



This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

### **Usage guidelines**

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

- + *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
- + *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
- + *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
- + *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

### **About Google Book Search**

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at <http://books.google.com/>



## Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

## Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

- + *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.
- + *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.
- + *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.
- + *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

## Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter <http://books.google.com> durchsuchen.

QP  
431  
D4  
v.1

1910

UC-NRLF



\$B 118 336

YC110274

LIBRARY  
OF THE  
UNIVERSITY OF CALIFORNIA.

RECEIVED BY EXCHANGE

*Class*

107  
BIOLOGY  
LIBRARY  
G

R. 26 1912  
CHANGE

DR. H. DEKKER

# FÜHLEN U. HÖREN

BIOLOGIE D. SINNESORGANE I

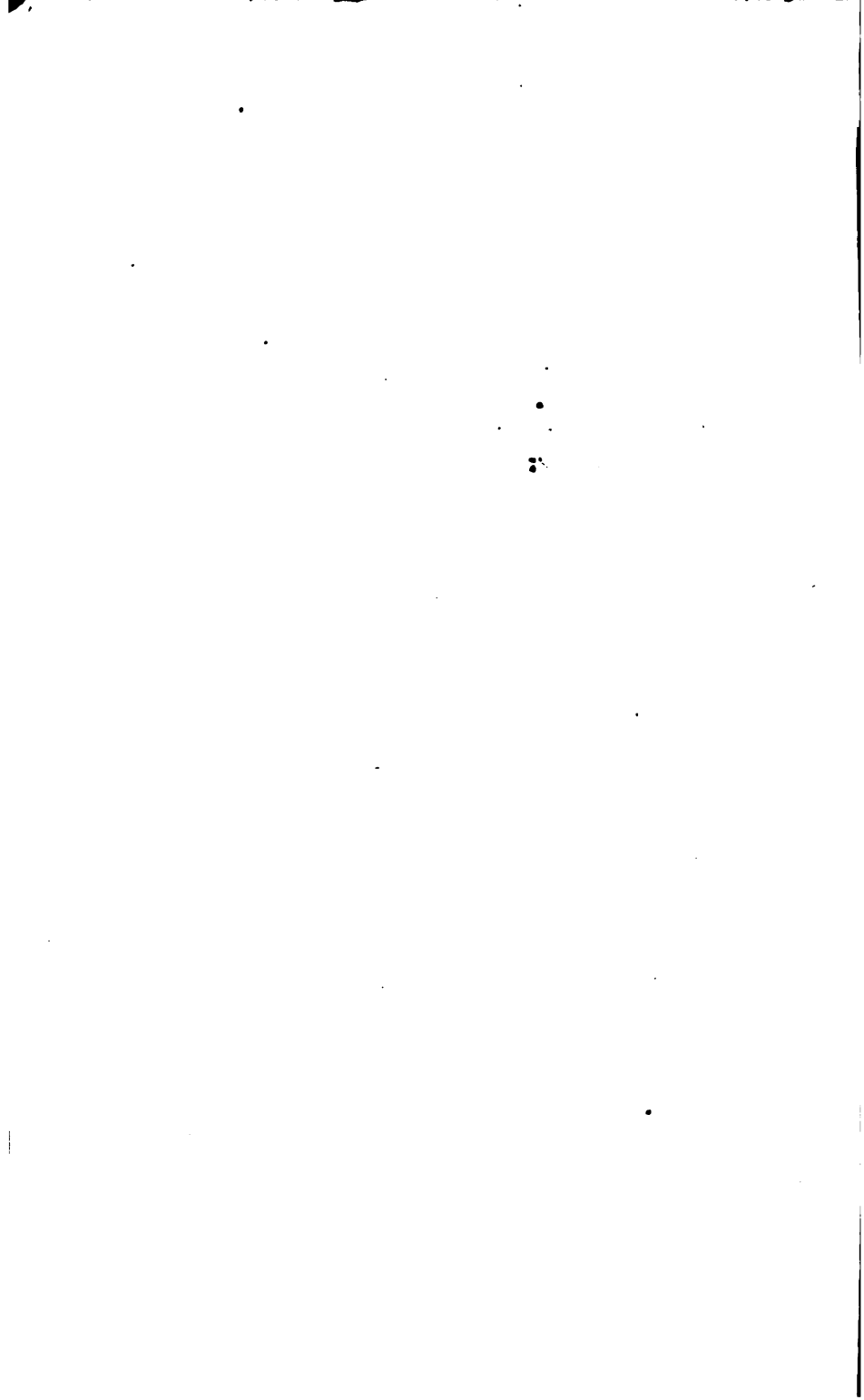


Fingerabdrücke mit den Tastlinien

STUTTGART

KOSMOS · GESELLSCHAFT DER NATURFREUNDE  
GESCHÄFTSSTELLE: FRANCKH'SCHE VERLAGSHANDLUNG

M 1.-





# Auf Vorposten im Lebenskampf

==== I =====

## **Rosmos, Gesellschaft der Naturfreunde, Stuttgart.**

Die Gesellschaft Rosmos will die Kenntnis der Naturwissenschaften und damit die Freude an der Natur und das Verständnis ihrer Erscheinungen in den weitesten Kreisen unseres Volkes verbreiten. — Dieses Ziel glaubt die Gesellschaft durch Verbreitung guter naturwissenschaftlicher Literatur zu erreichen mittels des

### **Rosmos, Handweiser für Naturfreunde** Jährlich 12 Hefte. Preis M 2.80;

ferner durch Herausgabe neuer, von ersten Autoren verfaßter, im guten Sinne gemeinverständlicher Werke naturwissenschaftlichen Inhalts. Es erscheinen im Vereinsjahr 1910:

#### **Roelsch, Von Pflanzen zwischen Dorf und Trift.**

Reich illustriert. Geh. M 1.— = R 1.20 h ö. W.

#### **Meyer, Die Welt der Planeten.**

Reich illustriert. Geh. M 1.— = R 1.20 h ö. W.

#### **Deller, Auf Vorposten im Lebenskampf I.**

Reich illustriert. Geh. M 1.— = R 1.20 h ö. W.

#### **Floeride, Säugetiere fremder Länder.**

Reich illustriert. Geh. M 1.— = R 1.20 h ö. W.

#### **Weule, Die Kultur der Kulturlosen.**

Reich illustriert. Geh. M 1.— = R 1.20 h ö. W.

Diese Veröffentlichungen sind durch alle Buchhandlungen zu beziehen; daselbst werden Beitritts erklärungen (Jahresbeitrag nur M 4.80) zum Rosmos, Gesellschaft der Naturfreunde, (auch nachträglich noch für die Jahre 1904/09 unter den gleichen günstigen Bedingungen) entgegengenommen. (Satzung, Bestellkarte, Verzeichnis der erschienenen Werke usw. siehe am Schlusse dieses Werkes.)

Geschäftsstelle des Rosmos: Franck'sche Verlagshandlung, Stuttgart.



# Auf Vorposten im Lebenskampf

Biologie der Sinnesorgane

== I. Fühlen und Hören ==

Von

Dr. H. Deffer

Mit 2 Tafeln und zahl-  
reichen Textabbildungen

Zwanzigste Auflage



Stuttgart

Rosmos, Gesellschaft der Naturfreunde  
Geschäftsstelle: Franck'sche Verlagsbuchhandlung

DP.11

D.4

v. 1

BIOLOGY  
LIBRARY  
G

© Copyright 1910 by ©  
Franckh'sche Verlagshandlung,  
© Stuttgart ©

TO THE  
WIND  
ABSTRACT

Stuttgarter Schraffmaschinen-Druckerei, G. m. b. H., Stuttgart.



## Krieg.

Krieg! — Aus Millionen Kehlen heult der Schreckensschrei durchs Land! Und gellend hallt das grausame Wort wider: Krieg! Krieg! Das Volk steht auf, der Sturm bricht los! Da ziehen die wehrfähigen Männer von der Arbeit, von Pflug und Schraubstock zu roten Fahnen und sammeln sich zu Scharen, Regimentern, Heeren. Schwerfällig wälzen sich die dichten Massen der Heerscharen, die ruhigen Landstraßen breit füllend, ernst und wichtig, von hüben und drüben einander entgegen. Unheimliche Schlangen, die lauern und eiterkriechen, grau und verschwommen in schmutzigen Wolken von Rauch und Staub, nur hier und da ein Flittern und Flirren der Waffen im dunstigen Sonnenglanz. Jetzt, in der Nähe, unterscheidet man einzelnes: erkennt man die kräftigen, sehnigen Männer des Volkes, stolz in Jugendfrische, ernst und schweigsam nebeneinander stapfend, in Wehr und Waffen, ein jeder gerüstet zum kühnsten und grausamen Handwerk. Da, querfeldein tauchen einige Schwadronen Ulanen mit Lanzenfähnlein rasch auf und verschwinden in der wirbelnden Staubwolke. Dort rasseln Batterien über das spröde Pflaster, daß die stämmigen, schweißbedeckten Pferde keuchen. Reitzvolk und Reiterei, Kanonen und Maschinengewehre, alles auf parallelwegen zu einem Punkt, zum befohlenen Ziel hinstrebend. Da — eine erwartungsvolle Erregung geht durch die Kreise der Offiziere bei der Vorhut. Halt! Ha—alt! Die ersten Nachrichten vom Feind! Ha—alt!

Geschäftig sprengen Offiziere, Ordnonnazen, Meldungen werden herbracht, Befehle werden ausgeteilt, Anordnungen getroffen. Es wird gesammelt, geordnet, gemustert. Ruhe! Ruhe! Ruhig warten, warten in Ungewißheit und Ungeduld, bis nähere Nachrichten von den Sicherungs- und Erkundungstruppen einlaufen.

Weit gegen den Feind vorgeschoben, am Waldestrand, steht der Posten einer Feldwache. Ein Unteroffizier sucht mit weit aufgerissenen Augen, als wollte er die Luft durchbohren, am Horizont, ob nichts zu erspähen ist. Stundenlang. Nichts, nichts zu entdecken.

Da, horch! Klingt's nicht wie Pferdegetrappel? Nein, es war eine Täuschung. Oder doch? Ein Mann legt das Ohr an die Erde und lauscht mit verhaltenem Atem. Doch, doch! Das Getrappel wird deutlicher, die Erregung wächst. Sieh, da sprengen sie aus dem Hohlweg, eine berittene Streifschar, gut Freund. Atemlos berichten sie, daß feindliche Vorposten in jenem Hof gesichtet, daß in dem Dorf feindliche Infanterie sich eingenistet, und daß Artillerie die vorliegenden Höhen besetzt halte. Fort sind sie! Schnell wird die Meldung der Feldwache, von dort dem Hauptquartier durch den Fernsprecher oder andere technische Nachrichtenmittel mitgeteilt. Und sieh! Jetzt erscheinen drüben hier und dort Staubwolken, in denen man Truppen zu erkennen glaubt. Eifrig ist vor der ganzen Front die Divisionskavallerie um die Nachaufklärung bemüht.

Immer klarer wird die Stellung des Feindes, immer zahlreicher laufen die kurzen, knappen Meldungen im Hauptquartier ein. Befehle werden ausgeteilt. Ordonnanz eilen. Die Streitkräfte der Vorhut setzen sich wieder in Bewegung.

Pfi—i—ih! Pfeisend, heulend, krachend faust eine Granate in die Baumwipfel. Da—atsch! ein Granatsplitter fegt einen großen Ast herunter und trifft mit Wucht des Krieges erstes Opfer, einen zahnackigen, reckenhaften Bauernsohn! Unvermutet, jäh.

Der Kampf beginnt, mit ihm der Krieg. Sieg oder Untergang, was will's werden?



Krieg! Grausam schreckliches Wort! Wie ein Anachronismus erscheint es heute in unsrer kriegesmäßen Zeit, die mit ihrer Humanität prahlt. Wie ein schreiendes Unrecht, ein sündhaftes Verbrechen wider den versöhnlichen Geist der kriegsfürchtenden, friedenssuchenden Völker.

Aber steht nicht der Mensch, stehen nicht alle lebenden Wesen immer und immer in einem aufreibenden Krieg? Täglich, stündlich, in jedem Augenblick? Nicht in dem plänkelsnden Kampf ums Dasein, den man mit den Ellenbogen kämpfen muß gegen die vielen andern, die sich drängen, um an des Lebens Tischchen satt zu werden, um einen Platz an der Sonne sich zu sichern. Nein, nackter, brutaler, erbarmungsloser spielt dieser ständige Krieg, in den uns die Natur verwickelt. Der Menschenleib, alles Lebendige führt ihn gegen die Kräfte der Zerstörung. Lautlos, ruhmlos, ohne unser Wissen! Nur wer ein scharfes Auge für die Vorgänge in der Natur hat, mag die Kriegführung erkennen. Und doch ist dieses Kämpfen packend, gewaltig, überwältigend, und überwältigend ist der Triumph

des Lebens, sind die Waffen, die der lebendige Organismus gebraucht, in dem aufgezungenen Kampf Sieger zu bleiben.

Alles, was lebt, ist aus Zellen aufgebaut, so Pflanze wie Tier, Eichbaum wie Rose, der Wurm so gut wie Löwe und Mensch. Aus Tausenden und Millionen von einzelnen Zellen. In ihrer Gesamtheit ein Zellenstaat. Und in dem Staat die Arbeitsteilung der Verbände, der Organe: diese verdauen, jene sind für die Bewegung da, wieder andere haben die Atmung zu besorgen oder das Blut durch die Adern zu jagen oder zu denken und so fort. Dieser gewaltige Zellenstaat ist's, der im Krieg steht. Draußen ist Unruhe, Bewegung, Zerstörung, hier im Lebendigen Selbsterhaltung, Sehnsucht nach Ruhe, nach Stetigkeit und Frieden. Hunger und Durst, Trockenheit und Nässe, Druck und Stoß, Frost und Hitze und viele andere Dinge nagen an dem Lebendigen, daß sie es verderben. Dazu kommt der offene Kampf, den das Einzelwesen gegen die andern führt, denn roh und erbarmungslos ist die Tierwelt dem brutalen Recht des Stärkeren preisgegeben. So ist Leben ein unaufhörliches Kriegsführen in Feindesland. Kriegsführen, denn das Leben läßt sich nicht kraftlos, untätig zerstören, es setzt dem Feinde Angriff und Widerstand entgegen. Es umgibt sich mit Wall und Feste, umgürtet sich mit dem Panzer der Haut, es sorgt dafür, daß die edlen Organe, Gehirn, Herz, Lungen, in knöchernem Gewahrsam gesichert sind vor des Feindes Ansturm, daß im Innern die Zellen in Ruh und Frieden ihr friedliches Werk ausüben können. Aber das Lebewesen selbst, der ganze Zellenstaat, muß immer wieder in den Kampf, muß in Feindesland sein gewaltiges Zellenheer verproviantieren und versorgen, muß essen und trinken und sich bewegen. Es ist bei jedem Schritt, bei jeder Tätigkeit bedroht. Da heißt's aufpassen, sorgen, vorsichtig sein, rechtzeitig die Gefahren erkennen, nicht erst, wenn es zu spät ist. Darum werden Tausende von Zellen als Posten ausgestellt, überall auf dem ganzen Festungswall der Haut, andere sind auf hochragender Warte zum Schauen bestellt, andere auf hohem Turm achten auf jedes Geräusch und orientieren sich fortwährend, wo man sich im Feindesland befindet, wieder andere prüfen den Proviant, Speise und Trank und die Luft, ob sie zur Nahrung taugen und nicht vergiftet sind. Diese Vorposten sind die Sinnesorgane.

Die Sinne haben auf ihrer Warte nichts anderes zu tun als fortwährend nach dem Innern zu melden, was draußen geschieht. Tausende von Berichterstattern, sitzen sie im Auslug des Festungswalles und melden telegraphisch, auf besonderen Drähten, den Nerven, nach dem Innern, was sie erfahren. Jeder Posten hat

seinen eigenen Nerv, sein eigenes Kabel, das ins Innere führt. In der That, der Vergleich der Nerven mit den Telegraphendrähten hat seine Berechtigung. Allerdings, ein kupfernes Kabel leitet Elektrizität, und nur Elektrizität, mag es nun die maschinenbewegende Kraft des Wasserfalles über Meilen hinweg tragen oder die im Fernsprecher umgewandelten Schallwellen oder die in Elektrizität verwandelte chemische Kraft von Salzlösungen, Zink und Kohleplatten. Immer ist es Elektrizität, was, vom Menschengesicht aus äußeren Kräften umgeformt, in die Kupferdrähte eingefangen, gebannt und gebändigt wird. Mit den Nerven ist's anders. Das ist nicht Elektrizität, was die Nerven leiten. Dazu ist die Bewegung viel zu langsam, rund 50 Meter in der Sekunde, gegenüber den mehr als 100 000 Kilometern, die der elektrische Strom im Draht zurücklegt. Was die Nerven leiten, wir wissen es nicht. Nennen wir es Nervenenergie, Nervenkraft. In diese Kraft müssen die Sinneszellen die Kräfte der Außenwelt umwandeln. Das ist ihre Aufgabe, nichts anderes. Wärme in Nervenkraft, Licht in Nervenkraft, Schwerkraft in Nervenkraft, Schwingungen, chemische Kraft in Nervenkraft. Alles Umwandlung. Genau wie es der Mensch mit der Elektrizität so erfolgreich versucht. Wie der Techniker mit dem Telephon zur Schallwellen, und nichts als diese, in Elektrizität umwandeln kann, wie er besonderer Apparate bedarf, um die Wärme in die Form der Elektrizität zu zwingen, anderer, um die lebendige Kraft des Wasserfalls in Drähten einzufangen, so braucht der Organismus in den Nervenzellen verschiedenartige Einrichtungen: besondere, um Wärme, andere, um Licht, Schallwellen, chemische Kraft in Nervenkraft umzusetzen. Wie die Natur das fertigbringt, das wissen wir nicht, wir sehen nur, daß sie es fertigbringt mit wunderbar feinen, mannigfaltigen Vorrichtungen. Aber von dem Verständnis der technischen Konstruktion dieser Einrichtungen sind wir weit entfernt. Das darf uns nicht wundern. Ist doch die Erforschung der anatomischen Feinheiten des menschlichen Körpers jüngsten Datums. Die alten Anatomen hatten genug zu tun, um erst das Größte herauszufinden und es für praktische Zwecke brauchbar zu machen.

Und dann fehlten die Kenntnisse der Gesetze der anorganischen Natur, der Physik und Chemie. Wie sollte man das Ohr verstehen, wenn man nichts von Schallwellen wußte, oder das Auge, wenn man die Gesetze der Lichtbrechung nicht kannte?

Je mehr diese Gesetze erkannt wurden, desto klarer wurde das Verständnis der Einrichtungen der lebenden Wesen. So ist begreiflich, daß erst der neuesten Zeit die genaue Erforschung der Sinnesorgane vorbehalten blieb, den letzten Jahrzehnten. Gewiß bleibt noch vieles

zu erforschen, aber wir haben doch schon viel erreicht. Davon sollen die folgenden Kapitel berichten.

Aber noch eine Vorbemerkung. Wir vergleichen die Sinnesorgane mit Vorposten, deren Beobachtungen notwendig sind zur Führung des Lebenskampfes. Der Vergleich hinkt natürlich wie alle Vergleiche. Die Sinnesorgane sind eben nicht aus denkenden Menschen, sondern aus besonders aufgebauten Zellen zusammengesetzt, gewissermaßen aus Umwandlungsapparaten. Nur in der Wirkung, in dem Erfolg liegt die Vergleichsmöglichkeit. Sie stehen auf vorgeschobenen Punkten, reagieren auf die Kräfte der Außenwelt, wie die abgestimmten Föhler der drahtlosen Telegraphie, jeder auf seine besonderen Wellen. Den Eindruck wandeln sie in Nervenregung, die auf dem Nerventabel weiter geleitet wird zum ersten Haltepunkt, zum „Ganglion“, am Rückenmark oder an andern Stellen. Gewissermaßen die Feldwache. Von hier aus wird die Meldung, der Sinnesindruck, weitergefabelt. Und der Körper antwortet und handelt. Nicht immer der ganze Körper. Was gehen ihn kleine Placereien an? Auch im Menschenkriege werden dem Höchstkommmandierenden nicht alle Meldungen überbracht, wenn etwa ein Transport Vieh gesichtet ist, oder plänkeldes Herumstreichen von Freischärlern sich unangenehm bemerkbar macht. *Minima non curat praetor*, um Kleinigkeiten kümmert sich das Hauptquartier nicht. Dafür sind die Subaltern- und höheren Offiziere da. Erst wenn Nachrichten von bedeutender Wichtigkeit einlaufen, wenn etwa der Feind in großer Zahl unvermutet in nächster Nähe entdeckt ist, dann wird's im Hauptquartier lebendig, dann ergehen von hier die Befehle zum Handeln.

Von den vielen, vielen tausend Meldungen, die unausgeseht tagaus, tagein von den Nervenposten einlaufen, erfahren „wir“ in den seltensten Fällen etwas. Doch wird gehandelt. Von den Subalternoffizieren, Nervenpunkten des Rückenmarks, oder höheren Offizieren, die im Gehirn tätig sind. Und die Handlungen, die sie anordnen, sind für das Wohl des Ganzen, des Organismus, des Zellenstaates von Vorteil und notwendig. Ein Beispiel: wenn grelles Licht in die Augen scheint, so verengt sich die Pupille. Die Zweckmäßigkeit eines solchen Vorgangs leuchtet ein: das Auge soll vor dem zuvielen Licht geschützt werden. Aber bin „ich“ an der zweckmäßigen Handlung schuld? Keineswegs, ich bringe es ja gar nicht fertig, nach eigenem Wunsch die Pupille zu verengern. Ja, oft kommt Handlung und eigener Wille in Widerstreit, etwa wenn die Kinder in übermütigem Spiel sich gegenseitig mit der Hand scherzweise gegen das Auge fahren, ohne es zu berühren. Dann zuckt das Augenlid und schließt das Auge — offenbar auch eine zweckmäßige Bewegung —

und zuckt auch dann, wenn sie sich die größte Mühe geben, das Auge offen zu halten. Wenn wir, d. h. unser Verstand, sich um all die Kleinigkeiten des täglichen Lebens kümmern wollten, wo bliebe da Zeit zu höheren Aufgaben? Und wer weiß, ob mein kluger Verstand es so klug anfangen würde, wie es hier durch Reflexe (Abb. 1) geschieht. Erst da, wo wichtige Fragen auf dem Spiel stehen, etwas, was unser Lebensschicksal berührt, und das wir durch eigene Überlegung,

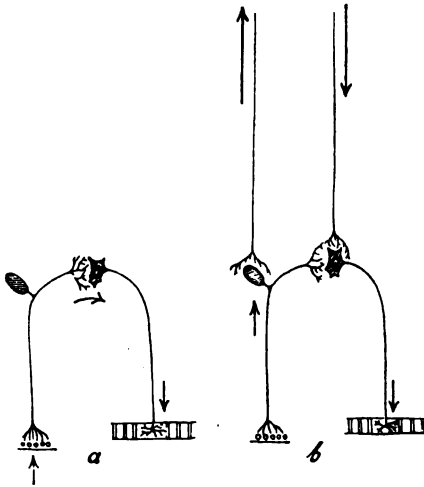


Abb. 1.

a Einfacher Reflex.

b Reflexion an höhere Instanz, von dort aus Befehl zur Ausführung.

durch eine Willenshandlung ändern können, werden wir uns des Sinnesindrucks, der „Empfindung“, bewusst. Und „wir“ ordnen jetzt, oft ohne uns darüber klar zu werden, an: so will ich, daß im Zellenstaat verfahren werde. Gegen diesen Befehl gibt's keinen Widerspruch, es wird gehandelt: wir handeln.

Wie dem auch sei, ob „wir“ nun handeln, ob wir aus eigenem Willen unsern eigenen Körper lenken, oder ob durch Reflexe einfacher oder verwickelterer Art ohne unser Zutun der Zellenstaat aus sich handelt, immer sind die Handlungen, die Lebensäußerungen, Antworten auf Eindrücke äußerer Kräfte, auf die Tätigkeit der Sinnes-

organe. Auf sie ist der Leib im Kampf gegen die Zerstörung angewiesen, auf ihre Berichterstattung muß er sich verlassen.

Sie schaffen die Siegesmöglichkeit. Der Leib muß siegen, Untergang ist Tod.

Und er siegt, täglich, stündlich, in jedem Augenblick. Siegt vor allem dank der wackern Arbeit seiner Vorposten.



## Auf dem Grenzwall.

Mit einem Freunde schlenderte ich durch die menschengefüllten Straßen der Großstadt. Mitten im dichtesten Gewühl, wo ein betäubender Lärm sich mischt aus dem Schwagen der vorbeihastenden Menschen, aus dem Rasseln der Wagenräder, dem Trappeln der Pferde auf dem Asphalt, dem Fluchen und Rufen der rücksichtslosen Kutscher, dem Sausen und Klingeln der elektrischen Bahnen, dem Pfauchen der Automobile, dem Schreien der Zeitungsverkäufer und was sonst die Großstadt an lärmender Qual gebiert. Wir schlendern langsam in angeregter Unterhaltung. Da, über die Köpfe der hastig sich schiebenden Menschenmenge hinweg leuchten große, rote Plakate vom Panoptikum her, mit grellbunten, auffälligen Lettern. In so aufdringlicher Weise heben sie sich von der buntfarbigen Mannigfaltigkeit des wogenden Trubels ab, daß man aufmerksam wird, trotzdem die Augen von den unaufhörlich wechselnden bunten Bildern übersättigt sind. Ich lese das Plakat mit der marktchreierischen Ankündigung.

**!! Signor Antonio !!**  
**Das Weltwunder!**  
**Der unverwundbare Fatir!**  
**!! Der Mensch ohne Gefühl !!**

Also eine menschliche Abnormität. Unwürdiges Schauspiel! Ein Gebrechen eines armseligen Menschenkindes in berechneter Spekulation auf die lüsterne Neugier eines blasierten Publikums auszuwerten! Aber — ich fühle die Verpflichtung, mich zu entschuldigen — dem, der mit wissenden Augen sieht, sind diese unglücklichen Objekte einer unwürdigen Schau außerordentlich dankbare Fundgruben für die wissenschaftliche Beobachtung und sehr geeignet, zum Nachdenken anzuregen.

„Wollen wir hineingehen?“ Mein Freund sah mich so verwundert an, als mute ich ihm zu, der Königin von Madagaskar einen Heiratsantrag zu machen.

„Also Sie wollen wirklich auf diesen Schwindel hereinspringen?“

„Schwindel? Möglich, aber unwahrscheinlich. Wie dem auch sei, mich interessiert es. Gehen Sie mit?“

Mein Begleiter lacht noch ironisch, brummt etwas von Humberg, von nutzloser Zeitvergeudung, aber schließlich geht er doch mit hinein. Durch lange Reihen geschmackloser, gespenstischer Wachsfiguren von Erfindern, Königen, Helden, Verbrechern, die in langweiliger Nachahmungskunst Leben erheucheln, winden wir uns hindurch, immer rasch weiter, weiter zur Bühne, wo schon einige Zuschauer des kommenden Schaustücks ungeduldig warten. Es dauert noch eine Weile, wir warten mit. Da endlich hebt sich der Vorhang, der Wundermensch tritt auf. Also das ist er. Ein Mensch wie andre auch. Er erzählt die Geschichte und die Entstehung seiner wunderbaren Fähigkeiten: daß er vor einigen Jahren einige zwanzig Meter tief von einem Neubau gestürzt, mit dem Kopf nach unten, daß er zwar unverletzt blieb, aber nach einigen Tagen durch Zufall zu seiner Verwunderung bemerkt habe, daß er nicht den geringsten Schmerz mehr spüre. Dieser Zustand der Unempfindlichkeit habe bis heute angehalten. Und nun bringt er die Beweise seiner Behauptung: zum grenzenlosen Erstaunen des erschienenen verehrlichen Publikums läßt er sich Knöpfe auf die bloße Haut nähen, als wenn die Haut Hofenstoff wäre. Dann schlägt er auf dem Kopf dicke Bretter entzwei, die dröhnend und krachend zersplittern. Weiter läßt er spitze Bolzen auf den nackten Leib abschießen, daß er mit Pfeilen gespickt ist wie der heilige Sebastian. Zuletzt durchbohrt er sich gar mit langen Hutnadeln seine Arme, die Wangen, sticht sie bis an den Knopf in den Leib und in die Brust, daß es mich als Arzt schaudert, mehr schaudert als die neugierigen Zuschauer, die das Ganze als kuriosen Spaß betrachten. Täuschung ist ausgeschlossen. Er steht mitten unter dem Publikum und läßt sich ansehen, befühlen und von mir auch untersuchen. Gewiß, es geht alles mit rechten Dingen zu. Dann geht er zurück aufs Podium, und gerade als er oben steht, gibt mir mein Begleiter einen derb unsanften Rippenstoß: „Da, da!“ — „Nun, was?“ — „Ja, haben Sie denn das nicht bemerkt? Habe ich nicht gleich gesagt, daß es Humberg sei, ein ganz gemeiner Schwindel?“

„Schwindel, wieso?“

„Ja, haben Sie es denn nicht bemerkt? Sehen Sie dort den Bindfaden über der Bühne von der Decke herabhängen? Gerade, wie er hinaufsteigt, berührt er unvermutet diesen Faden mit dem bloßen Rücken und sieht sich verwundert nach der Ursache der leisen Berührung um. Na also, ich habe es ja gleich gesagt, Humberg!“

Inzwischen war das Publikum auf uns aufmerksam geworden, wir brachen auf, zumal unsere Wißbegierde befriedigt war, und setzten draußen das Gespräch fort.

„Ein Triff, weiter nichts!“ Ich schüttelte den Kopf, und er fuhr, durch meinen Widerspruch gereizt, erregt fort: „Mein Gott, man sieht doch, daß er fühlt, sehr fein und deutlich fühlt.“

„Und wenn es so war,“ entgegnete ich, „wenn er die leise, zarte Berührung bemerkte, so spricht das ja schließlich durchaus nicht gegen seine behauptete Unempfindlichkeit gegen Schmerzen.“

„Sooo? Wenn er diese feine Berührung empfand, da muß er doch die Schmerzen erst recht spüren. Er spürt sie genau wie wir, hat sich aber dressiert, sie zu unterdrücken, und schlägt eben Kapital aus seiner ‚Kunst‘. Gewöhnung, Dressur, allenfalls Willensstärke, das ist alles. Etwas Wunderbares, Außergewöhnliches, Sehenswertes finde ich darin nicht. Und darum sind wir eben hereingefallen. Quod erat demonstrandum. Basta!“ — — — —

Hat er recht? Nein. Er verfiel eben in denselben Fehler wie alle Laien, die glauben, daß jede Stelle unseres Körpers „Gefühl“ habe. Ein leises, das ist das zarte Taftgefühl, bei stärkerer Berührung spürt man (so geht die landläufige Meinung) Druck, bei Berührung mit warmen Gegenständen fühlt diese Stelle „warm“ oder entgegengesetzt „kalt“, bei sehr starken Eindrücken, also etwa Brennen, Aneisen, Stechen, fühlt man Schmerzen. Das ist aber durchaus falsch. Es ist eben nicht jede Stelle der Haut ein solches Universalwerkzeug.

Ein ganz einfaches Experiment: wir stechen mit feiner Nadel an der Innenseite unserer Wange ins „Fleisch“, in die Schleimhaut; auf großem Bezirk spüren wir dort nicht den geringsten Schmerz, aber zu unserer Vermunderung den leisesten Druck. Auch die Berührung der Nadelspitze fühlen wir sehr deutlich. Auf diese Besonderheit der Wangenschleimhaut hat Kriesow zuerst aufmerksam gemacht. Da hätten wir also an einer kleinen Stelle unseres eigenen normalen Körpers ein vollkommenes Gegenstück zu dem Signor Antonio, der am ganzen Körper diese Merkwürdigkeit aufweist.

Ferner gibt es, wie jeder Arzt weiß, Rückenmarkskranke, deren Hautempfindlichkeit, wenn auch nicht am ganzen Körper, so doch an einzelnen Stellen derart gestört ist, daß sie die leiseste Berührung der Haut wahrnehmen, aber man darf sie stechen und kneifen, die Haut verbrennen oder erfrieren lassen, von dem Schmerz empfinden sie nichts.

Außerdem wissen die Ärzte, daß eine ganze Reihe von Personen, an denen in der Narkose eine Operation vorgenommen wurde, in der Betäubung wohl noch das Ansetzen der Instrumente bemerkte, aber nicht die geringsten Schmerzen verspürte. Ganz drastisch sieht man diese merkwürdige Erscheinung bei der modernen Art der örtlichen

Betäubung (bei der nur die zu operierende Stelle durch Einspritzung von Kokainlösung gefühllos gemacht wird), wo der Patient Gelegenheit hat, bei klarem Verstand den Gang des ärztlichen Eingriffs zu verfolgen, und über seine Empfindungen Auskunft geben kann. Er fühlt die leiseste Berührung, auch die Berührung mit den gefürchteten Instrumenten, aber er empfindet von Schmerzen nicht das allermindeste.

Und damit endlich auch das Gegenstück dazu nicht fehlt: ein Arzt, namens Barker, hat einen Fall beobachtet und beschrieben, in dem ein Kranker infolge Lähmung eines Armnerven nicht das geringste von Berührung, von Wärme und Kälte spürte, wohl aber fühlte er die Schmerzen — beim Brennen, Stechen u. dgl. — vollkommen normal.

Diese Auslese von Beispielen mag genügen. Sie beweisen klar und klar, daß eben das Schmerzgefühl etwas ganz anderes ist als das Tastgefühl, und der Signor Antonio braucht deswegen kein Schwindler zu sein. Nein, die Bedenken gegen die behauptete Schmerzempfindlichkeit des „Weltwunders“ liegen an ganz anderer Stelle.

Experimentieren wir einmal weiter an unserm Körper! Es gibt da für Laien noch manches Neue zu entdecken. Mit irgendeinem kalten Gegenstand, sagen wir mit einer stählernen Stricknadel, meinetwegen auch mit einer Stahlfeder, die wir in einen Halter stecken, können wir schon einiges Neue kennen lernen. Wir tasten mit dieser kalten Spitze vorsichtig, ohne Druck, auf der Haut, etwa — der bequemeren Beobachtung wegen — auf dem Rücken der linken Hand.

Schon eine Überraschung! Nicht an jeder Stelle fühlen wir „kalt“, sondern nur an einigen wenigen, ganz kleinen, punktkleinen Stellen. Hier haben wir das Gefühl des Kalten aber scharf, deutlich und blitzartig. An allen andern Stellen fühlen wir vielleicht die Berührung, den leisen Druck — und auch das nicht immer! —, aber nichts von Kälte. Wir zeichnen uns diese kalteempfindenden Punkte mit Tinte an. Wenn wir nach kurzer oder längerer Zeit wieder prüfen, so finden wir sie unverrückbar immer an derselben Stelle wieder. Also „Kältepunkte“.

Auch Wärmepunkte gibt es. Nur sind sie nicht so leicht aufzufinden. Wir nehmen dazu dünne, hohle Röhren, die in eine feine Spitze ausgezogen sind und mit warmem Wasser gefüllt werden. Wenn wir uns mit diesem Rüstzeug an das Auffuchen der Wärmepunkte begeben, so entdecken wir bald, daß die Wärmeempfindung nirgends so plötzlich, blitzartig auftritt, sondern mehr langsam, schleichend, immerhin recht deutlich zu erkennen, wenn wir Geduld

und Aufmerksamkeit genug haben. Und wir finden, daß die Wärmebezirke ebenso punktförmig klein sind und ebenso unverrückbar auf der Haut festliegen wie die Kältepunkte. Man kann sich also mit Leichtigkeit eine Landkarte der Kälte- und Wärmepunkte der Haut herstellen, wenn man sich genügend Zeit nimmt für die Entdeckungsreisen und sorgfältig genug jedem kleinen millimetergroßen Bezirk die nötige Aufmerksamkeit widmet. Man hat's gemacht und gefunden, daß im Durchschnitt auf den Quadratzentimeter etwa 6—23 Kältepunkte kommen, aber nur 0—3 Wärmepunkte. Auf die ganze Oberfläche der Haut berechnet, macht das etwa 250 000 Kälte- und 30 000 Wärmepunkte. Bei den Kindern liegen diese Punkte näher aneinander, so daß man mit Recht geschlossen hat, daß die Menschen ihren ganzen Vorrat an Kälte- und Wärmepunkten mit auf die Welt bringen.

Kältepunkte, Wärmepunkte — diese feine Unterscheidung hätte man der Haut kaum zugetraut. In der Tat ist diese Erkenntnis auch durch alle Jahrtausende der Menschheit merkwürdigerweise ganz unbekannt geblieben. Erst seit 25 Jahren weiß man davon, unabhängig voneinander haben zu gleicher Zeit der Däne Magnus Blix und der Deutsche Goldscheider diese Entdeckung gemacht. Seitdem hat man in diesem unbekanntem Land eifrigst neue Entdeckungsreisen gemacht und ist um ein Bedeutendes klüger geworden.

