

Die Molekularbiologie in Deutschland von 1945 bis 1975

Ein internationaler Vergleich

Inauguraldissertation zur
Erlangung des Doktorgrades
der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät
der Universität zu Köln

vorgelegt von

Simone Wenkel

aus Villingen-Schwenningen

2013

Die vorliegende Arbeit wurde am Institut für Genetik der Universität zu Köln in der Arbeitsgruppe für Geschichte der biologischen und chemischen Wissenschaften (Prof. Dr. rer. nat. Ute Deichmann) angefertigt.

Berichterstatter: Prof. Dr. rer. nat. Ute Deichmann

Prof. Dr. rer. nat. Thomas Wiehe

Prüfungsvorsitz: Prof. Dr. rer. nat. Siegfried Roth

Tag der mündlichen Prüfung: 24. Januar 2014

Zusammenfassung

Die Molekularisierung der Biologie seit dem zweiten Drittel des 20. Jahrhunderts hatte immense Auswirkungen auf die Forschung und führte zu weitreichenden Anwendungen. Sie vereinte in einer Synthese viele biologische, biochemische und medizinische Disziplinen unter zentralen biologischen Fragestellungen.

Durch die Entwicklung neuer Methoden und die Etablierung neuer Modellorganismen gelang es innerhalb weniger Jahrzehnte, die klassische Genetik, Mikrobiologie, Makromolekulare Chemie und Stoffwechselbiochemie miteinander in Verbindung zu bringen. In Deutschland war die Forschung nach 1945 viele Jahre lang geprägt von den Nachwirkungen der NS-Zeit und des Zweiten Weltkriegs, dem Wiederaufbau und der Neugründung von Instituten sowie großen Anstrengungen einzelner Wissenschaftler bei der Etablierung neuer Gebiete, wie dem der Molekularbiologie.

Das Ziel dieser Arbeit ist es, erstmals ein umfassendes Bild der frühen Geschichte der Molekularbiologie in Deutschland zu erstellen und dieses im internationalen Vergleich zu betrachten. Zuerst wird die Entwicklung der Genetik und Molekularbiologie an deutschen Hochschulen und Forschungseinrichtungen im Hinblick auf die Institutionalisierung und Förderung analysiert. Neben der allgemeinen Entwicklung wird hier der Einfluss einzelner Personen, vor allem der des Physikers und Molekularbiologen Max Delbrück, herausgearbeitet. Delbrück hat u.a. durch die Gründung des Instituts für Genetik in Köln und durch seine Kontakte zu einzelnen Forschern in Deutschland maßgeblich zur Entwicklung des Fachs beigetragen. Bei den Förderinstitutionen waren es die DFG und die Volkswagenstiftung, die wichtige Akzente setzten.

Ein weiterer Teil der Arbeit ist eine Zitationsanalyse der Rezeption von 20 wichtigen molekularbiologischen Arbeiten im internationalen Vergleich. Hier werden nationale Unterschiede bei der Rezeption der verschiedenen Teilgebiete der Molekularbiologie aufgezeigt. In Deutschland lagen Forschungsschwerpunkte auf der Proteinstrukturforschung und der Virusgenetik. Es waren hier wenige Gruppen, die aktiv neuere Forschungsinhalte aufgriffen und weiterentwickelten.

Im letzten Teil der Arbeit werden die molekularbiologischen Forschungsinhalte in Deutschland auf der Basis von Forscherbiographien und Publikationen untersucht. So kann der Beitrag einzelner deutscher Wissenschaftler zum Forschungsgebiet vorgestellt werden.

Summary

The “molecularization” of biology since the 1930s had a tremendous and ongoing impact on biological research and led to far-reaching applications in biology and biomedicine. Several biological, biochemical and medical disciplines were united to address central biological questions.

Through the development of new methods and the use of new model organisms, research fields such as classical genetics, microbiology, macromolecular chemistry and metabolic biochemistry were interconnected within a few decades., After 1945, research in Germany was dominated for many years by the aftermath of the Nazi era, and of World War II. as well as rebuilding and establishment of research institutes. It is due to major efforts of only few people that new research areas, such as molecular biology. were established.

The aim of this work is to provide a comprehensive overview of the history of molecular biology in Germany and to compare it to international developments. First, the establishment of genetics and molecular biology at German universities and research institutes was analysed in terms of institutionalization and funding. Of special interest was to outline the influence of individuals, especially of the physicist and molecular biologist Max Delbrück. Delbrück contributed to the setting in Germany especially through his role in the establishment of the Institute for Genetics in Cologne and his support of individual researchers. Important funding agencies in this matter were the German Research Foundation and the Volkswagen Foundation.

Another part of this thesis is a citation analysis of the reception of 20 important molecular biological publications in an international comparison. Here, national differences in the reception of the various sections of molecular biology are discussed. In Germany, where research had a focus on protein structure and viral genetics. Only a few groups actively picked up and extended the knowledge of current research contents. In the last part of this thesis molecular biological research in Germany was assessed through the analysis of biographies and publications of the researchers involved. Using this approach, it was possible to identify the contribution of individual scientists to this research area in Germany.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung.....	3
Summary.....	4
1. Einleitung.....	7
Stand der Forschung.....	8
Ziele der Arbeit.....	11
Ein kurzer Überblick über die Entwicklung der Molekularbiologie.....	14
2. Institutionalisierung und Lehre.....	18
2.1 Die Universitäten in der Bundesrepublik Deutschland.....	18
2.1.1 Institutionalisierung.....	19
2.1.2 Lehre.....	24
A. Lehrveranstaltungen.....	24
B. Lehrbücher.....	28
2.1.3 Das Institut für Genetik in Köln – Vorbild oder Ausnahme?.....	33
A. Joseph Straub.....	33
B. Max Delbrück.....	35
C. Gründungspläne	39
D. Der Antrag.....	42
D. Die ersten Jahre.....	45
E. Phagenkurse.....	47
F. Personalia.....	48
G. Auswirkungen der Gründung - Krise.....	51
H. Diskussion.....	56
2.2 Andere Forschungseinrichtungen.....	59
Die Max-Planck-Gesellschaft.....	59
Großforschungseinrichtungen.....	63
European Molecular Biology Laboratory.....	65
2.3 Die Molekularbiologie in der DDR.....	67
Lyssenkoismus.....	67
Molekularbiologie an Universitäten und Forschungsinstituten.....	68
Förderung.....	71
Ausblick.....	73
3. Förderung der molekularbiologischen Forschung.....	74
3.1 Der Wissenschaftsrat.....	74
3.2 Die Deutsche Forschungsgemeinschaft.....	76
Schwerpunktprogramme.....	78
Forschungs- und Ausbildungsstipendien.....	90
Sonderforschungsbereiche.....	92
Förderung von Bibliotheken.....	95
3.3 Andere Fördereinrichtungen.....	96
Die Fulbright-Kommission.....	96
Die Rockefeller Foundation.....	98
Die Volkswagenstiftung.....	99
Alexander von Humboldt Stiftung.....	102
Damon Runyon Foundation for Cancer Research.....	103

Deutscher Akademischer Austauschdienst.....	103
Fritz Thyssen Stiftung.....	103
Marshall-Plan - ERP.....	104
NATO.....	104
3.4 Wissenschaftliche Organisationen, Gesellschaften und Tagungen.....	105
European Molecular Biology Organization (EMBO).....	105
Gesellschaft für Genetik.....	107
Gesellschaft für biologische Chemie.....	108
Andere Gesellschaften.....	109
Tagungen.....	109
4. Internationaler Vergleich der Rezeption molekularbiologischer Arbeiten.....	110
4.1 Methode.....	110
Die analysierten Arbeiten.....	117
4.2 Ergebnisse und Diskussion der Rezeptionsuntersuchung molekularbiologischer Arbeiten.....	124
4.2.1 Internationaler Vergleich der Rezeption.....	126
4.2.2 Die Rezeption in Deutschland.....	136
Wissenschaftliche Sprache.....	142
Verfügbarkeit der Arbeiten.....	144
Arbeiten aus der DDR.....	145
Die Rezeption anderer Fachgebiete.....	145
5. Molekularbiologische Forschung in Deutschland.....	147
5.1 Phagen- und Bakteriengenetik.....	148
5.2 Proteinstruktur.....	159
5.2.1 Aufklärung der Primärstruktur von Proteinen.....	159
5.2.2 Untersuchung der Sekundär- und Tertiärstruktur von Proteinen.....	170
5.3 Virusforschung und genetischer Code.....	171
5.4 Genstruktur, -replikation	177
5.5 Proteinbiosynthese.....	183
5.6 Genregulation.....	189
5.7 Pilzgenetik.....	193
5.8 Exkurs: Molekulare Immunologie.....	194
6. Zusammenfassung und Ausblick.....	196
7. Danksagung.....	202
8. Quellen.....	203
9. Literatur.....	204
10. Liste der Abbildungen und Tabellen.....	248
11. Abkürzungsverzeichnis.....	249
Erklärung.....	250

1. Einleitung

Der Begriff Molekularbiologie wurde unter Wissenschaftshistorikern für sehr verschiedene Forschungsrichtungen verwendet.¹ In dieser Untersuchung definiere ich die Molekularbiologie als Untersuchung der Struktur und Funktion biologisch relevanter Makromoleküle, insbesondere der DNA und Proteine, sowie als Forschung in der genetisch orientierten Mikrobiologie.

Nachdem die Klassische Genetik und die Biochemie in den ersten vier Jahrzehnten des 20. Jahrhunderts florierten, gab es ab etwa 1935 erste Wissenschaftler, die die Frage nach der „Natur der Gene“ experimentell untersuchten. Dabei handelte es sich um Physiker, Mediziner, Mikrobiologen und auch Chemiker, die für diese Fragestellung verschiedene Methoden entwickelten. Pnina Abir-Am bezeichnete diesen Vorgang als „Übersetzung klassischer biologischer Probleme in makromolekulare Begriffe“ (Abir-Am 1985, S. 109).² Zwangsläufig führten die Bemühungen, die Struktur und Wirkungsweise der Gene aufzuklären, zur Entstehung eines interdisziplinären neuen Forschungsgebiets, der Molekularbiologie. Dabei handelt es sich um ein Gebiet, das sich bis heute immer mehr gliedert und dessen Methoden, die Funktion und Wirkung der Gene zu beschreiben, in mittlerweile allen biologischen und medizinischen Fachrichtungen Anwendung finden.

Die vorliegende Arbeit untersucht die frühe Entwicklung der Molekularbiologie in Deutschland und betrachtet die Entwicklung der Forschungsdisziplin im internationalen Vergleich. Ihre Schwerpunkte sind zunächst die Institutionalisierung und Förderung mit besonderer Berücksichtigung des Instituts für Genetik an der Universität zu Köln. Dem folgt eine Rezeptionsanalyse von 20 wichtigen Arbeiten aus der Molekularbiologie, die es möglich, die Entwicklung in Deutschland im internationalen Vergleich quantitativ zu studieren, und zuletzt eine Untersuchung der Forschungsinhalte in Deutschland. Der betrachtete Zeitraum erstreckt sich von 1945 bis etwa 1975.

¹ Für eine ausführliche Diskussion der Begriffsentstehung und Nutzung der „Molekularbiologie“ vgl. Rheinberger 1995

² Übersetzung SW. Originalzitat: „the translation of classical biological problems in macromolecular terms.“

Stand der Forschung

Die Geschichte der Experimente und Theorien der biochemischen, biophysikalischen, genetischen und mikrobiologischen Forschung über die molekulare Struktur der Gene und der Genwirkungen, die seit den 1960er Jahren zunehmend als Molekularbiologie bezeichnet wurden, ist Gegenstand einer Vielzahl von Arbeiten sowohl von Wissenschaftshistorikern als auch Naturwissenschaftlern. Ein Klassiker der Geschichte der frühen Molekularbiologie, in dem die Entwicklung der Mikrobiologie, Virusforschung sowie der biochemischen und biophysikalischen Genetik analysiert wird, ist die Monographie von Robert Olby, *The Path to the Double Helix. The Discovery of DNA* (1974). Eine stärkere Berücksichtigung auch der neueren Arbeiten sowie der Arbeiten aus Frankreich findet sich in Michel Morange, *A History of Molecular Biology* (1998). Horace Freeland Judson gibt in seinem Buch einen fast nur auf Interviews basierenden Bericht zur Geschichte der Molekularbiologie (1979). In ihrer Arbeit über die Geschichte der Molekularbiologie von 1930-1970 behandelt Pnina Abir-Am (1993) die Entwicklung des Forschungsgebiets von einer multidisziplinären Zusammenarbeit zur länderübergreifenden Forschungsrichtung; dabei berücksichtigt sie die Entwicklungen in Deutschland nicht. Die „Kurze Geschichte der Molekularbiologie“ von Hans-Jörg Rheinberger (1995) fasst wesentliche Entwicklungen bis zum Beginn des Humangenom-Projekts zusammen. Die wohl detaillierteste Geschichte molekularer Konzepte der Biologie unter Einschluss vieler Irrwege ist Joseph S. Fruton, *Proteins, Enzymes, Genes. The Interplay of Chemistry and Biology* (1999). John Cairns Sammelband der Entwicklung der Molekularbiologie aus dem Blickwinkel der in den USA entstandenen Phagenforschung (1966) und der Sammelband im Gedenken an Jacques Monod herausgegeben von André Lwoff und Agnes Ullman (1979) sind Beispiele für Darstellungen zu einzelnen Forschungsrichtungen aus der Perspektive der Beteiligten. Die zum Anlass des 50. Jahrestags der Aufklärung der DNA-Doppelhelix erschienenen Publikationen befassen sich insbesondere mit der molekulargenetischen Forschung seit 1953, darunter Carina Dennis und Julie Clayton (Hrsg.), *50 years of DNA* (2003), James D. Watson und Andrew Berry, *DNA: The Secret of Life* (2003), Victor McElheny, *Watson and DNA: Making a Scientific Revolution* (2003) und Evelyn Fox Keller, *The Century of the Gene* (2000).

Biographien und Autobiographien einflussreicher Molekularbiologen, darunter Erwin Chargaff, James D. Watson, Francis Crick, Rosalind Franklin, Francois Jacob und Sydney Brenner, um nur einige Namen zu nennen, geben Einblicke in spezifische wissenschaftliche Entwicklungen, Charakteristika und Beziehungen der beteiligten Personen.

Einige Publikationen befassen sich mit Besonderheiten der Etablierung und weiteren Entwicklung der Molekularbiologie in Ländern Westeuropas nach dem Zweiten Weltkrieg. Diesem Thema ist ein Band (33, 2002) der *Studies in the History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences*, herausgegeben von Bruno Strasser und Soraya de Chadarevian, gewidmet; untersucht werden u.a. Entwicklungen in Deutschland, England, Frankreich, Italien, der Schweiz und Spanien. Bruno Strasser vergleicht hier die in den jeweiligen nationalen Kontexten gegebenen Begründungen für die Entscheidung zur Förderung der Molekularbiologie in vier Ländern, darunter Deutschland. Ute Deichmann zeigt, dass deutsche Wissenschaftler die Ergebnisse aus den USA erst verspätet für die eigene Forschung verwendeten, im Vergleich dazu waren die amerikanischen Ergebnisse in der TMV- Forschung und Strahlengenetik in den 1930er Jahren sofort in Deutschland aufgegriffen worden.

Soraya de Chadarevians *Designs for Life: Molecular Biology after World War II* (2002) ist eine Lokalstudie über die Geschichte des „Medical Research Laboratory for Molecular Biology“ in Cambridge, einem internationalen Forschungszentrum der Röntgenstrukturanalyse von Proteinen und DNA. Andere Lokalstudien existieren z.B. zur Forschung am California Institute of Technology von Lily E. Kay (1993) und von Bruno Strasser zu den Entwicklungen in der Schweiz (2006).

Weitere Arbeiten setzen sich mit der Genetik, vor allem der Humangenetik, in Deutschland in der NS-Zeit auseinander. Beispiele der hier umfangreich vorliegenden Literatur sind Benno Müller-Hills Buch *Tödliche Wissenschaft in der NS-Zeit* (1984), der von Carola Sachse herausgegebene Band zu Menschenversuchen in den Biowissenschaften (2003), Sheila F. Weiss' Buch zur Humangenetik im Dritten Reich (2010) und Alexander von Schwerins Biographie des Genetikers Hans Nachtsheim (2000). Diese Arbeiten behandeln keine molekularbiologische Forschung.

Mit seiner These, dass die „molekularbiologische Revolution“ eine Folge der erzwungenen Emigration von Physikern während der NS-Zeit in die USA war, gab

Donald Fleming wichtige Anstöße für die historische Forschung (1969). Ernst Peter Fischer beschreibt die Rolle eines dieser Physiker, Max Delbrücks, für die Etablierung genetischer Phagenforschung und den Aufbau einer modernen Biologie im Nachkriegsdeutschland (1985). Ein Sammelband, herausgegeben von Simone Wenkel und Ute Deichmann (2007), behandelt die Geschichte des Instituts für Genetik in Köln, welches von Delbrück mitgegründet wurde, unter Einbeziehung der Sicht beteiligter Wissenschaftler.

Ute Deichmann untersucht weiterhin die Auswirkungen der NS-Zeit, den Einfluss einzelner Personen, der Struktur deutscher Universitäten und einer nationalen Forschungstradition in Deutschland auf die Anfänge der Molekularbiologie (1992, 2001, 2001b, 2002, 2004b, 2008).

Mit der Bedeutung von Politik und Forschungsförderung unter anderem für die Molekularbiologie sowie den Rückstand dieser Forschung im Nachkriegsdeutschland befassen sich Arwed H. Meyl (1958) Richard Clausen (1964), Robert Gerwin (1989), Marie Luise Zarnitz (1968) und Hans-Jörg Rheinberger (2002).

Ein Schwerpunkt der historischen Analyse der Molekularbiologie in Deutschland liegt auf der Entwicklung der Forschungen zum Tabakmosaikvirus (TMV), einem frühen Versuchsobjekt der Molekularbiologie, im Rahmen der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft, später der Max-Planck-Gesellschaft (MPG). Beispiele sind Hans-Jörg Rheinberger (2000), Angela N. Creager (2002), Jeffrey Lewis (2002, 2004) und Christina Brandt (2004).

Zur Geschichte der Biologie in der DDR liegen Analysen von Ekkehard Höxtermann (1997a, 1997b), Rainer Hohlfeld (1997, 1999), Rudolf Hagemann (2002) und Karin Weisemann (1997) vor.

Umfassende quantitative Studien zur Entstehung der Molekularbiologie gibt es bisher nicht. Jedoch nutzt Eugene Garfield das Beispiel der Molekularbiologie um zu zeigen, dass die Zitationsanalyse für die Wissenschaftsgeschichte von Nutzen sein kann. Er untersucht dazu die Anzahl der Zitate für molekularbiologische Arbeiten (Garfield 1964) und erstellt Zitationsnetzwerke von frühen Molekularbiologen. Die Ergebnisse überprüft er inhaltlich nur mit Bezug auf die Nutzbarkeit der Methode.

Benno Müller-Hill und Heinrich Herbertz nutzen die Zahl der Publikationen und Zitate pro Person oder Jahr zum Vergleich der Effizienz von 13 molekularbiologischen

Instituten in Deutschland in den Jahren 1980-1984 (Herbertz und Müller-Hill 1995), eine Methode, die auf Institutsebene, Landesebene und auch Fachebene in den letzten 20 Jahren vermehrt Anwendung findet. Immer wieder werden in neuerer Zeit Zitationszahlen auch in anderem Kontext verwendet, um die Bedeutung einer Arbeit zu unterstreichen. Bruno Strasser untersucht in einer kurzen Arbeit zum 50. Jahrestag der Entschlüsselung der Doppelhelixstruktur der DNA (2003), wie viele Zitate die Arbeit jährlich erhielt und wie die Zitate im Jubiläumsjahr 2003 verwendet wurden. Er beschreibt damit die Verwendung von Zitaten bei der Entstehung und Aufrechterhaltung eines „kollektiven Gedächtnisses“ in der Wissenschaft.

Bisher liegen kaum Zitationsanalysen im hier verwendeten Kontext vor. Eine stammt von Ute Deichmann, die die Rezeption der Arbeit zur Identifikation der DNA als Erbmaterial durch Oswald T. Avery (2004a) mit dieser Methode untersucht. Eine systematische Zitationsanalyse zum internationalen Vergleich der Entwicklung eines Forschungsgebiets wurde bisher nicht vorgenommen.

Ziele der Arbeit

Die vorliegenden Forschungsergebnisse lassen nur wenige allgemeine oder lokal spezifische Erwägungen zur Entwicklung der Molekularbiologie in Deutschland bis in die 1970er Jahre zu. Während die Beiträge zur TMV- Forschung in Tübingen den Eindruck erwecken, dass es nach 1945 in der modernen biologischen Forschung eine Kontinuität gab, wurde diese für die Biochemie als weiteres Teilgebiet der Modernen Biologie bereits widerlegt. Darüber hinaus schließen die vorliegenden Untersuchungen nur Entwicklungen bis spätestens Anfang der 1960er Jahre mit ein.

Die vorliegende Arbeit hat das Ziel, eine umfassende qualitative, quantitative und auch inhaltliche Analyse der einzelnen Teilgebiete der Molekularbiologie zum Gesamtüberblick über die Institutionalisierung, Förderung und Forschung in der gesamten Bundesrepublik zu erstellen.

Die Arbeit ist in folgende Teile gegliedert:

1. Institutionalisation des Forschungsgebiets in Deutschland (Kapitel 2).
2. Forschungsförderung für die Molekularbiologie in Deutschland (Kapitel 3).

3. Internationaler Vergleich anhand einer quantitativen Bewertung der deutschen Beiträge zur molekularbiologischen Forschung aufgeschlüsselt in die einzelnen Teilgebiete der Molekularbiologie (Kapitel 4).
4. Beiträge deutscher Wissenschaftler zum Forschungsgebiet (Kapitel 5).

Im ersten Teil der Arbeit stelle ich die Institutionalisierung der Molekularbiologie an Universitäten und anderen Forschungseinrichtungen sowie die Lehre im Fach vor. Der Geschichte des Instituts für Genetik der Universität zu Köln als erstem rein molekularbiologischen Universitätsinstitut in Deutschland wird besondere Aufmerksamkeit geschenkt.

Der Verlauf der (finanziellen) Förderung der molekularbiologischen Forschung wird im zweiten Teil der Arbeit unter Berücksichtigung wichtiger wissenschaftspolitischer Entscheidungen, dem Einfluss der Förderinstitutionen und der Regelung der fachlichen Ausbildung auf dem Gebiet beleuchtet. Ein besonderes Augenmerk liegt hier auf den Förderentscheidungen und -schwerpunkten der Deutschen Forschungsgemeinschaft.

Im dritten Teil der Arbeit wird die Beteiligung der deutschen Wissenschaftler an der molekularbiologischen Forschung untersucht. Es wird anhand einer Rezeptionsanalyse aufgezeigt, ob und wie diese die wichtigsten Forschungsergebnisse ihrer ausländischen Kollegen aufgriffen und für ihre eigene Forschung nutzten. Diese Untersuchung basiert auf einer Zitationsanalyse von 20 bedeutenden Arbeiten aus der Molekularbiologie. Die Auswertung der Daten erfolgte im Hinblick auf verschiedene fachliche, inhaltliche und institutionelle Kriterien. Es wurde ein internationaler Vergleich der Ergebnisse mit England, Frankreich und den USA vorgenommen. Für Deutschland wurden die zitierenden Arbeiten auch inhaltlich untersucht.

Im letzten Teil stelle ich die wichtigsten in Deutschland erzielten Ergebnisse aufgeteilt auf die verschiedenen Teilgebiete der Molekularbiologie vor. Dazu gehören die Phagen- und Bakteriengenetik, Proteinstrukturforschung, Virusforschung, Genstruktur und -replikation, Proteinbiosynthese und die Pilzgenetik. In vielen Fällen wird versucht, die Ergebnisse in den internationalen Kontext des Forschungsgebiets einzuordnen.

Die vorliegende Arbeit analysiert erstmals alle Teilgebiete der Molekularbiologie in Deutschland einzeln und ordnet deren Entwicklung durch eine Rezeptionsanalyse in den internationalen Kontext ein.

Die Vertreibung jüdischer Wissenschaftler in der NS-Zeit, die Isolation deutscher Wissenschaftler während und nach dem Zweiten Weltkrieg, die fehlenden Kenntnisse des Englischen und die unflexible Universitätsstruktur erschwerten den Beginn der Molekularbiologie als interdisziplinärem Forschungsgebiet. Es wird gezeigt, dass Auslandsaufenthalte und die dadurch gewonnenen Kontakte und Kenntnisse für die erste Generation der Molekularbiologen in Deutschland eine wichtige Rolle spielten. Die wegweisende Bedeutung des Kölner Instituts für Genetik zeigt sich u.a. am Einfluss des Mitinitiators Max Delbrück, der zum einen als Anziehungspunkt für ausländische Gäste, internationaler Kontakt für deutsche Wissenschaftler und Begründer einer bislang nicht üblichen Diskussionskultur auftrat. Zum anderen war Delbrück auch Wegweiser und Türöffner für die Entwicklung der Molekularbiologie in Deutschland in Bezug auf Verwaltungs- und Planungsfragen. Der Einfluss der Mitarbeiter der Max-Planck-Institute in Tübingen wird in Bezug auf die Besetzung neugeschaffener Stellen in der Molekularbiologie ab den 1960er Jahren gezeigt.

Es läge nahe, einen Wissenschaftler fortan als Molekularbiologen zu bezeichnen, sobald er einen Beitrag zu der Forschung geleistet hat. Diese Molekularbiologen könnten dann ganz einfach gezählt werden. Doch eine solche „Zahl“ oder eine solche Einteilung der Person in ein Forschungsgebiet lässt in vielen Fällen einen falschen Eindruck entstehen. Zahlen und Statistiken finden sich dennoch bei der Analyse der Zitationen, Fördergelder und Jahrbücher der Deutschen Forschungsgemeinschaft und bei der Vorstellung der Institute.

Da es besonders zur inhaltlichen Entwicklung der Molekularbiologie in Deutschland sehr wenig Sekundärliteratur gibt, habe ich dieser Arbeit als Quellen wissenschaftliche Publikationen, Biographien, Archivmaterial und Nachlässe verschiedener involvierter Personen zu Grunde gelegt. Einige Aussagen beruhen auf persönlichen Gesprächen und Korrespondenzen mit Wissenschaftlern. Ein Teil dieser Korrespondenz stand im Zusammenhang mit der Vorbereitung und Dokumentation der Tagung zur frühen

Geschichte des Instituts für Genetik in Köln, die am 4. und 5. April 2005 in Köln stattfand (Wenkel und Deichmann 2007).

Ein kurzer Überblick über die Entwicklung der Molekularbiologie

Die grundlegenden Konzepte und Methoden der Molekularbiologie, auf denen diese Arbeit aufbaut, wurden zwischen 1930 und 1970 entwickelt und werden hier kurz chronologisch zusammengefasst. Es handelt sich sowohl um methodische Fortschritte als auch um eine konzeptionelle Weiterentwicklung des Verständnisses der Vererbung und der Chemie der Makromoleküle. Die methodischen Fortschritte in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts, die entscheidend zur Aufklärung der Struktur von Proteinen und DNA sowie die mikrobiologische Genetik beitrugen, waren vor allem die Entwicklung der Ultrazentrifuge, neuer Chromatographietechniken und der Röntgenstrukturanalyse.

Neben diesen neuen Methoden, die fortlaufend weiterentwickelt und den Fragestellungen angepasst wurden, spielte auch die „Erschließung“ neuer Forschungsobjekte, vor allem der Phagen, Bakterien und Viren für die molekulargenetische Grundlagenforschung eine große Rolle.

Bei den Phagen war es die Phagengruppe um Max Delbrück und Salvador Luria, die ab Ende der 1930er Jahre mit neuen Methoden zur Kultivierung der Phagen, mit Tests zur deren Quantifizierung, mit der Erstellung von Wachstumskurven und der Vereinheitlichung der Nomenklatur erste Forschungsergebnisse erzielte. Durch die Phagenforschung war die quantitative Erfassung der biologischen Replikation möglich geworden. Die leichte Handhabung der Objekte, ihre kurze Generationsdauer und die aufgrund des Vorhandenseins sichtbarer Merkmale einfache Ergebnisauswertung erforderte, anders als zum Beispiel bei der Forschung mit *Neurospora* keine Biochemiekenntnisse. Dadurch waren die Phagen prädestiniert für die schnelle Beantwortung zentraler Fragen der Genreplikation und Mutation.

Max Delbrück und Salvador Luria zeigten 1944 im sogenannten „Fluktuationstest“ mit Phagen, dass Mutationen in Bakterien spontan entstehen.³ Sie widerlegten damit die

³ Benno Müller-Hill weist darauf hin, dass das Luria-Delbrück Experiment noch eine Hintertür zum Lamarckismus offen ließ. Luria und Delbrück hatten nicht berücksichtigt, dass bei einer Mutation in den Bakterien die Resistenz gegen die T1-Phagen nicht sofort auftrat, sondern es zunächst einige Generationen dauert, bis das in den Zellen bereits enthaltene phagensensitive Protein soweit abgebaut ist, dass es keine Rolle bei den Messungen mehr spielt. Ein Ausschluss dieses Phänomens gelang erst den Leberbergs in einem Experiment 1952. Die Diskussion zur gerichteten Mutation wurde in den 1980er Jahren erneut aufgegriffen und dauerte erneut ca. zehn Jahre an (Müller-Hill 1996. S. 120-123).

Annahme, dass Mutationen gerichtet durch den Einfluss von Umweltbedingungen stattfinden. Kurze Zeit später entdeckten Joshua Lederberg und Edward Tatum die sexuelle Rekombination in Bakterien. Dies machte auch die Bakterien als genetisches Forschungsobjekt interessant. Es wurde deutlich, dass es eine Parallele zwischen Eukaryonten und Prokaryonten gibt.

Parallel dazu untersuchten George Beadle und Boris Ephrussi die Vererbung der Augenfarbe bei der Fruchtfliege *Drosophila* und kurz danach Beadle und Edward Tatum die des Pilzes *Neurospora crassa*. Sie schafften wie zuvor auch Ernst Caspari, Alfred Kühn, Adolf Butenandt, E. Becker und Wolfhard Weidel durch ihre Forschung an der Mehlmotte *Ephestia* die experimentelle Grundlage für die später von Norman Horowitz formulierte „Ein-Gen-Ein-Enzym-Hypothese“ (vgl. Grossbach 1996). Diese Vorstellung vereinfachte die Verbindung zwischen den Genen und ihrer Wirkung auf eine sehr effektive Art.

Die Erforschung der Natur der Gene bekam mit der Kristallisierung des TMV durch Wendell Stanley 1935 einen entscheidenden Anstoß, obwohl Stanley fälschlicherweise annahm, dass es sich bei der kristallisierten Substanz um reines Protein handelte - er übersah die 6% RNA. Viren waren als Forschungsobjekte interessant aufgrund ihrer Fähigkeit zur identischen Replikation und Mutation. (Kay 1986, Creager 2002, Deichmann 2012b). Zu dieser Zeit herrschte verbreitet die Meinung vor, dass Proteine höchstwahrscheinlich das genetische Material waren. Die Viren wurden somit als Modell für die Gene selbst gesehen.

Erst das Experiment von Oswald T. Avery im Jahr 1944 und acht Jahre später das Experiment von Alfred Hershey und Martha Chase, widerlegten die weitverbreitete Annahme, dass es sich bei den Proteinen um das genetische Material handelte. Nur die DNA kam noch als Erbmaterial in Frage.

Avery hatte an einem in-vitro-System die DNA, Proteine und andere Bestandteile virulenter Pneumokokken fraktioniert. Er konnte zeigen, dass nur die isolierte DNA in der Lage war, einen bisher nicht virulenten Pneumokokken Stamm zu transformieren und ebenfalls virulent werden zu lassen, nicht dagegen eine der anderen Fraktionen. Averys Ergebnisse wurden von vielen Wissenschaftlern zunächst nur wenig anerkannt, obwohl sie sehr wohl in der Fachwelt bekannt waren (Deichmann 2004a). Dennoch

gab es einige Forscher wie Maurice Wilkins und Erwin Chargaff, deren Interesse durch Averys Erkenntnisse auf die DNA gelenkt wurde.

Alfred Hershey und Martha Chase markierten die DNA und die Proteine von Phagen mit verschiedenen radioaktiven Stoffen. Nach der Infektion einer Bakterienzelle konnten sie zeigen, dass nur die markierte DNA in die Bakterienzelle eingedrungen war, die Proteine an der Zellaußenwand hatten sie mechanisch abgetrennt. Obwohl die DNA mit etwa 20% Protein verunreinigt war, wurde dieses Experiment zum Nachweis der DNA als Erbmaterial ungleich stärker beachtet als Averys Ergebnisse, vor allem weil Hershey und Chase mit den bereits als Forschungsobjekt etablierten Phagen arbeiteten (Deichmann 2004a, S. 228).

Nachdem die DNA als Träger des Erbmaterials zunehmend anerkannt wurde und auch die Aufklärung der dreidimensionalen Struktur von Makromolekülen, insbesondere Proteinen, bereits zu interessanten Ergebnissen geführt hatte, setzten sich einzelne Wissenschaftler das Ziel die dreidimensionale Struktur der DNA aufzuklären. Dies gelang James D. Watson und Francis Crick im März 1953. Sie hatten Hinweise verschiedener Wissenschaftler u.a. von Rosalind Franklin, Maurice Wilkins, Linus Pauling und Erwin Chargaff dazu genutzt, ein Modell für die Struktur der DNA zu entwickeln. Diese Struktur beschrieben sie als Doppelhelix, bei der zwei gegenläufige DNA-Stränge mit nach außen gerichtetem Phosphat-Zucker-Gerüst durch komplementär mit Wasserstoffbrückenbindungen gepaarte Basen verbunden waren. Dies legte die Replikation des genetischen Materials durch das Erstellen einer Kopie an einem der beiden „Vorlagen-Stränge“ nahe.

Nicht nur die Replikation, sondern auch der Mechanismus der Speicherung genetischer Information und des Informationsflusses von der DNA zur Proteinbiosynthese konnten anhand des Modells der Doppelhelix postuliert werden. So war es wiederum Francis Crick, der das Zentrale Dogma der Molekularbiologie formulierte: Er schlug 1958 vor, dass der Informationsfluss vom genetischen Material zum „Merkmal“ nur von der DNA über ein Vermittlerprotein, etwas später als mRNA bezeichnet, zum Protein erfolgen kann. Crick postulierte auch die Existenz einer Adaptor RNA, die später als tRNA bezeichnet wurde. Diese weitgehend theoretischen Annahmen wurden im folgenden Jahrzehnt von den verschiedensten Wissenschaftlern experimentell bestätigt. Erst 1970 entdeckte David Baltimore, dass es auch Ausnahmen bei der Richtung des Informationsflusses gibt. Gewisse Viren sind in der

Lage, mit Hilfe der Reverse Transkriptase den Informationsfluss von der RNA zurück zur DNA umzukehren.

Zwischenzeitlich war mit einem Schlüsselexperiment von Marshall Nirenberg und Heinrich Matthaei im Jahr 1961 ein praktischer Beleg zum genetischen Code gelungen, der vorangegangene theoretische und teilweise experimentelle Arbeiten von Francis Crick, Sydney Brenner und anderen ergänzte. Nirenberg und Matthaei konnten das erste DNA-Codewort für die Übersetzung von DNA-Sequenz in Aminosäurereihenfolge auf der Basis vorangegangener theoretischer Ableitungen zum Vorliegen eines Tripletcodes klären. In den Folgejahren wurden der Mechanismus der Proteinbiosynthese und die daran beteiligten Komponenten weiter aufgeklärt.

Die Aufklärung der Struktur der Proteine erzielte u.a. mit Arbeiten von Frederick Sanger 1945, Linus Pauling 1951 und Max Perutz und John Kendrew 1960 entscheidende Fortschritte. Es war gelungen Peptidketten zu sequenzieren und die dreidimensionale Struktur einiger Proteine zu analysieren.

Im folgenden Jahrzehnt trat die Regulation der Gene immer mehr in den Fokus der Forschung. So postulierten François Jacob und Jacques Monod 1960 in Paris das lac-Operon. Sie schlugen ein Modell vor, bei dem eine aus mehreren Genen bestehende Funktionseinheit der DNA zentral durch verschiedene Faktoren, z.B. einem Aktivator oder Repressor, reguliert werden konnte. Die Isolation des lac-Repressors im Jahr 1966 durch Benno Müller-Hill und Walter Gilbert bestätigte dieses Modell.

Die Fortschritte in der Molekularbiologie waren sehr stark auch dem methodischen Fortschritt zu verdanken. Beispiele sind Frederick Sanger sowie Alan Maxam und Walter Gilbert, die Mitte der 1970er Jahre unabhängig voneinander Methoden zur Sequenzierung der DNA vorstellten und Kary Mullis, der 1983 die Polymerasekettenreaktion zur in-vitro Vervielfältigung von DNA-Stücken entwickelte.

Ich bin mir darüber im Klaren, dass die Vorstellung der Molekularbiologie als einheitliches Forschungsgebiet oder als Forschungsdisziplin problematisch ist. Die Annahme der Molekularbiologie als Ansammlung von Techniken (Burian 1996) ist aber auch abzulehnen. Techniken und Methoden spielen in der Molekularbiologie zwar eine sehr große Rolle, dennoch ist es die konzeptionelle Einheit von Hypothesen und

Theorien zur Natur, Replikation und Expression der Gene, die die Molekularbiologie ausmacht und die die Bezeichnung als Forschungsgebiet rechtfertigt.

