

Klassische Texte der Wissenschaft

Axel C. Hüntelmann

Paul Ehrlich –  
Ein Lebensweg von  
der Histologie über  
die Immunologie  
zur Chemotherapie



Springer Spektrum

---

# Klassische Texte der Wissenschaft

## **Gründungsherausgeber**

Olaf Breidbach, Institut für Geschichte der Medizin, Universität Jena, Jena, Deutschland

Jürgen Jost, Max-Planck-Institut für Mathematik in den Naturwissenschaften, Leipzig,  
Deutschland

## **Reihe herausgegeben von**

Jürgen Jost, Max-Planck-Institut für Mathematik in den Naturwissenschaften, Leipzig,  
Deutschland

Armin Stock, Zentrum für Geschichte der Psychologie, University of Würzburg,  
Würzburg, Deutschland

Die Reihe bietet zentrale Publikationen der Wissenschaftsentwicklung der Mathematik, Naturwissenschaften, Psychologie und Medizin in sorgfältig edierten, detailliert kommentierten und kompetent interpretierten Neuausgaben. In informativer und leicht lesbarer Form erschließen die von renommierten WissenschaftlerInnen stammenden Kommentare den historischen und wissenschaftlichen Hintergrund der Werke und schaffen so eine verlässliche Grundlage für Seminare an Universitäten, Fachhochschulen und Schulen wie auch zu einer ersten Orientierung für am Thema Interessierte.

---

Axel C. Hüntelmann  
(Hrsg.)

# Paul Ehrlich – Ein Lebensweg von der Histologie über die Immunologie zur Chemotherapie

*Hrsg.*  
Axel C. Hüntelmann  
Charité – Universitätsmedizin Berlin  
Institut für Geschichte der Medizin und  
Ethik in der Medizin,  
Berlin, Deutschland

ISSN 2522-865X                      ISSN 2522-8668 (electronic)  
Klassische Texte der Wissenschaft  
ISBN 978-3-662-62154-7              ISBN 978-3-662-62155-4 (eBook)  
<https://doi.org/10.1007/978-3-662-62155-4>

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

© Springer-Verlag GmbH Deutschland, ein Teil von Springer Nature 2023

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von allgemein beschreibenden Bezeichnungen, Marken, Unternehmensnamen etc. in diesem Werk bedeutet nicht, dass diese frei durch jedermann benutzt werden dürfen. Die Berechtigung zur Benutzung unterliegt, auch ohne gesonderten Hinweis hierzu, den Regeln des Markenrechts. Die Rechte des jeweiligen Zeicheninhabers sind zu beachten.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag, noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Planung/Lektorat: Stefanie Wolf

Springer Spektrum ist ein Imprint der eingetragenen Gesellschaft Springer-Verlag GmbH, DE und ist ein Teil von Springer Nature.

Die Anschrift der Gesellschaft ist: Heidelberger Platz 3, 14197 Berlin, Germany

---

## Danksagung

Für die Aufnahme des Beitrags in der Reihe *Klassische Texte der Wissenschaft* möchte ich dem Reihenherausgeber Armin Stock und dem Springer Verlag danken. Für die Durchsicht und kritische Kommentierung früherer Versionen dieses Textes danke ich ebenfalls Armin Stock sowie Hans-Martin Jäck und insbesondere Ulrike Enke. Thomas Schnalke vom Medizinhistorischen Museum der Charité in Berlin hat großzügigerweise zahlreiche Sonderdrucke zur Verfügung gestellt, die von Isabel Megatli digitalisiert wurden – auch ihnen beiden gilt mein Dank. Zahlreiche weitere Anregungen zu Paul Ehrlich verdanke ich Christoph Gradmann und Klaus Cussler.

---

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Paul Ehrlich – Ein Lebensweg von der Histologie über die Immunologie zur Chemotherapie</b> .....	1
Axel C. Hüntelmann	
<b>2 Praxis und Theorie – Ehrlichs wissenschaftliche Arbeiten</b> .....	19
Axel C. Hüntelmann	
<b>3 Textauswahl</b> .....	49
Axel C. Hüntelmann	



# Paul Ehrlich – Ein Lebensweg von der Histologie über die Immunologie zur Chemotherapie

1

Axel C. Hüntelmann

Paul Ehrlich war einer der bedeutendsten Mediziner seiner Zeit – der letzten Hälfte des 19. und ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts. In den Nachrufen und der Bezugnahme späterer Lebenswissenschaftler auf Ehrlich wurde er als genialer Forscher und Experimentator, als großer Entdecker, als Vater der Chemotherapie, als Wegbereiter der Immunologie, Serologie und Hämatologie bezeichnet. Fraglos ist die Idee der modernen Arzneimittelforschung, systematisch nach chemischen Substanzen zu suchen, ihre Wirkung auf Krankheitserreger und die Zellen des menschlichen Organismus zu prüfen und gegebenenfalls die Zusammensetzung der Substanzen zu modifizieren, ohne Paul Ehrlich genauso wenig denkbar wie die Vorstellung von verschiedenen Rezeptoren, mittels derer Zellen bestimmte Wirk- und Nahrungsstoffe an sich binden.

Die erstgenannten Zuschreibungen als Entdecker und genialer Forscher greifen natürlich zu kurz und können weder (zufriedenstellend) seinen wissenschaftlichen Erfolg erklären noch entsprechen sie neueren wissenschaftshistorischen, -theoretischen und -soziologischen Erkenntnissen<sup>1</sup> oder Theorien zur Lebenslaufforschung und aktuellen

---

<sup>1</sup> Siehe die zahlreichen wissenschaftshistorischen, -soziologischen, und -philosophischen Arbeiten im Anschluss an Ludwik Fleck, zur historischen Epistemologie im Anschluss an Gaston Bachelard, Georges Canguilhem und zuletzt Hans-Jörg Rheinberger, auf Grundlage des *material, practical* und *ontological turn* in den Geisteswissenschaften die Arbeiten zur Actor-Network-Theory im Anschluss an John Law, Michel Callon, Annemarie Mol und Bruno Latour sowie die Arbeiten zu *biomedical platforms* und wissenschaftlichen Gefügen im Anschluss an Gilles Deleuze und Felix Guattari.

---

A. C. Hüntelmann (✉)

Charité - Universitätsmedizin Berlin, Institut für Geschichte der Medizin und Ethik in der Medizin, Berlin, Deutschland

E-Mail: [axel@huentelmann.org](mailto:axel@huentelmann.org)

Studien zur Biografik.<sup>2</sup> Ehrlichs Erfolg beruhte auf einer Vielzahl von Faktoren. Seine zweifelsohne herausragenden wissenschaftlichen Arbeiten sind ohne die *laboratory revolution* des 19. Jahrhunderts und die Experimentalisierung (in) der Medizin, ohne eine prononcierte preußische Wissenschaftspolitik und die Schaffung außeruniversitärer Forschungseinrichtungen, den Aufstieg der chemischen Industrie in Deutschland oder auch seine zahlreichen wissenschaftlichen Mit- und Zuarbeiter sowie Kooperationspartner nicht zu erklären.<sup>3</sup> Hinzu kommt die Voraussetzung, wirtschaftlich unabhängig eigene Forschungsinteressen zu verfolgen<sup>4</sup> und Ehrlichs Fähigkeiten, eine arbeitsteilige Forschung zu organisieren und orchestrieren, wissenschaftliche und persönliche Beziehungen zu knüpfen und internationale Forschungsnetzwerke zu unterhalten, seine interdisziplinäre Herangehensweise und nicht zuletzt die Verbindung von Theorie und Praxis.

Ehrlichs Name ist untrennbar verbunden mit der sogenannten Seitenkettentheorie, später als Rezeptortheorie bezeichnet, mit der er die im Körper ablaufenden und vom Organismus initiierten Prozesse zur Abwehr pathogener Mikroorganismen oder chemischer Stoffe zu erklären versuchte. Ehrlich nahm an, dass Zellen mit Rezeptoren, bildlich zunächst als „Fangarme“ und aufgrund der mehrteiligen, kettenförmigen Struktur auch als Seitenketten bezeichnet, ausgestattet seien, mittels derer sie Nahrungsstoffe wie Eiweißsubstanzen oder Sauerstoff an sich binden können. An diese Rezeptoren dockten sich jedoch nicht nur Nährstoffe an, sondern auch, sofern sie eine ähnliche Molekülstruktur aufwiesen, Fremdstoffe (Antigene) wie Bakteriengifte. Die Rezeptoren seien dann ‚besetzt‘, und die Zelle könne keine Nahrungsstoffe mehr auf-

---

<sup>2</sup>Einen Überblick über Biografiethorie, Lebenslaufforschung und wissenschaftshistorische Erinnerungskulturen liefern die Beiträge in den Sammelbänden und Handbüchern von Pnina G. Abir-Am (Hg.), *Comemorative Practices in Science. Historical Perspectives on the Politics of Collective Memory* (Osiris 14), Chicago 1999; Hans Erich Bödeker (Hg.), *Biographie schreiben*, Göttingen 2003; Thomas Söderqvist (Hg.), *The History and Poetics of Scientific Biography*, Ashgate 2007; Christian Klein (Hg.), *Handbuch Biographie. Methoden, Traditionen, Theorien*, Stuttgart 2009; Bernhard Fetz (Hg.), *Die Biographie. Zur Grundlegung ihrer Theorie*, Berlin 2009.

<sup>3</sup>Hierzu gibt es zahlreiche wissenschaftliche Arbeiten. Exemplarisch zur *laboratory revolution*: Andrew Cunningham und Perry Williams (Hsg.), *The Laboratory Revolution in Medicine*, Cambridge 1992; Christoph Gradmann, *Krankheit im Labor. Robert Koch und die medizinische Bakteriologie*, Göttingen 2005. Zur preußischen Wissenschaftspolitik Bernhard vom Brocke (Hg.), *Wissenschaftsgeschichte und Wissenschaftspolitik im Industriezeitalter. Das „System Althoff“ in historischer Perspektive*, Hildesheim 1991; aus der Reihe *Acta Borussica* (Neue Folge, Reihe 2): Bärbel Holtz und Wolfgang Neugebauer (Hg.), *Preußen als Kulturstaat*, Abt. 1: *Das preußische Kultusministerium als Staatsbehörde und gesellschaftliche Agentur (1817–1934)*, Bd. 1: *Die Behörde und ihr höheres Personal*, Teil 1: *Darstellung* (Acta Borussica, Neue Folge, Reihe 2), Berlin 2009. Zu technischen Hilfskräften in den Wissenschaften siehe Steven Shapin, *The Invisible Technician*, in: *American Scientist* 77 (1989), S. 554–563; und den Band von Klaus Hentschel (Hg.), *Unsichtbare Hände. Zur Rolle von Laborassistenten, Mechanikern, Zeichnern u. a. Amanuenses in der physikalischen Forschungs- und Entwicklungsarbeit*, Diepholz 2008.

