



*Rauha*

Öa ÁU} |ã ^ËÜc||~ } \* Å^• Ápæ@~ • Å[ } ÁU! [ ^•• [ | Å^ã^| Åc - Á^ã ^} Á  
X[ | \* ê} \* ^ | ËÁU! [ ^•• [ | ÁUæ \ ^ ËÁ | • & @ } ^} Å ÁÖ : \* ^ à} ã • ^ Å^ | ÁU @ • ã || \* ã  
Çá ËÄ FÄÜÉÇÄH ÄFJÍ €Ä | : | \* á ãÁ^ } á | æ @ | Ö^ } ^ @ ã ~ } \* Å^•  
Ù] | ã \* ^ | ËÄ | | æ • Ä

# Otto F. Ranke †

Von

**W. D. KEIDEL**

Mit 1 Abbildung

In den frühen Morgenstunden des 19. November 1959 ist OTTO F. RANKE, Ordinarius für Physiologie an der Universität Erlangen, mitten aus fruchtbarer Lehr- und Forschungstätigkeit heraus von einer heimtückischen Coronarthrombose im Schlaf dahingerafft worden. Nachdem der erste Schmerz über den unersetzlichen Verlust für die Physiologische Gesellschaft wie für das Erlanger Institut einer bleibenden und verpflichtenden Trauer gewichen ist, soll hier seine wissenschaftliche Lebensarbeit sein Wirken und sein Wollen, seine Persönlichkeit noch einmal so lebendig vor uns erstehen lassen, wie wir alle ihn kannten, noch über den Tod hinaus uns allen den Auftrag hinterlassend, da fortzusetzen, wo ihm der Tod die Feder aus der Hand nahm.

RANKE ist am 17. August 1899 in München als Sohn des Psychiaters KARL RANKE und seiner Frau Maria, einer Tochter des durch sein Gegenstromverfahren zur Luftverflüssigung bekanntgewordenen Physikers LINDE geboren worden. Er hatte also gerade sein 60. Lebensjahr erreicht, als ihn der viel zu frühe Tod ereilte. Aufgewachsen in seiner Heimatstadt, promovierte RANKE in Freiburg bei ASCHOFF „Über die Änderung des elastischen Widerstandes der Aortenintima und ihre Folgen für die Entstehung der Atheromatose“. Es folgten ein Jahr Medizinalpraktikantenzeit in München und ein Rockefeller-Stipendiatenjahr an der Technischen Hochschule bei FÖPPL. Mit dieser mathematischen Vorbildung ausgerüstet, setzte RANKE erst mehrere Jahre seine Studien am Pathologisch-anatomischen Institut Freiburg fort, bis ihn das Jahr 1928 mit PHILIPP BROEMSER, dem verehrten Lehrer der Physiologie, zusammenführte. Nach zwei Assistentenjahren am Physiologischen Institut Basel zog RANKE mit BROEMSER nach Heidelberg um. Es folgte am 25. Juli 1932 die Habilitation über das Thema „Die Gleichrichter-Resonanz-Theorie“, die erste große Arbeit aus dem Gebiet der Sinnesphysiologie. Eine der bedeutendsten Arbeiten RANKEs aus dem Gebiet der Physiologie des Kreislaufs „Über die Messung des Schlagvolumens des Herzens auf unblutigem Weg“ war im März 1930 vorausgegangen. Das Datum der Konzeption der hierfür grundlegenden Formel war schon der 14. Dezember 1928, also die erste Zeit der Zusammenarbeit mit BROEMSER, gewesen. Die Berufung BROEMSERs nach München sah RANKE als kommissarischen Leiter des Heidelberger Institutes. 1935 schloß sich die Tätigkeit am Luftfahrtmedizinischen Forschungsinstitut der Militärärztlichen Akademie Berlin, zuerst unter STRUGHOLD, ab 1937 als selbständiger Leiter des Arbeits- und Wehrphysiologischen Institutes mit gleichzeitiger Lehr- und Prüfungstätigkeit als a. o. Professor an der Berliner Universität an. 1939 richtete RANKE dort das Zentralarchiv der Wehrmacht ein, während die Schwerpunkte der Berliner Zeit Arbeiten aus den Gebieten der Stoffwechsel- und Ernährungsphysiologie, der Wärmeregulation, der Luftfahrtmedizin, aber auch schon der Sinnesphysiologie umfaßten. In dieser Zeit entstand die erste Monographie über

„Arbeits- und Wehrphysiologie“. Nach dem Kriege folgte die Berufung nach Erlangen als o. ö. Professor und Direktor des dortigen Institutes. Hier waren es besonders sinnesphysiologische Probleme, die Verfassung eines Lehrbuches über Ernährung und Stoffwechsel, eines weiteren über das Gehör und die Entwicklung seiner Streulichttheorie der Blendung des Auges, die RANKE neben seinen letzten Lieblingsgedanken, der Rückführung des Adaptationsvorganges in der Sinneszelle auf das Massenwirkungsgesetz und die Darstellung der Grundfunktionen des Zentralnervensystems im Dienste der Homöostasis in der Form von Regelkreisen, bis zum letzten Tag vor seinem Tode beschäftigten.

RANKEs wissenschaftliche Arbeiten lassen sich — mit wenigen Ausnahmen — in die folgenden großen Gruppen einordnen:

1. Experimentelle und theoretische Arbeiten über den Kreislauf.
2. Entwicklungsarbeiten an der Theorie der beiden Fernsinne, besonders der Hydrodynamik des Innenohres und der Streulichttheorie der Blendung des Auges.
3. Arbeiten aus dem Gebiet der Physiologie des Stoffwechsels und der Ernährung.
4. Behandlung biologischer Systeme als vermaschte Regelkreise: Atmung, Wärmehaushalt, Teilfunktionen des Zentralnervensystems.
5. Arbeits- und wehrphysiologische Probleme und
6. methodische Arbeiten aus dem Gebiet der erzwungenen Schwingung.

Überblickt man die Reihe von Veröffentlichungen, die RANKE während seines Lebens herausgegeben hat, so läßt sich unschwer eine Systematik insofern herausfinden, als die Zeit von 1922 bis 1938 ganz vorwiegend von Arbeiten über den Kreislauf beherrscht wird, während danach Untersuchungen aus dem Gebiet der Sinnesphysiologie bei weitem überwiegen. Dies ist gewiß kein Zufall: Es war RANKE selbst, der in seinem Nachruf auf PHILIPP BROEMSER die Gründe der Begeisterung gerade für das klassische Gebiet der Kreislauf-Physiologie eingehend dargelegt hat. Zeigte sich doch hier am fruchtbarsten die Anwendung physikalischer und mathematischer Experimentierkunst und Denkart in der Möglichkeit quantitativer Darstellung biologischer Funktionssysteme. RANKE, der das Glück hatte, in einer der produktivsten Phasen BROEMSERs als einer seiner engsten Mitarbeiter erst am Baseler, dann am Heidelberger Institut im Brennpunkt der physiologischen Forschung der 30er Jahre zu stehen, hat hier seinen noch zu Lebzeiten klassisch gewordenen Anteil an der Tradition der Frankschen Schule: 1930 wurde — gemeinsam mit BROEMSER — in der Z. Biol. die Arbeit mit dem Titel „Über die Messung des Schlagvolumens des Herzens auf unblutigem Weg“ veröffentlicht. RANKE, nicht selten nach seinem Anteil an der Entwicklung der Formel befragt, hat stets auf die Gemeinsamkeit der gedanklichen Entwicklung mit BROEMSER, geboren aus dem Genius loci und der Gleichartigkeit mathematischer Begabung, hingewiesen. Lassen wir ihn hierzu selbst zu Wort kommen:

„Während FASOLD und HARTL noch den Schlußstein zu der Prüfung der Methodik setzten ..., wendete sich BROEMSER der theoretischen Vorarbeit für die quantitative Bestimmung des Schlagvolumens allein aus den Meßgrößen zu, die auch am lebenden