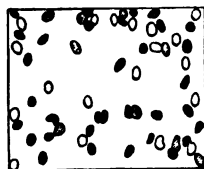


Abb. 2.

Die Anordnung der Kalt- (weiß), Warm- (schwarzer) und Druckpunkte (schwarz) an einer kleinen Partie der Dorsalfalte der linken Handwurzel. (Nach Blix.)

Je mehr Forschung, desto mehr Geographie. Auch die Hautgeographie ist durch die Forschung immer verwickelter geworden. Es gibt nämlich auch Druckpunkte. Wir nehmen ein steifes Haar, eine Borste, ein kurzes Stück Pferdehaar — zur bessern Handhabung klemmen wir es in ein Hölzchen, daß es aussieht wie ein Haarhammer — und beginnen wieder unsere Untersuchungen, indem wir leise mit dem Haar auf die Haut tippen. Wieder eine Überraschung: an manchen Stellen fühlen wir nichts, rein nichts von dieser leisen Berührung, an andern Stellen das zarteste Tupfen, das die Haut kaum berührte. Auch diese Punkte werden in die Hautlandkarte eingetragen, als Tastpunkte oder Druckpunkte. So eine Landkarte hat dann das Aussehen, wie in Abb. 2 dargestellt ist.

Zwei amerikanische Physiologen, Trotter und Davies, haben in jüngster Zeit nach dem Vorgang des Engländers Heads ihren Forscherdrang so weit getrieben, daß sie in bewundernswertem Heldennut sich selbst verschiedene Hautnerven durchschnitten, um

daran die Änderung der Empfindungen zu studieren. Sie kamen zu dem Schluß, daß außer den Kälte-, Wärme- und Taſtpunkten noch beſondere Druckpunkte vorhanden ſein müſſen. Nach allgemeiner Auffaſſung iſt Berührung auch nichts anderes als ganz leiſer Druck. Aber, ſo ſagen die beiden Forſcher, und es läßt ſich nicht leugnen, daß daran etwas Richtiges iſt, ſchon die aufmerkſame Beobachtung ergibt, daß die Berührung ihre ganz beſonderen Eigenſchaften hat, die ſie von dem Druck unterſcheiden. Man fühlt bei dem Berühren ja gar keinen Druck, man hat eher den Eindruck des Leichten, Oberflächlichen, Flüchtigen, man fühlt nur den Augenblick, in dem die leiſe Berührung einſetzt oder aufhört, aber nicht die Zwischenzeit, und man kann ganz genau den Punkt der Berührung angeben. Dagegen iſt der Druck nicht ſo genau feſtzulegen, er macht den Eindruck des Starren, Schweren, Maſſiven, und das Gefühl iſt nicht ſo ſcharf zu beurteilen, weder was den Ort noch was die Dauer betrifft. Und da ſie am eignen Leib dieſe Unterſchiede nach der Nervendurchſchneidung beſonders deutlich bemerkt haben wollen, ſo nehmen ſie neben den oberflächlichen Berührungspunkten beſondere Druckpunkte an, die tiefer, unter der Haut, liegen. Dieſe Auffaſſung iſt neu, ſie erſcheint auch einleuchtend, aber ſie bedarf noch der ſorgfältigen wiſſenſchaftlichen Nachprüfung, und darum halten wir uns an den alten Brauch und verſtehen unter Druckpunkten hier und in der Folge unterſchiedslos nur ſolche, die den Eindruck der leiſeren und ſtärkeren Berührung wahrnehmen.

Aber — um die Sache noch verwickelter zu machen — die Haut empfindet ja auch Schmerz. Gibt es auch Schmerzpunkte? Um ſie zu beſtimmen, muß man ſchon die Haut verletzen, etwa durch feine Nadelſtiche, aber das gibt dann eben keine genauen Ergebniſſe. Als Reſultat ließ ſich feſtſtellen — auf dieſem Standpunkt ſteht heute wohl die Mehrzahl der Forſcher —, daß die Schädigung jeder Hautſtelle Schmerzen hervorruft, vorausgeſetzt, daß überhaupt der betreffende Körperteil Schmerznerve enthält. Schmerzpunkte anzunehmen, iſt darum nicht gut angängig. Wir empfinden Schmerzen, wenn wir uns ſtechen, quetschen, ſtoßen, brennen, aber auch bei Berührung mit ſehr kalten Gegenſtänden, nach Aßung mit chemiſchen Subſtanzen, Laugen, Säuren. Alſo immer, wenn die Haut oder tiefere Teile verletzt, beſchädigt, wenn Körperzellen getötet ſind. Der Tod von Zellen iſt die hauptſächliche Urſache der Schmerzen. Die Zellen ſterben, ihr Eiweiß zerfällt, und dieſes zerfallene Eiweiß, der tote Stoff im Blutſaft gelöſt, das weckt erſt die Schmerzen. Werfen wir mit einem Brennglas das runde Sonnenbildchen auf die Haut, den „Brennpunkt“, in dem alle Strahlen ſich vereinigen,

Deffer, auf Vorposten im Lebenskampf



Kaiser Franz I.

(Vom blinden Bildschnitzer Joseph Kleinhans  
nach der Natur ausgeführte Holzbüste)

(Innsbruck: Ferdinandeum. Photogr. v. Hesse-Innsbruck)





o vergeht eine geraume Zeit, bis wir etwas spüren, aber dann, ganz plötzlich, eben wenn die hohe Hitze Zellen getötet hat, setzt der Schmerz ein, stechend, scharf; rasch ziehen wir mit einem „Au!“ die Hand zurück und reiben die schmerzhafteste Stelle. Und dieser Brennschmerz, der sich auf einen Punkt beschränkt, unterscheidet sich in nichts von dem Schmerz eines Nadelstiches. In beiden Fällen neibet der Schmerz Zerstörung, Zellentod.

Also ist in der Tat nicht jede Stelle der Haut ein Universalwerkzeug, empfänglich für die verschiedensten Eindrücke, nein, an diesen winzigen Punkten ist sie empfänglich für Wärme, an jenen für Kälte, Druck und Berührung fühlen wir wieder mit anderen Punkten, und alle diese Punkte haben nichts mit dem Schmerz zu tun. Alles getrennt. Aber allen diesen Eindrücken ist gemeinsam, daß sie ins Innere dringen. Vorpostennachrichten über das, was draußen vorgeht, über Wärme und Kälte, Druck und Berührung, aber auch über Zerstörung. Die Leitung ins Innere besorgen die Nerven. Ein Nerv leitet nur Druck, ein anderer Wärme, der Kälte und der Schmerzindrücke. Daß jedes Nervenfädchen nur einen bestimmten Eindruck weiterleitet, das nennt man im Gelehrtendeutsch das „Gesetz der spezifischen Sinnesenergie“. Der große Johannes Müller hat dieses Gesetz aufgestellt. Und die Aufstellung war eine wissenschaftliche Großtat zu einer Zeit, wo die Physiologie sich loslöste aus Irrglauben und vorgefaßter Meinung, sich befreite von veralteten, errosteten, mittelalterlichen Anschauungen, wo sie, statt über das Latargeschehen zu philosophieren und auszuklügeln, wie es sein mußte, beobachtete, wie es war, wo sie aus Naturphilosophie Naturwissenschaft wurde. Wir wundern uns heute darüber, daß dieses Gesetz der spezifischen Sinnesenergie die Anerkennung erst erringen mußten. Es erscheint uns heute ganz selbstverständlich. Über alle die großen Selbstverständlichkeiten haben zuerst Widerspruch und Widerstand gefunden, auch Robert Julius Mayers Gesetz von der Erhaltung der Energie, auf dem unsere ganze moderne Technik gründet, oder Darwins Entwicklungslehre, ohne die unsere Lebenswissenschaft nicht zu denken wäre.

Kurz und gut: ein jeder Nerv leitet seinen Eindruck und nichts anderes. Wir haben die Nerven mit Leitungsdrähten verglichen, und wenn der Vergleich auch hinkt, er läßt gute Ähnlichkeitschlüsse zu. Hier diese Kupferdrähte, die von Mast zu Mast über Häuser und Felder gezogen sind, sind Telephondrähte, jene andern, die die Eisenbahn auf Meilen und Meilen in tanzenden Linien begleiten, sind für die Telegraphie bestimmt, die dickeren dort leiten Elektrizität, die in den Häusern das Licht entzünden soll, und diese tragen die Kraft,

Maschinen zu bewegen. Wenn ich in den Fernsprecher spreche, so ist am andern Ende wieder ein Fernsprecher, und was ich sage, hört man in jenem Apparat. Und wenn der elektrische Fernseher, der immer noch auf sich warten läßt, schon vollkommen erfunden wäre, so könnte ich hier sehen, wie es am Wahltage in Neuyork aussieht, vorausgesetzt eben, daß mein Empfangsapparat mit jenem Aufnahmeapparat in Amerika verbunden wäre. So töricht ist heute niemand, daß er annehmen möchte, ich könnte mit dem Telephon die Bilder sehen oder mit dem Fernseher hören, was drüben vorgeht. Dazu gehören eben besondere Apparate und besondere Leitungen, die diese Apparate verbinden. So ist's mit den Nerven. Wenn hier auf meinem Handrücken in der Haut ein feiner Apparat liegt, der Kälteeindrücke aufnimmt, so leitet ein ganz bestimmtes, mit diesem Apparat fest verbundenes Nervenfädchen den Kälteeindruck weiter, aber nicht auch gleichzeitig Wärme oder Druck. „Spezifische Sinnesenergie“. Indessen, das will richtig verstanden sein. Was der Nerv leitet, ist ja Erregung, Nervenkraft. Und diese Kraft entsteht durch Umwandlung von Licht, Wärme, Schall in besonderen Endapparaten, Auge, Wärmepunkt, Ohr, den Umwandlern. Aber — es kann ausnahmsweise ein Nerv auch einmal durch eine andere, dem Umwandler fremde Ursache erregt werden, und dann leitet er auch diese Erregung weiter, und die fremde Einwirkung wird dann empfunden als Licht, Wärme, Schall usw.

Der Sehnerv z. B. leitet in wunderbarster Feinheit die Lichteindrücke, die das Auge aufnimmt, stellt die Eindrücke in zartestem Mosaik zusammen und bringt uns das Bild zum Bewußtsein. Aber wenn eines Menschen Sehnerv gewaltsam mißhandelt, geschnitten, gequetscht, gezerrt wird, so „sieht“ er ein verwunderliches Leuchten und Blitzen. Vielleicht hat schon der eine oder andere erfahren, daß das Volk recht hat, wenn es sagt, daß bei heftigem Schlag oder Fall auf den Kopf Garben von Funken aus den Augen sprühen. Von einem „Bild“ kann natürlich nicht die Rede sein. Und der Vergleich aus der Technik: wenn ich am Fernsprecher horche, so höre ich nichts, wenn nicht drüben der andere Apparat, mit dem ich verbunden bin, eben „aufnimmt“, höre ich selbstverständlich auch nichts, wenn der verbindende Draht zerschnitten ist, und wiederum höre ich nichts, wenn nicht der in jenem Fernsprecher erzeugte elektrische Strom, sondern irgendein anderer elektrischer Strom durch den Draht fährt; allenfalls höre ich im letzten Falle ein verwunderliches Knacken, das ich nicht deuten kann, verschwommen, verworren. Kein Klangbild, wie dort kein geordnetes Lichtbild.

Aber etwas anderes: eine elektrische Schelle ertönt. Dazu

braucht's keines besonderen Aufnahmeapparates; ich brücke hier auf den Knopf, und der Alarm ist da. Nicht einmal der Knopf ist nötig. Irgendwo bringe ich die beiden Drähte aneinander oder Klemme ein Metall, das die Leitung herstellt, zwischen sie, etwa eine Nadel oder ein Taschenmesser. Es kann auch eine Flamme, die die Drähte durch Schmelzen vereinigt, den Erfolg haben, daß sie die Schelle zum Tönen bringt, oder Feuchtigkeit, die die Leitung herstellt, oder Rässe oder Säuren, die ätzend die Drähte anfressen. Immer derselbe Erfolg durch ganz verschiedene Ursachen.

Ganz ähnlich ist's mit den Schmerznerven. Die feinen Apparate, die Druck, Berührung, Wärme, Kälte aufnehmen, sind abgestimmt, nur auf diesen einen Reiz, gesondert von allen andern, anzusprechen, sie sind zu diesem Zweck besonders gebaut und eingerichtet, jeder in besonderer Weise, die ihm zukommende äußere Kraft in Nervenkraft umzusetzen. Mit den Schmerznerven ist's anders. Schmerz ist Alarm. Zum Schmerz gehört irgendeine Verletzung, Zellentod. Der Gewebsaft, mit den toten Eiweißzerfallstoffen beladen, ist verändert, und diese Veränderung, die „Vergiftung“, empfinden wir durch die Schmerznerven eben als Schmerz. Ob der Zellentod nun eintrat durch chemische, ätzende Stoffe oder durch einen Nadelstich, durch Quetschung, Entzündung oder Verbrennung, das ist gleich. Auf den Eiweißzerfall tritt immer Schmerz auf, immer derselbe Alarm wie bei der elektrischen Klingel. Der Druckknopf ist hier Eiweißzerfall.

Der Vergleich des elektrischen Alarms mit dem Schmerz läßt sich mit einiger Phantasie weiter ausspinnen. Wenn an der Haustür der Knopf gedrückt wird, die Schelle im Flur erklingt, dann springt das Hausmädchen eilends an die Tür, um zu sehen, wer Einlaß will. Hans, der Obertertianer, der seine Flegeljahre dazu benutzt, seinen Tätigkeitsdrang auf allerlei andern Leuten weniger angenehme Gebiete zu leiten, hat einen feinen neuen „Witz“ entdeckt. Er verbindet auf dem Flur, unbemerkt und unbeobachtet, für einen kurzen Augenblick die Drähte der Klingel. Es schellt. Treu und bieder stapft Anna, die Küchenfee, zur Haustür, ist höchst verwundert, daß niemand da ist, und kommt kopfschüttelnd zurück. Hans freut sich unbändig über den Erfolg seines Witzes, den er zu größtem Spaß täglich mit demselben Erfolg wiederholt.

So ist's mit dem Schmerz auch, nur nicht so spaßhaft. Wenn ich den Schmerznerb, der von den Zehen kommt, irgendwo an einer Stelle oben im Bein reize, so verspüre ich Schmerzen in der Zehe. Wenn uns das Bein eingeschlafen ist, weil der Nerv im Oberschenkel durch unbequeme Haltung längere Zeit zusammengedrückt war, spüren wir ein Krabbeln in den Füßen. Besonders verwunderlich erscheint

es, wenn Menschen, denen der Chirurg ein Bein amputieren mußte, hinterher über Schmerzen im Fuß klagten, den sie gar nicht mehr besitzen. Oder wenn Menschen, denen die ärztliche Kunst ihre zerstörte Nase durch einen Hautlappen aus der Stirn ersetzte, bei Reizung der neuen Nase Schmerzen vor der Stirn empfinden. Freilich, wie Anna, das Küchenmädchen, bald dahinterkommt, daß die Ursache des Schellens nicht unbedingt und immer an der Haustür zu suchen ist, so gewöhnt sich auch der Körper an die neuen Verhältnisse, lernt um und verlegt jetzt die schmerzhaft empfindung an die richtige Stelle.

Vom Schmerznerve nehmen wir also nicht an, daß er besondere Apparate besitzt. Aber die andern, die über Wärme, Kälte, Druck nach dem Innern berichten, sie müssen für ihre besondere Leistung besondere Umwandlungsapparate besitzen. Die Erforschung dieser kleinen Apparate ist von großem Reiz. Was könnten unsre Techniker aus ihnen lernen, welchen Gewinn könnten sie für das praktische Leben aus dem Verständnis ihrer Einrichtung schöpfen! Handelt es sich doch um Transformatoren, um Umwandler, um Apparate, die die verschiedenen Naturkräfte in Nervenkraft umwandeln. Leider sind unsre Kenntnisse dieser feinen Apparate noch sehr, sehr lückenhaft. Nicht nur hinsichtlich ihrer Einrichtung und Wirkungsweise, sondern auch ihres groben Aufbaus, sofern man bei so kleinen Apparaten, deren Gesamtgröße nur Bruchteile eines Millimeters beträgt, von großem Aufbau sprechen darf. Das klingt vielleicht verwunderlich. Man braucht doch nur einen Kältepunkt oder Druckpunkt unter das Mikroskop zu legen, so sieht man ja, was man sehen möchte. Indessen, so einfach ist die Sache nicht. Die Untersuchung ist im Gegenteil so schwierig, daß man fast an der Aufklärung des Dunkels verzweifeln möchte. Man bedenke: vor 75 Jahren erst hat man angefangen zu erkennen, daß der Mensch aus Zellen aufgebaut ist. Seitdem hat man in harter, täglicher Arbeit, zäh und unermüdblich Zelle um Zelle erforscht, ihre Form und Größe, ihre Anordnung, ihren inneren Aufbau. Was gab es nicht in diesem Neuland zu entdecken und zu erobern! Wir sind ja heute ein gut Stück weitergekommen, wir haben ja viel gelernt, aber wie unendlich viel bleibt zu erforschen übrig! Selbstverständlich muß jeder Mitarbeiter auf diesem Gebiet, jeder, der helfen will, neue Gebiete zu durchforschen, den Stoff vollkommen beherrschen, muß hinreichend sich zurechtfinden können in der Fülle von Eindrücken, die ein Blick durchs Mikroskop enthüllt. Dazu gehört ein eignes Studium, das sich auf diesen Gegenstand beschränkt. So ist die Forschung nach dieser Seite eingeengt, auf die Beobachtung weniger Führer begrenzt. Und dann ist das Mikroskop gegenüber den Fein-

heiten der Natur doch immer noch ein grobes, plumpeß Werkzeug, das das zarte, feinste Filigran des Zellenleibes nur ungenügend entwirrt, wenigstens nicht so weit, daß es unserm technischen Verständnis begreiflich würde.

Versuchen wir doch einmal selbst, mit dem Mikroskop diesem Zellengeheimnis näher zu treten. Dazu müssen wir ein kleines Stückchen Haut erst für die Untersuchung vorbereiten, härten, in Paraffin betten, in dünnste,  $\frac{1}{1000}$  Millimeter dicke Schichten zerschneiden, färben, aufhellen; das erfordert alles eine gewisse technische Gewandtheit. Und nun findet man etwas: einen Nerv, der bis an die Haut heranreicht, eine ganz, ganz feine Faser, die in der obersten Schicht der Haut in einem besonderen verwickelten Apparat endet. Aha! jetzt hat man, was man sucht. Aber der Apparat ist gerade so von dem Schnitt verstümmelt, daß man sich kein Bild davon machen kann. Und nun sucht man weiter und findet und vergleicht, und wenn man Glück hat, mag man vielleicht ein vollkommenes Bild dieses Apparates betrachten können. Aber — ist das nun Druckpunkt oder Wärme- oder Kältepunkt? Denn so einfach ist es nicht, daß man einfach einen Kältepunkt auf der Haut bezeichnen, dieses Hautstückchen ausschneiden und unter das Mikroskop legen könnte. Diesen Kältepunkt wiederzufinden, das wäre so, als ob man auf einer Wiese eine versteckte Stecknadel suchen wollte. Wächst doch ein Quadratmillimeter der ursprünglichen Haut unter dem Mikroskop bei tausendfacher Vergrößerung zu einem Quadratmeter! Und wenn man „etwas“ gefunden hat, ist es wirklich der gesuchte Kältepunkt und nicht vielleicht ein Punkt der Nachbarschaft? Man sieht, es türmen sich Schwierigkeiten auf Schwierigkeiten.

Und doch hat man einiges herausgebracht. Sehen wir uns einen Durchschnitt durch unsere Haut an (Abb. 3 u. 4). Eine Schicht gleichmäßiger Zellen, Zelle eng aneinander gerückt, ein festgefügtes, lückenloses Palisadenwerk, bildet die Schutzwehr des Körpers, die Scheide zwischen außen und innen. Bei den niedrigen, im Wasser lebenden Tieren gleichmäßig saftig. Bei uns ist die oberste Schicht von der trocknen und austrocknenden Luft umspült. So ist sie selber trocken, hornig und je mehr nach außen, desto mehr verhornt, ein Schutz gegen die Unbilden von Wind und Wetter, von Laugen und chemischen Schärfen. Ein jeder Mensch ist eben in gewissem Sinne ein Hörner Siegfried. Zwischen diesen Zellen winden sich die langen Schläuche der Schweißdrüsen korkzieherartig in die unter der Oberhaut liegende Lederhaut, da und dort starrt ein Haar, unter dem Mikroskop ein dicker, starrer Pfahl, aus der Haut. Und an dem Grunde des Haares scheidet eine traubenartige Drüse ein talgartiges

Fett ab, das Haar glatt, geschmeidig und schmiegsam zu erhalten. Natürlich müssen die Zellen ernährt werden wie alle Zellen des

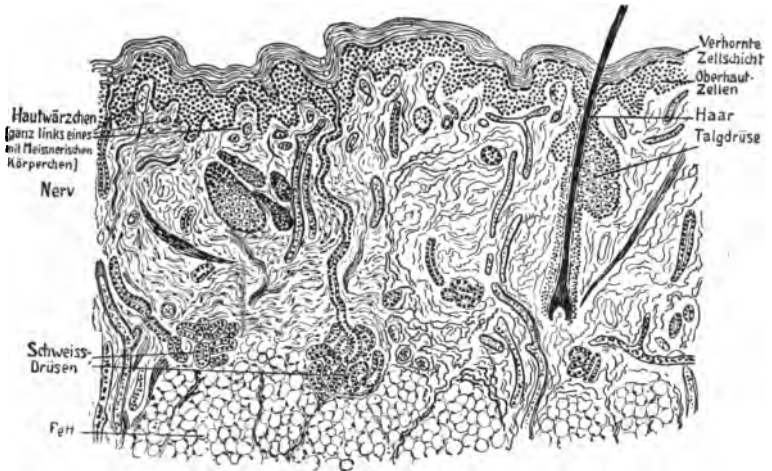


Abb. 3. Hautdurchschnitt. (Nach Mecke.)

Körpers. Das besorgt der rote, sprudelnde Lebenssaft, das Blut, das von innen gegen die Haut vorströmt; damit es recht innig in

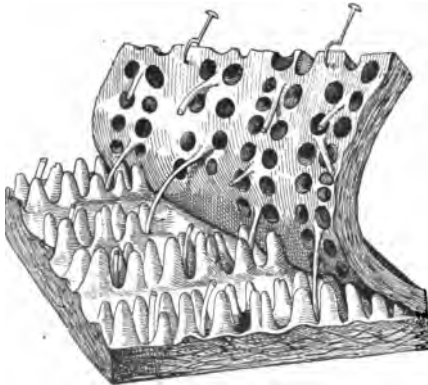


Abb. 4. Anordnung der Hautpapillen.  
Die langen Schläuche sind Schweissdrüsen.

Berührung kommt, hebt sich die Lederhaut in zahllosen kleinen Höckerchen, Wärtchen, die von kleinsten, feinsten Aberschlingen durchzogen werden. In diesen Schlingen gibt das Blut ernährenden Saft für die Zellen ab, die rings um die Kegelsäpfchen sich drängen, den kostbaren Saft aufzusaugen. Den andern Vorteil bringen die Zapfen, daß durch sie die Oberhaut fest verankert wird und bei gewaltsamem Angriff nicht abrutscht.

Zwischen den feinsten Zellen der Oberhaut ästeln sich zarte Nerven in feinstem Maschengef. Wahrscheinlich Schmerznerven. Und

in den Wärzchen findet man nicht nur Gefäßschlingen, sondern in besondern Wärzchen eigentümliche Kolben am Ende einer feinen Nervenfaser. Der Physiologe Meißner fand sie zuerst, und man nennt sie ihm zu Ehren Meißnersche Körper (Abb. 5). Man hält sie für Tastkörperchen, anscheinend mit Recht, denn man findet sie am dichtesten dort, wo das Tastgefühl am feinsten ist, in den Fingerspitzen. Man findet sie auch bei Tieren an solchen beweglichen Teilen, die zum Abtasten der Umgebung gebraucht werden, im Rüssel des Elefanten und des Schweins und im Schwanz der Affen, mit dem sie sich, um einen Ast gewickelt, anklammern. Die Konstruktion und den zweckmäßigen Bau solcher Tastkörperchen kann man noch einigermaßen begreifen. Diese weichen Scheiben, in die sich der Nerv baumartig verästelt, mit den dazwischen gelagerten zelligen Polstern scheinen außerordentlich geeignet, mit ihren breiten Flächen den leisesten Druck aufzunehmen. Ganz ähnlich, nur etwas primitiver, finden wir sie am Entenschnabel wieder. Auch die Ente braucht im Schnabel solche Organe. Wer jemals eine Ente beim Fressen

beobachtet hat, dem wird aufgefallen sein, wie jeder Bissen, bevor er dem Innern einverleibt wird, erst mit dem Schnabel betastet und allseitig befühlt wird. Man nennt die kleinen Tastscheibenbäumchen bei der Ente Grandry'sche Körperchen (Abb. 6), ihrem Entdecker zu Ehren.



Abb. 6.  
Grandry'sches Körperchen (Schema).

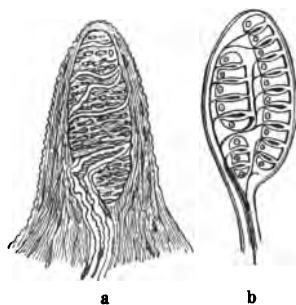


Abb. 5. Meißnersche Körper.  
a) Mikroskopische Ansicht.  
b) Schematischer Durchschnitt.

Wo Haare sind, sind keine Tastkörper. Und doch sind die behaarten Teile, wie man sich leicht überzeugen kann, außerordentlich empfindlich gegen die leiseste Berührung. Wir brauchen nur leise über die Härchen zu streichen, um die Berührung deutlich zu spüren. Katzen und manche Raubtiere haben besondere steife Tasthaare, mit denen sie außerordentlich empfindlich sind. Die allerleiseste Bewegung eines solchen borstigen Haares wird wahrgenommen. Es muß also die Bewegung des Haares auf einen Nerv übertragen sein. Das geschieht in der Tat. Jede Haarwurzel ist umkränzt von einem Geflecht feinsten Nervenfaser (Abb. 7), das, wenn das Haar bewegt wird, wie von einem Hebel gedrückt wird, was natürlich am ehesten dann möglich ist, wenn der Haarhebel steif und borstig ist, wie eben die Schnurrhaare der Katze.

Weiter findet man Nervenendapparate in der Tiefe des Körpers unter der Haut der Hohlhand und des Fußes, aber auch in den Sehnen in der Nähe von Gelenken, in der Tiefe des Leibes. Das sind die



Abb. 7. Haar und Nerven.

Baterschen oder Pacinischen Körperchen (Abb. 8). Sie erreichen eine ganz ansehnliche Größe, bis zu 4 mm, eine ganz ungewöhnliche Größe gegenüber den winzig kleinen andern Körperzellen. Vielleicht dienen diese Apparate dazu, den groben Druck der Körperlast und den Druck und Zug der Seh-



Abb. 8. Pacinisches Körperchen zu übermitteln.

Und die Kälte- und Wärmepunkte? Wir wissen nichts davon. Man hat die Merkel'schen Körper (Abb. 9) dafür angesprochen. Das ist möglich, aber nicht mit Sicherheit festzustellen. Ja, wenn die kleinen Apparate so groß wären, daß man sie bei der Arbeit beobachten könnte, daß man an technische Ähnlichkeiten anknüpfen, den Mechanismus begreifen oder sich durch Ähnlichkeiten klarmachen könnte! Jedenfalls müssen es besondere Apparate sein, mit deren Hilfe der Körper über Kälte und Wärme sich Auskunft verschafft.



Abb. 9. Merkel'sches Körperchen.

Diese zarten Nervenendapparate sind die Tasten in unserer Haut, die Klaviatur, an der die Dinge der Außenwelt spielen, um sie zu erkennen zu geben. Zarre Fühlhörner, die die Seele durch das Panzerwerk der Haut die Außenwelt streckt, um sich Kunde holen von dem, was draußen vorgeht. Sie sind in der Haut, auf dem gepanzerten Grenzwall, auf der Scheidewand zwischen dem friedlichen Leben des Zellenstaates und den Stürmen der Außenwelt, auf äußerstem, vorgeschobenem Bollwerk halten Wacht.

Und wie wissen sich Körper und Seele ihrer zu bedienen, um sich vor Schaden zu behüten, um den Leib im Kampf zu erhalten



Wir experimentieren wieder. Hier nehme ich zwei silberne Löffel, von denen der eine etwas erwärmt ist, in die Hand, rechts und links, und bin sofort imstande, mit Hilfe meiner Wärme- und Kältepunkte anzugeben, welcher warm und welcher kühl ist, ja bis zu gewissem Grade ungefähr, wie warm in Thermometergraden der heiße Löffel, oder um wieviel Grade er wärmer ist als der kalte. Immerhin ist dieses Thermometer sehr unzuverlässig. Denn wenn ich eine Kugel von Eisen und eine Kugel von Holz von derselben Wärme, sagen wir beide  $10^{\circ}$  warm, in der Hand vergleiche, so erscheint die hölzerne wärmer. Warum? weil das Metall, ein guter Wärmeleiter, meiner Hand Wärme entzieht. Ein Gegenstand kann eben meiner Hand Wärme entziehen oder zuführen oder — wenn er körperwarm ist — keines von beiden. Im ersten Fall heißt das in unserer Seelensprache: der Körper ist heiß, im andern: er ist kalt, oder drittens: er ist körperwarm. Immer wird die Wärme eines Gegenstandes oder einer Masse an der Wärme unserer eigenen Haut gemessen.

Darum, wenn ich hier drei Gefäße mit Wasser vor mich stelle, von  $0^{\circ}$ ,  $40^{\circ}$  und  $80^{\circ}$  C, und ich tauche die linke Hand in das eiskalte, die rechte in das sehr heiße Wasser und nach einem Verweilen beide in das lauwarme,  $40$  gradige, so fühlt die rechte Hand dieses Wasser kalt und die linke warm. Es hatten sich die Hände schon an die Temperaturen gewöhnt oder vielmehr sich mit dieser Wärme abgefunden und sich ins Gleichgewicht gesetzt. Ein solcher Ausgleich findet sehr bald statt: ein heißes Bad, das uns zuerst sehr heiß, unangenehm heiß vorkommt, verliert sehr bald seinen Schrecken und wird gar nicht mehr als warm empfunden. Dasselbe ist ja bei kalten Bädern der Fall.

Man sieht, die Wärmeapparate der Haut sind nicht unter allen Umständen zuverlässig. Sie lassen sich leicht täuschen. Ja, man kann die Täuschung noch bedeutend weiter treiben. An mir selbst habe ich öfter dieses Experiment gemacht: in der Badewanne halte ich den Rücken meines Fußes unter den Auslauf des heißen Wassers und habe immer, wenn das Wasser sehr heiß ist, für — 3 Sekunden das deutliche Gefühl gehabt, als wäre es eiskalt. Ja, so überzeugend ist diese Kälte, daß ich bei jedem Versuch zuerst die Täuschung gar nicht bemerke, sondern das Wasser tatsächlich für kalt halte, bis allerdings das schmerzhaft heiße Brennen mir die Wirklichkeit zurückruft.

Ein andres Beispiel: Seit Jahren kann man in den Apotheken „Migränestifte“ kaufen, mit deren Hilfe man sich — durch Reiben vor der Stirn — die Kopfschmerzen soll vertreiben können. Ein

solcher Migränestift besteht aus Menthol, einem Bestandteil des Pfefferminzöls, ist hart, weiß und kommt in der Form eines Fingerhutes in kleinen Holzbüchsen zum Verkauf. Wir reiben mit dem Stift die Haut unserer Stirn. Nach kurzer Zeit merken wir, daß die Haut außerordentlich kalt ist. Noch mehr, jeder Gegenstand, der jetzt die Haut der Stirn berührt, scheint eiskalt, unsere Finger scheinen bei der Berührung Eisfinger zu sein. Am kältesten erscheint die Berührung mit einem — auch warmen — Metall. Wie kommt das? Man könnte denken, daß das aufgestrichene Menthol verdunste und so die Kälte erzeuge. Aber dann müßte die Temperatur der Haut erniedrigt sein. Dies ist aber keineswegs der Fall, wie Goldscheider gezeigt hat, im Gegenteil, durch das Reiben ist vielleicht eine kleine Erhöhung der Hautwärme eingetreten. Und doch dieses Kältegefühl. Das Menthol hat die merkwürdige Eigenschaft, die Kälteapparate chemisch so zu verändern, daß sie übermäßig reizbar sind und jede Berührung nach dem Innern in ihrem Sinne, d. h. eben als kalt, melden. Übrigens wirkt das Menthol so nicht nur auf die Kälte-, sondern auch auf die Wärmekörperchen. Daß vor der Stirn dieses starke Kältegefühl auftritt, liegt nur daran, daß in der Haut der Stirn die Kältepunkte bedeutend in der Mehrzahl sind. Bestreicht man etwa die Augenlider, so hat man auch ein deutliches Gefühl von Wärme, ja von heißem Brennen. Auch das Taftgefühl und das Schmerzgefühl werden berührt, sie werden im Gegensatz zu den Kältepunkten abgestumpft, unempfindlich.

Das sind nun alles Experimente, d. h. künstliche Zusammenstellungen von Bedingungen, wie sie in der Natur nicht vorkommen. Im täglichen Leben ist es immer die Wärme der Haut, an der wir die Wärmegrade der Dinge um uns abmessen. Aber die Haut ist nicht immer gleich warm. Sie hat eine bestimmte Wärme, aber eine geliehene Wärme, die ihr geliefert wird aus dem inneren Körper, aus dem Herdfeuer, das das Leben der Zellen auf der gleichmäßigen Temperatur von  $37^{\circ}$  erhält. Diese Wärme von  $37^{\circ}$  erhält die Haut geliefert, aber sie muß fortwährend Wärme an die kältere Außenwelt abgeben, kühlt sich ab und hat deshalb eine Temperatur, die zwischen der Innen- und Außenwärme liegt. Aber die einzelnen Körperteile sind verschieden bedeckt und bekleidet, die einen sind — Gesicht und Hände — ganz unbekleidet, andre leichter, andre stark eingehüllt, also geben sie in verschiedenem Maße Wärme ab, also sind sie tatsächlich, wie man sich auch leicht durch Messungen überzeugen kann, verschieden warm. Und doch halten wir für gewöhnlich die ganze Haut überall für gleich warm. Eben weil sich jeder Körperteil mit seiner Umgebung ausgeglichen hat. Erst bei

der Veränderung der Außenwärme, wenn Wärme zugeführt oder entzogen wird, empfinden wir Wärme oder Kälte.

Ob die Luft warm oder kalt ist, das zu beurteilen fällt uns merkwürdigerweise gar nicht so leicht. Haben wir mehrere Behälter mit verschieden warmer Luft gefüllt, so ist es uns absolut unmöglich, durch Hineintauchen der Hand etwa sagen zu wollen, welche Luft wärmer oder kälter ist, wenn die Luftwärme nicht bedeutend über oder unter der fühlenden Hand liegt. Wir fühlen es allerdings nicht, unser Gehirn, in unserem Bewußtsein, wohl aber fühlt es die Haut, fühlt es der Körper sehr deutlich.

Wenn die Sonne im Hochsommer glühende Strahlen vom Himmel auf unsern Leib brennt, dann wird es uns heiß, unerträglich heiß, und wir ziehen dünne, leichte, helle Kleider an. Und im kalten Winter, wenn ein starker Frost mit schneidendem Ost über die Felder fegt, wenn die Bäche und Flüsse in kristallene Fesseln geschlagen werden, fühlen wir die empfindliche Kälte, uns friert, und wir richten danach die Dicke der Kleidung, hüllen uns in dicke, warme, wollene Winterkleider und mollige Pelze und heizen unsre Zimmer. Wir fühlen also die Hitze und Kälte mit unsrer Haut, aber dieses Fühlen ist nicht gar so einfach, wir erkennen die Luftwärme nicht direkt, sondern auf Umwegen.