2. Institutionalisation und Lehre

2.1 Die Universitäten in der Bundesrepublik Deutschland

Die Institutionalisierung der Molekularbiologie in Deutschland war, abgesehen von den Auswirkungen der NS-Zeit, auch durch einige Besonderheiten der Universitätsstruktur bzw. Institutsstruktur erschwert (Clausen 1964, S. 5-6; Fruton 1990, S. 161 & 229).⁴ Zum einen erschwerte das hierarchische System interdisziplinäres Arbeiten. An den Universitäten standen jeweils nur zwei bis höchstens vier ordentliche Professoren einem Fachbereich vor und an den Max-Planck-Instituten leitete ein Direktor die Belange seiner Abteilung. Die Universitätsprofessoren waren allein entscheidungsberechtigt in der Festlegung des Forschungsschwerpunktes an ihrem Institut.⁵ Zum anderen erschwerten starre Strukturen vor allem an Universitäten Spezialisierungen und die Einführung neuer Fächer. Die Professoren waren verantwortlich für die disziplinumfassende Lehrtätigkeit. So wurden bereits die Genetik und Biochemie im ersten Drittel des 20. Jahrhunderts trotz teilweise herausragender Leistungen einzelner Wissenschaftler nur sehr langsam und erst mit Verspätung an den Universitäten etabliert. Jonathan Harwood sprach in diesen Zusammenhang von der „institutionellen Zurückstellung hinter ältere etablierte Disziplinen“ (Harwood 1993, S. 142) Sowohl Harwood als auch Robert Kohler betonen die Notwendigkeit einer breiten Ausrichtung der jungen Biologen und physiologischen Chemiker in Deutschland um bessere Anstellungsmöglichkeiten zu erreichen. Die Biochemiker mussten sowohl physiologische Chemiker als auch Physiologen sein (Kohler 1982, S. 10-16, 36). Die Biologie war an deutschen Universitäten traditionell durch ein Zoologisches und ein

⁴ Das Kapitel bezieht sich auf Westdeutschland, die Lage in der DDR wird in Kapitel 2.3 besprochen.

⁵ Richard Clausen unterstreicht die steigende Wichtigkeit der Teamarbeit in den Naturwissenschaften und verweist auf daraus erwachsende Probleme im autoritären deutschen „Institutssystem“ (Clausen 1964). Joseph S. Fruton, untersucht die Organisation und Besonderheiten chemischer und biochemischer Gruppen an deutschen Universitäten, die sich aus der einflussreichen Stellung des jeweiligen „ordentlichen Professors“ ergaben (Fruton 1990). In seiner Vergleichsstudie von sechs Arbeitsgruppen des 19. bis zu Beginn des zwanzigsten Jahrhunderts geht er auf die Bildung von „Forscherschulen“ ein, sowie auf die Auswirkungen der verschiedenen Führungsstile im Hinblick auf die individuellen Entwicklungsmöglichkeiten der Mitarbeiter.

Botanisches Institut mit je einem Institutsleiter vertreten. Dies hatte sich auch während der Entstehung der klassischen Genetik ab 1900 nicht geändert. Bis 1945 gab es nur an der Landwirtschaftlichen Hochschule in Berlin und im besetzten Strassburg einen Lehrstuhl, der sich sowohl namentlich als auch inhaltlich der genetischen Forschung widmete. Jonathan Harwood zufolge hat sich diese Tatsache, vor allem im mangelnden Lehrangeboten in Genetik (Harwood 1993, S. 142), aber auch in Identifikationsproblemen der Forscher ausgewirkt (Harwood 1993, S. 138). Während die meisten akademischen Genetiker dieser Zeit als Zoologen oder Botaniker an den Universitäten angestellt waren, wurden die Wissenschaftler an den Kaiser-Wilhelm-Instituten nicht in eine Kategorie gedrängt. Diese Tatsache zusammen mit der mangelnden Neuschaffung akademischer Stellen unterschied die deutschen Genetiker von ihren Kollegen in den USA. Mit Beginn der NS-Zeit gerieten viele deutsche Genetiker, insbesondere Humangenetiker, durch ihre Unterstützung der NS-Rassenlehre und Rassenpolitik in Misskredit. Ein Umstand der international zur Diskreditierung aller deutschen Wissenschaftler im Fach führte.

In Bezug auf die Etablierung der Molekularbiologie spielten nach 1945 sowohl die strukturellen Probleme als auch die Nachwirkungen der NS-Zeit eine große Rolle. Weder im biologischen noch dem medizinischen oder chemischen Bereich der Universitäten waren auf Institutsebene interdisziplinäre Neugründungen ohne weiteres möglich. Der internationale Austausch war durch die Ereignisse in der NS-Zeit erschwert.

2.1.1 Institutionalisierung

Die Institutionalisierung der molekularen Biologie bezieht sich hier nicht nur auf die Gründung neuer Institute, sondern umfasst auch die Entstehung kleiner Arbeitsgruppen, die sich an verschiedenen naturwissenschaftlichen und medizinischen Instituten mit dem Thema beschäftigten. Die spezielle Förderung der neuen Disziplin während ihrer Anfangszeit, eine zentrale Voraussetzung für ihre Institutionalisierung, wird in Kapitel 3 beschrieben.

Die Anfänge der molekularen Biologie in Deutschland liegen, wie auch die in den USA, England und Frankreich, in kleinen Arbeitsgruppen, die wie die sogenannte

Phagengruppe in den USA an größeren Instituten verschiedener Universitäten angesiedelt waren. So tauschten sich die Mitglieder der von Max Delbrück und Salvador Luria gegründeten Phagengruppe brieflich über ihre neuesten Forschungsergebnisse aus und trafen sich ab 1941 jeden Sommer zu einem gemeinsamen Forschungsaufenthalt am Cold Spring Harbor Laboratory in den USA. Institutionell wurde die Phagengruppe 1947 am California Institute of Technology fortgeführt, wo Delbrück Professor wurde. In Cambridge (England) und etwas später auch am Institut Pasteur in Paris gab es zunächst ebenfalls nur kleine molekularbiologische Forschergruppen an größeren Instituten.

Das erste neuerrichtete Institut, das die Bezeichnung Molekularbiologie im Namen trug war das „Laboratory for Molecular Biology of the Medical Research Council“, es wurde 1962 in Cambridge fertiggestellt. Untergebracht waren dort unter anderem die Arbeitsgruppen von Max Perutz und Frederick Sanger, die seit Ende der 1950er Jahre über den ganzen Campus verteilt zum Teil in „Hütten“ untergebracht waren (De Chadarevian 2002, S. 210 und 231; Strasser 2002).

In Westdeutschland gab es im Jahr 1958 33 Professuren an Botanischen und 25 an Zoologischen Instituten. Sechs Professoren standen anderen biologischen Instituten vor.⁶ Sowohl das Botanische als auch das Zoologische Institut an einer Universität wurden geleitet von je einem (in 5 Fällen auch zwei) Professoren als Lehrstuhlinhabern und Institutsleitern.⁷ Dem in Forschung und interner Mittelvergabe allein weisungsberechtigten Institutsleiter untergeordnet waren die Assistenten, andere Mitarbeiter des Instituts, sowie in fünf Fällen außerordentliche Professoren (Meyl 1958, S. 57-59). Weitere Lehrstühle mit fachübergreifenden Themen und methodischer Beeinflussung durch die Nachbardisziplinen Physik oder Chemie waren in der Biologie nicht vorgesehen. Die sechs Universitäten im westdeutschen Bundesgebiet, an denen es Professuren für andere biologische Themenbereiche gab, waren je ein Institut für Mikrobiologie in Frankfurt (Kaplan) und Göttingen (Rippel), eine mikrobiologische Abteilung am Botanischen Institut in Hamburg (Engel), ein Institut für Genetik an der Freien Universität Berlin, ein Extraordinariat für Biologie an der TU Berlin sowie in Köln ein Institut für Entwicklungsphysiologie (Harte). Von den drei mikrobiologisch

⁶ Hier wurden beamtete ordentliche und außerordentlicher Professoren gezählt.

⁷ Im Jahr 1958 gab es nur in München, F.U Berlin, Bonn und Hamburg zwei Lehrstühle für Botanik und nur in Tübingen zwei zoologische Lehrstühle. Die Institutsleitung hatte meist ein „ordentlicher Professor“ inne. An den THs in Berlin, Karlsruhe, Darmstadt und Stuttgart sowie an der Tierärztlichen Hochschule in Hannover wurden die Institute jeweils von einem außerordentlichen Professor geleitet.

orientierten Arbeitsgruppen widmete sich eine molekularbiologischen Themenstellungen, die Gruppe um Reinhard Kaplan in Frankfurt.

Die Hochschulorganisation sah vor, dass der Institutsleiter mit seinen Mitarbeitern die gesamte Lehre, für Studenten der Biologie und auch der Pharmazie in seinem Fachgebiet durchführte. Es kam daher nicht in Frage einen studierten Physiker oder Chemiker auf den einzigen botanischen Lehrstuhl an einer Universität zu berufen. Die einzige Möglichkeit zur Etablierung eines neuen Faches an Universitäten war die Schaffung neuer Institute, Lehrstühle oder zumindest untergeordneter Professuren. In einer „Denkschrift zur Lage der Biologie“ im Auftrag der Deutschen Forschungsgemeinschaft machte Arwed H. Meyl 1958 auf die Probleme aufmerksam (Meyl 1958, S. 43f). Er forderte die Gründung neuer Lehrstühle um die Ansiedlung der interdisziplinären Forschung an den Universitäten zu unterstützen.

Mit der Gründung des Instituts für Genetik in Köln wurde 1959 zum ersten Mal vom hierarchischen System abgewichen. Max Delbrück und der Botaniker Joseph Straub planten das Institut mit der amerikanischen Departmentstruktur, in der alle Gruppenleiter gleichberechtigte und unabhängige Mitglieder des Instituts waren (Wenkel 2007, S. 26-28). Offiziell wurde das Institut von nur einem Ordinarius (Delbrück) geleitet, hatte aber sechs unabhängige Gruppenleiter. Die eingestellten Personen hatten fast alle durch Aufenthalte im Ausland, meist in den USA, Erfahrung mit dem Departmentsystem gemacht. Die Gruppenleiter waren in der ersten Zeit bis zu Delbrücks Weggang 1963 und der dadurch entstandenen Unsicherheit über die weitere Entwicklung des Instituts mit kleinen Arbeitsgruppen in einem gemeinsam geleiteten Institut zufrieden. Dazu kam, dass sie auch gemeinsam für die Lehre im Fach verantwortlich waren und das internationale Ansehen des jungen Instituts damals schon sehr hoch war. Der Beschluss zur Erhöhung der Zahl der Ordinarien und damit der offiziellen Gleichberechtigung der Gruppenleiter wurde 1964 in Köln gefasst. Bis 1972 wurden insgesamt fünf Ordinarien berufen. Was die untergeordneten Gruppenleiter betrifft, konnten diese zumindest in späteren Jahren als Assistenten und außerordentliche Professoren⁸ am Institut auch unabhängig arbeiten, wie es im echten „Amerikanischen Modell“ der Fall war. Die einzigartige Organisationsstruktur des Instituts konnte sich nur vereinzelt (z.B. Freiburg, Bochum und Heidelberg) und keineswegs als Standard in Deutschland durchsetzen.

⁸ Im Gegensatz zu außerplanmäßigen Professoren hatten außerplanmäßige Professoren eine feste Stelle an der Universität waren aber meist nicht Lehrstuhlinhaber.

Im Jahr 1960 griff der Wissenschaftsrat das von Meyl formulierte Problem in seinen Empfehlungen offiziell auf. Er riet: Um „der großen Bedeutung der neu erschlossenen Gebiete, auch für die Medizin und Veterinärmedizin, gerecht zu werden, wird es notwendig sein, an vielen Universitäten über den Grundbestand hinausgehende Lehrstühle zu schaffen“ (Empfehlungen des Wissenschaftsrats 1960, S. 160).⁹ Die Kölner Pionierarbeit ist richtungsweisend für diese Entscheidung.¹⁰

Das zweite Institut in Deutschland, das nach dem „Kölner Vorbild“ gegründet wurde, war das Institut für Biologie III in Freiburg. Carsten Bresch, einer der ersten Gruppenleiter aus dem Kölner Institut, war nach einem kurzen Aufenthalt als Professor an der Universität von Texas in Dallas zurückgekehrt und hatte hier 1968 das Institut gegründet.

Ekkehard Bautz kam 1970 aus „Abenteuerlust“ nach einem 11-jährigen Auslandsaufenthalt aus den USA zurück. Er erhielt einen Lehrstuhl für Molekulare Genetik an der Universität Heidelberg. Für ihn kam die „Rückkehr aus dem Gefühl heraus, daß die Möglichkeit zur Reform gegeben ist“. (ohne Verfasserangabe 1970, S. 104). 1982 wurde in Heidelberg das Zentrum für Molekulare Biologie (ZMBH) eröffnet, welches das Konzept der Unabhängigkeit aller Gruppenleiter vollständig vollzogen hat (Bujard et al 2007, S. 219-220). Geplant und durchgesetzt von den Molekularbiologen um Hermann Bujard und Heinz Schaller wurde die amerikanische Institutsorganisation übernommen. Später folgten Biologische Institute an den Universitäten in Bochum und Konstanz.

Bereits zehn Jahre nach der ersten Erhebung hatte Meyls Appell zur Schaffung neuer Institute Wirkung gezeigt, davon berichtete Marie-Luise Zarnitz in einer zweiten Studie im Auftrag der Volkswagenstiftung 1968. Es gab nun eine höhere Zahl von biologischen Lehrstühlen an den einzelnen Fachbereichen. Zarnitz befasste sich direkt mit der molekularen bzw. physikalischen Biologie und beschränkte sich nicht nur auf die biologischen Institute (Zarnitz 1968, S. 102-104). Die Anzahl der zoologischen

⁹ Näheres zum Einfluss des Wissenschaftsrats auf die Molekularbiologie findet sich in weiter unten im Kapitel zur Geschichte des Instituts für Genetik der Universität zu Köln.

¹⁰ Brief Kanzler der Univ. Köln an Max Delbrück, 8.04.1961, Caltech Archives, Delbrück Papers, Box 26/22.

Lehrstühle an deutschen Universitäten war auf 54 gestiegen und an 15 von 31 Universitäten mit zoologischen Instituten gab es zwei bis vier ordentliche Professuren für Zoologie. Die Botanik war mit 52 Lehrstühlen an 25 Universitäten vertreten, an zwölf Universitäten gab es zwei bis vier botanische Lehrstühle. Darüber hinaus war die Zahl der genetischen Institute an naturwissenschaftlichen Fakultäten auf zehn angestiegen, wobei nur an der Universität Köln mehrere (zu der Zeit 3) Lehrstühle für Genetik parallel vorhanden waren. Die Mikrobiologie war mit zehn Lehrstühlen vertreten.¹¹

In der Chemie war die Naturstoffchemie an organisch-chemischen Lehrstühlen wissenschaftlich erfolgreich und an den meisten Universitäten etabliert (Deichmann 2001, S. 282-285). Der physiologisch-chemische Lehrstuhl in Tübingen, der seit 1875 in der mathematisch naturwissenschaftlichen Fakultät angesiedelt war, war lange Zeit der einzige seiner Art in einem nicht-medizinischen Fakultätsumfeld.

Erst 1953 wurde der erste „Lehrstuhl für Biochemie“ an einer naturwissenschaftlichen Fakultät in München eingerichtet und von Feodor Lynen geleitet.

Bis 1968 stieg die Anzahl der Institute für Biochemie an naturwissenschaftlichen Fakultäten auf zwölf an, wobei keines dieser Institute mit mehreren Lehrstühlen ausgestattet war (Zarnitz 1968, S.102-103). Alle biochemischen Institute gehörten zum Fachbereich Chemie. Im Jahr 1971 war in Tübingen und Hannover ein Studium der Biochemie als Einzelfach möglich, hier wurde neben den klassischen chemischen Fächern auch die Biochemie und aus analytisch-chemischer Sicht die molekulare Biologie unterrichtet. Es waren meist Chemiker und nur zum Teil Mediziner (physiologische Chemiker), die in biochemischen Instituten von Universitäten und MPIs Arbeitsgruppen leiteten (Decker 2003, S. 4).

An medizinischen Fakultäten stieg die Anzahl der Institute für physiologische Chemie von sechs im Jahr 1932 auf 29 im Jahr 1968 an. Diese Institute widmeten sich neben der Forschung meist ausschließlich der Ausbildung von Medizinern in der vorklinischen Phase. Kurse für Studenten anderer Fachbereiche wurden nicht angeboten (Auhagen 2003, S. 243-244). 1967 wurde der vom Kölner Institut für Genetik kommende Hans Georg Zachau als einer der ersten molekularbiologisch arbeitenden Biochemiker auf

¹¹ Außerordentliche Professoren wurden von M.-L. Zarnitz nicht erfasst.

den Lehrstuhl für physiologische Chemie an der medizinischen Fakultät der Universität München berufen. Die Entwicklungen in der Humangenetik und Virologie¹² an den Universitäten ab den 1970er Jahren spielten für die Molekularbiologie in Deutschland keine Rolle und werden aus diesem Grund nicht weiter erörtert (vgl. auch Cottebrune 2006).

2.1.2 Lehre

Das deutsche Forschungssystem war zweigeteilt, auf der einen Seite gab es die Universitäten, denen die gesamte Lehre der Studenten bis zum ersten Abschluss (meist Staatsexamen), oder auch bei einem grundständigen Studium die Promotion,¹³ oblag und die alleinig zur Vergabe von Abschlüssen bzw. Dokortiteln befugt waren. Auf der anderen Seite standen die Forschungsinstitute, wie zum Beispiel die Institute der Max-Planck-Gesellschaft. Diese wurden zumeist von renommierten Wissenschaftlern geleitet, die keine Lehrverpflichtung hatten. Die Direktoren an Max-Planck-Instituten waren aber oftmals z.B. als außerplanmäßige oder Honorarprofessoren an eine Universität angegliedert und konnten dadurch zumindest Doktoranden betreuen.

A. Lehrveranstaltungen

In der Biologie war trotz der Vermehrung der Anzahl der Lehrstühle ab Ende der 1960er Jahre oftmals ein ordentlicher Professor für die Ausbildung von mehr als hundert Studenten verantwortlich. Erschwerend kam eine drastische Erhöhung der Studentenzahlen Anfang der 1970er Jahre hinzu. Zur Bewältigung seiner Lehrverpflichtung waren dem ordentlichen Professor an seinem Lehrstuhl promovierte Assistenten, sogenannte Habilitanden, unterstellt. Die Assistenten organisierten die Lehre, leiteten praktische Kurse und standen in engerem Kontakt mit den Studenten, die den Lehrstuhlinhaber oft nur in überfüllten Vorlesungen sahen. Charles David wies in diesem Zusammenhang darauf hin, dass es für junge Studenten oft gerade der Kontakt zu erfolgreichen Wissenschaftlern sei, der sie zu einer Karriere in der

¹² Hier gab es bis 1968 fünf Lehrstühle an den Universitäten.

¹³ Seit Beginn der Umsetzung der Bologna Erklärung im Jahr 1999, obliegt den Universitäten die Lehre der Studenten bis zum zweiten Abschluss dem Master, dem gewöhnlich ein Bachelorstudium mit Abschluss vorangeht. Die Jahrzehnte zuvor waren die Abschlüsse Magister oder Diplom in vielen Studienfächern üblich.

Wissenschaft anregen könnte (David et al 2007, S. 250). Dieser direkte Kontakt war im Studium an deutschen Universitäten nur schwer möglich.

Während der 1950er und 1960er Jahre wurde in der Lehre an den meisten Universitäten nur wenig Molekularbiologie unterrichtet. Besondere Lehrveranstaltungen in der molekularen Biologie wurden bis Mitte der 1960er Jahre nicht angeboten, obwohl zu diesem Zeitpunkt die wichtigen Entdeckungen in der Phagen- und Bakteriengenetik sowie in der Strukturforschung der DNA schon einige Jahre zurück lagen.

Auch in Großbritannien wurde die Molekularbiologie erst Ende der 1960er Jahre in die universitäre Lehre aufgenommen (David et al. 2007, S. 251).

Den Ordinarien fehlte die fachliche Qualifikation zur Durchführung solcher Veranstaltungen ebenso wie den wissenschaftlich abhängigen Assistenten, die meist ähnliche Forschungsschwerpunkte hatten wie ihre Vorgesetzten. Erst die institutionelle Etablierung der Forschungsrichtung änderte diesen Sachverhalt.

Viele spätere Lehrstuhlinhaber erlernten die Anwendung molekularbiologischer Techniken während ihrer Zeit als promovierte Wissenschaftler an ausländischen Forschungsinstitutionen oder in speziell für graduierte Wissenschaftler angebotenen Kursen (z.B. Cold Spring Harbor Laboratory in den USA oder am Kölner Institut für Genetik Köln, später auch bei EMBO).

Ein besonderes Beispiel für die Entwicklung der Lehre in der Molekularbiologie ist die Universität zu Köln. Hier wurden den Studenten in der Biologie ab 1953 Vorlesungen zur Mikrobiologie und ab 1956 zur Modernen Biologie angeboten, während der Gründungsphase des Instituts für Genetik ca. ab 1958 erweiterte sich das Spektrum in der Lehre immer mehr (siehe Abb. 1).

Vorlesungsverzeichnisse der Universität zu Köln von 1952 - 1958/1959

SS 1952

646	Genetik 2St. n.V. in der Universität	Straub
-----	--------------------------------------	--------

WS 1952/53

--

SS 1953

693	Methodik und Systematik in der Mikrobiologie 2St. n.V.	Winter
-----	--	--------

WS 1953/54

703	Genetik in Züchtung 3St. Mo 17-18 in XVI Di, Do 17-18	Straub
-----	---	--------

705	Virus und Bakterien 2St. n.V. im Bot. Institut	Winter
SS 1954		
756	Methodik und Systematik in der Mikrobiologie 2 St. Inst.	Winter
WS 1954/55		
770	Virus und Bakterien 2St. Mo 18-20 in XI	
SS 1955		
818	Methodik und Systematik in der Mikrobiologie 2St. Mo 18-20	Winter
WS 1955/56		
822	Genetik 3St. Mo 17-18, Do 16-17 in XVI	Straub
825	Virus und Bakterium 2St. Mo 18-20 in XVI	Winter
SS 1956		
562/828	Ausgewählte Kapitel der modernen Biologie 1St. n.V. Im gr. HS des Botanischen Institutes	Delbrück
550/836	Genetische Übungen 4St. Di 9-12 im Saal 3 des Botanischen Institutes	Straub
WS 1956/57		
841	Kurs über quantitative Mikrobiologie 6St. n.V. Saal III Bot. Inst., Gyrhofstr.	Bresch
830	Genetik der Bakterien und Bakteriophagen 2St. n.V. im gr. HS Biol. Inst.	Bresch
SS 1957		
836/566	Praktikum: Genetik von Bakteriophagen 6St. Mi 14-18, Do 14-16 im Saal III des Bot. Inst. Gyrhofstr.	Bresch
828/566	Mechanismen genetischer Rekombinationsverhalten 1St. n.V. kl. HS des Bot. Inst.	Bresch
WS 1957/1958		
886/566	Genetik von Mikroorganismen I 2St. Mo 15-17 im kl. HS des Bot. Institutes	Bresch
890/566	Praktikum Genetik von Bakterien 6St. Do, Fr 15-18 im Saal III des Bot. Institutes	Bresch
892/566	Seminar: Physiologie von Bakterien (privatissime et gratis) 2St. Mo 17-19 im Bot. Inst.	Bresch
SS 1958		
944/566	Grundlagen der Vererbungslehre (Genetik I) 3St. Mo 14-16, Mi 15-16 im HS der Biol. Inst.	Bresch
945	Genetik von Mikroorganismen II 1St. m kl. HS des Bot Inst.	Doermann

954/566	Bakteriengenetisches Praktikum <i>ganztägig n.V. im Bot. Inst.</i>	Bresch
955/	Mikrobiologisches Seminar (privatissime et gratis) <i>2St. Mo 17-19 im kl. HS des Bot. Inst.</i>	Doermann, Bresch
959/	Anleitung zum wissenschaftlichen Arbeiten auf dem Gebiet der Genetik von Mikroorganismen <i>im Bot. Inst.</i>	Doermann, Bresch
958/550	Anleitung zum wissenschaftlichen Arbeiten auf dem Gebiet der Genetik und Cytologie	Straub
WS 1958/59		
1000/550	Ausgewählte Kapitel der Genetik und Cytologie von Pflanzen <i>1St. Di 8-9 im HS der Biol. Inst.</i>	Straub
1001/566	Spezielle Probleme der Vererbungslehre (Genetik II) <i>1St. Mo 15-16 im kl. HS des Bot. Inst.</i>	Bresch
1004/557	Einführung in die Bodenmikrobiologie	Winter
1008/566	Mikrobiologisches Praktikum (nur gem. mit bot. Pr.)	Bresch
1010/550	Genetisches Praktikum <i>4St. Do 14-17</i> <i>im Saal III des Bot. Inst.</i>	Straub
1012/566	Mikrobiologisches Kolloquium (privatissime et gratis) <i>2St. (14täg.) Mo 17-19 im kl. HS des Bot. Inst.</i>	Bresch
1014/550	Anleitung zu wissenschaftlichem Arbeiten auf dem Gebiet der Genetik und Cytologie <i>tg. ganzt. Bot. Inst.</i>	Straub
1015/566	Anleitung zu wissenschaftlichem Arbeiten auf dem Gebiet der Genetik von Mikroorganismen <i>tgl. ganzt. im Bot. Inst.</i>	Bresch

Abb. 1: Aufstellung der Lehrveranstaltungen in mikrobieller Genetik und Molekularbiologie für Biologen an der Universität zu Köln vom Sommersemester 1952 bis Wintersemester 1958/59.

In Abbildung 1 lässt sich verfolgen wie durch die Berufung neuer Wissenschaftler (hier vor allem Carsten Bresch) systematisch die Lehre zu den Grundlagen und Methoden der Molekularbiologie in die fachliche Ausbildung der Studenten aufgenommen wurde. Eine Entwicklung, die sicherlich auch den Bemühungen um die Gründung eines Institutes für Genetik und regelmäßigen Besuchen von Gastwissenschaftlern (Max Delbrück 1956 und Alfred Doermann 1958) zu verdanken ist. Carsten Bresch, der von Delbrück als erster Phagenforscher in Deutschland gefördert und 1956 nach Köln berufen worden war, sowie zuvor ein Lehrbeauftragter (Winter) von der Universität

Bonn trugen lange Zeit einen Großteil der Lehre. Die Gründung des Instituts nahm Ende der 1950er Jahre Formen an. Der Botaniker Joseph Straub unterrichtete die Zytologie und Genetik. Darüber hinaus wurden in Köln ab 1956 regelmäßig Phagenkurse nach dem Vorbild der „Phage Courses“ am Cold Spring Harbor Laboratory in den USA veranstaltet, bei denen sich auch bereits promovierte Wissenschaftler in die neuen Methoden der Phagenforschung einweisen lassen konnten.¹⁴

Für Chemiestudenten und Doktoranden mit Interesse in Biochemie und später auch an den biochemischen Aspekten der Molekularbiologie bestand die Möglichkeit sich in der organischen oder Naturstoffchemie an Universitäten ausbilden zu lassen. Durch die Vertreibung von jüdischen Biochemikern in der Nazizeit war die biochemische Forschung in Deutschland geschwächt, es gab vor 1958 nur wenige Institute der Max-Planck-Gesellschaft, an denen junge Chemiker mit molekularbiologischem Interesse die Experimente für ihre Dissertation durchführen konnten. Dies waren das MPI für Biochemie in Tübingen (ab 1956 in München), das MPI für Virusforschung und das MPI für Biologie in Tübingen. Für andere Wissenschaftler, die während ihrer Ausbildung in Deutschland keine dieser Möglichkeiten nutzen konnten, blieb nur ein Auslandsaufenthalt, der zumeist im Anschluss an die Dissertation stattfand. Zu einem solchen Aufenthalt gingen die Nachwuchswissenschaftler der verschiedenen Fachrichtungen meist in die USA, einige auch ins europäische Ausland.

B. Lehrbücher

Bis 1964 gab es kein Lehrbuch in deutscher Sprache, das den Forschungsstand der Molekularbiologie in ausführlicher Form wiedergab. Einige der vor 1945 veröffentlichten Genetiklehrbücher waren wegen der darin veröffentlichten Lehren zur Rassenhygiene nicht weitergeführt worden und die wenigen nach 1945 neu erschienenen oder neu aufgelegten deutschen Lehrbücher zur Vererbungslehre nahmen nur sehr zögerlich die Ergebnisse der molekularen Genetik auf.

Die erste Ausgabe des von dem Zoologen und Genetiker Alfred Kühn (1885-1968) verfassten Lehrbuchs *Grundriss der Vererbungslehre* erschien 1939 (Kühn 1939), das Buch wurde zum Standardwerk für Studenten in der klassischen Genetik. Es umfasst den von Kühn als erwiesen angesehenen Kenntnisstand in der Genetik, weitere

¹⁴ vgl. „Phagenkurse“ im Teilkapitel „Das Institut für Genetik der Universität zu Köln.“

aktualisierte Ausgaben von Kühns Buch erschienen 1950, 1961, 1965 und 1971.¹⁵ Anhand der verschiedenen Ausgaben von Kühns Buch lässt sich gut verfolgen, wie die Ergebnisse in der molekularen Genetik in die Lehre aufgenommen wurden. Ein Schwerpunkt Kühns lag auf der Beschreibung seiner eigenen Forschung in der biochemischen Genetik (vgl. Rheinberger 2001). Kühn, aus der Tradition der physiologischen Genetik in Deutschland kommend (vgl. Harwood 1993), untersuchte die Vererbung der Augenfarbe bei der Mehlmotte *Ephesia*. Seinem Mitarbeiter Ernst Caspari war hier 1933 der Nachweis gelungen, dass im dominanten Wildtyp die Synthese eines Stoffes erfolgt, der in der rezessiven Mutante 'rotäugig' fehlt.

Kühn nennt im Buch keine Namen und berichtet über die „Genwirkkette“ der Pigmentbildung bei Insekten. Er schreibt: „Das Gen A veranlasst also in verschiedenen Geweben die Bildung eines spezifischen Wirkstoffs, und in vielen Zellen entsteht er im Überschuss und wird ins Blut abgegeben.“ (Kühn 1939, S. 107). Weiterhin nennt er den „Gen-A-Wirkstoff“ und beschreibt:

„Die Ausfärbung des Haares vollzieht sich durch die Oxydation einer ungefärbten Pigmentvorstufe (Chromogen) zu dem fertigen Pigment unter dem Einfluss eines oxydierenden Ferments. Dessen Bildung wird durch die Gene der C-Reihe bedingt. Das gebildete Ferment lässt sich nachweisen,“ (Kühn 1939, S. 105)

Butenandt, Weidel und Becker konnten das gebildete Ferment 1940 als Kynurenin identifizieren. 1937 wurden von George Beadle und Boris Eprussi ähnliche Ergebnisse bei *Drosophila* und 1941 an dem Pilz *Neurospora crassa* von Beadle und Edward Tatum erzielt (Grossbach 1996, Egelhaaf 1996, Rheinberger 2000).

In der zweiten Ausgabe des Buches 1950 waren die wissenschaftliche Arbeiten Kühns mit seinem Modell der Mehlmotte *Ephesia* abgeschlossen. Die Fragen nach der Kontrolle der Genprodukte durch die Gene, die Kühn elf Jahre vorher begleiteten, waren geklärt. Er schrieb nun in Bezug auf Beadle und Tatums Versuche: „Aus diesen Versuchen an *Neurospora* hat sich ergeben, dass jede Mutation eine ganz bestimmte Reaktion ausschaltet. Das führt zu der Vermutung, dass jedes Gen die Bildung eines bestimmten Fermentes bewirkt.“ (Kühn 1950, S.177-178)

¹⁵ Alfred Kühn, „Grundriss der Vererbungslehre“. Heidelberg: Quelle & Meyer (1950, 2. Ausgabe). Weiter Ausgabe des Buchs erschienen 1961, 1965, 1971, 1973, 1979, 1984 und 1986. Nach Kühns Tod wurde das Buch von Albrecht Egelhaaf überarbeitet. Vor dem Zweiten Weltkrieg gebräuchliche Lehrbücher zur Vererbungslehre z.B. von Erwin Baur und von Richard Goldschmidt sind für diese Diskussion nicht relevant. Auf folgende nicht besonders erfolgreiche Lehrbücher und übersetzte Lehrbücher werde ich ebenfalls nicht eingehen: Hans Fitting, *Grundzüge der Vererbungslehre*. (Fitting 1949) und Laurence H. Snyder, *Grundlagen der Vererbung. Lehrbuch der allgemeinen Genetik* (Snyder 1955).

In die Ausgabe von 1950 nahm Kühn ein neues Teilkapitel: „Über die Natur der Erbfaktoren“ auf. Dieses sehr kurze Kapitel bespricht die Natur der Gene. Kühn glaubte zu dem Zeitpunkt, dass die Gene aus Proteinen oder Nukleoproteinen bestehen würden. Kühn bespricht in der zweiten Ausgabe seines Buches die bisherigen Theorien und bestätigt die Möglichkeit, dass „die Gene selbst Fermentnatur haben.“ (Kühn 1950, S.201). Er findet, dass der Beweis für die „korpuskuläre Einheitlichkeit eines Gens“ nicht erbracht wurde (Kühn 1950, S.202). Das genetische Material war schon 1944 Oswald T. Avery und seine Kollegen als Nukleinsäure identifiziert worden, diese Ergebnisse waren aber bis in die 1950er Jahre nicht allgemein anerkannt, vor allem nicht für Eukaryonten (Deichmann 2004a). Kühn erwähnt Averys Ergebnisse in seinem Lehrbuch nicht. In abstrakter Weise bezeichnet er das Gen als ein „Einzelmolekül oder kristallähnlichen Atomverband“. Die „chemische Natur der Architektur der Chromosomen“ sei „im wesentlichen aufgebaut aus Eiweißkörpern, die in den Chromomeren mit Nukleinsäure zu Nukleoproteiden verbunden sind“. (Kühn 1950, S.200). Über das Verhalten der Nukleinsäuren bei der Zellteilung schreibt er: „Darauf dass die Nukleinsäure eine wesentliche Rolle bei der identischen Reproduktion der Chromosomenarchitektur spielt, weist die Erscheinung hin, dass in der Vorbereitung zur Kernteilung, zur Zeit, da die Chromosomen sich verdoppeln, eine starke Vermehrung der Nukleinsäuren im Kern stattfindet. So wird wahrscheinlich, dass die identische Reproduktion der Genstrukturen in Beziehung zu dem Nukleinsäuregehalt der Chromomeren steht.“ (Kühn 1950, S. 200).

In der dritten Auflage seines Buches 1961 schreibt Kühn vom Beginn der biochemischen Genetik: „Die Gene sind chemische Begriffe geworden.“ (Vorwort) Die Natur der Erbfaktoren sei nun geklärt. In dem nur um sechs Seiten länger gewordenen Kapitel „Die Natur der Erbfaktoren“ geht er auf die in den letzten elf Jahren aufgeklärten Probleme der molekularen Biochemie und Genetik ein. Er beschreibt ausführlich den Versuch von Avery, mit dem dieser die DNA als Erbmaterial identifiziert hatte (Kühn 1962 S. 214-215). Zur Struktur der DNA zeigt er in einer Abbildung das Modell der DNA-Doppelhelix nach Watson und Crick. Kühn beschreibt den Mechanismus der semikonservativen Replikation, die von Meselson und Stahl aufgeklärt wurde. Auch auf die Ergebnisse der Viren- und Bakteriengenetik geht er ein

und betont, dass auch hier wie bei Pflanzen und Tieren die Mendelschen Regeln gelten (Kühn 1961, S. 218).

Darüber hinaus erwähnt Kühn die aktuellen Probleme in der Forschung, wie die Lösung des „Codesystems“ (Kühn 1961, S. 219) der DNA. Als nächste Herausforderung für die Wissenschaft sei zu zeigen „wie ein Gen zwei so verschieden erscheinende Aufgaben löst, sich selbst zu reproduzieren und seine Spezifität auf andersartige Genprodukte zu übertragen,...“ (Kühn 1961, S. 219). Vier Jahre später erweitert er das Kapitel noch einmal, diesmal um den aktuellen Stand der Forschung bei der Aufklärung des genetischen Codes (Kühn 1965, S. 203).

In der Reihe verständliche Wissenschaft veröffentlichte der Springer Verlag im Jahr 1956 das Buch *Virus* von Wolfhard Weidel (Weidel 1957). Dieser war Ende der 1940er Jahre als Wissenschaftler in der Phagengruppe von Max Delbrück in den USA gewesen. Das Buch beschreibt die Erkenntnisse und Problemstellungen der Virusforschung und betont ihre Rolle für die allgemeine Biologie. Weidel schreibt: „Die Biologie gewinnt zur Zeit auf immer breiterer Front Anschluss an die exakten Naturwissenschaften, und damit werden plötzlich gerade die Grundlagen aller Lebenserscheinungen zum Objekt klarer Problemstellungen und ebenso zielbewusster wie sauberer experimenteller Methodik.“ (Weidel 1957, Vorwort). Weidel geht in seinem Buch ausführlich auf aktuelle Fragestellungen in der molekularen Biologie ein und versucht dem Leser die Denkweise des Naturwissenschaftlers näher zu bringen. Dies versucht er zum Beispiel anhand der 1956 andauernden Suche nach dem Mechanismus der Replikation der DNA. Er spricht davon, wie es gelingen könnte „wieder erkennbare Atome“ zu erzeugen, deren Schicksal man über längere Zeiträume, z.B. während der Phageninfektion in Bakterienzellen und bei der Replikation von Virusnukleinsäuren verfolgen könnte (Weidel 1957, S. 116). Eine Methode für die Unterscheidung von vorhandener und neugebildeter Nukleinsäure fanden Matthew Meselson und Frank Stahl in ihrem Nachweis der semikonservativen Replikation der DNA, indem sie die DNA vor der Replikation radioaktiv markierten und so den Verbleib der beiden DNA Stränge nach der Replikation nachweisen konnten.

In der gleichen Reihe des Springer Verlags, hatte Richard Goldschmidt 1927 ein Buch *Die Lehre der Vererbung* herausgegeben.¹⁶ Goldschmidt (1878-1958), ein jüdischer Genetiker, der 1935 nach seiner Entlassung als Direktor am KWI für Biologie in die

¹⁶ Goldschmidt war bis zu seiner Emigration 1935 der Herausgeber der Reihe „Verständliche Wissenschaft“ des Springer-Verlags.

USA (Berkeley) emigriert war, erweiterte sein „Büchlein“, wie er es nannte, bis 1952 zur vierten Auflage. Goldschmidt, der durch seine „Quantitative Theorie der Genetik“ in die Kritik geraten war (Deichmann 2011, S. 5-9), beschränkte sich auch in dieser vierten Auflage auf die klassische Genetik. Er diskutiert „die Feinstruktur der Chromosomen“ und die „Erbchemie“, erwähnt jedoch nicht die stoffliche Natur der „Gene“, die Nukleinsäuren. Ebenso wenig ging er auf die neueren Ergebnisse der Phagengenetik ein.

