

THE DISCOVERY OF THE
LAMINA BASALIS CHOROIDEAE
BY
CARL WILHELM LUDWIG BRUCH
(1819 – 1884)

Claudia Zrenner

Munich

Table of contents

Introduction

A. BRUCH's life and career as a scientist

- *Family background and education*
- *Postdoctoral work and first academic appointments in Heidelberg and Basel*
- *BRUCH's appointment in Giessen and quarrels with colleagues*
- *BRUCH's retirement and death*

B. BRUCH's scientific achievements: A selection and a survey

I. BRUCH's topics of research

II. BRUCH's membrane

- *BRUCH's discovery of the Lamina basalis choroideae*
- *Subsequent achievements in the search for the structure, function and clinical importance of BRUCH's membrane*
- *Chronology of important ancillary developments and scientific advances concerning BRUCH's membrane after 1844*

III. BRUCH's biochemical, pathological and osteological studies

- *On haemoglobin*
- *On rigor mortis*
- *On malignant tumors*
- *On embryology and evolution*

C. BRUCH's personality and views concerning the natural sciences

Epilogue

Introduction

In the middle of the 19th c., the arrangement of the several retinal layers was still subject of considerable confusion and controversy. **BRUCH** (1844b, p. 9) speaks of “the mysterious, much-discussed *tunica Jacobi*” described by the Irish anatomist and ophthalmologist **ARTHUR JACOB** (1819) in his article “*An account of a membrane in the eye now first described*”; **JACOB**’s membrane was indeed associated with a variety of retinal structures; **FRIEDRICH ARNOLD** (1832) assigns it to a *pigmented* layer, calling it “*stratum cinereum pigmenti s. membrana Jacobi*”. On the other hand, **JACOB HENLE** (1841), following the terminology “*Membrana Jacobiana s. Stratum bacillosum*” of **EMIL HUSCHKE** (1835, p. 238), identified **JACOB**’s discovery with the rod-layer and mentioned that it was often mistaken for the pigmented layer of the choroid: “*Da weder JACOB noch die Anatomen, welche sich nach ihm mit diesem Gegenstande beschäftigten, die Charaktere dieser Haut erkennbar genug angaben*” (**HENLE**, 1841, p. 738). (“Since neither **JACOB** nor the anatomists who studied this object described the characteristics of the membrane clearly enough”.)¹

In 1844, the year of **BRUCH**’s discovery, there seems to have been no evidence for an *additional* layer between the choroid and the pigmented epithelium. **HUSCHKE** (1844, pp. 713–714) writes: “*Die Stäbchenschicht oder Jacob’sche Haut (. . .) liegt unmittelbar unter der Aderhaut, ohne jedoch mit ihr verwachsen zu sein*”. (“The layer of rods or **JACOB**’s membrane lies immediately beneath the choroid, without being conjoined in man”.) Apparently in 1844, even recognized anatomists still confused pigment epithelium and rod layer. In this light, **BRUCH**’s achievement, his technical acumen and his inductive thinking which enabled him to render visible a membrane ten to fifty times thinner than either the pigment epithelium cells or the rods’ outer segment seem all the more marvelous.

The following paper shall describe **BRUCH**’s life and career as a scientist, his scientific goals, achievements and struggles which shed light on the general conditions of research and on academic life in the middle of the 19th century; besides discussing the circumstances and antecedents of **BRUCH**’s discovery of the *Lamina basalis choroideae*, this paper presents the wide range of his inter-

¹ A careful reading of **ARTHUR JACOB**’s original article (1819) does not provide a final answer to the question whether or not **JACOB** discovered what is called today “**BRUCH**’s membrane”. Many elements of his description of “a new membrane in the eye” could indeed apply to **BRUCH**’s membrane; however his mention of “turning the membrane over the black choroid coat” (**JACOB**, 1819, p. 303) implies that he had removed **BRUCH**’s membrane and the pigment epithelium together with the choroid and was in fact dealing with the receptor layer of the retina. This conclusion is supported by **JACOB**’s remark that his membrane “in the bird presents a rich yellow brown tint” (**JACOB**, 1819, loc. cit.), nowadays explained by colored oil droplets in the bird’s receptor layers.

ests as they are reflected in his publications and summarizes achievements in the subsequent search for the ultimate structure, physiological functions and clinical importance of BRUCH's membrane.

A. BRUCH's life and career as a scientist

Family background and education

CARL WILHELM LUDWIG BRUCH, son of the Hessian notary public **CARL FRIEDRICH BRUCH** (1789–1857), was born in Mainz on May 1st, 1819. BRUCH's parents were both natives of Saarbrücken, a small town in the Saarland, but had moved to Mainz as a result of its occupation by Napoleon's troops. BRUCH's father, an enthusiastic ornithologist, owned a remarkable collection of preparations of European birds. His collector's instinct and his interest in biology undoubtedly stimulated his son's intellectual development from a very early age on. (BRUCH, 1862a, p. 182; see footnote 25a for quotation).

In the year 1837, the young BRUCH began to study medicine in Giessen. In the Fall of 1840, he travelled to Berlin to attend lectures by **JOHANNES MÜLLER** (1801–1858), the most distinguished German physiologist of that time. In Berlin he became acquainted with a young assistant of MÜLLER's, **JACOB HENLE** (1809–1885), who was to influence his scientific career and sponsor his "Habilitation"² at the university of Heidelberg in 1845. In July of 1842, BRUCH received his doctoral degree from Giessen as "*doctor medicinae, chirurgiae et obstetricae*".

— Postdoctoral work and first academic appointments in Heidelberg and Basel

Subsequently **BRUCH** spent ten months in Vienna and eight months at the university of Zürich for postdoctoral training, as he writes in his letter to the Dean of the medical faculty in Heidelberg in January 1845. Vienna was especially attractive to anatomists, not only because of the Medical School's fascinating collection of anatomical wax models out of **PAOLO MASCAGNI**'s (1752–1815) workshop, but also because of its renowned medical faculty. In the 1840's, the celebrities included such teachers as **JOSEPH BERRES** (1796–1844), professor of anatomy (1831–1844), who concentrated on microscopical anatomy, and **KARL von ROKITANSKY** (1804–1878), professor of pathological anatomy (1834–1875), whose revolutionary "*Handbuch der pathologischen Anatomie*" had just been published. Finally, the improved, multiple-lens microscope constructed by the Viennese optician **SIMON PLÖSSL** (1794–1875) was a critical instrument for histological investigations; it had only recently become available to the public and opened new horizons in

² i.e. the thesis that in German-speaking countries serves as a qualification for a faculty-chair.

microscopical anatomy (Fig. 1). **BRUCH** mentions using **PLÖSSL**'s microscope in the preparations leading to his discovery of the Lamina choroideae basilaris in 1844, later named after him "*BRUCH's membrane*" (detailed discussion below).

In January of 1845, **BRUCH** applied to the Dean of the medical faculty in Heidelberg for permission to present himself for examination as "*Privatdozent*"³. In his Habilitation-thesis, "*Nonnulla de rigore mortis*" (**BRUCH**, 1845a), **BRUCH** presented arguments against **EMIL DU BOIS-REYMOND**'s theory of *rigor mortis*, based on animal electricity; he convincingly characterized the process in terms of physics and chemistry, coming quite close to present-day views of this phenomenon (see below). **BRUCH**'s "Habilitation" was rated excellent "*summa cum laude*". From the winter of 1845 to the summer of 1850 he lectured on anatomy in Heidelberg in the old institute of anatomy, which in **BRUCH**'s times was housed in a former Dominican cloister (Fig. 2).

In the year 1850, **BRUCH** was offered the chair of anatomy and physiology in Basel, in succession to **C. G. Jung** (1794–1864). The portrait (Fig. 3) showing **BRUCH** in his early thirties was taken during this time. The anatomy institute in Basel where **BRUCH** taught from 1850 to 1855 is the subject of the etching in Fig. 4.

In 1851, **BRUCH** married his mother's younger step-sister **MARIA MAGDALENA RETTIG** of Schwetzingen, who bore him four children (see family tree in the appendix). Various members of the **BRUCH** family as well as colleagues from the medical faculty in Basel were chosen as god-parents, according to the State Archive of the canton of Basel (Staatsarchiv des Kantons Basel-Stadt). **E. BONJOUR** describes **BRUCH**'s activity in Basel in the following terms⁴. "*Um einen tüchtigen neuen Dozenten zu gewinnen, begab man sich*

³ The academic title reserved to a faculty member who has qualified himself through the "Habilitation" (see above) for — but does not yet hold — a faculty chair.

⁴ "In order to engage an industrious new teacher, (a delegation was sent) to Heidelberg to interview potential candidates; the choice fell upon the 28 year-old Privatdozent **KARL BRUCH** of Mainz, previously assistant professor at the institute of physiology and anatomy. With the (financial) support of the Freiwillige Akademische Gesellschaft, **BRUCH** was offered a full professorship; the same year, he began to lecture on 'Normal Anatomy and Physiology', subjects which were taught only in increasingly rare places by a single man. Through his indefatigable labors **BRUCH** contributed greatly to the felicitous conditions which prevailed in the medical faculty with an enrollment of eighteen to twenty students. One would find him from morning until night in the institute, teaching or independently conducting research. In his person, students had an invaluable teacher, regarding particularly the most important and the most difficult subjects, on account of his marked talent as a scientist. **BRUCH**, however, was unable to support his family on an exceedingly low salary of SwFr. 1500 and the meagre income from tuition fees without having to bring yearly financial sacrifices. The modest additional benefits granted to this deserving teacher were unable to attach him to Basel when he was called in 1855 to a similar post in Giessen." (**E. BONJOUR**, 1960, p. 580)

nach Heidelberg, besprach sich dort mit möglichen Kandidaten und entschied sich für den achtundzwanzigjährigen Privatdozenten Karl Bruch aus Mainz, bisher Assistent des Physiologisch-Anatomischen Instituts. Mit Hilfe der Freiwilligen Akademischen Gesellschaft wurde er zum o. Prof. berufen und begann noch im gleichen Jahr über 'Normale Anatomie und Physiologie' zu lesen, die anderswo immer seltener in einer einzigen Hand vereinigt waren. Durch seinen unermüdlichen Eifer trug er viel zu dem erfreulichen Zustande bei, in welchem sich damals die Medizinische Fakultät mit einer Zuhörerschaft von achtzehn bis zwanzig Studierenden befand. Man traf ihn den ganzen Tag teils dozierend, teils für sich arbeitend im Institut an. An ihm besaßen die Studierenden einen Lehrer, der ihnen gerade in den wichtigsten und schwierigsten Fächern durch sein entschiedenes Forschertalent von unschätzbarem Werte war. Aber Bruch konnte, als Familienvater, mit dem überaus niedrigen Gehalt von Fr. 1500 und den spärlich fallenden Kollegiangeldern in Basel nicht wirtschaften, ohne daß er jährlich pekuniäre Opfer brachte. Die kleinen Gehaltszulagen, die man dem verdienstvollen Dozenten bewilligte, vermochten nicht, ihn hier festzuhalten, als ihn 1855 ein Ruf nach Giessen erreichte" (E. BONJOUR, 1960, p. 580).

So far, no students have been discovered whose doctoral thesis **BRUCH** might have sponsored in Basel. However, the Staatsarchiv Basel communicated the following piece of information:

"Gemäss (Fakultäts)protokoll examinierte **BRUCH** unter anderen den später berühmt gewordenen Anatomen **WILHELM HIS** (1831–1904) im September 1854 in Anatomie (Milz und Endigungen der Nerven)."⁵

According to **HIS**' memoirs, **BRUCH** had no influence on his thesis: "Die Dissertation sollte nachgeliefert werden, und so setzte ich mich in der nachfolgenden Zeit an deren Bearbeitung. (. . .) Ich mikroskopierte in einem kleinen auf der Rheinmauer des Kollegiumgebäudes aufgesetzten Häuschen im Arbeitszimmer meines Schwagers **MIESCHER** und hatte als Zimmernachbar **C. BRUCH**, in dessen Verhalten indessen schon damals Eigentümlichkeiten hervortraten, die mit seiner späteren Krankheit in Verbindung stehen mochten" (quoted after **LUDWIG**, 1965, p. 48).⁶

On the other hand, the fact that **BRUCH** was elected Dean of medical faculty in 1852 (**KOLB**, 1951, p. 116) does not lend support to **HIS**' retrospect assessment of **BRUCH**.

⁵ According to the faculty records, **BRUCH** examined the later famous anatomist **WILHELM HIS** (1831–1904) in September 1854 in anatomy (spleen and nerve endings)."

⁶ "The dissertation was to be handed in at a later date, so I than began to revise it (. . .). I examined my preparations under a microscope in a tiny building set upon the Rhinewall of the institute, in my brother-in-law **MIESCHER**'s study; my next-door neighbour was **C. BRUCH**, whose behaviour already manifested peculiarities which may have been connected to his later illness." (quoted after **LUDWIG**, 1965, p. 48)

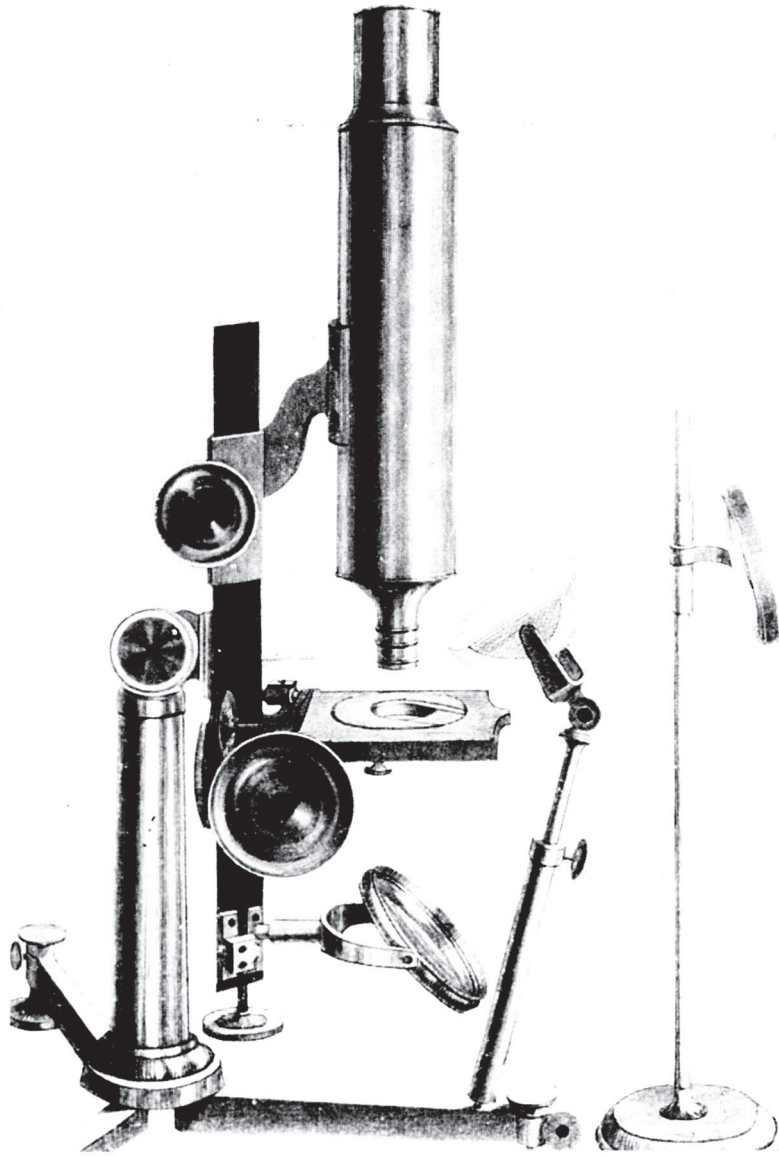


Fig. 1: PLÖSSL's microscope. Colored copper-engraving by HUMITSCH after a drawing by CARL VON NAGEL. Source: JOSEPH BERRES, *Anatomie der mikroskopischen Gebilde des menschlichen Körpers*, vol. I. Vienna (1836). According to V. PATZELT (1947, p. 6). PLÖSSL used (in addition to 3–6 oculars) objectives consisting of 7, later of 9 achromatic double-lenses, which, aligned in varying numbers, could be combined to 4 to 5 different systems with a 25- to 500-fold magnifying power.



Fig. 2: The old anatomy institute of the university of Heidelberg, housed in a former Dominican Cloister until 1849. Drawing dated 1830, unsigned. Source: Archives of the Heidelberg University Library. By permission of the rector of the Ruprecht-Karls-University Heidelberg.