In Mittagshitze und sommerlicher Sonnenglut glüht das Gesicht, rötet sich die Haut, und von der Stirn rollen dicke Schweißtropfen über die Wangen. Schweiß, unangenehmer, naßwarmer Schweiß, feuchtet auch den ganzen Körper, daß die Kleidung an der Feuchtigkeit klebt. Umgekehrt, bei Winterkälte wird die Haut blaß. Die ganze Haut zieht sich zusammen, daß die Haare sich sträuben und mit den kleinen Talgdrüsen sich buckeln zur Gänsehaut. Die Bedeutung dieser Einrichtungen ist klar. Sämtliche Säugetiere und auch der Mensch schaffen sich in ihrem Innern eine gleichmäßig warme Treibhauswärme von 37°. Das ist die Vorbedingung für ein „höheres“ Leben. Um diese Wärme dauernd gleichmäßig zu erhalten, dazu bedarf es genauester Reguliervorrichtungen, und als solche dienen die feinen Maschen des Abernetzes, das haarförmig in unserer ganzen Haut sich ausbreitet. Bei großer Außenwärme weiten sie sich, um dem erhitzten Blut Gelegenheit zu geben, sich draußen an der kälteren Luft abzukühlen. Denn so heiß, wie im Innern des Körpers, ist es unter gewöhnlichen Verhältnissen draußen ja nie. Auch das Schwitzen ist eine Vorrichtung zur Regulierung der Körpertwärme. Durch die bei der Verdunstung des Schweißes entstehende Kälte wird die Haut abgekühlt, besonders wenn ein zartes Lüftchen wohlthuend und erquickend den überhitzten Leib säthelt. Wenn

es draußen so warm ist, daß eine Überhitzung des Körpers droht, werden alle Wärmeschleusen aufgezogen, bei großer Kälte werden sie geschlossen, die Adern werden krampfhaft verengt, daß nichts von der kostbaren Wärme entweicht. Und wenn diese Einrichtung zum Schutz gegen die Kälte noch nicht genügt, so wird der Körperofen stark geheizt, die Glieder beben und zittern — d. h. die Muskeln ziehen sich rasch zusammen, um Wärme zu erzeugen —, und die Zähne klappen schnatternd zusammen, weil auch die Kaumuskeln durch Zittern ihr Teil mit beitragen wollen, den Wärmeverlust auszugleichen, den Leib zu erwärmen. Das alles erscheint sehr zweckmäßig, aber haben wir Menschen uns ein Verdienst an dieser zweckmäßigen Einrichtung zuzuschreiben? Keineswegs. Die Regelung der Körperwärme geschieht rein automatisch ohne unser Wissen, rein durch Reflexe, durch „Unteroffiziere“ unseres Nervensystems. Man hat sich früher die Sache zu leicht, rein mechanisch, vorgestellt: bei der Wärme weiten sich die Hautgefäße, und bei der Kälte ziehen sie sich zusammen, ein rein mechanischer Zusammenhang. Wärme dehnt aus, und Kälte zieht zusammen. Das ist eine grob mechanistische Auffassung, die hoffentlich jetzt ziemlich überwunden ist. Die Nachrichten über Wärme und Kälte gelangen ins Innere zu den Feldwachen, von da zu den Unterkommandierenden, und mit deren Hilfe sorgt der Körper auf direktem Wege, ohne daß wir erst gefragt werden, daß die entsprechenden Maßregeln ergriffen, die Fenster weit geöffnet oder fest verschlossen, der Körperofen geheizt werden. Ja, nicht einmal dann, wenn wir scheinbar mit Willen zweckmäßige Handlungen begehcn, um unsre Wärme zu regulieren, sind „wir“ beteiligt. Wenn wir z. B. bei starker Winterkälte uns zusammenkauern, uns wie ein Fragezeichen fröstelnd in das kalte Bett legen, so ist das zweckmäßig, um keine Wärme zu verlieren, denn wir verkleinern die Körperoberfläche; und umgekehrt dehnen wir bei Sommerhize uns weit aus und strecken alle viere weit von uns, um durch Vergrößerung der Oberfläche der Abkühlung größeren Angriff zu geben. Aber diese zweckmäßigen Handlungen gehen durchaus unwillkürlich, instinktiv vonstatten. Denn es weiß ja niemand von all den Menschen, die so handeln, warum er es tut, und warum es vorteilhaft und zweckmäßig ist, so zu tun, wenn er nicht eben wissenschaftlich vorgebildet ist.

Die Adern sind weit, wenn der Körper das Bedürfnis hat, sich abzukühlen, also wenn es draußen warm ist, und sie sind eng, wenn es friert. Umgekehrt, wenn die Adern weit, die Haut gerötet sind, fühlen wir uns warm; wenn die Adern verengt sind, besonders wenn die Muskeln zittern, und die Zähne klappern, kalt. Und dann

nehmen wir eben an, daß es draußen warm oder kalt sei. Das ist oft ein Fehlschluß. Das blutarme Mädchen friert und setzt sich auch im Sommer an den heißen Herd, nicht weil es, wie es meint, draußen kalt ist, sondern weil seine Hautgefäße verengt sind. Der Fieberkranke friert, daß ihm die Zähne klappern, trotzdem seine Körperwärme weit über der normalen liegt. Und er deckt sich zu mit Bergen von Bettdecken, legt Wärmekrüge neben sich und trinkt heißen Tee — um sich zu erwärmen. Der Wein macht warm, aber nicht in Wirklichkeit — die Körperwärme sinkt nach Alkoholgenuß —, man glaubt nur, daß es warm sei, weil der Alkohol die Eigenschaft hat, die Hautgefäße zu erweitern.

Wir sehen also folgendes verwickelte Spiel: der Körper hat Wärme- und Kältepunkte, mit denen wir in zwar für unsre Bedürfnisse ausreichender, immerhin grober und roher Weise Kälte und Wärme der Gegenstände erkennen können, um uns gegen Verletzungen durch Frost und Hitze zu schützen und zu sichern. Der Luftwärme gegenüber sind wir in der Abschätzung ziemlich hilflos, und doch — ohne unser Wissen, ganz heimlich — weiß unser Körper genau Bescheid. Er orientiert sich über die Wärme der Umgebung, und nun reguliert er in feinsten Abstufung — immer ohne unser Wissen — die Körperwärme, indem er bald die Fenster öffnet, bald schließt und den Ofen mehr heizt. Wir wissen von alledem nichts, nur bemerken wir, was der Körper getan hat, und dann reden wir sehr altklug, wenn die Fenster, die Hautgefäße, geöffnet sind: jetzt ist's warm, oder wenn der Ofen geheizt wird: jetzt ist's kalt draußen. Als wenn wir die Wärme direkt selbst abgeschätzt hätten. Das ist eingebildete Selbstüberhebung, die, wie wir soeben erfahren haben, leicht zu Irrtümern führt.

Die Regulierung unsrer Körperwärme, unter Benutzung der von den Vorposten eingelaufenen Meldungen geschieht also in wirksamer Weise reflektorisch, ohne unser Wissen, oder instinktiv, indem wir unbewußt zweckdienliche Handlungen ausführen. Bewußt nur dann, wenn die reflektorisch ausgeführten Maßnahmen uns einen ungemütlichen Zustand schaffen, wenn wir im Frost schauern oder vor Hitze vergehen wollen. Dann suchen wir mit Absicht wärmere Stellen auf, setzen uns an den geheizten Stubenofen, oder wir gehen in den Schatten kühler Bäume und ruhen, um uns durch Arbeit und Bewegung nicht noch mehr zu erhitzen.

Die wirksamste Regulierung ist aber nicht die, die wir mit unserm Willen vornehmen, sondern die reflektorische, die durch die Unterkommandanten besorgt wird. Fortwährend, ohne Rast und Ruh', spielt der Körper auf diesem feinen Regulierungsapparat.

Stören wir ihn in diesem Spiel, so müssen wir es schwer büßen. Es ist bekannt, daß Menschen und Tiere, deren Haut man ladiert hat, zugrunde gehen. Man hat das früher darauf zurückgeführt, daß die Ausdünstungen der Haut den Körper nicht verlassen können. Dies hat sich als falsch herausgestellt. Die feine Wärmeregulierung kann nicht mehr ausgeführt werden, der Körper geht an Abkühlung zugrunde. So ist auch ein betrübendes Ereignis zu verstehen, das sich bei der Krönung des Papstes Pius X. zutrug. Ein armer Knabe sollte bei dieser Feier als Engel erscheinen und wurde dazu am ganzen Körper vergoldet. Nach dieser Vergoldungsprozedur wurde er schlaff, hinfällig und starb in der folgenden Nacht. Wahrscheinlich eben, da die Regulierung versagte, an zu starker Abkühlung.

Überall auf der ganzen Oberfläche der Haut ist, wie schon die geringere Zahl der Wärmepunkte wahrscheinlich macht, wie auch die Untersuchung der Wärmeempfindungen beweist, der Wärmefinn viel weniger entwickelt als der Kältefinn, wir sind viel empfindlicher gegen Kälte, Wärmeentziehung, als Wärmezufuhr. Das hat seine große biologische Bedeutung. Wie wir uns auch die Entwicklung der lebenden Wesen vorstellen mögen, immer waren es die äußeren Verhältnisse, Klima, Boden, Jagd nach Nahrung, die im Lauf der Jahrtausende die Entwicklung erzwingen, neue Einrichtungen schaffen, den Einflüssen der Außenwelt, den Stürmen des Lebens zu trotzen. Jedes Organ ist Anpassung und wurde auf die kommenden Geschlechter vererbt. So läßt sich die Entstehung eines Organs aus den primitivsten Anfängen heraus begreifen, wenn wir die Räte des Lebens kennen, unter denen das lebende Wesen seine Tage zubringen mußte.

Hitze und Kälte, beides sind Feinde des Lebendigen. Aber an die ursprünglichen Tiere, die in der Quelle alles Lebens, die im Wasser lebten, kam die Hitze kaum heran. Denn so hoch steigt die Wärme der Flüsse und Bäche nicht, daß sie den Wassertieren gefährlich werden könnte. Wohl aber ist der Frost ein böser Geselle, ein grimmiger Feind, gegen den man sich schützen mußte. So war bei ihnen der Schutz gegen die Kälte Lebensnotwendigkeit, auch bei den Landtieren. Vernichtung des Lebens drohte kaum von der Hitze der Sonne (und die andern Quellen der Wärme: heiße Quellen, Feuer, Lava, kommen ja wegen ihrer Seltenheit nicht in Betracht), wohl aber von Eis und Frost. Das sind recht häufige Gäste, gegen die man sich schützen, mit denen man sich abfinden muß. Viele Tiere freilich gehen dem Streit dadurch aus dem Wege, daß sie sich feige tief in der warmen Erde verkriechen zum Winterschlaf. Einen be-

sonders schwierigen Stand haben die höheren Tiere, auch der Mensch. Sie besitzen eine dauernd hohe Eigenwärme von etwa  $37^{\circ}$  C. Mag die Sonne noch so heiß scheinen, für gewöhnlich erreicht die Luft so hohe Wärmegrade nicht. Also ist — für den ursprünglichen, unbedeckten Menschen, der nicht die Dummheiten der Kultur mitzumachen braucht — die Notwendigkeit nicht so groß, sich gegen Wärme als gegen Kälte zu schützen. Wie der Körper diesen Schutz fertigbringt, mit der genialen Einrichtung von Wärme- und Kältepunkten, daß er tatsächlich die Kältepunkte bevorzugt hat, und wie er diese Hilfsmittel gebraucht, haben wir gesehen. Nur ist eigentümlich, daß bei uns Menschen am empfindlichsten gegen Kälte sind: Brust, Nasenflügel und Vorderseite der Arme. Warum das? Sollte hierin auch ein Geheimnis stecken? Bei den vierbeinigen Tieren wäre eine Erklärung für die Empfindlichkeit gerade dieser Teile leicht zu finden. Es sind eben die Körperteile, die am ehesten den Anstürmen der kalten Luft ausgesetzt sind, und die am frühesten gewarnt werden. Aber bei uns Menschen, warum auch bei uns gerade diese Stellen? Liegt es nicht nahe, besonderen Gedanken nachzuhängen? Gedanken, die uns in Jahrmillionen entfernte Vergangenheit zurückführen? Gedanken und Erinnerungen!

Wärme und Kälte, Wärmepunkte und Kältepunkte. Auf diese tifteligen Sachen sind wir durch den Signor Antonio gebracht. Durch das Experimentieren sind wir auf diese Seitenwege gekommen. Wie war es doch? Kam nicht der Signor Antonio in den schönsten und schmachlichen Verdacht des Schwindels? Er hatte sich umgedreht, als ein Fädchen den entblößten Rücken leise berührte. Wenn wir das Experiment an einem andern nachmachen, so können wir erkennen, wie ungeheuer fein das Tastgefühl ist. Ganz, ganz leise braucht man nur mit einem Fäserchen eines Palmes die Haut eben zu streifen, ja nicht einmal das, man braucht die Haut gar nicht zu berühren, sondern nur an ein Härchen zu tippen, so merkt es unser Versuchsmensch und wendet sich um. Die leise Kraft wird eben, durch den Hebelarm des Haares verstärkt, auf den Nervenstranz übertragen, und von da wird der Eindruck auf der Bahn der Nerven weitergeleitet.

Zweifellos hat unser Versuchsobjekt zweierlei bemerkt, daß ich ihn berührte, und wo ich ihn berührte. Daß nicht jede Stelle unseres Körpers den feinen Tasteindruck fühlt, haben wir gehört, es müssen eben Tastkörperchen oder Tastaare da sein, die den Reiz aufnehmen und auf den Nerv übertragen. Immer gehört zu einem Tasteindruck eben ein „Eindruck“, ein wenn auch sehr, sehr feiner Druck. Diesen

zarten Druck empfinden wir, oder genauer: wir erkennen mit dem Gefühl die feinsten Veränderungen des Drucks auf unsere Haut. Einen gleichmäßigen Druck spüren wir überhaupt nicht. Z. B. werden alle unsere Lastkörper gedrückt von der Luft. Wir sind ja über die Zeit hinaus, wo man die Luft als ein Nichts betrachtete. Die Luft ist ein achtenswertes „Etwas“, und wer's nicht glauben will, den kann man überzeugen, indem man ihm Luft vorstellt, die verflüssigt ist. Also ist sie schon etwas. Sie hat sogar ein ganz respektables Gewicht. Bei 760 mm Barometerdruck und 0° C wiegt ein Liter 1,293 Gramm, und wenn wir das umrechnen auf die hohe Luftschicht, die über uns schwebt und uns allseitig umgibt, so gibt das große Zahlen. Bei einem Barometerstand von 760 mm drückt auf jedes Fleckchen Haut unseres Körpers von der Größe eines Quadratzentimeters die Luft mit einem Gewicht von 1033 Gramm, das gibt wenn wir die ganze Körperoberfläche mit 1,5 Quadratmetern berechnen auf die ganze Haut einen Druck von 15 450 Kilogramm, der auf uns lastet. Das ist die Luft, die wir atmen, dieser leichte, zarte, „luftige“ Stoff. 15 450 Kilogramm! Aber wir spüren nichts, wissen nicht von diesem gewaltigen Druck, eben weil er uns gleichmäßig umgibt. Aber, wenn wir den Druck ändern, wenn wir etwa unsere Hand auf ein Glas legen, aus dem wir die Luft auspumpen, dann wird die Hand gewaltsam von der andern Seite in das Glas gepreßt, wir bekommen Achtung vor dem Luftdruck. Wir spüren auch nicht, wenn wir den Arm tief in ein Gefäß mit Quecksilber tauchen, nicht von dem gewaltigen Druck, nur an der Eintauchstelle ein Gefühl von Einschnürung, Beengung. Wir spüren nichts von dem hohen Gewicht des Wassers beim Baden. Auch das Gewicht unserer Kleider fühlen wir nicht und kommen zuweilen in Verlegenheit, nicht zu wissen, ob wir einen Hut auf dem Kopf haben oder nicht. Wie zerstreute Professoren ihre Brille suchen, die sie auf die Stirn geschoben haben. Ob wir nun besondere Organe für Druck und Berührung annehmen oder nicht, das Gefühl ist weniger eine Analyse des Drucks als der Druckänderungen. Weber hat an dem „Drucksinne“ Untersuchungen angestellt und ist dabei zu folgenden merkwürdigen Ergebnissen gekommen: Ich lege auf die Hand ein Versuchsperson etwa zwei Blätter Papier. Wenn ich jetzt ein drittes dazubringe, so bemerkt sie den stärkeren Druck sofort. Aber, wenn ich ihr 200 Papierblätter auf die Hand lege, so spürt sie es nicht, wenn ich vorsichtig eins zufüge. Die zum Erkennen notwendige Gewichtszunahme muß eben in dem nötigen Verhältnis stehen. Das läßt sich im Experiment genauer nachweisen. Ich lege einen gehobenen hundert Gramm schweren Körper auf. Ganz sacht, unbemerkt



Die ich das Gewicht und lasse mir angeben, wann die Erhöhung bemerkt wird. Es sei bei Zunahme um 10 Gramm, d. h. so um  $\frac{1}{10}$  des ursprünglichen Gewichts. Wenn ich jetzt mit 10 Gramm beginne, so wird eine Gewichtszunahme nicht von 10 Gramm, sondern von  $\frac{1}{10}$ , also 20 Gramm, bei 300 Gramm Anfangsgewicht erst eine Zunahme von 30 Gramm bemerkt, kurz, es ist immer derselbe Bruch, um den ein Druck vermehrt werden muß, um bemerkt zu werden.

Diese Entdeckungen sind unter dem Einfluß Fechners von gewaltiger Bedeutung geworden, sie wurden der Ausgangspunkt großer philosophischer und Weltanschauungsfragen, zumal sich herausstellte, daß auch bei Gefichts- und Gehörseindrücken (Geruch und Geschmack lassen sich schlecht vergleichen) dieses „Webersche Gesetz“ ziemlich genau statigen ließ. Durch dieses Gesetz glaubte Fechner die lange gesuchte Brücke zwischen der körperlichen und geistigen Welt gefunden zu haben. Hier lagen Beziehungen vor zwischen dem „Stoff“ und der „Seele“, die sich in rein mathematischen Formeln ausdrücken ließen; wie an einer Elle konnte man die Empfindungen an dem selben Eindruck messen. Hier schien ein Weg geboten, die Gesetze des seelischen Geschehens der wissenschaftlichen Berechnung zugänglich zu machen. Indessen — die tatsächliche Grundlage ist ja unbestritten — der Fehler liegt darin, daß man nicht den Eindruck mit der Empfindung vergleichen und messen kann, sondern zwei Empfindungen, die im Gehirn durch verschiedene Reize ausgelöst werden. Die Vergleichung ist nur bei geschärfster Aufmerksamkeit und nur bis zu einem gewissen Grade möglich.

Daß das Gefühl für Druckveränderungen eine gewaltige Bedeutung für die Tierwelt hat, ist gar keine Frage. Es zeigt ihr, daß irgend etwas sie berührt, und sie richtet sich danach ein. Das Gefühl ist unglaublich fein. Wenn wir in einem Aquarium zarten, duftigen Gebilde, die den Meeresboden in entzückenden Farben und Formen beleben, betrachten, so fällt uns an manchen Stellen, wie außerordentlich empfindlich sie gegen die leisesten Erschütterungen sind. Ich brauche sie nicht anzurühren, sondern nur fest zutreten oder an die Glasscheiben zu klopfen, so ziehen sie schleunigst ihre zarten Arme ein. Sie haben also die zarte Wellenbewegung, die sich durch das Wasser fortpflanzt, gespürt. Ebenso erkennt man durch die Plöblichkeit, mit der Fische fortschießen, wenn irgend etwas im Wasser plumpst, sei es auch ein harmloser Frosch, daß sie sehr empfindlich für die Bewegung des Wassers, also die Druckänderung, wahrnehmen haben.

Am Ende des 18. Jahrhunderts veröffentlichte der gelehrte  
Dettler, Borsposten. I. 8

Abt Spallanzani, der sich durch seine wertvollen physiologischen Untersuchungen einen geachteten Namen in der Wissenschaft erworben hat, das Ergebnis merkwürdiger Experimente, die er mit Fledermäusen angestellt hatte. Er blendete sie durch Lackieren der Augen und auf andre Weise, ließ sie dann frei fliegen und war erstaunt, daß sie „mit einer unglaublichen Sicherheit“ das Anstoßen an Hindernisse vermieden. Das schien ihm so wunderbar, daß er einen besondern „sechsten“ Sinn bei den Fledermäusen annahm, einen „Flügelstinn“, der auf den Flughäuten seinen Sitz haben sollte. Spätere Untersuchungen haben dargetan, daß die geblendeten Fledermäuse sich zwar zuerst nicht mit der Sicherheit bewegen, die Spallanzani behauptet hatte, daß aber im Laufe von ein bis zwei Tagen ihre Gewandtheit und Geschicklichkeit in solchem Maße zunimmt, daß allerdings diese Fähigkeit, Hindernisse zu vermeiden, erstaunlich ist. Des Rätsels Lösung aufzufinden ist erst in der neueren Zeit gelungen. Die Flughäute tragen lange, feine Haare, bald vereinzelt, bald in Gruppen. An diesen Haaren bemerken die Fledermäuse die allerfeinste Berührung, ja, es macht den Eindruck, als ob sie damit die Bewegungen des Luftstroms erkennen und aus dem Luftzug, der über die Häutchen gleitet, und der verschieden ist, je nachdem die Luft von großen oder kleinen Gegenständen zurückprallt, die Anwesenheit und die Gestalt der Hindernisse beurteilen (Milne Edwards).

Ob das nun richtig ist oder nicht, jedenfalls ist der „sechste“ Sinn der Fledermäuse ein äußerst zartes Tasten mit empfindlichen Tasthaaren. Wir erkennen daraus, welche lebenswichtige Bedeutung die Tasthaare für die Tierwelt gewinnen können. Jedermann kennt die Schnurrhaare der Katze, die borstig starren Haare, die wie ein dünner Schnurrbart die Oberlippe der Katze zieren; es ist ja auch hinreichend bekannt, wie außerordentlich empfindlich die Katze gegen die leiseste Berührung dieser Haare ist. Genau so finden wir die Schnurrhaare beim Löwen, Tiger, Fuchs, bei Ratten, Mäusen, Eichhörnchen und vielen andern Tieren. Wozu diese empfindlichen Haare? Zweifellos hat Zell\*) recht, wenn er die feinfühligsten Borsten als Maßstab, als Metermaß auffaßt. An ihm messen die Tiere, indem sie den Kopf in ein Loch stecken, ob sie mit dem Leib durch die Öffnung hindurchkönnen oder nicht. Darum finden wir sie bei Schleichraubtieren und allen solchen Säugetieren, die in Höhlen und Löchern sich verstecken. Besonders ausgebildet sind sie dann, wenn die Tiere obendrein nicht gut sehen können, wie die weißen Ratten und Mäuse, oder wenn sie, weil sie im Dunkeln schleichen, von den Augen keinen Gebrauch

\*) Zell, Streifzüge durch die Tierwelt. (Stuttgart, Kosmos.)

machen können. Darum haben sie besonders deutlich die Nachtraubtiere, eben die Katzen. Aber auch das Mäuslein, das in dunkler Nacht unter Einsatz seines Lebens in fortwährender Gefahr seine bescheidene Nahrung sich zusammenstiehlt, hat, daß es in Löchern rasch sich auskennt, sein Lastbärtchen, hat für sein unruhvolles Leben noch mehr: auch die Ohren haben borstige Lasthaare in reicher Zahl, etwa 6000 an jedem Ohr!

Auch wir Menschen haben Lasthaare. Freilich nicht solche sperrigen Borsten. Es ist fast kein Teil unseres Körpers, außer Handflächen und Fußsohlen, ganz frei von feinsten Härchen. Und an allen diesen Härchen spüren wir — man kann sich ja leicht davon überzeugen — die leiseste Berührung, sogar die Annäherung der Dinge, noch bevor sie die Haut erreicht haben: Wo immer ich die Haut eines Menschen berühre, sofort spürt er, sei es mit den feinen Härchen oder mit den andern Endapparaten, wo ich ihn berührt habe. Nicht immer auf ein Millimeter genau — am Rücken geht die Schätzung sogar unter Umständen ein oder mehrere Zentimeter fehl —, aber doch hinreichend, um über den Ort der Berührung ziemlich sicher orientiert zu sein. Es gibt kein Tier, das nicht bei Berührung sofort den Ort der Berührung an die richtige Stelle verlegte.

Wie weiß man nur, wo am Körper man berührt ist? Die Frage scheint dumm, aber wenn man sie gehörig durchdenkt, ist die Beantwortung nicht gar so leicht. Der Philosoph Locke hat sich, wie es ja der Beruf der Philosophen ist, sich über die eigenartigsten Fragen den Kopf zu zerbrechen, die Beantwortung dieser Frage der Ortsbestimmung der Berührungseindrücke sehr viel Mühe kosten lassen. Schließlich kam er zu dem Resultat, daß jede Berührung ihr eigenes „Vokalzeichen“ habe, oder, wenn wir das aus der Gelehrtensprache in unser liebes Deutsch übersetzen, daß jede Berührung — derb ausgedrückt — „sich anders anfühle“. In der Tat läßt sich nicht leugnen, daß eine Berührung der Kopfhaut ganz „anders“ gefühlt wird als etwa der Haut des Leibes oder des Beines oder der Innenfläche der Hand. Aber damit allein läßt sich das nicht erklären, denn dann müßte man eine ungeheure Verschiedenheit der Färbung der Eindrücke annehmen, die mit wunderbarer Sicherheit und Genauigkeit vom Gehirn unterschieden würde. Und das Gehirn müßte wissen, welcher kleinen Hautstelle die so gefährdete Empfindung zukomme.

E. H. Weber hat schon im Jahre 1830 praktische Untersuchungen über den „Ortsinn“ angestellt, die so einfach sind, daß man sie leicht wiederholen kann: Man setzt die abgestumpften Enden eines Zirkels gleichzeitig auf die Haut und untersucht, in welcher Entfernung sie noch deutlich unterschieden werden. Dabei findet

man, daß die Feinheit des „Ortsinnes“ durchaus verschieden ist. Während die Zirkelspitzen an der Zunge z. B. noch in ein Millimeter Abstand deutlich als zwei unterschieden werden, gelingt es am Rücken erst bei einer Entfernung von 68 Millimetern. Nimmt man, wie Goldscheider es getan, ganz feine Spitzen und setzt sie auf „Druckpunkte“, so erhält man wesentlich geringere Zahlen, für den Rücken z. B. nur 4—6 Millimeter. Mag auch die Aufmerksamkeit eine große Rolle bei dieser Unterschiedsschätzung spielen (bei mangelnder Aufmerksamkeit und bei Ermüdung ist das Unterscheidungsvermögen bedeutend geringer, weshalb man diese Untersuchung schon bei Schulkindern vorgenommen hat, um an ihnen Ermüdung und damit eine Überbürdung nachzuweisen), sicher ist, daß Reichtum der Haut an Nerven und Druckpunkten den Grad der Feinheit des Ortsinnes bestimmt. Wir dürfen also wohl die Fähigkeit der Abschätzung des Ortes der Berührung darauf zurückführen, daß jeder Endapparat der Haut mit einem andern Endapparat, einem „Empfänger“, im Gehirn verbunden ist. Ein für allemal, fest und unverrückbar. Diese Anordnung ist durch Vererbung festgehalten. Infolge dieses Baues weiß das Gehirn, wenn eine Nachricht vom Außenposten einläuft, diesen Tasteindruck zu bewerten, nicht nur nach Form und Stärke, sondern auch nach seiner Lage. Freilich läßt sich diese Ortsabschätzung des Gehirns beeinflussen. Wir hörten ja schon, daß der Inhaber einer „künstlichen“ Nase, einer durch ärztliche Kunst aus der Stirnhaut gebildeten, seine Naseneindrücke später doch richtig nach der Nase zu verlegen lernt. Also ist ein Umlernen durch Erfahrung möglich und ein Verfeinern durch Übung, wie man an sich selbst beobachten, aber besonders deutlich an den Blinden erkennen kann, die ein außerordentlich gutes Ortserkennungsvermögen haben. Diese Verfeinerung durch Umlernen oder durch Übung beruht nicht auf einer Verfeinerung der Haut, sondern einer Verfeinerung der Seele, auf der größeren Fähigkeit, die Herkunft der Eindrücke abzuschätzen.

Wenn wir jemand ganz, ganz leise streichen mit einer Feder, einer Ahre, einer Grasrippe, so fühlt er nicht nur, daß er berührt, und wo er berührt ist, er schlägt auch mit der Hand nach der betreffenden Stelle. Unwillkürlich, ja mehr oder weniger unbewußt. In der Tat, ein Schlafender tut dasselbe. Das Experiment wird ja zum Scherz in neckender Absicht manchmal von bösen Menschen gemacht, wenn man einen Schläfer mit dem Strohalm leicht unter der Nase kitzelt. „Kitzeln“, ja, damit kommen wir auf die besondere Eigentümlichkeit dieser Empfindung. Das gibt nämlich gar keine Tastempfindung, wenn wir jemand so leise streichen, das ist

eine Empfindung ganz eigener Art: die leise gestrichene Stelle juckt. Und dieses Jucken ist ein unangenehmes Gefühl und hält lange an, auch nachdem wir mit dem neckenden Streicheln aufgehört haben. Wozu dieses Juckgefühl? Soll das etwa auch eine Lebensnotwendigkeit sein? Freilich ist es das, ganz gewiß! Denn dieses unerträgliche Jucken wird in der Natur meistens nur durch eine Ursache hervorgerufen: durch Insekten, Fliegen und Ungeziefer. Die sind, wie wir wissen, nicht so harmlos, sondern gefährliche, bössartige Feinde. Gerade neuerdings haben wir die besondere Gefährlichkeit dieses „Ungeziefers“ für Tier und Menschen kennen gelernt. Sie übertragen oft die bössartigsten Krankheiten, die über ungezählte Herden von Vieh, über Tausende von Menschen Verderben bringen. Tsetse-Fliegen, Glossina, Stechmücken, Holzbock, Flöhe! Mit den Namen steigen grauenhafte Erinnerungen an Verheerung und Verwüstung auf. Tsetse-Krankheit, die unheimliche, menschenwürgende Schlafkrankheit, das gefährdete gelbe Fieber und die Malaria, die scheußliche Pest, viele andre verheerende Seuchen — alle sind zurückzuführen auf dieses ekelhafte Ungeziefer. Darum ist es Lebensnotwendigkeit, vor diesen Peinigern, so gut es geht, geschützt zu sein. Und die Natur gab den Schutz, indem sie ein besonderes Warnungssignal, das Jucken, schuf. Nicht gerade schmerzhaft, aber peinlich, aufregend, zur Abwehr auffordernd.

Betrachten wir dort das Pferd, das in der Mittagshitze in Ruhe frisst. Da kommen sie, die Peiniger, die Fliegen und Mücken. Jetzt die Abwehr: der Schwanz legt durch die Luft, daß der lange Paarschweif klatschend auf die Flanke niedersaust, die Hinterbeine schlagen vorwärts gegen den Leib, um die Quälgeister vom Bauch abzuwehren. Obendrein läuft ein zitternder Schauer über die Haut des Rückens und Leibes, daß die frechen Fliegen aufgeschreckt werden, um — einen Augenblick später sich wieder niederzulassen. Wir Menschen haben dieses zuckende Hautbeben zum Schutz gegen die Insektenplage nicht oder vielmehr nicht mehr, nur der leichte Schauer, der beim leisen Streichen über die Haut läuft, besonders über die Rückenhaut, ist noch ein leiser Anklang an frühere Herrlichkeit — auch eine Erinnerung.

Nicht überall am Körper ist das Hautjucken gleich, an einigen Stellen ist es ganz besonders lästig und unerträglich. Besonders in der Umgebung der natürlichen Öffnungen, der Augen und Ohren, um die Nasenlöcher, an den Lippen. Aber auch am harten Gaumen, an den Zungenrändern. Wir brauchen nur einmal ganz leise mit dem Finger über den Gaumen zu streichen, um sofort ein äußerst unangenehmes Jucken, das lange anhält, zu spüren. Endlich ist

besonders empfindlich die Handfläche und die Fußsohle, auch das läßt sich durch leises Streichen mit dem Finger leicht beweisen. Wozu diese Ausnahmestellung? Das ist nicht schwierig einzusehen. Die Insekten, das Ungeziefer werden gefährlich nicht nur durch den Stich und Biß, sie können noch auf andere Weise gefährlich werden und Verderben bringen: sie legen ihre Eier in die Haut von Menschen und Tieren, und da sie die panzergeschützte Hautdecke nicht gut mit ihrem Legegestachel durchbohren können, versuchen sie es mit den Schleimhäuten. Wenn ein Mensch oder ein Tier gestorben ist, sehen wir ja mit unheimlicher Schnelligkeit in den Augenwinkeln, in der Nase, im Rachen das ekelhafte Geschmeiß in widerwärtigen Maden sich entwickeln. Uns Lebenden würde es so gehen, wenn wir in dem starken Jucken den Schutz der natürlichen Öffnungen nicht hätten. Diesen wehrhaften Schutz, der so stark ist, daß er uns auch aus dem Schlaf weckt. Daß das Gaumenjucken besonders eindringlich betont ist, scheint wieder von großer Bedeutung, wohl geeignet zu verhindern, daß nachts, wenn im Schlaf der Unterkiefer herabgesunken ist, widerwärtiges Getier die willkommene Gelegenheit benutzt, durch den Mund in den Rachen zu einer passenden Brutstelle zu kommen. In der Tat sehen wir zuweilen bei solchen Kranken, deren Gefühl in Mund und Rachen abgestumpft oder geschwunden ist, den Rachen zum häßlichen Schlupfwinkel solcher Larven werden (bei Gehirn-erweichung!). Wie fein hat da nicht die Natur für uns gesorgt! Wiederum hat es seinen besonderen Grund, daß die Hand- und Fußflächen so starken Schutz genießen. Ob Mensch oder Tier, für alle sind diese Teile die wichtigsten im Kampf ums Dasein. Eine Verletzung dieser Teile, wie sie hinterrücks und hinterlistig die Insekten versuchen, würde sie hilflos machen, sie schutz- und wehrlos dem Verderben preisgeben. Darum die ganz besondere Empfindlichkeit gegen Jucken, so stark, daß auch nachts im Schlaf das Bein sich bei leise krabbelnder Berührung sofort in lebhaftem Reflex heftig und plötzlich zurückzieht. So wichtig ist dieser Reflex für die Erhaltung, daß, während die Kinder die übrigen Empfindungen nur mangelhaft entwickelt zur Welt bringen, sie diesen Fußsohlenreflex vom ersten Lebenstage an fertig ausgebildet zur Verfügung haben. Also wieder ein altes Familienerbstück!

Etwas ganz anderes als das Hautjucken ist das Kitzelgefühl, obgleich diese beiden Gefühlsbesonderheiten meist als dasselbe oder als gleichbedeutend und gleichwertig aufgefaßt werden. Erst neuerdings hat Duch\*) die Unterscheidungslinie zwischen diesen beiden

\*) Über den Kitzel. Arch. f. An. u. Phys. 1909.

Empfindungsarten scharf und klar gezogen. Und wenn man's weiß, erscheint's einem ganz selbstverständlich. Der Kitzel spielt sich überhaupt nicht auf der Haut ab, sondern in den tieferen Muskeln, man muß schon ziemlich derb zufassen, wenn man jemand kitzeln will. Daß gelegentlich ein Kind lacht, wenn man die kitzligen Stellen nur leise berührt, beruht darauf, daß es das Kitzeln erwartet. Wie es denn ja auch schon bei der Annäherung des Fingers lacht. Weiter haben wir die Zuckempfindung auf der Haut immer, wenn ein Tier krabbelt, ob es uns paßt oder nicht; die Kitzelempfindung haben wir nur bei guter Laune. Einen zornigen Menschen zu kitzeln, wird man schön bleiben lassen, oder auch einen wildfremden, es möchte schlecht bekommen, und wenn ich als fremder Mann ein kleines Kind kitzle, fängt es eher an zu weinen. Auch kann man sich nicht selber kitzeln. Was bedeutet das alles? Gehört das Kitzeln denn auch zu den Lebensnotwendigkeiten? Fast wäre man versucht, über diese Frage zu spotten und zu lachen. Diese Möglichkeit eines Zusammenhangs erscheint ja fast ungereimt. Aber wir wollen vorsichtig sein. 's ist so, es ist in der Tat so. Das Kitzelgefühl ist von hoher Bedeutung. Wir erkennen das sofort, wenn wir uns überlegen, welche Körperstellen am empfindlichsten sind: es sind die schutzbedürftigsten. Die Orte, wo die großen Schlagadern des Körpers verlaufen, die Adern, deren geringste Verletzung dem Leben ein grausames Ende macht. Solch kitzlige Stellen sind: Achselhöhle (Armader), Leistenbeuge (Beinschlagader), die Seiten des Halses (Karotis), dann die Teile, die besonders lebenswichtige Organe bergen: Brust und Bauch. Betrachten wir ein Kind, das wir kitzeln, etwa am Hals, es legt den Kopf auf die Seite, daß wir nicht mehr an die gefährdete Stelle kommen können; am Leib: es krümmt sich zusammen, kurz, es deckt die gefährdeten lebenswichtigen Teile, wie ein guter und gewandter Fechter seine Blößen deckt. Und wenn wir nun weiter sehen, daß Kinder und junge Tiere sehr kitzlig sind, während Erwachsene, die Männer besonders, nicht so leicht auf das Kitzeln antworten, so erscheint uns die biologische Bedeutung klar. Wie das Spielen eine Notwendigkeit für die Tiere und Menschen ist,\*) daß sie sich für den Lebenskampf rüsten und stählen, so wird ihnen im neckenden Spiel durch Kitzeln beigebracht, sich in Gefahren zu schützen und zu decken. Sie lernen das „spielend“. Im Lebenskampf werden die Schlagadern durch die Bisse anderer Tiere gefährdet. So markieren die spielenden Tiere (man betrachte spielende Hunde!) den

\*) Näheres siehe Groos, Die Spiele der Tiere. (Zena, Fischer.) Deller, Naturgeschichte des Kindes. (Stuttg., Kosmos.)

beißen den Feind und beißen in die gefährdeten Stellen. Und der Angegriffene beißt zum Schein wieder oder macht Beißbewegungen. Seht junge Kinder, wenn sie gekizelt werden und sich krümmen, machen sie nicht auch Beißbewegungen? Nur solche Tiere sind kizlig, die ihr Leben verteidigen müssen, und diese nur dann, wenn sie das gefährliche Beißen nachahmen, wenn sie fest zugreifen können, mit Händen oder Zähnen. Und dann gehört zum Gekizeltwerden eine gewisse Intelligenz, man muß wissen, daß alles nur Spiel, nur Spaß, Scheingefahr ist. Man muß aber die Scheingefahr erkennen. Darum lassen sich fremde Kinder nicht kizeln, weil sie wirkliche Gefahr fürchten. Darum kann man zornige Menschen, die auf den Spaß nicht eingehen, nicht kizeln. Darum kann man sich selber nicht kizeln. Darum finden wir endlich kizlige Tiere nur unter den streitbaren Tieren mit hoher Intelligenz, Pferde, Hunde, Katzen, Affen. Bei Affen finden wir sogar, das berichten übereinstimmend alle Beobachter, ein sicherndes Lachen. Dieses Lachen, das die Abwehr begleitet, ist nicht so leicht zu deuten, vielleicht ist es das Signal des Angegriffenen, daß er auf den Scherz eingeht, vielleicht hat es auch die tiefere Bedeutung, die Blutverteilung im Körper zu regeln.