Für Studenten bot das 1964 veröffentlichte Lehrbuch *Klassische und molekulare Genetik*, verfasst von Carsten Bresch, erstmals eine ausführlichere Alternative die bis dahin beschriebenen Kenntnisse in dem Fach zu erfahren (Bresch 1964). Von Breschs Buch (ab 1970 war Rudolf Hausmann Mitautor) wurden bis 1972 in mehreren Auflagen in deutscher Sprache 39 Tausend Stück produziert. Vor Herausgabe der dritten Ausgabe 1972 wurde es bereits in vier weitere Sprachen übersetzt.

Das Nachfolgebuch war Rolf Knippers *Einführungen zur Molekularbiologie. Molekulare Genetik*, in der ersten Auflage erschienen 1971. Zu dem Zeitpunkt gab es in der molekularen Genetik durch die Vielfalt der Angebote keine Probleme mehr auf geeignetes Lehrmaterial zuzugreifen (Knippers 1971).

Für Chemiker und Biochemiker war das Standardwerk zur Molekularbiologie das *Kurzes Lehrbuch der Biochemie für Mediziner und Naturwissenschaftler* von Peter Karlson. Das Buch, das in der ersten Auflage 1961 schon nach drei Monaten vergriffen war, enthält Kapitel mit den sehr aktuellen Erkenntnissen zur Struktur von Proteinen und Nukleinsäuren, sowie zum aktuellen Kenntnisstand von deren Biosynthese. In der zweiten Auflage von Karlsons Lehrbuch, ebenfalls 1961, macht er konkrete Aussagen zum Genetischen Code und zur Rolle der RNA. Er schreibt: „Man ist heute geneigt, anzunehmen, dass die „Information“ über die Aminosäuresequenz in der Sequenz der Basen im DNS-Molekül liege“. (Karlson 1961, S.107) Zum Mechanismus der Proteinbiosynthese schreibt er: „Unsere heutigen Kenntnisse von der Biosynthese der Proteine machen es jedenfalls unwahrscheinlich, dass die Desoxyribonukleinsäure direkt bei der Proteinsynthese mitwirkt. Diese Aufgabe übernimmt vielmehr [...] die Ribonukleinsäure.“ (Karlson 1961, S.107). Karlsons Buch erschien bis 1972 in neun Auflagen und wurde gleichzeitig in 13 weiteren Sprachen oft mehrfach aufgelegt.

2.1.3 Das Institut für Genetik in Köln – Vorbild oder Ausnahme?

Am 22. Juni 1962 wurde an der Universität zu Köln das Institut für Genetik mit einer Festveranstaltung eingeweiht. Im folgenden wird die Rolle des Instituts für Genetik als erstes Universitätsinstitut in Deutschland mit rein molekularbiologisch orientierter Forschung diskutiert. Zu Beginn wird eingegangen auf Motivation und Hintergrund der involvierten Personen, hier im besonderen Joseph Straub und Max Delbrück. Dann erfolgt eine Vorstellung der Geschichte samt ihrer Ausgangsfaktoren in Politik und Forschung, sowie der Widerstände und Besonderheiten der Gründungsphase des Instituts. Diskutiert wird die Organisationsstruktur des Instituts; die Ursachen der Krise fünf Jahre nach der Gründung und Faktoren, die zur Bedeutung des Instituts beigetragen haben.

A. Joseph Straub

Der am 30. März 1911 geborene Joseph Peter Straub studierte Naturwissenschaften in Freiburg und München und promovierte bei Friedrich Oehlkers in Freiburg. Im Jahr 1939 habilitierte er sich in Freiburg mit einer Arbeit zu Polyploidieauslösung.¹⁷ Nach seiner Habilitation ging er als Gruppenleiter an das damalige Kaiser-Wilhelm-Institut (KWI) für Biologie zu Fritz von Wettstein, wo er einige Zeit in Berlin und später nach der Auslagerung des Instituts in Hechingen arbeitete. Das Thema seiner Forschungen am KWI und später auch in Köln waren Untersuchungen zur Selbststerilität bei Petunien. Im Jahr 1948 nahm er den Ruf auf Lehrstuhl der Botanik an der Universität zu Köln an. Straub war in Köln maßgeblich an der Formierung der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät beteiligt, die durch die Teilung der Philosophischen Fakultät nach jahrelangen Verhandlungen am 01. April 1955 gegründet wurde. Straub wurde 1955 für zwei Jahre zum Dekan der neugegründeten Fakultät gewählt. Diese Wahl befand er im Hinblick auf die Durchsetzung seiner Pläne in der Genetik als sehr vorteilhaft.¹⁸ Er besaß großes diplomatisches Geschick und ein hohes Ansehen innerhalb der Fakultät, auch dies half ihm bei der Durchsetzung seiner Pläne vor allem

¹⁷ Straub entwickelte ein Verfahren zur Polyploidieauslösung durch Temperaturwirkungen bei Erbsen mit dem Ziel der Ertragssteigerung. Das Interesse von Fritz von Wettstein an diesem viel versprechenden Verfahren war der Grund für seinen Wechsel nach Berlin (Jaenicke 1988). Jedoch konnten die Erwartungen an die Polyploidieversuche in späteren Jahren nicht bestätigt werden (s. Deichmann 1995, S.145).

bei den Chemikern und Physikern, allen voran dem Chemienobelpreisträger von 1950 Kurt Alder.

Im Jahr 1961 wurde Straub als Direktor an das Max-Planck-Institut für Züchtungsforschung nach Köln- Vogelsang berufen. Seine Vorliebe für große organisatorische Herausforderungen wird veranschaulicht durch seine Begründung für den Umzug ans MPI. Er meinte, „dass ich mich noch leistungsfähig genug fühle, um das absolut verkommene Institut mit einem 2,2 Mill. Etat in einigen Jahren aus seiner Verkommenheit herauszubringen.“¹⁹. Seine Stellung innerhalb der Universität Köln behielt er bei und unüblicherweise auch seine Rechte als ordentlicher Professor (persönlicher Ordinarius) der Universität zu Köln.²⁰

Straubs Interesse an der Genetik zeigte sich z.B. auch in der starken Gewichtung der Genetik in seinen Vorlesungen²¹ und in seinen Beiträgen zur Genetik in „Fortschritte der Botanik“, die er Anfang der 50er Jahre mit seinem Freund Hans Marquardt veröffentlichte (Marquardt 1951; Straub 1953). In den Arbeiten griffen Marquardt und Straub die neuesten Forschungsergebnisse aus der Phagen- und Bakteriengenetik auf.²²

Den ersten Kontakt mit den Arbeiten, die die spätere molekulare Orientierung der Genetik anregten, machte hatte Straub bereits während seiner Ausbildung 1937 durch die Lektüre der „Dreimännerarbeit“ von Delbrück, Timoféeff-Ressovsky und Zimmer (Timoféeff-Ressovsky et al 1935).²³ Zwischen 1945 und 1950 erfuhr Straub durch Georg Melchers von Delbrücks Phagenarbeiten. Melchers war ebenfalls ein ehemaliger Mitarbeiter von Fritz von Wettstein und Direktor am KWI/MPI für Biologie.²⁴ Das Interesse an diesen Arbeiten veranlasste Straub allerdings nicht dazu, sich selbst dem neuen Forschungsgebiet zu widmen. Er hatte auch kein Interesse, die Forschung

¹⁸ Straub an E. Bünning, 27.06.1957, Universitätsarchiv Köln, Zug 343/5J.; Straub war der zweite Dekan nach der Gründung der Fakultät.

¹⁹ J. Straub an F. Oehlkers, 02.03.1960, Universitätsarchiv Köln, Zug 343/7.

²⁰ Personalakte Joseph Straub Kultusminister Adenauer an den Rektor der Universität zu Köln, 13.06.1961, Universitätsarchiv Köln, Zug 971/192.

²¹ Gespräch mit Ruth Ehring am 16. Februar 2005 in Köln

²² Straub und Hans Marquardt waren beide zur selben Zeit Assistent bzw. Doktorand bei Friedrich Oehlkers in Freiburg gewesen. Seit dieser Zeit verband sie ein enger, vertrauter Briefkontakt. Marquardt war in Freiburg geblieben.

²³ Joseph Straubs Rede zur Gedenkfeier für Max Delbrück am 10. März 1982 am Kölner Institut für Genetik (Kopie der Rede in Institutsbesitz).

²⁴ Joseph Straubs Rede zur Gedenkfeier für Max Delbrück am 10. März 1982 am Kölner Institut für Genetik. Kopie der Rede im Institutsarchiv des Instituts für Genetik in Köln.

am Tabakmosaikvirus (TMV) an sein Institut zu holen. Von seiner Überzeugung des hohen Stellenwertes der modernen Biologie schrieb er im September 1953 an den Dekan der Naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität München:

„Die Entwicklung der Biologie vollzieht sich immer mehr in Richtung auf die Mikrobiologie hin, wobei die genetisch orientierte Arbeitsrichtung am bedeutsamsten sein dürfte. [...] In Deutschland kenne ich kein biologisches Universitäts-Institut, an dem über dieses Gebiet gearbeitet würde. [...] Ich bin überzeugt, dass die wertvollsten Beiträge zur Entwicklung der biologischen Wissenschaft in Deutschland von demjenigen Institut geleistet werden, das über die Genetik der Mikroorganismen arbeiten wird.“²⁵

Abgesehen von der beschriebenen Voraussicht im Hinblick auf die „moderne Biologie“, lässt die Anregung und Planung eines Institutes, das sowohl in personeller Hinsicht als auch baulich gesehen Straubs eigenes Botanisches Institut bei weitem überragen sollte, bei Straub auf eine große wissenschaftspolitische Weitsicht schließen.

B. Max Delbrück

Max Delbrück, geboren 1906 in Berlin, studierte Physik in Göttingen und schloss sein Studium 1930 mit einer Doktorarbeit als theoretischer Physiker ab (Fischer 1988, S. 48). Es folgten verschiedene Forschungsaufenthalte in der Schweiz, England und Dänemark, wo er bei Niels Bohr in Kopenhagen u.a. mit dem George Gamow zusammenarbeitete (Fischer 1988, S. 48). Zurück in Berlin, zwischenzeitlich Assistent bei Lise Meitner, begann Delbrück ab 1932 sich ernsthaft mit der Biologie zu beschäftigen (Fischer 1988, S. 53). Ausschlaggebend dafür war ein Vortrag von Niels Bohr mit dem Titel „Licht und Leben“, den er im August 1932 in Kopenhagen gehört hatte (Fischer 1988, S. 69-71). Delbrück gründete in Berlin einen Diskussionskreis, der sich mit biologischen Fragestellungen beschäftigte. Ein Resultat dieser Gespräche war eine Arbeit „Über die Natur der Genmutation und der Genstruktur“, die er 1937 zusammen mit Karl G. Zimmer und Nicolai Timoféeff-Ressovsky veröffentlichte (Fischer 1988, S. 79; Timoféeff-Ressovsky et al. 1935). Die „Dreimännerarbeit“ erklärte das Ereignis der Genmutation nach Strahleneinwirkung mit Hilfe der „Treffer-Theorie“. Sie legte dem bislang als abstrakte Einheit behandelten Gen eine materielle,

²⁵ J. Straub an E. Wiberg (Dekan der Nat.-Fak. Universität München), 28.9.1953, Archiv der MPG, Abt. III, Rep 75/6,

makromolekulare Natur zugrunde (Fischer 1988, S. 79).²⁶ Eine Annahme, die der Physiker Erwin Schrödinger 1944 in seinem Buch „What is life?“ weiterverfolgte (Schrödinger 1944; Fischer 1988, S. 81-82).

Im Jahr 1937 emigrierte Delbrück in die USA um dort mit einem Stipendium der Rockefeller Foundation seine bis dahin vor allem theoretischen biologischen Arbeiten fortzuführen.²⁷ Delbrück blieb in den USA und nahm die amerikanische Staatsbürgerschaft an. Nach seiner Ankunft begann er nach einem geeigneten Versuchsobjekt für seine Bemühungen zur Aufklärung der identischen Replikation und Mutation der Gene zu suchen (Fischer 1988, S. 90-93). Dies führte ihn ins Labor des Genetikers Thomas Hunt Morgan ans California Institute of Technology, wo er für die Lösung seiner Probleme die Fruchtfliege *Drosophila* als Versuchsobjekt in Betracht zog. Diese Überlegung verwarf er aber schnell wieder (Fischer 1988, S. 94). Schließlich lernte er den Phagenforscher Emory Ellis kennen, der ihn in die Arbeit mit Bakteriophagen einführte. Delbrück hatte ein Versuchsobjekt gefunden. Ab 1941 arbeitete Delbrück jeden Sommer zusammen mit Salvador Luria bei gemeinsamen Forschungsaufenthalten am Cold Spring Harbor Laboratorium auf Long Island (Fischer 1988, S. 108).

Ein Resultat dieser Zusammenarbeit war die Veröffentlichung der Fluktuationsanalyse, mit der sie zeigen konnten, dass Mutationen in Bakterien spontan entstehen und die Entstehung von bakteriellen Mutationen nicht von Umweltbedingungen beeinflusst wird (siehe Einleitung; Fischer 1988, S. 118-121).

Im Jahr 1945 initiierten Luria und Delbrück den ab dann jährlich stattfindenden Cold Spring Harbor Phage Course, der vielen Forschern aus verschiedenen Fachrichtungen einen praktischen Zugang zur molekularbiologischen Phagenforschung ermöglichte.

Vor allem durch den ständigen Kontakt zu seinen Verwandten, unter anderem seinem Schwager, dem Physiker Karl-Friedrich Bonhoeffer, verlor Delbrück auch während des Kriegs nie seine Verbindung nach Deutschland. Er kam 1947 das erste Mal zu Besuch nach Deutschland zurück.

²⁶ Die Inhalte und Auswirkungen dieser Arbeit werden in verschiedenen Publikationen ausführlich besprochen (z.B. Deichmann 1995, Olby 1974). Die Dreimännerarbeit wurde von Erwin Schrödinger aufgegriffen. Dessen Buch „What is life?“ (Schrödinger 1944) wiederum motivierte eine Reihe von Wissenschaftlern darunter James Watson und die Physiker Gunther Stent und Seymour Benzer zur Molekularbiologie zu wechseln.

²⁷ Für einen ausführlicheren Einblick in das Leben von Max Delbrück empfiehlt sich die Biographie von Ernst P. Fischer (Fischer 1985). Die Zitate in dieser Arbeit stammen aus einer ähnlichen Ausgabe von 1988. (Fischer 1988).

Außer seiner im folgenden näher analysierten Rolle bei der Etablierung der Molekularbiologie in Köln wurde Max Delbrück auch bei der Gründung der Universität Konstanz Ende der 1960er Jahre zu Rate gezogen. Hier half er bei der Planung zum Ausbau des dortigen biologischen Fachbereichs, sowohl bei der wissenschaftlichen Ausrichtung als auch bei Berufungen. In Konstanz war er auch mehrfach als Gastprofessor tätig.

Im Jahr 1969 erhielt Max Delbrück zusammen mit Salvador Luria und Alfred Hershey den Nobelpreis für Medizin für ihre Entdeckungen zum Replikationsmechanismus und der genetischen Struktur von Viren.²⁸

Delbrücks Absichten und seine Motivation unterschieden sich von denen Straubs. Was sie gemeinsam hatten, war das Interesse die „moderne Biologie“, vor allem die molekularbiologische Forschung, an einer deutschen Universität zu etablieren.

Delbrücks Vision war die Einrichtung eines neuen Institutes, das als Vorbild für andere Universitäten dienen sollte.

„Ich sagte ich wäre interessiert, wenn ein Institut geschaffen würde, das als ein Modell für andere Universitäten in Deutschland und in anderen Ländern dienen kann, um den organisatorischen Stillstand, in dem sich die Biologie auf der ganzen Welt befindet, zu durchbrechen. Das Caltech [California Institute of Technology] bildet hier eine fast einzigartige Ausnahme.“²⁹

Er wollte das von ihm favorisierte „Departmentsystem“ mit vielen unabhängigen aber zusammenarbeitenden Arbeitsgruppen an einer deutschen Universität einführen. Dieses System war in den USA realisiert und für Delbrück, der seit 1947 Professor am California Institute of Technology war, spiegelte es den Fortschritt des amerikanischen Universitätssystems wieder.

Delbrück hatte 1952 und 1956 Angebote der Max-Planck-Gesellschaft abgelehnt Institutsleiter an einem geplanten Institut für Virusforschung in Tübingen oder Direktor am MPI für Biologie zu werden.³⁰

An dem Projekt in Köln reizte ihn „unbelastet von einer existierenden Organisation zu sein, sozusagen, die „Attraktion des Vakuums“ („Attraction of Vacuum“).³¹ Eine

²⁸ Nobel Komitee, Karolinska Institut, Schweden, Oktober 1969

²⁹ Max Delbrück an George Beadle 06.09.1956, Caltech Archives, Delbrück Papers, Folder 2.10.

³⁰ Max Delbrück an K. F. Bonhoeffer 24.11.1952, Caltech Archives, Delbrück Papers, Folder 4.5.

³¹ Max Delbrück an G. Beadle, 06.09.1956, Caltech Archives, Delbrück Papers, Folder 2.10.

Feststellung, die von Bruno Strasser so nicht akzeptiert wurde. Er argumentiert, dass neue wissenschaftliche Traditionen nicht aus dem Vakuum entstehen können, sondern immer nur im spezifischen politischen und kulturellen Kontext (Strasser 2007, S. 65). Michel Morange argumentiert, dass auch der wissenschaftliche Stand der molekularbiologischen Forschung in Deutschland (Morange 2009a, S. 340) nicht mit einem Vakuum verglichen werden kann.

Das Gelingen des Projekts kann meiner Ansicht nach aber nicht nur den fehlenden Strukturen, fehlenden wissenschaftlichen Ergebnissen oder kulturellen und politischen Gegebenheiten zugerechnet werden. Eine ebenso große Rolle spielten die Persönlichkeit, das Engagement und der Einfluss der involvierten Personen.

Delbrücks Projekt sollte kein reines Forschungsinstitut sein, worauf er in einem Brief an seinen Schwager Karl-Friedrich Bonhoeffer in aller Deutlichkeit verweist, in dem er erklärt, warum er das Angebot der MPG abgelehnt hatte:

„Was mich an der Kölner Sacher reizt, ist nicht die Größe des Instituts, oder des Gehalts, oder des Etats, sondern die Chance, die organisatorische Erstarrung der akademischen Biologie energisch zu durchbrechen, zusammen mit Straub, in dessen Einsicht, Geschick, und Tatkraft ich großes Vertrauen habe. Ich glaube, wenn uns das gelingt, ist der deutschen Biologie zehn mal mehr gedient als mit einem kleinen Forschungsinstitut auf einem Hügel außerhalb Tübingens, auf den sich nie ein Student verirrt, und gegen dessen Einfluss auf den akademischen Betrieb die eingesessenen Interessen der Fakultät sich einmütig wehren würden.“³²

Gegenüber George Beadle betont er außerdem seine Hoffnung, etwas zu schaffen was weder in Frankreich, Dänemark oder Großbritannien bis dahin nicht erreicht worden war, nämlich die starre Organisation an den Universitäten zu durchbrechen und das amerikanische Departmentsystem einzuführen:

„am allermeisten [reizt es mich] etwas zu schaffen was weder Lwoff, noch Maaløe oder Hayes fähig waren zu schaffen, nämlich die moderne Biologie direkt in eine Universitätseinrichtung zu bringen, und dies so effektiv, dass andere Universitäten es gleich tun müssen, sodass es einen wirklichen Boom für diejenigen geben wird, die das Gebiet betreten möchten.“³³

³² Max Delbrück an K. F. Bonhoeffer 13.11.1956, Caltech Archives, Delbrück Papers, Folder 4.5

³³ Max Delbrück an George Beadle 06.09.1956, Caltech Archives, Delbrück Papers Folder 2.10

C. Gründungspläne

Wie oben erwähnt, war die biologische Forschung an Universitäten seit dem 19. Jahrhundert vorrangig durch je ein Botanisches und ein Zoologisches Institut an jeder Universität vertreten, die sich außerhalb der Forschung vor allem der Ausbildung widmeten. Die Einführung eines ganz neuen Forschungszweiges, der sich weder der einen noch der anderen Richtung zuordnen ließ, war begleitet von Zwistigkeiten zwischen Vertretern der beiden Richtungen.³⁴ So zum Beispiel an der Universität Bonn, wo 1957 ein genetisches Institut eingerichtet werden sollte und „man sich den Kopf zerbricht, welcher der beiden Lehrstuhlinhaber dem anderen vorgesetzt werden soll“, und ob das Institut der Botanik oder der Zoologie unterstellt wird.³⁵

Der Ruf auf einen Lehrstuhl für Botanik an der Universität München versetzte Joseph Straub im April 1953 in die Lage, in Köln ein zusätzliches Extraordinariat für sein Institut verhandeln zu können. Da die Universität München nicht bereit war, im Falle seiner Übernahme der Stelle ein zusätzliches Extraordinariat für sein Institut zu schaffen, nahm er die Möglichkeit, die sich in Köln anbot, sofort an.

Er wollte ein Extraordinariat mit dem Forschungsschwerpunkt der Genetik der Mikroorganismen schaffen. Ausdrücklich wollte Straub die Ausbildung in diesem Fach an seiner Universität verbessern und dies ohne für den zukünftigen Stelleninhaber den Schwerpunkt in Lehre und Forschung selbst festzulegen.

Das Problem war jedoch, eine geeignete Person für die Besetzung der Stelle zu finden. In einem Brief an E. Wiberg, den Dekan der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät in Köln schreibt Straub, dass es in ganz Deutschland nur einen Privatdozenten (wahrscheinlich Wolfhard Weidel) und zwei deutschsprachige Ausländer (er nennt keine Namen) in den USA gibt, die für diese Aufgabe in Betracht kommen könnten.³⁶

Kurz nachdem Straub aus Köln die Zusage für die Einrichtung eines Extraordinariat für Mikrobiologie erhalten hatte, schrieb er im Juni 1954 an Max Delbrück, der sich zu dem Zeitpunkt als Gast bei Karl-Friedrich Bonhoeffer in Göttingen aufhielt, und fragte ihn nach Kommentaren zu seinen Besetzungsvorschlägen für das Extraordinariat in der Botanik.³⁷ Straubs Vorschläge waren damals Wolfhard Weidel, Carsten Bresch, Walter Harm und auf Delbrücks Rat auch der Emigrant Gunther Stent. Da sich Straub und

³⁴ J. Straub an G. Melchers, 15.01.1958, Universitätsarchiv Köln, Zug 343/6

³⁵ J. Straub an G. Melchers, 15.01.1958, Universitätsarchiv Köln, Archiv Zug 343/6

³⁶ J. Straub an E. Wiberg (Dekan der Nat.-Fak. Universität München), 28.9.1953, Archiv der MPG, Abt. III, Rep 75/6.

³⁷ J. Straub an M. Delbrück, 15.06.1954, Universitätsarchiv Köln, Zug. 343 Nr. 2.

Delbrück auf keinen Kandidaten einigen konnten, fragte ersterer, ob Delbrück es sich vorstellen könnte, die Stelle selbst zu übernehmen, was dieser verneinte.³⁸

Trotz der Warnung von Georg Melchers sich eventuell zu blamieren,³⁹ setzte Straub Delbrück auf Platz Eins der Berufungsliste, die er im März 1955 beim Ministerium in Düsseldorf einreichte. Delbrücks sofortige Ablehnung (per Postkarte) des Angebots vom Ministerium⁴⁰ verursachte Unmut, da Straub niemandem mitgeteilt hatte, dass Delbrück die Stelle wahrscheinlich ablehnen würde.⁴¹

Wie Straub später schrieb war dies so geplant, um Delbrück zu einer Gegenleistung zu bewegen.⁴² Dieser bot nach einer förmlichen Entschuldigung beim Ministerium an, als Gastprofessor nach Köln zu kommen.

Die Besetzung des Extraordinariats für Mikrobiologie war für Straub nun nur noch zweitrangig.⁴³ Wolfhard Weidel und Gunther Stent, die an zweiter und dritter Stelle der Berufungsliste standen, lehnten ebenfalls den Ruf nach Köln ab.⁴⁴

Delbrück kam im darauf folgenden Frühjahr 1956 mit einem Fulbright-Stipendium nach Köln.

Während Delbrücks Gastsemester in Köln kam es zwischen Straub und Delbrück zu ersten Gesprächen über den geeigneten Weg zur Förderung der modernen Biologie,

³⁸ J. Straub an M. Delbrück, 21.10.1954, Universitätsarchiv Köln, Zug. 343 Nr. 2.

³⁹ Georg Melchers warnte Straub davor, dass die Fakultät sich nicht ein zweites Mal blamieren sollte und sich nicht ein zweites Mal durch eine Absage eines so hochberühmten Mannes blamieren sollte. Er bezog sich auf die Berufung von Viktor Hamburger (G. Melchers an J. Straub, 13.5.1955, Archiv der MPG Abt. III, Rep. 75/8), der 1950 einen Ruf auf ein Extraordinariat für Entwicklungsphysiologie in Köln ablehnte (Deichmann 1995, S. 55). Die Berufung des jüdischen Emigranten Viktor Hamburger hat Parallelen zu der von Straub geplanten Berufung Delbrücks. In beiden Fällen wurden in ihren Fachgebieten etablierte, wissenschaftlich ausgezeichnete Emigranten aus den USA, die dort seit mehreren Jahren Ordinarien (full professor) waren, ein Extraordinariat in Köln angeboten, welches beide ablehnten. Im Jahr 1950 wurde an der Universität Köln eine Professur für Entwicklungsphysiologie geschaffen. Dies führte 1951 zur Gründung des Lehrstuhls für Entwicklungsphysiologie, der mit Frau Cornelia Harte besetzt wurde. Cornelia Harte (1914-1998) war eine ehemalige Kollegin Straubs aus Freiburg und die erste Professorin, die an der Kölner Universität lehrte. Aus dem Lehrstuhl wurde 1967 das Institut für Entwicklungsphysiologie.

⁴⁰ M. Delbrück an Oberregierungsrat Freiherr von Medem, 06.07.1955, Universitätsarchiv Köln, Zug. 343 Nr. 2.

⁴¹ J. Straub an M. Delbrück, 13.07.1955, Universitätsarchiv Köln, Zug. 343 Nr. 2.

⁴² Joseph Straubs Rede zur Gedenkfeier für Max Delbrück am 10. März 1982 am Kölner Institut für Genetik (Kopie der Rede in Institutsbesitz)

⁴³ Ibid.

⁴⁴ Wolfhard Weidel erhielt auf energisches Betreiben von Georg Melchers und gegen anfänglichen Widerstand von Adolf Butenandt eine Abteilung am MPI für Biologie (G. Melchers an H.H. Weber, 10.10.1955, Archiv der MPG, Abt. III, Rep 75/8)

Gunther Stent wurde nach dem Ruf aus Köln eine feste Stelle als Professor an der Universität von Kalifornien in Berkeley angeboten, die er annahm (Gespräch mit Gunther Stent am 17. Februar 2004 in Berkeley, USA)

bei denen auch die Gründung eines modernen Instituts für Genetik besprochen wurde (Straub 2007, S. 71).

Beide Beteiligten hatten zu Beginn unterschiedliche Meinungen über das Ziel des geplanten Vorhabens. Während es Straub mehr um die feste Verankerung der Lehre in Pilz-, Bakterien- und Virengenetik in der biologischen Ausbildung ging, war Delbrück bereit, ein umfassenderes Projekt in Angriff zu nehmen, mit Ideen in einer Tragweite, die die gesamte biologische Forschung in Deutschland umkrempeln sollten. Er beschrieb sein Vorhaben in einem Brief an Wolfram Zillig folgendermaßen :

„Ich werde Dir zuerst meine eigene Motivation beschreiben mich in dieses Abenteuer zu begeben. Was mich reizt ist die Möglichkeit ein substantielles Stück moderner Biologie in ein feststehendes Universitätsgebilde zu treiben. Wie Du weißt, leidet die akademische Biologie auf der ganzen Welt an der Zweiteilung in Zoologie und Botanik, ein bedauerliches institutionelles Relikt aus dem 19. Jahrhundert. Deshalb musste alles, was in den letzten 60 Jahren in der Biologie von Interesse gewesen ist, wie die Genetik, die Biochemie, die Mikrobiologie und so weiter mit Behelfslösungen vorlieb nehmen, zum Beispiel in einer medizinischen oder landwirtschaftlichen Fakultät am Institut Pasteur, in Medical Research Council Forschergruppen und nicht zuletzt in Max-Planck-Instituten. Ich denke, dass dies durch eine generelle Reform sofort zu schaffen wäre, wenn es in einem Fall gezeigt werden könnte, und die Situation in Köln scheint mir gewisse Vorteile zu haben, ein solches Vorbild zu hervorzubringen. [...] Ein anderer Mangel, der meist nur an deutschen Universitäten vorkommt ist das „Ein-köpfige“ System; ein Direktor-Professor und viele unterbezahlte Sklaven. Da du für ein Jahr in diesem Land [USA] gewesen bist, weißt du wie andersartig die Situation hier ist. Ich würde gerne ein Institut etablieren in dem der Direktor kaum unterscheidbar ist von den anderen, sowohl in der Bezahlung wie auch im Einfluss.“⁴⁵

Straub ließ sich von Delbrück überzeugen und setzte sich mit allen ihm zur Verfügung stehenden Mitteln für die Gründung eines solchen Instituts ein. Delbrücks Vision eines Institutes war dabei nicht so stark gebunden an die Universität Köln, wie es auf den ersten Blick den Anschein hat, eher mit den Fähigkeiten von Joseph Straub und den anderen Beteiligten: „In der Praxis werden wir sehen, ob eines dieser hochgesteckten

⁴⁵ M. Delbrück an W. Zillig, 18.04.1960, Caltech Archives, Delbrück Papers, Folder 25.16

Ziele in die Realität umgesetzt wird. Größtenteils wird dies davon abhängen, ob ich die richtigen Personen davon überzeugen kann mitzumachen."⁴⁶

Es besteht die Möglichkeit, dass das Institut heute in München wäre, wenn Straub die Stelle dort angenommen hätte, obwohl auch der Einfluss der anderen beteiligten Personen nicht außer Acht gelassen werden darf. Diese Personen sind: der Rektor der Universität Hans Kauffmann, der Universitätskanzler Friedrich Schneider, Freiherr von Medem und Leo Brand aus dem Ministerium in Nordrhein-Westfalen und Gerhard Hess, amtierender Präsident der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG). Die Verantwortlichen der Universität, der Kunsthistoriker Hans Kauffmann und der Jurist Friedrich Schneider, waren beide trotz Unkenntnis der aktuellen Biologie dem Projekt sehr gewogen, auch im Hinblick auf das Ansehen für die Universität Köln durch die Verpflichtung Max Delbrücks. Beide verfügten über sehr gute Beziehungen zum Ministerium des Landes Nordrhein-Westfalen.

Joseph Straub warb unter seinen Kollegen in ganz Deutschland für den Plan und schlug die Gründung eines Vereins zur Förderung der genetischen Forschung in Deutschland vor. Der „Kölner Plan“ fand eine Reihe prominenter Unterstützer; so stimmten Adolf Butenandt⁴⁷, Friedrich Oehlkers, Hans Nachtsheim, Alfred Kühn und Georg Melchers den Institutsplänen zu. Besonders Kühn befürwortete den Gründungsplan.⁴⁸

D. Der Antrag

Ein informelles Treffen in Bad Godesberg, klärte die Formalitäten einer unkonventionellen Förderung des Institutsbaus durch die DFG. An dem Treffen nahmen Max Delbrück, Joseph Straub, Friedrich Schneider, Gerhard Hess und andere Verantwortliche der DFG, namentlich ihr Generalsekretär Kurt Zierold und Ingrid Hofmann teil. Kurz nach diesem Treffen reichte Straub am 20. November 1957 einen Projektvorschlag bei der Deutschen Forschungsgemeinschaft ein.⁴⁹ In dem elf-seitigen Antrag auf „die Einrichtung eines Instituts für Genetik“ an der Universität zu Köln

⁴⁶ M. Delbrück an W. Zillig, 18.04.1960, Caltech Archives, Delbrück Papers, Folder 25.16

⁴⁷ J. Straub an A. Butenandt, 17.12.1957, Universitätsarchiv Köln, Zug 343/5.

⁴⁸ J. Straub and E. Bünning, 27.6.1957, Universitätsarchiv Köln, Zug 343/5

⁴⁹ J. Straub an die DFG, 20.11.1957, Caltech Archives, Delbrück papers, Box 21.5

beschrieb er sein Projekt und bezifferte den benötigten Zuschuss auf etwa 2,4 Millionen Mark.⁵⁰ Der Inhalt des Dokuments ist ein Beispiel für die bereits sehr ausgereifte Planung des Instituts und ein Glanzstück der Argumentation. Die fachliche Kompetenz zur Argumentation über die aktuellen Themen der Molekularbiologie erhielt Straub aus seinen Gesprächen mit Delbrück. Delbrück selbst erhielt eine Kopie des Antrags erst nachdem Straub ihn an die DFG gesandt hatte und war so an der Verfassung nicht beteiligt. Für die DFG, die sonst nur Forschungsförderung betrieb, war die Beantragung eines Bauprojekts, vor allem eines dieser Größenordnung, eine Seltenheit.

Straub wies in dem Papier darauf hin, dass in Deutschland bis dato keine Unterstützung für die moderne Biologie, die er „Genphysiologie“ nennt, vorhanden war. Er beschrieb die ehemals führende Rolle Deutschlands in der genetischen Forschung und ihren Niedergang und verwies auf die neuen Ergebnisse der Genetik mit Mikroorganismen, die in den USA erzielt wurden. Im Gegensatz zu den früheren Größen der Genetik in Deutschland (Hartmann, Renner, Kühn u. a.) stammten die „neuen“ Genetiker aus den USA (Beadle, Lederberg, Hershey u. a.).

„Die Lage ist sogar so ernst, dass man sagen muss: wenn die Genetik in Deutschland nicht eine entscheidende und sinnvolle Förderung erfährt, so werden wir in der Biologie deswegen zu einem unterentwickelten Volk werden, weil die theoretische und praktische Ausbildung in dieser biologischen Disziplin mit dem Stand der Forschung des Auslandes nicht mehr Schritt hält.“⁵¹ (Hervorhebung i.O.).

Straub machte auf die dringende Notwendigkeit aufmerksam, die Lehre der modernen Biologie an den Universitäten zu etablieren. Seiner Meinung nach war dies vor 1956 unmöglich gewesen, weil keine in dieser Fachrichtung ausgebildeten Wissenschaftler zur Verfügung standen und das Studium der Biologie zu wenig interdisziplinär gestaltet war, insbesondere war die Physik und die Chemie darin zu wenig beteiligt.

Im Hinblick auf die „bestechende Fülle der Ergebnisse grundlegender Natur“ und deren Wert für die Genetik gab er Beispiele von den bisherigen Errungenschaften der „Genetik an Bakterien und Bakteriophagen“.

⁵⁰ J. Straub an die DFG, 20.11.1957, Caltech Archives, Delbrück papers, Box 21.5

⁵¹ J. Straub an die DFG, 20.11.1957, Caltech Archives, Delbrück papers, Box 21.5

Straubs Lösungsvorschlag war die Gründung eines großen Institutes für Genetik. Es sollte aus selbständigen, Gruppen bestehen, um Kollaborationen, umfassende Lehre und Forschung in der Genetik von Mikroorganismen zu fördern.

Die Voraussetzungen in Köln seien bereits geschaffen: Alle zuständigen Stellen hatten dem Plan zugestimmt, und Max Delbrück war bereit „für immer oder wenigstens eine Zeit lang“ das Institut zu leiten. Das war Straubs stärkstes Argument.

Delbrücks ursprünglicher Plan sah eine Lösung mit mehreren gleichberechtigten Ordinariaten vor, eine Lösung, die zu dem Zeitpunkt sicherlich auf Ablehnung gestoßen wäre. Im Unterschied dazu beschrieb Straub den Aufbau des Instituts mit mehreren teils schon bestehenden und neu zu schaffenden Arbeitsgruppen, die unabhängig forschen könnten. Ein Direktor sollte das Institut leiten. Im Jahresbericht der DFG von 1958/59 wurde Straubs Argumentation aufgegriffen:

„Aus politischen Gründen hatte die Genetik in Deutschland den Anschluß an die wissenschaftliche Entwicklung des Auslandes verloren. Durch die Förderung junger Forscher dieses Fachgebietes und die finanzielle Unterstützung ihrer Arbeiten im Rahmen des Schwerpunktprogramms versuchte die Forschungsgemeinschaft, hier Abhilfe zu schaffen. Gleichzeitig bemühte sie sich, in Gesprächen mit Sachverständigen und gewählten Fachgutachtern um die Schaffung eines neuen Instituts für allgemeine Genetik, das – nachdem der Wissenschaftsrat das Projekt gebilligt und seine Finanzierung empfohlen hat – nunmehr in Köln gebaut wird. Leiter des Instituts wird der zur Zeit in den Vereinigten Staaten tätige Genetiker Professor DELBRÜCK werden.“⁵² (Hervorhebung i.O.)

Der Antrag an die DFG wurde 1958 gebilligt. Der Zuschuss der DFG wurde auf 1,8 Millionen Mark festgelegt, das Ministerium in Düsseldorf nahm 1,2 Millionen DM in den Haushalt auf. Baubeginn sollte nach der Fertigstellung der Pläne sein.⁵³

Straubs Antrag war ein Novum in Deutschland. Er erfolgte zu einem Zeitpunkt, in dem die Institutionalisierung der Molekularbiologie in Europa in vollem Gange war. In England hatte Max Perutz 1958 einen Antrag zur Umwandlung und Vereinigung verschiedener Forschungslaboratorien der Universität Cambridge, darunter das X-Ray

⁵² Bericht der Deutschen Forschungsgemeinschaft 1958/1959, S. 56

⁵³ M. Delbrück an J. Straub, 19.11.1958, Universitätsarchiv Köln, Zug 343/2

Labor von Max Perutz und John Kendrew, in ein „Laboratory for Molecular Biology“ gestellt (de Chadarevian 2002, S. 209-213). Bruno Strasser vergleicht vier Anträge aus Europa der späten 50er Jahre, darunter den von Joseph Straub, die die Errichtung molekularbiologisch ausgerichteter Forschungseinrichtungen zum Inhalt hatten. Neben vielen Gemeinsamkeiten, so Strasser, war Straubs Antrag der einzige, der auch ausdrücklich auf die Ausbildung des wissenschaftlichen Nachwuchses wert legt und die vollkommene Neuansiedlung der eines Forschungsgebietes zum Inhalt hatte (Strasser 2002). Die Tatsache, dass es sich bei dem Kölner Institut um das erste Universitätsinstitut für Molekularbiologie handelte, war einer der Gründe für sehr großzügige finanzielle Unterstützung.