Menschen bestimmt werden können. Diese theoretischen Betrachtungen zeigten, daß zur Abschätzung des Schlagvolumens außer den Angaben über den Druckverlauf, die z. B. in der Formel von LILJESTRAND und ZANDER allein auftreten, notwendig und in Übereinstimmung mit FRANK eine Angabe über die Weitbarkeit der Arterien erforderlich ist. Die weitere Entwicklung der bekannten Schlagvolumenformel war geradezu dramatisch. Am 14. 12. 28 erstand in einer kurzen Besprechung die später Formel E genannte Gleichung auf Grund einer Überlegung, wie sie in der Z. Kreislaufforschung (1933) ganz ähnlich wiedergegeben ist. Die in der ersten Veröffentlichung (1930) dargestellte Ableitung aus der Windkesseltheorie hat BROEMSER zur eigenen Beruhigung über den kühnen Schritt vom 14. 12. 28 nachträglich entwickelt, nachdem die Versuche schon nahezu abgeschlossen waren. In diesen Versuchen, deren vollständige Veröffentlichung wegen unvorhergesehener Schwierigkeiten fast unterblieben wäre, wurde gleichzeitig die Strömungsgeschwindigkeit und der Druck der Aorta ascendens von Kaninchen und Hunden mit dem Differentialmanometer gemessen, dazu der Femoralispuls mit einem Transmissionssphygmographen aufgezeichnet und der Durchmesser der Aorta ascendens, teilweise registrierend mit einem eigens dazu gebauten Dilatographen gemessen. So wurde aus 80 Versuchen an 6 Tieren ein umfangreiches, völlig objektives und unbestechliches Unterlagenmaterial geschaffen, um die theoretisch abgeleiteten Formeln daran zu prüfen. Es ist seither nicht allgemein üblich gewesen, theoretische Überlegungen zuerst einer so gründlichen Prüfung durch das Experiment zu unterziehen, ehe sie der Öffentlichkeit übergeben wurden. BROEMSER kannte dagegen auf Grund der Versuche genau den Geltungsbereich und die Fehler der von ihm entwickelten Kreislaufmethodik.“

Der einzige Schönheitsfehler an der Broemser-Rankeschen Schlagvolumenformel

$$V = \frac{Z_E \cdot Q \cdot S \cdot T (p_s - p_d)}{D \cdot \rho \cdot c},$$

nämlich die Beobachtung, daß im Tierversuch und beim Menschen der Zahlenfaktor  $Z$  etwa den Wert  $\frac{1}{2}$  und nicht 1 annimmt, war Gegenstand zahlreicher Überlegungen BROEMSERs und RANKEs, aber auch Angelpunkt für manche enttäuschende Polemik, bis es WETTERER<sup>1</sup> (1940) gelang zu zeigen, daß die Formel E sofort auch im Zahlenfaktor  $Z$  richtig wird, wenn anstelle des systolischen Maximaldruckes  $p_s$  der Druck am Ende der Systole  $p_e$  (ohne Incisurschlag) eingesetzt wird. Mit dieser Einschränkung hat sich die Formel bis heute, 30 Jahre nach ihrer ersten Veröffentlichung, als ein Standardverfahren zur unblutigen Schlagvolumbestimmung erwiesen, dem nur aus der Vervollkommnung der Technik der Messung nach dem Fickschen Prinzip — als Eichverfahren — und neuerdings der Präzisierung der Ballistokardiographie (KLENSCH)<sup>2</sup> ernsthafte Konkurrenz erwachsen ist. RANKE hat selber nach einem Vierteljahrzehnt eigener Erfahrung mit seinem Prinzip eine zusammenfassende Darstellung des sinnvollen Anwendungsbereiches gegeben [1949 (37)]. Dort ist auch eine zugleich kritische wie konstruktive Behandlung der Frage zu finden, wann die Betrachtung des Kreislaufs als System mit punktförmigem

<sup>1</sup> WETTERER, E.: Z. Biol. **100**, 260 (1940).

<sup>2</sup> KLENSCH, H., u. W. EGER: Ein neues Verfahren der physikalischen Schlagvolumbestimmung (Quantitative Ballistographie). Pflügers Arch. ges. Physiol. **263**, 459—475 (1956).

(FRANK<sup>1</sup>, WEZLER-BÖGER<sup>2</sup>) oder mit verteiltem Windkessel (BROEMSER-RANKE, WETTERER) die bessere Vereinfachung der im Einzelfall vorhandenen Versuchsbedingungen bedeutet.

So wichtig die Ableitung dieser Formel zur Bestimmung des Schlagvolumens auch für die Anwendbarkeit in der Klinik der Kreislaufkrankheiten sein mag, so sehr ist sie erst ein Anfang in der Rankeschen wissenschaftlichen Entwicklung gewesen. So enthält eine 1943 geschriebene Arbeit über die Dämpfung der Pulswelle und die innere Reibung der Arterienwand Gleichungssysteme von viel allgemeinerer Gültigkeit, als ihre spezielle Anwendung auf die dargestellten Kreislaufprobleme zunächst vermuten ließ: Sie gestatten die Lösung für ein beliebiges, aus zwei hintereinandergeschalteten elastischen Systemen mit Reibung bestehendes biologisches Substrat, das eine frequenzabhängige Dispersion der Wellengeschwindigkeit aufweist und dessen Dämpfung mit steigender Frequenz ein Maximum durchläuft. RANKE hat dieses Modell für die Arterienwand als mit guter Näherung gültig abgeleitet. Es hat sich aber zeigen lassen, daß es auch für die weit komplizierteren, in der Haut bei mechanischen Vibrationen ablaufenden Oberflächenwellen anwendbar ist und einen wesentlichen Teil der von H. OESTREICHER<sup>3</sup>, H. v. GIERKE und E. K. FRANKE<sup>4</sup> beschriebenen Hautwellenformen zu erklären vermag. RANKE hat sich über diese unerwartete Bestätigung seiner Modellvorstellung 20 Jahre nach ihrer Veröffentlichung für die Arterienwand ganz besonders gefreut. Aber der entscheidende Wurf, der RANKE in der Fachwelt bekannt gemacht hat, gelang ihm schon 1931 mit der Erweiterung der Gleichungssysteme der Frankeschen Schlauchwellen auf die Schwingungsform der mit der Peri- und Endolympe massebelasteten Basilarmembran in seiner Habilitationsschrift „Die Gleichrichter-Resonanztheorie“, zunächst noch ohne Berücksichtigung der Flüssigkeitsreibung. Sie brachte ihm die Aufforderung für einen Ergebnisartikel über die Physiologie der Schnecke und des Cortischen Organs (1935), der sehr viel besser zugänglich geworden ist als die im Lehmann-Verlag München veröffentlichte Habilitationsschrift. Doch enthielt sie schon die meisten Gesichtspunkte des endgültigen Gleichungsansatzes, deren Lösung eine Besselsche Zylinderfunktion ist. Erst sehr viel später konnte RANKE das Massenverhältnis Membran—Flüssigkeit mit in die Lösung einbeziehen (1942, „Das Massenverhältnis zwischen Membran und Flüssigkeit im Innenohr“), bis die letzte Form der Rankeschen Wanderwellengleichung der Basilarmembranschwingung, die quantitativ die v. Békésyschen<sup>5</sup> Messungen zu deuten ver-

<sup>1</sup> FRANK, O.: Z. Biol. **90**, 405 (1930).

<sup>2</sup> WEZLER, K., u. A. BÖGER: *Ergebn. Physiol.* **41**, 292 (1939).

<sup>3</sup> OESTREICHER, H.: *J. acoust. Soc. Amer.* **23**, 707—714 (1951).

<sup>4</sup> GIERKE, H. v., H. OESTREICHER, E. K. FRANKE, H. O. PARRACK u. W. v. WITTERN: *J. appl. Physiol.* **4** (1952).

<sup>5</sup> BÉKÉSY, G. v.: *Physik. Z.* **29**, 193 (1928). — *Akust. Z.* **6**, 215 (1941). — *J. acoust. Soc. Amer.* **19**, 452 (1947).

mochte, 1950 im deutschen („Hydrodynamik der Schneckenflüssigkeit“) und im englischen Schrifttum („Theory of operation of the cochlea“) erschien. Sie berücksichtigt auch die Reibung. Die Entstehung der entscheidenden ersten Formel selbst entbehrt nicht einer eigenen Dramatik, die RANKE gelegentlich schmunzelnd im Kreis seiner engeren Mitarbeiter erzählte: Der „feurige Elias“, eine Lokalbahn, trug RANKE trotz der Gefahr für die eigenen Kleinkinder in Heidelberg zur Hilfe zu dem in Mannheim wohnenden Bruder, in dessen Familie ein Poliomyelitisfall ausgebrochen war. So war eine Beruhigungszigarette angebracht, während die Gedanken vom Bruder zum mathematischen Problem der Basilarmembranschwingung abschweiften und — nach Wochen angestrengten Suchens — in wenigen Minuten auf der Rückseite der Zigarettenschachtel die endgültige Formel entstehen ließ. In der endgültigen Formel ist nur die Spiralwindung der beiden Kanäle nicht berücksichtigt, die Schnecke also so behandelt, als ob sie aus einem gradlinigen Doppelkanal bestünde. Diese Vereinfachung ist sicher nicht wesentlich, denn es gibt Tiere mit vorzüglichem Hörvermögen, wie etwa die Taube, bei denen tatsächlich eine derartige langgestreckte „Schnecken“form zu beobachten ist.

