾ nachweisen. Die Ebbekesche Temperatursinnestheorie lehnt GOLDSCHIEDER ab.

Wenn gesagt wird, daß der „Hautsinn“ nicht zu den höheren Sinnen gerechnet wird, so trifft das insofern zu, als die Energiebeträge, die zur Erregung der Hautsinne führen, viel größer als diejenigen zur Erregung anderer Sinne sein müssen. So ist z. B. für den Gehörsinn von M. WIEN¹⁴⁾ gefunden worden, daß $5,10 \cdot 10^{-16}$ Erg (Schwingungszahl 3200) genügen, um noch eine Gehörsempfindung zu haben. Das Sehorgan ist schon nicht mehr so empfindlich.

v. KRIES¹⁵⁾ fand einen Wert von der Größenordnung von $2,5 \cdot 10^{-10}$ Erg. Für den Drucksinn ist der Energiebetrag ungleich größer. v. FREY hat ihn zu 0,02–0,4 Erg angegeben. BARKER¹⁶⁾ fand für den Kältesinn, daß die kleinste Wärmemenge, deren Entziehung eine Erregung verursacht, 2,4 Mikrocaldorien (1 Erg) beträgt. Der Hautsinn ist also viel weniger empfindlich als Gesicht und Gehör. v. FREY¹⁷⁾ hat darauf aufmerksam gemacht, „daß die Haut neben ihrer Eigenschaft als reizempfangendes Organ zugleich ein reizgebendes ist, das bei Arbeit und Kampf sehr hohe mechanische Beanspruchungen ungeschützt über sich ergehen lassen muß. Hohe Empfindlichkeit würde hierbei störend wirken und die Gefahr der Schädigung vergrößern“.

Literatur; ¹⁾ E. SCHILF, Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol., voraussichtlich Bd. 209. — ²⁾ BRÜNING und GOHRBANDT, Zeitschr. f. d. ges. Med. 29. 367. 1922. — ³⁾ E. v. SKRAMLIK, Naturwissenschaften 7 u. 8. 1925. — ⁴⁾ A. GOLDSCHIEDER, Das Schmerzproblem. Berlin: Jul. Springer 1920. — ⁵⁾ M. v. FREY, in zahlreichen Arbeiten in der Zeitschr. f. Biol. — ⁶⁾ GOLDSCHIEDER und BRÜCKNER, Berl. klin. Wochenschr. 1919, Nr. 52. — ⁷⁾ KANT und HAHN, Berl. klin. Wochenschr. 1924, Nr. 3, 112. — ⁸⁾ ODERMATT, Habil.-Schrift. Basel 1922. — ⁹⁾ KARPLUS und KREIDL, Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol. 158, 275. 1914; und 207, 134. 1925. — ¹⁰⁾ HESS und v. WYSS, Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol. 194, 195. 1922. — ¹¹⁾ W. LEHMANN, Zeitschr. f. d. ges. Med. 12, 33. 1921. — ¹²⁾ ZIMMERMANN, Mitt. a. d. Grenzgeb. d. Med. u. Chirurg. 20, 445. 1909. — ¹³⁾ U. EBBECKE, Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol. 169, 395. 1917. — ¹⁴⁾ M. WIEN, Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol. 97, 1. 1903. — ¹⁵⁾ J. v. KRIES, Zeitschr. f. Psychol. u. Physiol. d. Sinnesorg., Abt. I u. II, 41, 373. 1907. — ¹⁶⁾ L. F. BARKER, Dtsch. Zeitschr. f. Nervenheilk. 8, 248. 5189. — ¹⁷⁾ M. v. FREY, Zeitschr. f. Biol. 70. 373. 1919.

EINZELREFERATE UND BUCHBESPRECHUNGEN.

ALLGEMEINES.

○ Lehrbuch der Physik in elementarer Darstellung. Von A. BERLINER. 3. Aufl. 734 Textabb. X, 645 S. Berlin: Julius Springer 1924. Geb. 18,60 Goldmark.

Dieses seit längerer Zeit vergriffene Buch liegt hier nicht nur in einer neuen, mehr oder weniger ergänzten Auflage, sondern in einer vollkommenen Neubearbeitung vor. Der Autor hat sich nicht damit begnügt, Angaben über die neueren Fortschritte der Physik an die althergebrachten Kapitel anzuhängen, sondern sie sind derart in das Ganze eingefügt, daß keine Widersprüche oder größere Lücken zwischen alt und neu zum Vorschein kommen. So ist die Wärmelehre von vornherein auf der molekulartheoretischen Anschauung aufgebaut, die Entropie ist auf den Wahrscheinlichkeitsbegriff zurückgeführt, auf die beiden klassischen Hauptsätze folgt das Nernst'sche Theorem und bei der spezifischen Wärme wird auf die Bedeutung der Quantentheorie eingegangen. Ähnlich ist für die gesamte Elektrizitätslehre konsequent das Elektron als letzte Ladungseinheit eingeführt. Folgerichtig wäre es wohl, wenn auch noch die Optik der Röntgenstrahlen in das Gebiet der Optik verwiesen wäre, statt sie — hier ausnahmsweise älterer Tradition nachgehend — im unmittelbaren Anschluß an die corpuscularen Strahlungsarten zu behandeln. Die Kapitel über Atomphysik, Radioaktivität und Teile der Wärmelehre sind von den Herren GEIGER und HENNING bearbeitet; sie fallen teilweise vielleicht aus dem sonst äußerst elementar gehaltenen Stil des Werkes ein wenig heraus, die sehr knappe Darstellung der Entstehung von Serienspektren nach der Bohrschen Theorie z. B. dürfte bei aller Exaktheit dem Anfänger kaum verständlich sein. Neben diesen neueren Gebieten ist aber auch die klassische Physik keineswegs vernachlässigt, im Gegenteil findet man manches besprochen, was man in Werken größeren Umfanges vergeblich sucht, so die Bedeutung von Dimensionalbetrachtungen zur Gewinnung neuer Erkenntnis, den Beweis für die Gleichheit der trägen und schweren Masse durch die Versuche von Ertvös, eine relativ sehr ausführliche Besprechung der Flüssigkeitsbewegung (Wirbel, Zirkulation, Reibung, Turbulenz), eine zusammenfassende Darstellung der Wellenlehre als Einführung in die Akustik, auf die dann später immer zurückgegriffen werden kann usw. Auch das Illustrationsmaterial, ausschließlich schematisierende Zeichnungen, ist großen Teils sehr glücklich gewählt, und so gibt sich der Verf. in seinem Vorwort fast zu anspruchslos, wenn er das Buch wesentlich für werdende Mediziner und Chemiker bestimmt. Trotz der ganz elementaren Darstellung, die jede Anwendung höherer Mathematik prinzipiell vermeidet, scheint es mir auch für den Studierenden, der sich die Physik als Hauptfach gewählt hat, als erste Einführung durchaus zu empfehlen.

