

# Die Zoologie in Würzburg vom Naturalien-Kabinett des Pater Bonavita Blank bis zur Theorie der Chromosomenindividualität von Theodor Boveri

von  
Gerhard Krause und Martin Lindauer

Die Schreckensnacht des 16. März 1945, in der eine Mine auch das Zoologische Institut fast vollkommen zerstörte, brachte den Untergang der Urkunden zur Institutsgeschichte, aller wertvollen Sammlungs- und Unterrichtspräparate und auch lebender Raritäten, z.B. des mehrere Jahrzehnte alten und über 1m langen Riesensalamanders im Institutsaquarium.

Die eine Keimzelle der Zoologie in Würzburg war das „Naturalienkabinett“ mit Mineralien und Tierpräparaten des weitgereisten Minoriten-Provinzials *Bonavita Blank*. Er wirkte als Professor der Naturgeschichte und Philosophie von 1792 – 1810 in der Philosophischen Fakultät. Es war noch die große Zeit des Sammelns und Registrierens der zoologischen Mannigfaltigkeit. Berühmt wurde Blank aber durch sein „Kabinett der Kunstgeschichte“, das über 120 Bildwerke aus Moos, Kork und Vogelfedern enthielt. Ein einziges dieser mit äußerster Akribie von Blank angefertigten Bilder ist nicht verbrannt. Es zeigt in einem weiß-blauen Federoval vom Eichelhäher und einem Röschen- und Früchtekranz aus Papageienfedern den Bayernherrscher Maximilian Joseph mit einer Lockenfrisur aus Straußenfedern. Diese originelle Darstellung befindet sich als Dauerleihgabe des Zoologischen Institutes in der graphischen Sammlung des Martin-von-Wagner-Museums in der Residenz.

Blanks Nachfolger in der Professur bis 1829 wurde der Privatdozent für Forstwirtschaft sowie gerichtliche und politische Mathematik *Ambros Rau*. Er gab schon nach einem Jahr ein Handbuch der Zoologie heraus.

1830 wurde die Professur geteilt in eine „besonders für Mineralogie und Geologie“ und eine „besonders für Zoologie“. Diese wurde einem der Kenner der Fauna Unterfrankens, *Valentin Leiblein*, übertragen, der von 1840 – 1856 auch Direktor des Botanischen Gartens war und das Fach allgemeine und medizinische Botanik neben der Zoologie vertrat. Er starb 1869.

Valentin Leiblein, ein Schüler von *Ignaz Döllinger*, war Dozent für vergleichende Anatomie in der Medizinischen Fakultät gewesen. Er kam aus der anderen Keimzelle der Zoologie in Würzburg. Döllinger, theoretischer Mediziner – Anatom, Physiologe und Pathologe zugleich –, war ein beliebter und erfolgreicher Lehrer. Er trug das damals moderne und in Würzburg selbstän-

dige Fach „Vergleichende Anatomie“ stets selbst vor und berücksichtigte dabei die Entwicklungsgeschichte.

Bei ihm bildeten sich auch zwei zugereiste, junge Doktoren der Medizin weiter, die später berühmte Embryologen wurden. *Christian Pander*, der Mitbegründer der Keimblätterlehre, arbeitete „Über die Entwicklung des Hühnchens im Eye“; die Arbeit erschien 1817. Sein Freund *Carl Ernst von Baer* führte später die Untersuchungen am Hühnchenkeim fort und entdeckte das Ei bei Säugetieren und Mensch. Unter Döllingers Anleitung mußte von Baer zunächst Blutegel, Schnecken, Muscheln und selbstverständlich auch Wirbeltiere präparieren. Jede Tierform wurde bis ins Letzte studiert und die nächste mit ihr verglichen.