—BRUCH's appointment in Giessen and quarrels with colleagues

In the Fall of 1855, **BRUCH** transferred to Giessen to succeed **THEODOR L. W. BISCHOFF** (1807–1882) as professor of anatomy and physiology. He lectured on “General Anatomy or Histology”, “Embryology”, “Pathological Anatomy” and “Teratology”. Fig. 5 offers a view the anatomy institute built according to plans by **BISCHOFF** in Giessen.

After eight semesters of teaching, **BRUCH** had to retire and yield up his post as Director of the Anatomy and Physiology Institutes. His successor, **CONRAD ECKHARD** (1822–1905), conjectured, “daß schon in der Zeit seines Hierseins sich eine Geisteserkrankung zu entwickeln begann”.⁷ **ECKHARD**, who had passed his Habilitation-exam in Giessen in 1849 and had been prosecutor under **TH. BISCHOFF** since that year, mentions: “wiederholten und ersten Beschwerden seitens der Zuhörer über (BRUCH's) Verfahren beim Unterricht, in Folge derer “eine Ministerialcommission erschien und während mehrerer Tage eine Prüfung vornahm”, die “zur Enthebung seiner Ämter 1860 führte”. He continues: “Mit dem Weggang **BISCHOFF**'s nach München traten für nur wenige Jahre kleine Veränderungen ein. An die Stelle von **BISCHOFF** wurde **BRUCH** berufen und zum Direktor beider Institute ernannt. Die Physiolo-

⁷ “that some sort of mental illness began developing in BRUCH's years at the University of Giessen.”



Fig. 3: Portrait of CARL W.L. BRUCH, around 1851. By permission of the Basel University Library.

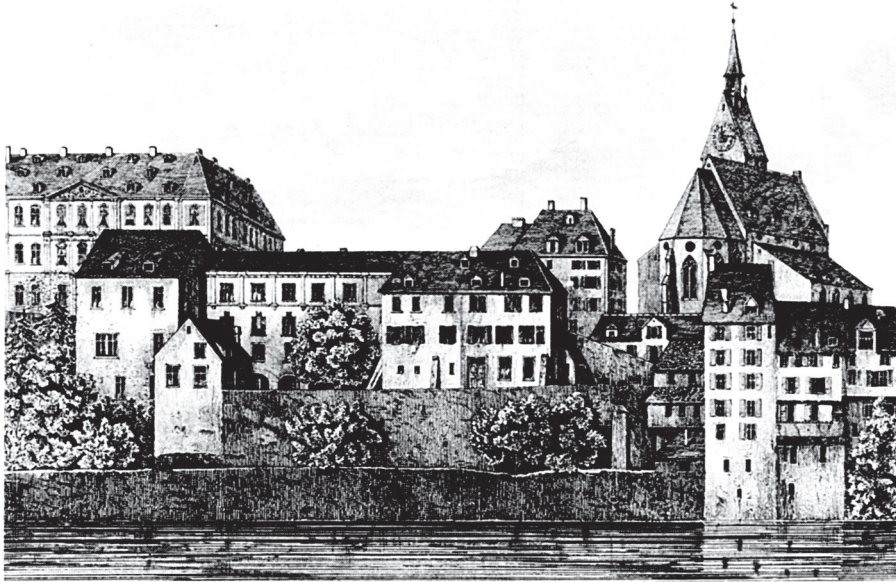


Fig. 4: The Lower College in Basel in 1850. Source: WILHELM HIS (1885, p. 36).

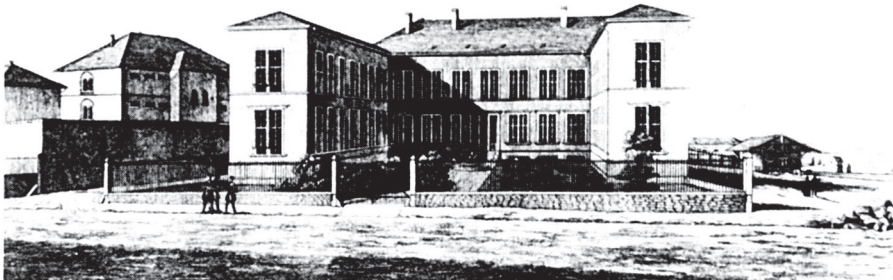


Fig. 5: The Anatomy-Institute in Giessen around 1850. Source: BISCHOFF (1852).

gie hat er aber nie gelehrt. Ich, bis dahin Prosektor, wurde Extraordinarius in der med. Fac. mit der Verständigung, die Physiologie zu lehren. . . Kurze Zeit darauf, bei Gelegenheit einer Berufung nach Königsberg, wurde ich hier zum ord. Prof. in der med. Fac. ernannt mit dem Bedeuten jedoch, daß man BRUCH das Directorium des physiologischen Instituts nicht nehmen könne. . . Ich empfand es oft recht drückend, daß die Direction des physiologischen Instituts nicht in meinen Händen war. Ich unterließ aber jeden Antrag auf Änderung der Verhältnisse, als sich schon damals die Ereignisse anfangen vorzubereiten, die . . . zur Enthebung seiner Ämter 1860 führte, . . . Da der begabte Mann 1884 im Irrenhaus zu Heppenheim starb, so geht man wohl kaum in der Annahme fehl, daß schon in der Zeit seines Hierseins sich eine Geisteserkrankung zu entwickeln begann.”⁸ It should be noted that no substantive evidence for the complaints about BRUCH’s manner of proceeding in his lecture mentioned by ECKHARD have turned up so far, in spite of careful searches. Several unpublished letters from the Giessen university archives shed interesting light on the general working-conditions and special problems with which BRUCH and his colleagues on the medical faculty had to deal with.

For instance, it had been customary that corpses reaching the anatomical theatre during the *summer* term be transferred immediately to the professor of *surgery*, ADOLPH CARL GUSTAV WERNHER (1809–1883) who required them for demonstration purposes in his course on operative surgery. On the other hand, corpses available during the *winter* term were reserved for BRUCH’s section course, which was offered together with the anatomy-lecture. In a letter from the Ministry of the Interior dated May 11th, 1857 it says:

“In dem laufenden Semester hat dagegen die genannte Direction (des anatomischen Instituts) in der angegebenen Beziehung eine Änderung eintreten lassen, in Folge derer die Übergabe der Leichen an den Professor der Chirurgie

⁸ “repeated and serious complaints voiced by the audience regarding BRUCH’s manner of proceeding in his lectures” which led to “the appearance of a ministerial commission charged with conducting an investigation lasting several days and resulting in BRUCH’s dismissal in 1860.” He continues: “When BISCHOFF transferred to Munich, negligible changes took place which lasted only for a few years. BRUCH was called to replace BISCHOFF and was nominated director of both institutes. However, he never taught physiology. I, up to then prosector, became Extraordinarius (i.e. full professor, but without a proper chair in the faculty. Author’s note). With the understanding that I would teach physiology . . . shortly thereafter, at the occasion of an offer to join the medical faculty in Königsberg, I was granted a chair in the med. fac., accepting the fact that it would be impossible to relieve BRUCH of his position as director of the Physiological Institute . . . I found it often quite depressing, not to be in charge of the Physiol. Institute. I refrained, however, from proposing any change in the existing situation, when the very events which led to BRUCH’s dismissal began to take place, . . . Since this talented man died 1844 in an asylum in Heppenheim, it is probable that during his years at Giessen a mental disease had already begun to develop.” (ECKHARD, 1907, pp. 16–18).

unterblieben und diesem sonach das erforderliche Unterrichtsmaterial für die Operationschirurgie entzogen worden ist".⁹ BRUCH's actions thus necessarily led to serious conflicts with his colleague **WERNHER** despite the fact that BRUCH and WERNHER were cousins, since WERNHER'S father had married one of BRUCH's aunts (see appendix for family tree).

During the same semester, **BRUCH** collided with another colleague, the anatomist **Hermann WELCKER** (1822–1897). Apparently, the latter had complained of the short supply of microscopes and of the fact that the assistant was not sufficiently available.¹⁰ During his first term, **BRUCH** had conducted the course on anatomical section *together* with **WELCKER**; subsequently, he ostentatiously scheduled his course to coincide with **WELCKER**'s. **BRUCH**'s financial distress and thus his dependence on tuition fees for a living may have been partly responsible for this overtly uncooperative behavior.

From the viewpoint of the historian of science it is most interesting to realize that in 1856 **WELCKER** had developed *a new technique* in microscopical preparations, the *microtome*, which — as **JOHANN EVANGELISTA PURKINJE** (1800–1877) had shown — was far more revealing than manually prepared sections (cf. J.-H. SCHARF, 1963, p. 487). **BRUCH**, who taught the traditional method of histological preparation, in its most sophisticated and difficult form, was certainly unable to *elicit* the same enthusiasm from students as his colleague **WELCKER**, who introduced a revolutionary, more manageable and exciting technique. As a representative of the older generation of anatomists, **BRUCH** probably despised the microtome as much as his colleague **ALFRED WILHELM VOLKMANN** (1800–1877) in Halle, who is said to have left his prosector's demonstration saying: "*Lasst mich aus mit Eueren Tüfteleien, ich schneide mit freier Hand.*" ("Leave me alone with your hair-splitting subtleties, I cut by hand!"). But, continues **J.-H.SCHARF** (1963, p. 487), "*Der Siegeszug des Mikrotoms war trotzdem nicht aufzuhalten*" ("the triumphal march of the microtome was not to be held up").

It is an irony of history that the old-fashioned manual technique perfected by **BRUCH** had alone been capable of revealing these ultrafine structures which were not resolvable in serial sections by the microscopic techniques available in **BRUCH**'s times. These fine membranes, by themselves invisible under these microscopes, could be made visible only by manipulating the various layers and watching the movements within the tissue, an observation impossible to make in serial sections.

⁹ "During the (summer-) term, the directorate of the anatomy-institute has introduced a change in this arrangement, to the effect that corpses have no longer been transferred to the professor of surgery, thus depriving the latter of the necessary teaching material." (Source: University Archives, Giessen)

¹⁰ These facts can be inferred from an unpublished letter written by **BRUCH** on May 25th, 1857. (Source: University Archives, Giessen)

— *BRUCH's retirement and death*

During the summer term of 1857, **BRUCH**'s lectures were attended only by a very small number of students; **BRUCH** began announcing private tutorials in his home instead of offering public lectures, a practice which led to a report of the university to the Ministry of the Interior in Darmstadt (August 12th, 1857, fig. 6), ultimately leading to **BRUCH**'s dismissal. Whether an incipient illness was responsible or not can no more be ascertained, since no record of **BRUCH**'s life at Heppenheim have been preserved (by personal communication of the asylum's director).

Following his retirement from teaching, **BRUCH** moved to Frankfurt, closer to his friend, the anatomist **J. C. LUCÆ** at the Senckenberg Institute of Anatomy. **BRUCH**, a corresponding member of the Senckenberg Society since 1853 became "an active contributor to the Society's publications and held well-frequented lectures"¹¹ After 1860 **BRUCH** concerned himself mainly with embryological problems. On January 4th 1884, **BRUCH** died in Heppenheim. He was buried in Offenbach on the Main, his last place of residence. His tombstone, however, no longer exists.

B. **BRUCH**'s scientific achievements: A selection and a survey

1. *BRUCH's topics of research*

Starting in 1844, the year his now-famous monograph "*Untersuchungen zur Kenntniss des körnigen Pigments der Wirbelthiere in physiologischer und pathologischer Hinsicht*" (1844b) appeared, **BRUCH** published until 1873 nearly sixty articles, primarily in renowned scientific journals of the period such as **HENLE** and **PFEUFER**'s "*Zeitschrift für rationelle Medizin*", or **SIEBOLD** and **KÖLLIKER**'s "*Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie*", and a series of papers written with a broader audience in mind, in "*Abhandlungen der Senckenbergischen Naturforschenden Gesellschaft*", in "*Berichte über die Verhandlungen der naturforschenden Gesellschaft in Basel*" or in "*Neue Denkschriften der Allgemeinen Schweizerischen Gesellschaft für die Gesammten Naturwissenschaften*".

BRUCH focussed his analytical mind on a great number of important problems addressed by the scientific community in his day. Inspired by **FRIEDRICH TIEDEMANN** (1781–1861) and **LEOPOLD GMELIN** (1788–1853), **BRUCH** examined in a series of experiments the physical and chemical changes underlying the various colorations of blood.

¹¹ cf. obituary notice in: *Berichte der Senckenbergischen Naturforschenden Gesellschaft* 7, (1883/84) p. 7.

In his paper on granular pigments (1844b) **BRUCH** not only investigates the different forms and the distribution of various pigments in several vertebrates (including humans), but describes his discovery of a separate membrane in the retina (see below).

A significant number of papers including a lengthy monograph are devoted to cancer research, its forms, growth and diagnosis (BRUCH 1846d–1849d) and its relation to embryology.

II. BRUCH's membrane

— BRUCH's discovery of the *Lamina basalis choroideae*

BRUCH's first major monograph (1844b) deals with vertebrate pigments, in particular with the structure and formation of normal pigments and of pigments resulting from pathological processes. **BRUCH** examined various animal and human eyes under the microscope (Fig. 7). He writes (1844b, p. 6):

*„Jedem Untersucher muss, wenn er eine Partie Pigment von der Choroideae abstreift, die enorme Masse von Kernen auffallen, die mitten unter den abgestreiften Pigmentzellen umher liegen und oft das ganze Sehfeld bedecken. Zuerst beim Schweine fiel es mir auf, dass diese Kerne in grösseren Gruppen zusammenhalten, und beim Zugiessen von Flüssigkeit (Wasser, Essigsäure) unter dem Microscope sich in flächenartigen Ausbreitungen bewegen, so dass ich auf die Vermuthung kam, sie möchten durch irgend ein zähes Bindemittel vereinigt sein.“*¹²⁻¹

Apparently, **BRUCH** initially assumed a colloid agent responsible for the cohesion of the cell nuclei he had observed under the microscope. It was only after a series of experiments with varying light-intensities and chemicals that he was able to convince himself that he was confronted with a separate membrane (BRUCH, 1844b, pp. 6–7): *„Es ergab sich dann auch nach genauerer Besichtigung bei gedämpftem Lichte, dass viele von ihnen auf einer sehr zarten, glashellen, structurlosen Membran aufsitzen, welche letztere durch Essigsäure noch durchsichtiger wird, zugleich aber ihre schmalen Fältchen deutlicher hervortreten lässt, die ihr stellenweise ein fasriges Aussehen geben. Dass keine wirkliche Faserung Statt hat, sah ich sehr gut, wenn ich die Membran flottiren*

¹²⁻¹ “Upon removing a bit of pigment from the choroid, every observer must have noticed the enormous mass of nuclei which lie scattered beneath the removed pigment cells and often cover the entire field of vision. (. . .) In the eye of pigs I first noticed that these nuclei are assembled in larger groups; when I added a liquid (water, acetic acid) to the preparation, these nuclei spread in what seemed to be a plane surface, so that I conceived the idea that they might be joined together by some resilient binding agent.”

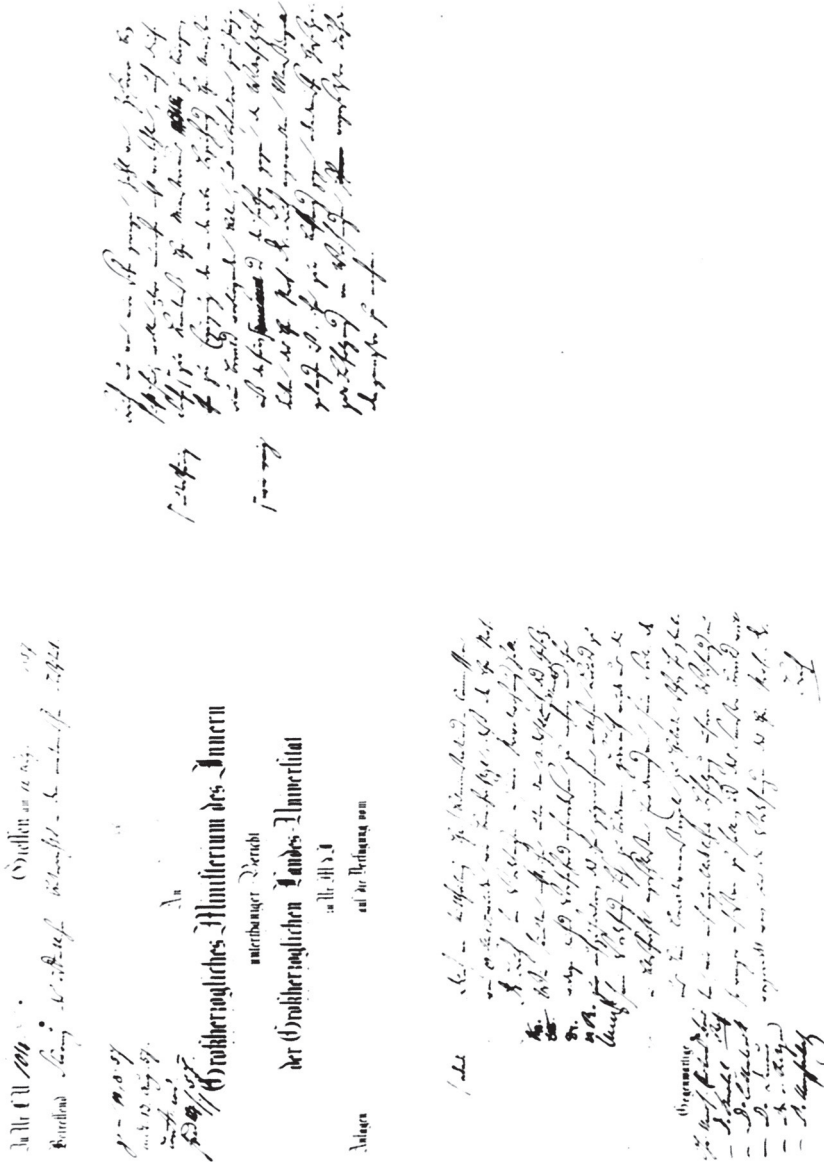


Fig. 6a/b: Photograph of the Letter of the University to the Ministry of the Interior dated August 12th, 1857, filing a complaint against Prof. Dr. BRUCH “who is said to lecture in his private home, despite official admonitions informing him of the illegality of his manner of proceeding”. By courtesy of the Archives of the Justus-Liebig-University Giessen.