PRINGSHEIM, Berlin.

○ Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden. Hrsg. von E. ABDERHALDEN. Abt. V, Methoden zum Studium der Funktionen der einzelnen Organe des tierischen Organismus, Tl. 4, H. 6, Liefg. 151. Funktionen des Kreislauf- und Atmungsapparates. Atmungsapparat. W. ALBRECHT: Die Untersuchungsmethoden der Nase, der Nebenhöhlen, des Rachens, des Kehlkopfes, der Luftröhre und der

Bronchien. H. v. HOESSLIN: Die Untersuchung des Auswurfes. H. GERHARTZ: Die Technik der Auscultation. Röntgenologische Technik bei der Untersuchung der Lungen. Technik der röntgenologischen Untersuchung des Thoraxmittelschattens, insbesondere des Herzens und der großen Gefäße. J. LINDHARD: Funktionsuntersuchungen an den Lungen des Menschen mittels gasanalytischer Methoden. P. HOFFMANN: Die Messung des intrapleurales Druckes. H. BORUTTAU: Methoden der Untersuchungen der Atemnerven. 336 S. Berlin u. Wien: Urban & Schwarzenberg 1924. 13,80 Goldmark.

Die in dem vorliegenden Bande des bekannten Handbuches dargestellten Untersuchungsverfahren ergeben sich aus der Überschrift. Man kann allen Kapiteln das gleiche Lob spenden — sie sind klar und knapp geschrieben, die Literatur ist bis in die neueste Zeit berücksichtigt und kritisch verwertet. In der ganzen Anlage der betreffenden Abschnitte und an vielen kleineren, aber wichtigen Einzelheiten spürt man, daß Führer mit einer auf reiche eigene Erfahrung gegründeten Sachkenntnis zu uns sprechen. So ist das Werk ein zuverlässiger Wegweiser durch die Untersuchungsmethoden der Atmungsapparate, den man oft und gern zu Rate ziehen wird.

EDENS, St. Blasien.

○ Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden. Hrsg. von E. ABDERHALDEN. Abt. V: Methoden zum Studium der Funktionen der einzelnen Organe des tierischen Organismus, Tl. 7, H. 4, Liefg. 152. — Gehörsinn, Hautsinn, Kraftsinn (Muskelsinn), Geschmack- und Geruchsinne, statischer Sinn, Stimme und Sprache. — P. HOFFMANN: Methoden zur Untersuchung des Kraftsinnes (Muskelsinnes). — W. BRÜNINGS und H. FRENZEL: Methoden zur Untersuchung des Vestibularapparates beim Menschen. 62 S. Berlin u. Wien: Urban & Schwarzenberg 1924. 2,40 Goldmark.

Auf den ersten 10 Seiten der 152. Lieferung des Abderhaldenschen Handbuches gibt P. HOFFMANN eine Zusammenstellung der Methoden, die zur Prüfung der nach v. FREY als „Kraftsinn“ bezeichneten Sinnesfunktion dienen können. Es wird zuerst das „Stemmverfahren“ ohne und mit Ausschaltung des Drucksinnes und hierauf das „Schleuderverfahren“ behandelt. Für letzteres Verfahren wird die Berechnung des Drehmomentes nach v. FREY ausführlich mitgeteilt. Der zweite, weit umfangreichere Teil des Heftes bringt eine Darstellung der Methoden zur Untersuchung des Vestibularapparates beim Menschen von BRÜNINGS und FRENZEL. Nach einer anatomisch-physiologischen Einleitung werden zunächst die subjektiv oder objektiv sich äußernden Folgeerscheinungen der Labyrinthreizung sowie die Methoden zur Beobachtung der letzteren beschrieben. Darauf folgt die Darstellung der Verfahren zur mechanischen, thermischen und elektrischen Reizung der labyrinthären Sinnesorgane. Die Verf. beschränken sich absichtlich auf die Darstellung bewährter Methoden, bieten jedoch dem Leser durch ein reichhaltiges Literaturverzeichnis (157 Nummern) die Möglichkeit, sich über theoretische Streitfragen und im Text nicht angeführte „Modifikationen“ der einzelnen Methoden anderweitig zu orientieren. Damit haben BRÜNINGS und FRENZEL einen sehr brauchbaren Führer durch dieses gegenwärtig so eifrig bearbeitete Gebiet geschaffen, der insbesondere auch den Bedürfnissen des Klinikers gerecht wird.

SULZE, Leipzig.