Carl Ernst von Baer schreibt später in Königsberg/Pr. geradezu Leitsätze für die Entwicklungsbiologen nieder. „Dieser Weg, von Einzelheiten zu den Abstractionen überzugehen, ist nicht nur der natürliche, weil man ja überhaupt nur aus richtiger Kenntnis der Einzelheiten, zur richtigen Abstraction gelangen kann, er ist auch der fruchtbarste beim Unterricht, obgleich die Deutschen häufig eine gewisse Vorliebe dafür zeigen, das Abstrahierte voranzustellen.“ „Sehr bald kam ich zu der Einsicht, daß die Natur gewisse allgemeine Themate in ihren Bildungen verfolgte und diese Themate in den einzelnen Arten variierte.“ Beim Vergleich dieser Themata, wir würden heute sagen: dieser Bautypen, komme es auf das „Lageverhältnis der Teile an“. Diese seien nicht schon im Ei präformiert, sondern entstünden in der Embryonalentwicklung, „aber sie werden nicht durch wirkliche Neubildung, sondern durch Umbildung aus schon Bestehendem“. Denn: „Das Ei ist ein organisierter Teil des Mutterkörpers.“ Seine Bildung im Mutterleib, die Oogenese, wird „von dem Typus der Organisation beherrscht“. Die Eizelle „erhält durch diese Entwicklung die Fähigkeit, selbständig zu einem Ganzen sich auszubilden“.

Mehr als 150 Jahre spannen sich von den entscheidenden Erlebnissen Carl Ernst von Baers in Würzburg zu den entwicklungsbiologischen Erkenntnissen der Jüngsten des Lehrstuhles Zoologie I, *Krause* und *Sauer*, die mit ihren Schülern tiefgehende Einblicke in das Werden eines Organismus – bis hinunter in den molekularen Bereich – verschafft haben.

Seit 1847 vertrat wieder ein glänzender Lehrer, *Albert von Kölliker* – ein Schüler *Johannes Müllers* –, die Anatomie in der Medizinischen Fakultät. In Verbindung mit der Anatomie gab es eine Zootomische Anstalt, deren Vorsitzender Kölliker selbst war, und deren Prosektor, Dr. *Franz Leidig*, über Entwicklungsgeschichte las. Dieser bedeutende Histologe folgte 1857 einem Ruf als ordentlicher Professor der Zoologie und Vergleichenden Anatomie nach Tübingen.

Als Kölliker 1852 in der Physikalisch-Medizinischen Gesellschaft über eine Mittelmeer-Reise berichtet, hört der Student *Ernst Haeckel* vom Fang der

Medusen, die er später so wundervoll zeichnete. 1854 habilitierte sich *Carl Gegenbaur*, ein Schüler Köllikers, in der Medizinischen Fakultät: er erhielt bald darauf einen Ruf nach Jena. In diese große Zeit der Vergleichenden Anatomie in Würzburg fällt auch das Aufblühen der Zellenlehre, vor allem durch das Wirken des jungen Pathologen *Rudolph Virchow* von 1849 – 1856.

Da zu erwarten war, daß 1869 für die Nachfolge Leibleins von Leydig und von Gegenbaur nur eine Ablehnung erfolgen würde, „Prof. Haeckel aber sich in der neuesten Zeit literarisch so gestellt hat, daß seine Wirksamkeit am hiesigen Ort nicht mehr wünschenswert erscheint, wie sie es früher sein mochte, blieb der (philosophischen) „Fakultät die Überzeugung, daß dem Würzburger Zoologen Professor Semper kein überlegener Gelehrter an die Seite gestellt werden könne“.

Dr. phil. *Carl Semper*, ein Schüler Leibleins, hatte sich nach 8 Jahren Forschungsreise durch europäische Länder und zu den Philippinen und Palau-Inseln in Würzburg habilitiert und war a.o. Professor geworden. Er war ein wagemutiger Forschungsreisender mit anthropologischen, tiergeographischen, systematischen und vergleichend-anatomischen Verdiensten, der auch mit Entdeckungen an der Begründung der Deszendenzlehre beteiligt war, ein tapferer Streiter für die induktive Methode der Zoologie und gegen den Dogmatismus Haeckels.

Als Semper 1870 einen Ruf nach Göttingen ablehnte, wurde ihm ein Teil der vergleichend-anatomischen Sammlung zugestanden und sein Lehrstuhl erweitert auf „Zoologie und Vergleichende Anatomie“. Semper gab dem Institut den Namen „Zoologisch-zootomisches Institut“, um den Rivalenkampf anzuzeigen. Die Zoologie, bis dahin vorwiegend museal, beanspruchte auch für sich die neuen Arbeitsgebiete, welche sich in der medizinischen Fakultät hatten entfalten können. In der Zeitschrift „Arbeiten aus dem Zoologisch-Zootomischen Institut in Würzburg“ kann man erkennen, wie das Territorium besetzt wurde.