Die Grundgleichung, von der RANKE bei seinen Berechnungen ausgegangen ist, hat für  $y$  = Basilarmembranlängsachse,  $b$  = Basilarmembranbreite,  $x$  = Bewegungsrichtung senkrecht zur Basilarmembranfläche (zur Membran hin positiv) und  $h$  = Kanal tiefe am Doppelkanal mit festen Kanalwänden die folgende Form:

$$1. \quad - \frac{\partial F}{\partial x} = v_x; \quad - \frac{\partial F}{\partial y} = v_y; \quad \rho \cdot \frac{\partial F}{\partial t} = p$$

(Definitionsgleichungen der Potentialfunktion  $F \cdot (x + iy)$  und  $F \cdot (y + ix)$  einschließlich Kontinuitätsbedingung

$$\frac{\partial^2 F}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 F}{\partial y^2} = 0).$$

2. An der Membran ist die Strömungsgeschwindigkeit in der  $x$ -Richtung gleich der Ausbauchungsgeschwindigkeit der Membran. Gleichgewicht zwischen den elastischen Kräften der Membran und dem Druck besteht, wenn diese Ausbauchungsgeschwindigkeit  $\frac{\partial F}{\partial x}$  multipliziert mit der mechanischen Impedanz  $J$  der Membran gleich der zeitlichen Druckänderung  $\rho \cdot \frac{\partial^2 F}{\partial t^2}$ , aus der Bewegungsgleichung

$$\rho \cdot \frac{\partial v_x}{\partial t} = - \frac{\partial p}{\partial x} \quad \text{und} \quad \rho \cdot \frac{\partial v_y}{\partial t} = - \frac{\partial p}{\partial y}$$

abgeleitet, wird. Es gilt also:

$$- \left( \frac{\partial F}{\partial x} \right)_{x=h} \cdot J = \rho \cdot \left( \frac{\partial^2 F}{\partial t^2} \right)_{x=h}.$$

Die mechanische Impedanz ist demnach — nach Ausdifferenzieren für harmonische Funktionen der Zeit mit der Kreisfrequenz  $n$  —

$$J = \left[ \frac{\rho \cdot n^2 \cdot F}{\frac{\partial F}{\partial x}} \right]_{x=h}$$

mit  $\rho$  = Massendichte der Flüssigkeit.

3. Die einfachste Potentialströmung, die eine mit wachsender Kanallänge  $y$  fortschreitende gedämpfte Welle darstellt, ist

$$F = \left[ e^{-\beta y + \alpha x - i\alpha y - i\beta x} + e^{-\beta y - \alpha x - i\alpha y + i\beta x} \right] \cdot e^{i\omega t}$$

$\alpha$  und  $\beta$  sind frei wählbare Konstanten. Durch Einsetzen dieser Funktion in die Impedanzgleichung erhält man

$$J = \varrho \cdot n^2 \cdot \frac{\sqrt{\cos 4\alpha h - \cos 4\beta h}}{\sqrt{2\alpha^2 + 2\beta^2 \cdot (\cos 2\alpha h - \cos 2\beta h)}} \cdot e^{i \arctg \frac{\beta \sin 2\alpha h + \alpha \cdot \sin 2\beta h}{\alpha \sin 2\alpha h - \beta \cdot \sin 2\beta h}}$$

mit  $h =$  Kanaltiefe.

Dies war der Stand des Ansatzes 1942. Unter Mitberücksichtigung der Reibung (1950, Hydrodynamik) erhielt RANKE

$$\mathfrak{E}_\omega = \sigma \cdot q \cdot \omega^2 \cdot \sqrt{(z^2 - 1)^2 + 4D^2 z^2} \cdot e^{i \arctg \left( \frac{2Dz}{z^2 - 1} \right)}$$

mit  $\mathfrak{E}_\omega =$  mechanische Impedanz,

$$\omega = 2\pi \cdot n,$$

$z = e^{kx}$  als Hilfsvariable, die Basalarmembranbreitenänderung über die Basalarmembranlängsachse  $x$  enthaltend. Man beachte, daß in dieser Arbeit die Längsachse nicht mit  $y$ , wie 1942, sondern mit  $x$  indiziert ist.

$D =$  Dämpfungsmaß,

$\sigma =$  spezifisches Gewicht der Trennmembran.

Die hieraus ableitbare Wellengleichung, auf deren ins einzelne gehende Besprechung hier verzichtet werden muß, ist sowohl nach  $x$ , also nach dem Ort des Maximums der Amplitudenumhüllenden (Ausbauchungsmaximum), wie nach dem Phasenwinkel  $\psi$  zwischen momentaner örtlicher Ausbauchung und Stapesauslenkung, der im  $\arctg$  des Exponenten der  $e$ -Funktion steckt, lösbar. Die Lösung für das Maximum der Umhüllenden lautet

$$\frac{\varrho}{2k \cdot \sigma \cdot q} \cdot D = \frac{(z^2 - 1)^2}{2 \cdot z^3},$$

wobei der Ausdruck  $\frac{\varrho}{2k \cdot \sigma \cdot q}$  unter physiologischen Bedingungen  $> 5$  ist. Endlich läßt sich die Wellengeschwindigkeit  $c_A$  der Momentausbauchung als Funktion des Ortes auf der Basalarmembran als folgender Ausdruck erhalten

$$c_A = \frac{\sigma \cdot q \cdot \omega}{\varrho} \cdot \frac{(1 - e^{2kx})^2 + 4D^2 \cdot e^{2kx}}{e^{2kx}(1 - e^{2kx}) + \frac{2k\sigma q}{\varrho} \cdot (D \cdot e^{kx} - D \cdot e^{3kx})}$$

Aus der Lösung nach der Phase, die bekanntlich im Gegensatz zur Helmholtz'schen Resonanztheorie in der Ohrschnecke einen Wert von  $3\pi$  erreicht, erhält man endlich den physiologischen Wert von  $\frac{\varrho}{2k \cdot \sigma \cdot q}$ , also des Massenverhältnisses Flüssigkeit zu Trennmembran von 9 bis 13, wenn sowohl die experimentell gefundenen Werte des Phasenwinkels wie die Form der Amplitudenumhüllenden (G. v. BÉKÉSY) durch die Gleichung gedeckt werden soll. Das zugehörige  $D$  liegt unter Normalbedingungen zwischen 0,3 und 0,5. Der steilste Abfall der Wellengeschwindigkeit als Funktion von  $x$ , also als Funktion des Abstandes vom Stapes, findet sich etwa am Ort des Maximums der Amplitudenumhüllenden, während das Minimum der Wellengeschwindigkeit dort auftritt, wo die Welle unter Wirbelbildung „brandet“, wo also die Kanaltiefe klein gegen die Wellenlänge der Wanderwelle wird. Dieser wichtigste Befund der Rankeschen Wellen, die gerade in diesem Punkt von den Gleichungen der Frankschen Schlauchwellen entscheidend abweichen, ist in der nächsten Skizze aus [1950 (b)] für drei Sinustöne verschiedener Frequenz im eingeschwungenen Zustand dargestellt. Aus der Form der

Momentbilder der Wanderwelle läßt sich ein maximaler Phasenwinkel von mehr als  $3\pi$  gut ablesen. Die Druckamplitude fällt vom Stapes zum Helicotrema zu ab mit größter Steilheit am Ort des Ausbauchungsmaximums. Dieses Rechnungsergebnis ist als einziges aus dieser Skizze nicht ersichtlich. Es ist in der Arbeit 1950 (a) abgebildet.