D. Die ersten Jahre

Ab Ende 1956/ Anfang 1957 kam Carsten Bresch mit seinen Assistenten Rudolf Hausmann und Thomas Trautner an das „Institut für Genetik im Aufbau“. Bresch hatte das oben erwähnte Extraordinariat in der Botanik angenommen. Auch Peter Starlinger wechselte etwa um diese Zeit nach Köln. Die Gruppe erhielt Laborräume im Botanischen Institut und ein kleines Häuschen an der Ecke Weyertal/Gyrhofstrasse, das als Labor- und Wohnraum, später als Büroraum genutzt wurde, bis der Neubau fertig war. Ende des Jahres 1958 wurde ein Extraordinariat für Strahlenbiologie, das der Zoologe Otto Kuhn eigentlich für sein Institut ausgehandelt hatte, an das neugegründete Institut verlegt und mit Walter Harm besetzt.

Die Bauphase des Instituts war problematischer als ursprünglich geplant. Das „Institut für Genetik im Aufbau“, wie es im Briefkopf aus dieser Zeit genannt wurde, erforderte eine bauliche Überwachung, die einen erheblichen Zeitaufwand für die kommissarischen Institutsleiter Carsten Bresch und Walter Harm bedeutete. Vor allem Bresch hatte wegen seiner unkonventionellen Art Streitigkeiten mit dem Architekten und der Universität. Als am Ende noch 300 000 DM für den Bau fehlten, musste der junge Assistent Peter Starlinger vermittelnd eintreten. Er war es auch, der regelmäßig detaillierte Fortschrittsberichte an Delbrück nach Pasadena sandte.⁵⁴ Joseph Straub, der aufgebracht war über den langsamen Fortgang des Neubaus, gab Anfang 1959 offiziell die Treuhänderschaft für das Institut für Genetik ab. Er war der Meinung, dass

⁵⁴ Interview mit Peter Starlinger in Dortmund 17.11.2004, Briefe von Peter Starlinger an Max Delbrück zwischen 1959-1960, Caltech Archives, Delbrück Papers, Box 20.16

Bresch und Harm zu langsam seien und wollte sie mit der vollen Verantwortung anspornen.⁵⁵ Ende 1960 war das Gebäude fertiggestellt. Anfang 1961 übernahm Delbrück die Leitung des Instituts. Die offizielle Einweihungsfeier fand im Juni 1962 statt. Den Festvortrag hielt Niels Bohr mit dem Vortrag „Light and life revisited“.

Das Institut bestand aus fünf, später sechs unabhängigen „Abteilungen“, die autonom voneinander forschten, sich rege austauschten und kollaborierten.⁵⁶ Es verkörperte so das von Delbrück geplante „Team-Institut“⁵⁷. Die Atmosphäre war für deutsche Verhältnisse sehr entspannt. Während andernorts das hierarchische System nur in sehr seltenen Fällen infrage gestellt wurde (Zachau 2000, S. 642), gelang es Delbrück, die wissenschaftliche Diskussion bei Seminaren anzuregen und die Mitarbeiter auch privat durch Feiern und Ausflüge aneinander zu binden.

Delbrück blieb zwei Jahre in Köln. Seine Anwesenheit brachte dem Institut eine große öffentliche und vor allem fachliche Aufmerksamkeit. Von den über 90 vortragenden Gästen kamen mehr als zwei Drittel aus dem Ausland. Delbrück drückte dies so aus: „Es gibt keinen Zweifel: Köln ist jetzt auf der Karte umherreisender Molekulargenetiker verzeichnet.“⁵⁸

Delbrücks Anwesenheit und seine Art in Seminaren und Gesprächen die Diskussion zu führen, regte die Diskussionskultur am Institut an. Diese beschränkte sich nicht nur auf die Gruppenleiter, sondern schloss auch die Studenten ein, die sich in den Seminaren und Teestuben zum Diskurs über ihre Forschung trafen. Einer dieser Studenten war der Doktorand Fritz Melchers, der ein vertrauensvolles Verhältnis zu Delbrück pflegte und ihn nach dessen Rückkehr in die USA aus der „Froschperspektive“ über die Geschehnisse am Institut auf dem laufenden hielt.⁵⁹ Die Gespräche am Institut beschäftigten sich mit den Fortschritten bei der Aufklärung des genetischen Codes, die für viele Jungwissenschaftler sehr attraktiv war.⁶⁰

⁵⁵ Straub an Kanzler Wagner 13.2.1959, Universitätsarchiv Köln, Zug 343/15

⁵⁶ Rainer Hertel schreibt, dass die schöne Atmosphäre am Institut ein Segen war, aber auch dass dies auch die Gefahr barg, die anderen lokalen Institute zu vergessen. Er, als Botaniker, setzte während seiner drei Jahre in Köln, keinen Fuß in das Zoologische oder das Botanische Institut. (Hertel 2007, S. 181).

⁵⁷ Kulturminister von NRW an den Kanzler der Universität Köln, 13.12.1962, Universitätsarchiv Köln 343/7

⁵⁸ M. Delbrück an G. Stent, 18.12.1962, Caltech Archives, Delbrück papers, Box 20.20

⁵⁹ F. Melchers an M. Delbrück am 28.04.1964, Caltech Archives, Delbrück papers, Folder 15.29

⁶⁰ Interview mit Peter Starlinger am 17.11.2004 in Dortmund

Vier der sechs Gruppen am Institut widmeten sich verschiedenen Aspekten der Phagenforschung, dies waren die Gruppen von Carsten Bresch, dem Strahlenbiologen Walter Harm, Peter Starlinger und später auch Ulf Henning. Max Delbrück selbst, der sich selbst schon einige Jahre zuvor von der Phagenforschung abgewandt hatte, setzte u.a. seine Arbeit zum Verhalten des Algenpilzes *Phycomyces* fort. Mit Hans Georg Zachau kam 1961 der erste Biochemiker ans Institut, um seine Strukturuntersuchungen an der tRNA weiterzuführen.

E. Phagenkurse

Eine weitere prägende Besonderheit des Instituts waren die Phagenkurse. Im Frühjahr 1956 veranstaltete Max Delbrück, während seines Gastsemesters an der Universität Köln, den ersten Phagenkurs. Der Kurs wurde abgehalten nach dem Vorbild der Cold Spring Harbor Phage Courses, die seit Sommer 1945 jährlich im Cold Spring Harbor Laboratory veranstaltet wurden. Die Kurse in Cold Spring Harbor wurden von Max Delbrück zusammen mit Salvador Luria ins Leben gerufen, um die Forschung an Bakteriophagen einem breiteren Publikum von interessierten Forschern näher zu bringen. Der Kurs bot auch Forschern aus anderen Fachgebieten, zum Beispiel Physikern, die Möglichkeit, die neue sehr mathematisch geprägte Forschung kennen zu lernen. In den Jahren 1961 und 1964 wurde der Phage Course in Cold Spring Harbor wahrscheinlich von Carsten Bresch und seinen Mitarbeitern geleitet.

An dem Phagenkurs 1956 in Köln nahmen 16 fortgeschrittene Studenten, Doktoranden, Assistenten und Professoren aus der Botanik teil, die von Joseph Straub für den Kurs ausgewählt wurden. Die Kursteilnehmer bereiteten sich durch Vorbereitungsseminare auf den Kurs vor. In vielen Fällen kamen sie dabei das erste Mal mit den genetischen Arbeiten an Bakteriophagen in Berührung. In biologischen Vorlesungen wurde das Gebiet, wenn überhaupt, nur ganz am Rande gestreift.⁶¹ Max Delbrück selbst hatte für die Auswahl und Vorbereitung der Teilnehmer geringere Anforderungen als Straub. Für ihn waren mathematische Kenntnisse die einzige Voraussetzung zur Teilnahme: „Als Teilnehmer würde ich Nicht-Bakteriologen bevorzugen. Als Zulassungstest verlangen wir im allgemeinen Fähigkeit im Multiplizieren und Dividieren, und bescheidene Kenntnisse in der Differentialrechnung.

⁶¹ Gespräch mit Ruth Ehring am 16. Februar 2004 in Köln

Sonst keinerlei Vorkenntnisse.“⁶² Phagen und Bakterienstämme sowie spezifische Antisera brachte er aus Kalifornien mit.⁶³

Der Phagenkurs wurde zusammen mit einer begleitenden Vorlesung und einem Seminar abgehalten. Delbrück lud während des Kurses auswärtige Gäste für Vorträge ein.⁶⁴ Diese Gäste waren für die wissenschaftliche Diskussion anfangs von großer Bedeutung. Einer der Teilnehmer (oder Sprecher) des ersten Phagenkurses 1956 war Peter Starlinger (Bresch 2007, S. 43; Starlinger 2005, S. 3).

Georg Melchers schrieb anlässlich des geplanten Phagenkurses 1959 an Joseph Straub: „Es ist sehr zu erwägen, auch ein paar Ausländer [als Vortragende] einzuladen, denn sonst ist zu befürchten, dass man mangels geistiger Masse gar nicht diskutieren kann. Wenn Sie die vornehmen Phagologen dazu bereden können, sich allgemein verständlich zu produzieren, so wäre das natürlich ein großer Gewinn. Aber man müsste sie wirklich ernsthaft bitten, ihren Laborjargon zunächst ins Hochdeutsche zu übersetzen. Ich will nicht sagen, dass alles, was diese Leute machen, allgemein verständlich ist, aber sicher ist, dass dieses für sehr vieles mehr gilt, als nach Darbietungen dieser Sekte zu nächst der Fall zu sein scheint.“⁶⁵

Von 1964 an fand eine kleine Tagung mit eingeladenen Sprechern am Ende des Kurses statt. Die Tradition dieser Tagung setzt sich bis heute fort im jährlichen Cologne Spring Meeting, das zeitweise mehrere tausend Teilnehmer hatte.

F. Personalia

Die Biographien der zwischen 1958 und 1972 berufenen Wissenschaftler verdeutlichen die Sonderstellung des Instituts unter biologischen Universitätsinstituten. Fast alle dieser Forscher hatten nach einem Studium in Deutschland ihre molekularbiologische Ausbildung in den USA oder, im Fall von Klaus Rajewsky, in Frankreich erhalten. Keiner der in Tabelle 1 aufgeführten Forscher hatte Biologie studiert, es waren Chemiker und Mediziner, die ihren Schwerpunkt in die neue Biologie verschoben hatten. Physiker waren nicht darunter.

⁶² M. Delbrück an J. Straub, 10.02.1956, Universitätsarchiv Köln, Zug 343/2

⁶³ M. Delbrück an J. Straub, 10.02.1956, Universitätsarchiv Köln, Zug 343/2

⁶⁴ Gespräch mit Peter Starlinger am 17. November 2004 in Dortmund

⁶⁵ G. Melchers an J. Straub, 22.08.1959, Universitätsarchiv Köln, Zug 343/6

Diese Berufungen (s. Tab. 1) zeigen die interdisziplinäre Ausrichtung des Instituts und weisen auf den Mangel an in der Molekularbiologie qualifizierten Wissenschaftlern noch in den 1960er Jahren in Deutschland hin.

Friedrich Oehlkers, ein Freiburger Genetiker und Botaniker, drückte dies so aus: “Man hat nun mit Mühe und Not durchgesetzt, dass in einigen Universitäten Lehrstühle für Mikrobiologie errichtet worden sind, aber nun fehlt es an geeigneten Kräften, wenn Weidel nach Tübingen geht, bleibt für Köln niemand mehr übrig.“⁶⁶

Walter Harm	California Institute of Technology, USA (Max Delbrück)
Peter Starlinger	California Institute of Technology, USA (Max Delbrück)
Hans Georg Zachau	Massachusetts Institute of Technology, USA (J.C. Sheehan) Rockefeller University, USA (Fritz Lipmann)
Ulf Henning	Stanford University, USA (Charles Yanofsky)
Walter Vielmetter	Cold Spring Harbor Laboratory, USA; Cambridge, UK
Benno Müller-Hill	Indiana University, USA (Howard Rickenberg); Harvard University, USA (Walter Gilbert and James D. Watson)
Klaus Rajewsky	Institute Pasteur, Paris, France (Pierre Grabar)
Walter Doerfler	Stanford University, USA (David Hogness); Rockefeller University, USA

Tab. 1: Die Tabelle zeigt die ab 1958 bis 1972 nach Köln berufenen Wissenschaftler am Institut. Auf der rechten Seite steht der Ort und der Betreuer, bei dem die jeweilige Person den Auslandsaufenthalt verbracht hat. Der bereits 1956 nach Köln berufene Carsten Bresch ist nicht auf der Liste (Begründung siehe Text).

Im folgenden werde ich kurz auf die Biographien der ersten Generation von Gruppenleitern am Institut vor ihrer Berufung nach Köln eingehen (siehe auch Kapitel 5).

⁶⁶ F. Oehlkers an Hartmann, Kühn, Melchers, 15.11.1955, Universitätsarchiv Köln, Zug 343/7

Carsten Bresch, der wegen seiner linksgerichteten politischen Vergangenheit in den 1950er Jahren nicht in die USA einreisen durfte, erhielt während seiner Arbeit in Berlin und Göttingen Beratung und Material von Delbrück. Er verbrachte vor seinem Umzug von Göttingen nach Köln einige Zeit in Buenos Aires in Brasilien zum Aufbau eines genetischen Instituts.⁶⁷ Nach seiner Habilitation in Göttingen 1957 wechselte er auf das vakante Extraordinariat in Köln (Wenkel und Deichmann 2007, S. 290).

Hans Georg Zachau war nach dem Studium der Chemie und dem medizinischen Vorexamen zur Doktorarbeit bei Adolf Butenandt in Tübingen und versuchte dort die Struktur von Bombykol aufzuklären, dem Sexualhormon des Seidenspinners.⁶⁸ Nach Abschluss seiner Doktorarbeit 1955 und einem weiteren kurzen Forschungsaufenthalt in Tübingen ging Zachau in die USA um die „echte Biochemie“ zu lernen (Zachau 2000, S. 643). Zunächst forschte er im Labor von John Sheehan am Massachusetts Institute of Technology und wechselte dann auf eigene Initiative zu Fritz Lipmann, der zu der Zeit gerade von Boston an die Rockefeller University in New York umzog. Während Zachau in Tübingen und bei John Sheehan hauptsächlich chemische Analysen durchführte, wurde er von Fritz Lipmann, 1957-58 in die Forschung zur Proteinbiosynthese eingeführt. Nach seiner Rückkehr nach Deutschland untersuchte Zachau die Struktur der Transfer-RNA. Im Juni 1960 kam er zu einem Gastvortrag nach Köln, wo er einen sehr guten Eindruck hinterließ und ihm eine Stelle als Assistent und Gruppenleiter angeboten wurde.⁶⁹ Diese Stelle trat Zachau 1961 an (vgl. Zachau 2000; Wenkel und Deichmann 2007, S. 304).

Der Strahlenbiologe Walter Harm war 1955 zusammen mit seiner Frau Helga Harm einer der ersten deutschen Teilnehmer des Cold Spring Harbor Phage Course gewesen.⁷⁰ Ein Jahr später weilte Harm bei einem Forschungsaufenthalt am California Institute of Technology in Delbrücks Labor, wo er seine in Frankfurt begonnenen Strahlungsversuche fortführte; sein Projekt wurde gefördert von einer amerikanischen

⁶⁷ (Deichmann [1995] 1992, S) 221-222); bezüglich seiner Sonderstellung als „Biologe“ am Max-Planck-Institut für Physikalische Chemie bei Karl Friedrich Bonhoeffer in Göttingen und seine Forschung in der Phagengenetik war ursprünglich auch der Plan im Gespräch gewesen, die beiden Phagenforscher in Deutschland Wolfhard Weidel und Carsten Bresch in Tübingen zu vereinen. Da dies aber auf Wunsch von Melchers nur unter der Führung von Weidel und der Weiterbezahlung von Bresch durch Bonhoeffer möglich gewesen wäre, kam der Plan nicht zustande. Ein anderer Grund war wahrscheinlich das nicht sehr positive Verhältnis zwischen Bresch und Weidel, auf das der kühle Briefkontakt schließen lässt. (M. Delbrück an K.F. Bonhoeffer, 24.11.1952, Caltech Archives Folder 4.5).

⁶⁸ Die Aufklärung der Struktur gelang Zachau nicht (siehe auch Kapitel 5)

⁶⁹ P. Starlinger an M. Delbrück, 21.6.1960, Caltech Archives, Delbrück Papers, Folder 20.16

⁷⁰ Max Delbrück Laboratory Dedication Ceremony. Cold Spring Harbor Laboratory, August 29, 1981

Stiftung, der National Foundation for Infantile Paralysis. Ende der 1950er Jahre kam Harm als außerordentlicher Professor nach Köln.

Der Mediziner Peter Starlinger verfasste seine Doktorarbeit am Max Planck Institut für Biochemie bei Adolf Butenandt, wo er in der Virusgruppe von Hans Friedrich-Freksa forschte (Starlinger 2005, S. 2). Nach Beendigung der Dissertation machte Starlinger 1956 einen Besuch in Köln. Max Delbrück lernte Starlinger als „sehr intelligenten, sehr jungen Transduktionsmann („transduction man“)" kennen⁷¹ und Carsten Bresch bot ihm eine Assistentenstelle in Köln an. Starlinger nahm die Stelle 1956 an (Starlinger 2005, S. 3). Ab 1958 verbrachte Starlinger einen einjährigen Forschungsaufenthalt in Pasadena bei Delbrück, wo er zusammen mit Kenneth Paigen und Jean Weigle an der Transduktion galaktose-negativer Bakterien arbeitete. Seine Habilitationsschrift in Köln hatte Ende 1960, die Enzymaktivität der Galactokinase in *E. coli* nach Phageninfektion zum Thema.

Ulf Henning, ein Schüler von Feodor Lynen, verbrachte mit einem Stipendium der National Science Foundation von 1960 an einige Jahre bei Charles Yanofsky an der Stanford University in den USA. Dort war er an den Arbeiten zur Kolinearität der Proteinstruktur beteiligt. Nach einem kurzen Aufenthalt als Assistent bei Lynen kam er 1964 nach Köln, wo er sich 1965 mit einer Arbeit zur Biosynthese des Pyruvatdehydrogenase-Komplexes in *E. coli* habilitierte.⁷²

G. Auswirkungen der Gründung - Krise

Max Delbrücks Plan für die Kölner Biologie war sehr optimistisch. Die Gründung des Instituts für Genetik sollte ohne Nachteile für andere Institute erfolgen und zur Kollaboration zwischen den naturwissenschaftlichen Instituten führen, wie er W. Zillig schrieb:

„Die Einrichtung in Köln ist geplant wie folgt: Zur Zeit gibt es das „Institut für Genetik im Aufbau“, das Du gesehen hast. Es wird zwei Untergeschosse, ein Erdgeschoss und sechs Stockwerke haben. Ein beträchtlicher Teil des Platzes wird von einer großen Bibliothek und großen Werkstätten eingenommen werden. Diese dienen auch anderen Institute, speziell der Botanik, die durch einen großen Hörsaal verbunden ist und der

⁷¹ M. Delbrück an Bertani, 16.07.1956, Caltech Archives, Delbrück Papers, Box 3/4

⁷² Jahrbuch der Max Planck Gesellschaft 2001, S. 877-878; Yanofsky, C. et al, 1964

zukünftigen neuen Zoologie, die geplant ist als Zwillingengebäude zur Genetik. Ich hoffe, dass diese MONTAN-UNION den Weg ebnen wird für die weitere Vernetzung.”⁷³

Die Realität war weniger ideal. Die Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät in Köln war immer noch damit beschäftigt, die bestehenden Institute nach den Zerstörungen des Zweiten Weltkriegs wieder aufzubauen. Die Gründung eines Institutes in der geplanten Größe barg auch bei starker externer Unterstützung ein gewisses Risiko der Diskriminierung benachbarter Disziplinen. Obwohl die meisten Mitglieder der Fakultät Straubs Pläne unterstützen, wuchs die Kritik, als einige Mitglieder der Fakultät offensichtliche Nachteile für ihre eigenen Institute bemerkten.

Sowohl Peter Starlinger als auch Hans Zachau waren Anfang 1960 noch nicht habilitiert und so nicht offiziell als gleichwertige Gruppenleiter außerhalb des Instituts anerkannt. Erst auf besonderen Druck von Delbrück wurde Peter Starlinger innerhalb kurzer Zeit habilitiert und zum Professor ernannt. Die Bevorzugung des Instituts war von vielen Fakultätskollegen schon vorher misstrauisch beäugt worden, nun war sie für einige Mitglieder anderer biologischer Institute nicht mehr tragbar. So zum Beispiel für den Ordinarius der Zoologie, Otto Kuhn, der wegen seiner NSDAP- und SS-Mitgliedschaft zwischen 1945 und 1950 fünf Jahre vom Dienst suspendiert worden war (Deichmann 1995 [1992], S. 55). Kuhn schrieb an Delbrück:

„Sie wissen, dass ich im Fall von Herrn Starlinger wenn auch mit gemischten Gefühlen versucht habe, zu einer Sie alle befriedigenden Lösung beizutragen. Die vorzeitige Ernennung von Herrn Starlinger zum Wissenschaftlichen Rat und zum apl. Professor bedeuten ausdrücklich Ausnahmen. Solche dürfen aber nicht einseitig Kettenreaktionen auslösen (Zachau).“ Er wollte keine weiteren Vorteile mehr dulden:

„Alle Ihre Mitarbeiter sind unverhältnismäßig früh unter starker Förderung von außen in gehobene Positionen eingerückt und arbeiten in jeder Hinsicht unter günstigsten Bedingungen.“ (Hervorhebung i.O.) Weitere Benachteiligungen sollten unbedingt vermieden werden: „Bei der Gründung des Genetik-Institutes wurde ausdrücklich festgelegt, dass die anderen Biologischen Institute hierdurch nicht benachteiligt werden sollten. Der Erfahrene wusste, dass dies bis zu einem gewissen Grad unvermeidbar ist. Der am meisten Betroffene ist jedoch zweifellos das Zoologische Institut. Auch unter den übrigen Biologen außerhalb der Genetik gibt es sehr tüchtige Leute, die eine

⁷³ M. Delbrück an W. Zillig, 18.04.1960, Caltech Archives, Delbrück Papers, Folder 25.16

besondere Förderung verdienen! Wenn alle „Ausnahmen“ auf **ein** Institut konzentriert werden, bleibt für die anderen nichts übrig!“⁷⁴ (Hervorhebung i.O.).

Die Privilegien des Instituts für Genetik könnten eine fruchtbare Zusammenarbeit zwischen den biologischen Instituten verhindert haben und trugen zu der Krise nach Delbrücks Rückkehr nach Kalifornien im Sommer 1963 bei.

Anders als von Delbrück geplant, blieb er formal Direktor mit dem Status „beurlaubt“. Die Fakultät weigerte sich Carsten Bresch und Walter Harm als Mitdirektoren zu berufen und somit den letzten Schritt zum geplanten mehrköpfigen Institut oder auch der Departmentstruktur zu gehen.

Delbrück selbst war der Meinung, dass zur Weiterführung des Instituts mehr Druck auf die Universität ausgeübt werden müsse: „Nach meiner Meinung ist folgendes passiert: Bei meiner Abreise wurde eine Kompromisslösung erzielt. Meine Idee war, Bresch und Harm sofort zu Ordinarien und zu Mitdirektoren des Instituts für Genetik zu machen und mich vollkommen abzuhängen. Einige Mitglieder der Fakultätskommission wollten dies nicht tun, insbesondere wollten sie nicht das Prinzip der Polycephalie einführen. Der Kompromiss war, dass ich offiziell Direktor blieb und beurlaubt wurde und dass Bresch und Harm kommissarisch Mitdirektoren wurden.“ [...] „Die einzige Möglichkeit eine Lösung zu erzwingen, liegt darin, dass ich jetzt hart bleibe und es radikal ausschließe, dass ich zurückkomme.“⁷⁵

Delbrücks Kölner Engagement wurde am California Institute of Technology kritisch verfolgt, Ray Owen, damaliger Leiter der biologischen Abteilung, sorgte sich, dass die Pflichten, die Delbrücks Status am Institut in Köln mit sich bringen, seine Arbeit in den USA negativ beeinflussen könnten.⁷⁶

Delbrück war nicht bereit, an das Institut zurückzukommen. Außerdem verließen bis zum Jahr 1967 fast alle Gruppenleiter das neugegründete Institut aus verschiedenen Gründen. Im Falle von Carsten Bresch und Walter Harm war es hauptsächlich die ungeklärte Situation innerhalb des Instituts, die sie 1965 dazu bewog, Positionen an der Universität von Dallas in Texas anzunehmen (Bresch 2007, S. 47). Als Bresch kurz vor seinem Weggang ein Angebot aus Köln erhielt, war die Stimmung schon so negativ, dass er dennoch das Institut verließ (Bresch 2007, S. 47). Er kam schon zwei Jahre später nach Deutschland zurück; er folgte einem Ruf an die Universität Freiburg.

⁷⁴ O. Kuhn an M. Delbrück, 10.6.1963, Caltech Archives, Delbrück Papers, Box 13.43

⁷⁵ Brief M. Delbrück an B. Mühlshlegel, 1963, Caltech Archives, Delbrück papers, Box 16.19

⁷⁶ M. Delbruck an R. Owen, 1963?, Caltech Archives, Delbrück, Box 17.7

Ulf Henning folgte 1966 dem Ruf als Direktor an das Max-Planck-Institut für Biologie in Tübingen (Overath 2001, S. 877). Im Fall von Hans Georg Zachau war es die Attraktivität eines eigenen Lehrstuhls in München, die ihn zum Umzug bewog (vgl. Zachau 2000). Sicher erschien das Forschen in kleinen Gruppen im Institut für Genetik nicht so attraktiv, wie die Alternative, selbst der Kopf eines großen eigenen Instituts zu sein. Delbrück sah das Geschehen folgendermaßen: „Was die Zukunft des Instituts anbelangt bin ich keineswegs pessimistisch. Es ist wahr, dass in dieser Übergangsphase eine gewisse Unsicherheit besteht. Dagegen kann man nichts unternehmen.“⁷⁷

Als einer der wenigen sehr guten Molekularbiologen erhielt Peter Starlinger, zwei sehr interessante Angebote, eines von der Universität Bochum und eines von der Max-Planck-Gesellschaft. Nach seiner Aussage war aufgrund dieser Angebote in Köln eine „Hausberufung“ möglich geworden. Starlinger nahm das Angebot aus Köln an und war damit der einzige Direktor am Institut. Er rettete das Institut vor der Schließung.

Mitte des Jahres 1964 nahm Delbrück die Verhandlungen über den Fortgang des Instituts selber in die Hand und konnte mit einigem Druck die Kommission der Fakultät dazu bringen, einen Plan zur Änderung der Institutsstruktur zuzustimmen. Erst 1964 verzichtete der Dekan widerwillig auf die „ein-köpfige“ Konzeption und akzeptierte eine Struktur, in der bis zu fünf Wissenschaftler gleichberechtigt arbeiteten, mit wechselnder Institutsleitung (Geschäftsführung):

„Von den Vorverhandlungen über die Gründung des Instituts bis zu den letzten Überlegungen, die etwaige Berufung eines Nachfolgers von Herrn Delbrück betreffend, bestand die immer wieder (u. a. in der Ernennung von Herrn Delbrück) fixierte Konzeption, dass ein Ordinarius für Genetik Leiter des gesamten Instituts mit vier bis fünf Abteilungen ist. Dem Wunsch von Herrn Delbrück folgend wird auf dieses Prinzip nunmehr verzichtet. Stattdessen sollen die Abteilungsleiter der jetzigen fünf Abteilungen in ihren Bereichen völlig autonom sein und unter sich jeweils einen geschäftsführenden Direktor bestimmen, der die allgemeinen und alle Abteilungen gleicherweise betreffenden Interessen nach außen vertritt.“⁷⁸

⁷⁷ M. Delbrück an R. Hertel, 15.06.1964, Caltech Archives, Delbrück Papers, Box 11/14

⁷⁸ Dekan der Math.Nat.-Fak. Universität zu Köln an M. Delbrück, 19.06.1964, Caltech Archives, Delbrück Papers, Folder 20.17

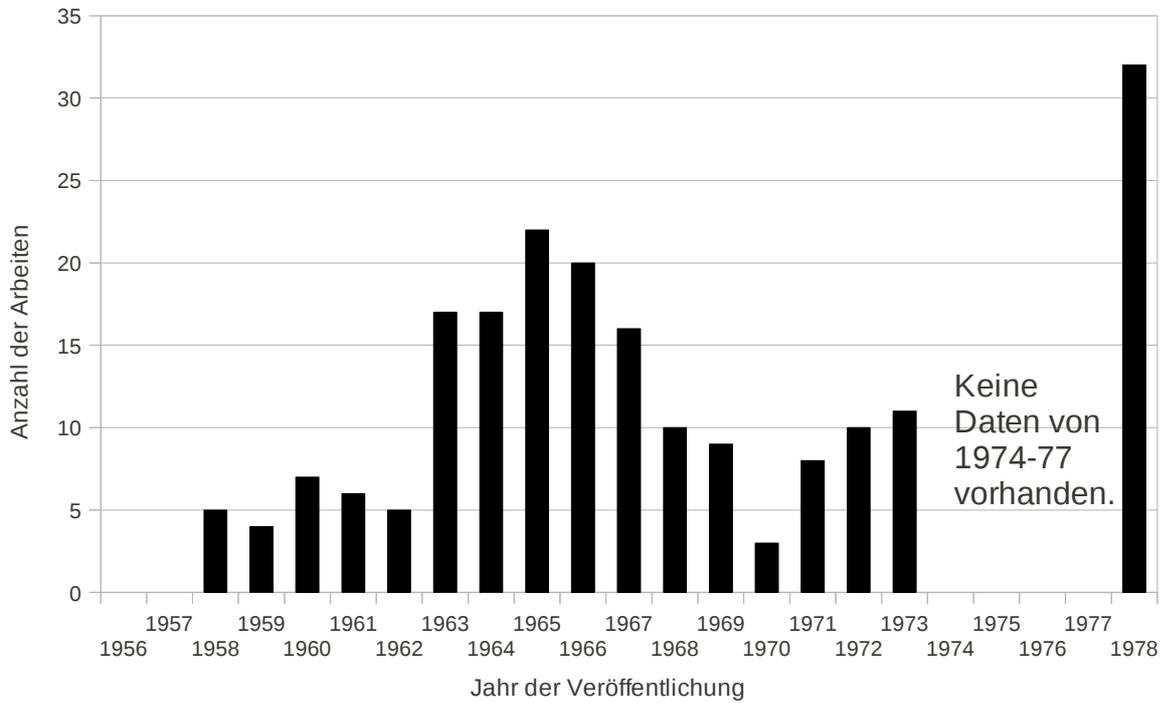


Abb. 2: Die Abbildung zeigt die Anzahl der veröffentlichten Arbeiten am Institut und seinen Vorläufern zwischen 1955 und 1973 und als Vergleich die Anzahl der veröffentlichten Arbeiten von 1978. Berücksichtigt wurden alle Mitarbeiter des Instituts und auch kollaborative Arbeiten, die in den Institutsberichten gelistet sind des jeweiligen Jahres gelistet sind (die Institutsberichte finden sich um Archivschrank am Institut für Genetik in Köln).

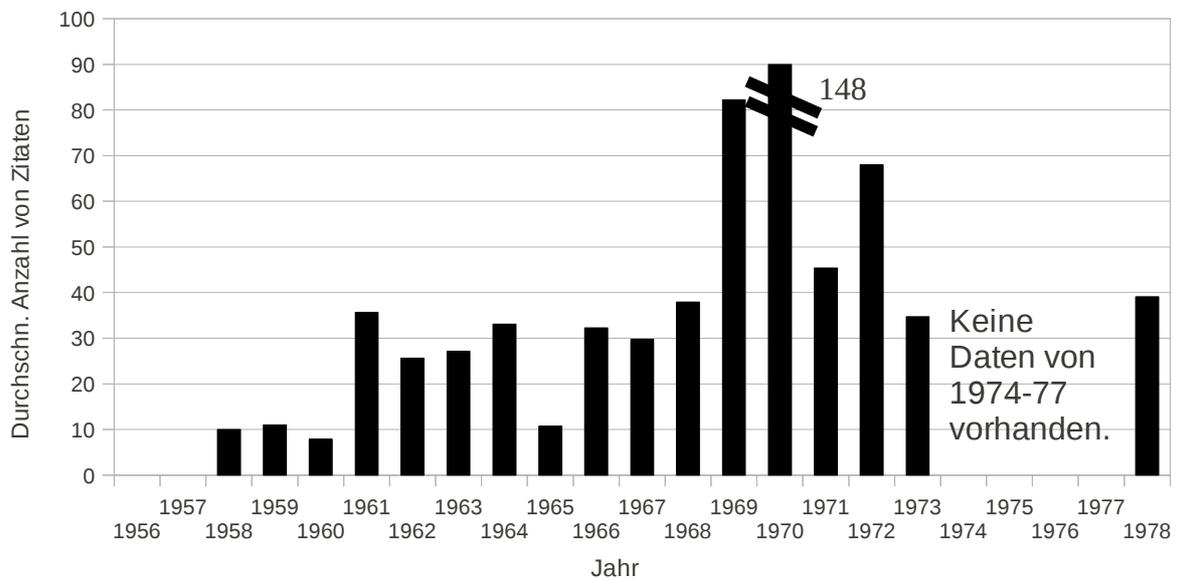


Abb. 3: Durchschnittliche Anzahl von Zitaten (bis 2005) für die in dem jeweiligen Jahr (s. Abb. 2) veröffentlichten Arbeiten (vgl. Wenkel 2007, S. 36-38).

Wie auf Abbildung 2 und 3 zu sehen, hatte die Krise auch starke Auswirkungen auf die Anzahl der wissenschaftlichen Veröffentlichungen aus dem Institut. Wegen der Verzögerung der Veröffentlichung experimenteller Daten erscheint die Krise hier von 1968 bis 1970 anzudauern. Gleichzeitig kann man den Abbildungen auch die internationale Anerkennung des Instituts entnehmen, die sich an der hohen Gesamtzahl der Zitate für dort veröffentlichte Arbeiten zeigt. Die Forschung der einzelnen Personen ist in Kapitel 5 dieser Arbeit ausführlicher dargestellt.

Zwischen den Jahren 1967 und 1972 wurden vier neue Co-Direktoren ans Institut berufen. Dies waren 1967 Walter Vielmetter, 1968 Benno Müller-Hill, 1970 Klaus Rajewsky (der schon seit 1964 mit Unterbrechungen als Assistent am Institut war), und 1972 Walter Doerfler (Wenkel und Deichmann 2007, S. 292-302)

Die weitere Forschung am Institut wurde durch seinen Sonderstatus in Deutschland stark beeinflusst. Die einzelnen Gruppenleiter standen im ständigen Austausch vor allem mit ausländischen Kollegen. Sie konnten international besetzte Gruppen aufbauen und hatten seit 1970 durch die Einwerbung eines Sonderforschungsbereiches bei der DFG auch finanziell wenig Probleme und konnten gute Wissenschaftler anwerben.

H. Diskussion

Zusammenfassend ist die Geschichte des Instituts für Genetik in Köln ein besonderes Beispiel dafür, wie auf erfolgreiche Art und Weise die Etablierung eines Fachgebietes an einer deutschen Universität vonstatten ging. Dabei darf jedoch keiner der folgenden Gründe für den Erfolg isoliert betrachtet werden.

Die Gründung des Instituts für Genetik fiel in eine Zeit, in der bereits seit etwas mehr als einem Jahrzehnt wichtige Entdeckungen auf dem Forschungsgebiet erfolgt waren. Obwohl die biochemische Forschung in Deutschland in den 1930er Jahren weltweiter Vorreiter gewesen war, war dies für die Molekularbiologie nicht der Fall. Die wichtigen Arbeiten kamen bis Ende der 1950er Jahre weitgehend aus den USA und teilweise aus England. Der Gründungsplan in Köln passte wissenschaftlich in diese Zeit der aufstrebenden Molekularbiologie nach der Entschlüsselung der Struktur der DNA.

Mit der Abschaffung des bis dahin üblichen hierarchischen Systems, aber auch durch geschickte Berufungen und durch den persönlichen Einsatz der Institutsgründer

wurden weltweite Erfolge der universitären molekularbiologischen Forschung in Deutschland möglich gemacht. Entscheidend waren die internationale Ausrichtung des Instituts, die Phagenkurse und das daraus entstandene Cologne Spring Meeting sowie die Rekrutierung hervorragender Wissenschaftler.

Im wissenschaftspolitischen Kontext hatte das Institut eine Vorreiterrolle bei der Institutionalisierung der Forschungsrichtung und dadurch auch gewisse Vorteile. Im Jahr 1961 kurz vor der Eröffnung beschrieb der Kanzler der Universität Köln dies folgendermaßen: „Wie ungewöhnlich bedeutungsvoll der seinerzeitige Beschluss unseres Landes war mit dem Bau eines genetischen Institutes richtungsweisend voranzuschreiten, unterstreicht nicht nur die Empfehlung des Wissenschaftsrates, an den Hochschulen der Bundesrepublik und Westberlin insgesamt 35 neue Lehrstühle für Genetik zu errichten.“⁷⁹ (Hervorhebung i.O.).

Die Tatsache, dass das Institut in Köln gegründet wurde, ist der Initiative und den hartnäckigen Bemühungen der involvierten Personen vor allem Joseph Straubs zu verdanken.

Durch den Einfluss des Mitinitiators Max Delbrück wurde das Institut zum einen ein Anziehungspunkt für ausländische Gäste und Ort einer bislang nicht üblichen wissenschaftlichen Diskussionskultur. Zum anderen wurde es trotz aller Besonderheiten auch zu einem Vorbild für andere Institutsgründungen in Bezug auf die Forschungsausrichtung und teilweise auch auf die Organisationsstruktur (z.B. in Freiburg). So lässt sich die Frage, ob das Institut Vorbild oder Ausnahme in Deutschland war nicht eindeutig beantworten.

Die Persönlichkeit des Institutsmitbegründers Max Delbrück beschleunigte die bürokratischen Bemühungen und war ausschlaggebend für die Einführung des amerikanischen Departmentmodell. Delbrück prägte die Forschung und die Atmosphäre am Institut, inspirierte junge Wissenschaftler und trug wesentlich dazu bei, Anfangsschwierigkeiten zu überwinden und eine fruchtbare wissenschaftliche Umgebung zu schaffen. Dazu gehörte auch, dass gewisse Themen, die Delbrück wenig schätzte, darunter die Bakteriengenetik und Forschung an lysogenen Phagen

⁷⁹ Kanzler der Univ. Köln an Max Delbrück, 8.04.1961, Caltech Archives, Delbrück Papers, Box 26/22

zunächst nicht vertreten waren. Die Institutskrise wurde zum Großteil verursacht und auch beendet durch Max Delbrück.