Das erweiterte Institut war in der alten Universität sehr schlecht untergebracht. Es erhielt 1875 einen Bauplatz am Pleicher Wall, aber erst 1887 bewilligte der Landtag 177 000 Mark für den Neubau. 2 Jahre später wurde das neue „Zoologisch-Zootomische Institut“ hier am Ring eröffnet. 1906 war der Zusatz „Zootomisch“ zu eng und entfiel.

Schon 1893 starb Semper. Seine Schüler und Freunde enthüllten 1905 eine Gedenktafel, die jetzt im Vorraum zum Zoologischen Hörsaal hängt. Semper war ein hochgeachteter und dekorierten Mann. Das Institutspersonal liebte ihn sehr, hatte aber auch einen großen Respekt vor dem vitalen Seefahrer und Alleskönner.

Die Glanzzeit der Zoologie in Würzburg beginnt mit der Berufung des 30jährigen Assistenten bei *Richard Hertwig*, *Theodor Boveri*.

Theodor Boveri war von 1893 – 1915 ordentlicher Professor für Zoologie und Vergleichende Anatomie. Er hatte um die Jahrhundertwende eine große Epoche der Biologie mit eingeleitet und gilt als einer der Begründer der Zellenlehre, die uns zu wichtigen Erkenntnissen der Vererbung geführt hat und die Mendelschen Regeln wieder zu Geltung brachte. Boveri hat den Nachweis erbracht, daß Chromosomen im Zellkern ihre Individualität besitzen und diese Eigenständigkeit bei der Zellteilung weitergeben. Damit hat er einen entscheidenden Nachweis erbracht, daß Erbanlagen in den Chromosomen lokalisiert sind.

Boveri ist nicht als Fremder – im Zuge einer Berufung – nach Würzburg gekommen. Schon im Jahre 1590 ließ sich *Carolus Boveri* aus Savoyen in Iphofen nieder und heiratete dort eine Apollonia Lindwurm. Seither sind die Boveris in Franken heimisch und haben unserem Land mehrere angesehene Juristen geschenkt; auch der Großvater väterlicherseits war Richter in Bamberg, dessen Ehefrau stammte aus Rothenburg und die Großmutter mütterlicherseits kam aus einer angesehenen Bamberger Familie. So nimmt es nicht wunder, daß Theodor Boveri sich zeitlebens der fränkischen Landschaft und besonders der Stadt Würzburg eng verbunden fühlte. Nur der Großvater mütterlicherseits kam von auswärts: als Bauernsohn aus der Gegend von Straubing, hatte er sich zu einem hoch angesehenen Rechtsanwalt in Bamberg emporgearbeitet und war viele Jahre Mitglied des Oberfränkischen Landrats. Der Vater war Arzt, mit dem Herzen freilich mehr Biologe, außerdem ein hervorragender Klavierspieler und Zeichner. Auch die Mutter hat gemalt und musiziert und diese Geschicklichkeit der Hände ist auf den Sohn Theodor, geboren am 12.10.1862 in Bamberg, übergegangen. Noch heute dienen seine klaren mikroskopischen Zeichnungen über die Befruchtung des Seeigeleies und über die Zellstudien der Entwicklung des Eies vom Spulwurm unseren Zoologiestudenten als Vorbild. Sie zeugen nicht nur für zeichnerisch-künstlerisches Können, sondern beweisen in ihrer Klarheit, daß in einfachen Strichen und Punkten Wesentliches erkannt und hervorgehoben werden kann; dabei finden aber auch Einzelheiten die gebührende Sorgfalt. Im Zeitalter des Elektronenmikroskopes und der mechanisierten optischen Meßmethoden können wir nur staunen, was damals das Auge des Forschers unter dem einfachen Mikroskop schon gesichtet und in seiner Dynamik erkannt hat.

Boveri hatte viele Freunde unter bekannten Würzburger Bürgern; vor allem *Röntgen* stand ihm besonders nahe. In Cadenabbia am Comer See trafen sie sich mehrere Jahre hindurch „zu ruhigem Verweilen“. 1910 schrieb Röntgen an Boveri: „Wir stimmen ja in sehr vielem überein und haben in den nun bald 17 Jahren die wir uns kennen, viel Gemeinsames durchlebt“.