Wir haben schon vieles über die Empfindungen unserer Haut kennen gelernt. Aber damit ist die Rolle des Tastsinns nur zum geringsten Teil ausgeschöpft. Bei dem, was wir untersuchten, wartete die Haut gewissermaßen auf Eindrücke, sie ließ sich berühren und gab uns die Fähigkeit zu urteilen, ob wir berührt werden (sogar schon, bevor das Ding die Haut selbst berührt), ob der Gegenstand hart oder weich, spitz oder stumpf, glatt oder rau, trocken oder naß, fest oder flüssig, und, da der Wärmesinn immer Hand in Hand mit dem Gefühlsinn seine Eindrücke empfängt, ob er warm oder kalt, eisig oder brennend ist. Aber mit diesem ruhigen Zuwarten erkennen wir nicht die Form und Ausdehnung der Dinge. Dazu muß die Haut selbst suchend vorgehen mit Leben und Bewegung. Die Tastwerkzeuge müssen an die Gegenstände herangebracht werden, sie befühlen, umfahren, umtasten. Also müssen sie an beweglichen Organen an die Dinge getragen werden. So fühlt und tastet der Elefant mit seinem Rüssel, der Affe mit dem Klammerschwanz, Wasservogel mit dem Schnabel. So betasten wir die Dinge mit den Fingern. Welch wundervolles Werkzeug ist doch unsre Hand! Die Finger, besonders Daumen, Zeige- und Mittelfinger, haben eine außerordentliche Geschicklichkeit, einen Gegenstand zu umspannen, zu umklammern, zu umfassen, an ihm entlang zu gleiten, an ihn zu



# Die Weltsprache.

**W**eltverkehr und Wissenschaft verlangen eine Weltsprache als neutrales Verständigungsmittel für die Kulturmenscheit. Diese Weltsprache ist „Ido“, weil es das zum gegenseitigen Verständnis notwendige gemeinsame Sprachgut der Kulturvölker in sich vereinigt.

Die allgemeine Einführung des „Ido“ in die Schulen würde viele Sprachstudien für den jetzt überlasteten Schüler ganz entbehrlich machen oder ihn, sofern er fremde Sprachen erlernen muß, ausgezeichnet dazu vorbereiten.

Die Weltsprache „Ido“ kommt besonders dem zugute, der noch keine fremde Sprache kennt. Spielend leicht ist die Erlernung, denn es gibt nur wenige, einfache und ausnahmslose Regeln. Das Einprägen der Wörter gibt wenig Mühe, da viele von ihnen uns aus der Muttersprache und als Fremdwörter bekannt sind.

„Ido“ ist der leitende Pfad durch den Urwald der fremden Sprachen und, weil es von jedem Kulturmenschen leicht verstanden werden kann, die Hilfsprache für die Kulturvölker.

Neben seiner Muttersprache muß jeder „Ido“ kennen!  
„Ido“ ist der Schlüssel zum Herzen des Fremdlinges!

Pastor Schneeberger.

**W**er sich näher über „Ido“ unterrichten will, erhält von uns auf Verlangen gerne eine Anzahl aufklärender Schriften gratis. Zur Erlernung der internationalen Hilfsprache empfehlen wir die in unserem Verlag erschienenen Lehr- und Wörterbücher:

Reichhaltiges Lehrbuch von Alb. Koenig . . . . .	Geb. M 1.—
Kurzer Lehrgang der Weltsprache von Fr. Schueberger . . . . .	„ —.40
Vollständige Grammatik der internationalen Sprache von E. de Beaufront . . . . .	„ 1.—
Elementare Grammatik mit Übungen . . . . .	„ 1.—
Schlüssel zu den „Übungen“ . . . . .	„ —.50
International-deutsches Wörterbuch von E. de Beaufront und Professor E. Couturat . . . . .	„ 2.—
do. do. . . . .	Geb. „ 2.60
Deutsch-Internationales Wörterbuch . . . . .	Geb. „ 2.—
do. . . . .	Geb. „ 2.60
Deutsches Hilfsbüchlein, enthaltend: Umriss der Grammatik und mehr als 2000 Wurzeln . . . . .	Geb. „ —.15
Unosma lectionbro (Erstes Lesebuch) . . . . .	„ 1.—
Duosma lectionbro (Zweites Lesebuch) . . . . .	„ 1.—

Wer sich über die Weltsprachenbewegung dauernd auf dem laufenden halten und seine Sprachkenntnisse praktisch üben will, lese den *Idano*. Monatschrift zur Verbreitung der Ido-Sprache in den Ländern deutscher Zunge. Herausgegeben von Dr. Hans Mojsir, Marburg a. Drau. Jährlich 12 Hefte für M 3.—

*Progresso*. Offizielles Organ der Delegation für die Annahme einer internationalen Hilfsprache.

Jährlich 12 Hefte für M 4.—

Stuttgart  
Plutzerstr. 5.

**Franch'sche Verlagsbuchhandlung.**

drücken oder sich von ihm drücken zu lassen. Wir tasten und lassen los und tasten wieder und schaffen uns aus diesen vielen Einzelbildern eine Auskunft über den Gegenstand, viel mannigfaltiger, als man im allgemeinen annimmt, ob er eckig oder rund, glatt oder rauh, elastisch oder spröde, leicht oder schwer, hart oder weich, trocken oder naß — und was ich ganz „begriffen“ habe, das habe ich eben begriffen. Eine solche Feinheit des Tastsinns ist nur durch ganz besondere Hilfsmittel möglich. Zum Beispiel durch die merkwürdige Anordnung der Tastkörper an den Fingerspitzen. Wir sprachen früher von den Wärzchen der Lederhaut, die die Tastkörper bergen. Sie liegen an den Fingerspitzen nicht planlos durcheinander, sondern in langen Reihen, die wir an den Beugeflächen der Finger in diesen eigentümlichen, elegant ineinander und umeinander verlaufenden Furchen wiedererkennen. Jeder Mensch hat seine eigene Anordnung, nicht bei zwei Menschen ist sie ganz gleich, wenn auch die ungefähre Anordnung dieselbe ist. An diesen Abdrücken kann man die Menschen mit größerer Sicherheit wiedererkennen als an ihren Gesichtszügen. Wenn man sich ein Album von solchen Fingerabdrücken anlegt, kann man danach — es ist dies ein Verdienst des Franzosen Galton — mit größter Sicherheit Verbrecher an verräterischen Tastabdrücken erkennen. Nebenstehend (Abb. 10) ein Abdruck meines linken Daumens (ich gestehe, daß ich schon manche schriftstellerische Untat verbrochen habe). Diesem Bildchen kann man — ohne meiner Eitelkeit zu schmeicheln — eine gewisse Eleganz und Schönheit der Linienführung nicht absprechen. Auch diese Linien haben etwas zu bedeuten. Beim Fassen eines Gegenstandes wird die Haut immer gezerrt und gedehnt, und mit der Haut werden die Tastkörper auseinandergezogen und wieder aneinandergeschoben. Die Tastlinien sind so angeordnet, daß sie, wie Kolosow und Paukul auf Grund mathematischer Berechnungen nachgewiesen haben, die geringste Dehnung erfahren, wenn die ganze Tastfläche ausgedehnt wird. Sie sind neutral, machen die Spannungen und Dehnungen nicht mit und geben daher die Tasteindrücke sehr genau und reinlich wieder. Also eine mathematisch-mechanische Zweckmäßigkeit.



Abb. 10.  
Daumenabdruck.

Da unsre Hände und unsre Finger noch an Armen sitzen, die nach allen Seiten weite Bewegungen ausführen, so können auch größere Gegenstände abgetastet und abgeschätzt werden, so dringen wir weiter und tiefer in die Welt ein, so ist unsre Welt des Fühlens, unser Tastfeld vergrößert. Das ist viel wert, auch zum

Schutz. Wer ging nicht schon im Dunkeln mit vorgestreckten, tastenden Armen, um mit ihrer Hilfe sich vor Hindernissen warnen zu lassen und vor dem Anstoßen zu hüten? So machen es auch die unglücklichen Menschen in ewiger Nacht, die Blinden; sie erweitern ihr Tastfeld oft noch mehr, tasten tappend mit einem Stock, um rechtzeitig gewarnt zu sein. Mit dem Stock fühlen wir zwar nicht fein, aber wir fühlen doch, und es ist merkwürdig, daß wir das Gefühl, den Tasteindruck, nicht in der Hand, sondern im Stock zu haben meinen, daß wir den Eindruck in die Stockspitze verlegen. Ähnlich dient der Fuß dem Pferd dazu, ihm über Bodenbeschaffenheit, Härte und Weiche, Glätte, Trockenheit erstaunlich klare Auskunft zu



Abb. 11.  
Aristoteles' Versuch.

geben, dienen uns unsre Zähne, die sehr wohl einen Bissen „betasten“ können. Und beim Schreiben, Malen, ja bei dem Gebrauch eines Hammers, einer Zange, eines Schraubenziehers tasten wir auch die Oberfläche der Dinge unbewußt genau ab.

Mit dem Tastsinn erkennen wir das Tastbild eines Gegenstandes, aber noch mehr, die Verteilung der Dinge im Raum, ihre Entfernung voneinander und unsre Stellung dazu. Tastsinn und Gesicht liefern uns die Empfindungen, aus denen der Verstand die Welt sich aufbaut, und hier ist wieder der Tastsinn der deutlichste, da er uns unmittelbaren Aufschluß über die Gegenstände gibt. Er ist am allerwenigsten den Täuschungen unterworfen. Allerdings, möglich ist eine solche Täuschung doch. Man muß dann aber schon verzwickte Tisteleien anstellen, um den Tastsinn zu betrügen. Bekannt ist das Experiment des Aristoteles (Abb. 11): man legt den Zeigefinger kreuzweise, so gut es geht, über den Mittelfinger. Bringt man dann in die Lücke eine Erbse und rollt sie hin und her, so hat man das Gefühl von zwei Erbsen. Nicht das Gefühl hat hier die Täuschung hervorgerufen, sondern der Verstand. Er sagte sich etwa: wenn gleichzeitig von einem runden, rollenden Ding die Kleinfingerseite des Mittelfingers und die Daumenseite des Zeigefingers den Tasteindruck des Runden, Rollenden haben, so ist es ausgeschlossen, daß das ein Ding ist, es müssen eben zwei sein. —

Wir machen ein weiteres einfaches Experiment: wir berühren zuerst die Tischoberfläche, dann die untere Fläche der Platte mit der Kuppe des Zeigefingers. In beiden Fällen brauchte ich denselben Apparat zum Tasten, und doch unterscheide ich deutlich Untersfläche

und Oberfläche. Auch im Dunkeln. Das unterscheide ich eben durch die Haltung meiner Hände. Ich muß also fühlen können, wie ich die Hände halte, und schließe daraus weiter auf die Lage des Gegenstandes. Hier nehme ich zwei Hölzchen, eines von fünf, ein anderes von zehn Zentimetern Länge. Jetzt verbinde ich einem andern die Augen und zwänge ihm die Hölzchen der Länge nach zwischen Daumen und Zeigefinger. Ohne weiteres sagt er mir, daß die beiden Hölzchen verschieden lang seien; noch mehr: er sagt, daß das eine doppelt so lang wie das andere, und vielleicht auch, daß die Länge etwa fünf und zehn Zentimeter sei. Wie weiß er das? Die kleinen Tastflächen, die an der Spitze des Zeigefingers und Daumens die Stäbchen berührten, sind die gleichen, die Tastempfindungen waren genau dieselben. Er muß also gefühlt haben, wie weit er die Finger auseinanderhielt. Tatsächlich, als ich ihn auffordere, mit geschlossenen Augen die Finger zehn Zentimeter weit auseinanderzuhalten, gelingt es ihm sofort. Ebenso mag ich jemand auffordern, seinen Arm bei geschlossenen Augen zum rechten Winkel zu beugen, er wird es sofort ausführen. Also haben wir ein Gefühl dafür, in welcher Lage sich die Muskeln, Gliedmaßen, Knochen, Gelenke und andern tiefen Teile befinden. Man hat auch dies als einen sechsten Sinn erklären wollen. Gewiß, warum nicht? Aber man kommt dann, wie wir noch sehen werden, sehr oft in die Lage, einen sechsten Sinn annehmen zu müssen. Man hat den Sinn Muskelsinn, Sinn der tiefen Teile, Sinn für Lage der Glieder, Innensinn, stereognostischen Sinn genannt. In Wirklichkeit handelt es sich um dasselbe, wie beim Tasten der äußern Haut, um Übertragung der Eindrücke von Druck und Zug, nur daß die Nervenorgane hier nicht auf der Haut, sondern im Innern gelegen sind. Man hat solche Nervenorgane, die man als Aufnahmeapparate ansieht, an den Kapseln der Gelenke, an Sehenscheiden, Muskelansätzen gefunden. Es sind die Pacinischen Körperchen. Ob es nun diese sind oder nicht: es müssen solche inneren Tastorgane vorhanden sein, die dem Innensinn die anatomische Grundlage geben. Dieses innere Tasten ist für uns von gewaltiger Wichtigkeit. Jeder Mensch muß, wenn er auf die Welt kommt, erst seine Arme und Beine gebrauchen lernen, muß lernen, die große Masse der Muskeln so zu beherrschen, daß sie in genau abgestimmtem Einklang für jede Bewegung zusammenwirken. Das ist eben nur möglich, wenn man ein Gefühl hat für die Lage seiner Glieder. Es gibt Kranke, die alle Sinne haben, denen aber gerade dieser Innensinn, wenigstens teilweise, verloren gegangen ist. Man braucht sie nur zu beobachten, um die Entdeckung zu machen, wie glücklich wir uns ob seines Besitzes preisen können. Jene Bedauerns-

werten können Arme und Beine bewegen, die Muskeln haben ihre Kraft wie früher, aber sie wissen nicht, wo Arme und Beine sind, wenn sie es nicht mit den Augen sehen. Wir verbinden solchen Menschen die Augen, und sie sind hilflos. Sie schwanken beim Gehen und fallen. Es gibt Kranke, die nur auf einer Seite den Muskelsinn verloren haben. Verbinde ich einem solchen die Augen, bringe den Arm seiner kranken Seite in eine erhobene Stellung, in der er (die Kraft ist ja da) von dem Kranken festgehalten wird, so kann er, aufgefordert, mit der gesunden Hand die kranke zu berühren, erstaunlicherweise diese Hand nicht finden. Er sucht sie an der kranken Seite, sie ist nicht da, vor dem Leib, hinten, nirgends ist sie zu finden. Bis er auf die schlaue Idee verfällt, die Schulter zu suchen und von da über den Arm nach der Hand sich hinzutasten. Es kommt auch vor, daß solche Leute mit der Hand ergriffene Gegenstände nur festhalten können, solange ihre Augen darauf gerichtet bleiben; sobald sie den Blick abwenden, lassen sie sie fallen. Jedermann hat solche Kranke, arme Rückenmarksleidende, schon gesehen. Man erkennt sie an den ungelentken und ungeredelten, ausfahrenden Bewegungen. Mit klatschenden, stampfenden Schritten, ihre Beine vorwärts schleudernd, schreiten sie voran und verfolgen ihre Bewegungen ängstlich mit den Augen. Die Augen ersetzen den Muskelsinn; der Kranke geht sozusagen auf den Augen. —

Von den Meldungen des Muskelsinns erfahren „wir“ nichts. Die Regelung der Bewegungen geschieht ganz automatisch, durch die Unterkommandanten. Das ist gut so, denn welche Fülle von geistiger Kraft müßten wir verschwenden, wenn wir diesen allertäglichsten Dingen immer und immer unsere Aufmerksamkeit zuzuwenden genötigt wären!

Und doch können wir dieses Sinnes bewußt werden. Auf meine frei ausgestreckte Hand legt mir jemand ein silbernes Fünfmarsstück, und in demselben Augenblick sage ich: das ist falsche Münze, weil es zu leicht ist. Zu leicht? Ich habe die Münze in der Hand gewogen. Was ist dieses Wägen? Nichts anderes als ein Ausdruck für die Kraft, mit der die Muskeln angestrengt werden. Wieviel ein echtes Fünfmarsstück wiegt, habe ich fest im Gedächtnis, und damit verglich ich das Gewicht dieses Geldstückes.

In wie vielen täglichen Verhältnissen dieser Muskelsinn eine bedeutsame Rolle spielt, dafür einige Beispiele. Ohne ihn wüßten wir nicht, wie groß die Dinge der Welt sind. Wir sprachen ja vorhin von dem Abschätzen der Größe zweier Hölzchen mit dem Muskelsinn. Und jedes Ding, das wir betasten, können wir nach Größe und Ausdehnung nur durch diesen Sinn abschätzen, aus dem Grad der

Spreizung der Finger, um es zu greifen und zu halten, und aus der Größe der Bewegung, die unsre Arme machen, um seinen Umrissen zu folgen. Ja, die Dinge, die wir sehen, könnten wir ebensowenig abschätzen. Der Muskelsinn sagt uns erst, wo, wie groß und wie weit entfernt die Dinge sind. Wie eine photographische Kamera zum deutlichen Photographieren eingestellt sein muß, so unsre Augen. Und das Einstellen geschieht durch Muskelkraft im Innern des Auges. So wissen wir aus der angewandten Muskelkraft, auf welche Entfernung unser Auge eingestellt, das heißt also, wie weit entfernt ein Gegenstand ist. Und da obendrein die ganzen Augen durch Muskelkraft bewegt werden, so daß der Blick über die Umrisse eines Dinges wandern kann und es abtastet, so erfahren wir sicheren Aufschluß über seine Größe und Entfernung. Gesicht und Tastsinn, sie beide, und nur sie allein geben uns die Möglichkeit, uns eine klare Vorstellung vom Raume zu geben, und beide nur durch die Abschätzung der Muskelkraft mit dem Muskelsinn. Nur durch den Muskelsinn sind wir also imstande, uns in der Welt, die uns umgibt, zurechtzufinden.

Wird ein Kranker ohne Muskelsinn der Beine aufgefordert, seine Augen zu schließen, so fällt er um. Warum? Auch wenn wir ganz ruhig stehen, sind die Muskeln angestrengt tätig, uns im Gleichgewicht zu erhalten. Aber wir stehen nie ganz ruhig, wir bewegen uns immer etwas. Aber sein regulierend werden — unbewußt — dann diese, dann jene Muskeln angespannt, um im leisesten Schwanken das Gleichgewicht zu erhalten. Die Regulierung kommt zustande eben durch unser feines Innentasten: die Nerven senden ihre Botschaft ins Innere — zur Muskelregulierungsabteilung im Kleinhirn —, und von hier aus wird in fortwährendem Spiel in feinsten Abstufung die Muskel-tätigkeit geregelt. Unser Kranker kann keine Meldungen ins Innere schicken, auf die sich das Kleinhirn stützen könnte. Es ist auf die Augen allein angewiesen, und wenn diese auch nicht helfen können, versagt die Regulierung, und der Mann fällt um.

Aber wie weiß das Kleinhirn, ob wir im Gleichgewicht sind? Denn es richtet seine Tätigkeit doch darauf, uns in diesem Gleichgewicht durch Muskelkraft zu erhalten. Und stets und immer, wenn wir gehen oder stehen, sitzen oder knien, immer müssen wir uns im Gleichgewicht erhalten. Das ist, wie das kleine Kind, das laufen lernt, uns beweist, eine gar schwierige Kunst. Wir haben gelernt, uns im Gleichgewicht zu erhalten, ohne daß wir wissen, wie wir es machen. Unser Gleichgewicht ist ja natürlich durch die Schwerkraft der Erde bestimmt. Die Schwerkraft muß also eine Rolle spielen bei der Gleichgewichtserhaltung. Und sie spielt in der Tat eine

merkwürdige Rolle. Sehen wir uns in einem Aquarium die zarten Medusen an! Glashell, wie liebliche, aus feinstem Duft gewebte Sonnenschirmchen mit köstlich blauen und violetten Schattierungen. Wie ruhig und schön, wie grazids sie durch das Wasser schwimmen, indem sie ihren Sonnenschirm aufspannen und schließen, immer mit der Öffnung nach unten! Ihr Schwerpunkt liegt nicht so, daß sie ohne weiteres in dieser Lage schwimmen können. Und alle die zarten Seetierchen, Medusen, Rippenquallen, Krebse, Mollusken, Seewürmer, sie alle haben ein genaues Gefühl dafür, was oben und was unten ist, und wenn man sie umdreht, oder wenn sie durch irgendeinen Zufall in eine falsche Lage kommen, so richten sie sich sofort auf. Wie wirkt nun die Schwerkraft, durch welche Mittel und Einrichtungen, daß sich die Tierchen so genau danach richten können? Es ist fast ungläublich, was von der Wissenschaft festgestellt wurde. Die Tierchen haben besondere Organe, die Richtung der Schwerkraft zu bestimmen. Wie wir mit Lot und Wage die Richtung der Schwere bestimmen,



Abb. 12.  
Nichtbläschen einer Schnecke.

so haben diese Tiere ihr Lot in sich. Ein Bläschen und in dem Bläschen einen Stein. Bei jeder Bewegung rollt der Stein. Aber an der Innenwand des Bläschens sitzen feinste Nervenendigungen mit ganz feinen Borstenhärchen, die genau jede Bewegung des Steinchens registrieren. Werden die Bläschen an der Unterseite von dem Steinchen gedrückt, dann ist's richtig. Dann befindet sich das Tier im Gleichgewicht. Drückt das Steinchen auf die Härchen rechts oder links, ist eben kein Gleichgewicht da, dann muß das Tier schleunigst so eingestellt werden, daß wieder die richtige Stelle den Druck verspürt. Und diese Regelung geschieht rasch und sicher, automatisch. Das klingt wie eine Fabel und hat doch seine Richtigkeit. Kreidl hat's an Krebsen bewiesen. Auch diese haben ein solches Nichtbläschen mit Steinchen. Aber sie benutzen als Steinchen Sandkörner, die sie sich selbst mit den Scheren in die Bläschen bringen. Beim Häuten werden die Sandkörnchen mit abgeworfen, und die Krebse stecken sich neuen Sand hinein. Kreidl benutzte diese Eigentümlichkeit, um mit ihnen einen drolligen Versuch zu machen. Er setzte sich häutende Krebse in sandfreies Wasser und gab Eisenstaub hinein. Also steckten die Krebse sich Eisen in ihr Nichtbläschen. Und als jetzt Kreidl einen Magneten näherte, da wurden die eisernen Nichtsteinchen nicht mehr von der Mutter Erde, sondern vom Magneten angezogen. Der Krebs suchte sein „Gleichgewicht“ herzustellen und schwamm, je nach der Richtung des Magneten, bald



auf dem Rücken, bald auf der Seite, wie ihm der Magnet die Richtung gab. Prentiß konnte an freischwimmenden Larven von Summern, die er nach der Häutung in staubfreies Wasser setzte, sehen, daß sie sich planlos bewegten, von einer Seite auf die andre rollten und, wenn es sich so traf, auch mit der Bauchseite nach oben schwammen. Und da man obendrein bei andern Seetieren nach Entfernung dieser Richtbläschen dasselbe Bild des Verlustes des Gleichgewichts beobachtete, so blieb kein Zweifel: die Richtbläschen mit ihren Steinchen sind das Lot, nach dem sich die Tiere richten, um im Gleichgewicht sich zu erhalten. Genau so ist's beim Menschen.

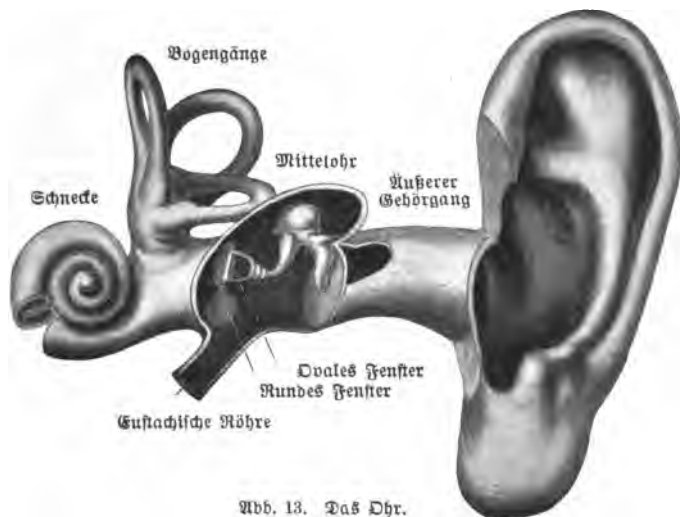


Abb. 13. Das Ohr.

Auch wir tragen unser Sentblei stets bei uns, in unserm Kopfe. Tief im Knochen eingebettet, liegt ein verzwicktes Organ, das Labyrinth. Ein Teil davon, die Schnecke, dient zum Hören, aber doch nur ein Teil des Labyrinths. Bis in die neueste Zeit hinein dachte man sich, daß dieser ganze innere Teil des Ohres (Abb. 13) nur zum Hören da sei. Mit den Ohren hört man, basta! Darauf war man so eingeschworen, daß man's gar nicht glauben wollte, als vor 20 Jahren nachgewiesen wurde, daß ein großer Teil des Labyrinths, der Vorhof und die Bogengänge, mit dem Hören nichts zu tun habe, sondern der Gleichgewichtserhaltung diene. Der Vorhof ist unser Richtbläschen, in ihm haben wir kleine Kalkkristalle (Abb. 14) als Richtsteinchen. Jede Neigung des Kopfes ändert die Lage der Steinchen. Danach

wissen wir auch immer, in welcher Lage zur Erde wir uns befinden. Fortwährend gehen aus dem Vorhof Meldungen an das Kleinhirn, wie es mit dem Gleichgewicht steht, und dieses hält fortwährend die Muskeln in Tätigkeit, um jede Schwankung zu beseitigen.



Abb. 14.  
Kalktrikristalle.  
Aus dem Vorhof eines  
Neugeborenen.

Nun ist's aber etwas anderes, das Gleichgewicht zu erhalten, wenn der Körper in Ruhe, als wenn er in Bewegung ist. In der Ruhe ist's eine leichte Sache. Die Steinchen drücken ungestört nach unten. Daraus erkennt der Körper leicht die Richtung. Aber bei Bewegungen ist's anders. Es kommt die lebendige Kraft der Bewegung störend hinzu, und die Abschätzung mit den Richtsteinchen wird unsicher. Es

müssen eben auch die Bewegungen nach ihrer Richtung und Geschwindigkeit abgeschätzt werden. Dazu dient ein anderer Apparat, die Bogengänge, ein ganz raffiniert sinnreich gebautes Instrument.

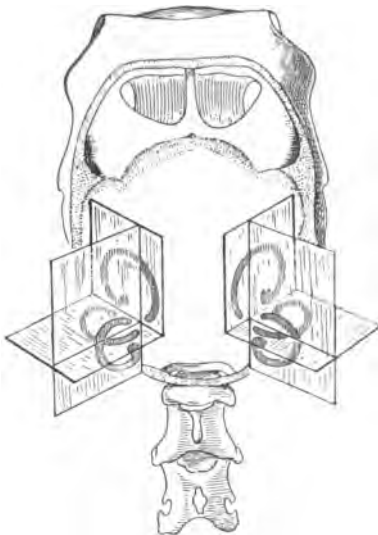


Abb. 15. Bogengänge der Taube, um die Richtung ihrer Ebenen zu zeigen.  
(Nach Ewalb.)

Nach im innern Ohr. An jeder Seite drei hohle Ringe, mit Blutwasser gefüllt, in eigentümlicher Anordnung: sie stehen senkrecht aufeinander, einer wagerecht, einer quer senkrecht, einer längs senkrecht. Und wie die Abbildung 15 zeigt, steht die Ebene des linken vorderen senkrecht auf der des rechten hinteren Bogengangs und umgekehrt. Ein Wunderwerk mathematisch-mechanischer Feinarbeit. Die Röhren sind so miteinander verbunden, daß jede von beiden Seiten in eine erweiterte Buchtung mündet. In diesen Erweiterungen stecken Aufnahmeapparate (Abb. 16), Nervenendorgane, die mit steifen, borstigen Härchen in das Innere ragen.

Das ist die Konstruktion. Und die Wirkung? Drehen wir den Kopf nach rechts, so kann die Flüssigkeit im wagrechten Bogengang nicht so rasch folgen, sie bleibt zurück, reibt

sich an den haarigen Nervenenden, und von da wird ins Innere telegraphiert: Kopfdrehung von mittelmäßiger Geschwindigkeit nach rechts. Und da das Kleinhirn gleichzeitig auch von den tiefen Teilen und vom Muskelsinn Meldungen erhält, so weiß es, ob der Kopf allein oder mit dem übrigen Körper nach rechts gedreht wurde, ob durch eigene Muskelkraft oder etwa auf einem Drehstuhl, und richtet danach, damit man nicht falle, die Muskeln zur Erhaltung des Gleichgewichts.

Das klingt wie eine von gelehrten Leuten ausgeflügelte Listelei, über die der Laienverstand leicht spöttisch lachend den Kopf schüttelt. Aber es ist Wirklichkeit. Ewald hat's durch geniale Versuche bewiesen. Er hat bei Tauben einen Bogengang angebohrt und auf sinnreiche Weise die Flüssigkeit im Bogengang zum Fließen gebracht, bei jedem Druck machte die Taube immer und ohne Ausnahme mit dem Kopf und mit den Augen eine Drehung in der Richtung der Strömung, und zwar genau in der Ebene des Kanals, an dem die Reizung vorgenommen wurde. Automatisch, auf reflektorischem Wege werden Augen, Kopf, der ganze Körper in die vom Augenblick geforderte Gewichtslage gebracht.

Wir wollen sehen, wie sich das in Wirklichkeit macht. Ich stehe auf der hinteren Plattform eines elektrischen Wagens. Plötzlich zieht der Wagen an. Denken wir, eine Figur aus Modellierwachs stände neben mir: der arme Kerl fiel rückwärts über die Brüstung, weil beim Anziehen die Beine zuerst gezogen würden, und der Körper zurückbliebe. Genau so geht es mir zunächst auch. Ich falle mit dem Oberkörper etwas zurück, aber nur einen ganz kurzen Augenblick, Bruchteile einer Sekunde. In diesem kurzen Augenblick hat folgender wichtige Depeſchenwechſel ſtattgefunden. Bogengänge melden dem Gehirn: Bewegung nach vorn; der Innensinn und das Auge telegraphieren: keine eigene Bewegung, sondern Beine werden auf fester Unterlage gezogen. Darauf das Kleinhirn: vordere Bauchmuskeln mit halber Kraft anziehen. Ich merke von diesem Depeſchenwechſel nichts, ich merke nur, daß ich nach kurzem Schwanken im Gleichgewicht bin. Mit diesem Gleichgewicht könnte ich im Zimmer nicht stehen, ich würde wuchtig auf die Nase fallen, aber hier im bewegten Wagen halte ich mich aufrecht. Der Wagen faust. Jetzt fährt er etwas langsamer: ich neige mich vornüber, weil gegen die rasche Bewegung meine Leibesmuskeln angezogen waren. Plötzlich fährt er wieder schneller, ich bin noch nicht darauf eingerichtet und

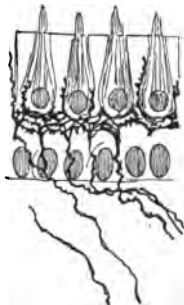


Abb. 16.  
Nerveneitgungen in  
den Bogengängen.

pendle nach hinten. Eben läuft ein Kind vor den Wagen. Aud, wird gebremst. Und die ganze Gesellschaft im Wagen purzelt nach vorn. Auf diese plötzliche Bewegungsstörung war das Gleichgewicht nicht eingestellt! Und so pendeln wir fortwährend nach vorn und hinten, nach rechts und links. So wird in tausend aufeinanderfolgenden Stellungen tausendmal das richtige Gleichgewicht hergestellt, sofort das Nötige veranlaßt, immerzu, fortwährend.

Wir stehen mit festen, markigen Knochen auf der wohlbegründeten, dauernden Erde, uns strömen Eindrücke und Empfindungen über Körperstellung und -bewegung nicht nur aus dem Labyrinth, aus dem Nüchtbläschen und den Bogengängen, sondern auch von den Augen, aus dem Muskelgefühl, aus dem Druck und Zug der tiefen Teile, vor allem auch aus dem festen Gegendruck des Bodens unter den Füßen. Wenn einer dieser Faktoren ausscheidet, dann wird die Orientierung schwieriger. Etwa bei Blinden. Noch viel mehr bei Taubstummen, bei denen das Labyrinth durch eine grausame Ursache zerstört ist. Das ist nicht bei allen Taubstummen der Fall, sondern etwa bei der Hälfte. Der Körper verläßt sich bei ihnen auf die Augen und den Innensinn. Sie können ihr Gleichgewicht wohl noch behaupten, aber doch sehr schwierig. Sie können z. B. nur schwer auf einem Bein stehen. Ferner, wenn ein Taubstummer badet, so trägt das Wasser, und mit dem Auftrieb des Wassers hört der Gegendruck des Erdbodens gegen die Fußsohlen, hört der Druck der Muskeln und Gelenke gegeneinander auf, der Innensinn ist ausgeschaltet. Also müssen sie sich allein auf die Augen verlassen. Jetzt lassen wir sie mit geschlossenen Augen tauchen, und in demselben Augenblick verlieren sie, da ihnen auch das innere Ohr fehlt, jede Orientierung. Sie wissen nicht, wo sie sind, zappeln in Todesangst mit Armen und Beinen, bis sie auftauchend die Augen öffnen und mit einem Seufzer der Erleichterung die Errettung aus großer Gefahr erkennen (James).

Orientierung muß sein, und Gleichgewichtserhaltung muß auch sein. Je mehr Möglichkeit, sich über seine Umgebung Auskunft zu verschaffen, desto mehr verteilen sich die einzelnen Vorposten in die Aufgabe. Und wenn einer von ihnen fehlt, dann müssen die andern die Aufgabe mit übernehmen. Darum sind bei den Tieren, die nicht auf festem Boden stehen und sich durch das Druckgefühl auf die Fußsohlen und durch den Gegendruck der Knochen und Gelenke nicht genügend Auskunft verschaffen können, um diese Unvollkommenheit auszugleichen, die Bogengänge besonders gut entwickelt, also bei Fischen und Vögeln. Und daß es wirklich sich um einen Ersatz des Fehlenden handelt, mag man daraus erkennen, daß unter den Vögeln die besten Flieger die entwickeltsten Bogengänge haben, z. B. Wald-

(Schneppen und Bekassinen weit größere als Huhn und Hausgans (Lautenbach)).

Und wenn wir jetzt das Fazit ziehen aus dem, was wir gesucht und gefunden, so finden wir, daß auch dieses Erkennen des Gleichgewichts, im Grunde genommen, nichts anderes ist als Empfinden von Druckschwankungen. Es sind nur eben besondere Apparate dafür da, Schwere und Gleichgewicht im Druck und Zug zu übertragen. Druckveränderungen, also auch nichts anderes als ein feines, inneres Tasten.