In späteren Jahren, nach dem Weggang Delbrücks, konnte das Institut seine weltweite Anerkennung auf dem Gebiet der Molekulargenetik aufrechterhalten. Die damals angestossene Diskussion um die „amerikanische“ Departmentstruktur und deren Effizienz in der Forschung besitzt bis heute Aktualität an deutschen Universitäten (vgl. Wenkel und Deichmann 2007, S. 217-246; Strasser 2007, S. 63).

Während die Berufung von gut ausgebildeten und weltweit vernetzten jungen Wissenschaftlern zum Erfolg des Instituts beitrug, war die Zusammenarbeit mit Wissenschaftlern und Instituten anderer Disziplinen vor Ort und auf nationaler Ebene mitunter problematisch. Das Institut war nicht „Mainstream“ (Rajewsky 2007, S. 204). Dagegen war die Zusammenarbeit auf internationaler Ebene und die internationale Zusammensetzung der Mitarbeiterschaft stets gegeben.

Die Platzprobleme, interne Kontroversen und Probleme mit steigenden Studentenzahlen ziehen sich durch die Phasen der Institutsgeschichte, jedoch war es um die Haushaltslage meist gut bestellt.

Abschließend und mit Hinblick auf die in den 70er Jahren beginnenden gesellschaftlichen Diskussionen zu ethischen Problemen der molekulargenetischen Forschung lässt sich sagen, dass das Institut eine bis in die 1970er Jahre zurückreichende Tradition besitzt, die Wissenschaft der Gesellschaft näher zu bringen. So beschäftigte sich Peter Starlinger mit der Friedenspolitik und den Folgen der Gentechnik und Benno Müller-Hill machte in Deutschland mit seinem Buch *Tödliche Wissenschaft* (1984) den Anfang der Untersuchung der Rolle der Wissenschaft, insbesondere der Genetik, in der NS-Zeit. Insgesamt wurde sowohl politisch, populärwissenschaftlich und auch in der Ausbildung von Lehrern versucht, die Skepsis der Bevölkerung gegenüber der molekularen Genetik zu verringern.

2.2 Andere Forschungseinrichtungen

An außeruniversitären Forschungseinrichtungen begannen schon vor 1945 einige Gruppen damit an molekularbiologische Fragestellungen zu arbeiten. Vor allem in den Kaiser-Wilhelm-Instituten (später Max-Planck-Instituten) waren die Möglichkeiten zur finanziell relativ unabhängigen Forschung ohne Lehrverpflichtungen gegeben. In den 1960er Jahren wurde auch an anderen außeruniversitären Forschungseinrichtungen die Molekularbiologie speziell gefördert.

Die Max-Planck-Gesellschaft

Mit der Gründung der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft 1911 wurde das Ziel verfolgt exzellenten Wissenschaftlern eine unabhängige Forschung zu ermöglichen. Hiermit waren neben der freien Wahl des Forschungsgebiets auch die weitgehende finanzielle Unabhängigkeit und die fehlende Lehrverpflichtung gemeint. Die Geschichte der Max-Planck-Gesellschaft und Ihrer Institute, sowie die der beteiligten Personen wurde eingehend untersucht (u.a. Vierhaus und von Brocke 1990; Markl 1998a/b; Henning und Kazemi 2011). Für die Geschichte der Molekularbiologie betrifft dies die Max-Planck-Institute in Tübingen, deren Beiträge bereits in mehreren Arbeiten besprochen wurden (vgl. Brandt 2004; Creager 2002; Lewis 2002 und 2004; Rheinberger 1992a, 1992b, 1993 und 1997) darüberhinaus die Proteinforschung (vgl. Deichmann 2002 und 2004b). Der bisher untersuchte Zeitraum für beide Aspekte reicht bis Anfang der 1960er Jahre.

Im folgenden findet sich eine Aufstellung der Institute und der wissenschaftlichen Mitglieder der MPG, die an molekularbiologischer Forschung an den Max-Planck-Instituten im untersuchten Zeitraum beteiligt waren. Auf die Forschung wird in Kapitel 5 besonders eingegangen.

Die naturwissenschaftliche Forschung in der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft hat seit deren Gründung viele erfolgreiche Ergebnisse und bekannte Forscherpersönlichkeiten hervorgebracht. Ein besonders erfolgreiches Gebiet war die „dynamische Biochemie“ von Wissenschaftlern wie Otto Meyerhof, Fritz Lipmann, Karl Lohmann, Carl Neuberg und Otto Warburg. Diese Forschung kam aber während und nach der Nazizeit in

Deutschland fast vollständig zum Erliegen, da viele dieser Biochemiker als Juden verfolgt und vertrieben wurden. Direkt nach dem zweiten Weltkrieg forschten in den Instituten der KWG die wenigen ersten Forscher, die sich mit molekularbiologischen Fragestellungen auf den Gebieten der Viruschemie und Phagenforschung beschäftigten.

Nach einer Vereinbarung der Direktoren der KWIs für Biologie und Biochemie Alfred Kühn, Friedrich von Wettstein und Adolf Butenandt begann im Jahr 1937 eine Forschergruppe mit der Grundlagenforschung an Viren. Die ersten Virenforscher waren der Botaniker Georg Melchers, der Zoologe Rolf Daneel und der Chemiker Gerhard Schramm. Im Jahr 1941 wurden die drei Gruppen in der „Arbeitsstätte für Virusforschung“ zusammengefasst, zusätzlich gehörte die Gruppe von Hans Friedrich-Freksa dieser Arbeitsstätte an und später wurden weitere Gruppen assoziiert (vgl. Deichmann 1995, S. 148ff). Als Forschungsobjekt etablierte sich vor allem das Tabakmosaikvirus. Im Jahr 1954 wurde aus der Arbeitsstätte in Tübingen das Max-Planck-Institut für Virusforschung gegründet. Die ersten Direktoren des Instituts waren Hans Friedrich-Freksa, Gerhard Schramm und Werner Schäfer. Ab 1960 leitete Alfred Gierer eine weitere Abteilung. Nach dem Tod von Gerhard Schramm 1969 und Friedrich-Freksa etwa vier Jahre später wurden Mitte der 1970er Jahre Uli Schwarz, Peter Hausen und kurze Zeit später auch Friedrich Bonhoeffer neu ans Institut berufen. Alfred A. Anderer war wissenschaftliches Mitglied des Instituts mit einer Gruppe am angegliederten Friedrich-Miescher-Laboratorium. Als Nachfolger von Werner Schäfer kam 1985 Christian Nüsslein-Volhard als erste Direktorin ans Institut. Bis dahin hatte sich der Fokus von der Virusforschung zur Entwicklungsbiologie verschoben (Gierer 1997, S. 12-14).

Die erfolgreiche Geschichte des Kaiser-Wilhelm-Instituts für Biologie begann bereits 1912 und war in den Kriegsjahren und kurze Zeit danach durch Vertreibung, Emigration, Umstrukturierung und Umsiedlung geprägt. Letztendlich siedelte sich das Institut 1947 in Tübingen an. Die Abteilungen wurden geleitet von Georg Melchers und Alfred Kühn (mit Unterbrechungen bis 1958). Dazu kamen Max Hartmann (bis 1955), Karl Grell (1955-1957) und Emil Heitz (ab 1955). Im Jahr 1956 übernahm der Phagenforscher Wolfhard Weidel die Nachfolge von Max Hartmann, 1958 wurde

Wolfgang Beermann neuer Direktor am Institut und 1960 folgte die Berufung von Werner Reichardt. Beide hatten attraktive Angebote aus den USA abgelehnt.⁸⁰

Wichtige an molekularbiologischen Fragestellungen arbeitende Mitarbeiter der Abteilung Melchers waren: Wolfhard Weidel (ab 1950), Karl-Wolfgang Mundry, Alfred Gierer, Heinz-Günther Wittmann, Hans-Günther Aach.

Ab Mitte der 1960er Jahre wurden Ulf Henning, Peter Overath und Jan Klein als Abteilungsleiter berufen.

Das MPI für vergleichende Erbbiologie und Erbpathologie in Berlin war bei der Gründung der Max-Planck-Gesellschaft aus dem Kaiser-Wilhelm-Institut für Anthropologie, menschliche Erblehre und Eugenik hervorgegangen. Das Vorgängerinstitut war mit Wissenschaftlern wie Ottmar von Verschuer und Eugen Fischer an Versuchen zur wissenschaftlichen Legitimation der NS-Rassenlehre und anderen Verbrechen des NS-Regimes beteiligt gewesen. Die nach dem zweiten Weltkrieg einzige verbliebene Abteilung wurde besetzt mit Hans Nachtsheim. Ab 1959 war Fritz Kaudewitz Direktor am Institut. Bei der Neugründung des Instituts 1964 hatte Kaudewitz bereits eine Professur an der Universität München angenommen. Die Gründungsdirektoren des nun als MPI für molekulare Genetik bezeichneten Instituts waren Heinz-Günther Wittmann und Heinz Schuster. Ein Jahr später folgte Thomas Trautner als dritter Direktor. Ein Ruf war auch Gunther Stent einen deutsch-jüdischen Emigranten in Berkeley ergangen, dieser hatte abgelehnt.

Im Jahr 1936 wurde der spätere Präsident und Ehrenpräsident der Max-Planck-Gesellschaft Adolf Butenandt zum Direktor des KWI für Biochemie in Berlin ernannt. Er blieb auch bei der Verlegung des Instituts nach Tübingen im Jahr 1944 in diesem Amt. In Tübingen bestand das Institut zwischen 1944 und 1956 weiter und wurde nach der Gründung der Max-Planck-Gesellschaft zum MPI für Biochemie umbenannt. Ein letzter Umzug unter der Leitung von Adolf Butenandt erfolgte im Jahr 1956 nach München, wo Butenandt bis zu seiner Emeritierung 1972 weiter forschte. Von 1960 bis 1972 war er Präsident der Max-Planck-Gesellschaft und wurde nach seinem Abtritt zum Ehrenpräsidenten ernannt. Im Jahr 1971 erfolgte die Zusammenlegung des Instituts

⁸⁰ Abhandlung zur Geschichte des Max-Planck-Instituts für Biologie verfasst von Georg Melchers 1961 zu finden unter URL: <http://tuebingen.mpg.de/fileadmin/uploads/images/Institute/Geschichte/MP-Biol-1961.pdf> (Abgerufen am 22.01.2013).

mit zwei weiteren Instituten unter Beibehaltung des Namens Institut für Biochemie. Zum einen war dies das Max-Planck-Institut für Eiweiß- und Lederforschung, welches in Dresden gegründet und mit einer Zwischenstation in Regensburg im Jahr 1957 nach München umgezogen war. Zum Anderen das Max-Planck-Institut für Zellchemie, welches 1956 aus einem Institut der Deutschen Forschungsanstalt für Psychiatrie hervorgegangen war. Wissenschaftliche Mitglieder dieser drei Institute, die als Förderer zukünftige Molekularbiologen unterstützten oder selbst mit der Forschung in Berührung kamen sind: 1949-1972 Adolf Butenandt; 1949-1968 Wolfgang Graßmann; 1952-1954 Gerhard Schramm⁸¹; 1956-1975 Heinz Dannenberg; 1956-1979 Feodor Lynen; 1959-1985 Walter Hoppe; 1962-1981 Gerhard Ruhenstroth-Bauer; 1964-1989 Gerhard Braunitzer; 1965-1988 Kurt Hannig; 1965-1993 Wolfram Zillig; 1965-1997 Peter Hans Hofschneider; 1966-1995 Klaus Kühn; seit 1971 Robert Huber; 1972-1977 Pehr Edman; 1973-1991 Erich Wünsch; seit 1978 Günther Gerisch; seit 1979 Dieter Oesterhelt; 1980-1996 Heinz Ludwig Sänger.

Auswärtige Wissenschaftliche Mitglieder: seit 1967 Peter Karlson; seit 1969 Sir John C. Kendrew und Max F. Perutz.⁸²

Am Max-Planck-Institut für physikalische Chemie (vorher KWI) forschte Karl-Friedrich Bonhoeffer. Er war der Schwager von Max Delbrück und beherbergte auf dessen Vermittlung in seinem Institut ab 1949/1950 einen der ersten Phagenforscher in Deutschland Carsten Bresch.⁸³ Bresch hatte 1947 einen Vortrag von Delbrück in Berlin gehört und begann kurz danach zusammen mit seinem Studienkollegen Wolfgang Eckart am Robert-Koch-Institut in Berlin erste Versuche mit T1-Phagen. Bonhoeffer ermöglichte es Bresch eine kleine Gruppe aufzubauen und in den Nachkriegsjahren relativ unbeeinträchtigt seiner Forschung nachzugehen. Karl Friedrich Bonhoeffer verstarb 1957 in der Zeit als Bresch nach Köln wechselte. Im Jahr 1971 wurde das Institut auf Initiative des wissenschaftlichen Mitglieds und späteren Nobelpreisträgers Manfred Eigen zum MPI für Biophysikalische Chemie umbenannt. Es beherbergte ab

⁸¹ Schramm war ab 1941 als Abteilungsleiter in der chemischen Abteilung der Arbeitsstätte für Virusforschung in Tübingen ebenfalls dem MPI für Biochemie angegliedert. Er war einer der Gründungsdirektoren des MPI für Virusforschung.

⁸² Die den einzelnen Personen vorangestellten Jahreszahlen beziehen sich auf den Zeitraum den diese Person als Wissenschaftliches Mitglied der Max-Planck-Gesellschaft (ohne KWG) tätig war. Die Zahlen sind der Internetseite des Archivs der Max-Planck-Gesellschaft entnommen: Link URL: <http://www.archiv-berlin.mpg.de/tektonik/deutsch.php/AbteilungII/Rep41> (am 12.01.2013). Die Daten wurden ergänzt durch Wolfgang Grassmann.

⁸³ Brief von Delbrück and K.F. Bonhoeffer vom 08.02.1950, Archiv der MPG, III. Abt., Rep. 23.

Mitte der 1970er Jahre auch die Abteilung des Biochemikers und Zellbiologen Klaus Weber.

Das 1927 gegründete KWI Medizinische Forschung in Heidelberg hatte bereits vor dem zweiten Weltkrieg große wissenschaftliche Erfolge vorzuweisen. So forschte dort der Nobelpreisträger von 1922 Otto Meyerhof, der eine große Anzahl exzellenter Wissenschaftler am Institut ausbildete. Im Jahr 1938 erhielt auch Richard Kuhn, wie Meyerhof Direktor am KWI, den Nobelpreis für seine chemische Analyse von Polyenen und Vitaminen. Meyerhof selbst war Jude und musste wegen der Bedrohung durch das NS-Regime 1938 Deutschland verlassen. Die ersten wissenschaftlichen Erfolge in der Molekularbiologie hatte Hartmut Hoffmann-Berling, der 1958 als wissenschaftliches Mitglied ans Institut kam. Im Jahr 1969 kam der Engländer Kenneth C. Holmes ans Institut, der zuvor am Laboratory for Molecular Biology in Cambridge geforscht hatte. In Göttingen gab es seit 1947 die Medizinische Forschungsanstalt der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft, die 1948 in die Max-Planck-Gesellschaft übernommen wurde. Seit 1965 trägt das Institut den Namen Max-Planck-Institut für Experimentelle Medizin. Direktoren bzw. Wissenschaftliche Mitglieder, die mit der molekulargenetischen Forschung in Zusammenhang stehen waren hier: 1962-1991 Friedrich Cramer; 1968-1980 Günter von Ehrenstein; seit 1971 Norbert Hilschmann und 1973-1982 Heinrich Matthaei.⁸⁴

Großforschungseinrichtungen

Die Arbeitsgemeinschaft für Großforschungseinrichtungen wurde 1969 als Zusammenschluss verschiedener unabhängiger Großforschungsinstitute auf Initiative von Ernst-Joachim Meusel gegründet (vgl. Arbeitsgemeinschaft für Großforschungseinrichtungen 1981; Szöllosi-Janze und Trischler 1990). Im Jahr 1995 wurde die Arbeitsgemeinschaft in die Helmholtz-Gemeinschaft umgewandelt.

Vorrangig bestehend aus Einrichtungen mit physikalischem Forschungsschwerpunkt nahm die Vereinigung auch die 1965 gegründete Gesellschaft für Molekularbiologische Forschung (GMBF) in Braunschweig-Stöckheim auf. Auf Initiative mehrerer niedersächsischer Universitätsprofessoren, hier vor allem des Chemikers Hans Herloff

⁸⁴ Die den einzelnen Personen vorangestellten Jahreszahlen beziehen sich auf den Zeitraum den diese Person als Wissenschaftliches Mitglied der Max-Planck-Gesellschaft (ohne KWG) tätig war. Die Zahlen sind der Internetseite des Archivs der Max-Planck-Gesellschaft entnommen: Link URL: <http://www.archiv-berlin.mpg.de/tektonik/deutsch.php/AbteilungII/Rep42>

Inhoffen und dreier Direktoren aus Max-Planck-Instituten in Göttingen, unter ihnen Friedrich Cramer und Manfred Eigen, wurde 1965 ein molekularbiologisches Forschungszentrum in Stöckheim bei Braunschweig gegründet (vgl. Kapitel 3.3 Andere Fördereinrichtungen). Die Volkswagenstiftung, als vorerst einzige Geldgeberin des Projekts, kaufte das Gebäude des ehemaligen Fotolaboratoriums der Firma Gevaert-Technik-GmbH für sieben Millionen DM und bewilligte nochmals vier Millionen DM für Umbau und Ausstattung der Labors. Das „Institut für Molekulare Biologie, Biochemie und Biophysik“ war geplant als außeruniversitäres Forschungsinstitut mit mehreren unabhängigen Arbeitsgruppen. Um die geplante Departmentstruktur umzusetzen, hatte sich eine Reihe von Wissenschaftlern aus Göttingen und Braunschweig bereit erklärt eine Arbeitsgruppe im Institut zu leiten. Die angesehenen Initiatoren gaben dabei ihre bisherigen Stellungen an anderen Instituten im mittel- und norddeutschen Raum nicht auf. Es fand wenig aktive Rekrutierung gut ausgebildeter Molekularbiologen statt, wie sie andernorts in neugegründeten Instituten üblich war. Im Laufe der ersten Jahre stellte sich erschwerend heraus, dass diese angesehenen Initiatoren meist nicht selbst in Stöckheim forschten, sondern in ihren „Erstinstituten“ blieben und untergeordnete Mitarbeiter an das Institut schickten, um ihre dort ansässigen Arbeitsgruppen zu leiten. So wurde nach einer Evaluierung im Jahr 1968 bemängelt, dass die Gruppenleiter und auch ihre Stellvertreter ihre „Zweigstellen“ in Braunschweig oft nur im Abstand von mehreren Wochen aufsuchten und die Gruppen in Braunschweig nicht richtig betreut wurden. Das Institut konnte auf diese Weise keine eigene Ausrichtung erlangen und es war von „Isolierung und Kontaktarmut“ zwischen den einzelnen Gruppen die Rede (Rheinberger 2002, S. 215). Die Schließung des Instituts wurde in Betracht gezogen. Aber die Schließung des prestigeträchtigen Projekts kam für die Volkswagenstiftung nicht in Frage, obwohl kein anderer Träger sich des Instituts annehmen wollte. Im Jahr 1969 wurde das Institut in „Gesellschaft für molekularbiologische Forschung mbH (GMBF)“ umbenannt, die Volkswagenstiftung, die zur Rettung des Instituts eingesprungen war um dessen Schließung zu verhindern, war alleinige Gesellschafterin. Bis 1974 bewilligte die Stiftung als Hauptgeldgeberin für die Gründung und der Ausbau dieses Institutes insgesamt 45 Millionen DM.⁸⁵ Erst 1975 fand sich ein Ausweg, das Institut wurde in die Arbeitsgemeinschaft für Großforschungseinrichtungen aufgenommen. Da sich der Forschungsschwerpunkt seit

⁸⁵ vgl. Scheele, 1994; Rheinberger 2002, S. 212-217; Brüning 2002, S.413-418.

1972 zunehmend in die angewandte Forschung und somit die direkte wirtschaftliche Relevanz verlagert hatte, wurde es in „Gesellschaft für Biotechnologische Forschung mbH“ (GBF) umbenannt. Das Institut sollte sich vorrangig der Produktion von Naturstoffen durch Mikroorganismen und der Weiterentwicklung biotechnologischer Produktionsmethoden widmen. Durch die anwendungsbezogene Ausrichtung konnte die Finanzierung nun auch durch Gelder des Forschungsministeriums abgesichert werden. Im weiteren Verlauf nach dem Jahrtausendwechsel wurde das Institut als Helmholtz-Institut für Infektionsforschung weitergeführt.

Ein zweites Institut der Großforschung, das Deutsche Krebsforschungszentrum (DKFZ) in Heidelberg, nahm im Jahr 1964 seinen Betrieb auf. Die Planung dieses Instituts hatte eine lange Vorgeschichte, die bis in die 1930er Jahre zurückreicht (Mauerberger 1990, S. 203). Als das Vorhaben nach langem Ringen und auf maßgebliche Initiative von Karl Heinrich Bauer schließlich in Heidelberg umgesetzt wurde, war von Anfang an ein überregionales deutsches Zentrum der Krebsforschung geplant. Die Ausrichtung und Stellenbesetzung wurde von einer Sachverständigenkommission übernommen. Die Finanzierung wurde zwischen Bund und Land geteilt. Die regionale Komponente bestand aus der engen Verknüpfung des Instituts mit der Universität Heidelberg. So wurden die Abteilungsleiter in dem ebenfalls in Departmentstruktur organisierten Institut gleichzeitig Ordinarien an der Universität Heidelberg, darüberhinaus gab es unabhängige Forschergruppen. Die Abteilungsleiter hatten nur sehr eingeschränkte Lehrverpflichtungen an der Universität (Mauerberger 1990, S. 209). Zu den bedeutenden Forschern am DKFZ gehörte der Krebsforscher Harald zur Hausen der 2008 den Nobelpreis erhielt für seine Entdeckung, dass die Humanpapillomviren Gebärmutterhalskrebs verursachen.

European Molecular Biology Laboratory

Die Eröffnung eines Europäischen Forschungsinstitutes für Molekularbiologie (EMBL) fand nach langer Vorlaufzeit im Jahr 1978 in Heidelberg statt. Sie ist eng verknüpft mit der Geschichte der Europäischen Molekularbiologie Organisation (European Molecular Biology Organisation, EMBO), einem Zusammenschluss europäischer Molekularbiologen (Kapitel 3.3). Nach längerer Suche wurde Heidelberg 1971 als

Standort für das europäische Zentrallaboratorium (European Molecular Biology Laboratory, EMBL) ausgewählt. Die Delegierten der Mitgliedsstaaten unterschrieben den Gründungsvertrag 1973 in Genf. 1974 wurde John Kendrew durch die inzwischen ins Leben gerufene Europäische Molekularbiologie Conference (EMBC), einem wissenschaftspolitischen Zusammenschluss verschiedener europäischer Länder und Israel, offiziell zum ersten Direktor des EMBL ernannt. Nach einer längeren Bauphase zogen 1978 die ersten Wissenschaftler in das EMBL in den Hügeln oberhalb Heidelbergs ein.⁸⁶

⁸⁶ EMBL & Cetera Issue 15, June 2003, S. 2.

2.3 Die Molekularbiologie in der DDR

Die Ausgangslage nach dem Zweiten Weltkrieg war auch in der russischen Besatzungszone geprägt von Zerstörung und dem Tod vieler Wissenschaftler. Erschwerend kam hinzu, dass in der russischen Besatzungszone, der späteren DDR, Genetiker politisch bedrängt und am Neuanfang gehindert wurden. Die politischen Verhältnisse führten dazu, dass auch nach der Gründung der DDR viele Wissenschaftler emigrierten.

Lyssenkoismus

Trofim Lyssenko, ein Landwirt und Agronom in der Sowjetunion, behauptete Ende der 1920er Jahre, dass er mit Feuchtigkeit und Kälte behandelte Samen von Winterweizen auch zur Frucht bringen konnte, wenn sie im Frühjahr gepflanzt würden. Diese Forschungsergebnisse zur Jarowisation (Vernalisation) wurden als Sensation gefeiert, und seine Forschung als sehr fortschrittlich angesehen. Lyssenko konnte auf frühere Arbeiten von Botanikern zur Jarowisation zurückgreifen, z.B. denen von Gustav Gassner, er unterschied sich aber von diesen dadurch, dass er mit großen Mengen von Samen arbeitete, seine Ergebnisse in großem Stil verbreitete und mit seinen Theorien der „mitschurinistischen Biologie“ verknüpfte. Er erregte Aufsehen, als er behauptete herausgefunden zu haben, dass die aufgetretenen Vernalisierungseffekte auch vererbt würden. Lyssenkos angebliche Forschung wies keine wissenschaftliche Methodik auf und war wegen fehlender Kontrollen, genetischer Heterogenität der Proben und zu kleinen Fallzahlen, mit denen er die angebliche Vererbarkeit der Effekte belegen konnte, wissenschaftlich unbrauchbar (Joravsky 1970). In den Folgejahren baute Lyssenko, ab 1936 auch mit offiziellem Rückhalt von Stalin, seine Lehre aus und bekämpfte offen die etablierte Genetik auf der Basis von Mendel und Morgan. Im Jahr 1948 konnte er durch eine Rede bei der Tagung der Lenin-Akademie der Landwirtschaftlichen Wissenschaften der UdSSR seinen politischen Sieg vollenden (Lenin-Akademie der Landwirtschaftlichen Wissenschaften der UdSSR 1949). Fortan wurde die Genetik auf der Basis von Mendel und Morgan in Lehre und Forschung verboten und deren Unterstützer wurden verfolgt. Dies führte in der Sowjetunion und anderen osteuropäischen Ländern zur starken Schwächung, teilweise vollständigem

Zusammenbruch der genetischen Forschung. Die politischen Einschränkungen der Forschung hielten nach einer einflussreichen Periode auch nach Stalins Tod 1953 an und endeten erst mit der Entlassung Lyssenkos durch Nikita Chruschtschow, der ihn zunächst unterstützt hatte, im Jahr 1962. Auch nach dieser Zeit blieb die genetische Forschung in den betroffenen Ländern noch viele Jahre lang geschwächt.

In der DDR gab es an allen Universitäten Biologen, die der „mitschurinistischen Biologie“ folgten und Druck auf Studenten und junge Wissenschaftler ausübten.⁸⁷ Aber auch offene Kritiker der lyssenkoistischen Lehre waren zu finden.⁸⁸ Dabei ist zu beachten, dass in der DDR noch bis zum Mauerbau eine Reise in den Westteil Deutschlands relativ leicht war. Die politische Verfolgung stellte damit im Gegensatz zu der in der Sowjetunion keine unmittelbare Gefahr für das Leben der Wissenschaftler dar. Es kam auch nicht zu Prozessen oder Gefängnisstrafen, wie es in der Sowjetunion der Fall gewesen war (Hagemann 2002, S. 321). Aufgrund des politischen Drucks verließen viele Wissenschaftler frühzeitig die DDR (Höxtermann 1997a, S. 235).

Molekularbiologie an Universitäten und Forschungsinstituten

Die politische Autorität nahm auch auf anderen Ebenen Einfluss auf die Forschung. So war es schwierig, Zugang zu westlicher Literatur zu erhalten. Hinzu kam, dass die staatliche Propaganda der Grundlagenforschung ablehnend gegenüber stand, was der genetischen Forschung Schwierigkeiten bei der Beschaffung von Forschungsmitteln bereitete. (Hohlfeld 1997, S. 220-221).

Die Molekulargenetik war zum Großteil nicht auf international konkurrenzfähigem Niveau (Hohlfeld 1997, S. 202). Dies lag vor allem an der materiellen Knappheit, aber auch am Ausbleiben des direkten internationalen Austauschs. Wissenschaftler aus der DDR hatten kaum Möglichkeiten zu Auslandsreisen und Kongressbesuchen. Nur gelegentlich war es Personen mit dem später eingeführten „Reisekaderstatus“ erlaubt das Land zu verlassen, wie zum Beispiel zum Besuch des Phagenkurses in Köln z.B.

⁸⁷ Beispiele für Unterstützer der Lyssenko Lehre sind: An der Universität Jena der Entwicklungsbiologe Georg Schneider und der Pflanzensystematiker Otto Schwarz. An der Universität in Greifswald Werner Rothmaler. Lyssenkoisten gab es auch an den Universitäten in Berlin und Leipzig. (Hagemann 2002, S. 321)

⁸⁸ Offene Kritiker des Lyssenkoismus waren vor allem die Pflanzenforscher Hans Stubbe, Gustav Becker und Kurt Mothes (alle später Professoren an der Universität Halle) (Hagemann 2002, S. 322-323). Diese waren es auch die Lyssenkos Lehre experimentell widerlegten.

durch Erhard Geissler (Hohlfeld 1997, S. 231). Im Jahr 1964 kamen drei der 20 Teilnehmer des Phagenkurses in Köln aus der DDR.⁸⁹

Selbst Wissenschaftler an den besser materiell versorgten und nicht durch Lehre eingeschränkten Instituten der Deutschen Akademie der Wissenschaften konnte sich Grundlagenforschung nur in Nischengebieten etablieren, waren dort aber unter Vorgabe der angewandten Forschung relativ unbeeinflusst (Hohlfeld 1997, S. 223).

Darüber hinaus gab es andere restriktive Bedingungen des SED-Regimes, so z.B. die Publikationsordnungen an der Akademie der Wissenschaften der DDR (Wöltge 1995, S. 116). Ihre Forschungsergebnisse konnten die Wissenschaftler aus verschiedenen, vor allem qualitativen und politischen Gründen, hauptsächlich in DDR-Fachzeitschriften veröffentlichen. Diese Publikationen wurden von westlichen Wissenschaftlern höchstwahrscheinlich wenig wahrgenommen (Pasternak 2008, S. 9).

An den Universitäten der späteren DDR war nach dem Krieg die Wiederherstellung der ursprünglichen Strukturen in der Botanik und Zoologie vorrangig. Ab Anfang der 1960er Jahre kam dann die Forderung nach der Verselbständigung der mikrobiologischen Abteilungen in den Botanischen Instituten dazu, bis 1980 sollte diese auch die genetischen Abteilungen betreffen (Höxtermann 1997a, S. 237). An den sieben Universitäten der DDR gab es bis 1968 drei Institute für Mikrobiologie.

Biologische Fachstudiengänge in Mikrobiologie gab es zwischen 1965 und 1967 in Greifswald und Jena und in der Genetik ab 1966 in Halle. (Höxtermann 1997a, S. 244).

Konkrete Beispiele für die molekularbiologische Forschung und Institutionalisierung an den Universitäten der DDR gibt es wenige. Ab 1965 war nur Erhard Geissler als Professor für Mikrobiologie an der Universität Rostock mit der Mikrobengenetik befasst (Höxtermann 1997a, S. 239 und 1997b S. 148). Geissler leitete das Institut bis 1971.

An der HU Berlin war der jüdische Virologe Hans-Alfred Rosenthal als Phagenforscher tätig. Rosenthal war in der NS-Zeit Zwangsarbeiter in Berlin gewesen, nach einem anschließenden Studium schloss er 1965 seine Doktorarbeit und 1975 seine Habilitation zu virusgenetischen Themen ab (Rosenthal 1975). Später wurde Rosenthal Direktor am Institut für Virologie der Charité an der HU Berlin (Freydank 2003, S. 106). Rosenthals Ehefrau, die Medizinerin Sinaida Rosenthal, war eine Schülerin des jüdischen Biochemikers Samuel Mitja Rapoport am Institut für Physiologische Chemie

⁸⁹ T. A. Trautner an M. Delbrück, 30.03.1964, Caltech Archives, Delbrück papers, Box 22.11

der HU Berlin. Sie wurde nach ihrer Habilitation 1969 Professorin an der HU Berlin und 1972 Leiterin des Bereichs Genetik am Zentralinstitut für Molekularbiologie der Akademie der Wissenschaften der DDR in Berlin-Buch.⁹⁰

Die wichtigsten Forschungsinstitute, an denen molekularbiologisch geforscht wurde, waren das Institut für Genetik und Kulturpflanzenforschung in Gatersleben und die biologisch-medizinischen Institute der Akademie der Wissenschaften der DDR in Berlin-Buch.⁹¹

In Gatersleben war bis 1969 der Genetiker Heinz Stubbe tätig. Stubbe war für seine genetische Forschung auch über die Grenzen der DDR bekannt und stand in brieflichem Kontakt mit westlichen Wissenschaftlern, auch mit Max Delbrück.⁹² Er war Mitorganisator der Erwin-Baur-Gedächtnisvorlesungen, einer Tagungsreihe, bei der Anfang der 1960er Jahre auch viele namhafte westliche Wissenschaftler zu aktuellen Themen der Genetik und Molekulargenetik vortrugen. Laut Erhard Geissler konnte Stubbe wegen seines internationalen Ansehens, seiner hohen wissenschaftlichen Kompetenz und seiner guten Organisationsgabe „während der Lyssenkoära an der Hallenser Universität Genetik lehren, ein weltberühmt gewordenes Genetik-Institut aufbauen und Gründungspräsident der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften werden ..“ (Geissler 1997, S169 -170). Ab Anfang der 1950er Jahre wurden an Stubbes Institut auch bakteriengenetische Versuche mit *Escherichia coli* durchgeführt (Hohlfeld 1997, S.216). Diese führten zur Entwicklung eines Mutagenitätstestes für Umweltchemikalien sowie zur Entdeckung einer Mutante die Alpha-Amylase in höherer Konzentration synthetisieren konnte. Anfang der 1970er Jahre gab es am Institut einen wissenschaftlichen Bereich (WB1) „Molekulargenetik“ mit sechs Forschergruppen:

- Cytogenetik (Prof. Rieger)
- Bakteriengenetik (Dr. Hofemeister)
- Somatische Zellgenetik (Dr. Müller)
- Genwirkung (Dr. Panitz)

⁹⁰ Angaben aus den Biographischen Datenbanken der Bundesstiftung Aufarbeitung. Wer war wer in der DDR?: URL: <http://www.bundesstiftung-aufarbeitung.de/recherche-1078.html>

⁹¹ Bis 1972 Deutsche Akademie der Wissenschaften zu Berlin

⁹² Korrespondenz von H. Stubbe mit Max Delbrück 1961-1968, Caltech Archives, Delbrück Papers, Box 21, Folder 10.

- Mutagenizitätstestlaboratorium (Dr. Schöneich)
 - Entwicklungsbiologie der Tiere (Dr. Schöneich)
- (vgl. Böhme und Diesener 2005, S. 63).

An den biologischen Instituten der Akademie der Wissenschaften der DDR in Berlin Buch war ab 1953 Erhard Geissler tätig. Geissler hatte früh die Möglichkeit an einem Phagenkurs in Köln teilzunehmen und anschließend noch zu einem dreimonatigen Forschungsaufenthalt dort zu bleiben. Im Herbst 1960 gründete er mit Erhard Bender, Heinz Bielka, Peter Langen und Ruth Lindigkeit einen Diskussionskreis zur Molekularbiologie an den Bucher Biologieinstituten (Geissler 1997, S. 175).

Darüber hinaus stand Geissler in Kontakt mit den wenigen anderen Wissenschaftlern auf seinem Gebiet der Phagen- und Mikrobengenetik in der DDR. Dies waren Wolfgang Eckart, der zusammen mit Carsten Bresch der erste Phagenforscher in Deutschland gewesen war und am Physikalisch-technischen Institut der Deutschen Akademie der Wissenschaften forschte und Hans-Alfred Rosenthal, der am Institut für Virologie der Humboldt-Universität tätig war. Darüber hinausgehende Forschungsarbeiten gab es vor allem in den fünfziger und sechziger Jahren zur Virusätiologie von Geschwülsten, die zur Entdeckung und Charakterisierung neuer onkogener Viren führten (Hohlfeld 1997, S.217).

Im Zuge der Akademiereform wurden Anfang der 1970er Jahre drei Zentralinstitute in Berlin-Buch gegründet, dies waren: Das Zentralinstitut für Molekularbiologie (ZIM), das Zentralinstitut für Krebsforschung und Zentralinstitut für Herz-Kreislauf-Forschung (vgl. Bielka 2001).

Die Mitarbeiter der Abteilung für „Somatische Zellgenetik“ des 1972 aus Rostock zurückgekehrten Geissler versuchten hier ein System zum gezielten Gentransfer zu entwickeln, waren jedoch den Gruppen aus den USA unterlegen (Hohlfeld 1997, S. 222). Außerhalb von Berlin forschte Harry Venner an einem Institut der Deutschen Akademie der Wissenschaften in Jena. Er veröffentlichte Ende der 1950er Jahre Untersuchungen zur Basenzusammensetzung von Nukleinsäuren.

Förderung

Das erste gezielt geförderte politische Vorhaben um die Molekularbiologie zu etablieren, war das Sozialistische Großforschungsvorhaben „Molekulare Grundlagen

der Entwicklungs-, Vererbungs- und Steuerungsprozesse“ (MOGEVUS) das zwischen 1969 und 1970 gestartet wurde. Das Vorhaben bestand aus einer über zehn Jahre angelegten Forschungsplanung, die an verschiedenen Universitäten, Hochschulen und anderen Einrichtungen stattfinden sollte. Mit großem Personalaufwand von insgesamt 2000 Vollzeitbeschäftigten (davon 818 Wissenschaftlern/ Hochschulkader) wurde ein zentral geleitetes Auftragsforschungsprogramm geplant (Böhme und Diesener 2005, S. 56-61).