Boveri war ein unabhängig in sich ruhender Mensch, der seine Umgebung stets scharf und kritisch beobachtete. Grundzüge seines Charakters waren unbeugsame Wahrheitsliebe, Unbestechlichkeit, Klarheit und Freiheit des Urteils

und ein hohes Verantwortungsgefühl. Er lebte stets am Rande seiner physischen Leistungskraft, die durch Krankheit schon vor den Würzburger Jahren stark angegriffen war. Seine Schüler und Freunde, unter denen nur der berühmte Zoologe aus Bern – *Fritz Baltzer* – genannt sei, rühmen an ihm, daß er in einer Zeit, wo das öffentliche und private Leben bereits an Gehetztheit und Überlastung zu leiden begann (so urteilt Baltzer über die Jahre 1910 – 1914), ein Mensch blieb, der sich trotz der großen Arbeitslast Ruhe und Zeit nahm und die innere Kraft des Verweilens bewahrte. Es war freilich ein Verweilen höchster Produktivität – in seiner Wissenschaft, die er mit breit gespannten Gedanken befruchtete, in der Kunst, bei den Werken großer Meister, in seinem täglichen Leben, bei den ihm nahestehenden Menschen, bei sich selbst und in der ihn umgebenden Natur.

Das wissenschaftliche Werk:

Theodor Boveri hat als großer, überschauender Geist drei Gebiete der Biologie bearbeitet, hat in jedem von ihnen Bahnbrechendes geleistet und hat die Ergebnisse in einer großartigen theoretischen Zusammenschau zu einer Synthese geführt: Zellenlehre, Entwicklungsgeschichte und Vererbungslehre. Jedes dieser Gebiete stellt heute eine eigene Disziplin dar, und die Fachgelehrten auf dem einen Gebiet wagen es kaum noch, ihr Arbeitsprogramm in das Nachbargebiet hinübergreifen zu lassen. Hauptziel seines leider allzu kurzen Lebenswerkes war nach seinen eigenen Worten „die Erforschung jener Vorgänge, durch die aus den elterlichen Zeugungsstoffen ein neues Individuum mit bestimmten Eigenschaften hervorgeht“. Eine anspruchsvolle Zielsetzung; erste Ansätze hierzu waren damals zwar durch die Zellforschungen von *Naegeli*, *van Beneden*, *O. Hertwig*, *von Koelliker* und *Weismann* gegeben; aber erst die meisterhaften mikroskopischen Untersuchungen Boveris am Ei des Spulwurms, gepaart mit genialen experimentellen Eingriffen am Seeigelkeim, brachten die weittragenden Erkenntnisse, auf denen er seine Chromosomentheorie der Vererbung aufbaute. Was wir heute als banale Wahrheit ansehen, daß nämlich die Chromosomen ihre Individualität nicht nur in der Teilungsphase, sondern auch im Ruhekern, wo sie sich im mikroskopischen Bild auflösen, beibehalten, war damals nur indirekt zu belegen. Hier zeigte Boveri erstmals seine theoretische Kühnheit, indem er die Schlußfolgerung zog: „Wenn in beiden Furchungszellen stets genau die gleiche gegenseitige Stellung der vier Schleifen (= Chromosomen) zustande kommt, so kann das nur darin seinen Grund haben, daß sich in diesen Zellen die Anordnung der Chromosomen aus einer gemeinsamen Quelle herleitet“. Die Tragweite dieses Gedankenganges war damals schon klar: Wenn die Chromosomen die Erbanlagen tragen sollten, mußten sie **K o n t i n u i t ä t** haben, denn Vererben setzt ja Kontinuität voraus.