<sup>4</sup>Ehrlich selbst hat die Faktoren seines Erfolges als Geduld, Geschick, Geld und Glück bezeichnet.

nehmen und drohe unterzugehen. Um den Verlust zu kompensieren, produzierten die Zellen eine Vielzahl von Seitenketten und nicht benötigte, überschüssige Seitenketten würden ins Blut abgegeben, von Ehrlich als Antikörper bezeichnet, wo sie wiederum die Fremdstoffe binden und neutralisieren könnten (siehe ausführlich die Texte 12 bis 15). Für die Arbeiten zur Seitenkettentheorie wurde er 1908 mit dem Nobelpreis für Physiologie oder Medizin ausgezeichnet.

Ehrlich hat diese Theorie im Rahmen seiner praktischen Tätigkeit und der Reflexion darüber herausgebildet und im Austausch mit anderen Wissenschaftlern über Jahre entwickelt und fortentwickelt. Der vorliegende Band enthält eine Auswahl seiner Publikationen, die die unterschiedlichen Themen und Facetten seiner Forschung verbinden und einen Bogen seiner wissenschaftlichen Tätigkeiten über die Histologie und Histopathologie, Hämatologie und Serologie, Immunologie und Krebsforschung, Biochemie und Chemotherapie schlagen und die überdies seine theoretischen Ideen zusammenfassen.

Zunächst wird in wenigen Linien der Lebensweg Paul Ehrlichs skizziert. Anschließend werden die verschiedenen Arbeitsfelder Ehrlichs miteinander in Bezug gesetzt, die mitnichten in sich abgeschlossene Forschungsgebiete darstellen, und es wird kurz in die hier abgedruckten Texte eingeführt sowie ihre Auswahl erläutert.

---

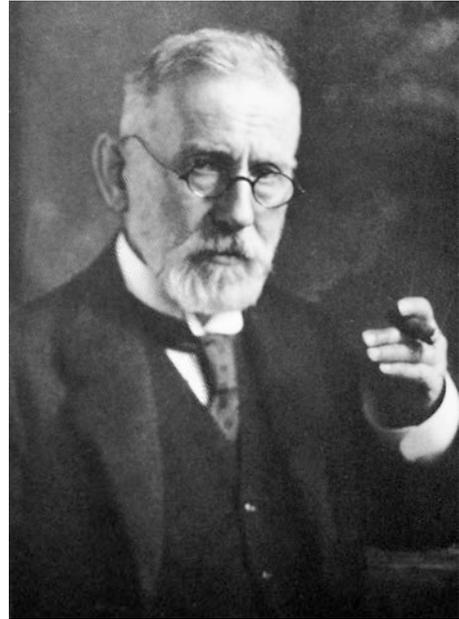
## Paul Ehrlich – Stationen eines Lebens

Paul Ehrlich wurde am 14. März 1854 in Strehlen, einer kleinen niederschlesischen Kreisstadt unweit von Breslau, geboren.<sup>5</sup> Sein Vater, Ismar Ehrlich (1818–1898), war Lottereeinnehmer und Likörfabrikant, seine Mutter Rosa Ehrlich (geb. Weigert, 1826–1909) betrieb die Gastwirtschaft „Krug zum Rautenkranz“. Paul Ehrlich war der einzige Sohn, er hatte noch vier Schwestern. Ehrlichs Vater war Vorsteher der jüdischen Gemeinde, und seine Eltern waren im Ort angesehen und galten als relativ vermögend. Man kann annehmen, dass Paul Ehrlich eine unbeschwerte Kindheit verlebt hat. Nach dem Besuch der Volksschule in Strehlen wechselte Ehrlich mit zehn Jahren an das renommierte Maria-Magdalenen-Gymnasium in Breslau, wo er eine höhere Schulbildung erhalten sollte. Die Freundschaft zu seinem Mitschüler Albert Neißer (1855–1916) währte bis an das Lebensende. Nach dem Besuch des Magdalanaeums studierte Ehrlich in Breslau (1872, 1874–1877), Straßburg (1872–1874) und Freiburg (1875/1876) Medizin. Unter den namhaften Professoren, von denen er unterrichtet wurde, sind insbesondere der Anatom H. Wilhelm G. Waldeyer (1836–1921, ab 1916

---

<sup>5</sup>Auf Anmerkungen wird in diesem Abschnitt weitgehend verzichtet. Die Angaben sind eine Zusammenfassung aus Axel C. Hüntelmann, Paul Ehrlich. Leben, Forschung, Ökonomien, Netzwerke, Göttingen 2011. Die Biografie enthält auch ausführliche Literatur zum Leben und Wirken Ehrlichs.

**Abb. 1.1** Paul Ehrlich, ca. 1910. Diese Portraitaufnahme fand Paul Ehrlich am gelungensten und wurde oft als „Autogrammkarte“ verwendet. (Mit freundlicher Genehmigung des Rockefeller Archive Center, auch abgedruckt in den Gesammelten Arbeiten, Bd. 3)



von Waldeyer-Hartz) zu nennen, dem Ehrlich von Breslau nach Straßburg folgte und der ihn förderte und ihn zum Demonstrator in den anatomischen Seminaren ernannte, sowie der Pathologe Julius F. Cohnheim in Breslau, in dessen Laboratorium Ehrlich einen Arbeitsplatz erhalten hatte und bei dem er 1878 promovierte. Eine zentrale Rolle spielte Ehrlichs Vetter Carl Weigert (1845–1904), der ihm Vorbild, Mentor und Freund war. Weigert stellte auch die wichtigen Beziehungen zu Waldeyer und Cohnheim her, bei denen er als wissenschaftlicher Assistent arbeitete. Bereits während seines Studiums war Ehrlich mit färbetechnischen Arbeiten zur Histologie und Morphologie von Zellen hervorgetreten (siehe Text 1), und nach der Approbation und Abschluss der Promotion in Leipzig 1878 holte ihn der führende deutsche Internist Friedrich Theodor Frerichs (1819–1885) als Assistent an die Berliner Charité. Frerichs förderte Ehrlich in seinen wissenschaftlichen Forschungen zur Färbung von Zellen, besonders von Blutzellen, zu Bluterkrankungen und zur ersten klinischen Prüfung von Arzneimitteln. In diese Zeit wurden auch zahlreiche Mikroorganismen als Erreger von Krankheiten identifiziert, und die Bakteriologie entwickelte sich zur neuen Leitwissenschaft in der Medizin. Nachdem Ehrlich im März 1882 Kochs Vortrag über die Ätiologie der Tuberkulose gehört hatte,<sup>6</sup> entwickelte er ein leichter anwendbares und praktisch nutzbareres Verfahren zur Identifizierung der sogenannten Tuberkelbazillen, durch das diese zudem weitaus deutlicher

---

<sup>6</sup>Siehe hierzu den von Christoph Gradmann herausgegebenen Band in der Reihe Klassische Texte der Wissenschaft zu Robert Koch.

gefärbt wurden (siehe Text 4). Ehrlichs histopathologische Arbeiten wurden im Juli 1882 mit der frühen Ernennung zum Professor honoriert.<sup>7</sup> In dem darauffolgenden Jahr heiratete Ehrlich 1883 Hedwig Pinkus (1864–1948), die Tochter des schlesischen Textilindustriellen Joseph Pinkus (1829–1909). 1885 fasste Ehrlich seine langjährigen Erfahrungen in der Publikation „Das Sauerstoff-Bedürfnis des Organismus. Eine farbenanalytische Studie“ zusammen, die er später als Habilitationsschrift einreichte. 1887 habilitierte er sich mit einem Vortrag über „Blutfunde bei verschiedenen Formen von Anaemien“.

Bis Mitte der 1880er-Jahre schienen seine Zukunftsaussichten ungetrübt, doch im März 1885 verübte sein Förderer Friedrich Theodor Frerichs Selbstmord. Mit dem neuen Leiter der (II.) Medizinischen Klinik der Charité und seinem neuen Chef, dem aus Würzburg berufenen Carl Gerhardt (1833–1902), verstand sich Ehrlich schlecht. Einige Monate zuvor war bereits sein Doktorvater Julius F. Cohnheim in Leipzig verstorben, und bei der Neubesetzung der beiden Professuren kamen deren Assistenten, Weigert in Leipzig und Ehrlich in Berlin, nicht in die (engere) Auswahl möglicher Nachfolgekandidaten. Ehrlich hatte sich zwar nicht der Illusion hingegeben, dauerhaft auf das Ordinariat berufen und zum Leiter der Klinik ernannt zu werden, aber dass er überhaupt nicht in Betracht gezogen wurde, und auch nicht übergangsweise für die Vertretung der Stelle vorgesehen war, verletzte ihn. Als Grund, warum man sie übergangen hatte, vermuteten Ehrlich und Weigert ihren jüdischen Glauben in der sich im deutschen Kaiserreich in den 1880er-Jahren wieder verstärkenden antisemitischen Stimmung. Dies waren keine guten Voraussetzungen für die Arbeitsbeziehung zwischen Ehrlich und Gerhardt. Hinzu kam, dass Gerhardt die klinische Arbeit seiner Assistenten am Krankenbett weitaus höher schätzte als experimentelle Forschung und der Arbeit im Labor kritisch gegenüberstand. Die Erkrankung Kaiser Friedrich III. an Kehlkopfkrebs und die öffentlich ausgetragene Debatte zwischen Rudolf Virchow (1821–1902), Carl Gerhardt und anderen Medizinern über die Diagnose und Natur der Krankheit wird die Stimmung zwischen den Ärzten in der Klinik weiter belastet haben. An seinen späteren amerikanischen Freund Christian A. Herter (1865–1910) schrieb er 1909 über diese unglückliche Zeit: „Sie wissen, wie ich damals bei Gerhard [sic!] mich so elend fühlte, ging ich immer an meinen Farbenschrank und sagte: ‚Das sind meine Freunde, die mich nicht im Stich lassen werden.‘“<sup>8</sup> Einen Trost und Rückzugsort wird er in der Familie gefunden haben, und Lichtblicke mögen die rasch aufeinander geborenen Töchter Stefanie (1884) und Marianne (1886) gewesen sein. In dieser Zeit zogen auch Ehrlichs

---

<sup>7</sup>Es handelte sich um eine Titular-Professur, d. h. um eine Auszeichnung durch das preußische Kultusministerium, und nicht um eine Universitätsprofessur. Mit der ehrenhalber verliehenen Titular-Professur war weder eine finanzielle Vergütung verbunden noch berechnete sie zum Halten von Vorlesungen.

<sup>8</sup>Paul Ehrlich an Christian A. Herter, 10.7.1909, Rockefeller Archive Center (Tarrytown, NY), Paul Ehrlich Collection 650 Eh 89, Box 1, Folder 17.