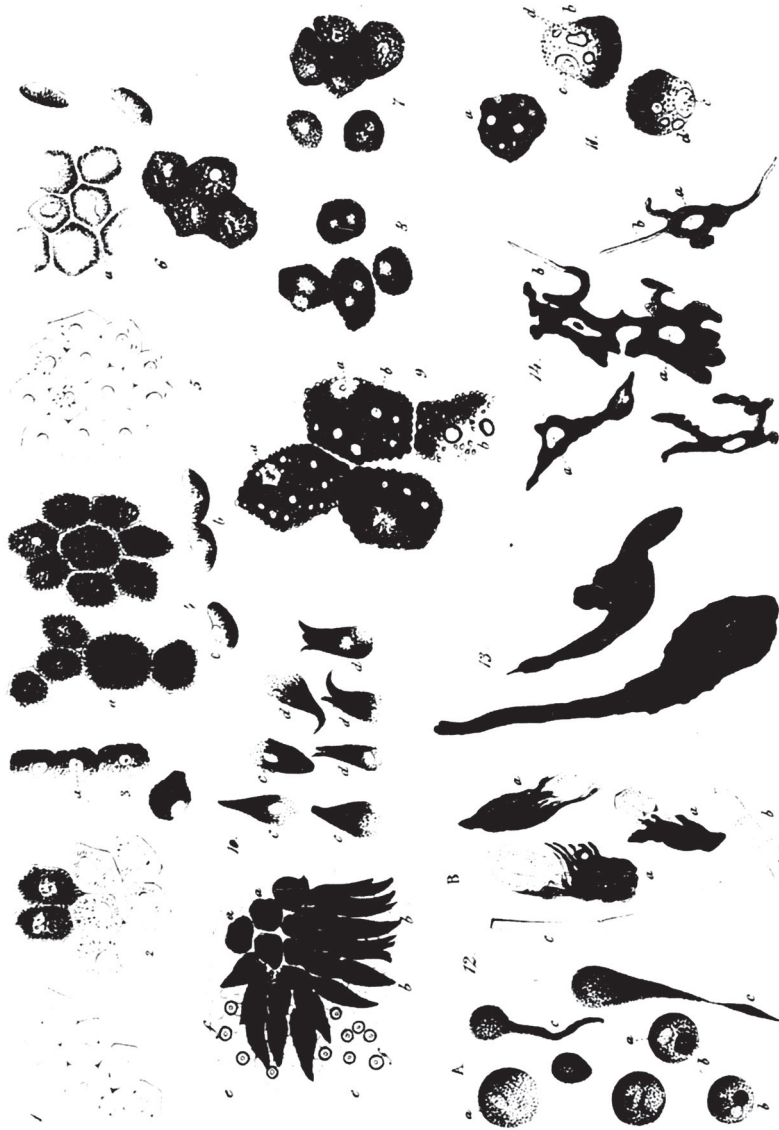


Fig. 7: Lithographed ink-drawings by C.W.L. BRUCH of pigment cells of the choroid in cow (Nr. 4), in pig (Nr. 6), in man (Nr. 7, 8) in rabbit (Nr. 9), in duck (Nr. 10), in frog (Nr. 11), in pike (Nr. 12), in carp (Nr. 13); pigmented cells of the Lamina fusca in man (Nr. 14). The magnification is 330x using PLOSSL's microscope, ocular 1 and lenses 5, 6, and 7.

liess, oder nach Färbung mit Jod, das auch die Conturen deutlich macht. Feste Theile werden vom Jod immer gelber gefärbt, als die umgebende Flüssigkeit.¹²⁻²

He also made sure that he was not dealing with an artifact resulting from his preparation-technique (BRUCH 1844b, p. 7): „Von geronnenem Zelleninhalte, der oft ähnliche Formen bildet, in welche Zellen und Zellkerne zufällig eingeschlossen werden können, unterscheidet man sie sehr leicht durch ihre gleichmäßige Dicke und Durchsichtigkeit, durch die Falten und die häufige Veränderung derselben; ferner dadurch, dass man sie in grössern Fetzen erhält, vor Allem aber durch die sehr regelmässige Anordnung der aufsitzenden Kerne . . . In keinem Falle aber kann ich die letztere für eine zufällige Bildung halten. — Oft sassen auch Pigmentzellen und freie Pigmentkörnchen darauf, die sich abspülen liessen; noch öfter sieht man diese Membran mit den aufsitzenden Zellkernen an der Peripherie eines Stückchens abgestreiften Pigmentschicht hervorragen.”¹²⁻³

Having discovered the membrane, BRUCH (1844b, p. 8) systematically searched other parts of the eye for its presence: „An der Iris geht das beschriebene Häutchen bis zum Pupillarand, d. i. so weit, als in allen Fällen die Pigmentschicht reicht; eine bestimmte Grenze dem Tapetum gegenüber konnte ich nicht wahrnehmen.”¹²⁻⁴

He raises the question of its origin and function, and states that earlier controversies regarding the structure of the chorio-retinal layers (see Introduction) are solved (BRUCH 1844b, p. 9): „Ganz zweifelhaft ist mir die Bedeutung und Funktion der beschriebenen Membran, abgesehen davon, dass das Vorkommen jener zahllosen Kerne zum Theil erklärt wird. Ob sie sich zum Pigment verhält, wie etwa die structurlose Membran der Schleimhäute zu ihrem Epithelium, ob sie selbst eine junge Pigmentschicht, oder ob sie nur einen Ueberzug

¹²⁻² “A thorough examination under low intensities of light revealed that many of (these nuclei) rest upon a very delicate, clear and structureless membrane; acetic acid makes the latter even more transparent and renders its tiny folds more visible, which in places give the membrane its fibrous appearance.

¹²⁻³ “Because of the membrane’s even thickness and transparence, its wrinkles and their frequent changes, it is easily distinguishable from coagulated cell contents, which often assume similar forms, in which by accident cells and cell nuclei can become enclosed; typically, the membrane is obtained in larger pieces and above all, it is characterized by the highly regular arrangement of the adjacent cell nuclei (. . .). In no event can I take the membrane to be an adventitious formation. — Pigment cells and unattached pigment granula frequently rested upon the membrane from which they could be rinsed off; even more often can one observe this membrane supporting cell nuclei as it sticks out from beneath the periphery of a removed piece of pigmented layer.”

¹²⁻⁴ “At the iris, the described membrane extends all the way to the edge of the pupil, i. e., as far as in all events the pigmented layer reaches; I was unable to observe a definite boundary between the membrane and the tapetum.”

*für die Choroideae abgibt wie über die Plexus choroidei, überlasse ich kompetenteren Richtern. Jedenfalls aber halte ich die Frage über die mysteriöse, viel besprochene Tunica Jacobi und Membrana pigmenti für spruchreif. Die Ansichten darüber und die Verwirrungen in der Wahl dieser Ausdrücke sind bei HENLE zusammen gestellt.*¹²⁻⁵

Although the “meaning and function” of this membrane was unclear to **BRUCH** at the time, it was a great achievement in itself to have *first* made it visible by means of an extremely difficult microscopical preparation; thus *definitely proving* its existence, which hitherto had been the object of speculation.

The intricacy of **BRUCH**'s method of preparation becomes evident in his own description (**BRUCH** 1844b, p. 7):

*„Um sie rein darzustellen, entfernte ich mittels eines zarten Haarpinsels die Pigmentschicht von der Choroideae, und erhielt sie dann durch Schaben der letzteren mit flach gehaltener Messerklinge, wenn auch nicht jedesmal, doch sehr häufig, aber nur in microscopischen Stückchen. Waren die Augen nicht sehr frisch, so war die Mühe in der Regel vergebens. Ich fand sie mit Bestimmtheit bei der Katze, beim Schweine, Kalbe (u. a. bei einem 13 Zoll langen Fötus), beim Schafe und beim Menschen, bei welchem ich sie über die ganze Choroideae, das Corpus ciliare und die hintere Fläche der Iris verfolgt habe.*¹²⁻⁶

BRUCH's preparations are taken from samples of normal and pathological tissues from a wide variety of animals: sheep, bovines, pigs, rabbits, ducks, frogs, pikes, salmon, horses, ravens, deer, cuttle-fish, dogs, cats and even from a whale (Fig. 7).

He examined under the microscope and drew pigment-cells from eyes, but also from other organs, such as the beaks of ravens and ducks, from the lung and bronchial glands of a man, from the ovaries of a cow, the nose of a calf-fetus. His examination (**BRUCH** 1844b, p. 41) of animal pigments led him to the con-

¹²⁻⁵ “The meaning and function of this membrane is quite unclear to me, except that it partially explains the incidence of that mass of nuclei. I leave it to more competent judges to decide whether it relates to the pigment in similar fashion as e.g. the structureless membrane of the mucous tissues to their epithelium, or whether it represents a young pigment-layer of, or only a lining for the choroid and the choroid plexus. In any event, however, I believe that the time has come to raise the problem of the mysterious, much-discussed Tunica Jacobi and Membrana pigmenti. HENLE (1841, p. 783 ff) lists the opinions concerning this matter and the confusions resulting from the choice of these expressions.

¹²⁻⁶ “In order to isolate the membrane, I removed the pigmented layer from the choroid with the hairs of a delicate brush and then obtained it by scraping the choroid by means of a knife-blade held flat, if not always, at least very often, but only in microscopic shreds. If the eyes were not very fresh, the effort was generally spent in vain. I found it with certainty in cat, pig, calf, (including a 13 inch long fetus) sheep and in man, where I followed it across the entire choroid, the ciliary zonule and the posterior surface of the iris.”

viction: „daß . . . das körnige Pigment im normalen und anormalen Zustande wesentlich ein und dasselbe sei, und daß es seine Entstehung . . . einer Veränderung des Blutfarbstoffs verdanke.“¹²⁻⁷

Subsequent achievements in the search for the structure, function and clinical importance of BRUCH's membrane

A whole series of further discoveries and technical developments was necessary to render the morphology of BRUCH's membrane transparent and to demonstrate its function as an electrically isolating layer of high resistance (Figs. 11–12).

Chronology of important ancillary developments and scientific achievements after 1844

1865: **ALARIK FRITHIOF HOLMGREN** (1831–1897) discovers that the electrical potential between the cornea and the fundus of the eye changes as light falls upon the retina, thus discovering the electroretinogram.

1908: **M. WOLFRUM**, in a light-microscopical study of the choroid described BRUCH's membrane as a five-layered structure.¹³

1932: **ERNST RUSKA** (b. 1906) together with **BODO VON BORRIES** (b. 1905) invented the electron microscope using magnetic lenses, attaining resolving powers beyond those possible with the light microscope.

1950: **TSUNEO TOMITA** first records electrical responses to illumination from *within* several layers of the retina with the help of a glass capillary microelectrode; he observes the phenomenon of a potential-reversal at depths between 70 and 120 μm from the inner surface.

1956: **GILES S. BRINDLEY**, in similar experiments, discovers a barrier of high electrical resistance in the zone of potential reversal described by **TOMITA**; he provisionally called it "*R membrane*" and tentatively identified it with the external limiting membrane and the surface membrane of the rods and cones.

1959: **KENNETH T. BROWN AND THORSTEN WIESEL**, on the basis of exact measurements of the reversal of electrical potential situate the *R membrane* in a more scleral direction, and identify the *R membrane* with *BRUCH's membrane*.

¹²⁻⁷ "that . . . granular pigment in the normal and the pathological state is basically one, and that its formation . . . is the result of a transformation of haemoglobin."

¹³ "these are vitreal to scleral: the basement membrane of the pigment epithelium, an inner collagenous layer, an elastic layer, an outer collagenous layer and the basement membrane of the choroid."

For a detailed study of BRUCH's membrane see Spitznas, 1974.

1963 It was discovered that the *R membrane* is made up at least of two components. *One* layer consists of BRUCH's membrane, the other, more vitreous, consists of the *inner* bounding membrane of the pigment epithelium. This conclusion was confirmed in 1963: by **GILES S. BRINDLEY** and **D.I. HAMASAKI** by means of electrophysiological experiments (Fig. 11), supported in 1965: by **ADOLPH COHEN** by electromicroscopic studies, and confirmed in 1968: by **L.A. RODRIGUEZ-PERALTA**, who examined its permeability to dyes.

A detailed investigation of the fine structure of the five individual layers of BRUCH's membrane descending to the macro-molecular level and supported by many detailed electron micrographs was performed by **M. SPITZNAS** (1974). According to **SPITZNAS** (1974, p. 140): "*For a long time, BRUCH's membrane was thought to be a diffusion barrier between choroid and retina. This opinion was based on the experimental observation that silver nitrate entering BRUCH's membrane from the blood stream through the wall of the choriocapillaries is deposited there without reaching the pigment epithelium. New experiments with tracers of small molecular size like peroxidase show, however, that these substances pass through BRUCH's membrane without difficulty and enter the intercellular spaces of the pigment epithelium. The functional role of BRUCH's membrane could, therefore, be that of a filter that transforms the individual streams of fluid from the choriocapillaris into an even 'rain'. The connective tissue islands between the lacunae of the choriocapillaris are so large that, on the retinal side, they are neighbored by areas of 20–30 or more photoreceptors. As these areas are fed from the choroid, their metabolic situation could be expected to be worse than that of photoreceptors adjacent to the lumen of the choroidal capillaries. Therefore, it is likely that BRUCH's membrane with its fiber system and networks facilitates an even distribution of the nutritive substances to all sides, so that an uniform supply to photoreceptors is guaranteed.*"

Fig. 9 gives the position of BRUCH's membrane within the human retina. A schematic drawing of the membrane's infrastructure is found in Fig. 10.

Only fourteen years ago, the functional importance of BRUCH's membrane for normal vision was still unknown. According to **G.S. BRINDLEY** (1970, p. 66): "All that we know now is that it (the high electrical resistance of the R membrane) helps experimenters to know the position of electrodes." Meanwhile, clinical observations have revealed the importance of the intact R membrane for normal vision.