Auch die Frage, ob der Flüssigkeitsdruck oder die Basilarmembranauslenkung in den adäquaten Reiz an den Haaren der Sinneszellen übersetzt wird, hat RANKE stark beschäftigt. Sein Interesse war vor allem während der Erlanger Zeit keineswegs auf die Hydrodynamik des Innenohres beschränkt. Die Entscheidung zugunsten der Ausbauchung konnte über das Verschwinden

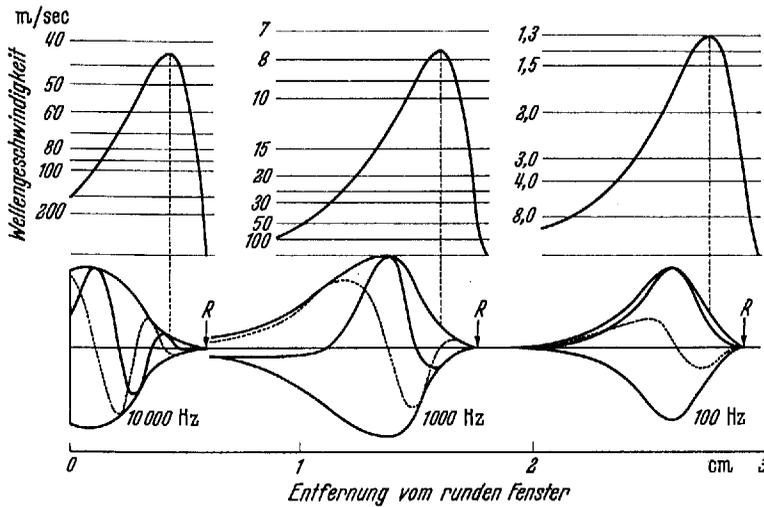


Abb. 1. Diagrammatische Darstellung der Ergebnisse der Rankeschen Wanderwellengleichung für die Schwingungsform der Basilarmembran des Innenohres. Die obersten drei Bilder zeigen die Abhängigkeit der Wellengeschwindigkeit vom Ort auf der Basilarmembran für Töne von 10000, 1000 und 100 Hz. Für alle drei Diagramme gilt gemeinsam die ganz unten eingezeichnete Abszisse. Nur die Ordinatenmaßstäbe sind verschieden. Die Wellengeschwindigkeit nimmt auch absolut vom Stapes zum Helicotrema ab. — In den drei unteren Bildern sind Umhüllende und Momentanauslenkung der Basilarmembranschwingung (Abstand  $\frac{1}{4}$  Periode) für dieselben Töne eingezeichnet, so daß der Gang der Wellengeschwindigkeit mit dem Gang der Auslenkung für verschiedene Tonfrequenzen unmittelbar miteinander verglichen werden kann. Aus RANKE (41)

des Reizfolgestromes bei Verschuß des runden Fensters mit einem Plastilinstempel experimentell herbeigeführt werden, da der Flüssigkeitsdruck dabei aus physikalischen Gründen ansteigt, während die Ausbauchung verringert wird (46). Ebenso gelang RANKE der Nachweis des für die Wanderwellentheorie entscheidenden großen Phasenwinkels, der die Resonanzvorstellung sicher widerlegt, dadurch, daß er an der Meerschweinchencochlea von zwei Orten gleichzeitig den Reizfolgestrom ableitete und über die Beobachtung der zugehörigen Lissajousfiguren den Phasenwinkel direkt messen konnte. Zum gleichen grundlegenden Ergebnis kam etwa gleichzeitig, aber unabhängig von RANKE, eine andere Forschergruppe in St. Louis (TASAKI, DAVIS und LEGOUIX)<sup>1</sup>. Die Verfassung des Lehrbuches „Gehör, Stimme und Sprache“ in der Schütz-

<sup>1</sup> TASAKI, I., H. DAVIS u. J. P. LEGOUIX: J. acoust. Soc. Amer. 24, 502—519 (1952).

Trendelenburgschen Reihe schloß dieses fruchtbare Kapitel der physiologischen Akustik ab.

In den gleichen Jahren war erst die Polizei, später das Verkehrsministerium und der ADAC an RANKE mit der Frage nach einem geeigneten Gerät zur narrensicheren Messung der Blendung des Auges im Kraftfahrzeugverkehr herangetreten. Diese Aufgabe veranlasste RANKE zu grundlegender Beschäftigung mit der physiologischen Optik der Blendung, als deren Ergebnis ein geschlossenes Bild der Vorgänge bei der Blendung zustande kam.

Die von RANKE entwickelte *Streulichttheorie* der Blendung, die er in zahlreichen eigenen Arbeiten und Untersuchungen seiner Schüler dargestellt hat<sup>1</sup>, lenkte das Augenmerk von der zuvor allein beachteten Änderung der Intensitätsschwelle als Folge der Blendlichteinwirkung auf den Sehpurpur weg auf die mit der Adaptation einhergehende Änderung der Unterschiedsschwelle hin. RANKE zeigte weiter auf, daß neben der durch die Horizontalzellen in der Netzhaut (über eine Empfindlichkeitsminderung der informationsverarbeitenden Elemente der Netzhaut durch Hemmung) zustande kommenden Kontrastwirkung auf die Netzhautnachbarschaft, das bekannte „schwarze Loch“ neben einer Blendlichtquelle zu einem erheblichen Teil Folge des von HERING „falsches Licht“ benannten Streulichtanteils im Auginnern sei, das durch die physiologische Trübung der brechenden Medien des Auges, besonders der hinteren Linsenfläche, entsteht (Promotionsarbeit des Sohnes, GERHARD RANKE). RANKE hat den Gradienten dieses Blendstreulichtes nicht nur am exstirpierten Tierauge gemessen, sondern auch — als Meßgerät für die Aufsichtsbehörde gedacht — eine Apparatur entwickelt, die diesen Gradienten beim Menschen am Auge in situ zu messen erlaubt: Ein Blendbildpunkt hoher Beleuchtungsstärke wird auf dem blinden Fleck des einen Auges entworfen. Da der blinde Fleck als Ort des Sehnerveneintrittes keine Sinneszellen enthält, fällt damit jede nervöse Hemmungswirkung fort. Trotzdem ist das Auge geblendet, weil Blendstreulichtanteile auch die Macula lutea in 16° Abstand vom Blendort treffen. Der Streulichtanteil in der Macula kann durch eine gleichgroße Aufhellung des anderen Auges mittels Ulbricht-Kugel dadurch meßbar gemacht werden, daß der durch die einseitige Aufhellung des geblendeten Auges zustande gekommene Pulfrich-Effekt beim beidäugigen Beobachten eines rotierenden Scheibenpaares nur durch eine genau gleichgroße, leicht meßbare allgemeine Aufhellung des anderen, nicht geblendeten Auges kompensiert werden kann. RANKE war nicht der Auffassung, daß die über die Kontrastbildung zustande kommende neurale Blendwirkung gar keine Rolle spiele, aber er konnte doch eindeutige Korrelationen zwischen den mit diesem Gerät gemessenen Streulichtwerten und dem Blendverhalten der untersuchten Versuchspersonen im Straßenverkehr aufzeigen (Promotionsarbeit der Tochter, LUISE HECKEL-RANKE)<sup>2</sup> und damit den wesentlichen Anteil des Streulichtes bei der Blendwirkung im Kraftfahrzeugverkehr experimentell nachweisen.

Die besondere Beachtung der *Unterschiedsschwellenänderung* bei Blendlichteinwirkung führte RANKE zu der auf den ersten Blick paradox anmutenden Erkenntnis, daß Intensitäts- und Unterschiedsschwellenänderung bei Reizsprüngen nicht immer parallel zu gehen brauchen. So hatten schon erste unveröffentlichte Versuche mit STAMMBERGER ergeben, daß zu Beginn der Blendeinwirkung zwar Intensitäts- und U-Schwelle der Nachbarschaft angehoben

<sup>1</sup> RANKE, O.F.: Die Nachwirkung der Blendung und die Readaptationszeit. *Lichttechnik* 4, 64—66 (1952). — Objektive Lichtverhältnisse bei der Blendung. *Int. Z. Arbeitsphysiol.* 15, 388—393 (1954).

<sup>2</sup> HECKEL, L.: Pulfrich-Effekt bei seitlicher Blendung. *Int. Z. Arbeitsphysiol.* 15, 364 (1954).