Wir erstaunen über die Vielseitigkeit des Tastens und seine Bedeutung für unsere Lebensführung. Es gibt uns Auskunft durch die Berührung der Haut über die Gegenwart der Dinge, ja über ihre Nähe durch die Tasthaare, sogar aus der Entfernung durch die Erschütterung, die sie dem Boden, dem Wasser, der Luft mitteilen. Mit dem inneren Tasten holen wir uns Auskunft über die Größe und Gestalt der Dinge, über ihre Entfernung von uns, über ihre Verteilung im Raum und über unsere Stellung in der Welt. Das Tastgefühl berichtet zu unserer Sicherheit obendrein über Gleichgewicht und Bewegung. Und alles nur durch Druck und Zug der feinen Nervenapparate. Das ist in der Tat eine erstaunliche Ausnutzung des einfachsten Druckprinzips zu den vielseitigsten Leistungen. So gibt das Tasten — im weitesten Sinne — die Grundlage unserer Erkenntnis der Dinge, unserer Vorstellungen von der Außenwelt, unserer „Begriffe“.

Nur in einem Punkte scheint unser Tasten gegenüber anderen Sinnen zurückzustehen. Scheint! Die Sinne geben uns Lebensschutz und damit Lebensmöglichkeit, aber darüber hinaus auch Lebensfreude. Ströme von Lust, von berauschernder Glückseligkeit quellen aus ihnen, denn sie lassen uns das Land der Schönheit schauen. Sie bauen goldene Brücken, auf denen die Empfindungen in wallendem Strom durch weit geöffnete Tore ihren gesegneten Einzug halten in die Seele. Mit Inbrunst saugt das Auge den Duft der Dinge in sich und wird nicht satt von den Herrlichkeiten der Welt. Schönheits-trunken taucht es den Blick in entfernteste Welten und gibt uns leise Ahnungen von Seligkeit und Unendlichkeit. Das Ohr öffnet sich, und herein flutet die Harmonie und der Rhythmus in schwellenden Akkorden und lockt die Seele zum Jauchzen und bringt sie zu erschütterndem, weltverlorenem Weh.

Wie armselig erscheint uns demgegenüber der Tastsinn! Gewiß nützlich und lebensnotwendig, aber wie prosaisch und „stumpfsinnig“. Die reicheren Brüder bieten Freude in Fülle, aber der Tastsinn? Aber seien wir gerecht und dankbar! Nur wir normalen Menschen, die wir von den „höheren“ Sinnen verwöhnt sind, behandeln ihn als

Afchenbrödel. Was er geben kann, welche Quellen von Schönheit er aufschließen kann, das sieht man an den unglücklichen Menschen, denen Auge und Ohr verschlossen sind, die ihr Leben vollenden müssen in Grabesstille und Dunkel, in finsterner, schweigender Nacht. Nacht und Schweigen, es friert uns bei dem Gedanken, daß die Welt so verschlossen sein kann. Aber auch diese Unglücklichen haben ihre Harmonie, ihre Welt der Schönheit, ihre Freuden und Wonnen, Lust und Seligkeit durch — den Tastsinn. Auch sie erkennen in der Linie, der sie mit den Fingern nachgleiten, die Süße der Empfindung, sie „begreifen“ die Schönheit der Form, die wir mit dem Auge erfassen. Von unserm Standpunkt des Sinnenmillionärs zwar nur ein Armeleutewerk, aber doch ein Ersatz, der selige Freude in ihre Welt zu gießen vermag.

Helen Keller, dieses bekannte glücklich-unglückliche Geschöpf, taub und blind, zweier beglückender Sinne beraubt, sie, die wie ihre Schriften zeigen, trotzdem so innerlich reich, voll köstlicher Heiterkeit des Gemüts und voll innerer Fröhlichkeit ist, auch sie saugt in sich die Schönheit der Welt, saugt sie ein durch ihre Fingerspitzen (Abb. 17). Wie rührend und erschütternd, wenn sie sagt: „Es kommt mir nicht zu zu sagen, ob wir besser mit der Hand oder mit dem Auge sehen . . . der Tastsinn bringt dem Blinden manche süße Gewißheiten, deren unsere glücklicheren Mitmenschen entbehren müssen, weil ihr Gefühl nicht ausgebildet ist.“\*) Oder an anderer Stelle: „Ich bin mitunter im Zweifel, ob die Hand nicht empfänglicher für die Schönheiten der Plastik ist als das Auge. Ich sollte meinen, der wunderbare rhythmische Fluß der Linien ließe sich besser fühlen als sehen.“

Und wenn die Blinden mit den Fingerspitzen genießen können, sie können noch mehr, sie können schaffen! Kunstwerke schaffen, an denen wir Sehenden genießen können. Zu Nauders in Tirol ward im Jahre 1774 ein Mann geboren, Joseph Kleinhans, der das Unglück hatte, in frühesten Jugend in Folge der Blattern blind zu werden. Aber er fühlte sich zurecht in seiner kleinen Welt und schnitzte sich schon im Alter von 7 Jahren Pferdchen und Reiter, Schäfchen und Hirten, wie er sich's erfüllte, und hatte Freude an seinem Können. Und dann blieb er bei dieser Kunst, schnitzte und lernte und lernte weiter und schnitzte. Tausende von Kunstwerken hat er angefertigt, sich und andern zur Freude. Und für viele Kirchen schnitzte er Heiligenbilder und Kreuzfigür, vor denen noch heute die Andächtigen beten, ohne zu wissen, wer der Schöpfer war, und daß ein Blinder diese

\*) Helen Keller, Meine Welt. (Stuttg., Verlag von Rob. Lutz.) — Dieselbe, Geschichte meines Lebens. (Ebd.)

Werke der Frömmigkeit schuf. Vergessen und verschollen ist sein Name. Merkwürdig klingt es, daß er auch nach kleinen Modellen Vergrößerungen fertigte oder nach Reliefs Statuen und Büsten, wie



Abb. 17. Helen Keller „betrachtet“ eine Nisse-Statuette.  
(Aus Helen Keller, *Geschichte meines Lebens*.)

die Büste Andreas Hofers (s. d. Tafel). Als der Kaiser Franz I. auf seiner Reise nach Tirol auch nach Nauders kam und, im Posthause abge-  
liegen, von dem Wundermann, dem Stolz des Dörfchens, hörte, bat er

ihn zu sich und ließ sich von ihm abfühlen. Unsere Tafel zeigt die so entstandene, nach dem Leben gearbeitete Büste des Kaisers, die jetzt im Innsbrucker Landesmuseum aufbewahrt wird. Ist's nicht erstaunlich zu sehen, was der blinde Künstler alles gefühlt, und wie er es gefühlt, und wie peinlich genau und klar er es wiedergegeben? Wir sehen, er sah nicht, konnte nicht mit dem Blick den Fluß der Linien in der Gesamtheit und die Tiefe der Formen erfassen. Um so wunderbarer, wie das mühsam Erfühlte sich zum Ganzen verbindet. Liegt nicht etwas Ergreifendes, rührend Schönes in der bescheidenen Darstellung, die ungeschminkt und ungeschmeichelt in derber Naturwahrheit ein Meisterwerk realistischer Darstellung ist? Wie man auch seine Bildwerke kritisieren mag, er war ein begnadeter Künstler, trotz Nacht und Blindheit!

Tasten, fühlen, begreifen, Schönheit empfinden und Schönes schaffen — und das alles mit diesen winzig kleinen Apparaten, die zu Tausenden punktförmig auf die Haut gefät und in den Körper verstreut sind!



Und noch eins kann die Haut, sie kann Schmerzeindrücke aufnehmen. Wir haben die Sinne Vorposten genannt, die uns aufklären über das, was draußen vorgeht, und über die Gestalt der Dinge. Darum legt man die Sinnesempfindungen nach außen: nicht ich empfinde rote Farbe, sondern die Rose ist rot, das Ei ist rund, kalt, schwer, weiß, das Wasser ist naß, dort krabbelt eine Fliege. Ein solcher Vorposten und Berichterstatter ist der Schmerz nicht. Er sagt uns nichts über die Natur der Dinge, er meldet nur die Tatsache der Überraschung: der Feind ist da! Hannibal ante portas! Dort habe ich Schmerzen! Schau' her, diese Verwüstung! Wie ein greller Schrei tönt dieser Ruf an unser Bewußtsein.

Trotz aller Vorposten ist dem Feind die Überraschung gelungen. Genau so geht's im Krieg der Völker. Trotz aller Umsicht fliegt die Granate in die Feldwache. Da zerkracht sie splitternd, grausam zerfetzend und verstümmelnd. Woher? Niemand sah den Feind, aber jetzt weiß man: er ist da, schützt sich selbst und meldet schleunigst zurück, was geschehen.

Grausam, brutal, ungestüm klopft der Schmerz an unseres Bewußtseins Pforte. Hart und schrill klingt sein Schrei. Die Klage will gehört werden. Der Schmerz erzwingt sich Aufmerksamkeit, man mag wollen oder nicht. Jede Tätigkeit wird sofort abgebrochen, jede Handlung brachgelegt. So will's der Schmerz. Mit elementarer



Wucht zwingt er auch den Eigensinnigsten nieder. Wer ist so steifnackig und trägt den Kopf so hoch, daß der Schmerz nicht seinen stolzen Kopf beugt und den Rücken krümmt, daß er seiner Menschenwürde vergiftet und in Qualen sich windet? O ja, der Schmerz macht demütig, er macht den Menschen klein, so ganz klein. Ist jemand noch so verloren, daß seinem verrohten Gemüt tiefe Regungen verschlossen sind, ist er so abgestumpft, gleichgültig gegen die Leiden anderer, daß sein unmenschliches Gemüt nicht gerührt wird von Mitleid, er selbst zittert vor dem Schmerz, von ihm läßt er sich, wenn auch zähneknirschend, bezwingen, daß er am Boden liegt und winselt. Vor dem Schmerz gibt's kein Erbarmen, keinen Unterschied des Ranges oder Charakters. Er ist so brutal, daß eine schmachvolle Zeit der Vergangenheit Klammern und Nägel, Flammen und Stricke als willkommenes Kraftmittel gebrauchte, gegen Hexen und Zauberer vorzugehen. Natürlich zur Ehre Gottes! — Nicht so sehr die Krankheit ist es, sondern der Schmerz, der die Menschen in Scharen zum Arzt treibt, von dem man weniger die Heilung der Krankheit verlangt als eine Erlösung von den Schmerzen.

Wozu diese Grausamkeit der Schmerzen? Wenn wir gewöhnt sind, in dem Naturgeschehen etwas Vernünftiges zu sehen, wenn wir den Bau und die Einrichtungen der lebenden Wesen als Notwendigkeit zu betrachten gelernt haben, wenn wir annehmen, daß alle Tätigkeiten, alle Organe, alle Einrichtungen der lebenden Wesen erworben sind, weil sie, ein jedes zu seiner Zeit, Bedürfnis waren und Vorteile brachten für den Lebenskampf — wozu der Schmerz? Liegt in ihm nicht etwas Widersinniges? Wie soll er gut, soll er notwendig sein? Er, der von jedem verwünscht wird. Und doch! Gerade wegen seiner quälenden Pein ist er ein guter, lieber, treuer und fürsorglicher Freund der Menschen.

Man braucht nur dieses eine kleine Beispiel zu überdenken: ein Mensch geht barfuß (das ist ja das Ursprüngliche). Jetzt tritt er sich einen Dorn in den Fuß. Wie ein Blitz meldet es der Schmerz, und blitzartig schnell wird der Fuß zurückgezogen. Das ist der erste Vorteil, daß dem Schädlichen rasch ausgewichen wird. Wenn der Schmerz nicht wäre, dann würde dieser Mann ruhig seines Weges weiterwandeln und noch viele Dornen sich ins Fleisch treten. So wird — ein weiterer Vorteil — der Wanderer gezwungen, sich den Dorn auszuziehen, um die Ursache des Schmerzes zu beseitigen. Und noch ein Nutzen: er tritt mit dem verletzten Fuß nicht auf, er schont ihn, so ist die beste Gewähr für rasche und sichere Heilung gegeben und vorgesorgt, daß keine böse, zerstörende, eiternde Ent-

zündung sich anschließt. Und wenn trotzdem eine solche Eiterung sich entwickelt, so zwingen die jetzt in besonderer Heftigkeit einsetzenden Schmerzen der Entzündung zu vollständiger Ruhe und Schonung, und das ist notwendige Vorbedingung für die Heilung. Und noch ein weiterer Vorteil des Schmerzes: der Mann, der eben in die Dornen getreten war, sieht sich in Zukunft vor, er ist durch Schaden klug geworden. So wird der Schmerz Mahner und Berater, Lehrmeister und Erzieher. Also mag wohl niemand mehr an dem Nutzen der Schmerzempfindung zweifeln.

Es erscheint auf den ersten Blick unverständlich, warum die Schmerzempfindlichkeit an den verschiedenen Stellen des Körpers so verschieden ist. Ein kleinwinziges Staubkörnchen fliegt ins Auge, und sofort meldet sich ein heftiger, peiniger Schmerz, bis das Körnchen durch sanftes Reiben oder durch eine schwemmende Flut von Tränen entfernt ist. Gelangt ein ebensolches Körnchen in den Mund oder in die Nase, so spürt man nichts. Ja, wir atmen eine solche Menge feinsten Staubes, daß unsre Lungen schwarz von ihm sind, ohne daß wir etwas davon merken. Wie grob ist gegen die Empfindlichkeit der Augenbindehaut die der Haut! Und die Haut ist wieder ganz verschieden empfindlich; ein Stich am Rücken schmerzt viel weniger als ein solcher an den Fingerspitzen. Man erkennt leicht den Grund für diese Verschiedenheit der Schmerzempfindung. Der Unterschied ist bedingt durch die Notwendigkeit größeren Schutzes, dessen die lebenswichtigen, feinen und leicht verletzlichen Organe, Auge und Finger bedürfen, um tüchtig und brauchbar zu bleiben.

Die furchtbarsten Schmerzen verursacht die Entzündung. Dies hat eine große, heilsame Bedeutung, denn die entzündeten Teile haben die äußerste Ruhe nötig zur Heilung und um zu verhindern, daß der Eiter in den Körper gepreßt wird. Durch nichts läßt sich aber Ruhe so leicht erzwingen, als wenn jede Bewegung Schmerz bereitet. Hat jemand ein entzündetes oder sonst schmerzhaftes Bein, er wird sich eben hüten, darauf zu treten, er legt sich — und die Heilung kann beginnen. Genau dasselbe bei den Sehnen. Die Sehnen selbst sind schmerzlos, nicht aber die Futterale, die Läger, in denen sie gleiten. Sie entzünden sich zuweilen, und es folgt Schmerz, Ruhe, Heilung. So wird die Entzündung durch die Schmerzen das erste Glied in der Kette der Erscheinungen, die zur Heilung führen. Das entzündete, äußerst schmerzhafteste Auge erzwingt sich seine Ruhe durch krampfhaften Verschuß der Lider. Bei der Bauchfellentzündung treten so gewaltige Schmerzen auf, daß der Mensch aufs Lager geworfen wird und kaum zu atmen wagt. Nur die äußerste Ruhe bietet die Möglichkeit einer Rettung. Der Arzt hat es hier leicht,

seinen Anordnungen Geltung zu verschaffen, denn er hat den Schmerz als Bundesgenossen, und wenn der befiehlt, gehorcht man gern. —

Die Laien haben die Vorstellung, daß, je tiefer man in den Körper eindringe, desto stärker die Schmerzen seien. Das ist grundfalsch. Da die inneren Organe vor Hitze und Kälte und Zerstörungen geschützt sind, da sie von äußeren Gewalten nicht überrumpelt werden können, so haben sie nicht das Bedürfnis, Schmerzen zu empfinden. Gar oft haben Chirurgen Gelegenheit gehabt, bei nichtbetäubten Kranken Magen, Darm oder Eingeweide zu berühren, sie zu äzen oder dergleichen — nichts von Schmerzen. Leber und Milz, Nieren, Sehnen, Knorpel, Knochen sind völlig unempfindlich, ebenso wohl auch das Gehirn, wie man nach Zertrümmerung des Schädels oft bemerkt hat.

Die Schmerzen zwingen uns, ein Organ oder einen Körperteil ruhig zu stellen. Das ist gut für die Heilung. Wenn aber der Körperteil nicht ruhig gestellt werden kann? Dann wäre es fürchterlich, wenn das Organ mit Schmerzen gequält würde. In der That, das Herz ist absolut gefühllos. Es kann sich entzünden, Klappen können zerreißen, alles ohne Schmerzen. Man male sich das aus, wenn bei jedem Herzschlag das erkrankte Herz sich peinigend in Erinnerung brächte! Ebenso gefühllos sind die raslos arbeitenden Lungen. Große Teile der Lunge können zerstört werden ohne alle Schmerzen (es darf nur das Rippenfell nicht mit angegriffen werden!). Unempfindlich sind die immer pulsierenden Abern, das atembewegende Zwerchfell, der nimmer ruhende Darm.

Man kann kurz sagen: nur die Körperteile sind schmerzempfindlich, denen die Schmerzen von Nutzen sein können; sie sind um so empfindlicher, je verletzlicher und schutzbedürftiger sie sind, und je mehr sie von uns mit bewußter Absicht still gelegt werden können.

Man kann sich danach vorstellen, was der Schmerz für uns wert ist, und was eintreten wird, wenn das Schmerzgefühl zerstört ist. Es gibt Kranke, denen die Schmerzempfindung für bestimmte Körperteile vollständig fehlt. Mir ist eine Dame in Erinnerung, die im Gesicht gar keine Schmerzempfindung hatte. Eines Tages wärmte sie sich am eisernen Ofen, kam mit der Stirn der heißen Kante zu nahe und — doch plötzlich unangenehmen Brandgeruch. Die Haut war bis auf den Knochen durchgebrannt. Eine eigentümliche Rückenmarkskrankheit (die Syringomyelie) zeichnet sich dadurch aus, daß Arme und Hände oft durchaus unempfindlich für Schmerz, für Hitze und Kälte werden. Solche Kranke fassen kaltblütig in glühende Kohlen, in kochendes Wasser, arbeiten in Säuren, Laugen oder äzenden Flüssigkeiten. Wie die Hände danach in kurzer Zeit aus-

sehen, kann man sich denken. Und wenn die Finger eitern, treibt sie der Schmerz nicht zum Arzt, sie operieren sich selbst „schmerzlos“, nehmen sich den zerstörten Knochen heraus und arbeiten seelenruhig weiter. Das ist nicht Übertreibung, so etwas kommt in Wirklichkeit vor. Der Mann in der Abbildung 18 ist ein Opfer dieses Leidens.

Ja, aber der Signor Antonio? Allerdings gerade darin könnte ein Bedenken an seiner „Echtheit“ liegen, daß er sich nicht verlegt. Warum nicht? Warum zeigt er nicht solche grauenhafte Verwüstung des Körpers?



Abb. 18. Verstümmelung der Hände infolge des Verlustes der Schmerzempfindung.  
(Nach Hoffmann.)

Lassen wir noch einen Augenblick diese Fragen beiseite! Wir wollen in Ruhe zu Ende überlegen. Der Schmerz schreit uns Menschen ins Bewußtsein: Hilf dem verletzten Teil! Und wir entziehen ihn sofort dem Unheil, das Zerstörung birgt, und dann befiehlt der Schmerz Schonung und Ruhe, und wir gehorchen. Das ist also der „Zweck“ des Schmerzes, die biologische Notwendigkeit, vor Zerstörung uns zu sichern durch eigenes Eingreifen. Wo Lebewesen sich nicht durch rasches Ausweichen oder Flucht der Zerstörung entziehen können, einen verletzten Teil nicht zur Heilung stillstellen können, da sind die Schmerzen ein biologischer Unsinn, eine über-

flüssige, widersinnige Grausamkeit. Es geht heute eine Strömung durch die moderne Naturwissenschaft, dieselben Lebensgesetze, die uns beherrschen, auch in den Tieren und Pflanzen nachzuweisen und anzunehmen, daß es seelische Fähigkeiten sind, durch die die ganze Welt des Lebendigen sich aufbaut und erhält. Und ein tiefinnerlicher Zug geht durch unsre Zeit, der in unsern Mitgeschöpfen liebevoll Brüder und Schwestern erkennt, auch in den zarten Blümlein, die lieblich duftend am Feldweg prangen. Man hat die Parallelen weiter gezogen. Man hat den Pflanzen in Übertragung menschlicher Eigenschaften auch Schmerzempfindung zugeschrieben. Nein, nein! Mögen sie irgend etwas haben, was in dumpfester Weise al-

Seele angesprochen werden kann, Schmerzempfindung können sie nicht besitzen. Machtlos, schutzlos, unfähig, der Zerstörung zu entgehen und ihre Qualen zu beenden, wenn sie, von der Wiese abgerupft, im Übermut zerpfückt würden, wenn sie, gedankenlos an den Wegrand geworfen, im Sonnenbrand welkten und dörrten — welche Notwendigkeit sollte für die Pflanzen vorgelegen haben, sich Schmerzempfindung zu erwerben?

Aber die Tiere, haben sie Schmerzen? Hunde, Katzen, Vögel, gewiß. Aber auch die niederen Tiere? Wir wissen es nicht. Wir dürfen nicht eben daraus, daß ein Tier bei einer Verletzung zusammenfährt, auf Schmerzen schließen oder umgekehrt, wenn man an ihnen keine Bewegung spürt, schließen, daß es nun nichts spürt. Was insbesondere die Insekten betrifft, so urteilt einer ihrer besten Kenner, Forel, so: „Alles in allem, glaube ich, kann man sagen, daß die Empfindlichkeit gegen Schmerz bei den Insekten geringer als bei den warmblütigen Wirbeltieren entwickelt ist. Wenn das nicht wäre, so wäre es ein unmögliches Schauspiel, eine Ameise, der man den Hinterleib oder die Fühler abge schnitten hat, sich voll Honig pflöpfen zu sehen . . . oder wie eine Kreuzspinne, der man ein Bein abschneidet, unmittelbar danach dieses Bein selbst auffrisst, oder wie eine am After verwundete Raupe anfängt, sich von hinten nach vorn zu verschlingen.“

Man könnte sich auch sagen, daß es eine grauenhafte Möglichkeit wäre, wenn alle die ungezählten Milliarden von Tieren, die alltäglich im Ozean von gefräßigen Räubern gefressen, bei lebendigem Leib zerrissen und verpeist werden, Schmerzen empfinden sollten. Aber das ist ein Gefühlsargument, kein Beweis für ihre Schmerzlosigkeit. Wir müssen die Frage, ob niedere Tiere Schmerzen haben, anders zu lösen suchen.

Hinter jedem Schmerz steht unsere Seele, unser Ich, das Bewußtsein, das urteilt und handelt, erkennt und sich erinnert. Der Schmerz haftet in unserm Gedächtnis, und da wir ihn fürchten, hüten wir uns, in dieselbe Lage zu kommen. Mögen die Vorposten sich haben überrumpeln lassen, der Schmerz hat das Gute, daß er für die Zukunft einer Zerstörung vorbeugt.

Und da sehen wir uns die Fische an! Sie schnappen nach der Angel, die einer Fliege ähnlich sieht. Das ist erklärlich als Sinnes-täuschung. Sie schnappen danach und reißen sich los, das Maul zerfetzend. Aber nach einer Minute schnappen sie wieder nach denselben bösen Fliege, ihrem Fraßinstinkt folgend. Darum können wir nicht glauben, daß sie Schmerzen empfinden, denn die nageln sich so ins Gedächtnis, daß die Fische hätten gewarnt sein müssen.

Aber wie schützen sich denn die Fische vor der Gefahr, die wir, durch Schmerz belehrt, fliehen lernen? Nun, zuerst gibt's für sie nicht so viele Gefahren. Feuer, Verbrennung, Verätzung, das kennen sie in ihrem feuchten Element nicht. Auch nicht den Stoß, Druck und Schlag. Nur ihre Feinde bringen Gefahren, und die fliehen sie durch angeborenen Instinkt. Und wenn trotzdem ein Übel sie treffen sollte, so weiß der Körper sich durch Reflexe zu helfen, ohne daß der Schmerz in das Bewußtsein greift. Wenn wir einen Frosch köpfen, so hat er ganz gewiß seinen geringen Besitzstand an Intelligenz vollkommen verloren. Bringen wir ihm dann einen Tropfen ätzender Säure auf ein Bein, so sucht das andere Bein mit seinem Schwimmfuß die ätzende Spur abzuwischen. Das ist ein Reflex.

Etwas Ähnliches haben wir im Schlafe auch, wenn wir die Bettdecke, die herabgesunken ist, schlafend heraufziehen. Oder auch im Wachen in unserm Augenzwinkern, im Husten, Niesen, im plötzlichen Zurückfahren bei Berührung mit gefährlichen Dingen. Das ist schmerzloser Schutz, ein für allemal für diese Fahrnisse bereitgestellt. Der Schutz durch Instinkt fehlt uns. Während die Tiere durch ihn geschützt sind, greifen unsre Kinder ins Feuer, laufen ins Wasser und begeben sich in tausend Gefahren — um erst aus schmerzhafter Erfahrung zu lernen.

Und das ist unser Vorteil. Die Reflexe und Instinkte arbeiten rein automatisch, nach dem Schema F. Auf denselben Eindruck immer mit derselben Flucht. Es ist ja sehr schön, vor jedem Geräusch, vor jedem Lichtblitz, bei jeder Berührung zu fliehen. Aber unpraktisch, entseßlich unpraktisch und hinderlich. Jede weitere Entwicklung wird dadurch unterbunden.

Mit unserm Schmerzsinn treten wir in eine Prüfung der Dinge ein. Wir urteilen, lernen neue Gefahren kennen, erkennen vermeintliche Gefahren als harmlos. So können wir aus Gift noch Honig saugen. Wir formen uns ein eigenes Leben, passen uns unsrer Umgebung und neuen Ereignissen an. Und neue Welten erschließen sich uns dadurch, daß wir nicht von vornherein verzichten. Der Schmerz erzieht uns, nicht nur das Kind und besonders nicht nur das, das von den Eltern geprügelt wird. Wir bringen uns in immer neue Lebenslagen, wir prüfen, und der Schmerz zeigt uns den Weg, den wir im Neuland nicht wandern dürfen. So ist der Schmerz der Erzieher der Menschheit, und er erzieht uns zu immer größeren Aufgaben.

Und Signor Antonio? Ist er ein Schwindler oder nicht? Nein, gewiß nicht. Daß er trotz der Schmerzlosigkeit die leise Berührung bemerken konnte, das erscheint uns ja jetzt selbstverständlich. Schwierig-

ger zu erklären ist schon, daß er sich nicht verletzt und verbrennt, wie es der Kranke tut, den wir erwähnten. Also muß er doch einen Schutz gehabt haben. Und worin? Jenen Rückenmarkskranken sind die Nervenbahnen des Schmerzes zerstört, und ein schmerzhafter Eindruck dringt nicht ins Innere. Antonio hat seine Schmerznerve noch. Sie senden noch Meldungen ins Innere zu den Ganglien, aber nicht bis ins Gehirn. Wenn es nicht gar zu dumm wäre, möchte man sagen, er hat Schmerzen, ohne sie zu fühlen. Seine Unterkommandanten sorgen für ihn. Unbewußt, ohne eigene Absicht geht er den Gefahren aus dem Wege, und unbewußt, rein durch Reflexe, wird er vor Schaden behütet. Ein interessanter Fall, der Signor Antonio, aber ein Schwindler ist er nicht, braucht es wenigstens nicht zu sein.



## In den Wellen des Luftmeeres.

Frühling! Es sproßt und sprießt an Baum und Strauch. Munter zischelnd hüpfen die Vögel von Ast zu Ast. An jungen Grasshälmchen glitzern in der fröhlichen Morgensonne Tausende von Diamanten, und aus dieser diamantenen Pracht heben, verwundert die zarten Krokuspflänzchen ihre freundlichen Köpfehen, weiß, gelb, zartlila. Die Gänseblümchen, fein zierlich gepuzt, machen, hie und da im Grün verstreut, ein Knixchen. Vereinzelt, da und dort, steckt auch ein stolzer Löwenzahn seinen gelben Krauskopf hochmütig in die Luft. Fleißige Hände graben und furchen in das frühlingstduftende, dampfende Gartenland dem ungeduldigen Samen ein fruchtbares Bett. Da kommt mein Töchterchen gehüpft und gesprungen, mit jungem Grün und Gänseblümchen bekränzt, und jauchzt und singt, und da ich eben an hohem Gerüst zu sommerlichen Übungen die Schaukel wieder angebracht, bettelt sie: „Vater, bitte, schaukle mich!“ Und ich schaukle sie, daß sie jubelt und lacht; „höher, höher,“ befiehlt sie in fröhlicher Lust, und ich schaukle sie, soweit es sich mit den Grundsätzen einer weisen und vernünftigen Erziehung vereinigen läßt, höher, höher, taktmäßig stoßend: jetzt . . . jetzt . . . jetzt. Ja, ganz genau im Takt. Jetzt . . . jetzt. Auch das Schaukeln ist eine Kunst. Der Moment des Zustoßens will genau abgepaßt sein, just dann, wenn die Schaukel vom höchsten Punkt eben wieder nach vorn schwingen will. Ich sehe aus Neugier auf die Uhr: alle 2 (genauer  $2\frac{1}{3}$ ) Sekunden muß ich stoßen. Kann man nicht etwas schneller schaukeln? Ich versuche es, rascher zu stoßen.

Aber mein Töchterchen vermerkt das sehr übel: „Vater, was machst du? Das ist ja gar nicht richtig.“ Also wieder im alten Tempo . . . . jezt . . . . jezt. Aber warum läßt sich denn der Schaukelgang nicht beschleunigen? Aus einfachen physikalischen Gründen: weil die Schaukel ein Pendel und in ihren Schwingungen den Pendelgesetzen unterworfen ist. Das soll heißen, daß die Schwingungsdauer eines Pendels sich genau nach seiner Länge richtet; je länger das Pendel, desto langsamer schwingt es, ein halb so langes schwingt doppelt so schnell, und ein Pendel von einem Meter schwingt in einer Sekunde einmal hin und her. Darum also ist's mit dem schnellen Schaukeln nichts. Aber wie ich so mit Fleiß und Bedacht schaukle, sehe ich, daß die von demselben Gerüst herabhängenden Ringe auch lustig anfangen zu pendeln und dieselbe Schaukelbewegung mitzumachen, ohne daß ich sie berührt habe. Das Trapez dagegen, auch an demselben Gerüst befestigt, bewegt sich nicht regelmäßig mit, sondern schüttelt sich nur verdrießlich. Warum das? Daß an der regelmäßigen Pendelbewegung der Ringe die Erschütterungen schuld sind, die durch das Schaukeln dem ganzen Gerüst sich mitgeteilt haben, und daß diese Erschütterungen sich auf die Ringe übertragen, das einzusehen bedarf es keines besonderen Scharffinns. Aber warum bewegt sich denn nicht auch das Trapez, das dieselben Rude erhielt? Das Rätsel klärt sich leicht: die Ringe haben die gleiche Länge wie die Schaukel, während das Trapez an kürzeren Stricken hängt. Es muß schneller schwingen als die Schaukel; da ich aber zu langsam stoße, kann es nicht in regelmäßige Bewegung kommen, während die Ringe, genau wie die Schaukel, im richtigen Augenblick durch das Gerüst ihren, wenn auch leisen Stoß mitbekommen. Und diese schwachen Stöße summieren sich. Darum also die Verschiedenheit zwischen Trapez und Ringen.

Meinem Töchterchen, das sich schon mehrmals verwundert umgesehen, ist diese geteilte Aufmerksamkeit durchaus nicht recht. „Laß mich herunter!“ Munter hüpfst es fort und sucht scherzend und lachend ein neues Spiel, indes uns hier durch sein kindliches Vergnügen der Weg geöffnet ist zu tieferen Problemen der modernen Physik und Physiologie.

Die Schaukel, einmal angestoßen, schwingt mehrere Male pendelnd hin und her. Es ist klar, warum. Ich habe sie aus dem Gleichgewicht gebracht, und die Schwerkraft sucht sie wieder in dieses Gleichgewicht, in den Punkt der Ruhe hineinzuziehen. Aber die Schaukel schießt aus physikalischen Gründen, zumal ich fest stieß, über den Ruhepunkt hinaus, und dann wiederholt sich das Spiel und so fort, bis Reibung und Luftwiderstand dem Schwingen ein Ende



machen. Wir dürfen also erwarten, daß jeder Gegenstand, der in einer bestimmten Lage im Gleichgewicht ist und, aus dieser Lage gebracht, von irgendeiner Kraft ins Gleichgewicht zurückgezogen wird, solche hin und her schwingenden Bewegungen macht. Wir klemmen zum Beispiel ein langes Lineal an dem einen Ende fest und schlagen auf das freie Ende, so schwingt es surrend und brummend, hin und her pendelnd, weil die Elastizität es immer ins Gleichgewicht zurückzubringen trachtet.

Dort haben Kinder in fröhlichem Spiel ein langes Brett auf zwei Fässer gelegt. Auf diese improvisierte Bank stellt sich ein vorwiziger Bub und wippt. Das Brett biegt sich, die Elastizität bringt es in seine Ruhelage zurück und etwas darüber hinaus, aber der Bub läßt das Brett nicht zur Ruhe kommen, sondern vergnügt sich damit, weiter zu wippen, immer im richtigen Augenblick, auf und ab, daß das Brett sich immer weiter durchbiegt — krach! Da zerbricht's — und das Spiel findet ein grausam jähes Ende. Wenn wir über eine Brücke, eine Wippe im großen, gehen, so spüren wir auch leicht dieses rhythmische Schwingen, und wenn über eine Brücke im Gleichschritt marschierende Soldaten unglücklicherweise mit ihrem Marschtempo das gerade passende Zeitmaß eingeschlagen haben, um die Brücke in allmählich immer stärkere Schwingungen zu versetzen, so kann das mit einer Katastrophe, mit dem Einsturz der Brücke enden, wie traurige Erfahrung gelehrt hat. Woraus folgt, daß man Truppen nicht im Gleichschritt über Brücken marschieren lassen darf. Die Ursache der Schwingungen ist hier die Federkraft, die Elastizität, eine Eigenschaft des Materials selbst. Und Elastizität ist es auch, die die beiden Arme einer Stimmgabel zum Schwingen bringt, wenn ich die Gabel anschlage. Bei der Darmsaite, die ich fest anspanne und zupfe, ist die Ursache der mit bloßem Auge sichtbaren Schwingungen die ins Gleichgewicht zurückziehende Kraft, die Spannung, die wir der Saite geben. Aber die Stimmgabel, die wir anschlagen, die gespannte Saite, die wir zupfen, schwingen nicht nur, sie können auch tönen. Schwingen, tönen? Tönen?? Daß die Schwingungen Ursache des Tönens sind, das ist klar; denn sobald ich die schwingende Stimmgabel oder die gezupfte Saite mit dem Finger berühre, daß die Schwingungen gedämpft werden und aufhören, erlischt auch der Ton. Aber Schwingung ist Schwingung, was hat sie mit dem Ton zu tun?