Eltern nach Berlin. Quasi als psychosomatische Manifestation des beruflichen Konfliktes infizierte sich Paul Ehrlich – vermutlich in der Klinik – an Tuberkulose. Im Oktober 1888 kündigte er seine Stellung als Oberarzt an der Charité. In den folgenden Monaten reiste er zusammen mit seiner Frau in die Schweiz, nach Italien und für mehrere Monate nach Ägypten, um sich dort zu erholen.

Nach seiner Rückkehr richtete sich Ehrlich ein Privatlaboratorium ein. Nachdem Robert Koch im August 1890 auf dem Zehnten Internationalen Medizinischen Kongress bekannt gegeben hatte, dass er mit dem sogenannten Tuberkulin ein (vermeintliches) Heilmittel gegen Tuberkulose gefunden hatte, beteiligte sich Ehrlich an der klinischen Prüfung des Präparates im Städtischen Krankenhaus Moabit. Dort prüfte Ehrlich ebenfalls die therapeutische Wirkung von Methylenblau (siehe Text 8). In dieser Zeit wurde er auch zum außerordentlichen Professor an der medizinischen Fakultät der Berliner Friedrich-Wilhelms-Universität ernannt. 1891 wurde das Königlich Preußische Institut für Infektionskrankheiten gegründet und Robert Koch zum Direktor ernannt. Koch bot ihm einen Arbeitsplatz in seinem Institut an, d. h. Ehrlich konnte auf Infrastruktur wie Labortiere, Geräte und Apparate sowie Laborpersonal zurückgreifen, erhielt aber keine monetäre Vergütung.

An dem von Koch geleiteten Hygiene-Institut der Berliner Universität und später am Institut für Infektionskrankheiten arbeitete ebenfalls der dorthin abkommandierte Stabsarzt Emil Behring (1854–1917). Er hatte 1890 beobachtet, dass mit dem Blutserum von Tieren, die nach einer überstandenen Diphtherieinfektion Immunität gegen diese Erkrankung erworben hatten oder, im Fall von Milzbrand, eine natürliche Immunität gegen bestimmte Erreger zeigten, die erworbene oder natürliche Schutzfunktion auf andere Organismen übertragen werden konnte. Zahlreiche Mediziner wiederholten Behrings bahnbrechende Versuche zur sogenannten Serumtherapie und entwickelten sie weiter. Man versuchte, auch für andere Infektionskrankheiten ursächlich wirksame Heilseren zu entwickeln und die Methode zur Gewinnung von Heilseren zu verbessern. So nahm Ehrlich ebenfalls Experimente zur Immunisierung von Ziegen gegen Diphtherie und Tetanus vor. Die im Institut für Infektionskrankheiten arbeitenden Forschungsgruppen wurden von Koch zusammengeführt, und gemeinsam gelang es Behring und Ehrlich, ein spezifisch wirksames Heilserum zu entwickeln, das Menschen passiven Schutz vor Ansteckung gegen Diphtherie verlieh. Das neuartige, auf der Basis der Antitoxingabe beruhende Therapieprinzip, durch dessen Anwendung erstmals die Infektionskrankheit geheilt und nicht mehr nur die Symptome gemildert werden konnten, wurde als Meilenstein der Medizin gefeiert. Das Diphtherieheilserum war nicht nur ein wissenschaftlicher, sondern auch ein wirtschaftlicher Erfolg. In der Medizinalverwaltung wurde sowohl über die Vermarktung des Serums als auch über seine staatliche Regulierung diskutiert und zu diesem Zweck die Einrichtung einer staatlichen Kontrollstation für Diphtherieserum beschlossen. Im Unterschied zu Behring, dessen Rolle bei der Entwicklung des Diphtherieserums durch die Ernennung zum ordentlichen Professor für Hygiene in Marburg anerkannt und ‚belohnt‘ wurde, konnte Ehrlich vorerst keinen größeren Nutzen aus seiner Forschungstätigkeit ziehen. Im November 1895 wurde

Ehrlich zum Honorarprofessor mit dem Schwerpunkt „spezielle Therapie und Pathologie“ ernannt. Die Besoldung war kümmerlich, aber erstmals seit 1888 musste er nicht vom Vermögen leben, sondern er bezog wieder ein reguläres Einkommen. Nach Ver selbständigung der Kontrollstation 1896 als Institut für Serumforschung und Serumprüfung wurde Ehrlich zum Direktor und, einhergehend mit der leitenden Position, zum Geheimen Medizinalrat ernannt. Das Institut, untergebracht im angemieteten Gebäude einer ehemaligen Bäckerei in Steglitz, hatte zwar bescheidene Ausmaße, aber, wie Ehrlich Gästen gegenüber stolz betonte: „Klein, aber mein.“<sup>9</sup> In den folgenden Jahren arbeiteten Ehrlich und seine Mitarbeiter zu Fragen der Wertbestimmung von Seren, zur Prüfungsstandardisierung sowie zur Entstehung und Konstitution von Antitoxinen (und Toxinen) bzw. Antikörpern und zum Ablauf immunologischer Prozesse, die Ehrlich durch seine Seitenkettentheorie erklärte.

Mit der Verlegung des Instituts nach Frankfurt 1899 begann Ehrlichs erfolgreichste Zeit. In den folgenden Jahren sollten ihm höchste wissenschaftliche Anerkennung zuteil und Preise verliehen werden. Die Umbenennung seiner Wirkungsstätte in Institut für experimentelle Therapie kennzeichnet die Verlagerung des Forschungsschwerpunktes von der Immunologie zur Chemotherapie. Zum einen arbeitete er auf Grundlage seiner Erfahrungen bei der Wertbestimmung von Seren und der geäußerten Kritik insbesondere von Jules Bordet (1870–1961)<sup>10</sup> und Svante Arrhenius (1859–1927)<sup>11</sup> die Seitenkettentheorie weiter aus.<sup>12</sup> Die von ihm oder unter seiner Regie publizierten Arbeiten fasste

---

<sup>9</sup>Siehe August (von) Wassermann, Paul Ehrlich†, in: Deutsche Medizinische Wochenschrift 41 (1915), S. 1103–1106, 1135 f.

<sup>10</sup>Siehe Eileen Crist und Alfred I. Tauber, Debating Humoral Immunity and Epistemology: The Rivalry of the Immunochemists Jules Bordet and Paul Ehrlich, in: Journal of the History of Biology 30 (1997), S. 321–356.

<sup>11</sup>Siehe Lewis P. Rubin, Styles in Scientific Explanation: Paul Ehrlich and Svante Arrhenius on Immunochemistry, in: Journal of the History of Medicine and Allied Sciences 35 (1980), S. 397–425; Franz Luttenberger, Arrhenius vs. Ehrlich on Immunochemistry. Decisions about Scientific Progress in the Context of the Nobel Prize, in: Theoretical Medicine 13 (1992), S. 137–173. Zu den unterschiedlichen Denkstilen in der Biochemie siehe auch Joseph S. Fruton, Contrasts in Scientific Style. Research Groups in the Chemical and Biochemical Sciences, Philadelphia 1990; und beispielsweise in der Genetik Jonathan Harwood, Styles of Scientific Thought. The German Genetics Community 1900–1933, Chicago 1993.

<sup>12</sup>Zur Seitenkettentheorie zeitgenössisch Ludwig Aschoff, Ehrlich's Seitenkettentheorie und ihre Anwendung auf die künstlichen Immunisierungsprozesse. Zusammenfassende Darstellung, Jena 1902; Paul Römer, Die Ehrlichsche Seitenkettentheorie und ihre Bedeutung für die medizinischen Wissenschaften, Wien 1904. Zu den verschiedenen Auseinandersetzungen und Unterschieden der Konzepte zur Erklärung von Immunität zwischen Ehrlich, Bordet, Ilja I. Metschnikow (1845–1916), Max von Gruber (1853–1927) und Karl Landsteiner (1868–1943) siehe Cay-Rüdiger Prüll, Part of a Scientific Master-Plan? Paul Ehrlich and the Origins of his Receptor Concept, in: Medical History 47 (2003), S. 332–356; ders. et al., A Short History of the Drug Receptor Concept, Basingstoke 2009; sowie Arthur M. Silverstein, Paul Ehrlich's Receptor Immunology: The Magnificent Obsession, San Diego 2002.

er 1904 in dem voluminösen Band „Gesammelte Arbeiten zur Immunitätsforschung“<sup>13</sup> zusammen. Zum anderen nahm Ehrlich frühere Forschungen zur sogenannten Farbenchemie und zur therapeutischen Wirksamkeit von Farbstoffen wieder auf und setzte sie fort. Zudem hatte Ehrlich 1901 private Zuwendungen erhalten, um die experimentelle Krebsforschung voranzutreiben. In einer eigens dafür gegründeten Abteilung arbeiteten vornehmlich Anton Sticker (1861–1944), Hugo Apolant (1866–1915) und Gustav Embden (1874–1933) zur Übertragung und Züchtung sowie zur Struktur und Morphologie von Tumoren.

Die parallelen Arbeiten zu biologisch-organischen und zu künstlich synthetisierten Wirkstoffen und Präparaten waren, wie weiter unten gezeigt wird, nicht getrennt, sondern bildeten ein gemeinsames Forschungsfeld. Ehrlich reduzierte das Wirkprinzip der vom Körper als Reaktion auf die Toxine gebildeten Antitoxine auf ihre molekulare bzw. chemische Zusammensetzung. In Anlehnung an dieses Vorbild suchte er nach chemischen Substanzen, die direkt auf den die Krankheit verursachenden Erreger oder auf dessen Giftstoffe einwirkten, sich gegenüber dem Organismus aber neutral verhielten. Vergleichbar mit einem Screening, wurden auf der Suche nach diesen idealen „Zauberkegeln“ systematisch chemische Substanzen experimentell auf ihre therapeutische Wirkung untersucht. Hierbei konzentrierte sich Ehrlich auf durch exotische Parasiten ausgelöste Krankheiten wie Malaria, später die Schlafkrankheit und zuletzt Syphilis. Darüber hinaus legte er den Fokus auf bestimmte chemische Substanzen, vor allem die ihm vertrauten basischen Farbstoffe der Azogruppe (Anilinfarben).