Es gab zuerst heftige Kritik, wie dies ja so oft in der Wissenschaftsgeschichte bahnbrechenden Ideen und Entdeckungen widerfahren ist; aber Boveri, der

sonst eher verschlossene Kollege, holte jetzt zu einem harten Gegenschlag aus: er hatte inzwischen im Würzburger Schlachthof ein besonders günstiges Objekt eines Pferdespulwurms – *Ascaris megalcephala univalens* – gefunden, der im diploiden Stadium nur zwei Chromosomen besitzt. Da ließ sich natürlich die Kontinuität der Chromosomen vor und nach der Zellteilung besonders gut verfolgen. Scharfsinnig hat dann Boveri diese Theorie der Chromosomenindividualität zur klassischen „Befruchtungstheorie“ ausgebaut. Zwar war schon durch O. Hertwig am durchsichtigen Ei des Seeigels beobachtet worden, daß dieses von einem winzigen Spermium besamt werden muß, um zur Entwicklung zu kommen. Was aber anlagemäßig von der männlichen Keimzelle beigesteuert wird, war damals noch völlig unklar. Erst seit Boveri weiß man, daß mit der Befruchtung die männliche Keimzelle einen gleichwertigen Chromosomensatz wie die Eizelle liefert, daß bei der Entwicklung der befruchteten Eizelle alle Abkömmlinge, die durch die fortlaufenden Zellteilungen entstehen, zur Hälfte einen mütterlichen, zur anderen Hälfte einen väterlichen Chromosomenbestand besitzen. Was uns heute so ganz geläufig erscheint, war damals eine sensationelle Forderung: Jede Körperzelle bekommt sowohl vom Vater wie auch von der Mutter eine gleichwertige Erbmasse mit. Der so auffallend größere Plasmaanteil des Weibchens liefert lediglich die Nährstoffe für die allerersten Entwicklungsstadien des Embryos, so lange bis sich die junge Larve selbständig ernähren kann.

Experimentelle Belege zur Theorie der Chromosomenindividualität und zur Befruchtungstheorie:

Durch genial ausgedachte Experimente suchte Boveri seine beiden Theorien zu stützen und zu untermauern. Mit einigem Geschick kann man Seeigeleier durch Schütteln in Bruchstücke zerlegen. Solche Stücke, die den Eikern enthalten und besamt wurden, entwickeln sich zu einer normalen, wenn auch kleineren Seeigellarve. Aber auch die kernlosen Bruchstücke entwickeln sich unter bestimmten Bedingungen weiter, sobald sie mit dem Spermium der gleichen Art befruchtet werden. Dies war ein Beweis dafür, daß die väterlichen Chromosomen allein, zusammen mit Eiplasma, genügen, um eine „väterlich-haploide“ Entwicklung einzuleiten.

Konsequent folgt die zweite Versuchsreihe, die unter dem Namen „merogonische Bastardierung“ Berühmtheit erlangt hat. Von ihr liest man zwar in allen Lehrbüchern der Biologie; welche Mühe und Enttäuschung diese Versuche mit sich brachten, erfahren wir erst aus den Briefen, die Boveri mit seinen Kollegen, vor allem mit *Spemann* gewechselt hat.

Zunächst ließen sich die Versuche recht gut an. Als er kernlose Eibruchstücke einer bestimmten Seeigelart (*Sphaerechinus*) mit dem Sperma einer anderen Art (*Paracentrotus*) besamte, bekam er tatsächlich Larven, die der väterlichen Art entsprachen. Echte Bastarde, durch Besamung von kernhaltigen

Eizellen einer anderen Art, ergaben Zwischenformen. Eine kritische Nachprüfung zeigte aber zur großen Enttäuschung Boveris, daß beim Schütteln der Eier der Eikern gelegentlich in kleine Stücke zersprengt wurde. Damit war er im Mikroskop nicht mehr auffindbar und man wußte nicht, ob nicht funktionsfähige Chromosomen in die scheinbar kernlosen Eibruchstücke aufgenommen worden waren.

So mußte sich Boveri nach 25 Jahren mühsamer experimenteller Arbeit von seinen Kritikern geschlagen geben und kurz vor seinem Tod 1915 schrieb er resigniert an seinen Freund, den späteren Nobelpreisträger Spemann: „Ich möchte die Möglichkeit, daß sich besamte, eikernlose Bruchstücke entwickeln, nicht absolut ausschließen. Oft geht etwas bei den Seeigeln einmal, und dann 20 Jahre nicht mehr.“ Heute wissen wir, daß diese Resignation keineswegs berechtigt war und daß die Schlußfolgerung Boveris genau das Wesentliche traf. 20 Jahre später, 1936, gelang es nämlich dem Schweden *Hörstadius* bei Seeigeleiern, den Kern mit einer feinen Glasnadel zu entfernen und an ihnen die Versuche Boveris zu wiederholen; auch *v. Ubisch* hatte in einigen Fällen bei der Herstellung von Merogonen Erfolg — beide Forscher konnten Boveris Theorie bestätigen.