Dort drüben läutet jemand mit einer kleinen Tischglocke. Er hat also durch besondere Handbewegung mit dem Klöppel die elastische Stahlglocke in Schwingungen versetzt. Und ich höre die Schwingungen als hellen Glockenton. Dort die Glocke, hier ich, wie kommen die

Schwingungen in mein Ohr? Zwischen mir und der Glocke ist nur Luft, also müssen die Schwingungen durch sie übertragen sein. Gewiß, so ist's. Der Beweis, daß die Luft die Vermittlerin ist, ist leicht zu erbringen: wir brauchen nur eine laut tickende Taschenuhr auf Watte unter

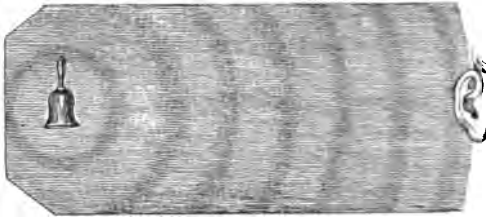


Abb. 19. Schallwellen.  
(Verdichtungen und Verdünnungen der Luft.)

uhr auf Watte unter eine Glasglocke zu bringen und die Luft aus der Glocke zu pumpen, dann wird das Ticken leiser und leiser, bis es verstummt. Luft ist die Brücke, auf der die Schwingungen unser Ohr erreichen. Das geschieht so: die

Glocke klingt, ihre Wand bewegt sich nach außen, stößt die Luft und drückt sie zusammen, bewegt sich zurück und wieder nach außen, und jedesmal gibt sie der Luft erneute Stöße. In regelmäßiger Verdichtung und Wiederausdehnung (Abb. 19) schlagen die Wellen der Luft an unser Ohr, und was wir hören, ist nicht mehr die Glocke, sondern die von der Glocke sich ausbreitenden regelmäßigen Wellen des Luftmeeres. Ja, immer, wenn wir hören, ob das zarte Summen einer Biene, das schrille Zirpen der Grille, die Stimme des Menschen oder das Brausen Wagener'scher Musik vom vollen Orchester, immer sind es Luftwellen, die von bewegten Dingen an unser Ohr schlagen. Man kann solche Wellen auch ohne Musikinstrumente oder schwingende Dinge nachahmen. Blase ich mit meiner Zungenkraft oder mit einem Blasebalg in eine offene Röhre, so streicht der Wind frei heraus. Ich schließe das Ende und öffne wieder und öffne und schließe regelmäßig und sehr rasch. Freilich geht das nicht mit meiner Hand, dazu bedarf es einer

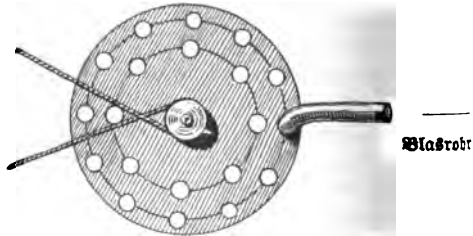


Abb. 20. Einfachste Form der Strome.

einfachen Vorrichtung, einer Scheibe mit regelmäßig verteilten Löchern, die vor der Röhre gedreht werden kann (Abb. 20). Drehe ich die Scheibe schnell genug, so wird die Röhre in rascher Folge regelmäßig geöffnet und geschlossen, und bei jeder Öffnung gibt der Wind der Luft einen Stoß, und es — tönt. Je schneller ich drehe, je mehr

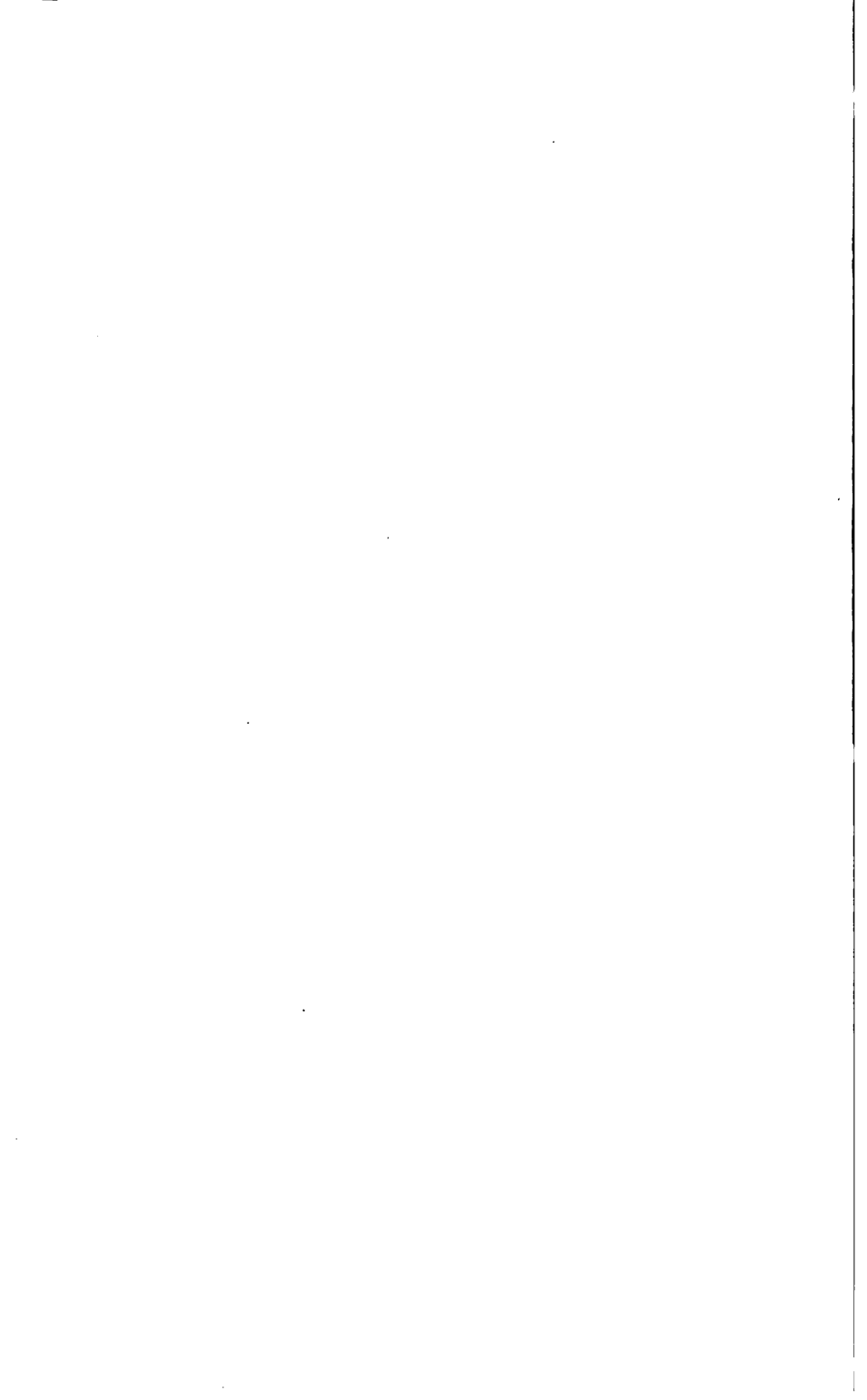
Deffer, auf Vorposten im Lebenskampf



Andreas Hofer

(Vom blinden Bildschnitzer Joseph Kleinhans  
nach einem Relief ausgeführte Holzbüste)

(Innsbruck: Ferdinandeum. Photogr. U. Hesse-Innsbruck)



Öffnungen, also auch je mehr regelmäßige Erschütterungen, desto höher wird der Ton. Ich habe es in der Hand, der Scheibe bestimmte Umdrehungsgeschwindigkeit zu geben, das Rohr 25 mal, 70 mal, 568 mal in der Sekunde zu öffnen und zu schließen. Bei jeder bestimmten Zahl von Luftstößen immer derselbe Ton. Drehe ich, daß 440 mal in der Sekunde vor das Windloch eine Öffnung kommt, so höre ich den Ton  $a^1$ , den „Kammerton“, auf den unsre Stimmgabeln abgestimmt sind, bei 264 Erschütterungen erhalte ich den Ton  $c^1$ , bei der doppelten Zahl von 528 Schwingungen die Oktave dieses Tones, das  $c^2$ . Diesem Instrument, der „Sirene“, die auf Schiffen das heulende Signal gibt, können wir die ganzen Grundlagen unsrer Schallehre abhören. Wir erfahren aus ihm, daß tatsächlich durch einfaches Stoßen der Luft Töne entstehen, daß schnell und regelmäßig aufeinanderfolgende Erschütterungen „tönen“, daß der Ton um so höher, je schneller die Stöße sich folgen, daß einer bestimmten Zahl von Luftstößen bestimmte Töne entsprechen, und daß die Harmonie unsrer Musik, im Grunde genommen, auf Mathematik beruht, auf bestimmten Verhältnissen. Hat ein Ton die doppelte Zahl von Schwingungen wie ein anderer, ist also das Verhältnis der Schwingungszahlen 1:2, so nennt die Musik das eine Oktave, 2:3 ist das Verhältnis der reinen Quinte, 3:4 das der reinen Quarte.

Töne und Klänge. Der Laie wirft diese Ausdrücke meist durcheinander. Die Physik macht strenge Unterscheidung. Töne sind die Eindrücke, die durch reine, gleichmäßige, wellenartige Lufterschütterungen entstehen. Klänge sind verwickelter. Derselbe Ton, etwa  $a$ , von Geige, Trompete, Flöte, Klavier angegeben, klingt so verschieden, daß schon ein Unmusikalischer die Verschiedenheit erkennt. Worauf die Verschiedenheit beruht, hat erst Helmholtz erkannt. Wenn wir aufmerksam einem Sänger zuhören, der einen Ton dauernd anhält, so entdecken wir, daß außer dem Ton, den er singt, und den wir allein zu hören glaubten, außer dem Grundton, leise, ganz leise, fast unhörbar noch andre Töne zu hören sind: die Oktave und die Quinte und andere harmonische Töne, die ganz zart und verschwiegen sich mit dem Grundton verschmelzen. Diese Töne sind nicht etwa eine Täuschung, nein, sie sind tatsächlich und wirklich da. Und dasselbe finden wir bei allen Musikinstrumenten. Aber die Zahl und Art dieser Nebentöne und Obertöne ist verschieden bei den verschiedenen Instrumenten. Die Geige birgt einen gewaltigen Reichtum an Obertönen bei jedem Bogenstrich; die Flöte hat nur sehr wenige, sie klingt kalt und farblos gegenüber der warmen, vollen Geige. Das ist die „Klangfarbe“ der Musikinstrumente. Und Klang ist die Summe von Grund- und Obertönen.

Überall, wo Gegenstände schwingen und tönen, erschüttern sie die Luft und werfen Wellen in das Luftmeer, wie die Glocke, von der vorhin die Rede war. Aber nicht nur die Luft wird gestoßen, sondern alles, was sich stoßen läßt. Ich spanne eine Saite zwischen zwei Schraubstöcke und streiche sie mit dem Geigenbogen, ein mühsamer Ton quält sich durch die Luft. Wie anders, wenn dieselbe Saite mit derselben Spannung auf der Geige angestrichen wird: mit lautem, edlem Ton antwortet sie auf den Bogenstrich. Und das nur, weil jetzt die leisen Schwingungen durch den Steg auf das Holz der Geige übertragen wurden, das sie aufnimmt und mit breiter Fläche auf die Luft überträgt. Und die schwingende Luft stößt selbst wieder an und bringt in Schwingung, was schwingen kann. Wir stellen uns an das geöffnete Klavier und singen, nachdem wir, um den Saiten Freiheit zum Schwingen zu geben, das Pedal herabgedrückt, laut und kurz einen Ton in das Gewirr der Saiten: sofort nimmt das Klavier den Ton auf und singt, langsam verhallend, denselben Ton. Die Saite, die eine solche Länge hat und so gespannt ist, daß sie dieselben Schwingungen mitmachen kann, wird durch die Wellen, die mein Singen in die Luft stieß, durch diese leichten, feinen Wellen, in dieselben Schwingungen versetzt und — tönt. Oder ich nehme Stimmgabeln verschiedener Größe. Eine von ihnen, etwa die, die das  $a^1$  mit 440 Schwingungen angibt, nehme ich in die Hand und schlage sie an. Man hört sie kaum. Ich muß schon mein Ohr nähern und hinhorchen, um mich zu vergewissern, ob sie schwingt. Ich halte sie frei über einem gläsernen Zylinder, keine Änderung. Jetzt fülle ich langsam Wasser ein, schlage die Stimmgabel noch einmal an und halte sie wieder über der Öffnung des Zylinders, da horch! erst leise, dann bei einer ganz genau abgepaßten Füllung klingt der Ton  $a$  ganz laut durch das Zimmer: die Luft im Glase ist jetzt so „abgestimmt“, daß sie, von den Stimmgabelwellen zusammengedrückt und sich ausdehnend, in derselben Weise schwingen muß; und ihre Schwingungen überträgt sie auf die Wandungen des Glases und singt und jubelt schmetternd mit fröhlichem Ton. Wenn ich jetzt eine andere höhere Stimmgabel über dem Zylinder halte, bleibt das Glas still, natürlich, denn die Luft ist jetzt nicht so „gestimmt“, daß sie diese Schwingungen mitmachen kann. Aber durch vorsichtiges Wasserzugießen kann ich wiederum das Glas zum Singen bringen. Dieses Mitsingen oder Mitschwingen, das Aufnehmen der kleinen Stöße der Luftwellen, nennt man Resonanz. War es nicht auch Resonanz, was die Ringe mitschwingen ließ, als ich mein Töchterchen schaukelte? Daß die Schaukel nicht tönte, ist ja nebensächlich, daß lag nur daran, daß ihre Schwingungen zu langsam sind. Aber

die leisen Erschütterungen übertragen sich auf die Ringe, die ebenso „abgestimmt“ waren, die ebenso schnell schwingen mußten (nicht auf das Trapez!), und durch die fortdauernde Wiederholung der kleinsten Stöße kamen sie ins Schwingen, als wenn ich auch sie gestoßen hätte.

Die Resonanz spielt eine große Rolle. Sie ist es, die erst die Musik macht, ist überhaupt die Grundlage vieler musikalischer Instrumente. Auch das ist Resonanz, was des Menschen Stimme ertönen macht. Unser Kehlkopf ist ein Musikinstrument, eine Zungenpfeife mit elastischen, häutigen Zungen, den Stimmbändern. Durch ihre Spannung werden die Töne hervorgebracht, um so höher, je kürzer die Bänder und je stärker gespannt. Aber das klingt noch nicht. Brust, Kehlkopf, Mund und Nasenhöhle werden so eingestellt, daß sie abgestimmt sind und mitschwingen können, und nun erst schwillt der Ton laut und kräftig zu edler Fülle. Der Umfang der menschlichen Stimme reicht etwa von dem  $e$  des Bassisten mit 80 Schwingungen bis zu dem  $c^3$  mit 1024 Schwingungen des Soprans. Das ist ein Künstler, der das bewegliche Spiel seiner Stimmbänder vollkommen beherrscht, der genau im Gefühl hat, wie er diese Bänder verkürzen und spannen muß, um den Ton zu treffen, aber vor allem, wie er seine Resonanz einrichten, Mund und Kehlkopf stellen muß, um nicht nur glockenrein, sondern auch voll und edel zu singen.

Die Wellen, die von der klingenden Schelle oder der Geige oder einem andern schwingenden Ding ausgehen, brauchen natürlich Zeit, sich durch die Luft auszubreiten. So vergeht eine Weile, bis sie mein Ohr erreichen. Es ist uns ja aus frühester Jugend bekannt, daß der Schall des Hammerschlags von dem Schmied, der in einiger Entfernung sein Eisen auf dem Amboss hämmert, später zu uns bringt als das Bild des Schlags. Auch daß der Donner, der gleichzeitig mit dem Blitze entsteht, viel später unser Ohr erreicht als der Blitz das erschreckte Auge; um so später, je weiter entfernt das Gewitter. Man kann daraus ja die Entfernung des Gewitters berechnen. Denn nach mühseligen Versuchen hat man gefunden, daß alle Schallwellen ohne Ausnahme in der Sekunde rund 340 Meter zurücklegen. Lächerlich wenig im Vergleich zu den Lichtwellen mit ihren 300 000 Kilometern Geschwindigkeit in der Sekunde. Wenn ich weiß, wie viele Schwingungen ein Ton in der Sekunde macht, so läßt sich also leicht berechnen, wie lang jede einzelne Welle ist. Z. B. der Ton  $a^1$ . Er schwingt in der Sekunde 440 mal, legt dabei 340 Meter zurück, also ist jede Welle  $340:440 = 0,77$  Meter, rund  $\frac{3}{4}$  Meter. So schwanken die hörbaren Luftwellen in der Länge der

einzelnen Welle von 1 Zentimeter bei den höchsten Tönen bis etwa 25 Meter! Wenn wir Männer sprechen, so entströmen unserm Munde je nach der Tiefe der Stimme 2 bis 4 Meter lange Wellen, von den Lippen der Frauen lösen sich Wellen von  $\frac{1}{2}$  bis 1 Meter Länge. Das Zirpen der Grille macht kleine, wenige Zentimeter lange Wellen, und beim brodelnden Singen des Teetessels erzittert die Luft in feinwinzigen, sanften Kräuselwellen.

Hören und Tönen. Nichts als Wellen, Bitterungen, Erschütterungen der Luft. Die ganze Luft ist angefüllt von einem bunten Gewimmel und Gewirr sich kreuzender Wellen, da, dort und überall. Sie schießen durcheinander, werden zurückgeworfen, schwingen hin und wieder zurück, bis sie erlöschen. Genau so wie mit den Wellen des Meeres. Dort laufen von fern her große, breite Wellen mit schneeweißen Kämmen und zerschellen an der Brandung und laufen zurück. Und der Wind kräuselt über die großen Wellen kleine, zitternde Wellen, die den ganzen Zug der großen Wellen mitmachen. Ein Stein, den ich hineinwerfe, macht neue, kreisförmige Wellen: alle diese Wellensysteme beeinflussen und stören sich, aber mit den Augen erkenne ich leicht all die verschiedenen Wellenarten neben- und voneinander. So erkennen und unterscheiden wir alle die zitternden Wellen des Luftmeers mit dem Ohr und halten sie auseinander — als Schalle und Töne. Hören, Tönen — nichts als Wellen, Erzitterungen des Luftmeers. Draußen die Wellen, an sich tot und schweigend. Sie werden zum Schall erst in meinem Ohr. Wer's nicht glaubt, den überzeuge folgender Beweis:

Wenn wir an einem Bahnübergang einen Schnellzug vorüberfahren lassen, so hören wir im Augenblick des Vorüberfahrens den Ton der Lokomotivpfeife sinken, und zwar ungefähr um eine kleine Terz. Wie kommt das? Der Ton der Pfeife blieb doch gewiß auf derselben Höhe. 1842 hat Doppler (Prag), ohne den Versuch selbst ausgeführt zu haben, angegeben, daß es so sein müßte, und Buys-Ballot hat 1845 durch umfangreiche Versuche das Dopplersche Prinzip praktisch bestätigt gefunden. Die Erklärung läßt sich leicht durch einen Vergleich wiedergeben. Denken wir uns in einem Kahn auf einem Teich. Dort wirft jemand einen Stein ins Wasser, und Wellen breiten sich aus, langsam, immer weiter und immer größer, bis zu unserm Kahn. Fahren wir mit dem Kahn in die Wellen, so stoßen wir natürlich in der Sekunde auf mehr Wellen, als wenn wir aus ihrem Bereich fliehen. So mit der Lokomotive und uns. Nur nähert sich hier und entfernt sich der Wellenerzeuger, die Lokomotivpfeife, mit großer Geschwindigkeit. Beim raschen Fahren trifft unser Ohr eine größere Zahl von Wellen, der Ton wird höher, dann fährt die



Lokomotive vorüber, der Wellen werden in der Sekunde weniger, und der Ton sinkt rasch und ziemlich stark.

So wird also aus den regelmäßigen Erschütterungen der Luft im Ohr erst der Ton. Aber wie?

Die Erschütterungen, an sich stumm, treffen das Trommelfell (Abb. 21), ein zartes Häutchen in der Tiefe des Gehörgangs. Es „hört“ nichts, es schwingt nur unter dem Eindruck der Luftwellen, einwärts und wieder auswärts. Ein Kalbsfell, auf eine Trommel gespannt, also ein richtiges Trommelfell, schwingt

auch, wenn es der Trommler schlägt. Es hat seinen eigenen Ton, den ich höher stimmen kann durch stärkeres Anspannen. Unser Ohrtrommelfell hat solchen Eigenton nicht, denn hätte es einen, so müßte es ja durch Resonanz bei den Tönen mitschwingen, die auf denselben Ton gestimmt wären und dieselben Schwingungen machen; diese Töne müßten dann lauter klingen. Aber das geschieht nicht, weil das Trommelfell nicht gespannt ist und frei schwingt. Obendrein liegt an dem Trommelfell, fest angelittet, der Hammergriff, der die Schwingungen rasch dämpft.

Damit sind wir nun schon hinter dem Trommelfell im Mittelohr angelangt. Mittelohr oder Paukenhöhle, so nennt man diese glatte, buchtige Knochenhöhle, die mit dünner, zarter Schleimhaut ausgekleidet und austapeziert ist. Quer hindurch ziehen einige bizarr geformte Knöchelchen, die Gehörknöchelchen (Abb. 22), in zartester Weise aufgehängt und winklig-gelenkig miteinander verbunden. Vom Trommelfell zur gegenüberliegenden Wand oder vielmehr zu einem Loch in der Gegenwand. Man nennt sie nach ihrer Form

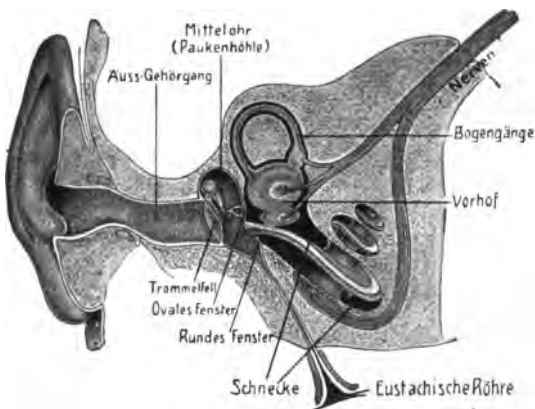


Abb. 21. Durchschnitt durch das Ohr.

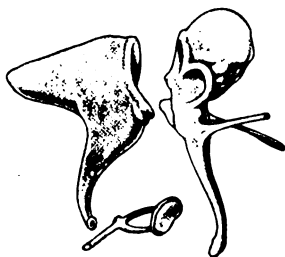


Abb. 22. Gehörknöchelchen.

Hammer, Amboß und Steigbügel. Nur der Steigbügel verdient seinen Namen mit Recht. Um in der Gestalt der beiden andern Knochen einen Hammer oder einen Amboß wiederzufinden, dazu bedarf es schon reichlicher Phantasie. Der Amboß sieht entschieden einem Backenzahn ähnlicher. Nun gut! Der Griff des Hammers ist in dem Trommelfell fest verlötet, und drüben die knöcherne Fußplatte des Steigbügels verschließt genau das Loch an der andern Seite, das ovale Fenster; und zwischen beiden in winkligen Gelenken der Amboß. Wenn das Trommelfell von den Schallwellen nach innen gedrückt wird und mit ihm der Hammergriff, so folgt der Amboß mit und der Steigbügel, die ganze Kette. Das Gelenk zwischen dem Hammer und Amboß hat einen Sperrzahn, so daß die feinen Einwärtschwingungen des Trommelfells mitgemacht werden müssen, die Auswärtsbewegungen nicht. Eine Vorsichtsmaßregel, daß der Steigbügel nicht aus seinem ovalen Fenster gerissen wird.

Das Trommelfell muß Freiheit haben, wenn es schwingen soll, denn winzig und zart sind die feinen Luftwellen, die es bewegen. Vollste Bewegungsfreiheit. Und die hat es nur dann, wenn der Druck der Luft auf beiden Seiten gleich groß ist. Denn wenn nur um winzige Spuren der Luftdruck im Mittelohr größer wäre, so fände ja das Trommelfell Widerstand und wäre nicht frei. Und wenn der Luftdruck geringer wäre, auch dann wäre es nicht frei, weil es dann nach innen gezogen würde. Um leistungsfähig zu sein, muß aber das Trommelfell frei, ganz frei schwingen können, muß der Druck der Luft auf beiden Seiten völlig gleich sein. Außen drückt die Luft mit ihrem Atmosphärendruck. Also muß dieser auch im Mittelohr sein. Aber wie wird dieser im Innern reguliert? Dadurch, daß ein feines Rohr, die Eustachische Röhre, vom Rachen aus die Außenluft ins Mittelohr leitet. Für gewöhnlich ist sie verschlossen, aber beim Schlucken, beim Gähnen, bei gewissen Mundstellungen öffnet sie sich, und die Luft des Mundes kann eintreten. Wenn wir ganz fein hören, lauschen wollen, so öffnen wir den Mund und damit die Eustachische Röhre, daß ja das Trommelfell möglichst unbehindert sei. Und unsre Kanoniere öffnen beim Schießen ihren Mund zum Schutz, damit der gewaltige Druck möglichst nicht auf das innere Ohr, sondern auf die Luft des Mundes übertragen wird. Wenn das Luftversorgungsrohr nicht richtig oder mangelhaft funktioniert, wenn es etwa beim Schnupfen verschwollen ist, so ist Schwerhörigkeit, dumpfe Benommenheit die Folge. Ebenso bei plötzlichen Druckschwankungen, etwa bei raschem Ballonaufstieg in große Höhen oder umgekehrt bei Erreichung hohen Außendrucks, wie sie Taucher und Caissonarbeiter mitzumachen haben. Darum werden Männer dieser

Verufe immer genau darauf untersucht, ob ihre Eustachischen Röhren in Ordnung sind, und angehalten, fortwährend beim Hinabsteigen zu schlucken. Nur so kann das Trommelfell frei schwingen. Zur vollen Freiheit gehört nun allerdings auch noch, daß die Luft zu beiden Seiten der schwingenden Haut gleich warm sei. Das ist durch die Länge und Tiefe des Gehörgangs erreicht: hier wird die Luft auf Körpertemperatur erwärmt. Bei den kaltblütigen (wechselwarmen) Tieren ist darum ein solcher Gehörgang nicht nötig, und die Trommelfelle liegen an der Oberfläche der Haut.

Schwingen des Trommelfells und der Gehörknöchelchen, das alles ist noch nicht Hören. Wir erwarten von vornherein, daß feinste Nerven sich finden lassen, die die Zitterungen der Luft aufnehmen und so umsetzen, daß das Gehirn die Eindrücke als Ton und Schall vernimmt. Also verfolgen wir die Schwingungen weiter. Und hinter der Platte des Steigbügels kommen wir durch das ovale Fensterchen in das Allerheiligste. Auch hier eine Höhle im Knochen, aber nicht so glatt und übersichtlich, nein, krumm und eng und winklig, mit Ecken und Vorsprüngen, mit Buchten und Höhlen und Wölbungen, so verworren, daß die alten Anatomen in ihrer Ratlosigkeit dieses Durcheinander als Labyrinth (Abb. 23) bezeichneten. Dringen wir tapfer

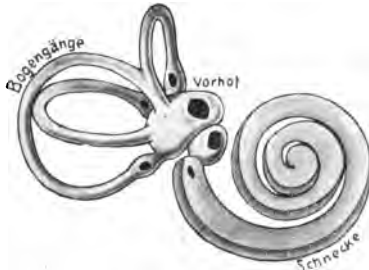


Abb. 23. Häutiges Labyrinth.  
(Die schwarzen Punkte sind Austrittsstellen der Nerven.)

ein. Die erste Entdeckung: die ganze Knochenhöhlung mit ihren gewundenen Gängen ist vollgefüllt mit wässriger Flüssigkeit, mit Blutwasser. Daß das Wasser nicht herausläuft, dafür ist gesorgt durch die Platte des Steigbügels, die wie ein Verschlussdeckel fest, aber doch etwas beweglich auf dem ovalen Fenster festgekittet ist. Und ein anderes mehr rundliches Loch, das runde Fenster, das etwas tiefer auch nach dem Mittelohr sich öffnet, ist durch ein zartes, dünnes Häutchen abgeschlossen. Eine zweite Entdeckung: in dem Wasser der Höhle schwimmt ein zartes, häutiges Etwas. Und wenn man es mit vieler Sorgfalt und Mühe loslöst und präpariert, so stellt es sich vor als ein Säckchen von abenteuerlichen Formen, und die verworrene Knochenhöhle ist nur Umhüllung, ein Futteral und grobes Gehäuse für dieses wunderliche Bläschen. Auch dieses gefüllt mit Wasser, und, da es frei in dem Knochenetui schwebt, ist's auch von außen von Flüssigkeit umspült. Nur an einigen Stellen ist's angeheftet,

hier und da, und an diesen Stellen gehen von der Wand des Säckchens zarte Nervenfädchen durch feine Knochenporen weiter, weiter zum Gehirn.

Hier also die Nerven, hier also, im häutigen Labyrinth, muß wohl auch das Hören zustande kommen. Das hatte man schon



Abb. 24: Schneckenwindel. (Nach Bonnier.)

lange herausgebracht. Nur zerbrach man sich den Kopf darüber, wie diese so verwickelten und unübersichtlichen Teile zum Hören in Beziehung zu bringen seien. Weil man mit den Ohren hört, so dachte man, sei das häutige Labyrinth zu nichts anderem da als eben zum Hören, und man verteilte nun freigebig die einzelnen Aufgaben

mehr philosophisch als durch wissenschaftliche Grundlage gestützt: dieser Teil sei für Geräusche, jener für hohe, der für tiefe Töne bestimmt. Aber wir wissen ja heute durch prächtige Untersuchungen, daß das Ohr nicht allein zum Hören dient. Bogengänge und Vorhof sind uns alte Bekannte, zur Erhaltung des Gleichgewichts und zur Regelung der Bewegungen. Bleibt zum Hören nur noch der lange, spiralförmige Schlauch, innen scharfkantig und nach außen keilförmig breit, also dreieckig auf dem Querschnitt. Natürlich auch voll Flüssigkeit. Der liegt wie eine Schnecke in seinem Knochengehäuse, und man nennt ihn auch die häutige Schnecke. Aber er ist im Knochen verzwickelt befestigt. Um eine dicke, knöcherne Spindel (Abb. 24—26) läuft in  $2\frac{1}{2}$  Windungen eine Wendeltreppe, und der lange, weiche Schlauch

ist so aufgewickelt, daß sein innerer spitzer Winkel am Knochenvorsprung und die gegenüberliegende Breitseite an der innern Hohlwand des Gehäuses fest angewachsen ist, bis nach oben in die Kuppel. Also ist jeder Gang des Schneckenhauses in drei Abteilungen geteilt, eine obere Treppe, eine mittlere (eben der Schlauch, die häutige Schnecke) und eine untere, alle drei voneinander fest geschieden, nur oben in der



Abb. 25. Schneckenwindel-Durchschnitt.  
(Nach Bonnier.)

Kuppel, wo die häutige Schnecke geschlossen ist, treffen sich über deren Ende hinweg untere und obere Abteilung. Und jetzt erkennen wir auch, daß das obere Gefach seinen Verschluss unten am ovalen Fenster mit seiner Steigbügelplatte findet, und das untere ist durch die Haut des runden Fensters abgeschlossen. Kröchen wir also durch das ovale Fenster, so kämen wir nicht in die häutige Schnecke, sondern kämen, über ihr immer weiter auf der oberen Treppe vordringend, bis in die Kuppel. Hier würden wir unter die Schnecke kriechen und, abwärts steigend am runden Fenster — wenn es nicht eben verschlossen wäre —, im Mittelohr die Freiheit wiedergewinnen. Wenn also die Steigbügelplatte einwärts in das ovale Fenster gedrückt wird, so wird das Wasser verdrängt, und da es keinen andern Ausweg hat, muß es das runde Fenster vorbuchten. Jeder Stoß, jede Erschütterung des Steigbügels muß am runden Fenster zu erkennen sein. Und die Erschütterungen — nun, die geben eben die Schallwellen. Vom Trommelfell her sind sie übertragen durch die winklige Kette der Gehörknöchelchen — Hammer, Amboss, Steigbügel — auf das Labyrinth. Bei dieser Feinheit der Erschütterungen kommt es wieder darauf an, daß auch die Steigbügelplatte frei und ungehindert schwingen kann,

also muß der Wasserdruck im Labyrinth genau so groß sein, wie der Luftdruck im Mittelohr, der seinerseits, wie wir wissen, gleich ist dem äußern Luftdruck. Also muß das Labyrinthwasser genau den Druck der Atmosphäre, den Druck des Barometers haben. Das ist in der Tat richtig, denn das runde Fenster ist (was es sonst sein müßte) weder vorgewölbt noch eingezogen.

Aber — die Frage dürfen wir jetzt aufwerfen — wozu diese verwunderliche Gestalt und die merkwürdige winklige Anordnung der Gehörknöchelchen? Schon Helmholtz hatte vermutet, daß sie als Winkelhebel dienen müßten, um die groben Schwingungen des Trommelfells zu verkleinern und gleichzeitig die Kraft der Erschütterungen zu vergrößern. In allerneuester Zeit haben nun der leider verstorbene geniale Bezold und Edelman die Rolle der Gehör-



Abb. 26. Durchschnitt durch einen Spindelgang.

knöchelchen in interessanter und unerwarteter Weise aufgedeckt. Gewiß geschieht die Übertragung der Kraft so, daß die Schwingungen konzentriert, verstärkt werden, und zwar wird die Kraft, so fanden sie durch sinnreiche Versuchsanordnung, 778 mal vergrößert. 778 mal! Was hat das zu bedeuten? Das wird uns verständlich, wenn wir bedenken, daß die Schwingungen der Luft auf das unelastische Wasser übertragen werden sollen. Nun ist aber die Dichte, das spezifische Gewicht des Wassers genau 774 mal so groß als das der Luft. Also — da es sich bei den Bezoldschen Versuchen gewiß um einen kleinen Fehler handelt — sind die Gehörknöchelchen deswegen so

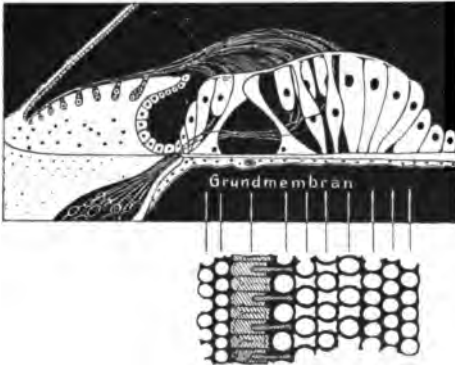


Abb. 27 u. 28. Corti'sches Organ.  
Von der Seite und von oben gesehen.

verzwickelt gestaltet und so merkwürdig aneinander verbunden, daß die Kraft 774 mal vergrößert wird, das heißt, daß die Luftwellen mit derselben Stärke, mit der sie das Trommelfell treffen, auf das Labyrinthwasser, nur in feinerer Bewegung, übertragen werden! Woraus wieder einmal hervorgeht, daß, was sinnreiche Technik und Konstruktion betrifft, wir der

Natur nie genug zutrauen können und ihr noch manches abzulernen haben.

Mit den Schwingungen des Labyrinthwassers haben wir nun allerdings immer noch keine Töne. Wir müssen noch einen Schritt, den letzten, weitergehen, zu den Nervenendigungen in der häutigen Schnecke. Das ist ein gar kompliziertes Ding. Mehrere tausend Nervenfädchen ziehen von ihr durch die Knochenspirale nach dem Innern. Sie gehen aus von einem Zellenbauwerk, das auf dem untern Häutchen, der Grundmembran, in wunderbarer Weise sich aufbaut aus Säulen, Pfeilern, Streben, Stützen. Und über diesem merkwürdigen Zellenmosaik lagert sich eine fein-zarte Nervendecke von der Knochenspirale und legt sich als Gewölbe über das Bogenwerk der Pfeiler. Was ist nicht von vielen Gelehrten geschafft und geforscht worden, um dieses Säulenwerk unserm Verständnis aufzuschließen! Köstliche Lebensarbeit der größten Geister steckt in der Aufhellung dieses Wundergeheimnisses der Zellenbaukunst. Und das ist wahr: wir wissen uns jetzt in diesen geheimnisvollen Säulen-

gängen zurechtzufinden. Jede Zelle dieses Mosaiks, jedes feinste Pünktchen dieses Miniaturwunderwerks ist enthüllt, schrittweise erobert. Nirgends ein unbekanntes Eckchen. Und doch, trotz dieser Entschleierung: wie dieser Apparat arbeitet, darüber haben wir nur Vermutungen, kein festes Wissen.

Freilich, so viel ist sicher: hier werden die Lusterschütterungen in Nervenerregung umgesetzt, hier ist der Empfangsapparat für die Schallwellen. Dafür haben wir Beweise in der Tatsache, daß man bei Taubstummen dieses feine Cortische Organ (Abb. 27 u. 28) verstümmelt und verkümmert findet. Dafür haben wir weiter schlagende Beweise durch Wittmaack erfahren, der, nachdem er eine Reihe von Tieren großem, „ohrenbetäubendem“ Lärm ausgesetzt hatte, schließlich Zerstörung und Verfall dieses wunderbaren Mosaiks und der Nerven nach Tötung der Tiere feststellen konnte, und nur dieser Teile. Niemals der Bogengänge oder des Vorhofs und ihrer Nerven. Also ist die häutige Schnecke mit dem Cortischen Organ tatsächlich unser Hörapparat. Wie wandelt aber dieser Apparat Luftwellen in Nervenerregung?

Der große Helmholtz hat eine Theorie aufgestellt, die einfach, klar und verständlich erscheint: er sieht in dem Cortischen Organ einen Resonanzapparat. Schallwellen, die mit regelmäßiger Erschütterung das Ohr treffen, setzen durch Resonanz ein kleines Instrument, eine Saite in Mitschwingung. Der Ton  $a^1$  mit 440 Schwingungen eine Saite, die auf ihn abgestimmt ist, und so jeder Ton seine gleichschwingende Saite. Diese Saite, in Schwingung versetzt, überträgt ihre Erregung durch eine allein für sie vorhandene Nervenfasern in das Gehirn. Und je nach der Erregung dieses oder jenes Nerven hört das Gehirn diesen oder jenen Ton. So viele Arten von Schallwellen, so viele Resonatoren im Cortischen Organ, so viel feinste Nervenfasern, so viel Nervenendigungen im Gehirn und so viel Tonunterscheidungen.