Die Forschungen auf dem Gebiet der experimentellen Therapie erwiesen sich in (mindestens) zweierlei Hinsicht als schwierig. Zum einen war die Arbeit interdisziplinär. Paul Ehrlich kommunizierte und kooperierte mit zahlreichen Netzwerkpartnern, unter ihnen auch Chemiker und chemisch-pharmazeutische Unternehmen. Die Kooperation war jedoch arbeitsaufwendig: In Briefen bat Ehrlich chemische Unternehmen wie zum Beispiel die Cassella Farbwerke oder die Badische Anilin- & Soda-Fabrik (BASF) um neu entwickelte und in Katalogen beworbene Farbpräparate, er schrieb Chemiker an, die mit einer Publikation über neu entwickelte Farbstoffe hervorgetreten waren, oder er bat befreundete Chemiker, ob sie bestehende Farbstoffe für ihn modifizieren könnten. Hierbei konnten sich kollegiale und familiäre Netzwerke überlagern oder hilfreich sein, denn Ehrlich kooperierte gerne und vielfach mit seinem Vetter, dem Chemiker Siegmund Gabriel (1851–1924), und seinen Neffen Franz Sachs (1875–1919)<sup>13</sup> und

---

<sup>13</sup>Franz Sachs war der Sohn von Ehrlichs ältester Schwester Bertha (1852–1911), die mit Wilhelm Sachs (1842–1891) verheiratet war. Siehe zum Beispiel die von Ehrlich und Sachs beschriebene und nach ihnen benannte Ehrlich-Sachs-Reaktion und ihre gemeinsame Publikation Paul Ehrlich und Franz Sachs, Ueber Condensationen von aromatischen Nitroverbindungen mit Methylenderivaten. Erste Mittheilung, in: Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft 32 (1899), S. 2341–2346.

Georg Pinkus (1870–1943), der unter den Fittichen von Gabriel im Laboratorium von Emil Fischer (1852–1919) tätig war.<sup>14</sup> Es wurden jedoch nicht nur bestehende Kontakte mobilisiert, sondern aus der jahrelangen Zusammenarbeit zwischen Ehrlich und seinen Kooperationspartnern, wie beispielsweise mit dem Eigentümer und Direktor der Cassella Farbwerke Arthur von Weinberg (1860–1943), entwickelten sich auch enge Freundschaften. Mit Intensivierung der farbtherapeutischen Versuche ab der Jahrhundertwende wurde die Organisation und Koordination dieser Kooperationen zunehmend problematisch, und Ehrlich stellte mit Heinrich J. Bechhold (1866–1937) erstmals einen Chemiker ein, der die gewünschte Modifikation chemischer Präparate und die Synthese neuer Substanzen direkt im Institut vornehmen konnte.

Zweitens waren die farbtherapeutischen Forschungsarbeiten ungemein teuer. Personelle Ressourcen, der Bezug von Chemikalien und die zahllosen Tierversuche erwiesen sich als außerordentlich kostspielig. Die chronische Unterfinanzierung des Instituts bildete die Ursache für wiederholte Etatüberschreitungen – und die damit einhergehenden Maßregelungen durch das preußische Kultusministerium als übergeordneter Instanz. Das Institut war vornehmlich als Prüfinstanz konzipiert und sollte sich im Wesentlichen aus den von den Serumherstellern zu zahlenden Prüfgebühren tragen. Darüber hinaus hatte Ehrlich bedeutende Förderer im Kultusministerium: zum einen den „allmächtigen“ Ministerialdirektor Friedrich Althoff (1839–1908), dem Ehrlich in den „Gesammelten Arbeiten zur Immunitätsforschung“ in einer Widmung seinen Dank zollte; und zum zweiten den wenig bekannten, aber nicht minder wichtigen Wilhelm Spielmann, Rechnungsrat im preußischen Kultusministerium, der in der Steglitzer Zeit das Rechnungswesen des Instituts im Nebenamt erledigt hatte und Ehrlich auch nach dem Umzug nach Frankfurt in Etatangelegenheiten beriet und ihn mit Interna aus der Ministerialbürokratie versorgte. Um den Etat nicht über Gebühr zu belasten, trug Ehrlich einen Teil der Kosten selbst: So kaufte er beispielsweise Chemikalien auf eigene Rechnung, und auch die Stelle der im November 1902 verpflichteten Sekretärin Martha Marquardt (1873–1956), die ihm fortan die überbordenden (und ungeliebten) Schreib- und Verwaltungsarbeiten abnehmen sollte, finanzierte er privat.

---

<sup>14</sup>Georg Pinkus war der Sohn von Benjamin (Benno) Pinkus (1831–1879) und Rosalie Fraenkel (1840–1912). Benjamin Pinkus war der Bruder von Joseph Pinkus; und Rosalie Fraenkel die Schwester von Auguste Fraenkel (1838–1919), den Eltern von Hedwig Pinkus. Nach den Erinnerungen von Felix Pinkus (1868–1947) haben sich Paul Ehrlich und seine spätere Ehefrau Hedwig Pinkus im Haus der verwitweten Rosalie Pinkus in Berlin kennengelernt. Felix Pinkus arbeitete ebenfalls mit Paul Ehrlich zusammen, siehe z. B. Paul Ehrlich, Adolf Lazarus und Felix Pinkus, *Leukaemie. Pseudoleukaemie. Haemoglobinaemie (Spezielle Pathologie und Therapie*, hg. von Hermann Nothnagel, Bd. 8: *Die Anaemie*, Teil 1), Wien 1901. Weitere Informationen zu den familiären Netzwerken in Hütelmann, Paul Ehrlich.

Sigmund Gabriel war Mitarbeiter am Lehrstuhl von Fischer und dessen Stellvertreter und zudem langjähriges Vorstandsmitglied (und Vorsitzender) der Deutschen Chemischen Gesellschaft, Franz Sachs führte für einige Jahre die Redaktion der Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft, siehe Berthold Peter Anft, Gabriel Sigmund, in: *Neue Deutsche Biographie* 6 (1964), S. 10 f.

In den kommenden Jahren sollte sich die finanzielle Situation des Instituts wesentlich verbessern. Ludwig Darmstaedter (1846–1927), ein Berliner Chemie-Industrieller, vermittelte nach der Jahrhundertwende die Bekanntschaft zwischen seinem Schwager, dem Frankfurter Bankier und Philanthropen Georg Speyer (1835–1902) und dessen Ehefrau Franziska (1844–1909), und Althoff bzw. Ehrlich. Nach dem Tod ihres Ehemannes 1902 erhöhte Franziska Speyer das bereits beträchtliche finanzielle Engagement für gemeinnützige Zwecke und spendete eine Million Mark zur Errichtung einer Forschungsstätte zum Andenken an ihren verstorbenen Ehemann. Die Idee, ein zentrales wissenschaftliches Forschungsinstitut in Frankfurt anzusiedeln, war von dem Frankfurter Bürgermeister Franz Adickes (1846–1915) initiiert worden, der Ehrlich von Beginn an unterstützte, wenngleich Adickes mit der Gründung einer Frankfurter Universität langfristig eigene Pläne verfolgte und das Institut für experimentelle Therapie ein Mosaikstein in diesem Unternehmen darstellte. Adickes sorgte dafür, dass die Stadt ein Baugrundstück zur Verfügung stellte und mit der großzügigen Stiftung und der Gründung des Georg-Speyer-Hauses 1906 war die Finanzierung der experimentellen Forschung auf eine solide Grundlage gestellt, sodass die Versuche in großem Umfang ausgeweitet werden konnten.

Die Zeit zwischen 1901 und 1908 waren für Ehrlich außerordentlich gute Jahre, oder, um ein biblisches Bild zu bemühen, sieben fette Jahre. Seine Tätigkeitsfelder weiteten sich auf die Krebsforschung aus, er hatte wesentlichen Anteil an der Etablierung der Immunitätsforschung, und er initiierte mit der Chemotherapie ein neues Forschungsgebiet und die institutionellen Voraussetzungen verbesserten sich maßgeblich. Auch privat stellte sich familiäres Glück ein: 1904 heiratete Ehrlichs älteste Tochter Stefanie den Textilfabrikanten Ernst L. Schwerin (1869–1946), ein Jahr später heiratete Marianne den Mathematiker Edmund Landau (1877–1938). Bald nach der Heirat erblickten die ersten Enkelkinder das Licht der Welt: im Dezember 1905 wurden Herbert Landau († 1910) und im Januar 1906 Hans-Wolfgang Schwerin († 1987) geboren (es folgten Charlotte, genannt Dolli, Landau [verheiratete Schoenberg] 1907–1949; Susanne Landau [verheiratete von Schüching] 1908–1982; Günther K. J. Schwerin 1910–1997; und Matthias Landau 1911–1991). Auch wenn es Ehrlich vorerst nicht gelang, die von ihm euphemistisch als Zauberkugeln bezeichneten chemischen Wirkstoffe zu finden, die wirksam Krankheitserreger abzutöten in der Lage waren, ohne den erkrankten Organismus zu schädigen, so gelang ihm 1906 mit der Synthese des als Arsacetin bezeichneten Präparats 306 sowie 1908 mit dem als Arsenophenylglycin und Spirasyl bezeichneten Präparats 418 ein beachtlicher Erfolg.<sup>15</sup> Erst in der klinischen Prüfung wurde deutlich, dass die Präparate zwar gegen die Erreger wirksam waren, aber mitunter auch den Sehnerv beeinträchtigen konnten und andere Nebenwirkungen zeigten, folglich also für die Therapie ungeeignet waren. In diesen Jahren wurde Ehrlich mit gesellschaftlichen und

---

<sup>15</sup> Siehe hierzu ausführlich Axel C. Hüntelmann, *Seriality and Standardization in the Production of Salvarsan*, in: *History of Science* 48 (2010), Heft 3/4, S. 435–460.

wissenschaftlichen Auszeichnungen überhäuft: Ihm wurden zahlreiche Orden verliehen, und er wurde zum (Ehren-)Mitglied internationaler Akademien und wissenschaftlicher Gesellschaften ernannt.<sup>16</sup> Hervorzuheben wäre die Verleihung der Großen Goldenen Medaille für Wissenschaften 1903, die höchste wissenschaftliche Auszeichnung, die der preußische Staat zu vergeben hatte, und vor allem die Verleihung des erst wenige Jahre zuvor erstmals gestifteten, aber schon als höchste wissenschaftliche Auszeichnung angesehenen Nobelpreises für seine Arbeiten auf dem Gebiet der Immunologie, der ihm 1908 (zusammen mit Ilja I. Metschnikow, 1845–1916) verliehen wurde.<sup>17</sup>