sind, daß aber im Zuge der Adaptation an das Blendlicht der Zeitgang der I- und U-Schwellenänderung auseinanderschren. Systematische mit KERN<sup>1</sup> angestellte Versuche zeigten dann auf, daß — tatsächlich im Sinne reziproken Verhaltens der beiden Schwellen — die (simultane) U-Schwelle im Zuge der Adaptation dann ein Minimum wird, wenn der Anstieg der I-Schwelle sein Maximum erreicht hat, wenn also Adaptations- und Prüffeldleuchtdichte zusammenfallen. Für diese Bedingungen — also für festgehaltenen Adaptationszustand — ist die Zahl unterscheidbarer Helligkeitsstufen viel kleiner, nämlich nur 17—28—35 Stufen, als die Zahl von über 400 Stufen, die KÖNIG und BRODHUN<sup>2</sup> gemessen hatten. Die König-Brodhun-Kurve ist indessen nur dann zu gewinnen, wenn die Adaptationsleuchtdichte mitläuft, eine Bedingung, die nur im Laboratorium verifizierbar ist, da wir im täglichen Leben über Augen- und Kopfbewegungen häufig sehr rasch zu sehr verschiedenen Größen der Umfeldbeleuchtungsstärke springen, viel rascher, als die Adaptation nachlaufen kann. Dies gilt um so mehr im Zeitalter der raschen Verkehrsmittel und der künstlichen Beleuchtung von Arbeitsraum, Wohnraum und Straße. Daher ist für Normalbedingungen heute gerade die kleine, von RANKE gemessene Simultanstufenzahl von 30 charakteristisch, darüber herrscht Blendung, darunter die Empfindung schwarz, die erst langsam durch den Adaptationsvorgang in Graustufen aufgelöst wird. Die Adaptation sorgt also, wie RANKE erkannte, in erster Linie dafür, daß der Bereich höchster U-Empfindlichkeit (eine der Voraussetzungen für die Heringsche Konstanz der Sehdinge) mit der mittleren Adaptationsleuchtdichte etwa der Mittagssonne oder der Abenddämmerung mitgeführt wird wie bei einem Strommesser, der bei Überlastung automatisch einen Shunt so parallel schaltet (I-Schwellen-Anstieg), daß trotz der geringeren Absolut-Empfindlichkeit im mittleren Skalenbereich die Stromempfindlichkeit (Winkelgrad pro Stromstärkenunterschied: U-Schwelle) fast beibehalten würde. Für den Leuchtdichtenbereich, auf den adaptiert ist, wirkt also die Adaptation wie eine Lupe: Bereichseinstellung der Sinnesorgane nach RANKE. Nachdem die Technik kein nach diesem Prinzip arbeitendes Meßinstrument kennt, hat RANKE damit den Adaptationsvorgang von einer lästigen „Fehlerquelle der Messung“, also einer Mangelleistung, weg (man denke an die Überlegenheit des photoelektrischen Belichtungsmessers gegenüber der Schätzung der Beleuchtungsstärke mit dem Auge), gekennzeichnet durch die Inkonzanz der I-Schwelle bei Beleuchtungsstärkensprüngen, zu einem ungemein sinnvollen Fließgleichgewichtssystem und, unter Einbeziehung der Pupillenreaktion, servo-mechanistisches System mit Nachführung zum Ziele der Einstellung maximal möglicher U-Empfindlichkeit erhoben. Damit ist die Überlegenheit des Auges gegenüber technischen optischen Meßgeräten gerade durch die Adaptation einschließlich der Pupillenweitenänderung,

<sup>1</sup> KERN, E.: Z. Biol. **105**, 237—245 (1952).

<sup>2</sup> KÖNIG, A., u. E. BRODHUN: S.-B. Berl. Akad. **1888**, 917; **1889**, 641.

Nachföhrbewegung, Konvergenz und Akkomodation von RANKE hervor- gehoben worden. Diese Erkenntnis, die sich später auch am Ohr bestätigen ließ, führte ihn zu zwei weiteren großen Problemkreisen: Dem Suchen nach dem „Wie“ der Adaptation und nach der Schaltung zugehöriger biologischer Servomechanismen.

Das „Wie“, die Adaptation, sah RANKE in chemischen Vorgängen in der Netzhaut mit quantitativer Gültigkeit des Massenwirkungsgesetzes. Es muß ihn nach 10jährigem Suchen mit tiefer innerer Befriedigung erfüllt haben, als es ihm noch am 18. November, am Abend vor seinem Tod, gelang, eine Formel für die Abhängigkeit der Zusatzbildungsgeschwindigkeit der Erregungssubstanz  $dv$  von der Beleuchtungsstärkenstufe  $dJ$  zu finden, mit der die König-Brodhunschen, Kernschen und allem Anschein nach auch die Bakerschen<sup>1</sup> (Beleuchtungsstärkenabwärtsstufen) und die Hattwickschen<sup>2</sup> (Beleuchtungsstärkenaufwärtsstufen) Befunde beim Menschen ohne zusätzliche Hilfsmaßnahmen nur mit dem Massenwirkungsgesetz beschreibbar wurden:

$$dv = dJ \cdot \left[ \frac{k^2}{(J+k)^2} + \left( \frac{J^2 + 2Jk}{(J+k)^2} - \frac{J^2(t-\tau)}{J+k} + \frac{J \cdot J_0(t-\tau) - J_0}{J_0+k} \right) \cdot e^{-(J+k)t} \right].$$

Die Grundvorstellung für diese Formel war, daß die Erregung der Sinneszelle bei einem Reizsprung beschreibbar ist als die Differenz zwischen der Bildungsgeschwindigkeit einer Erregungssubstanz

$$v_1 = L \cdot k (a - ax)$$

mit

$L$  = Leuchtdichte,

$k$  = Konstante,

$a$  = Vorrat einer Vorstufe der Erregungssubstanz und

$x$  = Konzentration der Erregungssubstanz

und der Rückbildungsgeschwindigkeit

$$v_2 = k_2 \cdot ax \quad (\text{für monomolekulare Reaktionen}).$$

Das Proportional-Differential-Verhalten eines adaptierenden Systems mit initialem Overshoot und Abfall zum reizstärke-proportionalen steady-state-Wert, für den  $v_1 = v_2$  wird, ergibt sich hieraus zwanglos als Zeitfunktion des Erregungszustandes der Sinneszelle oder vergleichbarer Strukturen wie zentraler Synapsen. Die Rankesche Adaptationsgleichung läßt sich durch Integration der Stoffwechselgeschwindigkeit prinzipiell in die Konzentration der „Erregungssubstanz“ und damit in die Theorie des Generatorpotentials überführen, bedarf aber zur Erklärung der Proportional-Differential-Übergangsfunktion beim Reizsprung nicht einer zur Differenz zweier  $e$ -Funktionen zusätzlich erforderlichen additiven Konstanten zur Beschreibung eines endlichen steady-state-Wertes. Im Grunde steht die Rankesche Adaptationsvorstellung also gar nicht im Gegensatz zu anderen Hypothesen. Sie stellt vielmehr nur die chemischen Vorgänge zeitlich vor die elektrischen an der Membran und sieht die Hauptaufgabe der Sinneszellmembran in der Verschlüsselung der reizstärkeproportionalen Sinneszellerregung in die pulsfrequenzmodulierte Aktivität des abführenden Nerven. Ähnlich wie bei der

<sup>1</sup> BAKER, H. D.: Some direct comparisons between light and dark adaptation. J. opt. Soc. Amer. 45, 839 (1955).

<sup>2</sup> HATTWICK, R.: Dark adaptation to intermediate levels and to complete darkness. J. opt. Soc. Amer. 44, 223 (1954).

Streulichttheorie der Blendung wird die Bedeutung etwa der Akkomodation des fortleitenden Nerven für die im psycho-physischen Versuch meßbare Adaptation nicht verkannt. Aber quantitativ erscheint die chemische Sehpurpurumwandlung zumindest fürs Auge (nach der Transformation des Lichtquantens in den Umstoß des lichtsensiblen Moleküls in eine andere stabile Konstitution, z. B. durch Umspringen von Doppelbindungen in der nichtcyclischen Kette) bei RANKE als der wesentliche Teil des Zeitganges der Adaptation (ohne Berücksichtigung der Zapfenwanderung).

Das zweite Problem, die Suche nach der Schaltung zum Servomechanismus, wurde für RANKE durch die Blendversuche erst wieder angestoßen, zu einer Zeit also, als schon schöne quantitative Ergebnisse aus der Wagnerschen Schule, von DRISCHEL und von STEGEMANN vorlagen. Die Anwendbarkeit von Regelkreisbetrachtungen beschäftigten RANKE vielmehr schon in der Berliner Zeit, wo zwei Arbeiten veröffentlicht wurden, die schon ganz modern anmutende Blockschemata enthalten, wie „Regelung der Atmung“ (1943) und „Wärmeregulation bei Kälteeinwirkung“ (1944). Sicher ist an RANKEs frühzeitigem Interesse an biologischen Regelkreisen der Umstand nicht nebensächlich, daß der Bruder FRITZ RANKE als Reglerfachmann der Industrie und Herausgeber der einschlägigen DIN-Blätter ein stets anregender Gesprächspartner für den Physiologen OTTO F. RANKE war. Später kam, ausgelöst durch die Darmstädter Tagung 1954, der persönliche Kontakt mit OPPELT hinzu, dessen anschauliche Denkart RANKE besonders lag. Auch mit dem Nachbarn (für Institut und Heim) R. WAGNER verbanden RANKE auch auf diesem Gebiet enge Fäden. Es war RANKEs Lieblingsgedanke während der letzten Lebensjahre, die Grundfunktionen des Zentralnervensystems, beginnend beim Rückenmark, monographisch unter dem Gesichtspunkt der Regelungslehre vielleicht etwas ausführlicher, als das im Kolleg schon immer geschah, darzustellen. Noch im Krankenhaus im Sommer 1959 beschäftigte ihn das Problem logischer Schritte als allgemeines, vom Menschen unabhängiges „Schaltungs“prinzip, angeregt durch neueste Arbeiten OPPELTs<sup>1</sup>. Wenn RANKE auch diese Monographie nicht mehr vollenden konnte, so ist sie doch zu wesentlichen Teilen abgeschlossen. Sie wird als Torso auch im Buchhandel verfügbar sein.