ISAAC MICHAELSON (1980) devotes an entire chapter to "*Disturbances of the Lamina of BRUCH.*" He distinguishes between normal and pathological changes which, sooner or later, lead to impaired vision. Degenerative

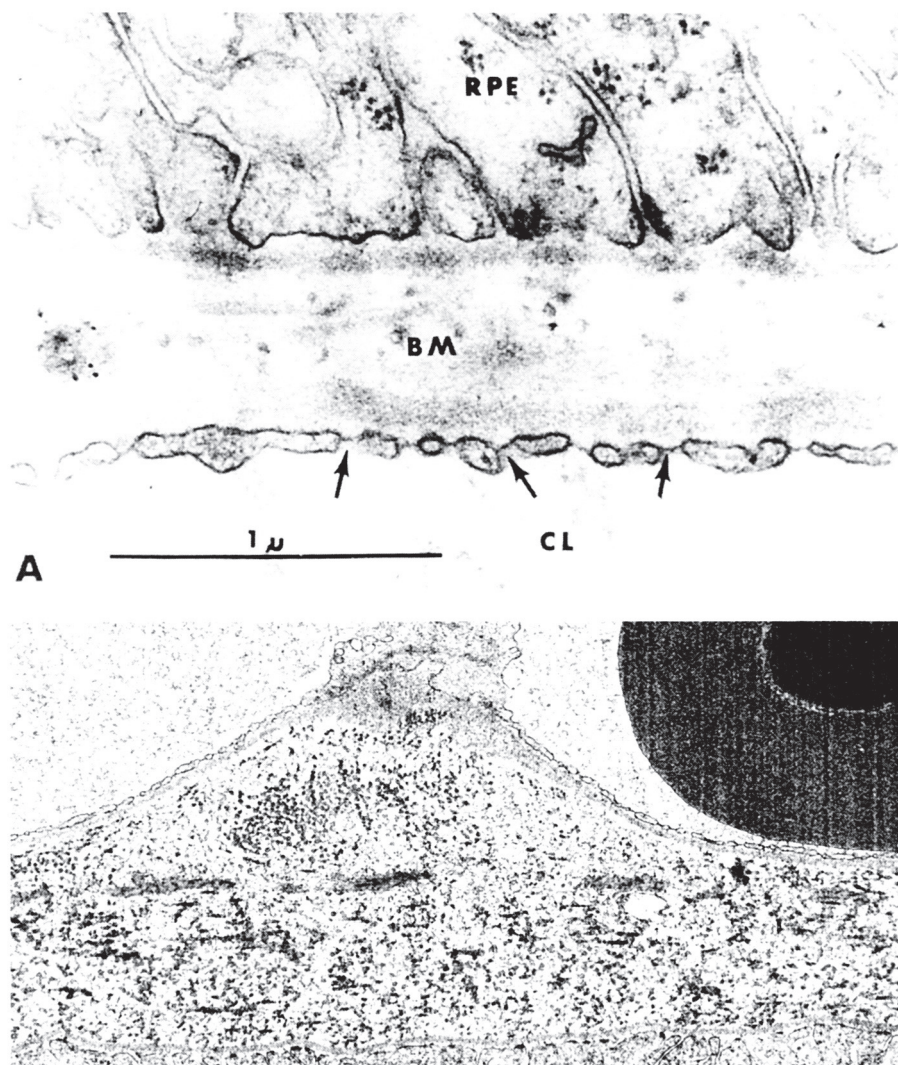


Fig. 8 *a:* Electron-micrograph of BRUCH's membrane by Dr. A. COHEN, Source: STRAATSMA, B.R. et al. eds. (1969), p. 6. By permission of the University of California Press.

b: Electron-micrograph of BRUCH's membrane of a young adult Rhesus monkey (*Maccaca mulatta*). The choriocapillaris is above and the edge of the retinal epithelium is below. The basal lamina of these two cell systems enclose layers of collagen and elastin fibers forming together BRUCH's membrane. The magnification is 24.000 x. Provided by the courtesy of PETER GOURAS and HILD KJELDBYE of the Department of Ophthalmology, Columbia University, College of Physicians and Surgeons, New York City.

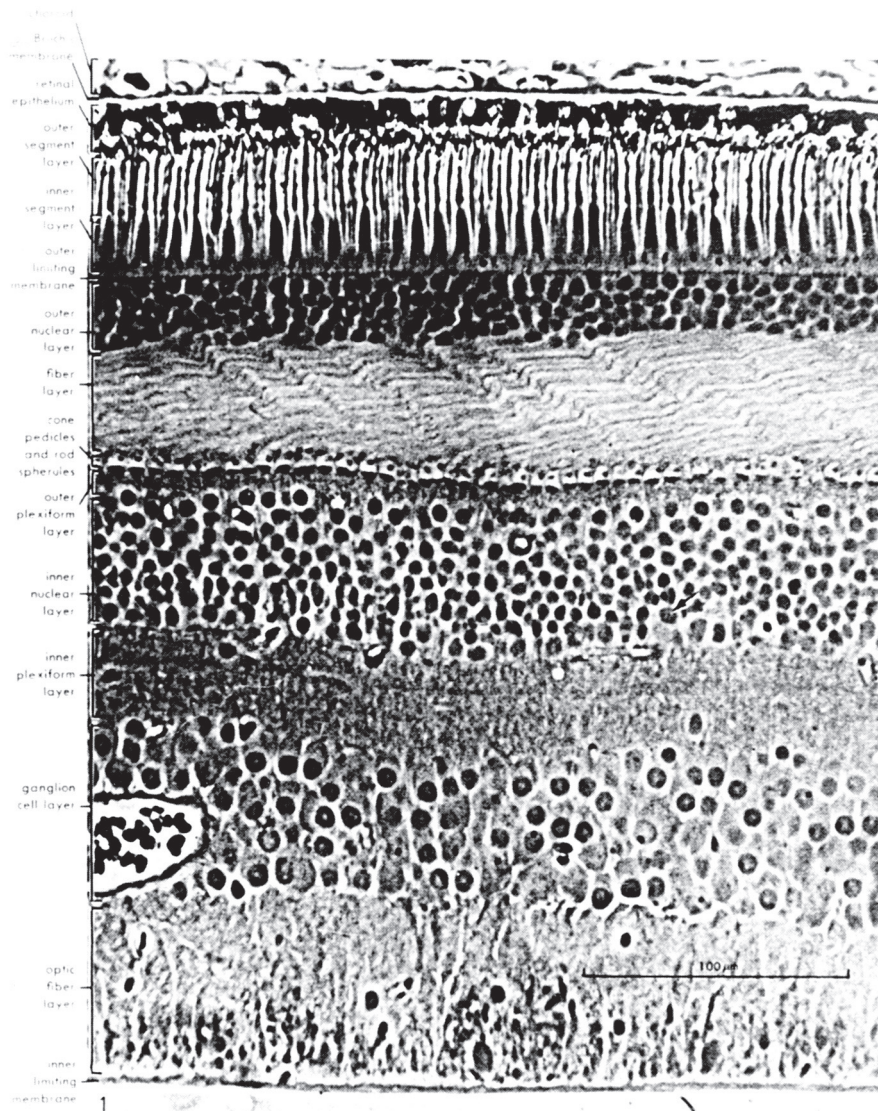


Fig. 9: Vertical section through a human retina, about 1,25 mm from the center of the fovea (where both rods and cones are found). Material fixed in osmium tetroxide, embedded in Araldite, cut about 2 to 3 μm thick and photographed by phase-contrast microscopy. From: BOYCOTT, B.B. and DOWLING, J.E. (1969), p. 116. Source: RODIECK (1973), p. 4.

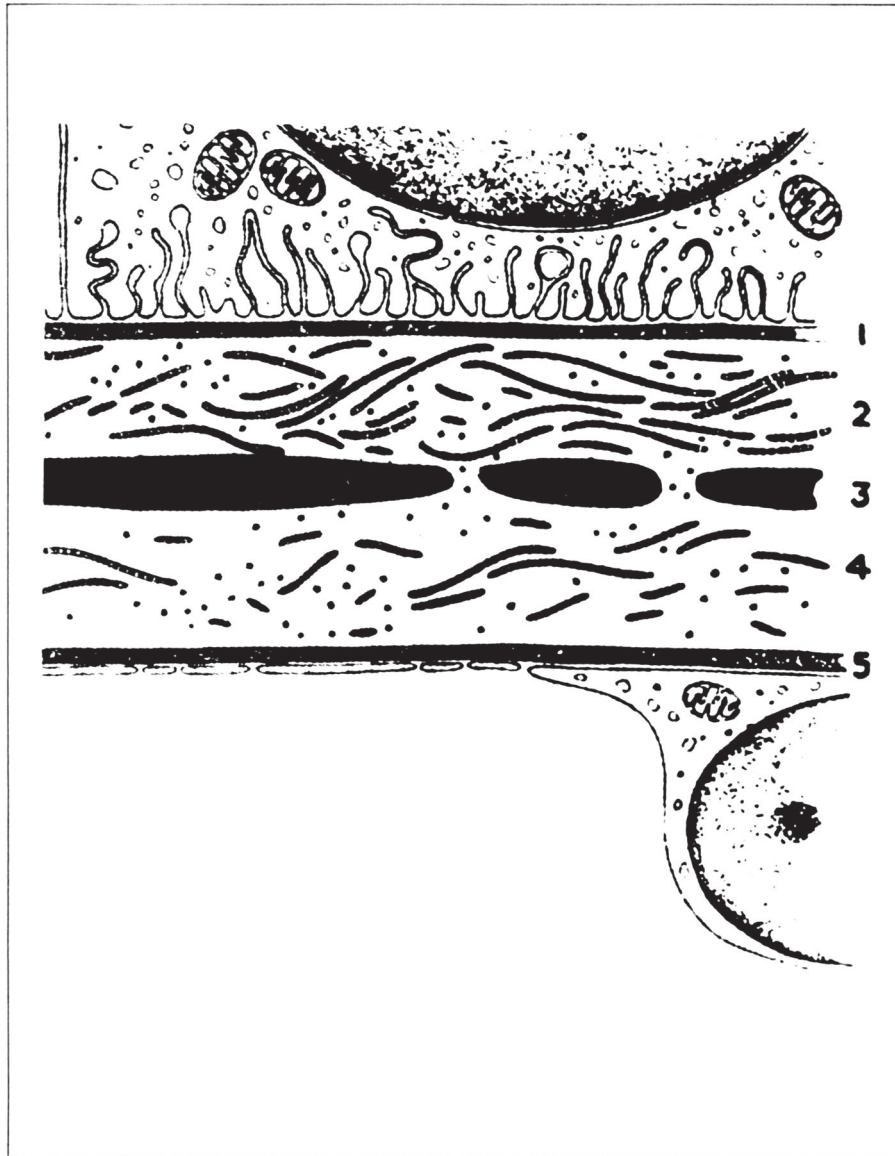


Fig. 10: Schematic representation of the five layers of BRUCH's membrane by Y. NAKAIZUMI (1964, there: Fig. 1, p. 380): 1) Basement membrane of pigment epithelium; 2) inner collagenous zone; 3) interrupted elastic tissue zone; 4) outer collagenous zone; 5) basement membrane of choriocapillary endothelium. Note the basal infoldings of the plasma membrane of the pigment epithelial cells and the fenestrations in the choriocapillary endothelium.

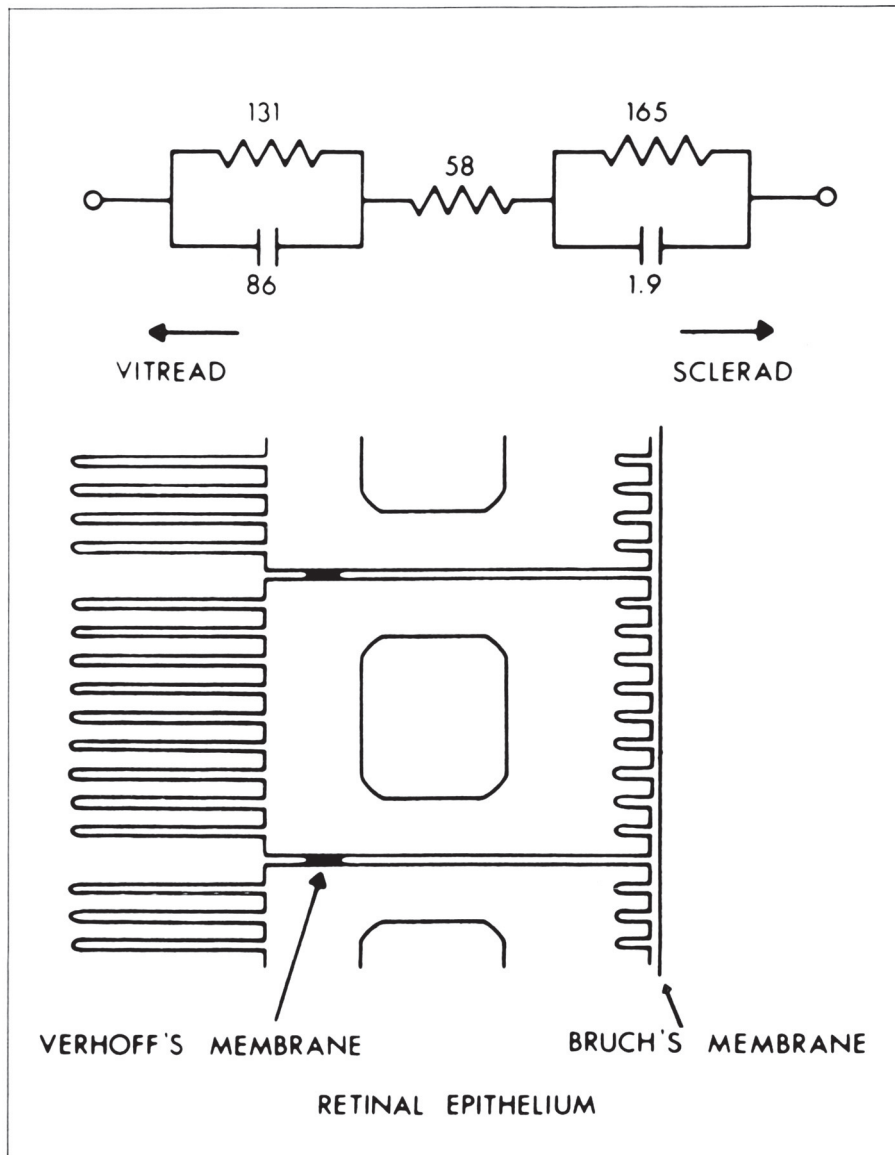


Fig. 11: Schematic diagram showing an electrical equivalent circuit of the frog R-membrane, together with the associated surfaces of the retinal epithelium that probably accounts for these electrical values. Resistances in $\Omega \text{ cm}^2$, capacitances in $\mu\text{F cm}^{-2}$ (electrical values from BRINDLEY and HAMASAKI, 1963). From RODIECK (1973), Fig. XVIII-3, p. 529. The individual cells of the pigment epithelium are connected by small rims forming VERHOEFF'S membrane.

thickening and tears of the Macula resulting from age are classified as normal changes. **DUKE-ELDER** (1967, pp. 522–523) writes:

“These (senile) changes in the pigmentary epithelium are reflected in degenerative and hyperplastic changes in its derivative, the hyaline portion of BRUCH’s membrane (. . .). In the aged it becomes yellowish, less elastic so that it easily exfoliates or tears, leading to the occurrence of spontaneous breaks (. . .) and frequently contains irregular aggregations of lipids and calcareous granules.”

In addition, traumatic lesions or high degrees of myopia (minus 6 diopters or more) can lead to localized changes (**MICHAELSON**, 1980, pp. 741 and 744).

In light of these facts, it is not surprising that within the last seven years more than sixty articles in five different languages appeared discussing anatomical, physiological and clinical aspects of **BRUCH**’s membrane (source: computer of the Medical Library, National Institutes of Health, Bethesda, Md.).

In summary, **BRUCH**’s membrane may be described as *a pentalaminar structure* interposed between retina and choroid, formed on its lower border by the basal lamina of the retinal epithelium and on its upper border by the basal lamina of the choriocapillaris (Fig. 8b); in between are elastin and collagen fibers forming the inner three layers, i.e., the outer collagenous, elastic and inner collagenous layers; it serves at least three functions:

- 1) anatomically, of providing a mechanical support between retina and choroid;
- 2) physiologically, of providing an even flow of nutritive substances from the choroid to the retina;
- 3) electrophysiologically, as a part of **BRINDLEY**’s ‘*R*’ membrane, of ensuring that electrical signals are properly isolated.

Furthermore, **SPITZNAS** (1974) hypothesizes that **BRUCH**’s membrane serves as a mechanical barrier against intraocular pressure.