Doch kurz nach Verleihung des Nobelpreises für Physiologie oder Medizin trat auf dem vorläufigen Höhepunkt seines Ruhms in seinem persönlichen Leben ein Wendepunkt zum Schlechten ein. Auf die biblischen fetten Jahre folgten magere, die sich ganz körperlich auch in der Auszehrung Ehrlichs manifestieren. Auch wenn sich die beruflichen Erfolge mit der Entwicklung und Durchsetzung des Salvarsans vermeintlich fortsetzten, war die Zeit vor allem von Todesfällen, Rückschlägen, Überarbeitung und gesellschaftlichen Anfeindungen geprägt. Ende Oktober 1908 war Friedrich Althoff, Ehrlichs Gönner im preußischen Kultusministerium, gestorben und überschattete die Mitteilung Anfang November, dass er den Nobelpreis für Physiologie oder Medizin erhalten solle. Kurz nach seiner Rückkehr von der Nobelpreis-Verleihung aus Stockholm und unmittelbar nach dem Ehrlich-Kommers, einer Festveranstaltung, die die Stadt Frankfurt zu Ehren Ehrlichs ausgerichtet hatte, starb Ehrlichs Schwiegervater und langjähriger Förderer Joseph Pinkus Anfang Januar 1909. Kurz darauf, im Mai 1909, starb sein Schwager Richard Lobethal, dem Ehrlich freundschaftlich verbunden war. Überdies kamen die Arbeiten mit dem Arsenophenylglycin weniger gut voran, als von Ehrlich erwartet und erhofft. Anfänglich vielversprechende Ergebnisse im Labor und bei der klinischen Prüfung des chemischen Präparates bei Trypanosomen-Erkrankungen durch befreundete Kollegen zeigten im längeren Verlauf und bei Ausweitung der Prüfung, dass das Präparat schwere Nebenwirkungen hatte. Die Herstellung, Verbesserung und Versendung des Präparats in die Tropen waren sehr teuer, und die finanziellen Mittel drohten, trotz der ursprünglich guten Ausstattung, zu versiegen. Zur Aufrechterhaltung des Betriebs streckte Ehrlich private Mittel vor, und Stellen blieben vorerst unbesetzt. Dem Japaner Sahachiro Hata (1873–1938), der bei ihm als Gastwissenschaftler arbeiten wollte, musste Ehrlich (vorerst) absagen: „Was aber das Speyerhaus anbetrifft, so sind dort die Finanzverhältnisse zurzeit leider derartige, dass ich schon anfangen musste, den Betrieb durch Herabsetzung

---

<sup>16</sup>Eine Auflistung aller Preise, Orden und Mitgliedschaften findet sich in Martha Marquardt, Paul Ehrlich, Berlin 1951, S. 225–229.

<sup>17</sup>Wenngleich Ehrlich in den Jahren zuvor (und danach erneut) insgesamt 89 Mal von 80 Nominatoren vorgeschlagen wurde, siehe Axel C. Hüntelmann, Paul Ehrlich und der Nobelpreis. Die Konstruktion wissenschaftlicher Exzellenz, in: Berichte zur Wissenschaftsgeschichte 41 (2018), S. 47–72.

der Assistentenstellen zu verkleinern.“<sup>18</sup> Zwar gelang es ihm, neue Mittel zu beschaffen, und vor allem eine Förderung durch die Rockefeller Foundation ermöglichte es ihm, die Arbeiten fortzusetzen (und Hata doch als Gastwissenschaftler zu beschäftigen). Auch die Entwicklung eines neuen Präparats 592/606 und die damit angestellten Tierversuche waren ermutigend, doch eine Serie von Todesfällen deprimierte ihn sehr. Anfang November 1909 starb Franziska Speyer, die sich in den letzten Jahren als große (finanzielle) Stütze erwiesen hatte, und nur kurze Zeit später starb seine Mutter, zu der er ein inniges Verhältnis hatte. Schon im März 1909 hatte Ehrlich gegenüber seinem früheren Mitarbeiter und befreundeten Kollegen Adolf Lazarus (1867–1925) geklagt, dass er sich „wirklich vorkomme wie ein Schwimmer, dem die Wellen über den Kopf schlagen“.<sup>19</sup> Im Januar 1910 verknüpfte Ehrlich seine Neujahrswünsche an August von Wassermann (1866–1925) mit der Hoffnung, dass das neue Jahr besser werden möge, denn das „letzte Jahr war für uns beide ein sehr schlimmes“. In dieser „Periode der Depression“ sei er, vertraute er Wassermann an, von „den Aufregungen und Unannehmlichkeiten ganz kaputt“.<sup>20</sup> Besonders tragisch war der Tod von Ehrlichs Enkel Herbert Landau, der dem besiegt geglaubten „Würgeengel der Kinder“ zum Opfer fiel und Ende Februar an den Folgen einer Diphtherieerkrankung starb. Ihm hatten auch reichliche Gaben des von Ehrlich und Behring entwickelten Diphtherieheilserums nicht mehr helfen können. Schließlich starb im Mai 1910 auch Ehrlichs früherer Mentor Robert Koch.

Während sich in der zweiten Jahreshälfte 1909 das Scheitern des Arsenophenylglycin immer deutlicher abzeichnete, machten die im Tierversuch erzielten Ergebnisse mit dem neu synthetisierten Präparat Dioxydiaminoarsenobenzol neuen Mut. In zahlreichen Versuchsserien wurde von Ehrlichs Mitarbeitern die Wirkung des Präparats auf Trypanosomen und Spirochäten *in vitro* und *in vivo* getestet und die Bandbreite der Dosierung und Wirkungsskala von der letalen Dosis bis hin zur Wirkungslosigkeit ermittelt. Im September 1909 hatte Ehrlich das im Georg-Speyer-Haus hergestellte Präparat an Konrad Alt (1861–1922), den Leiter der Landes- und Pflgeanstalt Uchtspringe, weitergereicht, damit dieser eine erste orientierende klinische Prüfung vornehmen konnte. Nach positiven Ergebnissen weitete Ehrlich die Kooperationen mit ihm gut bekannten Klinikern weiter aus, und im Frühjahr wurden die Ergebnisse der medizinischen Öffentlichkeit präsentiert. Seitdem waren er und seine Mitarbeiter damit beschäftigt, das sogenannte Präparat 606 in der chemischen Abteilung des Speyer-Hauses herzustellen, an mit der therapeutischen Prüfung betrauten Kliniker in aller Welt zu versenden und die Ergebnisse zu sammeln, abzugleichen, einzuordnen und auftretende Schwierigkeiten zu erörtern. Die Arbeiten absorbierten alle Ressourcen in den von Ehrlich geleiteten Instituten und forderten ihn selbst ungemein: Neu hinzugekommene Kooperationspartner mussten angeleitet, die Verabreichung und Dosierung erklärt und unerwünschte und

---

<sup>18</sup>Paul Ehrlich an Sahachiro Hata, 13.3.1909, RAC PEC, Box 25, Kopierbuch XXV.

<sup>19</sup>Paul Ehrlich an Adolf Lazarus, 30.3.1909, RAC PEC, Box 25, Kopierbuch XXVI.

<sup>20</sup>Paul Ehrlich an August von Wassermann, 4.1.1910, RAC PEC, Box 26, Kopierbuch XXVII.

nicht intendierte Nebenwirkungen mussten in unzähligen Briefen diskutiert werden. Die Arbeitslast mag Ehrlich ein willkommener Anlass gewesen sein, der privaten Misere und Trauer zu entfliehen und so die zahlreichen Todesfälle im Kreis der Familie, der Freunde und Förderer vergessen zu machen, aber sie war, wie Fotos von Paul Ehrlich nach 1910 zeigen, ungemein kräftezehrend. Auf der Tagung der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte im September 1910 berichtete er von 10.000 Fällen, bei denen das Präparat bei an Syphilis und anderen an Spirillosen Erkrankten verabreicht worden war, die er gesammelt und ausgewertet habe, im November waren weltweit 40.000 Proben zur klinischen Prüfung versandt. Bis zur Freigabe des Mittels waren Ehrlich zufolge 30.000 Fälle mit der Behandlung von Dioxydiaminoarsenobenzol bekannt. Am Ende des Jahres war ihm auf dem Gebiet der Chemotherapie der Durchbruch, der seinen Ruhm zementieren sollte, gelungen: Gegen den Erreger der Syphilis hatten Ehrlich und seine Mitarbeiter mit dem Präparat 606, das von den Farbwerken Hoechst unter dem Namen „Salvarsan“ auf dem Arzneimittelmarkt eingeführt und vertrieben wurde, ein rasch wirksames Therapeutikum entwickelt, an dessen Verbesserung er in den folgenden Jahren weiter arbeitete.

Emil Behring und Paul Ehrlich werden bereits bei der Einführung des Diphtherieheilserums das Debakel des Tuberkulin-Skandals vor Augen gehabt haben und spätere Kontroversen um die Jahrhundertwende, wie die Debatte um Albert Neißer, der Prostituierte für medizinische Versuche zur Erprobung eines Serums gegen Syphilis verwendet hatte,<sup>21</sup> werden Ehrlich bei der Entwicklung des Salvarsans zur Vorsicht gemahnt haben. Carola Throm bemerkt einleitend in ihrer Studie zur Entwicklung und Markteinführung des Diphtherieserums,<sup>22</sup> dass Behring in der ersten Hälfte der 1890er-Jahre alle Kriterien der modernen Arzneimittelforschung erfüllt und Standards gesetzt habe: Auf In-vitro-Versuche folgten In-vivo-Versuche an kleinen und später an größeren Versuchstieren. Die entwickelten Präparate wurden auf ihre Unschädlichkeit getestet, bevor in kontrollierten klinischen Versuchen die Wirkung des Serums ermittelt wurde. Erst danach wurde das neu entwickelte Serum an Kliniker zur Prüfung der Unschädlichkeit und Heilwirkung weitergereicht. Da Koch sich anfangs geweigert hatte, die Zusammensetzung des Tuberkulin bekanntzugeben und das Präparat mit dem Makel des Geheimmittels behaftet war, wurden beim Diphtherieserum von Beginn an alle Informationen hinsichtlich der Gewinnung und Wirkung des Serums publiziert und in der Fachöffentlichkeit diskutiert.<sup>23</sup> Vergleichbar ging Ehrlich vor: Nur waren die klinische Prüfung

---

<sup>21</sup>Siehe Barbara Elkeles, *Der moralische Diskurs über das medizinische Menschenexperiment im 19. Jahrhundert*, Stuttgart 1996; Katja Sabisch, *Das Weib als Versuchsperson. Medizinische Menschenexperimente im 19. Jahrhundert am Beispiel der Syphilisforschung*, Bielefeld 2007.

<sup>22</sup>Carola Throm, *Das Diphtherieserum. Ein neues Therapieprinzip, seine Entwicklung und Markteinführung*, Stuttgart 1995, Vorwort.