Noch eine letzte Versuchsreihe muß in diesem Zusammenhang erwähnt werden: Man kann ein Seeigeli mit **z w e i** Spermien befruchten. In den Tochterzellen dieser doppelt befruchteten Eier sind also väterliche und mütterliche Chromosomen nicht gleichmäßig verteilt. Boveri isolierte die allerersten Tochterzellen und fand, daß bei der Weiterentwicklung aus jeder Zelle ein anderer Organismus sich entwickelte. Boveri wollte mit diesem Experiment eine Streitfrage, die damals hitzig diskutiert wurde, endgültig klären: Enthält jedes Chromosom die **g e s a m t e** Erbsubstanz — diese Forderung hatte Weismann aufgestellt — oder sind die Chromosomen als Träger verschiedener Anteile der Erbsubstanz auch verschiedenwertig — dies war seine eigene Theorie. Boveri hat die Frage zugunsten der letzten Möglichkeit entschieden und hat damit den Weg geöffnet für die gewaltige Entwicklung der modernen Genetik und Molekularbiologie.

Wir bewundern heute nicht nur die genial ausgedachten Experimente, sondern auch, wie die Ergebnisse von Boveri scharfsinnig und mutig zu Schlußfolgerungen gefügt wurden. Hinterher freilich kommt einem die Einsicht in die Zusammenhänge gar nicht mehr so problematisch vor und Boveri meinte dies selbst, wenn er mit einigem Galgenhumor an Spemann schreibt: „Die ganze Sache ist jedenfalls einfacher, als aus einer inneren Rocktasche eine Brieftasche zu stehlen, was mir neulich hier in Würzburg im Gewühl einer überfüllten Trambahn passiert ist — leider gerade mit 230 Chromosomen (gemeint waren 230 Reichsmark). Die Sache verschaffte mir Gelegenheit, auf dem Municipio das Album der Taschendiebe durchzusehen, was eine schöne Galerie ist, den meinigen vermochte ich aber nicht darunter zu finden.“

Wie weittragend solche Grundlagenforschung sein kann, mag durch einen Seitenblick, den Boveri selbst gewagt hatte, angedeutet werden: Boveri beobachtete, daß doppelt befruchtete Seeigelleier in der Regel zu Mißbildungen führten und er stellte damals (1914!) die recht mutige Hypothese auf, daß auch maligne-Tumoren sich aufgrund von abnormen Chromosomenkombinationen entwickeln. In Tumoren sind ja mehrpolige Mitosen, die unregelmäßige Chromosomenverteilungen nach sich ziehen, sehr häufig. Die Richtigkeit dieser Hypothese konnte Boveri nicht beweisen, aber ist diese Frage heute, nach 65 Jahren, restlos geklärt?

Eine entscheidende Wende für den jungen Boveri wurde seinerzeit eingeleitet, als ihm im Jahre 1885 von der Münchner Philosophisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät das „Lamont-Stipendium“ zugesprochen wurde. Er hatte damals ernste finanzielle Sorgen, war durch dieses Stipendium dieser Sorgen enthoben worden und entschloß sich daraufhin, als wissenschaftlicher Assistent zu dem führenden Zoologen Richard Hertwig nach München zu gehen und die Laufbahn des Forschers und Hochschullehrers einzuschlagen.

Das Theodor Boveri – Stipendium, von der Familie Boveri in der Schweiz vor fünf Jahren gestiftet, soll auch unseren besonders qualifizierten Nachwuchszoologen in Würzburg Auftrieb und Hilfe in ihrer wissenschaftlichen Arbeit sein.

# Vierhundert Jahre Universität Würzburg

## Eine Festschrift

Im Auftrag der Bayerischen Julius-Maximilians-Universität  
herausgegeben von  
Peter Baumgart

1982  
VERLAG DEGENER & CO., INHABER GERHARD GESSNER  
NEUSTADT AN DER AISCH