III. **BRUCH**’s biochemical, pathological and osteological studies

On haemoglobin

Between 1844 and 1853, **BRUCH** conducted a series of haematological experiments to discover whether the appearance of arterial and venous blood depended more on a physical or a chemical change in the blood. **BRUCH** (1844, p. 447) argued: „*dass beide Erklärungsweisen . . . begründet, aber für bestimmte Fälle zu beschränken sind*” — — (“that **both** explanations are founded, but applicable to specific situations”). His experiments had led him to postulate with certainty three causes of haematological pigmentation (**BRUCH**, 1844, p. 447):

- “1. Durch chemische Veränderung des Blutfarbstoffs; Sauerstoff, Kohlensäure.
 2. Durch Anwesenheit oder Abwesenheit der Blutzellen oder anderer suspendirter, das Licht reflectirender Körper; stark gewässertes Blut.
 3. Durch Veränderung der Gestalt und reflectirenden Oberfläche der Blutzellen; concentrirte Salzlösungen, schwach gewässertes Blut.”¹⁴

It was only in the year 1852 that **BRUCH**'s experiments, “welche die Einwirkung der Gase auf den freien Blutfarbstoff ausser Zweifel stellten” (“which demonstrated beyond doubt the action of gases on unbound haemoglobin”) were universally confirmed, not lastly by **JUSTUS VON LIEBIG** (1851, *Annalen der Chemie* III, p. 112). In the year 1857, **BRUCH** (1857, p. 168) succeeded in providing conclusive evidence „daß nur der Sauerstoff activ auf den Farbstoff einwirke, die Kohlensäure, der Wasserstoff, der leere Raum usw. nur durch Austreibung des absorbirten Sauerstoffs wirke und die dunkelste Farbe die natürliche des Farbstoffs sei.”¹⁵

On rigor mortis

In his latin Habilitation-thesis, “*Nonnulla de rigore mortis*” (1845), **BRUCH** discusses a phenomenon which, in his time, had not yet been fully explained, and presents arguments against **ERNST BRUECKE**'s hypothesis (1842), “*dass alle Erscheinungen der Todtenstarre unter der einfachen Voraussetzung erklärt werden können, dass in den Muskeln flüssiger Faserstoff zum Gerinnen kommt*” (“that all manifestations of rigor mortis can be explained by the simple premise that liquid *fibrin* coagulates in the muscles.” (**BRUCH**, 1850c, p. 329). **BRUCH** (1850c, p. 330) assigned rigor mortis to a contraction of muscles and found „*durch Messung der Breite der Querstreifen . . . daß die einzelnen Muskelprimitivbündel im todtenstarren Muskel sich verkürzen*” (“by measuring the width of the lateral striated muscles . . . that the individual muscle bundles shorten as a result of rigor mortis”); **BRUCH**'s observation is closely matched by the theories of rigor mortis accepted nowadays; thus **BRUCH** clearly opposed **du BOIS-REYMOND**'s hypothesis of electrical activity producing muscle contraction observed in rigor mortis. The scientific battle between **du BOIS-REYMOND** and **CARL WILHELM LUDWIG BRUCH** is published in a brief declaration by **BRUCH** in **HENLE** and **PFEUFER**'s „*Zeitschrift für rationelle Medizin*” (1850, vol. IX, pp. 329–331).

¹⁴ 1. A chemical alteration of haemoglobin; oxygen, carbon dioxide;
 2. the presence or absence of blood cells or other, light reflecting particles in suspension; strongly diluted blood;
 3. a change in the configuration and light-reflecting surface of the blood cells; concentrated, saline solutions, weakly diluted blood.”

¹⁵ “that only oxygen actively influences the coloration of blood; carbon dioxide, hydrogen, a vacuum etc. only acts by expulsing the absorbed oxygen and that the darkest hue is natural to the pigment.”

Papers on malignant tumors

During his years at the university of Heidelberg, 1844–1850, **BRUCH** conducted extensive research in the field of pathophysiology. In a monograph (1847), **BRUCH** tried to describe the specific traits of individual types of cancer, in order to provide physicians with a dependable diagnostic aid. His discussion is based on J. MÜLLER's (1838) study „*Über den feinen Bau und die Formen der krankhaften Geschwülste*” (“On the microstructure and different forms of pathological tumors”).

In two papers (1848a, b), **BRUCH** tries to differentiate between cancerous and tuberculous growths, based on meticulous observations. It was only in the beginning of the year 1882 that **ROBERT KOCH** (1843–1910) discovered and isolated the tuberculosis bacillus¹⁶. With this subject, **BRUCH** apparently attacks problems lying in the mainstream of his age. He describes the growth of nuclei, cells and cell-structures, discussing the findings of his contemporaries **RUDOLF VIRCHOW**, **THEODOR SCHWANN** and **MATHIAS SCHLEIDEN** (see footnotes 32–34); **BRUCH** (1850a), possibly for the first time, drew attention to the similarity between the division of immature cells and the growth of cancerous tumors; according to **BRUCH** (1850, p. 157), cellular growth takes place in two ways, „*nämlich durch Endogenese und durch Theilung, welch letztere Vermehrungsweise der Kerne bis dahin nur in embryonalen Gewebe gekannt war*” (“namely by endogenesis and by division, which, so far, was only known to characterize embryonal tissue”). Finally, he compares the external appearance of cancerous growths with different embryonal tissues.

Papers on embryology and evolution

From the year 1850 on, **BRUCH** began to focus on problems of comparative osteology as, for instance, the identification of cranial bones with vertebrae. The idea that the cranium is made up of a number of modified vertebrae goes back to **JOHANN W. GOETHE** (1749–1832) and **LORENZ OKEN** (1770–1851); **CARL GUSTAV CARUS** (1789–1869) and other biologists later fully developed it (see B. PEYER, 1950). The interpretation of individual bones necessarily led to the question of the development of the skeleton as such, thus opening the door to embryological research. **BRUCH** (1852, p. 205) sets forth some of the difficulties involved in a scientific treatment of osteology; he particularly mentions the fact that several originally separate bones (in some species) merge at some point in time. Therefore it becomes necessary „*auf die frühesten Entwicklungsstufen zurückgehen*”, *nach den „einfachen Skeletttheilen” zu fragen, welche sich „am vollständigsten in den niederen Wirbelthierklassen, besonders bei den Fischen, erhalten*” (“to look at the earliest stages of development, at the simple components of a skeleton, which are most completely preserved in the lower vertebrates, particularly in fish”).

¹⁶ see Berliner Klinische Wochenschrift (1882), vol. 19, p. 221.

BRUCH's „*Vergleichende Osteologie des Rheinlachs*”, (“Comparative Osteology of the Rhine-Salmon”), (1861d) deals with a centuries-old controversy regarding the laws governing the growth of the skeletal complex (see Fig. 12 and 13). The central question raised by **BRUCH** is, which bones develop directly from embryonal tissue (the mesenchym) and which bones develop out of cartilagenous structures. **BRUCH** arrived at the distinction between “primary” and “secondary” skeletal parts, i.e., substitute-bones, membrane- and sutural-bones, respectively.

With only a few exceptions, anatomists before **BRUCH** had concentrated on the bony parts of the skeleton, because the traditional preparation-method of maceration destroyed the cartilage. In contrast, **BRUCH** used fresh preparations, or preparations conserved in alcohol; this technique allowed him to examine the early, cartilagenous structures, which hitherto had not received sufficient attention.

C. **BRUCH**'s personality and views concerning the natural sciences

In **BRUCH**'s eyes, the natural scientist has a special calling:

*“In dieser Mannigfaltigkeit der Entwicklungsformen die gleiche leitende Idee oder was dasselbe ist, das gleiche leitende Gesetz aufzufinden, scheint mir die lohnendste und höchste Aufgabe der Naturforschung. Die Verfolgung des endlos wechselnden Details würde sonst kaum einen nennenswerten Zweck haben können”.*¹⁷

According to **BRUCH** the renaissance of medical science grew upon the basis of *experimental physiology*; pioneers of this new trend included **CHARLES BELL**, **FRANCOIS MAGENDIE**, **MARSHALL HALL**, **FRIEDRICH TIEDEMANN**, **LEOPOLD GMELIN** and above all, **JOHANNES MUELLER**. **BRUCH** sets himself apart from the school of thought influenced by philosophic idealism („*Naturphilosophie*”) which seeks to classify all diseases as part of a speculative system and postulates a metaphysical vital spirit or „*Lebensgeist*”.

BRUCH writes: „*Die wissenschaftliche Medizin kennt kein System, sondern nur eine wissenschaftliche Methode. Was sie von der Medizin der früheren Epochen auszeichnet, ist eben die Systemlosigkeit oder, mit anderen Worten, die Permanenz der Kritik*”.¹⁸

¹⁷ “It appears to me that the worthiest object of biological research consists in discovering the common guiding principle or law governing the variety of embryological developments. Otherwise it would hardly be meaningful to pursue the endlessly changing details. (**BRUCH**, 1862/63c, p. 265)

¹⁸ “Scientific medicine is not bound to a system, but only to the scientific method. This is what distinguishes it from the medical science of earlier periods, in other words, the permanence of criticism.”

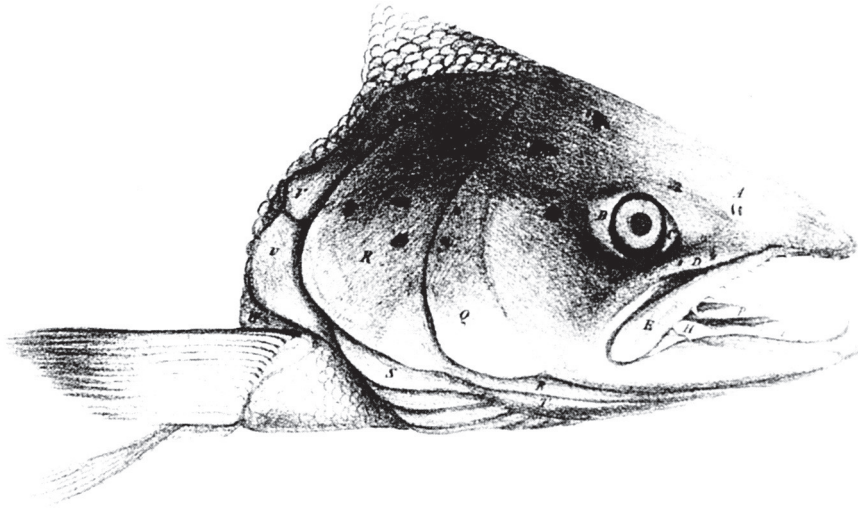


Fig. 12: Head of a male salmon weighing 15 lbs, lateral view.
Lithograph by C. BRUCH (1861).

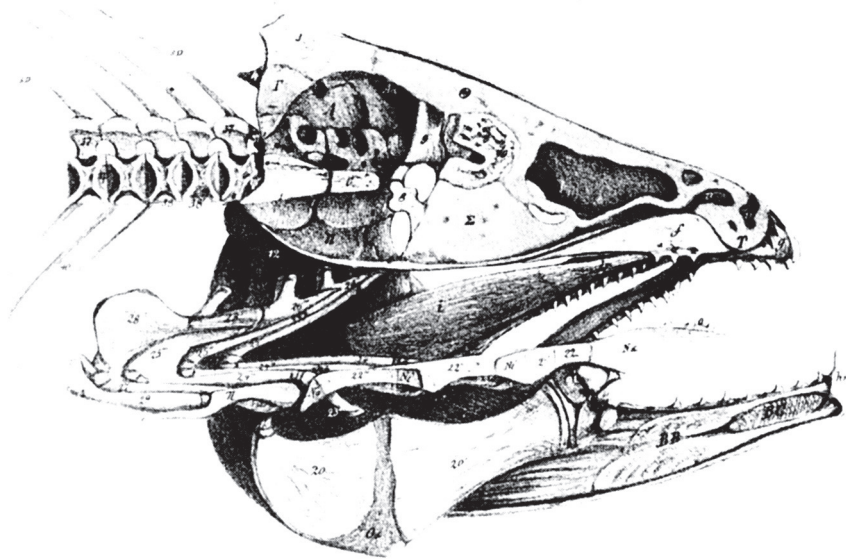


Fig. 13: Head of the same salmon after the epidermis and the subcutaneous connective tissue have been removed.
Lithograph by C. BRUCH (1861).

At the same time, **BRUCH** warns of the aberrations of those scientists who, reacting against the systems and speculations of their forefathers, have subscribed entirely to “pure” empiricism, which originates in **AUGUSTE COMTE**’s “positive philosophy”. In **BRUCH**’s view (1851, p. 11) theories, experiments and exact observations are all equally indispensable to the scientific method:

*“Die reine Empirie ist eine Chimäre, denn man kann so wenig alle einzelne Fälle auswendig wissen, als alle einzelne Menschen. Andere Wege müssen sich öffnen, ein Alphabet muß gefunden werden. Was allen Menschen gemeinsam ist, was zum Begriffe und Wesen der Menschen gehört und jeder Verkörperung dieses Begriffes zu Grunde liegt (‘liegen’ in the original text), das müssten wir ergründen und es wäre in Wahrheit das Einzige, was zu ergründen werth ist”.*¹⁹

On the other hand, pure (i.e. basic) science is also dangerous:

*“Darum sind wir so oft aus dem Himmel der Theorie herabgestürzt, weil wir die Thürme von der Spitze aus gebaut haben. Wir müssen daher, mit Göthe zu reden, am Begreiflichen festhalten, um auch dem Unbegreiflichen etwas abzugewinnen”.*²⁰

After drawing attention to the paradox that medicine “von jeher als eine Erfahrungswissenschaft bezeichnet und den Naturwissenschaften beigezählt worden sei” (**BRUCH**, 1851, p. 3) (“has always been termed empirical and counted among the natural sciences”), **BRUCH** argues that it was only in very recent times that medicine truly followed the path of the other natural sciences. **ERWIN ACKERKNECHT** (1977, p. 135) describes how difficult it was for medicine to become emancipated from philosophic idealism at the beginning of the 19th c.:

*“Die deutsche Medizin stand ganz unter dem Zauber der romantischen Naturphilosophie” — — (unter SCHELLING’s Einfluß) entstanden „ausgedehnte Spekulationen über das Wesen und Leben von Krankheit, über die Polaritäten und über die paracelsischen Analogien zwischen Makrokosmos und Mikrokosmos”.*²¹

¹⁹ “Pure empiricism is chimerical, for it is as little possible to know all forms of diseases as it is to know all human beings. Other ways must be opened, an alphabet must be found. We should seek to understand what is common to all men, what defines the concept and nature of man and underlies every material cause of the term and, in truth, it would be only thing worth investigating.”

²⁰ “We have fallen so often from the skies of theory because we have built towers from the top. Therefore we must, speaking with Goethe, grasp hold of understandable (phenomena) in order to gain some insight into the incomprehensible ones.” (**BRUCH**, 1851, p. 12)

²¹ “German medicine stood under the spell of romantic ‘Naturphilosophie’ — SCHELLING’s thought gave birth to extensive speculations on the nature of life and disease, on the polarities and the paracelsian analogies between macrocosm and microcosm.”

Reacting against philosophic idealism applied to the medical sciences, the pendulum swung to the other extreme, “*indem das Misstrauen der Ärzte sich bald gegen alles wandte, was Theorie hiess*” und „*das Studium der philosophischen, ja sämtlicher Hilfswissenschaften von den Medizinern in einer nie dagesenen Weise vernachlässigt wurde*”.²²

BRUCH quotes **Goethe** to the effect that the essence of all (natural) science rests upon comparison. To discover the laws according to which forms and functions of individual bones have changed in the course of the centuries, **BRUCH** examines and describes the osteological characteristics of many different vertebrates as well as examples of pathological developments in the embryonal stage.

BRUCH was familiar with the writings of **CHARLES ROBERT DARWIN** (1809–1882), who had to undertake similar, comparative-morphological studies, in order to formulate his famous theory of evolution (1859).

The new possibilities opened up to the medical sciences by improved microscopes represented in **BRUCH**'s (1851, pp. 16–17) eyes an extraordinarily promising area of research:

*“Jetzt (d. h. nach SCHWANNs Entdeckung von der zellulären Beschaffenheit des tierischen Körpers) erscheint die Thätigkeit des Organismus als eine Summe der Thätigkeit einfacher, greifbarer Theile.” Ferner heißt es: „Mit Hilfe des Mikroskops und einer vorurtheilslosen Prüfung ist es gelungen, das Geheimniss vom Ursprung des Menschen auf eine Frage der allgemeinen Zellenlehre zurückzubringen.”*²³

In contrast to the vitalists, **BRUCH** (ibid. p. 13) localizes the origin of life in the infrastructure of individual cells:

“Und erst wenn wir bis zu jenen unscheinbarsten Wesen hinabsteigen, die sich dem unbewaffneten Auge entziehen und in denen das Geheimnis des Lebens auf seinen einfachsten Ausdruck gebracht ist, deren Körper ein dünnes Bläschen, deren Eingeweide ein wenig Flüssigkeit, deren ganze Lebensäusserung ein Zucken dieser Membran ist, dann erst dürfen wir hoffen, die grossen Factoren, die Buchstaben und Grundzahlen zu finden, aus deren mannigfalti-

²² “Physicians soon became wary of everything bearing the name theory; medical students neglected all philosophical and even all auxiliary sciences to an unprecedented degree.” (BRUCH, 1851, p. 7)

²³ “At the present time (i.e., following SCHWANN's discovery of the cellular nature of animal bodies), the organism's activity appears as the sum of the activity of simple, tangible parts.” He continues: “With the help of the microscope and of unbiased examination it has become possible to reduce the secret of man's origin to a question of cellular anatomy.”

ger Combination das Leben des Wurms und das Leben des Menschen zusammengerechnet ist.'²⁴

BRUCH postulates the existence of an alphabet-like structure, confirmed a century later by **JAMES WATSON**'s and **FRANCIS H.C. CRICK**'s discovery (1953) of the genetic code which provides very strong evidence that life is controlled by a very few molecules, namely the four nucleosides forming desoxyribo-nucleic acid (DNA).