<sup>23</sup>Siehe Axel C. Hüntelmann, *Das Diphtherie-Serum und der Fall Langerhans*, in: *Medizin, Geschichte und Gesellschaft* 24 (2006), S. 71–104.

und deren Dokumentation wesentlich umfangreicher und die Herstellung des Salvarsans ungleich schwieriger. Zwar ließ sich mit Ehrlichs Präparat eine der sogenannten Volksseuchen bekämpfen, aber die Zielgruppe bestand nicht aus an Diphtherie erkrankten Kindern, sondern es handelte sich um, vermeintlich moralisch verwerflich, an einer Geschlechtskrankheit Leidende – wengleich Salvarsan wesentlich dazu beitrug, die von der Krankheit Gezeichneten gesellschaftlich zu entstigmatisieren. Zudem hatten sich die Rahmenbedingungen geändert: Seit Anfang der 1880er-Jahre hatte sich neben Großbritannien auch in Deutschland eine Tierschutzbewegung formiert, die Tierversuche in Universitätslaboren und wissenschaftlichen Einrichtungen anprangerte und dagegen agitierte. Ehrlich selbst hatte ein ambivalentes Verhältnis zu Tieren – er hatte einen Dackel namens Männe und bezeichnete sich wenig reflektiert selbst als Tierfreund, zugleich wurden in seinem Institut zahllose Tiere in der immunologischen, chemotherapeutischen und in der experimentellen Krebsforschung verwendet und getötet – und er trug in den 1900er-Jahren gerichtliche Konflikte mit Tierschützern aus. Die zweite wesentliche Veränderung betraf den Übergang vom Tier- zum Menschenexperiment und eine sich wandelnde öffentliche Wahrnehmung darauf. Zudem hatten sich mit dem preußischen Erlass über Menschenversuche im Dezember 1900 die rechtlichen Rahmenbedingungen verändert: Als Folge der öffentlichen Diskussionen über Humanexperimente waren medizinische Eingriffe am Menschen, die über rein diagnostische Zwecke und die präventive oder kurative Heilbehandlung hinausgingen, untersagt bzw. wissenschaftliche Versuche nur an mündigen und volljährigen Erwachsenen nach deren Aufklärung (über Zweck, Risiken und Nebenwirkungen) und Einwilligung erlaubt.<sup>24</sup> Doch mit der Entwicklung neuer medizinisch-technischer Verfahren, z. B. in der Chirurgie, oder neuer Arzneimittel durch die aufkommende chemisch-pharmazeutische Industrie stieg die Notwendigkeit, die Wirkung (und Nebenwirkungen) von Arzneimitteln letztendlich auch am Menschen zu prüfen. Probanden und Leidtragende waren größtenteils arme Kranke bzw. Patienten aus der Unterschicht wie Arbeiter, Prostituierte und Empfänger von Wohlfahrtsleistungen oder, wie im Fall Ehrlichs und bedingt durch den Erreger-Typ, Anstaltsinsassen (Paralyse, Tabes und andere Spätformen der Syphilis) oder die indigene Bevölkerung in Kolonien (Trypanosomen-Erkrankungen). Die Kritik der sich formierenden Arbeiterbewegung an der oft als zweifelhaft empfundenen Verwendung von Menschen als „Versuchskaninchen“ einerseits und die ungeregelten,

---

<sup>24</sup>Versuche an minderjährigen Kindern und nicht voll geschäftsfähigen Patienten waren grundsätzlich verboten, siehe Andreas Reuland, Menschenversuche in der Weimarer Republik, Norderstedt 2004, S. 7–34, insbesondere S. 15–23.

Die öffentliche Diskussion hatte sich insbesondere am „Fall Neißer“ entzündet, der in den 1890er-Jahren an einem Serum bzw. einer Schutzimpfung gegen Syphilis forschte und zu diesem Zweck gesunden und zum Teil minderjährigen Frauen, von denen einige Prostituierte waren, ohne deren Wissen zellfreies Serum von Syphiliskranken injiziert, um die Wirkung des Serums zu testen, siehe hierzu auch Elkeles, Diskurs; und Sabisch, Weib. Der preußische Erlass vom 29.12.1900 wurde als bindende Richtlinie an alle preußischen Krankenhäuser versandt.

in einem hierarchischen Arzt-Patienten-Verhältnis oft harsch behandelten und nicht über die Versuche aufgeklärten Patienten andererseits führten zu einer angespannten Situation, die dadurch verschärft wurde, dass sich Gegner und Befürworter von Humanexperimenten unerbittlich gegenüberstanden: hier die Verfechter von Fortschritt versus Fortschrittsfeinde, dort die Humanisten versus Menschenfeinde. Bereits während der klinischen Prüfung des Dioxydiaminoarsenobenzols war deutlich geworden, dass das Präparat, besonders bei unsachgemäßer Applikation, starke Nebenwirkungen haben konnte, und nach der Anwendung des Präparates war auch über Todesfälle berichtet worden. Ehrlich ging den Berichten über Todesfälle und Nebenwirkungen nach, entkräftete Todesfälle, wo ihm kein Zusammenhang gegeben schien, oder erklärte das Auftreten von Nebenwirkungen in zahlreichen Publikationen, um die Technik der Verabreichung des Mittels bekannt zu machen und zu verbessern oder um zu vermeiden (bzw. später auszuschließen), dass bestimmte Patientengruppen (mit bestimmten Vorerkrankungen oder ab einem bestimmten Alter) mit Dioxydiaminoarsenobenzol behandelt wurden. Bei der großen Anzahl an behandelten Personen, insbesondere, nachdem das Mittel von Ehrlich für den Arzneimittelmarkt freigegeben wurde, blieb das Auftreten weiterer Nebenwirkungen nicht aus. In der oben beschriebenen angespannten Gemengelage führte dies jedoch dazu, dass seitens der medizinkritischen Bewegung moniert wurde, dass das Salvarsan nicht oder nur ungenügend klinisch-therapeutisch getestet worden sei. Überdies wurden in Frankfurt Gerüchte verbreitet, dass Prostituierte medizinisch-polizeilich „zwangsgeimpft“ und in Frankfurter Krankenhäusern als lebende „Versuchskaninchen“ missbraucht würden; angeblich, um die Wirkung des Salvarsans zu erproben, und es infolgedessen zu schweren Nebenwirkungen und Fällen von Erblindung und Todesfällen gekommen sei. Die Anschuldigungen waren Teil der sogenannten „Salvarsan-Kriege“, verschiedene öffentlich kolportierte Anschuldigungen gegen Paul Ehrlich, in denen in Verbindung mit antisemitischer Hetze der hohe Preis des Salvarsans, unverantwortliches Gewinnstreben und Ehrlichs Verbindungen zur chemisch-pharmazeutischen Industrie kritisiert wurden. Die öffentlichen Angriffe mündeten schließlich in einem aufsehenerregenden Gerichtsprozess, der von Karl Herxheimer (1861–1942), der als Leiter der Dermatologischen Klinik des Städtischen Krankenhauses in Frankfurt ebenfalls im Fokus der Anschuldigungen stand, angestrengt wurde. Ehrlich trat hier zwar nur als Zeuge auf, allerdings wurde vor Gericht nichts weniger als die Wirksamkeit des Mittels und Umfang und Validität der klinischen Erprobung juristisch (und öffentlich) verhandelt.

Die Anschuldigungen gegen das Salvarsan erwiesen sich zwar als haltlos und konnten entkräftet werden, indes zehrte die Aufregung um den Prozess an Ehrlichs Gesundheit. Darüber hinaus belasteten ihn die zunehmenden politischen Spannungen und der Ausbruch des Ersten Weltkriegs im August 1914, der seine internationalen Kooperationen und Netzwerke stark einschränkte. Nichtsdestotrotz unterzeichnete Ehrlich als einer von 93 deutschen Wissenschaftlern den Aufruf „An die Kulturwelt“ im September 1914 und wenig später die „Erklärung der deutschen Hochschullehrer des Deutschen Reiches“, in dem deutsche Kriegsverbrechen – wie der Einmarsch in das neutrale Belgien, die Tötung

zahlreicher belgischer Zivilisten oder die Zerstörung belgischer Dörfer und der Universitätsstadt Leuven – gezeugnet, verharmlost und gerechtfertigt wurden. Insbesondere das vielfach beachtete sogenannte „Manifest der 93“ entfremdete Ehrlich von seinen anglo-amerikanischen Kollegen und Freunden.

Zudem waren Mitarbeiter der von ihm geleiteten Institute zum Kriegsdienst eingezogen worden, und er hatte den Tod von zwei wichtigen Mitarbeitern (Alfred Bertheim 1879–1914 und Hugo Apolant 1866–1915) zu beklagen. Im Winter 1914/1915 erkrankte Paul Ehrlich schwer, und erst im Frühjahr und Sommer 1915 ging es ihm wieder etwas besser, sodass er gelegentlich im zunehmend verwaisten Institut für experimentelle Therapie anzutreffen war. Da sich jedoch keine grundlegende Erholung einstellen wollte, trat er Anfang August 1915 einen längeren Erholungsurlaub an, den er in dem Sanatorium des befreundeten Arztes Curt Pariser (1863–1932) in Bad Homburg verbrachte. Nach einem Herzinfarkt am 17. August verstarb er wenige Tage später am 20. August 1915 im Kreise seiner Familie.

Mit der Entwicklung des Salvarsans war es Ehrlich gelungen, das von ihm propagierte Ideal der „Zauberkegeln“, basierend auf seinem theoretischen Konzept der Seitenketten, später als Rezeptoren bezeichnet, zu beweisen und praktisch umzusetzen und es war ihm gelungen, aus den theoretischen Überlegungen praktischen Nutzen zu ziehen. Zugleich legte Ehrlich mit der Entwicklung des Salvarsans nicht allein den Grundstock für die moderne Arzneimittelforschung, sondern wie in einem Brennglas lassen sich die Herangehensweise, aber auch die Probleme der Arzneimittelforschung betrachten: Zum einen verfestigte Ehrlich die bereits bei der Entwicklung des Diphtherieheilsersums erprobte Vorgehensweise und die Aufeinanderfolge von In-vitro- und In-vivo-Versuchen und die sich daran anschließende klinische Prüfung und öffentliche Diskussion des Präparates und schließlich die statistische Erfassung und Auswertung der Verwendung des entwickelten Produkts (zumindest in der Prüfungs- und Einführungsphase). Ein Pionier der modernen Arzneimittelforschung war Ehrlich auch durch seine systematische Herangehensweise und die konsequente Quantifizierung seiner Forschungsergebnisse, wie sie besonders in den Arbeiten zur Immunität gegen Abrin und Ricin (siehe Texte 9 und 10), zur Wertbestimmung von Diphtherieserum (Text 12) oder zur Konstitution des Diphtheriegiftes hervortraten. Durch seine systematische Herangehensweise war es Ehrlich im Unterschied zu Behring möglich, den wellenförmigen Wirkungsverlauf des Antitoxins genau zu verfolgen und durch die erneute Injektion von Diphtheriegift auf dem Scheitelpunkt der Wirkung die Produktion weiterer Antikörper zu stimulieren und die therapeutische Wirkung des Diphtherieserums so zu steigern, dass es eben nicht nur bei Meerschweinchen, sondern auch beim Menschen wirksam war. Und nicht zuletzt wird die systematische, serielle Herangehensweise bei der Modifizierung chemischer Substanzen deutlich, die sich in der Hochzählung (und Bezeichnung) der Präparatevarianten äußert.