Die restlichen Arbeitsgebiete RANKEs, Arbeiten und eine Monographie aus dem Gebiet des Stoffwechsels, der Arbeits-, Luftfahrt- und Wehrphysiologie, auch hier mit einer Monographie gekrönt und endlich methodische Arbeiten, wie ein Gerät zur Kohlenmonoxydmessung im Blutstropfen, ein Verfahren zur Registrierung laufender Wellen, treten gegenüber den ausführlicher dargestellten Hauptarbeitsgebieten deutlich zurück und beleuchten nur die Vielseitigkeit der Rankeschen Interessen. Erwähnt sei nur, daß RANKE während des zweiten Weltkrieges und auch anläßlich einer Beratung in Ernährungsfragen der Nachkriegszeit viel Unglück zu verhindern mitgeholfen hat. Er vermochte es gut, auch vor Nichtfachleuten dem von ihm so zitierten Bibelwort „Wer arbeitet,

<sup>1</sup> OPPELT: Werkst. u. Betrieb 90, 785—790, S. 789, Bild 14.

der soll auch essen“ Anschaulichkeit durch Zahlen zu verschaffen. In der Vorlesung nahm immer die Darstellung der Charakterveränderungen im Hunger und des Einflusses der Ernährung auf die Arbeitsleistung anhand der überzeugenden Versuche von KRAUT-LEHMANN<sup>1</sup> einen gebührenden breiten Raum ein.

RANKEs Denken war streng kausal. Sauberste Begriffsdefinitionen waren ihm eine *conditio sine qua non*, und hinter aller eigener Arbeit steckte ein unbestechlicher Selbstkritiker, dem ein scheinbar unversiegbarer Impetus, die echte Humboldtsche Neugier und eine angeborene Freude an guter Organisation der Arbeit aufs glücklichste die Waage hielten. Keine Tagung, keine Besprechung, von der RANKE nicht begeistert und angefüllt mit neuen Ideen zurückkam. Ähnlich spontan konnte er auf gute neue Arbeiten aus anderen Instituten reagieren und die Themen in stets fruchtbare neue Problemstellungen ausweiten. Obgleich er sich zweifellos am liebsten in mathematische Behandlungen gestellter Themata manchmal für Wochen und Monate vertiefte, war er doch auch ein durch und durch gediegener Experimentator ganz besonders auf dem Gebiet des Kreislaufs und der Psycho-Physik. Es mußte dann alles wie am Schnürchen klappen, und er pflegte — nach gelungenem Versuch — von der Zeit am Broemserischen Institut — „Brennt die Bogenlampe, läuft der Film, geht die Uhr?“ — in best-pointierten Anekdoten zu erzählen. Vorlesung und Kurs bereiteten ihm, der die Sprache meisterlich zu handhaben wußte, großes Vergnügen und innere Befriedigung. Die nach dem Kolleg diskutierten Stunden im Vorbereitungsraum gehörten für uns Jüngere zu den anregendsten und interessantesten des Tageslaufes, wie auch RANKE selber aus der Vorlesung, wie er immer betonte, viele Anregungen gewann. Den Kurs hat er sorgfältig ausgearbeitet, hat neue Kursaufgaben geschaffen und auch einmal ein Fortgeschrittenenpraktikum durchgeführt, das er allerdings, am mangelnden Geschick der Teilnehmer ungeduldig werdend, später wieder aufgab. Auch in der Fakultät unterzog er sich gewissenhaft allen an ihn gestellten Aufgaben einschließlich des Dekanates. Charakteristisch für RANKE war aber auch seine Freude am Handwerklichen, die sich keineswegs nur im Bau experimentell erforderlicher Apparaturen erschöpfte, sondern besonders auch dem Umbau des Institutes in den Jahren 1953—1955 in ganz ungewöhnlichem Maß zugute kam. Ob auf der Baustelle selbst, ob für die Installation der Laborräume oder für den Bau der Schalttafeln und Relaisätze der Hörsaal Einrichtung, RANKE hatte jedes Detail im Kopf und konnte oft durch rechtzeitiges Eingreifen bei den Maurerarbeiten, in denen z.B. ein Installationsschlitz vergessen war, fachmännisch helfend eingreifen. Wenn RANKE dementsprechend eine Eigenfertigung in der Institutswerkstatt dem Kauf fertiger Apparaturen vorzog, wenn das nur irgend vertretbar war, oder von manchen Assistenten mehrmonatige praktische Tätigkeit in der Werk-

<sup>1</sup> KRAUT-LEHMANN: *Biochem. Z.* 319, 209 (1949).

statt verlangte, so schien das im Augenblick manchmal einseitig, aber der ideelle Nutzen des Vertrautwerdens mit dem Handwerklichen, die Erwerbung eines Gefühls für die verschiedenen Werkstoffe und eines Überblickes über mechanische Möglichkeiten waren der Lohn für uns alle. Wenn RANKE sein Institut wirklich für die Sache der Physiologie begeistern konnte, so lag das nicht nur allgemein an seiner mitreißenden Persönlichkeit, die jeden, der um ihn war, in seinen Bann zwang, sondern auch daran, daß es nichts gab, was RANKE von anderen verlangte, was er nicht selbst besser und ausdauernder vorgemacht hätte, sei es der Ansatz einer Gleichung oder — fern allen Geheimratsallüren — das wohlgeplante eigenhändige Ausladen einer schweren Drehbank. RANKE war gewiß kein verbindlich-glatte Chef, im Gegenteil. Er konnte im Eifer der Durchführung einer fürs Institut notwendigen Aufgabe durchaus recht heftig werden, aber er war von einer solch entwaffnenden Aufrichtigkeit, Sauberkeit und Unbestechlichkeit mit einem so ausgeprägten Gefühl für Rechtlichkeit und Gerechtigkeit, daß jeder von uns stolz war, zu seinem Institut zu gehören. Auf seine Anerkennung, sparsam und kritisch gehandhabt, aber aus innerer Güte kommend, konnte man bauen. Seine Ablehnung war unerbittlich, immer wohl begründet, mehr auf ethischen als auf intellektuellen Maßstäben fundiert. Sie führte meist zum Weggang des Betroffenen und war über die Jahre hin eine vorzüglich funktionierende Selbstreinigung des Institutes. Doch gehörten gerade derartige Entscheidungen, auch in Prüfungen, zu den Pflichten, die RANKE, der von tiefem innerem Wohlwollen zu allen echten Jüngern der Wissenschaft getragen war, am schwersten fielen und die ihm lange zusetzten. Hier schöpfte er viel Kraft aus einem ganz weit gesteckten Vertrauen, das er selbst ohne Ansehen von Dienst- oder Lebensalter jedem Mitarbeiter guten Willens entgegenbrachte und das zu den beglückendsten Imponderabilien seines Institutes gehörte, das ihm aber auch vom ganzen Institut entgegengebracht wurde. Oder wie es WETTERER kürzlich formulierte:

„Das Fundament seiner Persönlichkeit empfing den Halt durch eine alles durchdringende Redlichkeit. Wenn diese als Gewissenhaftigkeit und Rechtlichkeit bisweilen übermächtig, sogar schroff, nach außen trat und ihren Träger und dessen Umwelt manches im Leben schwerer als nötig nehmen ließ, so sorgte für den Ausgleich immer wieder seine echte menschliche Wärme, verbunden mit einem besonders ausgeprägten Familiensinn, der in väterlicher Weise auch die Mitarbeiter umschloß.“

Die letzten Lebensjahre RANKEs nach seinem ersten Infarkt müssen für ihn von unerbittlicher Härte gewesen sein: Er, der gewohnt war, von sich das Letzte zu fordern, war nun gezwungen, eine *vita regulata* zu führen. Die großen Zacken zwischen körperlicher Überforderung und notgedrungenem Aussetzen müssen für RANKE, dem nichts schlimmer schien als drohendes geistiges Altern, und dem gegen den immer noch mächtigen Lebensimpetus der Herztod des Bruders ein stetes Menetekel bedeutete, ein Martyrium gewesen sein, das er mit unerhörter Selbstbeherrschung ertrug. Wenn wir alle, zuletzt er selbst,

gehofft hatten, nun sei als Lohn der Bescheidung ein neuer steady-state erreicht, wenn die wissenschaftliche Produktivität im November 1959 noch einmal einem Höhepunkt zuzustreben schien, so war der viel zu frühe Tod RANKE unter diesem Gesichtspunkt zwar auch der gefürchtete Herztod des Bruders, aber — im Schlaf, mitten aus der Arbeit — doch der Tod, wie ihn sich RANKE selbst gewünscht hätte, auf der Höhe seines Ansehens.