Helmholtz glaubte zuerst, die resonierenden, mitschwingenden Saiten seien die Pfeiler des Cortischen Organs. Das ist nicht richtig, denn so viel Tausende von Pfeilern, wie nötig wären, sind nicht vorhanden, und den Vögeln mit ihrem feinen musikalischen Gehör fehlen die Pfeiler vollständig. So glaubte er später, die Saiten wären die queren Fasern der Grundmembran. Die Grundmembran ist oben in der Kuppel des Gehäuses breiter, etwa zwölfmal so breit wie unten am runden Fenster. Man müßte also wohl annehmen, daß kürzere Wellen die unteren Teile ins Schwingen brächten, lange die oberen, mit andern Worten, daß die untern Windungen für die hohen, die obern für die tiefen Töne bestimmt

sind. In der That hat Baginsky nachgewiesen, daß eine Zerstörung der Spitze der Kuppel bei Hunden das Hörvermögen für tiefe Töne einschränkt, am Grunde für hohe! Moos und Steinbrügge fanden in der Leiche eines Mannes, bei dem das Hören hoher Töne gestört war, eine Verkümmung der ersten, untersten Schneckenwindung. Und in den Wittmaach'schen Versuchen wurde bei den mit mehrmaligem hohem Pfiff geschädigten Tieren derselbe Bezirk der Treppe, am Übergang der unteren in die zweituntere Windung, befallen.

Alle diese Beobachtungen, Funde und Erfahrungen sind ein Triumph der Helmholtz'schen Lehre, eine Hulldigung vor dem Genie dieses Gewaltigen. Sie ist in der That geeignet, alle Thatfachen zu erklären. Auch die andere Art des Hörens.

Wir haben nämlich noch eine zweite Art zu hören, die nicht von den Wellen der Luft abhängig ist. Wir nehmen unsre Taschenuhr zwischen die Zähne, schließen mit den Fingern die Ohren und hören in demselben Augenblick das Ticken lauter. Oder wir schlagen eine Stimmgabel und setzen sie auf die Stirn: wir hören sie auch dann, wenn wir die Ohren schließen. Ja, wenn wir ein Ohr schließen, hören wir sie auf diesem lauter. Oder endlich, wir legen eine Taschenuhr mehrere Meter weit von uns, daß wir das Ticken nicht mehr hören. Wenn wir dann eine lange Latte an einem Ende zwischen die Zähne nehmen und an das andre Ende die Taschenuhr legen, so hören wir sie laut ticken, besonders wenn wir die Ohren schließen. Der Schall kam nicht durch die Luft, er hat sich direkt durch die Knochen weiter fortgepflanzt bis in die Schnecke. Um so besser ist die Knochenleitung, je härter und fester der Knochen ist. Und der Knochen, in dem das innere Ohr gebettet, ist so hart (der härteste im Körper), daß ihn die Alten das „Felsenbein“ nannten. Das begünstigt also die Schalleitung zum Ohr und — was auch wichtig ist — von einem Ohr zum andern. Wenn auch das Hören durch die Luft auf dem verwickelten Wege über Trommelfell und Gehörknöchelchen die Regel ist, wir hören auch täglich, fortwährend durch Knochenleitung. Ja, die hohen Töne scheinen überhaupt und vorzugsweise nur durch Knochenleitung wahrgenommen zu werden. So werden die Erschütterungen durch den Knochen weitergeleitet bis zum innern Ohr, hier treffen sie das Wasser, die häutige Schnecke, und auch so kann ein Mitschwingen der Saiten zustande kommen.

So ist die Helmholtz'sche Resonanztheorie heute von den meisten Forschern angenommen. Von den meisten, nicht von allen. Denn diese Theorie, so klar und durchsichtig, so elegant und verständlich sie ist, sie hat doch ihre Bedenken. Physiologische Bedenken, weil sie



nicht alle Eigentümlichkeiten des Hörens erklären kann. So die Differenztöne. Und physikalische Bedenken, da man sich eine so feine Abstufung der Resonanz nicht denken kann an so mikroskopisch kleinen Saitenfäden, die überdies nicht frei schwingen können. So hat man trotz Helmholz nach andern Erklärungen für die Übertragung der Zitterungen in Nervenerregungen gesucht. Von den verschiedenen andern Theorien sind am bekanntesten die von dem Deutschen Ewald und dem Franzosen Bonnier. Bonnier geht von der an sich richtigen Ansicht aus, daß das Trommelfell nicht die tönende Erschütterung selbst überträgt, sondern eine Erschütterung andrer Art, die gleichwohl durch jene entsteht. Eine Erschütterung ähnlich wie sie Schallmembran und Stift am Phono-graphen überträgt und als merkwürdig geformte Wellenlinie in das Wachs gräbt. Eine solche Wellenbewegung wird auf das Schneckenwasser übertragen und breitet sich sofort allmählich durch die ganze Schnecke. Und der Bau der Schnecke ist derart, daß die Grundmembran nach unten gedrückt wird, und so werden die Bewegungen der Grundmembran von dem Deckel, der aus feinsten Nervenenden sich zusammensetzt, in Erregung umgesetzt. Und ähnlich meint Ewald, daß die Grundmembran das ausschlaggebende Element sei. Nur meint er, wie ein elastisches Band durch die Erschütterungen der Schallwellen niemals vollständig in Schwingung versetzt wird, sondern hier und da in regelmäßigen Figuren schwingt, so sollen auch auf der Grundhaut der Schnecke solche Schallbilder (Abb. 29) entstehen. Für jeden Ton und jeden Schall ein besonderes Bild. Das Schallbild wird als Ganzes von den Tausenden von Nervenfädchen dem Gehirn übertragen und hier nach seiner ganzen Gestalt als Ton, Schall, Geräusch empfunden.



Abb. 29.  
Schallbild eines  
Tones auf einer  
Gummimembran.  
(Nach Ewald.)

Wie dem auch sei. Eine Umwandlung von Luftwellen in Nervenkraft muß stattfinden, damit Töne entstehen. Und diese Umwandlung geht sicher in der häutigen Schnecke vor sich. Von hier aus geht die Erregung auf Nervenbahnen weiter zum Gehirn.

Aber eine neue Frage taucht auf. Wozu haben wir denn überhaupt zwei Ohren? Und welche Bedeutung hat das für das Hören? Diese „Zweiöhrigkeit“ hat gewiß den großen Vorteil, daß bei Taubheit oder Schaden des einen Ohrs in dem andern ein Ersatz zu finden ist. Aber das ist unbezweckte, erfreuliche Nebenerscheinung, die

Bedeutung liegt auf anderm Gebiet. Da wir zwei Wellenaufnehmer im harten Knochen des Kopfes haben, so wird der Eindruck verstärkt, wir hören besser und sicherer. Wir können dadurch auch besser die Richtung des Schalls erkennen, ob das tönende Etwas rechts oder links von uns liegt. (Ob etwas hinter oder vor uns tönt, das zu unterscheiden ist oft schwer und unmöglich.) Welche Rolle mögen unsre äußeren Ohren, die Ohrmuscheln, beim Hören spielen? Wenn man solche Ohrmuschel betrachtet mit all den Gruben und Vorsprüngen, Buchten und Bogen und kunstvollen Rundungen, ist man versucht, ihr einen großen Wert für das Hören zuzuschreiben. Und die grausame Justiz barbarischer Völker, die das Ohrenabschneiden anwandte, beruht auf der Vorstellung, daß diese Strafe dem Blinden gleich zu erachten sei. Dort Verlust des Sehens, hier des Hörens. Indessen, wir wissen heute, daß die Ohrmuschel so, wie wir sie besitzen, für das Hören unwesentlich ist. Freilich, wenn jemand die ganze Ohrmuschel verliert, ist das Hören herabgesetzt, aber nur sehr unbedeutend. Wenn man in der Art, wie es Savart, später Schneider und Rinne gethan, die Vorsprünge und Rundungen der Muschel durch Verschmieren mit Wachs, Lehm oder Brotteig ausgleicht, so wird die Hörfähigkeit etwas herabgesetzt. Und wenn man endlich mit Mullbinden die Ohren fest an den Kopf bindet, so hört man so gut wie zuvor. Woraus eben folgt, daß unsre äußern Ohren für das Hören keine große Bedeutung haben. Freilich bei manchen Tieren spielen sie eine große Rolle. Am weitesten stecken ihre Ohren in den Himmelsraum die Esel, auch die Pferde und die Hasen. Und wenn man das Grautier in Ruhe beobachtet, so sieht man, wie der in philosophische Ruhe versunkene Kopf fortwährend seine Ohren spielen läßt, um die leisesten Geräusche abzufangen. Es wäre falsch, wenn man diesen Ohren nicht eine große Bedeutung für das Hören zuschreiben wollte. Das geht schon daraus hervor, daß Raubtiere, Hunde und Katzen, besonders aber die wehrlosen Fluchttiere, die in fortwährender Angst um ihr Dasein leben und immer vor Überfällen auf der Hut sein müssen, daß Hasen und Kaninchen, Hustiere, Pferde, Esel, Rinder und Hirsche die größten Ohren haben. Wir Menschen dagegen haben mit den Affen von allen lustlebenden Säugetieren die kleinsten Ohren (abgesehen vom Maulwurf). Verkümmerte Ohren, denn leicht läßt sich durch den Reichtum an verkümmerten Muskeln nachweisen, daß früher einmal, in der Urzeit, die Ohren besser entwickelt gewesen sein müssen. Daß sie in allmählicher Entwicklung kleiner und unansehnlicher wurden, hat seinen Grund in unsern Lebensverhältnissen. Das Hören verlor für unsre Lebensführung immer mehr an Bedeutung. Und obendrein gewannen wir

durch den aufrechten Gang eine solche Beweglichkeit des Kopfes, daß eine Beweglichkeit der Ohren für sich unnötig und überflüssig wurde.

Alles in allem: mit den Ohren hören wir. Das Ohr ist ein Transformator für regelmäßige Luftzitterungen. Ein Umwandler der Luftwellen in Nervenerregung. Ein Apparat, der durch seine Nervenleitung das Gehirn in den Stand setzt, die Wellen als „Töne“ zu unterscheiden, das Unterschiedene zu bewerten und danach zu handeln. Überall in der Natur gibt es Töne, weil überall regelmäßige Schwingungen, überall Bewegung. Schon in der toten Natur. Das Bächlein murmelt, der Sturm heult, der Donner kracht mit rollendem Getöse, und ein Stein löst sich polternd vom Bergeshang: Bewegungen, Luftererschütterungen, Geräusche. Nun erst, wenn die Welt des Lebendigen hinzukommt: was an Tieren auf Erden und in der Luft fliehet und krecht, was sich bewegt, macht Geräusch, Schall und Ton, und das Ohr vermag schon an dem Schlagen der Hufe, am Summen der Insekten, am Flügelschlag der Vögel die Tiere zu erkennen. Aber obendrein haben die Tiere Stimmen und Laute, die sie von sich stoßen, lockend zu hochzeitlicher Freude oder in warnender Angst, vielleicht auch zur Verständigung. Welch geniale Erfindung der Natur, daß sie den Lebewesen im Hören die Möglichkeit gab, Luftwellen wahrzunehmen, in das verwirrende Chaos der Erschütterungen Ordnung zu bringen, aus der Art der Schwingungen zu erkennen, was dahinter steckt, schon von weitem durch Wellen der Luft Warnung vor der Gefahr zu erhalten. Welch Gewinn für den Lebensschutz! Durch die Luft hindurch, aus weiter Ferne, Luftwellen. Nicht durchs Wasser? Nein. Freilich gibt es auch Erschütterungen des Wassers. Wir brauchen ja nur einen Kiesel ins Wasser zu werfen. Aber daß sich Erschütterungen in der Tiefe des Wassers ähnlich den Luftwellen fortpflanzen, dazu bedarf es schon künstlicher Vorrichtungen. Im Wasser selbst, in der Tiefe, entstehen keine regelmäßigen Erschütterungen, unsern Tönen vergleichbar, die als Signale sich fortpflanzen könnten.

Und nun die uralte Streitfrage: hören die Fische? Im Grunde eine müßige Frage, weil sie sich mit Sicherheit durch das Experiment nicht lösen läßt. Halten wir dies fest: wenn ich eine Violine saite zupfe, eine Stimmgabel anschlage, so sehe ich die Saite schwingen und die Stimmgabel, und ich fühle es auch mit meinen Fingern als leise kribbelndes Vibrieren. Aber das ist kein Hören. Nur solche unglücklichen Menschen, die des Gehörs beraubt sind, die keine entfernte Vorstellung sich machen können von unsrer Empfindung des Hörens, nur diese können in einem solchen Zitterfühlen einen schwach tröstenden Ersatz finden. Ich beobachtete eine taubstumme Frau, als

jemand Klavier spielte. Sie saß still und regungslos, aber mit leuchtenden Augen, und zum Schluß sagte sie: „O wie schön! Ich habe es mit den Füßen gefühlt!“ Und Helen Keller, die schon erwähnte bewundernswerte Amerikanerin, die, gefangen in der dunkeln Nacht der Blindheit und in der Taubheit eifrig kaltem Schweigen, trotzdem sich durchrang zu der höchsten Blüte geistiger Reife, spricht von diesem „Hören“ (Abb. 30) so:



Abb. 30. Helen Keller „hört auf die Töne des Klaviers.“  
(Aus „Helen Keller, Geschichte meines Lebens“.)

„Die erhabeneren und größeren Schwingungen, die in mir Erregungen hervorrufen, sind mannigfaltig an Art und reich an Zahl. Ich lausche mit Ehrfurcht dem Rollen des Donners und der gedämpften Lavine von Tönen, wenn das Meer sich auf den Strand stürzt. Und ich liebe das Instrument, das alle Melodien des Ozeans zu schwellenden Fluten zusammenfaßt und ausströmen läßt, die vielstimmige Orgel . . . . . Orgelmusik füllt den Vorgang des Fühlens mit ekstatischer Wonne.“ . . . . . „Die Musik des Pianos fühle ich am meisten, wenn ich das Instrument berühre.“ . . . . . „Indem ich

meine Hand an jemandes Kehle und Wange halte, erfreue ich mich an den Veränderungen der Stimme . . . . das Fluten und Ebben einer Stimme ist zuweilen so bezaubernd, daß meine Finger in wonnigem Entzücken erheben . . . .“ Und endlich: „Wie kann die Welt zusammenschrumpfen, solange dieser tiefste, innerlichste aller Sinne, das Gefühl, mir treu zu Diensten steht?“ So sagt dieses blinde und taubstumme Menschenkind! Arme Helen Keller, die du dich bescheiden mußt und dich berauschest an diesem armseligen Ersatz des Hörens, an dem Fühlen der Bitterungen, du rührend Glückliche in deinem Unglück: könnten wir dich ahnen lassen, was hören heißt, könnten wir dich einmal an unserem Reichtum, dessen Wert wir kaum noch schätzen, teilnehmen lassen, einmal dich hören, in Beethovensche Töne dich versenken, die Stimme des Menschen hören lassen! Du wärest in deiner Begeisterungsfähigkeit freudetrunken über diese ungeahnte, wonnige Empfindung des Hörens. Es ist doch etwas ganz anderes, etwas unvergleichlich anderes wie dein Fühlen. Du würdest milde lächeln über deine bescheidene Genügsamkeit des Fühlens und nun gewiß nicht mehr das Fühlen für den innersten und tiefsten Sinn erklären! Und bist glücklich in deiner nachtdunkeln, schweigenden, fröstelnden Welt!

Fühlen kann man die Schwingungen der Musik, auch wir Sehenden: man braucht ja nur in einem Konzert darauf zu achten, so fühlt man Tisch und Stuhl und Kronleuchter zittern. Aber dieses Fühlen ist kein Hören. Es ist geradezu verwunderlich, was für falsche Schlüsse frühere Forscher mit dieser Begriffsverwechslung gezogen haben! Reclam erzählt in einem seiner Bücher, daß er in Leipzig in einem Konzert eine Spinne beobachtete, die bei einem Geigen Solo sich vom Kronleuchter herabließ und sehr schnell wieder hochkletterte, wenn das Orchester einsetzte. Und er schloß daraus, daß die Spinnen ein feines musikalisches Gehör hätten!!

Überhaupt die musikalischen Spinnen! In den Biographien von Komponisten und Virtuosen liest man mit merkwürdiger Übereinstimmung oft dieselbe Anekdote: daß während des bezaubernden Spiels eine Spinne von der Decke des Zimmers sich auf das Musikinstrument herabgelassen habe, um den herrlichen Tönen zu lauschen! Ich habe das z. B. von Paganini und Beethoven gelesen. Beethoven hat diese Erzählung von der Spinne — „die, sooft der kleine Ludwig in seinem Kämmerlein Violine spielte, sich von der Decke herabließ und auf die Violine setzte, und welche die Mutter, als sie die Gesellschafterin ihres Söhnchens wahrnahm, todschlug, worauf der kleine Ludwig seine Geige zertrümmerte“ — für eine amüsante Fabel erklärt.

Aber gewiß ist's nicht unmöglich, daß Spinnen durch Musik angelockt werden. Man näherte sich selbst einmal mit einer tönenden Stimmgabel einem Spinnennetz. Wie da das grausame, gefräßige Insekt den häßlichen Leib eilends an den Ort der Erschütterung bringt. Und dann versucht sie in brotligem Ernst mit den unbarmherzigen Klauen die Stimmgabel einzuwickeln, wie sie eine Fliege einwickelt. Sie fühlte das Tönen, fühlte den Faden erzittern, eilte auf den Punkt der Erschütterung und macht nun instinktgemäß, und hier so dumm, die Bewegungen, um die vermeintliche Beute einzupacken. War das ein Hören? Und „hörten“ die Spinnen, die durch die Musik angelockt wurden? Nein, was für uns Töne, ergreifende Musik, das ist für die Spinne Erschütterung, etwas zum Fressen. Und wie den Spinnen, so geht es den meisten übrigen Insekten, wie die besten Insektenkennner, Lubbock, Forel u. a., einstimmig behaupten.

Man muß also sehr, sehr vorsichtig sein in seinem Urteil über das „Hören“ der Tiere. Zeleny berichtete kürzlich, daß er, als er einen röhrenbewohnenden Ringelwurm (wie man sie in größeren Aquarien öfter sieht) zeichnen wollte, das Zeichnen unterbrechen mußte, sobald im benachbarten Park die Musik zu spielen begann, da sich die Tiere in ihre Röhre zurückzogen. War das ein besonders feines musikalisches Gehör? O nein! Die Röhrenwürmer empfanden die Erschütterung, und sie sind ungemein empfindlich gegen die allerleisesten Bitterungen des Wassers. Diese Erschütterungen sind oft Anzeichen von der Nähe gefräßiger Feinde. Vorsicht ist der bessere Teil der Tapferkeit, also ziehen sie sich zurück. Das ist begreiflich, hier aber dumm. Eine reine Reflexhandlung.

Und nun noch einmal: hören Fische? Man führt als Beweis für das Hören an, daß an manchen Orten Teichfische durch Signale, Läuten, Trommeln zur Fütterung sich versammelten. Zunächst würde das ja gar nichts fürs Hören bedeuten, aber stimmt es denn wirklich? Kreidl und Exner gingen dieser Sache nach: das Benediktinerstift Kremsmünster in Osterreich war durch diese Einrichtung bekannt. Sie reisten dorthin, richtig, die Fische wurden dort durch eine Glocke zur Fütterung gerufen wie Hotelgäste zur Table d'hôte. Das geschah so, daß ein Wärter, mit einer Handglocke läutend, sich weit über das Geländer beugte und gleichzeitig den Fischen das Futter vorwarf. Das beweist nun nichts, gar nichts für das Hören. Denn als die Forscher sich geräuschlos und sacht, hinter einer Säule verborgen, den Fischen näherten und kräftig läuteten, nahmen die Tiere nicht die geringste Notiz von ihnen. Also war's hier mit dem „Hören“ nichts. Und wo immer man Versuche angestellt hat mit Saiten, Stimmgabeln, tönenden Stäben, vom „Hören“ der Fische hat man sich nicht über-

zeugen können. Das stimmt mit den Äußerungen, die mir erfahrene Fischer gemacht haben: man dürfe beim Fischfang reden, singen, pfeifen, aber beim Aufstampfen des Fußes verschwinde der Fisch sofort. Nun ja, daß Fische Erschütterungen wahrnehmen, die allerfeinsten, das ist ja bekannt. Aber „Hören“ ist Wahrnehmung und Unterscheiden von regelmäßigen Erschütterungen mit Hilfe eines besondern Apparats, des Ohres. Und da es die Mannigfaltigkeit der regelmäßigen Erschütterungen, wie sie in buntem Gewirr die Luft durchkreuzen, im Wasser gewiß nicht gibt und damit nichts zum Unterscheiden in der Mannigfaltigkeit, zum „Hören“, wie sollten da die Fische hören können, wenn sie nichts zu hören haben, da doch alle Einrichtungen der lebenden Wesen erst durch die Notwendigkeit, den Zwang der Verhältnisse, entstanden sind?

Aber, so wendet man ein, es gibt doch musikalische Fische — unter den etwa 10 000 Fischarten etwa 80 —, die unter Wasser Töne und Geräusche, unter Umständen, wie die Seeleute erzählen (und die sprechen immer die Wahrheit), einen Heidenspektakel erzeugen. Man kommt da unwillkürlich auf die Vermutung, daß ein Tier, das sich hören läßt, auch selbst hören müsse. Diese Töne kommen durch Aufblasen, Zähneknirschen, Muskelspannungen, durch Reiben von Knochen zustande (natürlich nicht mit einer Stimme oder dem Munde, da die Fische durch Kiemen atmen). Was sie von sich geben, sind ganz grobschlächlige Erschütterungen, die wir hören (und auch fühlen können), und Wellen breiten sich in der Tiefe von dem knurrenden Fisch aus. Aber der Fisch braucht es ja nicht zu hören. Sollte es nicht auch nur Fühlen sein? Ein Fühlen der Erschütterung. Sollte nicht das Knurren nur ein Erschüttern, ein Streicheln und Lieblosen aus der Entfernung, ein Sichzuerkennen-geben durch Erschütterungen sein? Wie wir ein solches Liebeswerben ohne Töne, nur durch Erzeugung von Strömungen, bei einigen Makropoden kennen?

Ob Frösche und andre Lurche hören, ist nach Verkes Untersuchungen zweifelhaft. Man kann sich ihnen in der Natur unter lautem Geräusch bis auf wenige Meter nähern, sie hören nichts, nicht einmal einen Pistolenschuß! Erst wenn sie eine Bewegung des Kommenden sehen, springen sie ins Wasser. Und doch hören sie: sie hören den Schmerzensschrei der Genossen, sie hören ihr Quaken, und sie antworten, wenn man ihnen vorquakt. Boettcher zeigte, daß der Laubfrosch taub ist gegen alle möglichen Geräusche. Sobald er aber mit einem Metallpistill auf einen Mörser schlug und Töne erzeugte, die etwa die Höhe des Quakens hatten, kam der Laubfrosch herangekrochen. Das ließ sich beliebig wiederholen. Sie hören also

nur die Töne, die biologisch für ihre Erhaltung von Bedeutung sind, und erzeugen auch nur solche. Ob Reptilien hören, ist nicht bekannt, auch zu schwierig zu untersuchen. Immerhin wäre es möglich, daß sie etwas hörten.

Daß Vögel hören, das bedarf keiner Frage. Sie haben ein feines musikalisches Gehör. Einige von ihnen lernen ja die Stimme des Menschen, den Sang anderer Vögel in feinsten Tonabstufung nachahmen. Dabei ist es sonderbar, daß ihr Gehörorgan verhältnismäßig einfach gebaut ist. Ihre Schnecke ist ein kurzer Sack, und die Pfeiler des Cortischen Organs fehlen ihnen.

Auch die Säugetiere hören. Ob alle, das wissen wir nicht. Aber daß der Hund hört, das weiß jeder, der einen solchen beobachtet hat. Der Hund unterscheidet sogar sehr fein Töne verschiedener Höhe. In dem Laboratorium des hochverdienten russischen Physiologen Pawlow sind darüber so interessante Versuche angestellt, daß es schade wäre, sie hier nicht zu erwähnen. Zelony hat darüber berichtet. Es wurden Hunde mit Fleischpulver gefüttert. Durch die Fleischpulverfütterung wird immer eine ganz bestimmte Speichelabsonderung hervorgerufen. Gleichzeitig wurde bei jedesmaliger Fütterung ein bestimmter Schall angegeben. Nach einer gewissen Zeit ist der Klang mit der Fütterung so verbunden, daß allein auf den Schall der Fleischpulverspeichel sich abschied. Aber nur auf diesen bestimmten Schall, bei andern, die nur  $\frac{1}{4}$  Ton niedriger waren, blieb die Absonderung aus. Andre Hunde wurden auf einen Akkord dressiert, und wieder blieb der Erfolg aus, wenn von dem Dreiklang ein Ton fortgelassen, und statt des dritten ein anderer eingefügt wurde, oder wenn der Dreiklang eine Oktave höher oder niedriger angestimmt wurde. Sogar kleine Veränderungen der Klangfarbe zogen eine Verminderung oder ein Verschwinden des Reflexes nach sich!



Wir haben schon erfahren, daß nur ein kleiner Teil des inneren Ohres, die Schnecke, zum Hören da ist. Der größte Teil des Labyrinth, der Vorhof und die Bogengänge, hat andre Aufgaben: er dient zur Erhaltung des Gleichgewichts und ist unentbehrlich für unsere Bewegungen. Wahrscheinlich hat das innere Ohr noch verschiedene andre Aufgaben im Dienst des ganzen Körpers zu verrichten. Aber bleiben wir bei diesen bekannten Eigenschaften: Gleichgewichtserhaltung, Bewegungsempfindungen, Hören, alle diese Funktionen sind in einem häutigen Säckchen untergebracht. Sollte ihnen nicht etwas Gemeinsames zugrunde liegen? Diesen Zusammenhang



zu finden ist nicht schwer. Die Gleichgewichtserhaltung kommt im Borhof zustande, dadurch, daß feine Kalksteinchen als Richtblei dienen, und jede Verschiebung der Richtsteinchen wird von den Nervenenden wahrgenommen, getastet, gefühlt. Die Bewegungen des Körpers werden in den Bogengängen gespürt, indem die Bewegung des Blutwassers, die Reibung an den Wänden wahrgenommen, getastet, gefühlt wird. Wiederum eine Druckveränderung. Schließlich, was tut die Schnecke? Auch sie nimmt Druckveränderungen auf, die regelmäßigen Druckveränderungen ihres Inhalts, des Schneckenwassers, und diese sind die Folge der regelmäßigen Erschütterungen, der Druckschwankungen der Luft. Also wiederum nichts anderes als ein feines Fühlen. Überall Tasten, Fühlen.

Da drängt sich leicht der Gedanke auf, ob nicht in steter Verfeinerung aus dem Fühlen das Hören möchte entstanden sein. Die ganze Welt des Lebendigen ist ja etwas Gewordenes. Das ist uns seit Darwin in Fleisch und Blut übergegangen. Nicht nur die ganzen Lebewesen, sondern jeder Teil, jedes Organ hat seine lange, lange Geschichte. Eine Geschichte fortschreitender Entwicklung, Umbildung, Weiterbildung, erzwungen durch die Anforderungen und Ansprüche, die das Leben, Lebensgewohnheiten und Lebensnotwendigkeiten an die Tiere stellen. Entwicklung ist ein Emporklettern an Aufgaben. Wo keine Aufgaben gestellt wurden, da keine Entwicklung. Entwicklung als fortschreitende Lösung von Aufgaben ist, da die Natur ihre Aufgaben mit dem geringsten Aufwand von Kraft und Stoff löst, gleichzeitig eine Kette technischer Fortschritte, eine Kette von Erfindungen. Als letztes Glied dieser Kette sehen wir hier bei höheren Tieren den komplizierten Apparat des Ohrs. Wo sind die früheren Glieder? Durch welche Aufgaben, durch welche Lebensnotwendigkeiten kam es zu dieser Vollendung?

Steigen wir hinab in das Tierreich. Tiefer, immer tiefer bis an die Wurzel vom Stammbaum des Lebens. Verfolgen wir das Ohr abwärts. Wir sehen zuerst das äußere Ohr, die Ohrmuschel, schwinden, dann den Gehörgang, das Trommelfell, die Gehörknöchelchen, das Mittelohr und die Eustachische Röhre und das knöcherne Labyrinth. Und vom häutigen Labyrinth bleibt auch nicht viel. Es schrumpft bei niederen Tieren zusammen, verliert seine Form. Die Schnecke wird kleiner, sie verschwindet und geht verloren im Borhof. Die Bogengänge werden einfacher, auch sie verschwinden. Und es bleibt ein kleines Bläschen mit Kalkkrällchen. Zu guter Letzt schwindet auch das: es öffnet sich nach außen, und was übrigbleibt, ist ein Grübchen mit Nervenenden. Hier dieser Hautfleck, dort Ohr. Wie finden wir Zusammenhänge?

Betrachten wir eines der allerniedrigsten Lebewesen mit dem vergrößerten Auge des Mikroskops, ein Wesen, bestehend aus nur einer einzelligen Zelle. Da ist schon Leben, Bewegung, Fressen, Verdauung. Wir sehen aber auch, daß es schon Berührung spürt. Es „empfindet“, vielleicht noch ganz dunkel und dumpf, aber es fühlt doch. Fühlt alles, was an den Leib herankommt. Und viele Tausende von einzelligen Wesen verbessern und vervollkommen dieses Fühlen, indem sie aus dem glasigen Leib Füßchen, Fortsätze, Wimpern, Fäden, Borsten austrecken, die in der Außenwelt sondieren und tasten und fühlen. Dadurch vergrößert sich ihre Welt, und sie erfahren von Dingen, bevor sie den Leib selbst berühren. Ja, noch mehr, sie können damit schon feinste Erschütterungen wahrnehmen, die vielleicht von einem unheimlichen, größeren Wesen ausgingen. So verrät sich die Gefahr durch fühlbare Erschütterung. Als dann die Natur zum großen Schlag ausholte und die große Erfindung der Zellgenossenschaft machte, wo viele einzelne Zellen sich zusammenschlossen, um gemeinsam den Lebenshaushalt zu bestreiten, da wurde auch das Fühlen ein anderes. Die Arbeit wurde zwischen den Zellen verteilt, die besorgten das Verdauen, die die Bewegung und diese das Fühlen. Nur diese eine Beschäftigung. Die Fühlzellen mußten natürlich außen sitzen, um aufzupassen, und, wenn das Lebewesen Nutzen haben sollte von dieser Einrichtung, mußte eine Leitung nach dem Innern eingerichtet werden: die Nervenbahnen. Und die besonders gefährdeten Stellen bedurften besondern Schutzes und vieler Wachtposten, so an dem Vorderende. Es bildeten sich hier bei vielen Tieren Verlängerungen, Ausstülpungen der Haut, auch schlaffe, bewegliche Fühlfäden, die wie lange Arme die Umgebung abtasteten.

Und jetzt eine neue, große Erfindung! Die Fühlfäden verdicken sich bei einigen Tieren zu plumpen, schwerfälligen Keulen (Abb. 31), an dünnen Fäden hängend. Bei manchen legt sich noch Kalk in dem dicken Ende der Keule ab, daß sie noch schwerer wird! Ein Lot, ein Senfblei! Welch köstliche Erfindung, wenn man ihre Bedeutung versteht! Die Medusen, diese farbenschildernden, tanzenden Schleier, sie haben an dem Rand ihres duftigen Schirmchens verschiedene solcher Lote aufgehängt. Es war eine wissenschaftliche Großtat, als im Jahre 1872 die Gebrüder Hertwig die Bedeutung dieser Gebilde als Sinnesorgane erkannten. Was kann man nicht mit diesen Anhängseln machen! Sie hängen der Schwere nach herunter und geben dem Tiere Auskunft über die Lage des Körpers. Eine Meduse „weiß“, was oben und unten ist, denn wenn ich sie umdrehe, so bringt sie sich wieder in die richtige Lage, sie „weiß“ es durch diese keuligen Anhängsel. Noch mehr, wenn die Meduse schwimmt, so schleppen die schwerfälligen

Anhängsel nach, um so mehr, je rascher die Bewegung. So dienen sie als Hilfsmittel zur Wahrnehmung der Geschwindigkeit und der Richtung der Bewegung. Einen Schritt weiter in der Vervollkommnung dieser Erfindung: um die Keule bildet sich ein Becher von Nachbarzellen. Bald schlägt der Klöppel an die rechte, bald an die linke Wand, dadurch erfährt das Tier die Richtung der Bewegung genauer. Und der Becher schließt sich vollkommen, und jetzt trennt sich der Klöppel von der Anheftestelle: ein Bläschen mit einem Steinchen darin, aus der Glocke mit dem Klöppel wurde eine Schelle mit Kügelchen. Das Steinchen purzelt in dem Bläschen hin und her, unser Richtbläschen, bald mit einem größeren Steinchen, bald mit einer Masse kleiner Kalkkriställchen. Und durch alle höheren Tiere hindurch blieb es bis zum Menschen. Gleichzeitig taucht an einer andern Ecke ein anderes Hilfsmittel

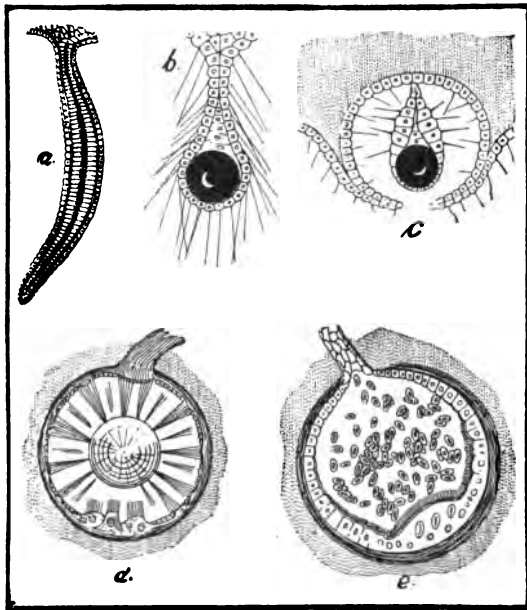


Abb. 31. Von der Lastkeule zum Richtbläschen. (Nach Bonnier.)

- a) „Lastkeule“ von *Pectis antarctica*.
- b) „Richtungsloß“ bei *Pectis antarctica*.
- c) Verfeinerung durch glockenförmige Zellenbildung (*Rhopalonema velatum*).
- d) Der Kalkkristall schwebt frei (*Pterotrochoea*).
- e) Aus dem Kalkkristall wird eine Kristallmasse.

der Gleichgewichtserhaltung auf: bei den Fischen. Aus den Seitenlinien (Abb. 32 und 33) nimmt es seine Entstehung. So ein Schellfisch oder Hering oder ein anderer Fisch, den wir wohlzubereitet auf den Tisch bringen, hat an jeder Seite eine lange, schwarze Linie, vom Kopf zum Schwanz ziehend. Auch die Amphibienlarven, die tomschen Kaulquappen, solange sie eben noch Fisch sind. Diese Seitenlinien sind, daran ist jetzt kein Zweifel mehr, Sinnesorgane. Sie empfinden den

Seitendruck des Wassers und die leisesten Erschütterungen der Wellen. Sie spüren aber auch damit die Bewegungen des Wassers, ob es rasch oder langsam am Körper entlang streicht, also auch die Schnelligkeit der eignen Bewegung. Diese Seitenlinien sind bei einigen Fischen geschlossene Röhren. Als wenn ein feines, zartes Regenrohr beiderseits in die Haut gebettet wäre, die Innenwandungen mit feinsten Tastzellen besetzt. Das Ganze gefüllt mit Blutwasser. Beim raschen Schwimmen bleibt es infolge seiner Trägheit etwas zurück, reibt sich an den Nervenenden und gibt Auskunft über die Schnelligkeit der Bewegung. Und jetzt entdeckte man (Houssay wies das beim Agolotl nach), daß die Bogengänge nichts anderes sind als eine Schlinge dieses Seitenrohres im Kopf. Auf niederster Stufe eine, später zwei, zuletzt drei halbkreisförmige Schlingen, nie mehr. Alle gefüllt mit Blutwasser. Diese Bogengänge gehen aus von einem Bläschen mit Nüchsteinchen.

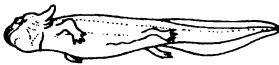
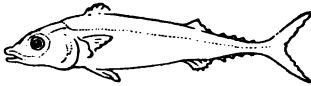


Abb. 32. Seitenlinie bei Fisch und Kaulquappe.