Ehrlichs Synthese chemischer Substanzen führt uns zu einem weiteren Merkmal der modernen Arzneimittelforschung: der Kooperation von Wissenschaft und Wirtschaft. Die kostspielige Finanzierung der Versuche hatte bereits Anfang der 1890er-Jahre

zur Kooperation von Industrie und Forschung geführt, allerdings waren die chemisch-pharmazeutische Industrie, konkret die Farbwerke, vorm. Meister Lucius & Brüning in Hoechst oder fünfzehn Jahre später Cassella Farbwerke Mainkur in Frankfurt, unmittelbar in die Arbeiten einbezogen und mit der Modifizierung und Synthese chemischer Substanzen nach Anregungen Ehrlichs integrativer Bestandteil der Forschung – oder umgekehrt argumentiert Wolfgang Wimmer, dass die in Hoechst ansässigen Farbwerke ihre Forschung an externe Wissenschaftler wie Ehrlich bzw. an wissenschaftliche Einrichtungen auslagerten und auf eine eigene Forschungsabteilung verzichteten, während die Farbenfabriken Bayer in Elberfeld eine solche unterhielten.<sup>25</sup> Als weitere Merkmale moderner Arzneimittelforschung seien hier Ehrlichs seinerzeit als unkonventionell empfundene interdisziplinäre Herangehensweise genannt sowie seine umfangreichen Kooperationen und sein umfassendes Netzwerk zu Kollegen (wie zum Beispiel zu Albert und Ernst Neisser, Wilhelm Wechselmann [1860–1942], Carl Julius Salomonsen [1847–1927] und Thorvald Madsen [1870–1957] aus Kopenhagen, Almroth Wright [1861–1947] und German S. Woodhead [1855–1921] aus London, Christian A. Herter und William Welch [1850–1934] aus den USA), zur Medizinalverwaltung (zum Beispiel Friedrich Althoff) und zu pharmazeutischen Unternehmen (zum Beispiel der bereits erwähnte Arthur von Weinberg oder August Laubenheimer [1848–1904] von den Farbwerken, vorm. Meister Lucius & Brüning in Hoechst) im In- und Ausland, die wiederum eine arbeitsteilige Organisation seines Instituts erforderten, um die verschiedenen Forschungsarbeiten koordinieren und das Netzwerk verschiedener Kontakte verwalten zu können.

Die aufgeführten Aspekte, die Ehrlich als einen theoretischen Vordenker und praktischen Pionier der modernen Arzneimittelforschung erscheinen lassen, verweisen aber zugleich auch auf die Probleme und Ambivalenzen, mit denen sich die moderne Arzneimittelforschung konfrontiert sah und sieht: Die enge Verbindung von chemisch-pharmazeutischer Industrie und Wissenschaft ist Vorteil und Nachteil zugleich, denn die chemotherapeutisch forschenden Wissenschaftler sahen sich mit Vorwürfen konfrontiert, sich von der Industrie instrumentalisieren und aus finanziellen Gründen korrumpieren zu lassen und freie Forschung und den Austausch wissenschaftlicher Ergebnisse zu behindern. Für in der Industrie tätige Wissenschaftler stellten Verschwiegenheitsklauseln mitunter ein individuelles Problem dar, weil sie somit von der innerwissenschaftlichen Kommunikation ausgeschlossen waren. Die Ausweitung von Tierversuchen und der heikle Übergang vom Tier- zum Humanexperiment sowie umfangreiche klinische Prüfungen der entwickelten Mittel führten – jenseits der Ambivalenz, dass Ehrlich sich selbst, trotz zahlloser Tierversuche, als Tierfreund sah – zu Widerständen und Konflikten mit der sich gleichzeitig formierenden Tierschutzbewegung und Gruppierungen, die sich für die Rechte von Patienten (vor allem aus der

---

<sup>25</sup>Siehe Wolfgang Wimmer, „Wir haben fast immer was Neues“. Gesundheitswesen und Innovation der Pharma-Industrie in Deutschland, 1880–1935, Berlin 1994.

Unterschicht) einsetzen. Mit den Vorwürfen, dass die Gewinnmarge des Salvarsans viel zu hoch sei und den Anfeindungen hinsichtlich Ehrlichs Industrienähe und schließlich auch den Konflikten, die mit dem sogenannten Salvarsan-Krieg ausbrachen, traten bereits die Probleme der modernen Arzneimittelforschung hervor, die bis heute virulent geblieben sind. Darüber hinaus verdeutlichen sie die Ambivalenz der modernen Arzneimittelforschung und das Dilemma der daran beteiligten Akteure: Hoher organisatorischer Aufwand und hohe Kosten zur Entwicklung von Arzneimitteln – mit ungewissem Erfolgspotenzial – stehen oft gering bemessene Etats wissenschaftlicher Forschungseinrichtungen gegenüber; den sich selbst hohen ethischen Standards (und dem Wohl des Patienten) verpflichtenden Medizinerinnen bzw. Lebenswissenschaftlern stehen nach ökonomischen Prinzipien handelnde, profitorientierte Unternehmen gegenüber (die sich wiederum selbst als dem Patientenwohl verpflichtete Einrichtungen vermarkten).

Dieses Spannungsverhältnis spiegelt sich auch in Ehrlichs Publikationen wider, in denen nicht nur seine Experimente beschrieben und seine theoretischen Ideen entfaltet wurden. Sie verfolgten auch den Zweck, Kritiker und Geldgeber von der Notwendigkeit weiterer Forschung zu überzeugen, klinische Versuche zu legitimieren, wissenschaftliche Ansprüche zu untermauern oder die Vermarktung entwickelter Präparate vorzubereiten. Zudem können sie auch als Werbung in eigener Sache verstanden werden. Auch die in diesem Band versammelten Publikationen Ehrlichs bilden diese Bandbreite ab. Nachfolgend werden Ehrlichs Veröffentlichungen zusammengefasst und in den historischen Kontext eingeordnet sowie ein die verschiedenen Forschungsfelder seiner wissenschaftlichen Arbeiten verbindender Bogen geschlagen.



## Praxis und Theorie – Ehrlichs wissenschaftliche Arbeiten

# 2

Axel C. Hüntelmann

In den „Schlußbemerkungen“ (siehe Text 20) des von ihm herausgegebenen Bandes zur „experimentellen Chemotherapie der Spirillose“ (1910) verweist Paul Ehrlich (Abb. 2.1) einleitend auf die 1871 veröffentlichte Monografie von Karl-Georg Emil Heubel (1838–1912) über die „Pathogenese und Symptome der chronischen Bleivergiftung“.<sup>1</sup> Er hebt den Einfluss hervor, den die Lektüre der Arbeit bereits während seines Studiums gehabt und die letztlich seine (lebenslange) Arbeit geprägt habe. Ehrlichs Freund und Förderer Arthur von Weinberg, Direktor und Eigentümer der Cassella Farbwerte, griff diesen Hinweis in der „Biographischen Einführung“ auf, die er für die Festschrift zu Ehren Ehrlichs sechzigstem Geburtstag verfasst hatte.<sup>2</sup> Der junge Student Ehrlich habe „hier die ersten Anfänge einer selektiven Verankerungstheorie“ gesehen. Er habe die Arbeiten wiederholt, doch weil die quantitative Verteilung des Bleis schwierig zu verfolgen sei, habe er die Versuche abgewandelt und den Farbstoff Fuchsin verwendet. „Der Versuch gelang“, resümiert Weinberg, „und nun richtete sich das ganze

---

<sup>1</sup> Siehe Emil Heubel, *Pathogenese und Symptome der chronischen Bleivergiftung*, Berlin 1871.

<sup>2</sup> Siehe Arthur von Weinberg, *Biographische Einführung*, in: Hugo Apolant et al. (Hg.), *Paul Ehrlich. Eine Darstellung seines wissenschaftlichen Wirkens. Festschrift zum 60. Geburtstage des Forschers*, Jena 1914, S. 3–13.

---

A. C. Hüntelmann (✉)

Charité - Universitätsmedizin Berlin, Institut für Geschichte der Medizin und Ethik in der Medizin, Berlin, Deutschland

E-Mail: [axel@huentelmann.org](mailto:axel@huentelmann.org)

**Abb. 2.1** Paul Ehrlich in seinem Laboratorium bei einem „Handversuch“, nach 1910. (Mit freundlicher Genehmigung des Rockefeller Archive Center)



Denken des Studenten auf diese merkwürdige Erscheinung.<sup>3</sup> Der Hinweis auf Heubel knüpft an andere Erzählungen an, dass Ehrlich bereits seit seiner Kindheit und Schulzeit ein besonderes Interesse an chemischen Problemen und eine frühe chemische Begabung gehabt habe, und dient als Verbindungsstück zu späteren Arbeiten: der Seitenkettentheorie.<sup>4</sup> Dem früheren Biografen Gerhard Venzmer (1893–1986) zufolge habe Ehrlich zwar „im späteren Leben diesen Hauptweg im Garten seiner wissenschaftlichen Forschung“ für kürzere oder längere Zeit verlassen, doch hätten ihn seine Arbeiten auf Seitenpfaden stets zurückgeführt „auf den geradenwegs zum großen Endziel weisenden Hauptweg“.<sup>5</sup> Wobei der Hauptweg demnach die spezifische (biochemische) Affini-

<sup>3</sup>Ebenda, S. 4.

<sup>4</sup>Die Bedeutung von Heubel in Gerhard Venzmer, Paul Ehrlich. Leben und Wirken, Stuttgart 1948, S. 28 f., und Ernst Bäumlner, Paul Ehrlich. Forscher für das Leben, Frankfurt am Main 1979, S. 36 f. Beide Biografen spannen einen Bogen von Ehrlichs Kindheit, seine farbchemischen Studien über die Arbeiten zur Vitalfärbung bis hin zu den immunologischen und chemotherapeutischen Arbeiten. Zum Mythos und der sozialen und „familialen“ Konstruktion eines Genius siehe Axel C. Hüntelmann, Legend of Science. External Constructions by the Extended ‚Family‘ – the Biography of Paul Ehrlich, in: InterDisciplines 2 (2010), S. 13–36.

<sup>5</sup>Vgl. Venzmer, Paul Ehrlich, S. 29.

tät bestimmter Gewebszellen zu Nahrungsstoffen bzw. Stoffen mit ähnlich molekularer Struktur sein musste. Folgt man Ehrlich und seinen früheren Biografen, so sei er zu dieser genialen Erkenntnis während seines Studiums gekommen, und er habe die daraus erwachsene Seitenkettentheorie allen Widrigkeiten zum Trotz im Laufe seines Lebens umgesetzt. Die Realisierung dieser Idee erfolgte dann zuerst in der Histologie und über den Umweg der Immunologie schließlich in der Chemotherapie. Demnach waren die Entwicklung des Diphtherieserums und des Salvarsans quasi schon im Keim in den ersten histologischen Arbeiten angelegt. Ein solch gradliniger Forschungsweg von der frühen, quasi genialen Konzeption und deren lebenslanger Umsetzung wäre nicht nur langweilig und lebensfern, sondern wissenschaftshistorische und -soziologische Studien haben in den letzten Jahrzehnten gezeigt,<sup>6</sup> dass Erkenntnisgewinn und Wissensproduktion weitaus komplexer und vielschichtiger sind. Die Konstruktion, die Zuschreibung einer linearen Entdeckungs- und Erfolgsgeschichte und die Begradigung der verschlungenen Forschungspfade, erfolgt erst ex post und retrospektiv am Lebensende oder danach durch andere.