The following quotations²⁵⁻¹⁻⁸ from **BRUCH**'s publications yield insight into his personality. He may be described as sensitive and nature-loving (**1**); as an empiricist, a self-confident and independent thinker (**2, 3**); as a truth-loving and broad-minded scientist (**4, 5**); as an aggressive opponent, who openly enjoys controversy and polemic debate (**6, 7**); he views his career as a calling (**8**), unabashed by the predominant opinions of his age; in some questions he has demonstrated remarkable foresight. Typically, he belonged to no single school of thought, was never concerned about winning or losing the favor of influential colleagues, but expressed his opinions freely.

(1) *“Ich knüpfte damit an die Gewohnheiten einer früheren Lebensperiode an und allmählich erwachte das volle Interesse wieder, welches ein mir unvergesslicher väterlicher Einfluss von früher Jugend an für Naturgegenstände und Naturbeobachtung zu wecken und mit namhaften Opfern jahrelang zu nähren gewusst hatte.”*

(2) *“Auch gründliche und unbefangene Forscher sind wohl der Erfahrung nicht entgangen, wie schwer es ist, auch wenn man Beweise des Gegentheils in der Hand hat, sich von dem überwältigenden Einflusse grosser Autoritäten zu befreien, und dass es oft noch eines längeren, nachträglichen inneren Kampfes bedarf, um der eigenen Erfahrung dasjenige Vertrauen zu schenken, das sie auf der Stelle verdient hätte.”*

²⁴ “Only when we descend to those most unobtrusive living beings which cannot be seen with the naked eye and in whom the secret of life is reduced to its simplest expression, whose body consists of a thin vesicle, whose entrails are a bit of liquid, whose entire manifestation of being alive consists in a twitch of this membrane, then only may we hope to find the great factors, the letters and numerals, out of whose multiple combinations the life of the worm and the life of man are added up.

²⁵⁻¹⁻⁸ **(1)** “I thus resumed the habits of an earlier period in my life and gradually the undivided interest for natural phenomena and nature-watching revived (which my father's unforgettable influence had shaped from an early age and nourished at the price of remarkable sacrifices). (BRUCH 1862a, p. 182).

(2) “Conscientious and unbiased scientists have probably also experienced how difficult it is, even if one has proof of the contrary in one's hand, to liberate oneself from the overwhelming influence of great authorities, and that often a long, subsequent inner battle is necessary to trust one's own experience as one should have done in the first place. (BRUCH 1849c, p. 91)

- (3) *“Es zeigte sich, dass viele ältere Angaben . . . wenn sie von solchen Autoren herrührten, die selbst in der Natur beobachtet hatten, vollkommen richtig und wohlangebracht waren, und dass die Verwirrung erst durch Commentatoren, Systematiker und Schreiber von Lehrbüchern in das zunehmende Material heringebracht worden ist.”*
- (4) BRUCH wählte folgendes VIRCHOW-Zitat als Schlußsatz zu einer Arbeit: *“Man muß einmal erkennen, dass jetzt nicht die Zeit der Systeme ist, sondern die Zeit der Detail-Untersuchungen. In den letzteren liegt eine gewisse Gefahr, des Zurückfallens in einen rohen Empirismus, . . . so lange als man aus einzelnen Detailuntersuchungen willkürlich allgemeine Schlüsse zieht. Suchen wir die allgemeinen Gesetze aus der Summe der einzelnen Erscheinungen.”*
- (5) *“Die neuere Zeit unterscheidet sich von der alten nur dadurch, dass sie mit vollkommeneren Instrumenten arbeitet und deshalb die Resultate mit einem Male in fast überwältigender Fülle über uns hereingebrochen sind.”*
- (6) *“Aus allzu grosser Pietät gegen deutsche Gelehrte” (von einem englischen Autor).*
- (7) (über Prof. SCHERER): *“Er fährt in einem Tone fort . . . mit dem er ohne Zweifel beweisen will, dass ihm . . . ein Flecken im Wappen mehr Kummer macht, als die Sache der Wissenschaft. . . . Ein so schwächliches Benehmen verdient nach meiner Ansicht keine Schonung.”*
- (8) *“. . . die Erziehung des Menschen, der höchste Beruf.”*

(3) “It turned out, that many older pieces of information, (. . .) if they stemmed from authors who had personally observed them in nature, were completely correct and proper, and that commentators, system-builders and textbook-authors brought confusion into the increasing bulk of data.” (BRUCH 1862a, p. 182).

(4) (VIRCHOW): “One must recognize, once and for all, that this is not the age of intellectual systems, but the age of examinations of details. The latter harbour a certain danger, of falling back into crude empiricism, . . . as long as one arbitrarily draws generalized conclusions from isolated findings concerning details. Let us seek (to extract) general laws from the aggregate of individual phenomena” (Quotation selected for a conclusion to a paper, BRUCH 1850a, pp. 213–214).

(5) “The modern age differs from the old only insofar as it works with more perfect instruments; therefore, findings have suddenly invaded us in nearly overwhelming quantities (BRUCH, *Der Zoologische Garten*, Frankfurt/M. 1864, Jahrgang 5, Nr. 1, p. 10).

(6) (Speaking of an English colleague) “. . . from too much piety and respect for German scientists” (BRUCH 1846a, p. 34).

(7) (Commenting on Prof. SCHERER): “He continues in a tone . . . with which he undoubtedly wishes to demonstrate that he is more concerned about a spot on his blason than the cause of science . . . Such a poor showing deserves, in my opinion, no excuse.” (BRUCH, 1846c, p. 440).

(8) “. . . the education of man, the highest calling (BRUCH, *Der Zoologische Garten*, Frankfurt/M., Jahrgang 5, Nr. 1, p. 5).

Epilogue

CARL WILHELM LUDWIG BRUCH, champion of the new, exact medical sciences, lived in an age still marked by the influence of philosophic idealism that was undergoing a profound change in many respects: technology (improvement of the microscope, development of the microtome), basic science (the beginning of biochemistry under **JUSTUS VON LIEBIG**²⁶ and his students), the unusual number of revolutionary discoveries (**SCHWANN**²⁷, **SCHLEIDEN**²⁸, **VIRCHOW**²⁹), all of which made a further specialization in research and teaching inevitable. **WILHELM HIS** (1831–1904), the famous anatomist and physiologist, gave a description of his field of research before he transferred to Leipzig. *The following is an excerpt from HIS' letter to W. VISCHER, president of the university of Basel's "Kuratel" (in: E. BONJOUR, 1960, pp. 581–582): "Nirgends mehr werde die Kombination der Anatomie mit der Physiologie, die zu Beginn der 1850er Jahre noch an zahlreichen Anstalten bestanden habe, aufrechterhalten und könne auch hier (d. h. in Basel) nicht fortbestehen. Denn die Ansprüche an die chemische, physikalische und experimentell-technische Vorbildung eines Physiologen seien jetzt sehr weitgehende, wie andererseits die Histologie, als eines der anatomischen Nebenfächer, sich zu enormer Ausdehnung geweitet habe, und von demjenigen, der lehrend auftreten wolle, fortwährend persönliche Nachprüfung aller neuen Angaben verlange. Es genüge ferner für einen guten Unterricht nicht mehr, eine theoretische Vorlesung zu halten und hie und da den Studierenden etwas zu demonstrieren; sondern es solle ihnen Gelegenheit geboten werden, ähnlich wie in chemischen, so auch in physiologischen Laboratorien sich persönlich einzuarbeiten und eine gewisse Summe eigener Erfahrungen zu sammeln. Deshalb müsse die anatomische von der physiologischen Professur getrennt werden. Eine solche Lösung aber werde am zweckmäßigsten vorgenommen, indem zwei frische, unverbrauchte Lehrer an seine Stelle träten, von denen jeder für sein Gebiet das volle Herz mitbringe."*³⁰

²⁶ JUSTUS VON LIEBIG (1803–1873) expanded LAVOISIER's chemical approach to physiology in Germany, creating new areas of study in medical physiology.

²⁷ THEODOR SCHWANN (1810–1882) founded modern physiology by defining the cell as the basic unit of animal structure (1839) building on the ideas of M. SCHLEIDEN.

²⁸ MATHIAS JAKOB SCHLEIDEN (1804–1881) arrived at a new theory concerning the origin of plant cells by regarding the cell as the essential unit of any organism; his historic paper on phytogenesis, describing the cell theory, appeared in 1838 in MÜLLER's *Archiv für Anatomie und Physiologie*.

²⁹ RUDOLF VIRCHOW (1821–1902) pioneered new concepts of pathology by applying the cell doctrine to the concept of disease.

³⁰ "The combination of anatomy and physiology (in one academic chair) as it existed in the early 1850's, is nowhere preserved and cannot continue to exist here (i. e. in Basel) either. The technical abilities required of a physiologist as well as the necessary level of knowledge in chemistry and physics have greatly increased; in parallel, histology, one of the subdisciplines of anatomy, has vastly expanded its scope. He who wishes to teach

It is more than likely that **BRUCH** suffered acutely from the need to specialize, since his goals presupposed a comprehensive knowledge of anatomy, embryology and physiology. This monumental program is partly responsible for the fact that **BRUCH** formulates many excellent hypotheses, however, often leaves the critical tests for others to perform. He was aware of their fragmentary character, because “zwischen Hypothese und Wissen eine Kluft liegt, die nur eine reichere Erfahrung ausfüllen kann. Die Hypothese wird immer die Wegweiserin der Forschung sein; aber Wissen ist nur das mathematisch Erwiesene, oder wie schon **HEUSINGER** sagte: Wissenschaft ist nur das werdende Wissen, nie vollendetes System. Mag es daher peinlich sein, eine unvollendete Arbeit zu veröffentlichen: es wäre thöricht, ihre Vollendung erwarten zu wollen.”³¹

BRUCH's traces have almost completely disappeared: His father's house has been torn down, his tombstone no longer exists. In honor of the centenary of his death in 1984, the present contribution should call back the memory of this scientist, whose discovery is internationally recognized today.

Summary

Since our memory of **CARL W.L. BRUCH**'s life (1819 – 1884) and work has dwindled to a mere anatomical label, (“*BRUCH's membrane*”), denoting an ultra-fine layer of tissue in the retina which he discovered and carefully described, it seems appropriate, in honor of the centenary of his death, to enlarge upon the sparse information contained in the “*Biographical Lexikon of excellent Physicians before 1880*” and to provide, for the first time, a more detailed narrative of **BRUCH**'s life as well as a critical appraisal of his work.

must permanently and personally test the validity of all new findings. In order to teach a good course it is no longer sufficient to give a theoretical lecture with occasional practical demonstrations; on the contrary, students should be given the opportunity to work not only in chemical but also in physiological laboratories and to gather a certain sum of personal experiences. Therefore, the chair of anatomy should be separated from the chair of physiology. Such a solution would best be obtained if two new, young teachers would step into my place, each bringing an undivided love for his discipline.”

³¹ “between hypothetical and proven knowledge there is a gap, which only a vaster experience can fill. Hypotheses will always be the guides of research; but science is only the mathematically proven, or, as **HEUSINGER** said: Science is only growing knowledge, never a completed system. May it be embarrassing to publish an unfinished paper: it would be foolish to expect its completion.” (**BRUCH** 1844b, Foreword).

BRUCH's membrane which separates the choriocapillaris from the retinal epithelium has received increasing attention from physiologists and ophthalmologists when it became evident that it functions as an electrically isolating layer of high resistance, crucial for normal vision. BRUCH's discovery of this extremely thin membrane ($< 1 \mu\text{m}$) in 1844 (*“Untersuchungen zur Kenntniss des körnigen Pigments der Wirbelthiere”*, Zürich 1844b) and his delicate method of preparation are considered a masterpiece of microanatomical technique (DUKE-ELDER, 1961) in light of the comparatively small magnifying power of the then available microscopes. Further knowledge about this multilayered membrane was obtained only much later by means of electronmicroscopical and electrophysiological microelectrode techniques.

BRUCH's scientific contributions are set against the background of 19th c. intellectual history (the reaction to SCHELLING's *“Naturphilosophie”*, radical empiricism etc.). Whereas BRUCH's stated ideal was a comprehensive understanding of all forms of life, new discoveries, such as cellular physiology, cellular pathology and biochemistry made increasing specialisation inevitable. A native of Mainz, BRUCH studied in Giessen (1837 – 1842) where he received his doctoral degree in 1842 after spending a year in Berlin with Johannes Müller. For his postdoctoral training, BRUCH spent 10 months in Vienna, where the famous pathologist KARL von ROKITANSKY and the micro-anatomist JOSEPH BERRES were teaching and where anatomists had access to a marvelous collection of wax models out of PAOLO MASCAGNI's (1752 – 1815) workshop; subsequently, BRUCH spent 6 months in Zurich with J. HENLE. When HENLE transferred to Heidelberg as professor of physiology, BRUCH followed him and in 1845 passed his *“Habilitation”* with honors. From 1845 on, BRUCH taught physiology and anatomy as *“Privatdozent”* or assistant professor; in 1850 he accepted a combined professorship of physiology and anatomy at the University of Basel, and in 1855 he transferred to a similar post at Giessen succeeding to THEODOR BISCHOFF. Due to an unknown nervous ailment, BRUCH had to retire from teaching in 1860 but continued research on his favorite subject, developmental osteology, contributing articles to the *“Senckenbergische Naturforschende Gesellschaft”* in Frankfurt on the Main and editing, at least for a year or two, a journal entitled *“Der Zoologische Garten. Zeitschrift für Beobachtung, Zucht und Pflege der Tiere”*. He died in an asylum in Heppenheim on January 4th, 1884. A contemporary of DARWIN, and familiar with the latter's work, BRUCH made significant contributions to a great number of fields, notably to comparative osteology. He is probably one of the first to have propounded the idea that the secret of life lies in an alphabet, common to all living beings (1851), which the coming generation of scientists must decipher, a hypothesis proven correct by JAMES WATSON and FRANCIS H. C. CRICK in 1953.