Die Forschungsschwerpunkte umfassten zwar Grundlagenforschung, waren jedoch anwendungsbezogen formuliert, ein Phänomen das aufgrund der beabsichtigten ökonomischen Auftragsbindung der Forschung auftrat und als „Anwendungsrethorik“ bezeichnet wird (Hohlfeld 1997, S. 220-221). So sollte MOGEVUS folgende Gebiete umfassen und an verschiedenen Instituten angesiedelt sein (Böhme und Diesener 2005, S. 57):

- Bioregulation tierischer Systeme
- Genetik und mikrobielle Stoffproduktion
- Bioregulation pflanzlicher Systeme
- Biokatalyse
- Biomembranen
- Neurobiologie Wirkstoffforschung
- Querschnittsrichtung Methodik und Theorie

Nachfolger des MOGEVUS Programms war ab 1975 das Programm „Biowissenschaften“. Laut Pasternak war das Programm „Biowissenschaften“ im Vergleich zu MOGEVUS thematisch breiter angelegt und umfasste ein umfangreiches Spektrum der biowissenschaftlichen und biomedizinischen Grundlagenforschung (Pasternak 2008, S. 12). Das Programm „Biowissenschaften“ hatte zunächst 14, später 15 Hauptforschungsrichtungen (HFRn), von denen einige in Bezug auf Molekularbiologie zu nennen sind:

- HFR 1 - Biopolymerstruktur und Selbstorganisation (F. Jung, ZIM, Berlin-Buch)
- HFR 2 - Enzymologie (E. Hofmann, Biochemisches Institut der Universität Leipzig)
- HFR 3 - Biomembranforschung (Prof. K.Repke, ZIM, Berlin-Buch)
- HFR 4 - Molekular- und Zellgenetik (H. Böhme, ZIGuK, Gatersleben)

HFR 7 - Genexpression (S. Rosenthal, ZIM, Berlin-Buch)

HFR 8 - Stoffwechselregulation (S. M. Rapoport. Biochemisches Institut der Humboldt-Universität zu Berlin)

HFR 9 - Neurobiologie und Hirnforschung (H.-J. Matthies, Institut für Neurobiologie und Hirnforschung, INH, Magdeburg)

HFR 10 - Immunologie (H. Ambrosius, Sektion Biowissenschaften der Universität Leipzig)

In den achtziger Jahren wurde noch die HFR 15 „Biotechnologie“ (M. Ringpfeil) gegründet. (vgl. Pastenak 2008, S. 12).

Ausblick

Die Geschichte der Institutionalisierung der Molekularbiologie in der DDR war eng verbunden mit den politischen Entwicklungen im Land. So teilte Erhard Geissler die Molekularbiologie in der DDR in drei Phasen ein:

„Zusammenfassend komme ich zunächst zu dem Schluss, dass man die Entwicklung der Molekularbiologie in der DDR am besten in drei Hauptphasen einteilen sollte:

1. Mobilisierung der Ressourcen, Überleben in der Lysenko-Ära (1945 bis etwa Anfang der sechziger Jahre)
2. Einführung der Molekularbiologie, versuchter Aufbau des Sozialismus (bis Anfang der siebziger Jahre)
3. Anfang vom Ende und Schluss." (Geissler 1997, S. 184).

Diese grobe Aufteilung schildert kurz und treffend den versuchten Aufbau der Forschung in der Nachkriegszeit, sowie die Probleme politischer Beeinflussung, des eingeschränkten internationalen Austauschs und fortschreitender Materialknappheit.

Auch wenn es für einige der Forscher möglich war, neben der großangelegten, anwendungsorientierten, politischen Vorgabe und Beeinflussung unabhängige Forschungsprojekte durchzuführen und „echte Erfolgserlebnisse" (Geissler 1997, S. 184) zu haben, war die Institutionalisierung, Förderung und Forschung in der Molekularbiologie in der DDR stark eingeschränkt.

3. Förderung der molekularbiologischen Forschung

3.1 Der Wissenschaftsrat

Der Wissenschaftsrat ist ein Gremium, das auf Bundes- und Landesebene die Regierung in Ausbau und Ausrichtung der wissenschaftlichen Forschung berät. Er wurde am 5. September 1957 auf eine Initiative führender Politiker und Wissenschaftler, wie zum Beispiel des damaligen Präsidenten der Deutschen Forschungsgemeinschaft Gerhard Hess, gegründet. Ein großer Teil des Rats war besetzt mit Vertretern aus der Wissenschaft, beauftragt von der DFG, der Max-Planck-Gesellschaft und anderen wissenschaftsfördernden Einrichtungen. Im Unterschied zum in der Nazizeit eingeführten Reichsforschungsrat hatte der Wissenschaftsrat eher eine beratende als eine Entscheidungsfunktion bei der Ausrichtung der Hochschul- und Forschungsentwicklung. Direkte Vorbilder waren der Deutsche Forschungsrat und die nordamerikanischen National Research Councils. Der Deutsche Forschungsrat, der ebenfalls die Bundesregierung und Landesregierungen beriet und Richtlinien zur Forschungsförderung aufstellte, wirkte von 1949 bis 1951 und wurde dann mit der Notgemeinschaft der deutschen Forschung zur Deutschen Forschungsgemeinschaft zusammengeschlossen (Osietzki 1994, S. 290-292).

Seit 1959 gab der Wissenschaftsrat regelmäßig „Empfehlungen des Wissenschaftsrates“ heraus. Diese bezogen sich auf den Ausbau und die Förderung der Forschung und Lehre in allen Fächern an den Universitäten in Westdeutschland. Sie diskutierten Fragen der fachlichen Zusammensetzung und der personellen und baulichen Entwicklung an Universitäten, sowie Universitätsgründungen. Neben den „Empfehlungen“ gab es auch „Stellungnahmen des Wissenschaftsrates“ zur Organisation kleinerer wissenschaftlicher Gründungs- und Ausbauprojekte.

Mit dem Blick auf die Entwicklungen im angelsächsischen Ausland nahm der Wissenschaftsrat 1960 das Problem der Forschungsförderung in Grenzbereichen zwischen den Disziplinen wahr. Er verwies auf die Erfolge des MRC in England, wo sogenannte „Units“ aus kleineren Forschergruppen gegründet und gezielt gefördert wurden. Im Unterschied zu den Einzelprojekten, wie sie die DFG im Rahmen der SPP fördert, erhielten diese Units die Rechte einer unabhängigen Forschergruppe, was

ihren Status innerhalb der Hochschule erhöhte (Empfehlungen des Wissenschaftsrates 1960, S. 44).

Für die Biologie empfahl der Wissenschaftsrat 1960, die Abschaffung der in der Denkschrift zur Lage der Biologie von Arwed Meyl formulierten Missstände (Meyl 1958, S. 43-44).⁹³ Der Rat forderte eine langfristige Verdoppelung der Lehrstühle in Zoologie und Botanik, die Gründung neuer Lehrstühle. Neu-entwickelte Forschungsgebiete, wie die Allgemeine Biologie, Genetik, Mikrobiologie und Biochemie sollten an den Universitäten vertreten sein. Der Wissenschaftsrat empfahl, für die Gebiete örtliche Schwerpunkte einzurichten und nannte als Schwerpunkt für die Genetik, Köln, für die Biophysik, Frankfurt und Saarbrücken, und für die Mikrobiologie, Göttingen (Empfehlungen des Wissenschaftsrates 1960, S. 106). Der Schwerpunkt in der Biochemie sollte in München liegen. Diese Empfehlung spiegelt zwar die institutionellen Schwerpunkte im jeweiligen Fach wieder, wurde jedoch von den Förderinstitutionen nicht aktiv aufgegriffen. Von den „Stellungnahmen“ zu Institutsgründungen ist besonders diejenige zum Institut für Molekulare Biologie, Biochemie und Biophysik in Stöckheim bei Braunschweig (verabschiedet am 10. Dezember 1966) zu erwähnen. Sie war die einzige Stellungnahme, die ein konkretes Gründungsprojekt in der Molekularbiologie zum Thema hatte.⁹⁴ In diesem Dokument wurden Organisationsform und Finanzierung des Instituts näher erläutert, obwohl zu der Zeit von staatlicher Seite keine finanzielle Förderzusage für das Institut möglich war. Bis heute übernimmt der Wissenschaftsrat die Rolle des Beratergremiums zur forschungspolitischen Struktur und Finanzplanung. Unter Beteiligung der Wissenschaftler werden sowohl die Bundesregierung als auch die Bundesländer beraten. Obwohl die politischen Entscheidungen meist den Empfehlungen folgen, hat der Rat keine Entscheidungsbefugnis.

⁹³ vgl. auch Kapitel 2. Institutionalisierung

⁹⁴ *Wissenschaftsrat 1957-1967*, S. 106.

3.2 Die Deutsche Forschungsgemeinschaft

Die Notgemeinschaft der deutschen Forschung wurde vier Jahre nach Kriegsende wiedergegründet.⁹⁵ Die Initiative zur Wiedergründung ging vor allem von den Hochschulen, Kultusministerien und Akademien der Wissenschaften der Länder aus (Nipperdey und Schmugge 1970, S. 69): Die Notgemeinschaft nahm in kleinem Umfang mit einem Gesamtförderumfang von 1,8 Millionen DM die Förderung wieder auf, hauptsächlich durch die Vergabe von Sachbeihilfen. In der Biologie gab es im ersten Abrechnungsjahr bis Ende März 1950 74 genehmigte Anträge mit einer Gesamtsumme von 174 800 DM.⁹⁶

Zeitgleich mit der Wiedergründung der Notgemeinschaft der deutschen Wissenschaft wurde mit Unterstützung der Max-Planck-Gesellschaft der Deutsche Forschungsrat zur wissenschaftspolitischen Beratung der Bundes- und Landesregierungen konstituiert.⁹⁷ Am 2. August 1951, zwei Jahre nach der Gründung schlossen sich die Notgemeinschaft der Deutschen Forschung und der Deutsche Forschungsrat zur Deutschen Forschungsgemeinschaft zusammen. Finanziert wurde die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) aus Bundes-, Landes- und Stiftungsmitteln (Zierold 1968, Vorwort). Von 1950 und 1951 stammten die Bundesmittel zu über 90% aus dem European Recovery Program (ERP; dem Marshallplan). Die ERP Mittel wurden als Sachbeihilfen für Apparatebeschaffung ausgeschrieben und in den Jahren 1950-53, 1955, 1957 und 1958 dazu verwendet, die Naturwissenschaften, sowie die angewandte Forschung und Ingenieurwissenschaften mit zeitgemäßen Apparaten auszustatten.⁹⁸ Die Anträge für ERP-Gelder wurden zusammengefasst und zur Überprüfung von deren Beschaffung in den USA weitergeleitet.⁹⁹

⁹⁵ Die Geschichte der Notgemeinschaft der deutschen Wissenschaft und des Reichsforschungsrats vor 1949 wird hier nicht besprochen. Zur genaueren Auskunft über verschiedene Aspekte zur Geschichte der DFG von 1920-bis 1970 empfehlen sich die Publikationen der gleichnamigen Forschergruppe. „Wissenschaft – Planung – Vertreibung. Neuordnungskonzepte und Umsiedlungspolitik im 20. Jahrhundert.“ (Heinemann und Patrick Wagner 2006) und (Eckart 2006).

⁹⁶ Tätigkeitsbericht der DFG 1949, S. 31

⁹⁷ Entnommen aus der Internetseite URL:<http://www.dfg.de> (10.06.2007).

⁹⁸ Mit 4,1 Millionen DM im Jahr 1950 und 2,3 Millionen im Jahr 1951 betrug der Anteil der ERP-Mittel 41% (1950) bzw. 30% (1951) am gesamten Fördervolumen der DFG. Mit einem Schwerpunkt auf der Physik entfielen 1951 auch rund 140000 DM der Mittel auf Anträge aus der Biologie. So erhielt Georg Melchers aus ERP Mitteln eine Stockzentrifuge zur Untersuchung von phytopathogenen Viren (Bundesarchiv, B000726).

⁹⁹ Akteneintrag, Bundesarchiv Koblenz, B000726.

Das Gesamtfördervolumen der DFG stieg von 1949 bis 1971 über 200fach an. Bis 1952 lag das Budget unter 10 Millionen DM, bis 1955 bei etwa 20 Mill. DM pro Jahr. Zwischen 1956 und 1961 schwankte das Fördervolumen zwischen 60 und 80 Millionen DM pro Jahr, um dann bis 1968 konstant um etwa 20 Millionen DM jährlich auf 190 Millionen DM anzuwachsen. Zwischen 1968 und 1971 verdoppelte sich das Gesamtbudget nochmals auf dann 380 Millionen DM (Zierold 1968, S. 346).¹⁰⁰

Die DFG war organisiert als eingetragener Verein. Die von Bund, Ländern und Stiftungen überlassenen Gelder wurden mit dem Prinzip der Selbstverwaltung der Wissenschaft nach einem Gutachtersystem vergeben. Die unentgeltliche Prüfung der Anträge erfolgte durch fachlich qualifizierte „Fachgutachter“, die selbst in der Wissenschaft tätig waren (Peer Review Verfahren). Die Begutachtung und Abschlussbewertung der Anträge bei der DFG erfolgte aufgrund der Qualität des Antrags und der Erfolge bei der Durchführung gemessen in Publikationen und dem Abschlussbericht. Die weitere engere Auswahl der Bewilligungen erfolgte durch Fachausschüsse (Fachkollegien). Übergeordnete Programmausrichtung und Förderungspolitik wurden durch den Senat (und das Kuratorium) entschieden, der sich aus in der Mitgliederversammlung gewählten Wissenschaftlern zusammensetzte und mit den Empfehlungen kleinerer Kommissionen entschied. Der Senat arbeitete eng zusammen mit dem Hauptausschuss, der aus Vertretern von Bund und Ländern bestand. Der Hauptausschuss entschied über Empfehlungen des Senats bei Programm und Förderfragen und über die finanzielle Gesamtförderung.

Die Gremien konnten zur Erleichterung von förderpolitischen Entscheidungen sogenannte Denkschriften zur Lage eines bestimmten Fachgebietes einholen. Diese Denkschriften basierten auf einer statistischen Auswertung von Umfragen innerhalb der Wissenschaftler eines Faches und sollten die Mängel und Erwartungen der Wissenschaftler zur Ausrichtung des Fachs wiedergeben (Meyl 1958).

Das Hauptförderungsinstrument der DFG war das Normalverfahren. Jeder Wissenschaftler mit abgeschlossener Promotion war berechtigt hier einen Projektantrag zu stellen. Die DFG wirkte nicht richtungweisend auf das Antragsthema ein. Das Normalverfahren hatte von 1949 bis 1967 einen Anteil von 47% an der Gesamtfördersumme der DFG.

¹⁰⁰ Tätigkeitsbericht der DFG 1971

Schwerpunktprogramme

In einer SI genannten Initiative führte die DFG im Jahr 1952 die Schwerpunktprogramme (SPP) wieder ein. Diese dienten, wie auch schon vor 1945, dazu bestimmte Themen mit erhöhtem finanziellem Aufwand zu fördern. Die Fördermittel im SPP lagen in den 50er Jahren durchschnittlich 2% höher (Zierold 1968, S. 364-365) als die Mittel im Normalverfahren.¹⁰¹ Die Zahl der bewilligten Einzelvorhaben betrug jedoch nur etwa ein Viertel bis ein Fünftel der im Normalverfahren positiv bewerteten Anträge. Die Fördersumme pro Antrag im SPP war in den 50er Jahren mit durchschnittlich 26533 DM über 3,5 mal höher als bei Anträgen aus dem Normalverfahren (Zierold 1968, S. 366). Die Bewilligungsquoten lagen bei über 90%, dies sind noch einige Prozent mehr als¹⁰² im Normalverfahren. Zur Teilnahme in Frage kommende Forschergruppen wurden schriftlich zur Antragstellung ermutigt. Diese Fakten machten die SPP der DFG zu einem wirksamen Instrument zur Förderung bestimmter Forschungsrichtungen. Von 1952 bis 1960 betrug die Gesamtfördersumme in den SPPs der Biologie etwa zwei Millionen Euro pro Jahr (siehe Abb. 4). Die Fördersumme für die Schwerpunktprogramme in der gesamten Medizin und Biologie stieg ab dem Jahr 1964 von je etwa fünf Millionen DM auf je 15 Millionen DM im Jahr 1975 sehr stark an. Etwa 1/3 der Gesamtförderung in der Biologie wurde nach 1964 für das SPP Molekulare Biologie verwendet (s. Abb. 4).

In der ersten Förderrunde (SI) wurde die „Medizinische und biologische Virusforschung“ mit 570000 DM und die „Mikrobiologie“ durch die Ausstattung ausgewählter Institute mit teuren Apparaturen gefördert. Wurden im Jahr 1952 nur vier SPP unterstützt, so erweiterte sich deren Zahl 1953 (SII) auf 20 Programme. In SII wurden erstmals auch geisteswissenschaftliche Themen und die medizinische Forschung berücksichtigt. Im Rahmen von SII erfolgte wieder die Förderung der Genetik mit 479000 DM. Es wurde ausdrücklich die Betonung auf die Nachwuchsförderung gelegt. Die Virusforschung erhielt 722000 DM wurde aber nach einem Jahr von der Medizin in die landwirtschaftliche Forschung verlagert, es sollten Viruserkrankungen von Pflanzen und Tieren untersucht werden.

¹⁰¹ Der Begriff Normalverfahren wurde 1952 für Anträge außerhalb des Schwerpunktprogramms eingeführt.

¹⁰² Beispiel aus den Jahren 1956-58, entnommen dem Tätigkeitsbericht der DFG 1957-1965

Schwerpunktfoerderung der DFG in Medizin und Biologie

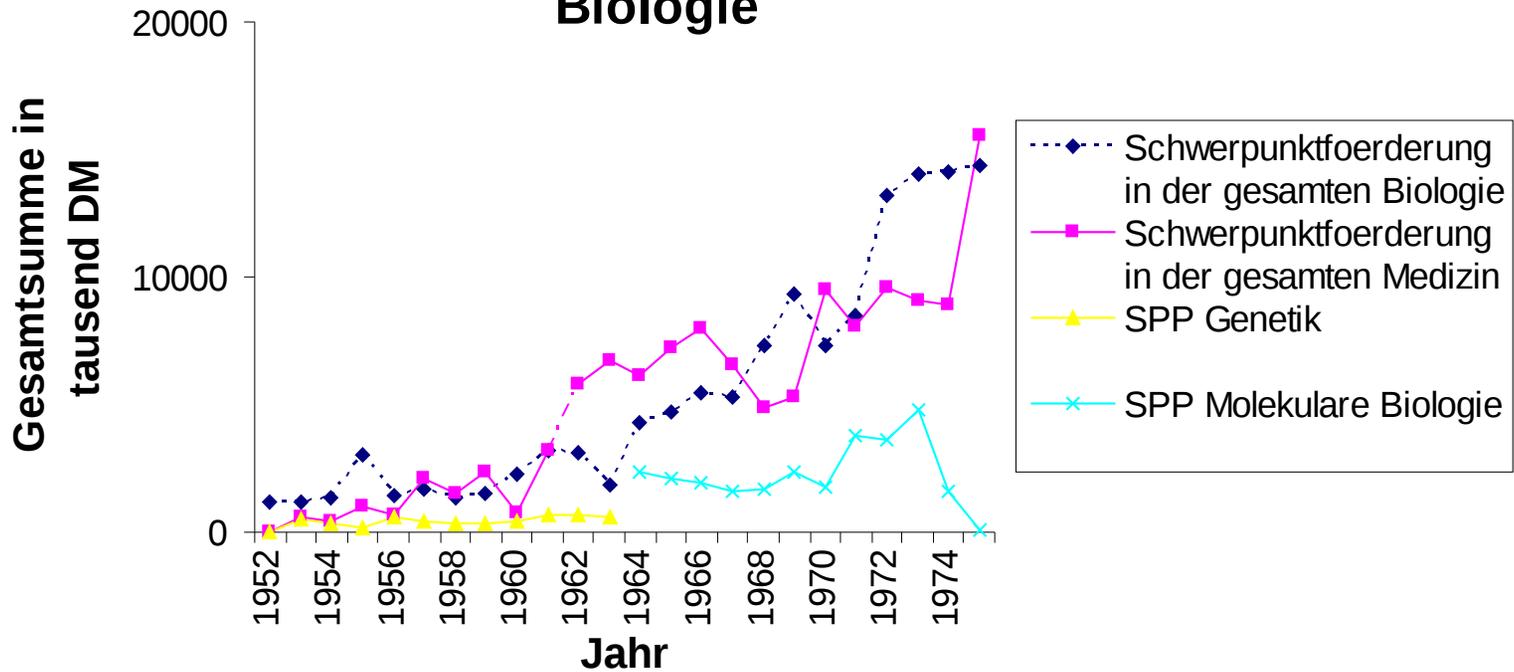


Abb.4: Die Grafik vergleicht die Gesamtfundersumme (in DM) der SSP in der Biologie und Medizin mit der Foerderung im SPP Genetik und ab 1964 dem SPP Molekulare Biologie.

Friedrich Oehlkers legte in einem Schreiben an die DFG, das er am 15.5.1953 wegen der anlaufenden Schwerpunktförderung schrieb seinen Standpunkt dar, in dem er schrieb, dass die „Mikroorganismen-Genetik“ in Deutschland stark vernachlässigt werde und

„dass die [allgemeine] Genetik besonders förderungswürdig ist, möchte ich in der Tat auch meinen. Deutschland war einmal führend auf dem Gebiet und nach dem Tode Fritz von Wettsteins, der nicht nur ein ausgezeichneter Forscher sondern gleichzeitig auch ein hervorragender Organisator war, ist die gesamte Arbeit stark zurückgegangen. Es kommt hinzu, dass die Genetik durch das 3. Reich auf das schwerste kompromittiert worden war, worunter auch wir einwandfreien Nichtnazis heute noch zu leiden haben, sodass auch der Gesichtspunkt der Aufrechterhaltung der alten, so hervorragenden Tradition eine Rolle spielt.“¹⁰³

Bei einer Besprechung zur Förderung von Forschungsarbeiten auf dem Gebiet der Genetik wurde am 10.7.1953 eindeutig auf die Notwendigkeit von internationalem Austausch (Alfred Kühn) und die Gründung genetischer Ordinariate und Extraordinariate in Genetik in Deutschland hingewiesen.¹⁰⁴ In den ersten zwei Jahresberichten nach der Wiedergründung der Notgemeinschaft der deutschen Wissenschaft ab dem 1. März 1949 finden sich sowohl in der Medizin als auch in der Biologie und der Chemie keine Bewilligungen mit Themen, die an die neueren Entwicklungen in den USA anlehnen. In den ersten Jahren der Förderung des SPP Genetik machten die Mikrobengenetik und die Phagengenetik einen geringen Anteil (2-3 Anträge pro Jahr) der Projektanträge aus. Die Strukturaufklärung der Proteine und Nucleinsäuren nahm einen etwas größeren Anteil von 3-4 Anträgen pro Jahr ein. Die Anträge im SPP Genetik kamen meist von Botanikern und Zoologen und kaum von Forschern aus chemisch ausgerichteten Fachrichtungen (Deichmann 1995 [1992], S. 204-209). Der Anteil der molekulargenetischen Projekte nahm ab Ende der 50er Jahre stark zu (Deichmann 1995 [1992], S. 204-206). Wobei nur die Anträge in der Phagen und Mikrobengenetik von Nachwuchswissenschaftlern hauptsächlich von Carsten Bresch und Reinhard Kaplan stammten. Andere Anträge nur von etablierten Wissenschaftlern, im Falle der Strukturforschung meist von Chemikern.

¹⁰³ Oehlkers an DFG am 15.5.1963, Bundesarchiv Koblenz, Mikrofilm 1863k

¹⁰⁴ Niederschrift zur Besprechung über die Förderung von Forschungsarbeiten auf dem Gebiet der Genetik vom 10.7.1953, Bundesarchiv Koblenz, Mikrofilm 1863k

Nach einer Laufzeit von acht Jahren bei der Überprüfung des SPP Genetik im Jahr 1960 wurde das Programm dringend reformbedürftig eingestuft. Die Ziele besonders die Nachwuchsförderung waren nicht erreicht worden.¹⁰⁵ Die Förderung von Auslandsaufenthalten innerhalb der Schwerpunktförderung war den Antragstiteln nicht ausdrücklich zu entnehmen. Jedoch verweist die DFG im Jahresbericht von 1959 darauf, dass bei Schwerpunktthemen mit gewünschter Nachwuchsförderung vermehrt Auslandsstipendien vergeben wurden.¹⁰⁶ Junge Forscher sollten sich einarbeiten in die modernen Arbeitsmethoden und –richtungen um diese nach der Rückkehr nach Deutschland (wieder) fruchtbar zu machen. (siehe auch unten, Ausbildungsstipendien). 1960 wurde nochmals darauf hingewiesen, dass das SPP vor allem zur Nachwuchsförderung genutzt werden soll.¹⁰⁷ Die Forderung nach der Nachwuchsförderung löste sich im Folgejahr 1959 mit der Verschiebung des Schwerpunkts der Förderung von der Strahlengenetik, der plasmatischen Vererbung klassischen Genetik hin zur interdisziplinären Forschung im Bereich der chemischen und molekularen Biologie (Deichmann 1995 [1992], S. 204-205). Im nächsten Bericht 1963 bei der Bewertungssitzung des SPP wurde vermerkt, dass sich ab 1959 mit der Einrichtung des Instituts für Genetik in Köln letztendlich die Möglichkeit zur intensiven Schwerpunktförderung bot. Es wurden 1962 von der Gesamtfördersumme im SPP Genetik von 640000 DM allein etwa 250000 DM an das Kölner Institut vergeben.¹⁰⁸ Das von 1956 bis 1963 parallel zur Genetik geförderte SPP Biochemie wurde mit durchschnittlich etwa 30 Anträgen und etwa einer Million DM Fördervolumen etwas größer angelegt als die Förderung der Genetik. Die Anträge aus dem SPP Biochemie kamen etwa zwei Dritteln aus der Hormon-, Stoffwechsel und Naturstoffforschung. Die anderen, eher der Molekularbiologie zuzuordnenden Anträge, behandelten vor allem die Protein- und Nukleinsäuresynthese.

Joseph Straub berichtete bei der Senatssitzung der DFG am 22. Oktober 1962 von den Erfolgen des SPP Genetik. Auf die Frage ob nach einer zehnjährigen Nachwuchsförderung „ordinariable“ Nachwuchswissenschaftler vorhanden seien antwortete er, dass mindestens fünf Herren die im SPP Genetik mitarbeiten diese Qualität besäßen. Auf Hansjochem Autrums Vorschlag den SPP „Genetik“ in

¹⁰⁵ Joseph Straub bei der 37. Sitzung der DFG am 9.12.1960, Bundesarchiv Koblenz, Mikrofilm 1863K

¹⁰⁶ Tätigkeitsbericht der DFG 1959, S. 54

¹⁰⁷ 37. Sitzung der DFG am 9.12.1960, Bundesarchiv Koblenz, Mikrofilm 1863k,

¹⁰⁸ Senatsprotokoll 20.2.1963, Bundesarchiv Mikrofilm 1863k

„Molekulare Genetik“ umzubenennen verwies Adolf Butenandt darauf am besten gleich „Molekulare Biologie“ zu sagen um die Beteiligung der Biochemie mühelos möglich zu machen. Das SPP Biochemie sollte mit der Genetik bei ausreichender Finanzierung zusammen gelegt werden. Die Umbildung sollte im daraufhin formulierten Senatsvorschlag erst 1964 erfolgen.¹⁰⁹ Auf den Beschluss zur Bildung des SPP Molekulare Biologie wurden alle geeigneten Forscher in Deutschland von der Möglichkeit zur Antragsstellung informiert. Besonders die neu eingerichteten Institute für Genetik sollten als Keimzelle zur Etablierung der Forschungsrichtung im Laufe des SPP massiv gefördert werden.¹¹⁰

Offiziell formulierte die DFG ihr Anliegen zur Förderung der Biochemie im Jahresbericht 1963: „Nachdem die Genetik, die Biochemie und die Experimentelle Zellforschung acht Jahre im Schwerpunktprogramm gefördert worden sind, soll nun die Molekularbiologie besonders unterstützt werden. Im und nach dem zweiten Weltkrieg hat sich die Molekulare Biologie besonders in den angelsächsischen Ländern stürmisch entwickelt. Seit neuestem ist man auch in der UdSSR davon überzeugt, dass dieses Gebiet besonderer Pflege bedarf. Es ist nicht ganz leicht die Grenzen der Molekularbiologie abzustecken.

Mancher wird darunter nur die molekulare Genetik, im Wesentlichen also die Erforschung des Aufbaus und der Wirkungsweise der Nukleinsäuren verstehen, andere fassen den Begriff weiter und dehnen ihn auf alle Untersuchungen auf molekularer Basis im Bereich der Biologie aus. Diese im Zentrum der der Biologie stehende Forschungsrichtung fordert die Zusammenarbeit von Botanikern, Zoologen, Bakteriologen und Virologen mit Biochemikern, Biophysikern und physikalischen Chemikern. Dem Biologen dienen als Versuchsobjekte neben Bakterien, Viren, Bakteriophagen und Pilzen auch Zellbestandteile von Tieren und Pflanzen. Chemiker und Physiker erforschen die Kinetik, Funktion und Struktur von Enzymen, Eiweißen und Nukleinsäuren Fortschritte sind also nur durch die enge Zusammenarbeit aller beteiligten Disziplinen zu erwarten.“¹¹¹

Mit 2,33 Millionen DM war das SPP Molekulare Biologie 1964 und 1965 das am umfangreichsten geförderte Programm in der Medizin und den Naturwissenschaften (s.

¹⁰⁹ Protokollauszug der 43. Senatssitzung der DFG am 22. Oktober 1962 in Bad Godesberg, Bundesarchiv Koblenz B227/138604

¹¹⁰ Vermerk der DFG betreffend der Liste der Teilnehmer (Dr. Schiel), 1.2.1963, Bundesarchiv Koblenz B227/138604

¹¹¹ DFG Jahresbericht 1963, S. 63

Abb. 5). Mit durchschnittlich 65 Anträgen pro Förderjahr und etwa 35000 DM Bewilligungssumme pro Antrag in den ersten fünf Förderjahren lag das SPP etwa 6000 DM über dem Durchschnitt.

Durchschnittliche Bewilligungshöhe pro Antrag

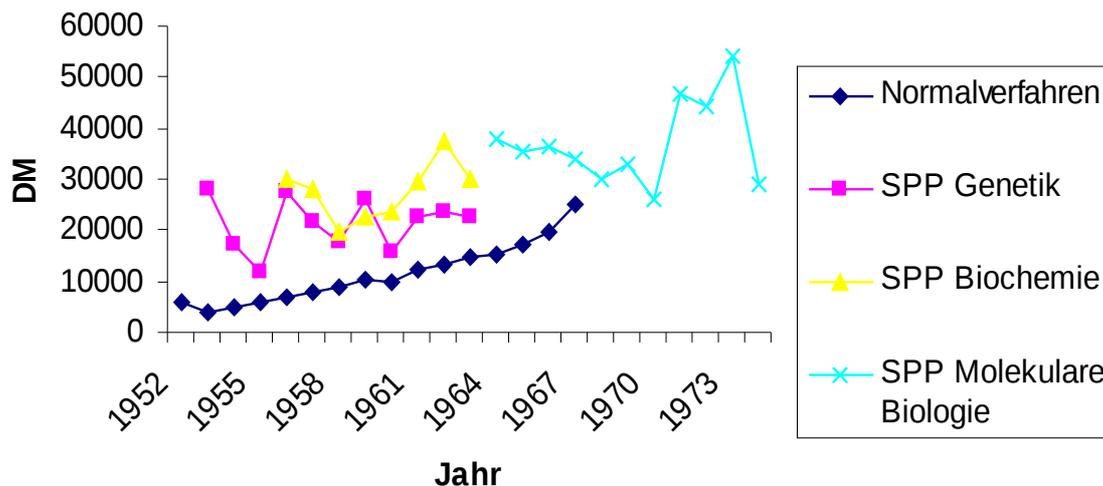


Abb. 5: Die Fördersumme pro Antrag im SPP Genetik, Biochemie und Molekularbiologie im Vergleich zum Normalverfahren in der Biologie (Zierold 1968, S. 366)

Nachdem die Planungskommission der DFG im Jahr 1970 erneut die besondere Förderungswürdigkeit formuliert hatte, wurde mit einem zweiten Förderhoch zwischen 1971 und 1973 und einer Fördersumme pro Antrag von über 53000 DM im Jahr 1973 erreicht (s. Abb. 5). Die Beendigung des SPP schon im folgenden Jahr wurde begründet durch das inzwischen zu umfassende Thema. Das zu große Themengebiet führte nach Meinung der Planungsgruppe zu „ungewöhnlichen Gewaltkürzungen“ vor allem bei Personalkosten in vielen Anträgen.¹¹² Die beiden Nachfolge- SPPs waren 1973 bereits konzipiert. Sie sollten eine mit einer Gesamtfördersumme von 7,5 Millionen DM pro Jahr mit den Themen „Struktur-Funktionsbeziehungen von Biopolymeren“ eher strukturelle Aspekte, und mit „Nukleinsäure- und Proteinbiosynthese“ eher funktionelle Aspekte in der Molekularbiologie untersuchen.

¹¹² Sitzung der Planungsgruppe am 26.6.1973, Bundesarchiv Koblenz B227/171333

Dabei sollte zur Erhaltung der Querdiskussion sowohl Prokaryonten- als auch Eukaryontenforschung zugelassen werden, obwohl dies problematisch erschien. Forschungsinhalte und Wissenschaftler werden in Kapitel 5 dieser Arbeit diskutiert.

Etwa 120 Wissenschaftler waren mit ihrer Antragstellung im SPP Molekularbiologie erfolgreich (siehe Tabelle 2). Zur Veranschaulichung wurden die Personen sofern möglich einzelnen Teilgebieten zugeordnet.

Bewilligungen im SPP Molekulare Biologie zwischen 1964 und 1972 nach Teilgebieten⁶ geordnet

Proteinstrukturforschung

Name	Teil- gebiet ⁶	1964 ³	1965 ³	1966	1967-1968	1969-1970 ⁴	1970-1972 ⁴
Braunitzer, Gerhard	1	50775	77382 *	47075	51910	62750	
Heymann, Eberhard	1					20262	
Hoppe, Walter	1	29100	11747 5	ca. 200000	ca. 150000	36000	
Huber, Robert	1						62400
Jaenicke, Rainer	1	38865	50300	64537	ca. 97000	74917	156850
Kühn, Klaus	1	51570/ 17100	64880	37915	44600		
Mayer, Adalbert	1						167050
Pfleiderer, Gerhard	1	77270	59030	61911	112400	87600	209850*

Viren- und Phagengenetik

Name	Teil- gebiet ⁶	1964 ³	1965 ³	1966	1967-1968	1969-1970 ⁴	1970-1972 ⁴
Aach, Hans-Günther	2			ja	ja		
Arnold, Carl G.	2						201550
Bautz, Ekkehard	2					150000	450950*
Breindl, Michael	2					7000	
Bresch, Carsten	2	40980					
Drzeniek, Rudolf	2				23500	ja	
Eggers, Hans J.	2		30000	30000	50000		
Göbel, Werner	2						200000*
Hausmann, Rudolf	2						55900
Hobom, Gerd	2						56400
Hofschneider, Peter H.	2	64585	63774	64814	120320	77120	147050
Jungwirth, Christoph	2				ja	ja	

Name	Teil- gebiet ⁶	1964 ³	1965 ³	1966	1967-1968	1969-1970 ⁴	1970-1972 ⁴
Kaplan, Reinhard W.	2 u. 3	8000	8000	13052	34080	64000	
Kaudewitz, Fritz	2	22869	41631	22497		ja	
Koch, Meinhard	2					30000	
Mennigmann, Horst D.	2				39870	3500	74800
Paul, Ludwig	2	12100					
Prell, Hermann H.	2	62088	46988	6840	9750		
Rhäse, Hans Jürgen	2						96250
Rott, Rudolf	2	34374	71975	24180	ja		
Sanger, Heinz Ludwig	2	31800		ja	ja	ja	
Schäfer, Werner (für Klaus Bayreuther)	2	27710					
Scholtissek, Christoph (bei Rott)	2				24500	ja	
Schramm, Gerhard	2	43460					
Sekeris, Constantin (bei Karlson)	2 u. 5	26200	67600	46235	141665	40760	147850
Strack, Hans Bernd	2			19200	42400		
Wecker, Eberhard	2			135760 ²	(s.1966)	19935	144000*

Bakteriengenetik

Name	Teil- gebiet ⁶	1964 ³	1965 ³	1966	1967-1968	1969-1970 ⁴	1970-1972 ⁴
Heumann, Wolfram	3	12100					
Kaplan, Reinhard W.	2 u. 3	8000	8000	13052	34080	64000	
Schaller, Heinz	3 u. 4			ja	23400	36865	
Starlinger, Peter	3	6000	6000	10000	31170	48385	
Vielmetter, Walter	3	37404/ 41496	18900	17900	17100	31600	
Wacker, Adolf	3	15000	8000	10000	35460		
Wallenfels, Kurt	3	56080					

Nukleinsäurestruktur/-funktion/-biosynthese

Name	Teil- gebiet ⁶	1964 ³	1965 ³	1966	1967- 1968	1969-1970 ⁴	1970-1972 ⁴
Bogen, Joachim	4	51272	49966	ja			
Cramer, Friedrich	4	75700	52457	20200	85800	ja	76290
Eckstein, Hans	4				ja	ja	
Fahr, Egon, Würzburg	4	37125					
Feldmann, Horst	4 u. 5			10000	21700	29900	131200
Fritz, Hans Georg (bei Straub)	4	35700	15685	10830			

Name	Teil- gebiet ⁶	1964 ³	1965 ³	1966	1967- 1968	1969-1970 ⁴	1970-1972 ⁴
Gassen, Hans G.	4					ja	8300
Hartmann, Guido	4 u. 5	80001	49050	27069	36800	41785	72200
Hölzel, Friedrich	4				211000*	ja	
Karlson, Peter	4	19700	24000	52400			
Kersten, Helga	4				ja	279895 ¹	
Kersten, Walter	4	101370	ca. 75000	ca. 20000	86002		
Keyl, Hans Günther	4		5000	5000	13141		
Klämbt, Dieter	4						86200
Kleinkauf, Horst	4			39519	14700		
Koch, Gebhard	4			31795	176025	33000	
Koch, Jürgen	4					128815	41650
Lezius, Axel (bei Cramer)	4				ja	ja	5000
Richter, Gerhard	4		28410/ 14916	41784	23400	ja	
Rüger, Wolfgang	4				ja	ja	
Schaller, Heinz	3 u. 4			ja	23400	36865	
Stein, Werner	4			ja			
Zachau, Hans Georg	4	27690	57950	32813	21200	20032	40000

Genetischer Code/ Proteinbiosynthese

Name	Teil- gebiet ⁶	1964 ³	1965 ³	1966	1967-1968	1969-1970 ⁴	1970-1972 ⁴
Betz, Augustin	5			54393	95120	61820	125100
Caffier, Hans (bei Matthaei)	5					18220*	
Dellweg, Hans	5	71675	58717	ja			
Dütting, Dieter	5			9000		11000	
Esser, Karl	5				13770		3450
Feldmann, Horst	4 u. 5			10000	21700	29900	131200
Fittler, Friedrich	5					ja	12500
Hartmann, Guido	4 u. 5	80001	49050	27069	36800	41785	72200
Henning, Ulf	5	5917/ 26082*	18450				
Herzfeld, Frank (bei Esser)	5						10350
Hess, Dieter (bei Straub)	5	9920	29838	2700	4000		
Hilse, Kurt	5						55950
Kirschner, Kasper	5				ja		
Klink, Friedrich	5	88500	55000	65023	117200	ja	

Name	Teil- gebiet ⁶	1964 ³	1965 ³	1966	1967-1968	1969-1970 ⁴	1970-1972 ⁴
Köhler, Kurt	5	28175	33850	23200	43520	15000	34400
Lingens, Franz	5				ja		
Matthaei, Heinrich	5	25000	53372	175040*	58664	63540	34400*
Ostertag, Wolfram	5						97450
Parmeggiani, Andrea (bei Matthaei)	5			34800	38501	ja	
Richter, Dietmar	5					ja	
Sekeris, Constantin	2 u. 5	26200	67600	46235	141665	40760	147850
Turba, Friedrich	5	35472/ 16010	13856 0*				
Voigt, Hans Peter (bei Matthaei)	5					17760	
Wintersberger, Erhard	5						169150
Wittmann, Brigitte	5						173050
Wittmann, Heinz- Günther	5	10163	53824	74870	99950	60316	138800
Zillig, Wolfram	5	56700	87470	55723	131240	81405	14400

Andere (vor allem chemische Forschung oder Membranforschung)

Name	Teil- gebiet ⁶	1964 ³	1965 ³	1966	1967-1968	1969-1970 ⁴	1970-1972 ⁴
Ackermann, Theodor	6		49200	49951	98410	51075	110200
Amelunxen, Ferdinand	6	151466	12600	16280	30200	33000	
Bermek, Engin (bei Matthaei)	6					16318*	
Bier, Karlheinz	6	28420*	31000				
Böck, August (bei Kandler)	6						124950
Brinkmann, Klaus	6						41100
Bücher, Theodor	6	13500	19530				
Drews, Gerhart	6	ja	ja				
Egelhaaf, Albrecht	6	47315	21260 *				
Eigen, Manfred	6		47504				
Erben, Kurt	6						4000
Graßmann und Hannig	6	129009	50360	35900			
Hasselbach, Wilhelm	6	ja	ja				
Haug, Alfred	6	6300	ja				
Helmreich, Ernst	6						125750*
Hertel, Rainer	6						121090
Kandler, Otto	6	ja	ja				
Klingmüller, Walter	6			34000	31292	ja	

Name	Teil- gebiet ⁶	1964 ³	1965 ³	1966	1967-1968	1969-1970 ⁴	1970-1972 ⁴
Krisch, Klaus	6			ja	ja		
Lysek, Gernot	6						33600
Marquardt, Hans	6						57100
Mechelke, Friedrich (bei Straub)	6	11000					
Menke, Wilhelm	6	70435/ 8600	41010				
Neth,Rolf	6				97130	71770	
Palm, Dieter	6						126100
Rummel, Walter	6	ja					
Ruska, Helmuth	6	ja					
Schloegl, Reinhard	6	ja	ja				
Schneider, Lothar	6	ja	ja				
Schötz, Franz	6		ja				
Schwancker, Klaus Dieter (bei Helmreich)	6						75900*
Simonis, Wilhelm	6	ja					
Sitte, Peter O.	6	37915	12050				
Stauff, Joachim	6	31416	24370		ja		
Weirich, Günther (bei Karlson)	6				34200		
Wessing, Arnim	6	ja	ja				
Wohlfarth-Bottermann, Karl Ernst	6	ja	ja				
Zebe, Ernst	6	ja					
Zundel, Georg	6					34640	101600
Falter, Hermann	Stip.				ja		
Kutschera, Jörg	Stip.				ja		
Vosberg, Hans-Peter	Stip.					⁵	
Weber, Klaus	Stip.	⁵					
Hoffmann-Berling, Hartmut	Stip. (?)	3150					

* Die tatsächliche Gesamtsumme ist unklar, eventuell wurde der Antrag ausgeweitet, gekürzt oder (nur bei Antragsrunde 1970-1972) abgelehnt.