### Veröffentlichungen

von Professor Dr. O. F. RANKE

1. Über die Änderung des elastischen Widerstandes der Aortenintima und ihre Folgen für die Entstehung der Atheromatose. *Beitr. path. Anat.* **71**, 78 (1922).
2. Zur Frage der elastischen Systeme, besonders der der Aortenwand. *Beitr. path. Anat.* **73**, 638 (1925).
3. Über die verschiedenen Formen der Kompensation der Arterienwand und ihre Störungen. *Beitr. path. Anat.* **75**, 269 (1926).
4. Über eine selbsttätige Alkoholreihe. *Z. wiss. Mikr.* **45**, 46 (1928).
5. Spannungsmessung am Mikromanipulator. *Z. wiss. Mikr.* **45**, 67 (1928).
6. Über den Einfluß der Einspannung bei endlicher Dehnung. *Z. Biol.* **87**, 377 (1928).
7. Über die Registrierung der Kurve der Strömungsgeschwindigkeit bei ungleichmäßiger Strömung. *Z. Biol.* **90**, 167 (1930).
8. Über die Messung des Schlagvolumens des Herzens auf unblutigem Weg. Von PH. BROEMSER u. O. F. RANKE. *Z. Biol.* **90**, 467 (1930).
9. Beitrag zur Registrierung der Kurve der Strömungsgeschwindigkeit pulsierender Ströme, zugleich eine Erwiderung an OTTO FRANK. Von PH. BROEMSER u. O. F. RANKE. *Z. Biol.* **91**, 267 (1931).
10. Die Gleichrichter-Resonanztheorie. Habilitationsschrift. München: J. F. Lehmann 1931.
11. Das Resonanzmodell. *Z. Biol.* **93**, 231 (1932).
12. Das Entzerrungsgerät. *Z. Biol.* **93**, 227 (1932).
13. Die physikalische Bestimmung des Schlagvolumens des Herzens. Von PH. BROEMSER u. O. F. RANKE. *Z. Kreisl.-Forsch.* **25**, 11 (1933).
14. Die Dämpfung der Pulswelle und die innere Reibung der Arterienwand. *Z. Biol.* **95**, 179 (1934).
15. Physiologie der Schnecke und des Cortischen Organs. *Ergebn. Physiol.* **37**, 12 (1935).
16. Die Registrierleistung der Blutdruckmanschette. *Z. Biol.* **96**, 207 (1935).
17. Das Verhalten der Vasomotoren und des Herzens im Unterdruck. *Luftfahrtmed.* **1**, 120 (1936).
18. Die neuere Entwicklung der Hörtheorie. *Berliner Physiol. Ges. Klin. Wschr.* **1936**, 1117.
19. Der Kreislauf unter Beschleunigung. Versuche über die Wirkung der Beschleunigung auf der Zentrifuge an Mensch und Tier. *Sitzgsber. der Lilienthalges.* 1937.
20. Der Kreislauf unter Beschleunigung. Blutige Blutdruckmessung am Hund. Von R. KOENEN u. O. F. RANKE. *Luftfahrtmed.* **2**, 14 (1937).
21. Der Überlastungskollaps. *Dtsch. Mil.-Arzt* **2**, 461 (1937).
22. Ärztliche Fragen der technischen Entwicklung. Festvortrag. *Veröff. Heeres-sanitätswes.* **5** (1938).
23. Beschleunigungswirkung. *Luftfahrtmed.* **2**, 243 (1938).
24. Stufenphotometrische Kohlenoxydbestimmung im Blutstropfen. Von O. F. RANKE u. F. SEYDEL. *Veröff. Sanitätswes.* 1939 und *Dtsch. Mil.-Arzt* **4**, 223 (1939).
25. Arbeits- und Wehrphysiologie. Leipzig: Quelle & Meyer 1941.

26. Nachruf auf PHILIPP BROEMSER. Dtsch. med. Wschr. **1940**.
27. Nachruf auf PHILIPP BROEMSER. Forsch. Fortschr. dtsch. Wiss. **17**, 30 (1941).
28. Nachruf auf PHILIPP BROEMSER. *Ergebn. Physiol.* **44**, 1 (1941).
29. Das Massenverhältnis zwischen Membran und Flüssigkeit im Innenohr. *Akust. Z.* **7** (1942).
30. Leistung und Schutz der Sinnesorgane im Krieg. *Klin. Wschr.* **1942**, 1069.
31. Regelung der Atmung. *VDI-Z.* (1943).
32. Wärmeregulation bei Kälteeinwirkung. *Klin. Wschr.* **1944**.
33. Größe und Gewicht und ihre Korrelation bei 17—18 Jährigen. Von O.F. RANKE u. K. PFEIFFER. *Z. menschl. Vererb.- u. Konstit.-Lehre* **28**, 177 (1944).
34. Hygiene des Dienstes. A. Arbeits- und wehrphysiologische Grundlagen. Wehrhygiene (HANDLOSER u. HOFFMANN). Berlin: Springer 1944.
35. Arbeitsleistung und Ernährung. Priv. Forschungsinstitut für den Industrie- und Städtebau/B-231. Dachau, Manuskriptdruck 1947.
36. Die Bedeutung des Rohrer-Index für Körpergröße und Gewichtsnormen. a) Vortrag Wiesbaden 13. V. 1948. b) Vortrag Frankfurt. *Ber. ges. Physiol.* **135**, 440 (1949).
37. Die Theorie der physikalischen Schlagvolumenbestimmung. *Verh. dtsch. Ges. Kreisl.-Forsch.* **15**, 1 (1949).
38. Lehrbuch der Physiologie, Stoffwechsel und Ernährung. Von K. LANG u. O.F. RANKE. Hrsg.: W. TRENDELENBURG † u. E. SCHÜTZ. Berlin-Göttingen-Heidelberg: Springer 1950.
39. Folgerungen aus der Theorie der Flüssigkeitsschwingung in der Schnecke. Vortrag Göttingen, August/Sept. 1949 (Physiologen-Tagg). *Ber. ges. Physiol.* **139**, 183 (1950).
40. Deutung des Grundumsatzes. *Neue med. Welt* **1**, 1262 (1950).
41. Theory of operation of the cochlea. Vortrag Cambridge/USA, Juni 1950. *J. acoust. Soc. Amer.* **22**, 772 (1950).
42. Hydrodynamik der Schneckenflüssigkeit. *Z. Biol.* **103**, 409 (1950).
43. Tonhöhe und Frequenz. *Verh.ber. über die 22. Jahresverslg der Dtsch. Ges. der HNO-Ärzte, Hamburg* 10.—12. V. 1951. *Arch. Ohr., Nas.- u. Kehlk.-Heilk.* **159**, 237 (1951).
44. Die Nachwirkung der Blendung und die Readaptationszeit. Vortrag vor der Lichttechn. Ges. in Stuttgart 15.—17. XI. 1951. *Lichttechnik* **4**, Nr 3 (1952).
45. Registrierung laufender Wellen als Registrierprinzip. *Festschrift für A. MÜLLER. Arch. Kreisl.-Forsch.* **18**, 99 (1952).
46. Cochleaeffekt bei Verschluss des runden Fensters. Von RANKE, KEIDEL u. WESCHKE. *Acustica, Akust. Beih.* **3** H, AB, 145 (1952).
47. Knochenleitung nach Fensterungsoperation. *Kongr. der Hals-, Nasen-, Ohrenärzte, Bad Reichenhall* 30. V. 1952. *Arch. Ohr., Nas.- u. Kehlk.-Heilk.* **161**, 534 (1952).
48. Die Anpassungsfähigkeit des menschlichen Körpers an die durch die Technik veränderten Lebensbedingungen. Vortrag auf der Tagg der Dtsch. Verkehrswiss. Ges. in Köln 6. VI. 1952. *Z. Verkehrssicherheit* **1**, 201 (1952).
49. Die optische Simultanschwelle als Gegenbeweis gegen das Fechnersche Gesetz. *Z. Biol.* **105**, 224 (1952).
50. Das Hören bei Verschluss des runden Fensters. *Z. Laryng. Rhinol.* **31**, 467 (1952). RANKE, KEIDEL u. WESCHKE.
51. Physiologie des Gehörs. Lehrbuch der Physiologie. Hrsg.: W. TRENDELENBURG † u. E. SCHÜTZ. Berlin-Göttingen-Heidelberg: Springer 1953.
52. Die zeitlichen Beziehungen zwischen Reiz und Reizfolgestrom des Meerschweinchens. *Z.-Biol.* **105**, 380 (1953). RANKE, KEIDEL u. WESCHKE.
53. Bedeutung der Adaptation für die Konstanz der Reizgestalt. Vortrag vor der Dtsch. Physiol. Ges., Hamburg 16.—19. IX. 1952.
54. Rekrutment und Adaptation. Vortrag vor der Dtsch. Audiolog. Arbeitsgemeinschaft, Bremen 3./4. X. 1952.