Und dann, als die Natur das unerhörte Wagemut unternahm und mit gewaltigem Sprunge durchsetzte, als das Leben aus dem Wasser stieg, Geburtsstätte und Wiege verließ und ein Luftleben begann, auf und über der Erde, da mußte wieder etwas Neues erfunden werden. Das war eine solche Verschiebung aller bis dahin

gelannten Lebensbedingungen, daß man meint, die Erfindungskraft des Lebens hätte vor der Vielheit der neuen Aufgaben erlahmen müssen. Aber sie brachte es spielend fertig, sich allen Aufgaben anzupassen. Und ist doch fast kein Organ, das sich nicht umändern, das sich nicht auf die neuen Lebensaufgaben einstellen mußte. Bewegung, Ernährung, Atmung, alles wurde anders, und Knochen und Muskeln, Herz und Lungen, Haut und vieles andre mußten sich ändern. Auch die Sinnesorgane, denn die Vorposten fanden hier plötzlich eine neue Außenwelt. Die weichen, zarten Tastzellen, die, früher von Wasser umspült, oberflächlicher auf der Haut verstreut waren, sie mußten vor dem Austrocknen geschützt und tiefer unter die jetzt verhornte Oberhaut gebracht werden, durften aber doch dabei nicht an Feinheit verlieren. Da bei den Nüchsteinchen und den Bogengängen die Aufgaben genau dieselben blieben, so konnten sie eben so bleiben. Und blieben auch so durch alle weiteren Stufen der Tierwelt hindurch bis zum Menschen, als eine technisch vollkommene Lösung der Aufgabe, die Wahrnehmung des Gleichgewichts und der Bewegungen zu ermöglichen.

Die Seitenlinien mußten natürlich schwinden. Schon deswegen, weil die Reibung des Wassers und der Wasserdruck und die groben Erschütterungen des Wassers fortfielen. Die Luft ist viel zu dünn, als daß ihre Erschütterungen hätten mit einem Nervenapparat direkt gefühlt werden können. Und doch war es nötig, über die Luftwellen Auskunft zu erhalten, die allüberall vorhanden sind, sich kreuzend und schneidend und durcheinander rollend und wirbelnd. Die Fische spüren durch Erschütterungen des Wassers das Nahe des Feindes. Hier in der Luft wäre man, um den Feind aus der Ferne zu erkennen, allein auf das Auge angewiesen, das so oft versagen muß, im Wald und im Dickicht, bei Nebel und vor allem in dem unheimlichen Dunkel der gefährvollen Nacht. Man wäre es, hätte nicht die Natur die große Erfindung gemacht, die Zitterungen der Luft, die, von Freund und Feind erzeugt, aus der Ferne wellenartig heranbranden, zu unterscheiden. So erfindet die Natur einen feinen Apparat, der durch die Luftwellen in Bewegung gesetzt wird, das Trommelfell, und in weiterer Vervollkommnung einen Leitungsapparat, die Gehörknöchelchen, die die zarten Luftwellen so verstärken, daß sie nun im Labyrinth auf Wasser übertragen und hier als Druckschwankungen aufgenommen werden. Und die Nervenenden, die diese Erschütterungen aufnehmen, werden verfeinert und vervollkommenet, so vollendet, daß nach der Anzahl der Schwingungen alle Wellen der Luft unterschieden werden können. Und aus der Verschiedenheit wird die Ursache der Schwingungen erkannt, und Freund und Feind aus weiter Ferne unterschieden.

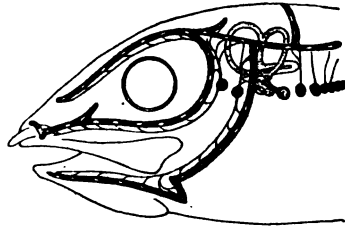


Abb. 33. Schematische Darstellung des Zusammenhangs der Seitenlinien mit ihren Nerven und der Bogengänge mit ihren Nerven. (Nach Sommer.)

So wird aus einfachsten Tastorganen durch fortgesetzte Anpassungen an immer neue Notwendigkeiten das Ohr! Ein Organ zur Warnung vor dem Feind und vor den Fährnissen des Lebens und zum Erkennen der Artgenossen. In gleichzeitiger Ausbildung mit dem Ohr lernen die Tiere selbst die Luft erschüttern durch ihre „Stimme“, lernen sie, sich durch Drummen, Knurren, Pfeifen, Singen, Zirpen Zeichen zu geben, sich dem Artgenossen als Freund zu entdecken und vor der Gefahr zu warnen. Aus diesem Zeichenverkehr entwickelt sich beim Menschen die Sprache, ein Mittel, sich zu verständigen, seine Erfahrungen auszutauschen, damit seine Erkenntnis, seine Lebensklugheit zu vergrößern. Das alles war notwendig zur

Selbsterhaltung, zur Lebensführung, zur Entwicklung des Menschengeistes und der Kultur!

Aber über die Notwendigkeit hinaus macht die Natur einen letzten, fröhlichen Schritt. Empor zur Höhe, zur Freude! Excelsior!

Den Wellen umflegenden, Wellen unterscheidenden Apparat nutzt sie als goldene Brücke der Seele. Als Brücke, auf der die tönenden Wellen selbst, losgelöst von allem Greifbaren und Sichtbaren, losgelöst von allem, „was dahinter steckt“, in majestätischer, feierlicher Glorie ihren Einzug halten in die Seele. Musik!

Ein Ton allein, wie ihn etwa die Stimmgabel bringt, leis verhallend, hat schon an sich etwas Angenehmes. Das Gleichmäßige, Stetige der Wellenbewegung hat etwas Einschmeichelndes, Weiches, Liebliches. Angenehmer klingt ein Akkord, in dem zwei Töne, nach mathematischen Gesetzen abgestuft, harmonisch geordnet sind. Aber der Mensch ordnet zum Angenehmen das Angenehme, er schafft die Musik. Aus Wohlklang und Zeitmaß. Aus der rhythmischen Aufeinanderfolge von Tönen, Klängen und Harmonien. Vielleicht, daß die Anfänge der Musik, das einfachste Gestalten in Tönen, ihr Vorbild fanden in der Menschenstimme, in dem tatkräftigen Aufjauchzen fröhlicher Menschen oder in dem klagenden Klang trauernder Stimmen. Dur und Moll. Durch die Musik erschloß sich der Mensch ein neues Reich, eine Welt, in der wir alle bestimmten Gefühle hinter uns lassen und uns einem unbestimmten Gefühl voller Sehnsucht und unaussprechlicher Wonne hingeben, daß unsre Seele wachend träumt und in süßen Wünschen, Hoffnungen und Erinnerungen schwelgt. Musik! Aus Schwingungen der Luft Schwingungen der Seele. Musik, wir grüßen dich freudig mit Abraham a Santa Clara's Worten:

Sei du mir tausendmal willkommen, meine liebe, liebe, liebe, vornehme und angenehme Musik!



## Register.

Aristoteles' Versuch 42.

Berührung, Lokalisation 35.

Vogengänge, Funktion 48 ff.

— Phylogenese 87 ff.

— Verschiedenheit bei verschiedenen Tieren 50.

Cortisches Organ 74.

Dopplers Phänomen 68.

Druck, Gewöhnung an ihn 32.

Druckpunkte 15.

Druckfenn 32.

Empfindung 10.

Ewalds Hörtheorie 77.

Fingerabdruck 41.

Fische. Hören Fische? 79.

Fledermäuse, geblendete; Flugfähigkeit 34.

Frauenstimme, Wellenlänge 68.

Gehörknöchelchen 69. 73.

Gesetz der spezif. Sinnesenergie 17.

Gleichgewicht, dessen Erhaltung 47 ff.

Grandry'sche Körper 23.

Harmonie 65.

Haut, Aufbau 21 ff.

Hautempfindungen, deren Störungen 18.

Hautlactierung 30.

Helmholz' Hörtheorie 75.

Hörbläschen f. Nichtbläschen.

Hören der Fische 79. 82.

— der niederen Tiere 81 ff.

— der Taubstummen 80.

— dessen Entwicklung aus dem Fühlen 84 ff.

Hörsteinchen f. Nichtsteinchen.

Hörtheorie von Helmholtz 75.

— von Ewald und Bonnier 77.

Innenfenn 48 ff.

Juden 36 ff.

Kältepunkte 14. 25 ff. 30.

— ihre Verteilung 14. 30.

— mehr als Wärmepunkte 30.

Kehltopf 67.

Keller, Helen 51. 80.

Kiesel 38.

Klang 65.

Klangfarbe 65.

Kleinhanz, ein blinder Bildschneider 52.

Kreidls Versuche an Krebsen 46.

Labyrinth 71.

Lactieren der Haut 30.

Lokalzeichen (Voge) 35.

Luft, ihr Druck auf die Haut 32.

Luftwellen 64.

Männerstimme, Wellenlänge 68.

Meißner'sche Körper 23.

Menthol, Wirkung auf Kältnerven 26.

**Merksche Körper** 24.  
**Migränestift, Wirkung** 25.  
**Mittelohr** 69.  
**Muskelsinn** 43 ff.  
 — seine Störungen 44.  
**Nervenkraft** 8.  
**Nervenleitung** 17.  
**Obertöne** 65.  
**Ohr, sein Bau** 69 ff.  
 — Wozu zwei Ohren? 77.  
**Ohrmuscheln, Bedeutung** 78.  
**Oktave** 65.  
**Orißsinn, Untersuchung mit dem  
 Taßzirtel** 85.  
**Pacinische Körper** 24.  
**Quarte** 65.  
**Quinte** 65.  
**Raum, Orientierung durch den Taßsinn** 40.  
**Reflex** 10.  
**Reßonanz** 66.  
**Richtbläßen** 46.  
 — Phylogenetische Entstehung 86 ff.  
**Richtsteinchen** 46.  
**Schallwellen, Geßwindigkeit** 67.  
**Schmerz, biologische Bedeutung** 55.  
 — seine Verlegung an nicht getroffene Stellen 19.  
 — Verschiedenheit an verschiedenen Stellen 56.  
**Schmerz = Bellentod** 16. 19.  
**Schnecke** 72.  
**Schnitzwerke des blinden Josef Kleinhans** 52.

**Schnurrhaare** 34.  
**Schweiß als Wärmeregulator** 27.  
**Schwingen und Töne** 63 ff.  
**Schwingungen, regelmäÙige** 63.  
**Seitentlinie der Fische** 87.  
**Sinnesenergie, Gesetz der spezifischen** 17.  
**Sirene** 64.  
**Spallanzanis Verßuche an geblendeten Fledermäusen** 34.  
**Stimme, die menschliche** 67.  
**Taßthaare** 34 ff.  
**Taßtkörper** 23.  
 — Anordnung an den Fingerßpizzen 41.  
**Taßtlinien** 41.  
**Taßtpunkte** 15.  
**Taßtsinn, innerer** 43.  
 — seine Täuschung 42.  
**Töne = Luftßchwingungen** 63 ff.  
**Töne und Klänge** 65.  
 — ihre Unterscheidung durch Hunde 84.  
**Trommelfell** 69. 70.  
**Watersche Körper** 24.  
**Worhof** 47.  
**Wärmeempfindung** 25.  
**Wärmepunkte** 14. 25 ff. 30.  
**Wärmeregulierung des Körpers** 27.  
**Wärmesinn** 25.  
 — seine Täuschung 25. 26.  
**Webersches Gesetz** 32.  
**Wellenbewegung der Luft** 64.  
**Wellenlänge der Töne** 67.



Dr. Herm. Daffer

# Naturgeschichte ■ des Kindes ■

Mit zahlreichen Abbildungen

Geheftet M 1.— :: Gebunden M 1.80

• • •

Der Körper des Kindes birgt eine ungeheure Fülle von naturwissenschaftlichen Problemen in sich. Die Entwicklung vom befruchteten Ei durch das Stadium der Frucht, durch das Säuglings-, Kindes- und Jünglingsalter bis zum „Typus“ des Menschen bietet der biologischen Wissenschaft reichen Stoff zum Forschen und Grübeln. Zeit und Ort der Geburt, die Hilflosigkeit der Neugeborenen, die allmähliche Erarbeitung der Fähigkeiten, die Mangelhaftigkeit der kindlichen Organisation gegenüber den Urbildern der Welt bieten außerordentlich viel interessante Eigentümlichkeiten. Diese Eigentümlichkeiten verständlich machen kann nur biologische Betrachtung. Was ist ein Kind? Wie verhält es sich zum Erwachsenen? Wie ist es zu verstehen aus seiner historischen Entwicklung heraus, als das Resultat von Vererbung und Anpassung?

Wenn man sich darüber klar geworden ist, wird man nicht in den Fehler verfallen, das Kind für einen Menschen in kleinem Format zu halten, sondern erkennen, daß es ein besonderes, ganz anders geartetes Geschöpfchen ist. Und daß es so sein muß, will das Bäcklein zeigen.

In jeder Buchhandlung zur Ansicht!

---

Frankh'sche Verlagshandlung · Stuttgart

# Die Welt als Arbeit

Grundzüge einer neuzeitlichen  
Welt- und Lebensanschauung

von

Dr. Oskar Nagel

▽▽

In geschmackvoller Ausstattung  
geheftet M 1.80, gebd. M 3.—

▽▽

## Ein neues Lebensbuch,

aus dem der Leser innere Freiheit gewinnen und den Zusammen-  
hang, der zwischen ihm und der Welt besteht, erkennen wird.  
Der Verfasser stellt mit seinem Werk eine Harmonie her zwi-  
schen den verschiedenen Zweigen der modernen Naturwissen-  
schaften und den mannigfaltigen Zweigen der Philosophie, und  
zwar in durchaus klarer und origineller Weise.

☐☐☐ In jeder Buchhandlung zur Ansicht! ☐☐☐

Ausführliche Prospekte durch die

Franch'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart

# Aus dem Liebesleben ==== der Tiere ====

Biologische Betrachtungen über  
:: die Begattung im Tierreich ::

von

**Dr. Ernst Schrader**

Mit 53 Abbildungen

Geheftet M 1.40

::

Kartoniert M 2.—

**Z**u einer Zeit, wo die sexuelle Aufklärung weiterer Kreise längst als eine Notwendigkeit erkannt ist, ist es ein entschiedenes Verdienst, wenn ein Autor es unternimmt, einen Überblick über das Liebesleben der Tiere, insbesondere über die verschiedenen Formen der Begattung, zu geben. Denn erst, wenn diese Vorgänge als etwas durchaus Natürliches empfunden werden, kann die Saat geschlechtlicher Belehrung mit sicherem Erfolge ausgestreut werden. Eine derartige Stellung zu großen ethischen Strömungen unserer Tage dürfte dem vorliegenden Werkchen, das mit allem Ernste tiefbringender Wissenschaft und dabei hoch allgemeinverständlich und fesselnd geschrieben ist, das nachhaltigste Interesse aller Gebildeten sichern. Insbesondere aber wird hier dem Zoologen und dem Naturfreund eine Fülle von Tatsachen und Erscheinungen geschildert, von denen die üblichen Lehrbücher zumeist nur dürftige Andeutungen enthalten. Aberall hat der Verfasser bei seinen Darlegungen den biologischen Gesichtspunkt zum herrschenden gemacht, so daß weite Perspektiven kausaler Beziehungen und Verhältnisse sich vor dem geistigen Auge des Lesers auftun. Das kleine Buch, das mit zahlreichen, sorgfältig durchgeführten Abbildungen ausgestattet ist, ist erfüllt von dem Geiste echter Wissenschaftlichkeit und reißt den Leser durch den Schwung seiner Sprache mit fort.

---

Franch'sche Verlagshandlung · Stuttgart

Franch'sche Verlagshandlung in Stuttgart



Ernest Seton-  
Thompson:

# Prärietiere :: und ihre Schicksale :: Tierhelden

Jeder Band reich illustriert mit Tafeln und  
Textabbildungen in feinem Geschenkband nur

**M 4.80**

Nachdem „Bingo“ als erstes Werk des berühmten Amerikaners auch in Deutschland bei Erwachsenen wie Kindern begeisterte Aufnahme gefunden hatte, sind jetzt die neuen Bände „Prärietiere“ und „Tierhelden“ erschienen. Die Thompson'schen Erzählungen schildern in packender Weise das Intime, das Seltsame und Tragische aus dem Leben freier Wald- und Feldbewohner. Der Autor, Naturforscher, Dichter und Künstler in einer Person, hat sich zum Anwalt der Tiere gemacht und deren Empfindungen, Gefühle und Gewohnheiten mit Feder und Stift meisterlich wiedergegeben.

Die Bücher in jeder Buchhandlung zur Ansicht!

# Der Naturwissenschaft gehört die Zukunft!

Was die Wissenschaft in den letzten Jahrzehnten Großes geleistet hat und fernerhin Bedeutsames leisten wird, muß der Allgemeinheit so nahe wie möglich gebracht werden. Jedermann tut darum gut, sich dem „Kosmos“, der bedeutendsten freien Vereinigung von Naturfreunden (Sitz in Stuttgart), anzuschließen. Die Pflichten der Mitglieder sind sehr klein, sie bestehen nur in dem

**jährlichen Beitrag von M 4.80**

(Beim Bezug durch den Buchhandel 20 Pf. Bestellgeld, durch die Post Porto extra.)

**Die Rechte der Mitglieder sind ungleich größer:**

Die Mitglieder erhalten laut § 5 als Gegenleistung für ihren Jahresbeitrag im Jahre 1911 kostenlos

I. die Monatschrift **Kosmos**, **Handweiser für Naturfreunde.**

Reich illustriert. Mit mehreren Beiblättern (siehe Seite 3 des Prospekts)  
Preis für Nichtmitglieder M 3.—.

II. Die **ordentlichen Veröffentlichungen.**

Nichtmitglieder zahlen den Einzelpreis von M 1.— pro Band.

Dr. Ad. Koelsch, Durch Heide und Moor.

Dr. H. Dekker, Sehen, Riechen und Schmecken.

Prof. Dr. K. Weule, Kulturelemente der Menschheit.

Dr. K. Gloerike, Vögel fremder Länder.

Wilh. Bölsche, Der Mensch der Pfahlbauzeit.

III. Vergünstigungen beim Bezuge von hervorragenden naturwissenschaftlichen Werken (s. S. 7 des Prospekts).

—  
Jede Buchhandlung nimmt Beitrittserklärungen entgegen und besorgt die Zusendung. Gegebenenfalls wende man sich an die Geschäftsstelle des Kosmos in Stuttgart.

**Jedermann kann jederzeit Mitglied werden.  
Bereits Erschienenes wird nachgeliefert.**

## == S a z u n g ==

- § 1. Die Gesellschaft Kosmos (eine freie Vereinigung der Naturfreunde auf geschäftlicher Grundlage) will in erster Linie die Kenntnis der Naturwissenschaften und damit die Freude an der Natur und das Verständnis ihrer Erscheinungen in den weitesten Kreisen unseres Volkes verbreiten.
- § 2. Dieses Ziel sucht die Gesellschaft zu erreichen: durch die Herausgabe eines den Mitgliedern kostenlos zur Verfügung gestellten naturwissenschaftlichen Handweisers (§ 5); durch Herausgabe neuer, von hervorragenden Autoren verfasster, im guten Sinne gemeinverständlicher Werke naturwissenschaftlichen Inhalts, die sie ihren Mitgliedern unentgeltlich oder zu einem besonders billigen Preise zugänglich macht, usw.
- § 3. Die Gründer der Gesellschaft bilden den geschäftsführenden Ausschuß, den Vorstand usw.
- § 4. Mitglied kann jeder werden, der sich zu einem Jahresbeitrag von M 4.80 = M 5.80 h ö. W. = Sfrs 6.40 (einkl. Porto) verpflichtet. Andere Verpflichtungen und Rechte, als in dieser Satzung angegeben sind, erwachsen den Mitgliedern nicht. Der Eintritt kann jederzeit erfolgen; bereits Erschienenes wird nachgeliefert. Der Austritt ist gegebenenfalls bis 1. Oktober des Jahres anzuzeigen, womit alle weiteren Ansprüche an die Gesellschaft erlöschen.
- § 5. Siehe vorige Seite.
- § 6. Die Geschäftsstelle befindet sich bei der Franckh'schen Verlagshandlung, Stuttgart, Pfisterstraße 5. Alle Zuschriften, Sendungen und Zahlungen (vgl. § 5) sind, soweit sie nicht durch eine Buchhandlung Erledigung finden konnten, dahin zu richten.

# ⌘ ⌘ Kosmos ⌘ ⌘

## Handweiser für Naturfreunde

Erscheint jährlich zwölfmal — 2 bis 3 Bogen stark —  
und enthält:

**Originalaufsätze** von allgemeinem Interesse aus sämtlichen Gebieten der Naturwissenschaften. Reich illustriert.

**Regelmäßig orientierende Berichte** über Fortschritte und neue Forschungen auf allen Gebieten der Naturwissenschaft.

**Auskunftsstelle** — Interessante kleine Mitteilungen.

**Mitteilungen** über Naturbeobachtungen, Vorschläge und Anfragen aus dem Leserkreise.

**Bibliographische Notizen** über bemerkenswerte neue Erscheinungen der deutschen naturwissenschaftlichen Literatur.

Dem „Handweiser“ werden kostenlos beigegeben die illustr. Beiblätter:  
Wandern und Reisen -- Aus Wald und Heide -- Photographie  
und Naturwissenschaft -- Technik und Naturwissenschaft --  
Haus, Garten und Feld -- Die Natur in der Kunst.

Der „Kosmos“ allein kostet Nichtmitglieder jährlich M 3.—.

==== Probestefte durch jede Buchhandlung oder direkt. ====

Im Jahre 1911 erhalten die Mitglieder außer der reichhaltigen Vereinszeitschrift (jährlich 12 umfangreiche, reich illustr. Hefte) die folgenden ordentlichen Veröffentlichungen kostenfrei:

## Durch Heide und Moor

Von Dr. Ad. Koelsch

Mit zahlreichen Abbildungen nach Natur-  
:: aufnahmen und Originalzeichnungen ::

Für Nichtmitglieder:

In farbigem Umschlag M 1.—.

In Leinen gebunden . M 1.80.

..

Das Bändchen verfolgt einen ähnlichen Zweck wie die Arbeit des Verfassers: „Von Pflanzen zwischen Dorf und Trift“; es will ein lebensvoller Führer durch die Landschaft und durch die Pflanzenwelt der Heide und Moore sein. Ein überaus reizvolles Gebiet durchwandert und durchlebt der Leser an der Hand der neuen Koelschschen Schrift, die alle Vorzüge des Verfassers als vortrefflicher Schilderer und hervorragender Wissenschaftler im rechten Lichte widerspiegelt. Der durch reichen Bilders Schmuck in gediegener Weise ergänzte Inhalt des Bandes gliedert sich in „Bilder der Landschaft“, „Bilder der Pflanzenwelt“, „Bilder aus der Vergangenheit der heutigen Niederungsheide“, „Die Ordnungsprinzipien im Heidestaat“, „Bilder vom Heidemoor“.



# Kulturelemente der Menschheit

Von Dr. Karl Weule

Direktor des Museums für Völkerkunde und  
:: Professor an der Universität zu Leipzig ::

---

Mit zahlreichen Abbildungen

---

Für Nichtmitglieder: In farbigem Umschlag  
M 1.—. :: In Leinen gebunden M 1.80

..

Seiner „Kultur der Kulturlosen“, die den allgemeinen geistigen Bestätigern der Menschheit gewidmet war, läßt der Verfasser Betrachtungen der Kulturelemente im einzelnen folgen.



Der Band bringt die Schilderung der urchältesten Bewaffnung zu Trutz und Schutz, der allgemein verbreiteten Techniken der Steinbearbeitung durch Schlag und Druck, der Bearbeitung des Holzes durch Schneiden und Schnitzen, durch Härten im Feuer und durch Biegen in der Wärme; der Behandlung der Häute durch Schäben und Reiben, des Flechtens und Färbens. Interessante Kapitel sind sodann diejenigen über die allgemeinen Methoden der Jagd und des Fischfangs und der anderen Weisen ältester Nahrungsgewinnung überhaupt; ferner über die Zubereitung der Nahrung und der ersten Genußmittel; schließlich über die Anfänge des menschlichen Wohnbaus. Insgesamt umfaßt also der Stoff-

liche Gemeinbesitz der Menschheit einen überraschend großen Komplex von Erfindungen und Geisteserrungenschaften, weit mehr jedenfalls, als wir unseren ältesten Vorfahren gemeiniglich zuzutrauen gewohnt sind. Wie immer wird der Text auch diesmal durch zahlreiche Abbildungen erläutert und belebt werden.





# Sehen, Riechen und Schmecken

(Biologie der Sinnesorgane II)

Von Dr. Hermann Dekker

: Mit zahlreichen Abbildungen :

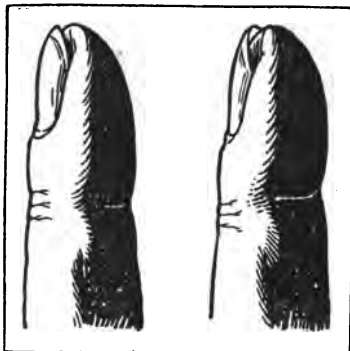
Für Nichtmitglieder:

In farbigem Umschlag M 1.—

In Leinen gebunden M 1.80

..

Das Büchlein steckt, wie alle Dekkerschen Schöpfungen, voll von unendlich vielen interessanten Anregungen und scharfsinnigen Beobachtungen, überraschenden Einfällen und Ausblicken aus dem alltäglichen Sinnesleben des menschlichen Körpers. Mit dem Bande ist die zweibändige „Biologie der Sinnesorgane“ des bekannten Gelehrten zum Abschluß gebracht.



Erklärung der Parallaxe.

Linker Zeigefinger 20 cm vom Gesicht entfernt, je mit dem rechten und dem linken Auge betrachtet.



## == Vögel == fremder Länder

Von Dr. Kurt Floerike

: Mit zahlreichen Abbildungen :

Für Nichtmitglieder:

In farbigem Umschlag M 1.—

In Leinen gebunden M 1.80

..

Floerike bietet hier das Gegenstück zu seiner Arbeit „Säugetiere fremder Länder“. Die Vogelwelt ist sein ureigenes Gebiet, ihr hat er im In- und Auslande ein zwanzigjähriges

Studium gewidmet. Die Vorzüge des Autors: scharfe Beobachtungsgabe, plastische Darstellungskraft, glänzender Stil, völlige Beherrschung des Stoffes und umfassende Kenntnis der Fachliteratur, treten deshalb in seiner neuen Arbeit besonders klar zutage. Eine reiche Illustration in Gestalt von Tafeln und Textbildern macht den Text so anschaulich wie möglich.



# Der Mensch der Pfählbauzeit

Von **Wilhelm Bölsche**

Mit zahlreichen Abbildungen

..

Für Nichtmitglieder:

In farbigem Umschlag M 1.—

In Leinen gebunden . M 1.80

..

Bölsches Begabung auf dem Gebiete populär-wissenschaftlicher Darstellungskunst ist bekannt genug, als daß es nötig wäre, sie noch einmal ins rechte Licht zu setzen. Die Pfählbauperiode hat uns eine Unmenge Funde überliefert, die für die prähistorische Forschung von weittragender Bedeutung waren. Bölsche gibt eine überaus lebendige, anschauliche und wissenschaftlich einwandfreie Schilderung der damaligen Zeit, die durch ein gediegenes und reichhaltiges Bildmaterial besonders anregend gestaltet ist.

Die Naturwissenschaft fördert die Fähigkeit des Menschen, das Leben zu behaupten und sich Lebensgüter zu verschaffen!

Die Mitglieder des Kosmos haben bekanntlich nach Paragraph 5 III das Recht, außerordentliche Veröffentlichungen und die den Mitgliedern angebotenen Bücher zu einem Ausnahmepreis zu beziehen. Es befinden sich u. a. darunter folgende Werke:

	Preis	Mit-
	für Nicht-	mit-
	mitglied.	preis
	M	M
Altpeter, ABC der Chemie. Kart. . . . .	2.40	1.60
Bölsche, W., Der Sieg des Lebens. Fein gebunden	1.80	1.50
Camerer, Dr. J. W., Philosophie und Naturwissen-		
schaft. Geb. . . . .	3.—	1.75
Diezels Erfahrungen a. d. Gebiete der Niederjagd.		
Kartoniert	4.—	2.50
Gebunden	4.50	2.90
Sabre, J. H., Bilder aus der Insektenwelt. I. Reihe	2.25	1.60
" Blick ins Käferleben. Brosch. . . . .	1.—	— .50
Sloerické, Dr. Kurt, Deutsches Vogelbuch. Gebunden	10.—	8.40
Jaeger, Prof. Dr. Gust., Das Leben im Wasser. Kart.	4.50	1.70
Jahrbuch der Vogelkunde. II. Jahrgang. 1908 .	2.80	2.—
Kuhlmann, Wunderwelt des Wassertropfens. Brosch.	1.—	— .50
Lindemann, Die Erde, 1. u. 2. Hft.	—	— .80
(Abonnierende Mitgl. erhalten die Schlüsselsg. jed. d. beiden Bände umsonst)		
Meyer, Dr. M. Wilh., Die ägyptische Finsternis. Geb.	3.—	1.90
Musterkatalog der naturw. Literatur. Gegen Spesen-		
ersatz . . . . .	— .50	— .20
Sauer, Prof. Dr. A., Mineralkunde. Gebunden .	13.60	12.20
Schrader, Liebesleben der Tiere. Broschiert . . .	1.40	1.10
Stevens, Frank, Ausflüge ins Ameisenreich. Geb.	2.50	1.85
" Die Reise ins Bienenland. Geb.	3.—	1.85
Thompson, E. S., Bingo und andere Tiergeschichten.		
Fein gebunden	4.80	3.60
" Prärietiere und ihre Schicksale. Fein gebunden	4.80	3.60
" Tierhelden. Fein gebunden . . . . .	4.80	3.60
Unruh, Leben mit Tieren. Kartoniert . . . . .	2.80	2.—
Wandtafeln zur Tierkunde:		
Reihe I, Reihe II (mit je 4 Einzelbildern) roh . je	4.50	3.50
auf Leinwand gezogen . . . . . je	7.50	5.80
u. mit Stäben versehen je	8.50	6.50
Reihe I Einzelbild 1, 2, 3, 4, Reihe II Einzelbild 1, 2, 3, 4		
jedes Bild roh . . . . .	1.50	1.20
" " " auf Leinwd. gez. . . . .	3.—	2.20
" " " " u. mit Stäben versehen	4.—	3.10
(Ausführliche Prospekte von der Geschäftsstelle.)		
Wurm, Waldgeheimnisse. Gebunden . . . . .	4.80	3.60
Monographien unserer Haustiere: Bd. I Schumann,		
Kaninchen; Bd. II Schuster, Hauskatze; Bd. III		
Morgan, Hund; Bd. IV Schwind, Haushuhn . a	1.40	1.05
und zahlreiche andere mehr.		

# Bücheryettel.

An die

Buchhandlung von

Mit 3 Pl. oder  
3 Hell. zu fran-  
kieren, wenn  
ander d. Unter-  
schrift kein Zu-  
satz beigesetzt  
wird.

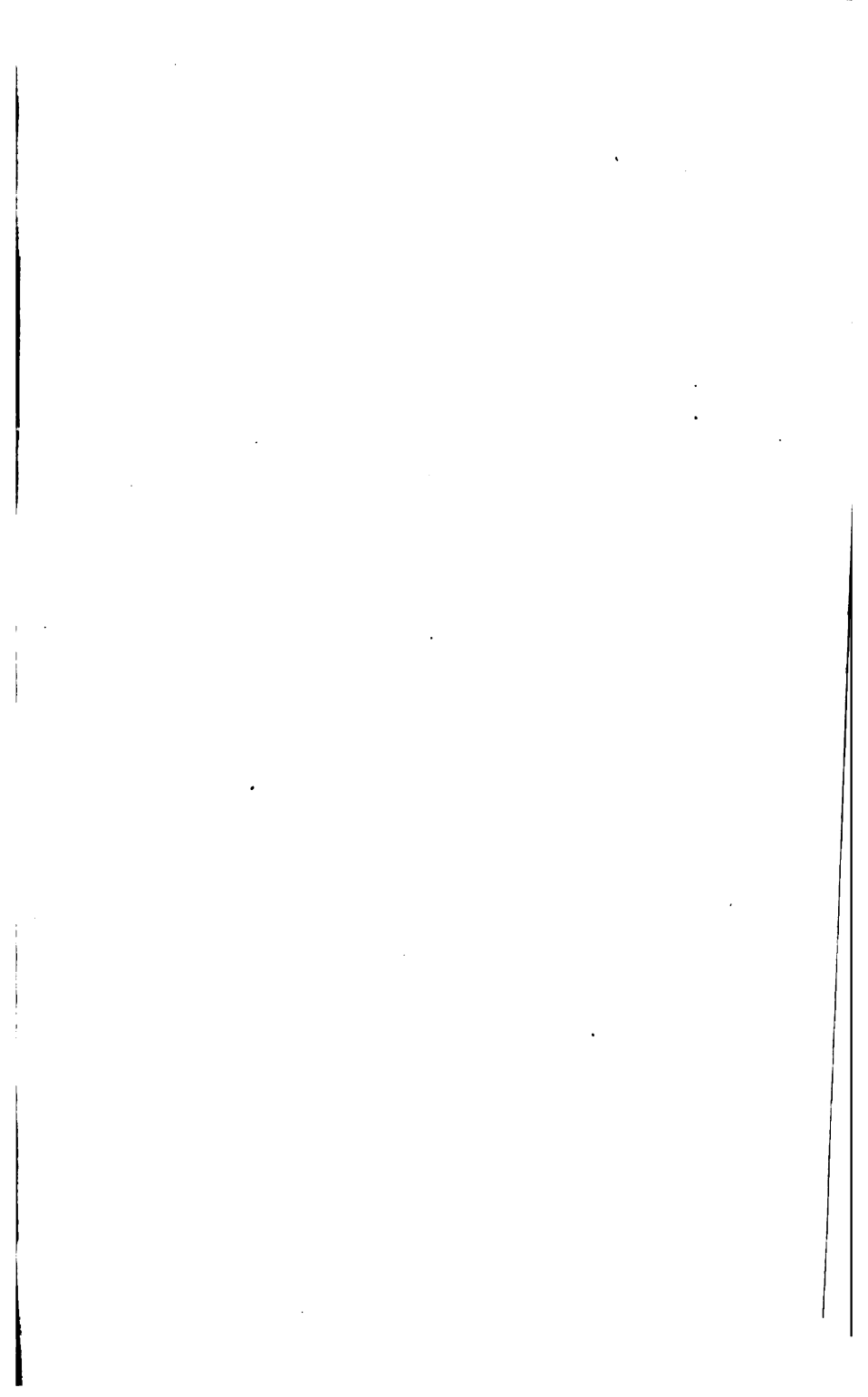
ипо коплет ииатитиговет гедетлет ии 1.—, лелл гевинден ии 1.00.

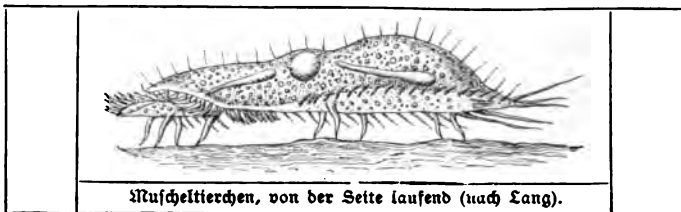
Der Handweiser 1906 und ff. enthält u. a. die berühmten Schilderungen aus dem Insektenleben von J. H. Fabre, Aufsätze von Bölsche, Dekker usw.

Die sämtlichen noch vorhandenen Jahrgänge der Kosmos-Veröffentlichungen  
(s. obige Zusammenstellung) liefern wir an Mitglieder:  
geheftet . . . . . für M 27.— (Preis für Nichtmitglieder M 49.—)  
gebunden (auch Handweiser) " " 45.50 ( " " " " 81.20)  
\_\_\_\_\_ auch gegen kleine monatliche Ratenzahlungen. \_\_\_\_\_

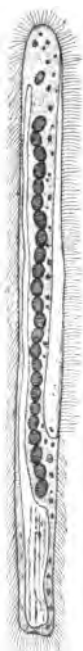
\*) Wird auch der Handweiser gebunden gewünscht, so erhöht sich der Preis um 85 Pf.

Stuttgarter Schmaschlinen-Druckerei, G. m. b. H., Stuttgart.





Muscheltierchen, von der Seite laufend (nach Lang).



Sprostomum  
ambiguum.  
Ein Riese der  
Kleinwelt.

Von allen kleineren Büchern über die Wunder  
der Kleinwelt in unsern heimischen Gewässern ist  
zweifellos eines der inhaltlich

**== besten und wertvollsten ==**

das äußerst anregend geschriebene und reich illu-  
strierte Bändchen

Dr. W. Ruhlmann

## Aus der Wunderwelt : des Wassertropfens :

Mit vier Tafeln und  
zahlreichen Textbildern

In farbigem Umschlag br. M 1.—; geb. M 1.80.

—

Das Werkchen ist besonders auch für unsere heran-  
wachsende Jugend wichtig, da ja durch unsere  
Schulen der Gebrauch des Mikroskops immer volks-  
tümlicher gemacht wird.

**== Zu beziehen durch jede Buchhandlung. ==**

**R o s m o s , Gesellschaft der Naturfreunde**  
Geschäftsstelle: Franck'sche Verlagshandlung, Stuttgart

AT 431

ds

1.1

236732

BIOLOGY  
LIBRARY

Barker