Quellen: Akten zu Auswahlitzungen der Fachkommissionen, Bundesarchiv Koblenz B227/138604, B227/138606, B227/138607, B227/138609, B227/138610 und Tätigkeitsberichte der DFG der entsprechenden Jahre (diese enthielten bis 1969 Angaben zu Person und Titel der geförderten Anträge).

ja: Der Antrag wurde bewilligt. Die Antragssumme ist unbekannt.

¹ inkl. Großgerät

² E. Wecker erhielt diese Summe verteilt auf die Jahre 1966-68

³ bewilligte Anträge innerhalb des SPP Molekulare Biologie aus den Jahren 1964 und 1965, die sich mit dem Aufbau und der Funktion von Zellwänden und Membranen beschäftigen wurden bei der DFG als „Untergruppe Membranen“ geführt und getrennt begutachtet. Diese Bewilligungen sind hier nur aufgeführt, wenn Sie auch im entsprechenden Tätigkeitsbericht gelistet waren. Ab 1966 wurden diese Anträge im Jahresbericht getrennt gelistet.

⁴ ab 1970 wurden die Bewilligungen innerhalb der SPPs nicht mehr einzeln im Jahresbericht gelistet. Sie konnten deshalb nicht mit den Anträgen aus den Kommissionssitzungen verglichen werden.

⁵ Auslandsstipendium zur Ausbildung in Molekularbiologie

⁶ Teilgebiete:

1. Proteinstrukturforschung
2. Virus-/Phagengenetik
3. Bakteriengenetik
4. Nukleinsäurestruktur/-funktion/-biosynthese
5. Genetischer Code/ Proteinbiosynthese
6. Andere (vor allem chemische Forschung oder Membranforschung)

Die Einteilung erfolgte anhand der Projekttitel und ab 1970 anhand von Publikationen des Wissenschaftlers aus der Zeit. Es gibt wenige Wissenschaftlern die zwei Kategorien zugeordnet wurden.

Tabelle 2: Angaben zur Fördermenge in DM (pro Person, Antrag) getrennt nach Förderperioden des SPP Molekulare Biologie von 1964 bis 1972. Die Angaben der Fördermenge sind aus den Akten der DFG im Bundesarchiv in Koblenz entnommen. Die Wissenschaftler wurden sofern möglich und sinnvoll einzelnen Teilgebieten zugeordnet. Diese Teilgebiete wurden nicht von der DFG festgelegt, sondern sollten in Ergänzung zu Kapitel 5 dieser Arbeit Angaben zum Förderumfang in den einzelnen Teilgebieten ermöglichen. Die Einteilung erfolgte anhand der Projekttitel ab 1970 wurde das Forschungsthema aus Publikationen des Wissenschaftlers entnommen. Bei mehrjähriger Förderung wurde das am häufigsten vorkommende Teilgebiet ausgewählt.

Der Tabelle 2 ist zu entnehmen, dass im Schwerpunktprogramm Molekulare Biologie alle Teilgebiete konstant gefördert wurden. Die höchste durchschnittliche Förderhöhe findet sich in der Proteinstrukturforschung mit einer Fördersumme von knapp 300000 DM pro Antragsteller über die Laufzeit des SPPs. In den anderen Teilgebieten waren die durchschnittlichen Fördersummen deutlich niedriger. Etwa 25% der geförderten Personen und Projekte konnten keinem Teilgebiet der Molekularbiologie zugeordnet werden.

Das SPP Immunbiologie mit einer Laufzeit von 1964 bis 1973 war wie das SPP Molekulare Biologie darauf ausgerichtet die Rückstände der Forschung aufzuholen. Mit dem Hinblick auf frühere Fortschritte in der Immunologie in Deutschland und die Vertreibung deutscher Immunologen nach 1933 blieb für junge Wissenschaftler nur die Möglichkeit die neuesten Methoden der Immunologie im Ausland zu erlernen.¹¹³ Mit durchschnittlich 50 Anträgen und einer Fördersumme von 1,5 Millionen pro Jahr lag die Förderung etwa 20% niedriger als im SPP Molekulare Biologie.

Auch in anderen SPP, bei denen nicht schon in der Konzeption an die Förderung der molekularen Biologie gedacht wurde, gab es wenige Bewilligungen zu mikrobiologischen, virologischen und proteinbiochemischen Themen aus der molekularen Biologie. Diese sind SPP Experimentelle Zellforschung (1955-1963, insgesamt elf Bewilligungen), SPP Natürliche und künstliche Makromolekulare Substanzen (1953-1958 insgesamt 18 Bewilligungen meist zur Peptidstrukturforschung), SPP Kristallstrukturforschung (1959-1963 3 Anträge von Walter Hoppe zur Erforschung von Proteinstrukturen) und die Virusforschung (1952-1958 ca. 15 Anträge aus der pflanzlichen und klinischen Virusforschung der Großteil davon aus den Max-Planck-Instituten in Tübingen).

Forschungs- und Ausbildungsstipendien

Die DFG förderte seit 1949 Forschungsstipendien für junge Wissenschaftler ohne feste Stelle. Der Unterschied zwischen einer genehmigten Stelle im Rahmen eines Sachbeihilfeantrages lag darin, dass die Qualifikation des Stipendiaten durch Gutachter geprüft wurde. Diese Stipendien wurden in den naturwissenschaftlichen Fächern zu Beginn der Förderung 1949 zu einem großen Teil an Biologen vergeben. Die Begründung der DFG lag darin, dass Biologen und Mediziner weniger in Forschungsteams arbeiteten und deshalb weniger Gelegenheit hatten ihre Stelle durch eine Sachbeihilfe im Normalverfahren zu erhalten. Es gab pro Jahr zwischen 15 und 50 Stipendien in der Biologie. Die Empfänger des Stipendiums mussten ein ausgearbeitetes Forschungsprojekt zur Begutachtung einreichen. Das Projekt sollte in Deutschland in der Arbeitsgruppe eines etablierten Wissenschaftlers selbständig durchgeführt werden. Wurde das Projekt und die Qualifikation des Bewerbers positiv

¹¹³ Tätigkeitsbericht der DFG 1963, S. 62f

bewertet so erhielten sie die Förderung für die eigene Stelle für zwei bis drei Jahre. Die Ausgaben der DFG für die Forschungsstipendien in der Biologie lagen zwischen 100000 und 400000 DM pro Jahr. 1952 nahm die DFG das Ausbildungsstipendium in die Förderung auf. Dieses Stipendium hieß zunächst „Stipendium für die Fortbildung im Ausland“ (Zierold 1968, S. 385) wurde aber ab 1955 auch im Inland vergeben. Mit der Promotion als Voraussetzung wurden die Stipendiaten eher nach Ihren persönlichen Qualifikationen als nach ihrem Projektantrag ausgewählt. Der Antrag musste ausdrücklich von dem akademischen Lehrer befürwortet sein und auch eingereicht werden. Dem Stipendiaten wurde eine zusätzliche Ausbildung oder das Erlernen neuer Methoden ermöglicht. Die Gesamtzahl der Ausbildungsstipendien war deutlich kleiner als die der Forschungsstipendien. Etwa zwei Drittel der Ausbildungsstipendien wurden in der theoretischen Medizin und der Biologie vergeben (s. Abb. 6), da es hier als beinahe unumgänglich angesehen wurde, bestimmte Methoden vor allem in der Molekularen Genetik und Biochemie im Ausland zu erlernen (Zierold 1968, S. 502).

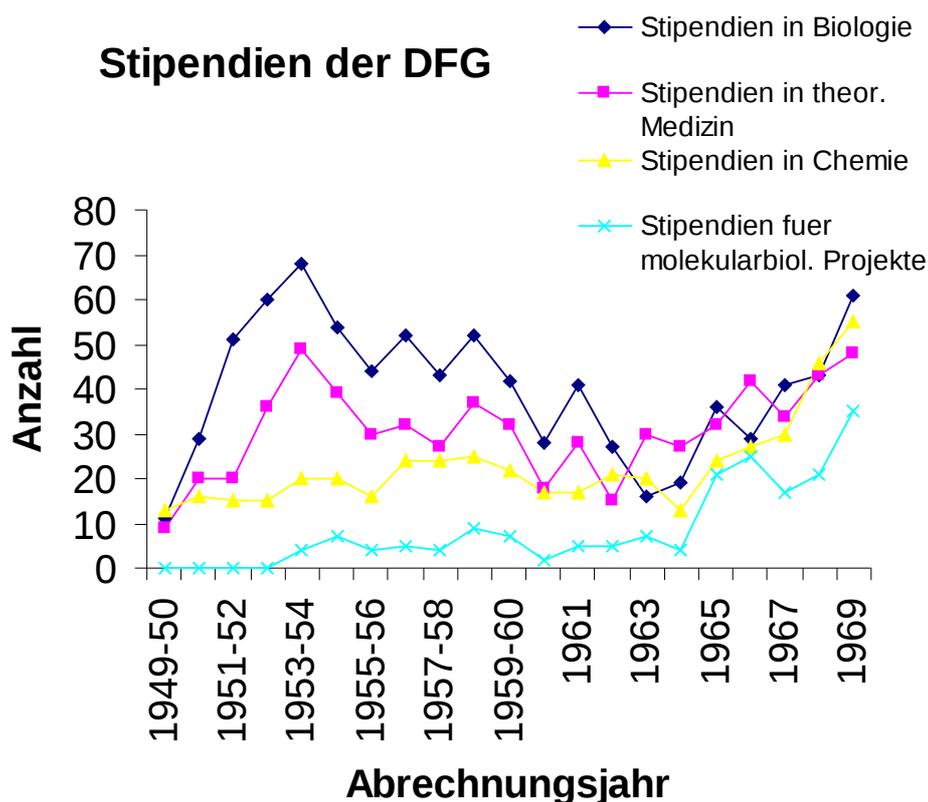


Abb. 6: Die Zahl der Stipendien ist berechnet als Gesamtzahl der Forschungsstipendien (1949-1969); Assistentenstipendien (1950-1954); Auslandsstipendien (1955); Ausbildungsstipendien (1956-1965) und

Forschungsfreijahre (1966-1969) wie in den jeweiligen Jahresberichten der DFG beschrieben. Die molekularbiologische Projekte kommen aus der Biologie, Chemie und der theoretischen Medizin.

Sonderforschungsbereiche

Auf Empfehlung des Wissenschaftsrats zur „Schaffung leistungsfähigerer Forschungseinheiten in den Hochschulen“ (Nipperdey und Schmugge 1970, S. 92) förderte die DFG ab 1968 mit großem finanziellem Einsatz die Sonderforschungsbereiche (SFBs). Die Sonderforschungsbereiche waren langfristig institutionalisierte Einheiten an Hochschulen, die aufgrund eines gemeinsamen Forschungsprogramms als wissenschaftlich ergiebig erschienen.¹¹⁴ Die am SFB teilnehmenden Gruppen stammten aus verschiedenen Einrichtungen der Universitäten, später auch in Kooperation mit außeruniversitären Forschungseinrichtungen. Die Finanzierung sollte über längere Zeit gesichert sein und wurde zwischen der DFG und dem zuständigen Bundesland aufgeteilt. Das Antragsverfahren für einen Sonderforschungsbereich war in drei Stufen eingeteilt. Nach dem formalen Vorantrag der Hochschule bei der DFG wurde dieser dort in verschiedenen Gremien überprüft und zur eigentlichen Antragstellung freigegeben. Nach weiteren Antragsschritten und der Begutachtung des schriftlichen Antrags durch unabhängige Gutachter bei der DFG erfolgte die Prüfung der Antragsvoraussetzungen vor Ort. Erst nach weiterer Abstimmung mit dem Senat erhielt die Hochschule Bescheid über den Ausgang des Verfahrens. Ein genehmigter SFB wurde von seinen Mitgliedern selbst verwaltet und die Mittelvergabe bzw. Aufnahme verschiedener Projekte wurde intern entschieden. Interne SFB-Ordnungen bestimmten die Verfahren zur Aufnahme von Forschern, Entscheidungen über die Ausrichtung und die interne Qualitätskontrolle. Mehrjährige Bewilligung war in den ersten Jahren vorgesehen, aber noch nicht durch die DFG verankert. Über die Verfahren der Mehrjahresbewilligung waren bis Anfang der 1970er Jahre noch keine endgültigen Entscheidungen gefallen. Es bewährte sich jedoch die Zwischenbewertung durch die ursprünglichen Gutachter nach einigen Jahren der SFB-Laufzeit. Bei der Zwischenbewertung wurde über die weitere Genehmigung entschieden.

¹¹⁴ Jahresbericht 1969, S. 78

Die durchschnittliche Laufzeit der 15 SFBs, die molekularbiologische Themeninhalte förderten und die vor 1980 genehmigt wurden (14 wurden bis 1973 genehmigt und einer 1979), war 14 Jahre (bei einer Zeitspanne zwischen drei und 21 Jahren Laufzeit). Die Verteilung der 15 molekularbiologischen SFBs auf die Bundesländer war ungleich. Während in Baden-Württemberg, Nordrhein-Westfalen und Bayern mehrere SFBs bewilligt wurden, hatten einige Bundesländer keinen oder nur einen erfolgreichen Antrag (s. Tabelle 3).

Bundesland	Zahl der bewilligten SFBs	Förderung in Mio. DM
Baden-Württemberg	5	121,3
Nordrhein-Westfalen	3	115,8
Bayern	2	91,6
Berlin	1	28,3
Hessen	1	52,3
Niedersachsen	1	2,3
Rheinland-Pfalz	1	54,1
Saarland	1	39,1

Tabelle 3: Verteilung und Förderumfang der SFBs mit Molekularbiologischen Fragestellungen auf die Bundesländer (Bewilligung vor 1980)

Die Auflistung in Tabelle vier zeigt, dass es bei den einzelnen SFBs große Unterschiede im Förderumfang gab. Mit Laufzeiten von bis zu 21 Jahren wurden die „großen“ SFBs mit mehreren Millionen DM pro Jahr gefördert. Die meist-geförderten SFBs waren in Köln und München, gefolgt von Mainz, Freiburg und Konstanz (s. Tabelle 4).

SFB Name	SFB Nr.	Ort	Laufzeit	Jahre der Förderung	Gesamtförderung in tausend DM	Ø DM/Jahr in tausend
Struktur, Funktion und Biosynthese von Peptiden und Proteinen	9	TU Berlin	1979-1992	14	28.345.000	2025
Virologie	31	Freiburg i. Br.	1969-1976	8	3.922.000	490
Genetik	35	Univ.? Heidelberg	1970-1977	8	11.665.000	1458
Membranforschung	38	Saarbrücken	1968-1985	18	39.135.000	2174
Chemie und Physik der Makromoleküle	41	Mainz	1969-1987	19	54.147.000	2850
Molekulare Grundlagen der Entwicklung	46	Freiburg i. Br.	1968-1982	15	42.909.000	2861
Mikrobiologie	47	Giessen	1968-1988	21	52.275.000	2489
Biochemie	51	MPI und/oder Univ. München	1969-1982	14	56.734.000	4052
Molekularbiologie der Zelle	74	Köln	1970-1988	19	73.097.000	3847
Molekulare Biologie	75	Braunschweig	1971-1973	3	2.231.000	744
Chemische Biologie der Mikroorganismen	76	MPI und/oder Univ. Tübingen	1971-1985	15	28.134.000	1876
Cytologische Grundlagen der experimentellen Biologie	105	Würzburg	1973-1986	14	34.832.000	2488
Biologische Nachrichtenaufnahme	114	Bochum	1972-1986	15	26.056.000	1737
Biologische Grenzflächen	138	Konstanz	1972-1983	12	34.706.000	2892
Biologische Membranen	160	Aachen	1973-1987	15	16.702.000	1113
Gesamt					504.890.000	

Tabelle 4: Die Auflistung zeigt zwischen 1968 und 1980 bewilligte SFBs mit molekularbiologischen Teilaspekten.

Förderung von Bibliotheken

Ein finanzieller Schwerpunkt der nach dem Krieg wiederaufgenommenen Förderung lag auf der Aktualisierung und Beschaffung ausländischer Literatur. Diese Förderung betraf sowohl die im Krieg zerstörte Literatur als auch die Beschaffung fehlender Zeitschriftenjahrgänge aus den Kriegsjahren. Die DFG war richtungweisend bei finanziellen und strukturellen Entscheidungen zum Ausbau der Bibliotheken. Dem in der Forschung als schwerer Missstand empfundenen Fehlen der ausländischen wissenschaftlichen Zeitschriften wurde durch gezielte Beschaffungslisten versucht. Sondersammelgebiete und eine Prioritätenliste für Zeitschriften sollte die Lücken füllen (Schmitt und Örtel 1966). Vor allem aus den USA erhielten deutsche Forschungseinrichtungen Hilfe durch Schenkungen, aber auch der Literaturtausch kam wieder in Gang.¹¹⁵ Seit Ende der 1950er Jahre waren die Bibliotheken meist wieder mit den wichtigsten Zeitschriften bestückt.¹¹⁶

¹¹⁵ Jahresbericht der Notgemeinschaft der deutschen Wissenschaft 1950-51

¹¹⁶ siehe auch Kapitel 4, Zitationsanalyse zur Verfügbarkeit von Literatur.

3.3 Andere Fördereinrichtungen

Zusätzlich zur Deutschen Forschungsgemeinschaft, als Hauptförderer gab es andere Einrichtungen und Stiftungen, die mit verschiedener Ausrichtung und finanziellen Mitteln die Forschung und den internationalen wissenschaftlichen Austausch der Wissenschaftler ermöglichten. Diese Einrichtungen sollen im Folgenden kurz vorgestellt und ihr Einfluss auf die Förderung der molekularbiologischen Forschung in Deutschland aufgezeigt werden. Als Quellen dienen Sekundärliteratur, Archivmaterial, Jahresberichte und Biographien einzelner Wissenschaftler.

Die Fulbright-Kommission

Das Fulbright Programm der US-Regierung wurde angeregt von Senator J. William Fulbright. Ab 1946 finanzierte das Programm in bi-nationalen Abkommen den internationalen akademischen Austausch in der Grundlagenforschung für ausländische Wissenschaftler und später auch Studenten in die USA und US-Bürger. Die deutsche Fulbright Kommission war zusammengesetzt aus je fünf deutschen und fünf amerikanischen Mitgliedern, die von den Ehrenvorsitzenden der Kommission, dem deutschen Außenminister und dem amerikanischen Botschafter in Deutschland, ernannt wurden. Für westdeutsche Wissenschaftler bot die Fulbright-Kommission, erstmals im Jahr 1952 die Möglichkeit sich zu bewerben. Nach der Begutachtung der Anträge und einer Vorauswahl durch das Sekretariat des Programms und die DFG, oblag die Endauswahl der Bewerber der Kommission. Die ersten durch das Fulbright Programm geförderten Stipendiaten aus Deutschland fuhren 1953 als Studenten und Postdocs (Wissenschaftler nach der Doktorarbeit) in die USA.¹¹⁷ Ein Beispiel für einen Studenten von 1953 war Thomas Trautner. Er ging als Fulbright Student an die University of Illinois, wo er erstmals mit der Phagenforschung in Kontakt kam. Nach seiner Rückkehr nach Göttingen arbeitete er bis zum Abschluss seines Studiums und der Doktorarbeit als Student in der phagen-genetischen Arbeitsgruppe von Carsten Bresch am MPI für physikalische Chemie. Nach weiteren Auslandsaufenthalten in Stanford und Berkeley und wiederholten Forschungsaufenthalten am Institut für Genetik in Köln wurde Trautner 1965 Direktor am MPI für Molekulare Genetik in Berlin

¹¹⁷ siehe URL: <http://www.fulbright.de> (abgerufen am 05.06.2007)

(Wenkel und Deichmann 2007, S. 304).¹¹⁸ Eine weiterer Stipendiat von 1953 war der Physiker Alfred Gierer, der nach seiner Promotion in Physik bei Karl Wirtz am Max-Planck-Institut für Physik die Möglichkeit erhielt, um für ein Jahr an das Department für Biologie am Massachusetts Institute of Technology zu gehen. Dort führte er in der Gruppe des Biochemikers Irwin Sizer enzymkinetische Versuchsreihen durch (Gierer 1955). Aufgrund dieser Erfahrung in der Biochemie erhielt Gierer nach seiner Rückkehr 1954 eine Assistentenstelle am neugegründeten Max-Planck-Institut für Virusforschung bei Hans Friedrich-Freksa und befasste sich mit der molekularen Biologie des TMV. Der Biochemiker Hans-Georg Zachau war 1956 Fulbright Stipendiat. Er beschrieb diese Erfahrung folgendermaßen: „Butenandt ließ mich per Handschlag versprechen, dass ich wieder zurück nach Deutschland käme und bot eine Rückkehr an sein Institut an. Ich erhielt ein Fulbright Reisestipendium, das mich eher zu einem 'Halfbright' machte, denn im Gegensatz zu einem echten Fulbrightstipendiaten bekam ich nur Reisekosten erstattet. Mein Gehalt würde vom MIT bezahlt werden. Die Prüfung der Fulbright Kommission war das erste Mal, dass ich die amerikanischen Präsidenten in der richtigen Reihenfolge und alle Bundesstaaten der USA auswendig lernte.“ (Zachau 2000, S. 643). Auch für Wissenschaftler, die aus dem Ausland nach Deutschland kamen, gab es Fulbright Förderung. So erhielt Max Delbrück ein Fulbright Stipendium um 1956 als Gastprofessor an die Universität Köln zu kommen (siehe Kapitel zur Institutsgeschichte in Köln).

Im Geschäftsjahr 1954/55 wurden 32 Stipendien für deutsche Wissenschaftler bewilligt, davon 10 in theoretischer Medizin oder Biochemie, und sechs in der Biologie. Etwa 20% aller Fulbright Stipendiaten in diesem Jahr kamen aus Deutschland. Das Auswahlverfahren wurde von der DFG geleitet: „Mit Unterstützung der Foreign operations administration sollte 150 Nachwuchsforschern aus europäischen Ländern die Gelegenheit gegeben werden, bei einem ein- bis zweijährigen Aufenthalt an amerikanischen Universitäten und Laboratorien Erfahrungen in der Grundlagenforschung zu sammeln. Die Deutsche Forschungsgemeinschaft war gebeten worden, die Vorauswahl der deutschen Bewerber zu übernehmen“.¹¹⁹

¹¹⁸ Gespräch mit Thomas Trautner am 12. Oktober 2004 in Berlin.

¹¹⁹ Jahresbericht der Deutschen Forschungsgemeinschaft 1955, S. 38.

Die Rockefeller Foundation

Am Beispiel der Rockefeller Foundation wird schon seit vielen Jahren die Rolle der Beeinflussung der Wissenschaft durch gezielte Förderung durch private Stiftungen bzw. wissenschaftlichen Förderinstitutionen diskutiert.¹²⁰ Die besondere Bedeutung der Rockefeller Foundation bei der Förderung der Physik und der experimentellen Biologie in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts in Europa und den USA wird allgemein anerkannt.¹²¹ Kritisch betrachtet wird jedoch die Politik der „sicheren Investition“, bei der die Rockefeller Foundation unter Benachteiligung innovativer Projekte junger Wissenschaftler, etablierte Wissenschaftler an bekannten Institutionen vorzog (Abir-Am 1982, S. 367-368; Abir-Am 2002). Als Gutachter der Stiftung war ein Netzwerk von besonders anerkannten Wissenschaftlern tätig, die der Stiftung als „Old men’s network“ beratend zur Seite standen (Kohler 1991). In Deutschland wurde vor allem Forschung an verschiedenen KWIs in den 1930er Jahren durch Stipendien und auch Projektgelder gefördert. Die Stiftung förderte in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts mit großem finanziellen Einsatz das KWI für Physik, Otto Warburgs Ausbildung und den Bau seines KWI für Zellphysiologie, Ernst Rüdins KWI für psychiatrische Genetik und die eugenische Forschung u.a. von Erwin Baur, die Humangenetik sowie die verhaltensbiologische Forschung in Deutschland.¹²² Otto Warburg zum Beispiel erhielt 1930 etwa 600000 Reichsmark zum Bau seines Institutes für Zellphysiologie in Berlin (Höxtermann und Sucker 1989, S.42). Gefördert wurden in den 1930er Jahren auch eine längere Amerikareise von Adolf Butenandt und ein USA-Aufenthalt des theoretischen Physikers Max Delbrück, der sich nach Kriegsausbruch 1939 dazu entschloss in den USA zu bleiben und dort zum Begründer der Phagengruppe wurde. Ein weiterer Stipendiat Ulrich Westphal, ein Schüler Adolf Butenandts, war 1939 zu einem an die Columbia University in New York gereist, er brach seine Forschung dort nach Kriegsbeginn ab und kehrte nach Deutschland zurück (Lewis 2002, S. 107; Rheinberger 2006, S. 192).

Die Stiftung war international maßgeblich beteiligt an der Förderung der Forschung, die später als Molekularbiologie bezeichnet wurde. Es war Warren Weaver, zwischen 1932

¹²⁰ Details der kontroversen Diskussion vgl. (Abir-Am 1982). Mit Kommentaren von Ditta Bartels, John A. Fuerst, Robert Olby und E.J. Yoxen in *Social Studies of Science*, 1984, 14, (2), S. 225-252.

¹²¹ Die Rockefeller Foundation nach 1945 in England und den USA wird behandelt in: Robert Kohler, 1984; Soraya de Chadarevian, 2002 und Lily E. Kay, 1993.

¹²² vgl. Paul 1998, S. 53-57; Proctor 1988; Werner 1988, Höxtermann und Sucker 1989, Ruelcke 2006; Macrakis 1986; Macrakis 1989.

und 1958 Direktor der naturwissenschaftlichen Sektion der Stiftung, der 1938 den Begriff „molekulare Biologie“ prägte. Er war verantwortlich für die gezielte Förderung der Forschung im Bereich der späteren Molekularbiologie. Weaver, konnte durch seine Anstrengungen im sogenannten „Technologietransfer“ zwischen den verschiedenen naturwissenschaftlichen Disziplinen die Übernahme von Methoden und Technik aus der Physik und der Chemie in die molekulare Biologie populär machen, wovon letztere stark profitierte.

Während in den USA und anderen europäischen Ländern nach 1945 die Förderung weiterging, die Stiftung förderte nach 1945 die Arbeit von, George Beadle, Jacques Monod, Max Perutz und Linus Pauling (Kay 2000, S. 41), kamen Repräsentanten der Rockefeller Foundation in Deutschland zu dem Schluss, dass eine extensive Förderung der Forschung in Deutschland nicht mehr tragbar sei. Die Wissenschaft in Deutschland wurde durch die Stiftung, bis auf wenige Ausnahmen zur Hilfe bei der Anschaffung von Geräten, nicht weiter gefördert.

Die Volkswagenstiftung

Die Volkswagenstiftung (früh auch „Stiftung Volkswagenwerk“) wurde 1961 nach einer Vereinbarung zwischen der Bundesregierung und dem Land Niedersachsen aus Privatisierungserlösen des Volkswagenwerks gegründet. Der Stiftungsetat betrug etwa eine Milliarde DM zu der jährliche Dividendenausschüttungen aus den in öffentlichem Besitz verbleibenden Aktienanteilen an der Volkswagen AG hinzukamen. Die Volkswagenstiftung förderte die Forschung an öffentlichen Forschungseinrichtungen und Universitäten. Der erste Generalsekretär der Stiftung wurde Gotthard Gambke. In den ersten Förderjahren noch ohne programmatische Ausrichtung förderte die Stiftung in größeren Aktionen, dort wo für wichtig erachtete Projekte vom Scheitern bedroht waren (Globig 2002, S. 52-53). So unterstützte die Stiftung in der Anfangszeit vor allem risikoreiche, große und überregionale Projekte, deren Finanzierung durch Bundesmittel nicht angegangen wurde. Neben der umfassenden Förderung der Großprojekte förderte sie kleinere unabhängige Anträge mit großem Personalaufwand für die Begutachtung und Auswahl. Ab 1966 mit dem Wechsel des Kuratoriums verlagerte sich die Stiftung langsam auf die gezielte Förderung von Schwerpunktthemen. Diese Identitätsfindung der Stiftung durch die Konzentration auf am dringlichsten

förderungswürdig erachtete Themen endete in der Veröffentlichung einer Positivliste von Förderthemen im Jahre 1971 (Globig 2002, S. 79). Eine Besonderheit der Stiftung war das sogenannte „Niedersächsische Vorab“. Aufgrund der Rolle des Landes Niedersachsen bei der Stiftungsgründung wurde ein bestimmter Prozentsatz in der Größenordnung von etwa 25% der Stiftungsmittel ausschließlich zur Förderung von Projekten an Forschungseinrichtungen in Niedersachsen eingesetzt. Über die Einreichung der Projektanträge entschied die Landesregierung.

Eines der Förderthemen der Stiftung war bereits ab dem ersten Förderjahr 1962 bis 1975 die „molekulare und physikalische Biologie“. Wie dem Vorwort einer Studie zur Lage der Molekularbiologie in Deutschland im Auftrag der Volkswagenstiftung zu entnehmen ist, stammte der Ratschlag für den Einsatz der Stiftung auf diesem Gebiet von dem Physiker Leo Szilard. Er sah darin die Möglichkeit, die molekularbiologische Forschung in Deutschland auf den Stand der USA, Englands und auch Frankreichs zu bringen (vgl. Zarnitz 1968, S. 5; Rheinberger 2002, S. 203-204; Brüning 2002, S. 413).¹²³ Szilard hatte seine Überlegungen mit dem Physiker Rudolf Kerscher geteilt, der 1962 im Auftrag der Volkswagenstiftung und im engen Kontakt mit Gotthard Gambke in die USA gereist war, um sich ein Bild von der dortigen Förderungssituation zu machen. Auch Max Delbrück, der zwischen 1961 und 1963 das Institut für Genetik an der Universität zu Köln leitete, stand der Stiftung 1963 mit seinem Rat zur Schwerpunktsetzung zur Seite. Er schlug eine biophysikalische und biokybernetische Schwerpunktlegung auf den Schnittstellen der Biologie mit der Physik und auch der Chemie vor und unterstützte seinen ehemaligen Mitarbeiter Werner Reichardt, dem späteren Direktor des MPI für biologische Kybernetik, und dessen Mitarbeiterin Marie-Luise Zarnitz, in ihrer richtungsweisenden Zusammenarbeit mit der Stiftung. Das Kölner Institut wurde großzügig unterstützt (siehe Kapitel Institut für Genetik in Köln) und Max Delbrück selbst erhielt von der Volkswagenstiftung finanzielle Unterstützung von einer halben Million DM zum Ausbau seiner biophysikalischen Arbeitsgruppe in Köln, die nach seinem Weggang mit Ulf Henning, einem Immunologen, und später mit dessen ehemaligem Mitarbeiter Klaus Rajewsky besetzt wurde.

Es war generell nur in Ausnahmefällen möglich, bei der Deutschen Forschungsgemeinschaft Anträge zu stellen, die zum Institutsbau oder Erwerb von

¹²³Leo Szilard, ein Physiker, hatte sich in seinem letzten Lebensjahrzehnt mit der Zukunft der Forschung sowohl in der Biologie wie auch in der Physik beschäftigt (Szilard 1963).

Grundausrüstung für neue Labors gedacht waren. Solche Anträge waren darüber hinaus mit langwierigen Entscheidungsprozessen in Zusammenarbeit mit dem Wissenschaftsrat und den Länderregierungen verbunden. Die Volkswagenstiftung schloss diese Lücke und vergab zwischen 1962 und 1966 in ihrem „physikalische Biologie“ genannten Schwerpunktprogramm 5,9 Millionen DM an Bauprojekte in Niedersachsen und überregional. Zwischen 1963 und 1966 wurden durchschnittlich 120000 DM pro Antrag zur Apparatebeschaffung bewilligt. (Zarnitz 1968, S. 78).

Auf Initiative mehrerer niedersächsischer Universitätsprofessoren hier vor allem von dem Chemiker Hans Herloff Inhoffen und drei Direktoren aus Max-Planck-Instituten in Göttingen, unter ihnen Friedrich Cramer und Manfred Eigen, wurde 1965 ein molekularbiologisches Forschungszentrum in Stöckheim bei Braunschweig gegründet (vgl. Kapitel zu Anderen Forschungseinrichtungen). Nach Startschwierigkeiten verlagerte sich seit 1972 der Forschungsschwerpunkt des bis dahin beinahe ausschließlich durch die Volkswagenstiftung finanzierten Instituts hin zur Angewandten Forschung.

Die Volkswagenstiftung förderte auch eine europäische Initiative zur Stärkung der Molekularbiologie, die European Molecular Biology Organization (EMBO). Nachdem EMBO 1963 von prominenten europäischen Molekularbiologen und ebenfalls unter Mitwirkung von Leo Szilard formal gegründet wurde, entschied sich die Stiftung, diese Initiative bei seinem großen Ziel der Gründung eines Europäischen Zentrallaboratoriums für molekularbiologische Forschung zu unterstützen. Mit 2,5 Millionen DM Förderbeitrag (Rheinberger 2002, S. 209) investierte die Stiftung in die Planung eines European Molecular Biology Laboratory (EMBL) durch die EMBO. Das Geld wurde ohne große Auflagen sehr zeitnah ausgezahlt und war beinahe die einzige Geldquelle von EMBO bis 1969. Erst dann entschieden sich die Mitgliedsstaaten des European Molecular Biology Council (EMBC) zur gemeinsamen Förderung der EMBO Aktivitäten. Dies waren zu der Zeit vor allem Stipendien. Das Ziel, nämlich die Eröffnung eines Europäischen Zentrallaboratoriums, konnte nach vielen Verzögerungen erst 1978 mit der Gründung des EMBL in Heidelberg erfüllt werden.

In der Einzelprojektförderung ersetzte die Stiftung 1974 den Schwerpunkt ihrer Förderung in „molekularer und physikalischer Biologie“, der sich bei der Begutachtung

der Anträge eher an den Methoden des Fachs orientiert hatte, durch den Schwerpunkt Zellbiologie. Dort wurde zwischen 1975 und 1982 eher inhaltsorientiert gefördert.