55. Nachruf für Prof. Dr. med. FRIEDRICH HERMANN REEN, Münch. med. Wschr. **95**, 780 (1953).
56. Pulfricheffekt bei Blendung. Physiologen-Kongr. Homburg/Saar 1953. Ber. ges. Physiol. **162**, 350 (1954).
57. Bereichseinstellung der Sinnesorgane. Regelungsvortragsreihe, Darmstadt 2. IV. 1954. Beih. Regelungstechn. **1956**, 123.
58. Das Wesen des Rekrutments. Vortrag auf der Tagg der Dtsch. Audiolog. Ges. 5. X. 1953 Freiburg/Br. ZÖLLNER, Audiologie, S. 37. Stuttgart: Georg Thieme 1954.
59. Objektive Lichtverhältnisse bei der Blendung. Arbeitsphysiologie **15**, 388 (1954).
60. Die Fortentwicklung der Hörtheorie und ihre klinische Bedeutung. Vortrag auf der HNO-Tagg Pfingsten 1955, Konstanz. Arch. Ohr., Nas.- u. Kehlk.-Heilk. **167**, 1 (1955).
61. Macht Lärm krank? Sonderdr. aus „Die Bedrohung unserer Gesundheit“. Buchausgabe der gleichnamigen Sendereihe des Südd. Rundfunks. Stuttgart: A. Kröner. Vortrag am 25. V. 1956 Südd. Rundfunk. Vorwort für Bd. **16**, Z. angew. Physiol., einschl. Arbeitsphysiologie (1955).
62. Sehschärfe, Unterschiedsschwelle und Leuchtdichte. 23. Tagg der Dtsch. Physiol. Ges. in Münster vom 11. VI.—15. VI. 1957. Pflügers Arch. ges. Physiol. **266**, 69—70 (1957).
63. Sinnesorgane im Handbuch der Arbeitsmedizin. Band Arbeitsphysiologie. Hrsg.: G. LEHMANN. Berlin: Springer (im Druck).
64. Das Massenwirkungsgesetz als Grundlage der Adaptation. Für Z. Biol. vorgesehen. Gleichungssysteme angesetzt und gelöst.
65. Physiologie des Zentralnervensystems vom Standpunkt der Regelungslehre. Unvollendete Monographie. Hrsg.: W. D. KEIDEL. München u. Berlin: Urban & Schwarzenberg 1960.

### Vorträge

66. Ärztliche Fragen der technischen Entwicklung. Festvortrag. Veröff. Heeresanitätswes. **5** (1938).
67. Die Bedeutung des Rohrer-Index für Körpergröße und Gewichtsnormen. a) Vortrag Wiesbaden 13. V. 1948. b) Vortrag Frankfurt. Ber. ges. Physiol. **135**, 440 (1949).
68. Folgerungen aus der Theorie der Flüssigkeitsschwingung in der Schnecke. Vortrag Göttingen, August/Sept. 1949 (Physiologen-Tagg). Ber. ges. Physiol. **139**, 183 (1950).
69. Theory of operation of the cochlea. Vortrag Cambridge/USA, Juni 1950. J. acoust. Soc. Amer. **22**, 771 (1950). Votr. G. v. BÉKÉSY.
70. Von der quantitativen zur quantitativen Hörtheorie. Vortrag vor der Physikal. Med. Soc. am 26. VI. 1951 in Erlangen.
71. Referat: Knochenleitung. Tagg der Dtsch. Audiolog. Arbeitsgemeinschaft am 19./20. X. 1951 in Erlangen.
72. Die Nachwirkung der Blendung und die Readaptationszeit. Vortrag vor der Lichttechn. Ges. in Stuttgart 15.—17. XI. 1951. Lichttechnik **4**, Nr 3 (1952).
73. Warum und was müssen wir essen, die Grundlagen einer zweckmäßigen Ernährung. Vortrag im Dtsch. Museum in München am 13. XII. 1951.
74. Aufgaben und Aufbau der Sinnesorgane. Vortrag vor dem Lichttechn. Colloquium in Karlsruhe am 18. I. 1952.
75. Knochenleitung nach Fensterungsoperation. Kongr. der Hals-, Nasen-, Ohrenärzte, Bad Reichenhall 30. V. 1952. Arch. Ohr., Nas.- u. Kehlk.-Heilk. **161**, 534 (1952).
76. Die Anpassungsfähigkeit des menschlichen Körpers an die durch die Technik veränderten Lebensbedingungen. Vortrag auf der Tagg der Dtsch. Verkehrswiss. Ges. in Köln 6. VI. 1952. Z. Verkehrssicherheit **1**, 201 (1952).
77. Die Dilatation im Lichte der Herzmuskelphysiologie. Vortrag auf der 3. wiss. Ärzte-tag in Nürnberg am 27. VI. 1952.
78. Bedeutung der Adaptation für die Konstanz der Reizgestalt. Vortrag vor der Dtsch. Physiol. Ges., Hamburg 16.—19. IX. 1952.

79. Rekrutment und Adaptation. Vortrag vor der Dtsch. Audiolog. Arbeitsgemeinschaft, Bremen 3./4. X. 1952.
80. Die Anpassungsfähigkeit des menschlichen Körpers an die Technik am Beispiel der Blendung. Vortrag vor der Verkehrswacht Erlangen am 28. XI. 1952.
81. Die Grenzen der menschlichen Anpassungsfähigkeit. Vortrag vor dem Universitätsbund Erlangen. Zweigverein Bayreuth, in Bayreuth am 5. XII. 1952.
82. Bad Salzuflen 27. IV. 1953. Tagg der Nordwestdtsh. Physik. Ges.
83. Die Eigenschaften des menschlichen Auges (für ADAC München 17. IV. 1953).
84. Grenzen der Sinnesleistung. Vortrag auf der Jahresverslg der Bayer. Fahrlehrer in München am 26. IX. 1953.
85. Pulfricheffekt bei Blendung. Physiologen-Kongr. Homburg/Saar 1953. Ber. ges. Physiol. **162**, 350 (1954).
86. Die Unterschiedsempfindlichkeit des Auges unter Berücksichtigung der Adaptation. Folgerungen für die Gültigkeit des Weber-Fechnerschen Gesetzes. Vortrag am 17. XI. 1953 vor der Lichttechn. Ges. in Karlsruhe.
87. Bereichseinstellung der Sinnesorgane. Regelungsvortragsreihe Darmstadt 2. IV. 1954. Beih. Regelungstechn., S. 123 München: Oldenbourg 1956.
88. Das Wesen des Rekrutments. Vortrag auf der Tagg der Dtsch. Audiolog. Ges. 5. X. 1953, Freiburg/Br. ZÖLLNER, Audiologie, S. 37. Stuttgart: Georg Thieme 1954.
89. Objektivierung von Raum und Zeit in den Sinnesempfindungen. Vortrag vor dem VDI Nürnberg 23. IV. 1954.
90. Die Fortentwicklung der Hörtheorie und ihre klinische Bedeutung. Vortrag auf der HNO-Tagg, Pfingsten 1955 in Konstanz. Arch. Ohr-, Nas.- u. Kehl.-Heilk. **167**, 1 (1955).
91. Macht Lärm krank? Sonderdr. aus „Die Bedrohung unserer Gesundheit“. Buchausgabe der gleichnamigen Sendereihe des Südd. Rundfunks. Stuttgart: A. Kröner. Vortrag am 25. V. 1956 Südd. Rundfunk. Vorwort für Bd. **16**, Z. angew. Physiol., einschl. Arbeitsphysiologie (1955).
92. Sehschärfe, Unterschiedsschwelle und Leuchtdichte. 23. Tagg der Dtsch. Physiolog. Ges. in Münster vom 11. VI. — 15. VI. 1957. Pflügers Arch. ges. Physiol. **266**, 69—70 (1957).
93. Reiz und Erregung beim Hören. Vortrag Audiometrischer Kurs in Würzburg in der Hals-, Nasen-Ohrenklinik der Universität am 14. XI. 1957 (unveröffentlicht).
94. Die gegenseitige Abhängigkeit der Empfindungskordinaten der menschlichen Sinne. Diskussionstagg des Ausschusses für Funkortung e. V. Düsseldorf, 4.—8. Jan. 1960 im Haus der Technik in Essen. Posthum vorgetragen von Prof. KEIDEL.