References

- ACKERKNECHT, ERWIN: Geschichte der Medizin, 3rd ed.'n, Stuttgart (1977),
Amtliches Verzeichniss des Personals und der Studirenden auf der Königlichen Friedrich-Wilhelms-Universität zu Berlin (1840/41)
- ARNOLD, FRIEDRICH: Anatomische und physiologische Untersuchungen über das Auge des Menschen. Groos, publ., Heidelberg und Leipzig (1832)
- ASCHOFF, LUDWIG; DIEPGEN, PAUL; GOERKE, HEINZ eds.: Kurze Übersichtstabelle zur Geschichte der Medizin, 7th ed.'n, Berlin – Göttingen – Heidelberg (1960),
Bericht über die Senckenbergische Naturforschende Gesellschaft in Frankfurt/Main, Vol. 7, p. 7 (1883/1884)
- BIJOK, HEDI: Adolfph Carl Gustav Wernher. Sein Leben und Wirken am Gießener Akademischen Hospital, Giessen (1979)
- BISCHOFF, THEODOR L.W.: Das neue Anatomie-Gebäude zu Giessen. Giessen, Brühl (1852).
Reprint, ed. by J. Benedum, Giessen (1982)
- BONJOUR, EDGAR: Die Universität Basel. Von den Anfängen bis zur Gegenwart (1460 – 1960), Basel (1960)
- BRINDLEY, GILES S.: "The passive electrical properties of the frog's retina, choroid and sclera for radial fields and currents", J. Physiol. (London) (1956), 134, 339 – 352
- BRINDLEY GILES S. and HAMASAKI, D.I.: "The properties and the nature of the R-membrane of the frog's eye", J. Physiol. (London) (1963), 167, 599 – 606
- BRINDLEY, GILES S.: Physiology of the retina and visual pathway. London (1970). (Monographs of the Physiological Society Number 6)
- BROWN, KENNETH T. and WIESEL, THORSTEN: Intraretinal recording with micropipette electrodes in the intact cat eye. J. Physiol. (London), (1959), 149, 537 – 562
- CABANIS, JEAN: Obituary on Carl Friedrich Bruch in: Journal für Ornithologie Vol. 6, (1858), pp. 331 – 336
- COHEN, ADOLPH I.: A possible cytological basis for the R membrane in the vertebrate eye. Nature Vol. 205, pp. 1222 – 1223 (1965)
- DAMPIER, SIR WILLIAM CECIL: A History of Science and its Relations with Philosophy and Religion. 4th ed.'n, Cambridge (1979),
Dekanatsbücher der Medizinischen Fakultät Giessen (especially for the year 1842)
- DUKE-ELDER, SIR STEWART and WYBAR: The Anatomy of the Visual System in: DUKE-ELDER ed., System of Ophthalmology Vol. II, London (1961); Vol. X, London (1967)
- ECKHARD, CONRAD: Kurze Geschichte des anatomischen und physiologischen Unterrichts an der Universität Giessen während der drei ersten Jahrhunderte ihres Bestehens. Giessen (1907)
- ESCHRICHT, P.: Beobachtungen an dem Seehundauge. Archiv für Anatomie und Physiologie (1838) p. 575
- EULNER, HANS-HEINZ: Die Entwicklung der medizinischen Spezialfächer an den Universitäten des deutschen Sprachgebietes. Stuttgart (1970)
- FREUND, HUGO and BERG, ALEXANDER, eds.: Geschichte der Mikroskopie Leben und Werk großer Forscher, 3 vols., Frankfurt/Main (1963)
- GOETHE, Schriften zur Naturwissenschaft, Part. II in: E. VON DER HELLEN ed., Goethes sämtliche Werke. Jubiläumsausgabe, Vol. 39, Stuttgart and Berlin (1902)
- GURLT, EMIL: Article "BRUCH" in: A. HIRSCH, ed., Biographisches Lexikon der Hervorragenden Ärzte vor 1880. 3rd ed.'n, Munich/Berlin (1962)

- HIS, WILHELM: "Zur Geschichte des anatomischen Unterrichts in Basel". in: Gedenkschrift zur Eröffnung des Vesalianum, der neu errichteten Anstalt für Anatomie und Physiologie in Basel, 28. Mai 1885. Leipzig (1885), pp. 1 – 39
- HENLE, JACOB: Allgemeine Anatomie. Lehre von den Mischungs- und Formbestandtheilen des menschlichen Körpers. Leipzig (1841) (vol. 6 in the series "Vom Baue des menschlichen Körpers" by S.TH. VON SÖMMERRING)
- HOLMGREN, ALARIK FRITHJOF: "En method att objektivera effecten af ljusinttryck på retina Upsala Läkareförenings Förhandlingar" (1865 – 1866) 1: 177 – 191.
- HUSCHKE, EMIL: "Über einige Streitpunkte aus der Anatomie des Auges", Friedrich August von Ammon's Zeitschrift für die Ophthalmologie, (1835) vol. IV/3, 292 – 295
- HUSCHKE, EMIL: Lehre von den Eingeweiden und Sinnesorganen. By SAMUEL THOMAS SÖMMERRING, revised and completed by E. Huschke. Leipzig (1844) (vol. 5 in Sömmerring's "Vom Baue des menschlichen Körpers")
- JACOB, ARTHUR: "An account of a membrane in the eye now first described" in Philos. Trans. Royal Society London (1819) pp. 300 – 307
- KARLSON, PETER: Kurzes Lehrbuch der Biochemie für Mediziner und Naturwissenschaftler, 7th revised ed.'n, Stuttgart (1970)
- KÖSSLER, FRANZ: Register zu den Matrikeln und Incriptionsbüchern der Universität Giessen WS 1807/08 – WS 1850. Giessen (1976)
- KOLB, WERNER: Geschichte des anatomischen Unterrichts an der Universität zu Basel 1460 – 1900, Basel (1951)
- KOLLER, GOTTFRIED: Das Leben des Biologen Johannes Müller (1801 – 1858). Stuttgart (1958) (Vol. 23 of the series: Grosse Naturforscher, ed. by H. Degen)
- LIEBIG, JUSTUS VON: "Über die Form, in welcher der absorbierte Sauerstoff in dem Blute enthalten ist", Liebig's Annalen der Chemie und Pharmazie, (1851), vol. III, 112 – 116
- LUDWIG, EUGEN: His der Ältere. Lebenserinnerungen und ausgewählte Schriften. Bern/Stuttgart (1965) in: Huber's Klassiker der Medizin und der Naturwissenschaften Vol. 6, ed. by E. Ackerknecht, H. Buess und A. Koyré
- MANN, GUNTER: J.C.G. Lucae und die Senckenbergische Anatomie. Eine Ikonographie. Frankfurt/Main (1963)
- MICHAELSON, ISAAC C.: Textbook of the Fundus of the Eye. 3rd ed.'n, Edinburgh/London/New York/Melbourne (1980)
- NAKAIZUMI, Y.: "The ultrastructure of Bruch's Membrane. I. Human, monkey, rabbit, guinea pig and rat eyes. Archives of Ophthalmology (1964) Vol. 72: 380 – 387
- PATZELT, VIKTOR: "Die Bedeutung des Wiener Optikers Simon Plössl für die Mikroskopie". In: Mikroskopie. Zentralblatt für mikroskopische Forschung und Methodik, Wien (1947), Vol. 2 No. 1/2, pp. 1 – 64
- PEYER, BERNHARD: Goethes Wirbeltheorie des Schädels. Zürich (1950)
- RODIECK, R.W.: The Vertebrate Retina. Principles of Structure and Function. San Francisco (1973)
- RODRIGUEZ-PERALTA, L.A. (1968) "Hematic and fluid barriers of the retina and vitreous body. J. comp. Neurol. Vol. 132, pp. 109 – 124
- ROTHSCHUH, KARL E.: Entwicklungsgeschichte physiologischer Probleme in Tabellenform. München/Berlin (1952)
- SCHARF, JOACHIM-HERMANN: "Hermann Welcker (1822 – 1897)" in: Freund, H. und Berg, A. eds.: Geschichte der Mikroskopie, Leben und Werk grosser Naturforscher, Vol. II, Frankfurt/Main (1963), pp. 483 – 493
- SINGER, CHARLES: A History of Biology, 3rd ed.'n, London/New York (1959)

- SINGER, CHARLES: A Short History of Scientific Ideas. Oxford (1959/1960)
- SPITZNAS, MANFRED: The Fine Structure of the Chorioretinal Border Tissues of the Adult Human Eye. In: Roper-Hall, M.J. et al. eds.: Advances in Ophthalmology, Vol. 28, pp. 78 – 174. Basel (1974)
- STRAATSMA, B.R., Hall, M.O., Allen, R.A. and Crescitelli, F. eds.: The Retina: Morphology, Function and Clinical Characteristics. UCLA Forum Medical Sciences No. 8, University of California Press, Los Angeles (1969)
- TOMITA, T.: "Studies on the intraretinal action potential Part I: Relation between the localization of micro-pipette in the retina and the shape of the intraretinal action potential." Jap. J. Physiol. 1, (1950), 110 – 117
- WALDEYER, WILHELM: Artikel "Henle" in A. Hirsch ed.: Biographisches Lexikon der Hervorragenden Ärzte vor 1880, München/Berlin (1962), 3rd ed.'n
- WATSON, J.D. and CRICK, F.H.C.: "A Structure for Deoxyribose Nucleic Acid", Nature 171 (1953), p. 737
- WATSON, J.D. and CRICK, F.H.C.: "Genetic Implications of the Structure of Deoxyribose Nucleic Acid", Nature 171 (1953), p. 964
- WOLFRUM, M.: Beiträge zur Anatomie und Histologie der Aderhaut beim Menschen und bei höheren Wirbeltieren. Graefe's Arch. Ophthal. 67: 307 – 359 (1908)

ZRENNER, C.:

La découverte de la Lamina basalis choroideae par CARL WILHELM LUDWIG BRUCH (1819 – 1884): Vie et oeuvre

Résumé

Cette année c'est-à-dire en 1984, la communauté scientifique va célébrer le centenaire de la mort de CARL BRUCH. Puisque rien ne survit dans notre mémoire de sa vie et de son oeuvre en dehors d'un terme anatomique ("lame vitrée de BRUCH") dénotant une lame de tissu ultra-mince dans l'oeil humain qu'il a découverte et décrite en détail, il a paru nécessaire en cette occasion, à la fois d'élargir sur les maigres informations contenues dans le "Dictionnaire Biographique de Médecins illustres avant 1880", et de présenter un résumé critique de son oeuvre scientifique.

La lame vitrée de BRUCH, qui sépare la choroïde du pigment épithélial de la rétine, éveille de plus en plus l'intérêt des physiologues et des ophtalmologues depuis que l'on a découvert que sa fonction intacte de couche isolante à grande résistance électrique est importante pour une vue normale. La découverte en 1844 par BRUCH de cette membrane extrêmement fine ($< 1 \mu\text{m}$) ("Untersuchungen zur Kenntniss des körnigen Pigments der Wirbelthiere", Zürich, 1844b) et sa méthode délicate de préparation représentent un chef-d'oeuvre de technique micro-anatomique selon DUKE-ELDER (1961), en vue du pouvoir d'agrandissement relativement faible des microscopes de

l'époque. Une examination plus détaillée de cette membrane composée de plusieurs couches distinctes ne devint possible qu'un siècle plus tard à l'aide de microscopes électroniques et de micro-électrodes électrophysiologiques. Alors que cette membrane représente une découverte anatomique d'importance reconnue et d'une renommée internationale, son auteur reste à peu près inconnu. Le présent article s'efforce de présenter les aspects moins connus de la vie et de l'oeuvre scientifique de BRUCH en rapport avec les avances techniques (microtome de HERMANN WELCKER), intellectuelles (THEODOR SCHWANN, MATTHIAS SCHLEIDEN, JUSTUS VON LIEBIG) et les grands courants philosophiques de son époque (Positivisme, réaction à la "Naturphilosophie" de FRIEDRICH VON SCHELLING). Tandis que BRUCH s'efforçait d'atteindre une compréhension globale de tous les êtres vivants, de nouvelles découvertes, telles que la physiologie et la pathologie cellulaires, telles que la biochimie, rendaient inévitable une spécialisation de plus en plus stricte.

CARL WILHELM LUDWIG BRUCH naît à Mayence le 1er mai 1819. Il étudie la médecine à Giessen et Berlin (auprès de JOHANNES MÜLLER) et reçoit son doctorat en 1842. Pour approfondir ses connaissances médicales, BRUCH vient passer dix mois à Vienne où se trouvent le célèbre pathologue KARL VON ROKITANSKY et les modèles anatomiques de cire de PAOLO MASCAGNI (1751–1815); suivent six mois à Zürich auprès de JACOB HENLE; lorsque HENLE acceptera la chaire de physiologie à Heidelberg, BRUCH l'accompagnera pour y passer son agrégation (allemand: "Habilitation") avec la mention "summa cum laude". A partir de 1845 BRUCH est Professeur Assistant d'Anatomie et de Physiologie à Heidelberg; en 1850 il accepte la chaire combinée de Physiologie et d'Anatomie à Bâle, en 1855 celle de Giessen, succédant à THEODOR BISCHOFF. En 1860, à la suite d'une maladie des nerfs, BRUCH est obligé de déposer ses fonctions académiques; cependant il continue ses recherches en sa matière de prédilection, l'ostéologie comparée, contribuant de nombreux articles au journal scientifique de la "Senckenbergische Naturforschende Gesellschaft" à Francfort s. le Main. Il sera même éditeur principal du journal "Der Zoologische Garten. Zeitschrift für Beobachtung, Zucht und Pflege der Tiere" en 1864–1865. Il meurt le 4 janvier 1884 dans l'hôpital psychiatrique de Heppenheim.

Contemporain de CHARLES DARWIN, BRUCH a contribué de façon significative à un grand nombre de disciplines, notamment à l'ostéologie comparée. Il est probablement un des premiers à avoir proposé que "la vie d'un ver autant que celle d'un homme sont le produit d'un arrangement complexe de lettres et de chiffres" et à avoir parlé de la nécessité de déchiffrer un alphabet, hypothèse dont un siècle plus tard, en 1953, les Prix Nobel JAMES WATSON et FRANCIS H.C. CRICK apporteront la justification.

ZRENNER, C.:**Die Entdeckung der Lamina basalis choroideae durch
CARL WILHELM LUDWIG BRUCH (1819 – 1884):
Sein Leben und Werk****Zusammenfassung**

Name und Werk von CARL W. L. BRUCH (1819 – 1884) werden eigentlich nur noch mit einer anatomischen Struktur in Verbindung gebracht (BRUCH'sche Membran), einer sehr feinen Gewebeschicht, die die Aderhaut vom Sinnesepithel der Netzhaut trennt. Anlässlich des hundertsten Todestages von C. W. L. BRUCH scheint es angebracht, die spärlichen Informationen im „Biographischen Lexikon der hervorragenden Ärzte vor 1880“ zu erweitern und zum ersten Mal eine detaillierte Darstellung seines wissenschaftlichen Werdegangs und eine kritische Würdigung seiner Arbeiten zu geben.

Die BRUCH'sche Membran hat zunehmendes Interesse bei Physiologen und Ophthalmologen gefunden, da es sich herausgestellt hat, daß ihre intakte Funktion als elektrisch isolierende Schicht hohen Widerstandes wichtig für normales Sehen ist.

BRUCH's Entdeckung dieser weniger als ein Millionstel Meter dicken Membran "(Untersuchungen zur Kenntniss des körnigen Pigments der Wirbelthiere,, Zürich, 1844b) und seine akribische Präpariermethode stellen nach DUKE-ELDER (1961) eine Meisterleistung mikroanatomischer Technik dar, angesichts der vergleichsweise geringen Vergrößerung der damaligen Mikroskope. Weitere Kenntnisse über diese mehrschichtige Membran konnten erst wesentlich später mit Hilfe von elektronenmikroskopischen und elektro-physiologischen Hilfsmitteln erarbeitet werden.

BRUCH's wissenschaftliche Arbeiten werden in Zusammenhang gestellt mit den geistigen Strömungen des 19. Jahrhunderts (FRIEDRICH VON SCHELLING's Naturphilosophie sowie die verschiedenen Gegenreaktionen, wie z. B. die radikale Empirie). Während BRUCH dem Ideal nachstrebte, die Naturgesetze aufzufinden, nach denen sich alle Lebensformen entwickeln, machte eine Fülle von Neuentdeckungen bereits in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts auf den Gebieten der Zellularphysiologie und -pathologie sowie der Biochemie eine zunehmende Spezialisierung unumgänglich.

1819 in Mainz geboren, studierte CARL BRUCH von 1837 – 1842 Medizin in Giessen und wurde dort 1842 promoviert, nachdem er ein Jahr in Berlin bei JOHANNES MÜLLER verbracht hatte. Zu seiner Weiterbildung ging BRUCH zehn Monate lang nach Wien, wo die Lehrer der mikroskopischen Anatomie (JOSEPH BERRES) und Pathologie (KARL VON ROKITANSKY)

lehrten und wo Medizinern die faszinierende Sammlung von anatomischen Wachspräparaten aus der Werkstatt PAOLO MASCAGNI's (1752 – 1815) zur Verfügung stand; anschließend arbeitete BRUCH sechs Monate in Zürich bei JACOB HENLE, dem er anlässlich seiner Berufung nach Heidelberg gefolgt war und wo er sich 1845 „summa cum laude“ habilitierte.

Von 1845 an wirkte BRUCH als Privatdozent für Anatomie und Physiologie in Heidelberg; 1850 folgte er einem Ruf auf einen Lehrstuhl für Anatomie und Physiologie nach Basel, 1855 wechselte er nach Giessen als Nachfolger BISCHOFF's auf den Lehrstuhl für Anatomie und Physiologie. 1860 mußte BRUCH, infolge eines unbekanntes Nervenleidens, sein Lehramt aufgeben. Seine naturwissenschaftlichen Studien setzte er jedoch fort, wurde Mitarbeiter an den Veröffentlichungen der Senckenbergischen Naturforschenden Gesellschaft, hielt vielbesuchte Vorträge und war von 1864 – 1865 Herausgeber der Zeitschrift „Der Zoologische Garten. Zeitschrift für Beobachtung, Zucht und Pflege der Tiere“.

Er starb 1884 in der Irrenanstalt zu Heppenheim. BRUCH's zahlreiche Arbeiten zeugen von einem unabhängigen und kritischen Denken. Als Zeitgenosse DARWIN's, dessen Werke er kannte, hat BRUCH auch Bemerkenswertes auf dem Gebiet der vergleichenden Osteologie geleistet. Ferner war er einer der Ersten, die die Idee vertraten, daß „das Leben des Wurms und das Leben des Menschen“ aus der „mannigfaltigen Combination“ einzelner „Buchstaben und Grundzahlen zusammengerechnet ist“, daß ein Alphabet gefunden werden müsse (BRUCH, Antrittsvorlesung in Basel, 1851). Die Richtigkeit dieser Hypothese wurde 1953 durch JAMES D. WATSON und FRANCIS H.C. CRICK bestätigt.