Am Beispiel ausgewählter Veröffentlichungen wird gezeigt, wie Ehrlichs Forschungen Schritt für Schritt aufeinander aufbauten und die daraus gewonnenen Erkenntnisse über verschlungene Pfade erschlossen wurden; wie sich aus der Beantwortung von Forschungsfragen neue Probleme und neue Fragen ergeben haben, denen Ehrlich nachzugehen sich genötigt sah; wie er sich bei der Lösung von Schwierigkeiten durch die Einbeziehung interdisziplinärer Aspekte neue Forschungsfelder erschloss oder wie er bei der Lösung neuer Probleme gelegentlich auf alte Forschungsarbeiten zurückgriff und die Forschungsergebnisse aufeinander aufbauten. Über diese verschlungenen praktischen Forschungspfade gelangte Ehrlich schließlich zur Seitenketten- bzw. Rezeptortheorie

---

<sup>6</sup>Siehe die einleitenden Hinweise auf die wissenschaftshistorischen, -soziologischen, und -philosophischen Arbeiten im Anschluss an Ludwik Fleck, zur historischen Epistemologie oder zur Actor-Network-Theory. In den vergangenen zwei Jahrzehnten sind zahlreiche Veröffentlichungen zur Entwicklung, Produktion, Vermarktung und Regulation von Arzneistoffen und -mitteln entstanden. Beispielhaft seien genannt: Jean-Paul Gaudillière, Introduction. Drug Trajectories, in: *Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences* 36 (2005), S. 603–611; Nicholas Eschenbruch et al. (Hg.), *Arzneimittel des 20. Jahrhunderts. Historische Skizzen von Lebertran bis Contergan*, Bielefeld 2009; Heiko Stoff, *Wirkstoffe. Eine Wissenschaftsgeschichte der Hormone, Vitamine und Enzyme, 1920–1970*, Stuttgart 2012; Alexander von Schwerin et al. (Hg.), *Biologics. A History of Agents Made from Living Organisms in the Twentieth Century*, London 2013; Dominik Merdes, *Die Produktion eines Pharmakons. Eine Kartographie der Kala-Azar und der Antimonialien*, Stuttgart 2019. Zur Produktion, Vermarktung und Regulation von Arzneistoffen: Jean-Paul Gaudillière und Ilana Löwy (Hg.), *The Invisible Industrialist. Manufactures and the Production of Scientific Knowledge*, Basingstoke 1998; Christoph Gradmann und Jonathan Simon, *Evaluating and Standardizing Therapeutic Agents, 1890–1950*, Basingstoke 2010; Jean-Paul Gaudillière und Volker Hess (Hg.), *Ways of Regulating Drugs in the 19th and 20th Centuries*, Basingstoke 2013.

bzw. wurde diese auf Grundlage praktischer Forschungsarbeit und wissenschaftlicher Kommentierung und der Kritik von Fachkollegen sukzessive korrigiert, verändert und weiter ausgebaut.

Bei den ausgewählten Texten handelt es sich einmal um „klassische“ Texte – solche, auf die sich Ehrlich selbst, Kollegen und spätere Forscher bezogen haben, die wiederholt zitiert oder diskutiert worden sind –, wengleich es schwierig ist, einen wesentlichen Text herauszugreifen. Überdies zielt der Band darauf ab, über die Auswahl der Texte in das Werk Ehrlichs einzuführen, d. h. die Summe der Texte soll Ehrlichs wissenschaftliche Arbeit in toto repräsentieren und einen Überblick vermitteln und, in Verbindung mit der Einleitung, in sein Werk einführen.

Die gesammelten Werke Ehrlichs umfassen drei voluminöse Bände, und verschiedene Texte können als klassische gelten. Entsprechend dem Ziel und Zweck des Bandes mussten die hier versammelten Texte vier Kriterien erfüllen, und die Auswahl ist nicht immer leichtgefallen – es sind oft auch Alternativen denkbar. Einen ersten Ausschlag gaben Umfang und Textgattung. Eigenständige Monografien, wie die 1885 im Verlag August Hirschwald veröffentlichte Studie über das „Das Sauerstoff-Bedürfniss des Organismus“,<sup>7</sup> die Ehrlich 1887 als Habilitationsschrift einreichte, werden nicht reproduziert, weil sie zu umfangreich sind. Ähnliches gilt für Ehrlichs 1878 verfasste Dissertation „Beiträge zur Theorie und Praxis der histologischen Färbung“<sup>8</sup> oder andere umfassende Publikationen, wenn es kürzere Texte mit einem ähnlichen Status gibt. Ebenso schieden kurze Diskussionsbeiträge in Gesellschaften oder Sammlungen aus (mit Ausnahme von Text 4). Zweitens sollte jedes der Forschungs- und Arbeitsfelder Ehrlichs durch mindestens einen Text dargestellt werden, idealiter ein Text, der Anknüpfungspunkte zu späteren Forschungsthemen bietet. Drittens wurden Texte gewählt, die grundsätzlicheren Charakter haben, d. h. in denen er theoretische Zusammenhänge erklärt und die einzelnen Forschungen in einen größeren Zusammenhang einordnet, wie beispielsweise sein Aufsatz zur Wertbestimmung des Diphtherieheilsersums oder die „Schlußbemerkungen“ in dem Band zur Spirillose der Hühner, die nicht nur diesen Band beenden, sondern mit der Entwicklung des Salvarsans auch das erfolgreiche Ende eines Forschungsvorhabens markieren. Viertens wurden schließlich Texte ausgewählt, die stellvertretend für eine Serie von Publikationen stehen und entweder seine Forschungsinteressen widerspiegeln oder für ein Cluster unterschiedlicher Forschungsarbeiten in den von ihm geleiteten Institutionen stehen.

Einige der hier erneut abgedruckten Texte haben ihre eigene Geschichte. Ehrlich selbst fasste einige seiner in Zeitschriften veröffentlichten Artikel zu Sammelbänden zusammen: „Aeltere und Neuere Arbeiten“ fasste Ehrlich in einem Robert

---

<sup>7</sup>Paul Ehrlich, *Das Sauerstoff-Bedürfniss des Organismus. Eine farbenanalytische Studie*, Berlin 1885.

<sup>8</sup>Paul Ehrlich, *Beiträge zur Theorie und Praxis der histologischen Färbung*, Diss. med. Universität Leipzig 1878.

Koch gewidmeten Band mit dem programmatischen Titel „Constitution, Vertheilung und Wirkung chemischer Koeper“ zusammen, der 1893 in Leipzig im Georg Thieme Verlag erschien (hier abgedruckt Texte 7 und 8). Seine neueren und in unterschiedlichen Zeitschriften verstreut veröffentlichten chemotherapeutischen Arbeiten vereinigte er in dem Band „Beiträge zur experimentellen Pathologie und Chemotherapie“, der 1909 in Leipzig in der Akademischen Verlagsgesellschaft erschien (hier abgedruckt Text 17). Der Band enthielt ebenfalls Ehrlichs Nobelvortrag „Über Partialfunktionen Zelle“, der auch in Zeitschriften wie der „Münchener Medizinischen Wochenschrift“ (hier abgedruckt als Text 18) oder als Einzelheft publiziert wurde. Trotz der wiederholten Veröffentlichung durfte dieser Text hier nicht fehlen. Auch andere Texte wurden separat gedruckt und einzeln vertrieben, wie beispielsweise der umfangreiche Artikel über die Wertbemessung des Diphtherieserums, der nicht nur theoretisch, sondern auch praktisch in die Grundlagen der Wertbestimmung von Seren einführte. Der Artikel war ursprünglich im Klinischen Jahrbuch (Bd. 6) erschienen, das vom Preußischen Kultusministerium herausgegeben wurde, und hatte quasi amtlichen Charakter und war somit auch für Serumproduzenten und Apotheker bedeutsam. Bei einigen der hier erneut veröffentlichten Artikel handelt es sich um Sonderdrucke (Texte 9 bis 12, 14, 16, 18 und 19), die in den 1950er-Jahren von Ehrlichs früherer Sekretärin Martha Marquardt und dem Herausgeber von Ehrlichs Arbeiten, Fred Himmelweit, gesammelt wurden und vermutlich aus Ehrlichs Bestand stammten und für die Herausgabe bearbeitet wurden. Die Sonderdrucke gelangten später in den Besitz des früheren Ehrlich-Biografen Ernst Bäuml (1926 bis ca. 2006), und seit dessen Tod befinden sie sich im Medizinhistorischen Museum der Charité in Berlin. Die Sonderdrucke wurden für den erneuten Abdruck herangezogen, weil sie nicht nur die damaligen editorischen Notizen enthalten, sondern auf einer Metaebene auch das anhaltende Interesse an der Herausgabe von Ehrlichs Arbeiten dokumentieren.

In der nachfolgenden Übersicht wird in die wissenschaftliche Arbeit Ehrlichs und seine Veröffentlichungen eingeführt, die ausgewählten Texte kurz vorgestellt, in den Forschungskontext eingebettet und das verbindende Element und die Idee seiner Forschung hervorgehoben.

### **1870er-Jahre bis ca. 1890 – Praxis und Systematik, Histologie und Biochemie**

Die Periode zwischen 1874 und Ende der 1880er-Jahre umfasst Ehrlichs Studienzeit und seine Beschäftigung als Arzt an der Charité. In der Festschrift zu seinem sechzigsten Geburtstag und in den „Gesammelten Arbeiten“ wird dieser Zeitraum unter den Überschriften „Histologie und Biologie der Zellen“ bzw. „Histologie – Biochemie – Pathologie“ zusammengefasst. Doch diese Schlagwörter können nur ungenügend die Vielzahl der Tätigkeiten Ehrlichs zusammenfassen und die Entwicklung seiner Arbeitsweise beschreiben: Zunächst einmal ist die differenzierte Beschreibung der Plasmazelle und, in Abgrenzung hierzu, die Identifizierung der Mastzelle zu nennen. Paul Ehrlichs erste wissenschaftliche Publikation aus dem Jahr 1877, die „Beiträge zur Kenntniss der Anilinfärbungen und ihrer Verwendung in der mikroskopischen Technik“ (Text 1), die