ZRENNER, C.:

El descubrimiento de la Lamina basalis choroideae por C.W.L. BRUCH (1819 – 1884): su vida y obra

Resumen

Nombre y obra de Carl W.L. BRUCH (1819 – 1884) solamente se nombran en relacion con una estructura anatomica (BRUCH's membrana), una capa muy fina de tegido la que separa la coroides del tegido epitelial de la retina. Con motivo del ciento aniversario del fallecimiento de C.W.L. BRUCH parece necesario de extender las pocas informaciones del “Diccionario biografico de medicos excelentes antes de 1880”, y dar por primera vez una detallada representacion de su ciencia y una apreciacion critica de su obra. La membrana de BRUCH ha recibido un aumento de atencion para fisiologos y oftalmologicos por la importancia de esta membrana para la vista normal. Esta

membrana representa en funcion una capa de isolacion con alta resistencia. BRUCH's descubrimiento de esta fina membrana (menos de $1\ \mu\text{m}$) en 1844 (“Untersuchungen zur Kenntniss des körnigen Pigments des Wirbelthiere”) y su exacto metodo de preparacion son segun DUKE-ELDER (1961) un magistral en tecnologia microanatomica considerando el poco aumento de los microscopios en esos tiempos. Mas detalles sobre esta membrana de varias capas solo se pudieron encontrar mas tarde con ayuda del microscopio electrico y nuevos medios electrofisiologicos.

La obra cientifica de BRUCH se pone en relacion con los movimientos intelectuales del siglo 19. (las reacciones sobre SCHELLING's “Naturphilosophie”, el empirismo radical). Mientras que BRUCH aspiraba el ideal de encontrar las leyes naturales segun todos los seres vivientes se desarrollan nuevos descubrimientos en la fisiologica celular, la patologia celular y la bioquimica provocaron en la mitad del siglo 19. una especializacion indispensable.

Nacido en Mainz en 1819, CARL BRUCH estudio desde 1837 hasta 1842 medicina en Giessen donde 1842 se doctoró despues de estar un ano en Berlin con JOHANNES MÜLLER. Para su perfeccionamiento BRUCH pasó 10 meses en Viena donde el famoso patologo KARL VON ROKITANSKY y el microanatomista JOSEPH BERRES ensenaban, y donde la maravillosa coleccion de preparaciones anatomicas de cera del taller de Paolo Mascagni (1752 – 1815) estaban a la disposicion de los medicos. Despues BRUCH pasó 6 meses en Zurich con JACOB HENLE. Cuando HENLE se mudó a Heidelberg como profesor de fisiologia BRUCH le siguió optubo su habilitacion con honor. Desde 1845 BRUCH ensenaba fisiologia y anatomia como “Privatdozent” o catedratico sin sueldo en Heidelberg. En 1850 acepto un profesorado para fisiologia y anatomia en la universidad de Basel, cambiandose en 1855 a Giessen como sucesor de Bischoff y donde optubo una profesura para anatomia y fisiologia. En 1860 BRUCH tuvo que abandonar su profesura por causa de una enfermedad de los nervios desconocida. BRUCH siguió sus investigaciones publicando articulos en la “Senckenbergische Naturforschende Gesellschaft” situada en Francfurt. Desde 1864 hasta 1865 fue editor de la revista “Der Zoologische Garten. Zeitschrift für Beobachtung, Zucht und Pflege der Tiere”. BRUCH falleció en 1884 en la psiquiatria de Heppenheim. Las numerosas obras de BRUCH muestran su independiente y critico pensamiento. Como contemporaneo de DARWIN, cuyas obras conocia, BRUCH tambien hizo investigaciones sobre la osteologia comparable.

Ademus fue uno de los primeros cientificos que expresó que el secreto de la vida probablemente está situado en un alfabeto que es comun para todos los seres vivientes (1851). La exactitud de su hipotesis se confirmó en 1953 por JAMES D. WATSON y FRANCIS H.C. CRICK.

CARL WILHELM LUDWIG BRUCH:**Scientific Publications**

- 1844a: „Über die Farbe des Blutes“, Henle und Pfeufer's Zeitschrift für rationelle Medicin I, 440 – 61
- 1844b: Untersuchungen zur Kenntniss des körnigen Pigments der Wirbelthiere in physiologischer und pathologischer Hinsicht. Zürich, Meyer und Zeller
- 1845a: Nonnulla de rigore mortis. Dissertatio medica quam consensu gratiosi medicorum ordinis pro facultate legendi in Alma Universitate Ruperto-Carola rite capessenda scripsit et idibus martis hora matutina XI. publice defendit. Mainz, von Zabern
- 1845b: „Noch einmal die Blutfarbe“, Henle und Pfeufer's Zeitschrift für rationelle Medicin III, 308 – 18
- 1846a: „Über Entzündungskugeln“, Henle und Pfeufer's Zeitschrift für rationelle Medicin IV, 21 – 54
- 1846b: „Erweiterte Blutgefäße in der Entzündung“, Henle und Pfeufer's Zeitschrift für rationelle Medicin V, 69 – 73
- 1846c: „Das Neueste zur Geschichte der Blutfarbe“, Henle und Pfeufer's Zeitschrift für rationelle Medicin V, 440 – 56
- 1846d: „Krankhafte Milchabsonderung“, Henle und Pfeufer's Zeitschrift für rationelle Medicin V, 428 – 33
- 1847: Die Diagnose der bösartigen Geschwülste. Nach eigenen Untersuchungen. Von Dr. Carl Bruch, Privatdocenten und Assistenten am physiologischen Institute in Heidelberg. Mit V lithographirten Tafeln. Mainz, von Zabern. 567 S.
- 1849a: „Über den Erweichungsprocess bösartiger Geschwülste“, Henle und Pfeufer's Zeitschrift für rationelle Medicin VII, 35 – 37
- 1849b: „Über Carcinoma alveolare und den alveolären Gewebstypus“, Henle und Pfeufer's Zeitschrift für rationelle Medicin VII, 357 – 403
- 1849c: „Zur Entwicklungsgeschichte der pathologischen Cystenbildungen“, Henle und Pfeufer's Zeitschrift für rationelle Medicin VIII, 91 – 145
- 1849d: „Über Magenkrebs und Hypertrophie der Magenhäute in anatomischer und klinischer Hinsicht, Henle und Pfeufer's Zeitschrift für rationelle Medicin VIII, 250 – 460

- 1849e: „Über das Nervensystem des Blutegels“, Siebold und Kölliker, Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie I, 146 – 174
- 1850a: „Mikroskopische und mikrochemische Aufzeichnungen“, Henle und Pfeufer's Zeitschrift für rationelle Medicin IX, 156 – 215
- 1850b: „Die Faserstoffschollen“, Henle und Pfeufer's Zeitschrift für rationelle Medicin IX, 216 – 22
- 1850c: „Ehrenerklärung“ (Eine Polemik gegen Du Bois-Reymond), Henle und Pfeufers Zeitschrift für rationelle Medicin IX, 329 – 31
- 1850d: „Einige Bemerkungen über die Gregarinen“, Siebold und Kölliker, Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie II, 110 – 114
- 1850e: „Über Aneurysmata spuria an Hirngefässen und die Contractilität menschlicher Blutgefässe“, Siebold und Kölliker, Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie II, 270 – 71
- 1851: „Über die naturwissenschaftliche Richtung in der Physiologie und ihren Einfluss auf die Medizin.“ Rede zum Antritt der ordentlichen Professur der Anatomie und Physiologie am 28. Januar 1851 in der Aula des neuen Museums zu Basel, gehalten von Dr. Carl Bruch. Mainz, von Zabern
- 1852a: „Über die Deutung der Schädelknochen“, Bericht über die Verhandlungen der naturforschenden Gesellschaft in Basel X, 204 – 212
- 1852b: „Über die thierischen Farben und Farbstoffe“, Bericht über die Verhandlungen der naturforschenden Gesellschaft in Basel X, 194 – 204
- 1852c: „Über eine, der Glandula thyreoidea ähnliche accessorische Halsdrüse“, Bericht über die Verhandlungen der naturforschenden Gesellschaft in Basel X, 183 – 9
- 1852d: „Über die Structur und Entwicklung des Skeletts der Wirbelthiere“, Bericht über die Verhandlungen der naturforschenden Gesellschaft in Basel X, 190 – 94
- 1852e: „Beiträge zur Entwicklungsgeschichte des Knochen-Systems“, Neue Denkschriften der allgemeinen Schweizerischen Gesellschaft für die gesammten Naturwissenschaften (Zürich) XII, Abhandlungen Nr. 7, 1 – 174 (mit Lithographien von F. Querbach aus Mainz)
- 1853a: „Über die Entwicklung der Clavicula und die Farbe des Blutes“, Siebold und Kölliker, Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie IV, 371 – 376

- 1853b: „Beiträge zur Anatomie und Physiologie der Dünndarmschleimhaut“, Siebold und Kölliker, Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie IV, 282 – 298
- 1854: „Zur Physiologie der Sprache“. Academische Einladungsschrift. Basel, Druck der Schweighauserschen Universitäts-Buchdruckerei
- 1855: „Über die Regeneration durchschnittener Nerven“, Siebold und Kölliker, Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie VI, 135 – 138
- 1855a: „Über Bindegewebe“, Siebold und Kölliker, Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie VI, 145 – 207
- 1855b: „Über die Befruchtung des thierischen Eies und über die histologische Deutung desselben“. Von Prof. C. Bruch in Basel. Mainz, von Zabern
- 1856: „Über die Mikropyle der Fische“, Siebold und Kölliker, Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie VII, 172 – 175
- 1857a: „Über die Existenz einer thierischen Mikropyle“, Verhandlungen der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft bei ihrer Versammlung zu Basel I, 219 – 228 (vorgetragen am 7. Februar 1855)
- 1857b: „Über die Regeneration durchschnittener Nerven“, Verhandlungen der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft bei ihrer Versammlung zu Basel I, 198 – 219 (erstmalig als „Vorläufige Mittheilung“ 1855 bei Siebold und Kölliker, Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie VI, 135 – 138 erschienen)
- 1857c: „Über die Chylusgefäße und die Resorption des Fettes“, Verhandlungen der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft bei ihrer Versammlung zu Basel I, 186 – 197 (vorgetragen am 14. September 1852)
- 1857d: „Über den Farbenunterschied des arteriellen und venösen Blutes“, Verhandlungen der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft bei ihrer Versammlung zu Basel II, 163 – 173 (vorgetragen am 14. September 1852)
- 1857e: „Über Blutkrystalle und organische Krystalle überhaupt“, Verhandlungen der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft bei ihrer Versammlung zu Basel II, 173 – 185 (vorgetragen am 14. Sept. u. 15. Dez. 1852)
- 1861a: „Über die peripherische Verknöcherung bei Fröschen, und über den Unterschied der primordialis und secundären Verknöcherung“, Würzburger Naturwissenschaftliche Zeitschrift, hrsg. von der Physicalisch-Medicinischen Gesellschaft in Würzburg II, 212 – 215

- 1861b: „Über osteologische Gattungscharaktere beim Karpfengeschlecht“, Würzburger Naturwissenschaftliche Zeitschrift, hrsg. von der Physicalisch-Medicinischen Gesellschaft in Würzburg II, 86 – 91
- 1861c: „Über die Entwicklung der Wirbelsäule und die systematische Stellung der *Rana fusca* (*Pelobates fuscus*, Wagl.), Würzburger Naturwissenschaftliche Zeitschrift, hrsg. von der Physicalisch-Medicinischen Gesellschaft in Würzburg II, 178 – 198
- 1861d: „Vergleichende Osteologie des Rheinlachs . . . Zum Gebrauche bei Demonstrationen und zum Selbststudium“, beschrieben und abgebildet von Dr. Carl Bruch, vordem o.ö. Professor und Direktor der anatomischen Anstalt zu Giessen. Mainz, von Zabern (43,25 cm x 60 cm). Mit VII vom Verfasser lithographirten Tafeln und zwei Holzschnitten
- 1862a: „Beiträge zur Naturgeschichte und Classification der nackten Amphibien“, Würzburger Naturwissenschaftliche Zeitschrift, hrsg. von der Physicalisch-Medicinischen Gesellschaft in Würzburg III, 181 – 224
- 1862b: „Über die Verknöcherung der Wirbelsäule bei den Batrachiern“, Würzburger Naturwissenschaftliche Zeitschrift, hrsg. von der Physicalisch-Medicinischen Gesellschaft in Würzburg III, 225 – 237
- 1862-63a: „Über den Schliessungsprocess des Foramen ovale bei Menschen und Säugethieren“, Abhandlungen der Senckenbergischen naturforschenden Gesellschaft (Frankfurt a.M.) IV, 46 – 62
- 1862-63b: „Vergleichung des Schädels mit der Wirbelsäule des Lachs, mit einer Aufzählung sämtlicher Skelettheile desselben nach der Art ihrer Zusammensetzung“, Abhandlungen der Senckenbergischen naturforschenden Gesellschaft (Frankfurt a.M.) IV, 73 – 31
- 1862-63c: „Untersuchungen über die Entwicklung der thierischen Gewebe“, Abhandlungen der Senckenbergischen naturforschenden Gesellschaft (Frankfurt a.M.) IV, 261 – 456
- 1863a: „Neue Beobachtungen zur Naturgeschichte der einheimischen Batrachier und Bericht über das Brutjahr 1862 – 1863“, Würzburger Naturwissenschaftliche Zeitschrift, hrsg. von der Physicalisch-Medicinischen Gesellschaft in Würzburg IV, 91 – 151
- 1863b: „Untersuchungen über die Entwicklung der Gewebe bei den warmblütigen Tieren“, mit 6 lith. Tafeln, Frankfurt/Main, Brönnert
- 1864a: „Die Giraffenkrankheit“, Der Zoologische Garten, Zeitschrift für Beobachtung, Zucht und Pflege der Tiere (Frankfurt a.M.) V, 129 – 138

- 1864b: „Gedächtniss der Eidechsen“, Der Zoologische Garten, Zeitschrift für Beobachtung, Zucht und Pflege der Tiere (Frankfurt a.M.) V, 421
- 1864c: „Fuss-Skelett der Vögel“, Der Zoologische Garten, Zeitschrift für Beobachtung, Zucht und Pflege der Tiere (Frankfurt a.M.) V, 27 – 29
- 1864d: „Über die Geburtshelferkröte (*Alytes obstetricans*)“, Bericht des Offenbacher Vereins für Naturkunde über seine Thätigkeit“, (Offenbach a.M.) V, 51 – 54
- 1864e: „Über Riesen- und Zwergformen bei den Batrachiern“, Der Zoologische Garten, Zeitschrift für Beobachtung, Zucht und Pflege der Tiere (Frankfurt a.M.) V, 349 – 359
- 1864f: „Über Missbildungen der Chorda dorsalis (Dichordus), nebst Bemerkungen über Doppelbildungen“, Würzburger Naturwissenschaftliche Zeitschrift, hrsg. von der Physicalisch-Medicinischen Gesellschaft in Würzburg V, 1 – 35
- 1864g: „Winterleben der Eidechsen“, Der Zoologische Garten, Zeitschrift für Beobachtung, Zucht und Pflege der Tiere (Frankfurt a.M.) V, 60 – 62
- 1865a: „Über Thiermessungen“, Der Zoologische Garten, Zeitschrift für Beobachtung, Zucht und Pflege der Tiere (Frankfurt a.M.) VI, 161 – 168 und 201 – 211
- 1865b: „Über die Bedeutung der Fischflossen“, Bericht des Offenbacher Vereins für Naturkunde über seine Thätigkeit (Offenbach a.M.) VI, 38 – 52
- 1866: „Über die Entstehung der Doppelbildungen“, Würzburger Naturwissenschaftliche Zeitschrift, hrsg. von der Physicalisch-Medicinischen Gesellschaft in Würzburg VII, 257 – 320
- 1866-67: „Untersuchungen über die Entwicklung der thierischen Gewebe“, Abhandlungen der Senckenbergischen naturforschenden Gesellschaft (Frankfurt a.M.) VI, 185 – 310
- 1867: „Über die Entwicklung des Schlüsselbeins“, Jenaische Zeitschrift für Medicin. Hrsg. von der Naturwissenschaftlichen Gesellschaft zu Jena (Leipzig) III, 299 – 304
- 1873: „Über Dreifachbildungen“, Jenaische Zeitschrift für Medicin. Hrsg. von der Naturwissenschaftlichen Gesellschaft zu Jena (Leipzig) VII, 142 – 175