Alexander von Humboldt Stiftung

Die Geschichte der Alexander von Humboldt-Stiftung reicht zurück bis in Jahr 1860, wo die Stiftung gegründet nach dem Tod des Namensgebers deutschen Wissenschaftlern Forschungsreisen ins Ausland ermöglichen sollte. Nach zeitweiliger Förderunterbrechung in den 1920er Jahren und der Schließung ab 1945 wurde die Stiftung 1953 wieder gegründet. Die Hauptaufgabe war nun die Förderung von Forschungsaufenthalten ausländischer Wissenschaftlern aller Nationen und Disziplinen in Deutschland. Die Aufenthaltsdauer der Gastwissenschaftler betrug zwischen sechs und 24 Monate. Anhand der Jahrbücher konnte gezeigt werden, dass die Stipendiaten (meist Professoren) der Stiftung in allen Programmen oft an wissenschaftlich erfolgreichen Instituten forschten und mit ihren Gastgebern auch veröffentlichten. In der Molekularbiologie finden sich ab Mitte der 60er Jahre einige Stipendiaten an den Max-Planck-Instituten in Tübingen und München und am MPI für Molekulare Genetik in Berlin. Seit 1972 existierte als Dankprogramm anlässlich des 25. Jahrestags der Verkündung des „Deutschen Marshall Plans“ zusätzlich ein Sonderprogramm zur fachbezogenen Zusammenarbeit zwischen Forschungsinstituten in Deutschland und den USA in den Natur- und Ingenieurwissenschaften, sowie der Medizin. Die Forschungsstipendien in diesem Programm wurden seit 1974 erstmals Humboldt-Preis genannt. Von 412 Humboldtpreisträgern, die nur auf Vorschlag von Hochschullehrern in die Auswahl aufgenommen wurden, kamen zwischen 1972 und 1978 acht Molekularbiologen, elf Mikrobiologen und 25 Biochemiker aus den USA zu einem längeren Forschungsaufenthalt nach Deutschland.¹²⁴ An den Universitäten zeigten sich in der Biologie zwischen 1953 und 1983 die folgenden bevorzugten Zielorte Freiburg (54 Stipendiaten), München (49), Göttingen (45), Frankfurt (36), Gießen (34), Tübingen (34), Bonn (33), Marburg (27), Köln (26).¹²⁵ Seit 1979 ermöglichte die Stiftung mit dem nach ihrem ehemaligen Präsidenten benannten Feodor-Lynen Forschungsstipendium

¹²⁴ Alexander von Humboldt Stiftung 1953-1983.(Bonn: Alexander von Humboldt-Stiftung, 1983); *Jahresbericht 1973. Alexander von Humboldt-Stiftung* (Bonn: AvH-Stiftung, 1978, S.74).

¹²⁵ Alexander von Humboldt Stiftung 1953-1983.(Bonn: Alexander von Humboldt-Stiftung, 1983, S. 156).

jungen deutschen Wissenschaftlern einen Aufenthalt bei ehemaligen Humboldt-Stipendiaten im Ausland.

Damon Runyon Foundation for Cancer Research

Die amerikanische Stiftung, die im weiteren Sinne die Krebsforschung fördert war in den 1960er Jahren eine US-amerikanischen Stiftungen, die mit personengebundenen Stipendien auch für aus dem Ausland kommende junge Wissenschaftler nach der Doktorarbeit vergab. Einer ihrer Stipendiaten war Ekkehard Bautz, der nach seiner Promotion 1961 bei Ben Hall in Urbana, Illinois, die RNA eines bestimmten Gens isolieren wollte.¹²⁶

Deutscher Akademischer Austauschdienst

Der Deutsche Akademische Austauschdienst (DAAD) wurde 1925 als eingetragener Verein gegründet um in den Anfangsjahren vor allem den studentischen Austausch in den Geisteswissenschaften mit den USA zu fördern. Nach seiner Auflösung 1945 wurde der Verein 1950 wieder ins Leben gerufen und förderte nun den weltweiten Austausch von Studenten und Dozenten aller Disziplinen (Alter et al 2000; Hoffmann 1976). Der bilaterale Wissenschaftlertausch fand mit wenigen Stipendiaten zwischen 1950 und 1975 beinahe ausschließlich innerhalb Europas statt, ebenso verhielt es sich mit Dozenturen, die seit 1966 gefördert wurden.

Fritz Thyssen Stiftung

Als erste private wissenschaftsfördernde Einzelstiftung in Deutschland wurde die Fritz-Thyssen-Stiftung im Jahr 1959 im Gedenken an die Industriellen August und Fritz Thyssen gegründet. Das Stammkapital der Stiftung war von den Gründerinnen Amélie Thyssen, der Ehefrau des 1951 verstorbenen Unternehmers Fritz Thyssen, und deren Tochter Anita Gräfin Zichy-Thyssen, in Aktien der August Thyssen-Hütte AG im Wert von 100 Millionen DM angelegt worden. Die Stiftung war dazu gegründet worden, die Geisteswissenschaften zu fördern, es gab jedoch auch einige naturwissenschaftliche Projekte in der angewandten Forschung in Landwirtschaft und Chemie und in der

¹²⁶ Marsilius-Vorlesung: „Vier Jahrzehnte Molekularbiologie: Vom Gen zum Genom“ von Prof. Dr. Ekkehard K. F. Bautz anlässlich der Jahresfeier der Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg 2000.

Medizin. Hier wurden vor allem Projekte in der Krebsforschung und in der klinischen Virologie gefördert. Zu erwähnen sind die Forschungsprojekte über onkogene Viren am DKFZ in Heidelberg unter Klaus Munk und an der Universität Freiburg unter Richard Haas (Fritz-Thyssen-Stiftung 1970, S. 153-158, S. 218). Der Privatdozent Gerhard Sauer, wie Munk in der Abteilung für Virusforschung am DKFZ, wurde 1971 von der Thyssen Stiftung gefördert.¹²⁷

Marshall-Plan - ERP

Der Marshall Plan (European Recovery Programm) 1948-1952 hatte vorrangig den wirtschaftlichen Wiederaufbau des vom Zweiten Weltkrieg zerstörten westlichen Teils Europas zum Ziel. Zwischen 1948 und 1952 gingen ca. 1,4 Milliarden US-Dollar aus dem Programm nach Deutschland (Knapp 1990, S. 45). Die Vergabe der ERP-Gelder in den Wissenschaften erfolgte hauptsächlich zur Apparatebeschaffung und wurde über die DFG organisiert (näheres siehe Kapitel 3.3).

NATO

Ende der 1950er Jahre initiierte die NATO ein Programm zur Förderung der Naturwissenschaften in den Mitgliedsstaaten. Die Organisation nahm an, dass wissenschaftlicher Fortschritt positiven Einfluss auf die Sicherheit einer Nation und ihre Lage im Weltgeschehen hat. Das Programm ermöglichte es Wissenschaftlern aus NATO-Mitgliedsstaaten sich zeitlich begrenzt im Ausland aufzuhalten und dort konkrete Forschungsprojekte durchzuführen. Der Antrag konnte von einzelnen Wissenschaftlern und Gruppen eingereicht werden. Einer der von der NATO geförderten Wissenschaftler war J. Heinrich Matthaei, ein wissenschaftlicher Assistent bei Walter Schumacher am Botanischen Institutes der Universität Bonn. Matthaei plante mit dem Stipendium seine Forschung zur Aminosäureinkorporation in der zellfreien Proteinsynthese und zum Synthesemechanismus spezifischer Proteine zu verbessern. Er wollte seine Forschung an der Cornell University bei F.C. Steward durchführen.¹²⁸ Aber bereits nach dreimonatiger Forschung in Cornell im September 1960 schrieb er an den DAAD, der für die Verwaltung der NATO-Awards zuständig war, dass bei Steward die

¹²⁷ Jahresbericht der Fritz Thyssen Stiftung, 1971, S. 162.

¹²⁸ Interview von Robert Olby mit Heinrich Matthaei, B: OL 1 (undatiert, vor 1970), APS Archives, Robert Olby Papers, Philadelphia, B:OL 1.

Forschungsbedingungen zu schlecht seien und er deshalb das Labor wechseln wolle.¹²⁹ Es wurde ihm genehmigt zu Marshall Nirenberg am NIH in Bethesda zu wechseln. Matthaei begann seine Zusammenarbeit mit Nirenberg im November 1960. In Laufe dieser Zusammenarbeit konnten die beiden einen entscheidenden Versuch zur Entschlüsselung des genetischen Codes machen (Nirenberg 2005, S. 195-196; Rheinberger 1997, S. 209-213; Kay 2000, S. 246-254). Benno Müller-Hill wurde durch einen gemeinsamen NATO-Grant seiner Betreuer Kurt Wallenfels und Howard Rickenberg (Bloomington, USA) ein Aufenthalt in den USA ermöglicht, um ein Projekt zum Zusammenhang zwischen lac-Permease und β -Galactosidase zu bearbeiten (Müller-Hill 2003, S. 457).

3.4 Wissenschaftliche Organisationen, Gesellschaften und Tagungen

European Molecular Biology Organization (EMBO)

Die Ausbildung junger Wissenschaftler in molekularbiologischen Methoden war zu Beginn der 1960er Jahre in Europa wenig organisiert. Durch einen Mangel an entsprechender Finanzierung war der wissenschaftliche Austausch innerhalb Europas nur vereinzelt möglich und es gab wenig wissenschaftliche Kooperation. Diese Probleme waren unter anderem von John Kendrew und Leo Szilard erkannt worden, die 1962 in Genf im Gespräch mit Victor Weisskopf und James Watson einen Plan für eine Europäische Organisation zur Förderung der Molekularbiologie besprachen.¹³⁰ Im September 1963 wurde der Plan bei einer Konferenz in Ravello in Italien konkreter gemacht und die Gründung einer entsprechenden „European Molecular Biology Organization“ (EMBO) beschlossen. Die EMBO sollte zum internationalen wissenschaftlichen Austausch Stipendien bereitstellen und durch Kursangebote die Weiterbildung in molekularbiologischen Methoden fördern. Als großes Ziel der Organisation wurde die Gründung eines europäischen Zentrallaboratoriums für Molekularbiologie besprochen. Mit 200 Wissenschaftlern als Gründungsmitgliedern begann die EMBO ihre Arbeit 1965. Die Mitglieder wurden aus den Vorschlägen

¹²⁹ Heinrich Matthaei an DAAD 14.09.1960, APS Archives, Robert Olby Papers, Philadelphia, B:OL 1.

¹³⁰Zur Geschichte von EMBO vgl auch Strasser 2003b, 2004; Krige 2002; Kendrew 1968; Tooze 1981, 1986, 1989 und Morange 1997.

führender Wissenschaftler verschiedener europäischer Länder ausgewählt. Die Vorschläge für die deutschen Mitglieder von EMBO machte Hans Friedrich-Freksa der wegen der EMBO in engem Kontakt mit Max Perutz und John Kendrew stand.¹³¹ Zu den 15 Mitgliedern des „EMBO Councils“ gehörten 1966 zwei deutsche Wissenschaftler, dies waren Adolf Butenandt und Hans Friedrich-Freksa.¹³²

Der erste Geschäftsführer der EMBO wurde 1965 Raymond Appleyard. 1966 begann die Förderung durch EMBO mit neun Langzeitstipendien und 22 Kurzzeitstipendien, darüberhinaus wurden drei praktische Kurse angeboten (Appleyard 2004, Einband vorne). Die Stipendien ermöglichten jungen Wissenschaftlern nach der Doktorarbeit einen Forschungsaufenthalt in einem molekularbiologischen Labor im Ausland.

Die Finanzierung der anlaufenden Programme war zu Beginn nicht gesichert, bis 1969 war es die deutsche Volkswagenstiftung, die fast das gesamte Programm der Organisation finanzierte (Rheinberger 2002, S. 208-210). Der Erfolg der in den ersten fünf Jahren durchgeführten EMBO Aktivitäten war 1969 ausschlaggebend zur Gründung des „European Molecular Biology Councils (EMBC)“ eines aus Abgesandten der 14 Mitgliedstaaten¹³³ zusammengesetzten wissenschaftspolitischen Zusammenschlusses, der langfristig die Arbeit von EMBO sichern sollte.

Die Organisation genoss hohes Ansehen im Fach. Neue wissenschaftliche Mitglieder von EMBO wurden durch Nominierung und Abstimmung ausgewählt.

Im Jahr 1973 hatte EMBO 33 Mitglieder aus Deutschland. Diese waren: Wolfgang Beermann, Friedrich Bonhoeffer, Gerhard Braunitzer, Carsten Bresch, Theodor Bücher, Adolf Butenandt, Friedrich Cramer, Manfred Eigen, Hans Friedrich-Freksa, H. Fischer, Alfred Gierer, W. Halsselbach, Ulf Henning, Hartmut Hoffmann-Berling, Norbert Hilschmann, Peter Hans Hofschneider, Kenneth C. Holmes, Feodor Lynen, G. Maass, J. Heinrich Matthaei, Benno Müller-Hill, Werner E. Reichhardt, Heinz Schuster, Werner Schäfer, Peter Starlinger, Adolf Wacker, Thomas Trautner, Walter Vielmetter, Otto Westphal, Heinz Günther Wittmann, H.T. Witt, Hans Georg Zachau und Wolfram

¹³¹ Brief von Max Perutz an H. Friedrich-Freksa 12.12.1963, Archiv der Max-Planck-Gesellschaft III Rep 67, Nr. 1

¹³² Aufstellung von 07.11.1966, Archiv der Max-Planck-Gesellschaft III Rep 67, Nr. 1

¹³³ Die EMBC regelt bis heute die Finanzierung der verschiedenen EMBO Aktivitäten und der EMBL Standorte.

Zillig.¹³⁴ Die von Beginn an geplante Gründung eines Europäischen Institutes für Molekularbiologie (EMBL) verzögerte sich noch bis Mitte der 1970er Jahre.

Gesellschaft für Genetik

Ab 1958 zogen einige Genetiker in Deutschland die Wiedergründung der Gesellschaft für Genetik in Betracht. Die deutschen Genetiker hatten beim „Congress of Genetics“ in Montreal 1958 den Auftrag erhalten die Ausrichtung des Kongresses in Deutschland 1963 zu organisieren. Federführend waren hier Hans Nachtsheim in Berlin und Hans Stubbe in Halle. Nachtsheim bat in einem Schreiben an die nach der NS-Zeit verbliebenen Genetiker um Stellungnahme zu den Wiedergründungsplänen.¹³⁵ Als Probleme bei der Wiedergründung führte er die Behandlung von ehemaligen Nazis und Antisemiten an und die Frage ob Otmar Freiherr von Verschuer, einem ehemaligen Eugeniker, die Aufnahme verweigert werden könnte.¹³⁶ Ein weiteres Problem waren die ostdeutschen Genetiker mit denen Nachtsheim ebenfalls in Kontakt stand. Hans Stubbe in Halle hatte den Auftrag bekommen in der Ostzone den internationalen Genetikerkongress vorzubereiten. Jedoch schrieb Nachtsheim an Joseph Straub in Köln: „Im Osten werden Lysenko und Pseudogenetiker Oberhand gewinnen“.¹³⁷ An Hans Stubbe schrieb er „die Verwirklichung dieses Vorschlages [zur Gründung zweier Gesellschaften] würde einer von gewisser Seite angestrebten Vertiefung der unserem Volke aufgezwungenen politischen Spaltung auf einem Teilgebiet der Wiss[enschaft] Vorschub leisten.“¹³⁸

Friedrich Oelkers brachte die wissenschaftlichen Aspekte in einem Brief an Joseph Straub bezüglich des Genetikerkongresses 1963 in Berlin auf den Punkt: „Damals waren wir eben in der Genetik noch etwas, aber wen können wir denn heute um Himmels Willen mit Festvorträgen herausstellen? Kühn, meinerwegen, nun ja, aber wer wird 1963, ich bitte sie, in 5 Jahren noch dazu in der Lage sein? Ich bin dann hoffentlich schon tot, ich habe keine Lust, mir den Trödel mitanzusehen.“¹³⁹

¹³⁴ Auflistung vom Juni 1973, Archiv der MPG, Abt. III Rep. 67, Kasten 1.

¹³⁵ Schreiben von H. Nachtsheim (Januar 1960), Universitätsarchiv Köln, Zug 343/7

¹³⁶ In dem Schreiben zitiert Nachtsheim aus Verschuers Buch „Rassenhygiene“ in dem er von einer „Gesamtlösung der Judenfrage“ spricht.

¹³⁷ Brief von Nachtsheim an Straub 15.12.1959, Universitätsarchiv Köln, Zug 343/7

¹³⁸ Brief von Luers und Nachtsheim an Stubbe vom 22.12.1959, Universitätsarchiv Köln, Zug 343/7

¹³⁹ Brief von Oelkers an Straub vom 26.07.1958, Universitätsarchiv Köln, Zug 343/7

Das Ergebnis der Umfrage verbreitete Nachtsheim im März 1960. Die deutschen Genetiker hatten die Wiedergründung der Gesellschaft für Genetik abgelehnt.¹⁴⁰ Darüberhinaus wurde auch die Forderung u.a. der Kölner Genetiker angenommen, den „Auftrag des Internationalen Komitees zur Abhaltung des internationalen Genetikkongresses in Dtl. sollte zurückgegeben werden (Innerdt. Schwierigkeiten)“¹⁴¹. Parallel zu den Diskussionen in Deutschland gab es auch im Ausland verschiedene Meinungen, Proteste und große Vorbehalte gegen die Vergabe der Kongressplanung nach Deutschland (Deichmann [1992] 1995, S. 213-214). Erst ein Jahrzehnt später wurde die Gesellschaft wiedergegründet.

Die Gründungsmitglieder der Gesellschaft für Genetik waren: Gerhard Röbbelen (Göttingen), Hannes Laven (Mainz), Fritz Kaudewitz (München), Hans-Joachim Becker (Braunschweig), Fritz Anders (Gießen), Peter Hans Hofschneider (München) und Walter Klingmüller (München). Über den Einfluss der Gesellschaft auf die Forschung in der Molekularbiologie lässt sich wenig sagen. Einen Hinweis geben könnte hier die Antwort von Wolfhard Weidel 1958 auf die Bitte den Aufruf zur Gründung der Gesellschaft zu unterschreiben „er sei nicht Genetiker“.¹⁴²

Gesellschaft für biologische Chemie

Die Gesellschaft für Physiologische Chemie wurde 1947 in Bonn gegründet ihr erster Präsident war Kurt Felix, der den Lehrstuhl für physiologische Chemie an der Universität Frankfurt (Brandt 2003) innehatte. Ab 1950 veranstaltete die Gesellschaft jährlich das Mosbacher Kolloquium, bei dem ab Ende der 1950er Jahre auch molekulargenetische Themen diskutiert wurden (Titel der Tagung 1958 „Chemie der Genetik“). In den Anfangsjahren der Gesellschaft kamen die Mitglieder aus den medizinischen Fakultäten der Hochschulen. Erst später wurden Biochemiker aus den naturwissenschaftlichen Fakultäten integriert. Im Jahr 1966 stimmte die Mitgliederversammlung der Namensänderung zur „Gesellschaft für biologische Chemie“ zu, einem neutraleren Begriff, der Mediziner und Naturwissenschaftler einschließt. Im Jahr 1996 erhielt die Gesellschaft den Namen „Gesellschaft für Biochemie und

¹⁴⁰ Schreiben von H. Nachtsheim am 18.03.1960, Universitätsarchiv Köln, Zug 343/7

¹⁴¹ Schreiben von Bresch, Harm, Straub, Harte an Nachtsheim vom 27.01.1960, Universitätsarchiv Köln, Zug 343/7.

¹⁴² Brief von Nachtsheim an Straub vom 04.01.1959, Universitätsarchiv Köln, Zug 343/7

Molekularbiologie“. Die Zahl der Mitglieder der Gesellschaft stieg Ende der 1970er Jahre auf 2000 an, etwa die Hälfte der Mitglieder kamen aus den Naturwissenschaften.

Andere Gesellschaften

Zu den länderübergreifend oder im Ausland organisieren Akademien, Zusammenschlüssen und Gesellschaften, zählt die National Academy of Sciences der USA (hier können auch Wissenschaftler aus dem Ausland aufgenommen werden) und FEBS, die Vereinigung der nationalen Gesellschaften für Biochemie und Molekularbiologie.

Tagungen

Die weltweit wichtigste Tagungsreihe für die Molekularbiologie fand ab 1933 regelmäßig am Cold Spring Harbor Laboratorium in den USA statt. Die Symposia zu verschiedenen aktuellen Themen der Quantitativen Biologie. Mit jährlich wechselnden Themen nahmen hier auch regelmäßig die Mitglieder der Phagengruppe um Max Delbrück teil, die seit etwa 1940 jeden Sommer in CSHL verbrachten und dort seit 1945 die Phagenkurse organisierten (vgl. Susman 1995; Fischer 1988, S. 130-157). Hinzu kamen internationale kleinere Treffen der Phage Group, die dem direkten wissenschaftlichen Austausch dienten. In Deutschland gab es die erste offizielle Tagung für Molekularbiologie in Köln nach dem Phagenkurs im Jahr 1964 (vgl. Kapitel zum Kölner Institut für Genetik; Rajewsky 2013, S. 7). Anhand einer Analyse der deutschen Beteiligung an den „Cold Spring Harbos Symposia in Quantitative Biology“ von 1946-1965 hat Ute Deichmann die Isolation der Deutschen Genetiker und Molekulargenetiker untersucht (Deichmann [1995] 1992, S. 212-219). So kamen aus Deutschland durchschnittlich deutlich weniger Teilnehmer pro Einwohner als aus anderen Europäischen Ländern (wie Frankreich, Großbritannien oder Schweden). Deichmann vermutet als Grund hierfür politische Vorbehalte der ausländischen Genetiker gegenüber ihren deutschen Kollegen. Es könnten aber auch wissenschaftliche Gründe eine Rolle gespielt haben, zumal bei den frühen Symposien bis 1958 zu molekularbiologischen Themen in Deutschland insgesamt noch sehr wenig Forscher tätig waren, die in dem Feld wichtige Beiträge leisteten.

4. Internationaler Vergleich der Rezeption molekularbiologischer Arbeiten

4.1 Methode

In diesem Kapitel wird die Entwicklung der Molekularbiologie in westeuropäischen Ländern und den USA anhand einer Untersuchung zur internationalen Rezeption von grundlegenden molekularbiologischen Arbeiten verglichen. Ausgangspunkt waren zwanzig Arbeiten aus der Molekularbiologie, die zwischen 1943 und 1977 veröffentlicht wurden.¹⁴³

Bei diesen Arbeiten handelt es sich um grundlegende Beiträge zur Protein- und Nukleinsäurebiochemie, der Strukturforschung von biologischen Makromolekülen, der Phagen- und Bakteriengenetik und der Molekulargenetik. Die Analyse der Rezeption wurde mit Hilfe einer Zitationsanalyse dieser Arbeiten vorgenommen. Dabei wurden die Zitationen für diese 20 Arbeiten mit Hilfe der Internetversion des Science Citation Indexes identifiziert.¹⁴⁴ Meine Untersuchung berücksichtigt die Anzahl, Herkunft, wie auch die inhaltliche Verwendung der Zitate, eine Methode, die hier erstmals zur Betrachtung der Entwicklung eines Forschungsgebietes im wissenschaftshistorischen Kontext verwendet wird.

Zitationsanalysen wurden in den letzten Jahrzehnten zunehmend benutzt, um in wissenschaftspolitischen Diskussionen anhand von statistischen Daten die Qualität von Forschung auf nationaler, fachlicher oder institutioneller Ebene zu bewerten. Auch bei Berufungen und Ernennungen zum Professor wird in den Naturwissenschaften teilweise der Einfluss seiner wissenschaftlichen Arbeiten im „Impact-Factor“ oder dem „H-Faktor“¹⁴⁵ bei der Auswahl berücksichtigt.¹⁴⁶ Die Wissenschaftler selbst interessierten sich bei der Veröffentlichung von Forschungsergebnissen dafür, zu

¹⁴³ Eine Einführung in die Bibliometrie geben Wolfgang Glänzel in „Bibliometrics as a research field – A course on theory and application of bibliometric indicators“. URL http://www.norslis.net/2004/Bib_Module_KUL.pdf (Abgerufen 02.04.2005) und Rafael Ball und Dirk Tunger in http://www.bibliometrie.de/bibliothek_12.pdf (abgerufen 02.04.2005).

¹⁴⁴ Zu finden unter URL: <http://ip-science.thomsonreuters.com> (Abgerufen am 01.02.2013).

¹⁴⁵ Der H-Faktor (Hirsch-Faktor) ist ein Maß die Publikationsleistung eines Wissenschaftlers zu einem bestimmten Zeitpunkt zu errechnen. Maßgeblich ist die Anzahl der Publikationen sowie die Anzahl von Zitaten für eine Publikation.

¹⁴⁶ Die Anzahl der Publikationen und des Impact Factors wird auch bei Berufungen zum Professor an Universitäten als Auswahlkriterium herangezogen (vgl. URL: <http://www.zeit.de/2010/38/Impact-Factor>; Berufungs- und Ernennungsrichtlinien: Richtlinie für die Verleihung der Bezeichnung „außerplanmäßiger Professor / außerplanmäßige Professorin“ an der Medizinischen Fakultät der Universität Rostock).

erfahren welche Beachtung ihre Arbeit von Kollegen erhielt. Wie Francis Crick in seiner Autobiographie schrieb: "In der Tat hatten wir manchmal das Gefühl, dass Physiker mehr Notiz von unseren Arbeiten [in Nature] nahmen als Biologen."¹⁴⁷ Die folgende Zitationsanalyse zeigt, dass Crick sich irrte.

Die Methode, die sie in dieser Arbeit verwendet wird, wurde weiterentwickelt aus einer Analyse von Ute Deichmann, die die frühe Rezeption der Arbeit von Oswald T. Avery et al. von 1944 untersuchte (Deichmann 2004a). Deichmann fand, dass es Unterschiede bei der Wahrnehmung der Arbeit auf den Gebieten der Mikrobiologie, (Phagen-)genetik und auch der Biochemie gab. Diese waren verursacht u.a. durch verschiedene wissenschaftliche Konzepte (z.B. Proteine als Erbmaterial) sowie individuelle Einsichten von Wissenschaftlern verschiedener fachlicher und nationaler Herkunft (vgl. Deichmann 2004a). Bruno Strasser verwendete die Methode der Rezeptionsuntersuchung einer Arbeit in einem kurzen Artikel zum 50. Jahrestag der Entschlüsselung der Doppelhelixstruktur der DNA (Strasser 2003a). Er untersuchte den Verlauf der Anzahl der Zitate für die Arbeit von Watson und Crick für die ersten 50 Jahre nach Erscheinen und deren Herkunft und Verwendung im Jubiläumsjahr, um die Rolle des Zitierens als Mittel zum Erschaffen eines „kollektiven Gedächtnisses“ in der Wissenschaft zu belegen. Strasser fand, dass die Zitate im Jubiläumsjahr vor allem in Editorials und Diskussionen von wissenschaftlichen Arbeiten verwendet wurden um Genealogien zum eigenen Fach oder der eigenen Forschung herauszustellen. Für die vorliegende Analyse galt es zunächst herauszufinden, ob sich die Methode zur Analyse der Entwicklung eines Forschungsgebietes überhaupt eignet und wie aussagekräftig die Ergebnisse sind.

Dazu bedarf es einiger theoretischer Bemerkungen über die Nutzung und Gewichtung der Daten. Das Forschungsgebiet der Bibliometrie bzw. der oft synonym gebrauchten Scientometrie wurde definiert von Allan Pritchard im Jahr 1969. Pritchard beschrieb die Bibliometrie als „die Anwendung mathematischer und statistischer Methoden an Büchern und anderen Kommunikationsmedien“ (Pritchard 1969), während Vassily V. Nalimov und Zinaida M. Mulchenko, ebenfalls 1969, bei der Definition der Scientometrie ihren Schwerpunkt auf die Analyse der Wissenschaft als Informationsprozess legten

¹⁴⁷ Crick bezieht sich hier auf seine Entdeckung der Doppelhelixstruktur der DNA zusammen mit seinem Kollegen James D. Watson. Diese Entdeckung wurde auch außerhalb des Fachgebiets viel beachtet.

(Nalimov und Mulchenko 1969).¹⁴⁸ Eugene Garfield erkannte 1964 den Nutzen von Zitationsdaten für die Wissenschaftsgeschichte (Garfield 1964). Er erstellte aus einem Zitationsindex ein Netzwerk aus Zitationsdaten. Dabei verknüpfte er die Referenzen und Zitate verschiedener Arbeiten miteinander und erhielt ein Autorennetzwerk, das die wichtigsten Arbeiten durch die hohe Zahl von Anknüpfungspunkten identifizierte.¹⁴⁹

Seit Ende der 1970er Jahre werden scientometrische Daten und die Ergebnisse des Institute for Scientific Information immer mehr zu einem politischen Instrument (Westbrook 1960). Die Ergebnisse wurden zur Evaluation von Wissenschaftlern, Institutionen und Nationen genutzt.¹⁵⁰ Nach Lynn C.H. Westney war mit keiner anderen Methode eine „so genaue Identifikation von Personen möglich, die Denken, Theorien und Praxis in der Welt der Wissenschaft und Technologie beeinflusst haben.“ (Westney 1998). Die vorliegende Arbeit wandte diesen Gesichtspunkt der Identifikation zur Erfassung der zitierenden Gruppen an.

Die Literaturlisten wissenschaftlicher Arbeiten (Referenzen) und Zitationsindizes werden von den Naturwissenschaftlern selbst dazu genutzt, Veröffentlichungen im eigenen Gebiet zu überblicken.¹⁵¹ Durch den Einschluss von Literaturdaten in wissenschaftliche Arbeiten wird schon immer ein möglichst vollständiger Überblick über eng verwandte Forschungsergebnisse gegeben. Während das Schreiben einer Arbeit soziologisch ausgedrückt oft „zur Anmeldung des Besitzanspruches, als Folge von überlappenden Forschungsanstrengungen“ (Price 1974, S. 80) dient, sind die Gründe, die Arbeit eines anderen Wissenschaftlers zu zitieren vielfältig. Außer der positiven oder negativen Referenz für die Methoden und Resultate anderer Forscher spielen auch soziale Kriterien eine Rolle (Weinstock 1971). Wie zum Beispiel ein

¹⁴⁸ Die erste Zitationsanalyse wurde je nach Quelle 1848 oder 1917 veröffentlicht (Cole und Eales 1917). Nähere Angaben finden sich in F. Osareh (Osareh 1996).

¹⁴⁹ Eugene Garfield ist einer der Begründer der modernen Bibliometrie. Während er bereits 1955 in „Science Citation indexes – A new dimension of documentation through association of ideas“, den Nutzen von systematischen Citation Indices darstellte, legte er 1963 als Direktor den ersten Index vor „Genetics citation index : experimental citation indexes to genetics with special emphasis on human genetics.“ vor. Garfield arbeitete am Institut für Information Science (ISI) und entwarf hiermit das Konzept für den Science Citation Index (SCI) wie er heute genutzt wird. 1963, acht Jahre nach seiner fundamentalen Idee, stellte er den ersten *Science Citation Index* vor. Bereits 1960 hatte er das Institute for Scientific Information (ISI) gegründet.

¹⁵⁰ Die Zitationsanalyse als wissenschaftspolitisches Instrument ist viel diskutiert und umstritten besonders aus Zweifeln an der Verlässlichkeit und Problemen bei der Festlegung der Testmengen.

¹⁵¹ Der Unterschied zwischen einer Referenz und Zitation ist zu beachten. Die Autoren einer Arbeit beziehen sich in einer Referenz in Form einer Fußnote oder einer Literaturliste auf andere Arbeiten. Sie zeigen damit die Verwendung bereits bekannter Methoden und Ergebnisse, die in Zusammenhang mit ihrer eigenen Arbeit stehen. Eine Zitation erhält eine Arbeit nach ihrer Veröffentlichung, wenn in anderen wissenschaftlichen Beiträgen erwähnt wird (vgl. Weinstock 1971).

kommunikativer Aspekt; Zitate erfüllen hier die Rolle, die Wissenschaftler an die „Scientific Community“ zu binden (Bonzi und Snyder 1991). Nach P. Vinkler sind diese Rollen zu trennen. Sie beziehen sich zum einen auf das Professionelle, das heisst die Beziehung des Zitierenden zu seinem Forschungsthema, und zum anderen auf das Verbindende, die Beziehung zu den Personen in seinem wissenschaftlichen Umfeld, den Autoren der zu zitierenden Arbeiten (Vinkler 1987). Zur Einordnung des Autors in ein soziales Umfeld kann es auch von Interesse sein, die Danksagung einer Arbeit zu betrachten, zum Beispiel in Bezug auf den Dank der Autoren an die fördernden Institutionen (Lewison et al 1995). Soziale Komponenten und persönliche Publikationsvorlieben z.B. in der Wahl der Zeitschrift oder der Publikationshäufigkeit können nicht objektiv eingeschätzt werden und müssen deshalb als gegeben angenommen werden.

Ich habe nationale Herkunft der Autoren aller zitierenden Arbeiten festgestellt, bei Zitaten ab 1973 war sie im Science Citation Index ersichtlich. Die nationale Zuordnung der Autoren erfolgte nach der Ortsangabe in der betreffenden Publikation. Kooperationen mit beteiligten Wissenschaftlern aus verschiedenen Nationen wurden anteilig berechnet. Bei der rein quantitativen Analyse von Zitaten mit Hilfe einer Zitationsdatenbank wird weder der inhaltliche Bezug der Referenz auf die zitierte Arbeit festgestellt, noch der Inhalt und die Ergebnisse der zitierenden Arbeit berücksichtigt. Allerdings wurden diese Aspekte bei der vorliegenden Untersuchung für die zitierenden Arbeiten aus Deutschland berücksichtigt, bei denen auch die Verwendung der Referenz im Zusammenhang mit dem wissenschaftlichen Inhalt der Arbeit untersucht wurde.

Eine Zitationsuntersuchung mit dem Ziel das Aufgreifen neuer Ergebnisse oder Methoden zu untersuchen, wird von der Frage nach dem Zeitraum begleitet, in dem die Arbeit für die Wissenschaftler der Zeit relevant ist. Um die Relevanz einer Arbeit für die Forschung zu definieren, wurde von James Desmond Bernal 1959 das sogenannte „effective life“ oder „cited half-life“ einer Publikation bestimmt. Bernal verglich das Interesse an einer wissenschaftlichen Veröffentlichung mit dem Zerfall radioaktiver Isotope, jedoch ohne die Ausgangszahl zu kennen. Unter dieser umgekehrten Halbwertszeit versteht man die Zeit, in der „ zurückgerechnet von einem gegebenen

Datum die Hälfte der Zitate für (oder Referenzen zu) einer Information erfolgt sind.“¹⁵² Je nach Disziplin, Veröffentlichungsdatum und Relevanz einer Arbeit oft auch aus wissenschaftshistorischem Interesse an einer Arbeit (Ahmend et al 2004; Strasser 2003a) schwankt diese Zahl sehr stark; sie wird für die Biologie meist mit sechs bis zwölf Jahren angenommen. In der hier vorgestellten Analyse wurden Zitate aus dem Jahr der Publikation der Arbeit und den zehn darauffolgenden Jahren herangezogen. Diese Zitate verteilen sich nicht gleichmäßig über den Untersuchungszeitraum, meist ist ihre Zahl in den ersten zwei Jahren nach Veröffentlichung etwas geringer.

Aufgrund der kleinen Anzahl an Ausgangsarbeiten ist die vorliegende Untersuchung wenig betroffen von den Problemen, die bei nationalen (Glänzel 2000) und journalspezifischen Untersuchungen auftreten können. Zu diesen Problemen gehören Vergleiche der Zitationshäufigkeit bei Zentral- und Nischenthemen, wo je nach Anzahl der Forscher mehr oder weniger Menschen zum Zitieren zur Verfügung stehen, die höhere Zitierwahrscheinlichkeit für Reviewartikel oder Reviewjournale und sich ändernde Zitiergewohnheiten, gemessen über längere Zeiträume. Auch die Untersuchung von Publikationen, die zeitlich weiter auseinander liegen, kann problematisch sein, da die Zahl der Wissenschaftler sehr schnell wächst und so anzunehmen ist, dass mehr Arbeiten erscheinen und auch mehr Zitate vergeben werden. Dies wird für diese Untersuchung aber nicht als problematisch angesehen, da eine solche Entwicklung für die Entstehung des Forschungsgebiets kennzeichnend ist.

Die Anzahl von Publikationen einer Arbeitsgruppe unterscheidet sich in Bezug auf Fächer oder Themengebiete. Während Gruppen in der medizinischen Forschung häufiger publizieren, finden sich in anderen Zweigen der Naturwissenschaft z.B. der Grundlagenphysik viel niedrigere Publikationsfrequenzen (Ball und Tunger 2005, S.

¹⁵² „the effective life of a piece of scientific information in the different fields of science is vastly different. The true half-life of a particular piece of information can be defined as the time after publication up to which half the uses (references) of enquiries about the piece of information are made. This is naturally extremely difficult to evaluate, though it would be well worth doing, Instead we are obliged to use what might be called the back-half life of a group of similar pieces of information – papers in a given journal for instance. This can be defined as the time counted back from a given date within which half the requests for, or references to, information have occurred. This period is about two years for physics and fifteen for biology.” (Bernal 1959, S. 85).

25).¹⁵³ Erhöhte Zitationszahlen zeigten sich in dieser Untersuchung vor allem, wenn die jeweilige Arbeit relevant war für die medizinische Forschung oder Methodik.

Für Wissenschaftler ist es wichtig, dass ihre Ergebnisse von möglichst vielen Kollegen gelesen werden. Ein Mittel, die „Leserate“ zu erhöhen, ist es, die Arbeit in weitverbreiteten allgemeinwissenschaftlichen oder angesehenen Spezialzeitschriften zu veröffentlichen. Durch die „Platzierung“ einer Arbeit in angesehenen Zeitschriften wird die Qualität der Ergebnisse hervorgehoben. Je restriktiver die Aufnahme einer Arbeit in eine Zeitschrift ist, desto weitreichender sind meist die darin veröffentlichten Forschungsergebnisse. Die Auswahl von Arbeiten, die zur Publikation angenommen werden, ist geregelt durch ein „peer-review“ Verfahren. Personen aus dem Fach verfassen Gutachten für eine zur Veröffentlichung eingereichte Arbeit. Anhand dieser Gutachten entscheidet der Editor der Zeitschrift über die Veröffentlichung. Begehrte Zeitschriften haben besonders strenge Reviewverfahren und steigern so oft die Qualität der zur Veröffentlichung angenommenen Arbeiten.

Die 20 wichtigen Arbeiten aus der Molekularbiologie, die für diese Zitationsanalyse ausgewählt wurden, wurden ausnahmslos in angesehenen und meist generellen Zeitschriften wie z.B. PNAS, Genetics oder Nature veröffentlicht.

Eine heute verbreitete Evaluierungsform für wissenschaftliche Journale ist der „Impact Factor“, eine Zahl zwischen 0 (niedrig) und ca. 30 (hoch), die die Zitationsfrequenz einer Zeitschrift angibt. Der Impact factor dient zum Vergleich der Zeitschriften untereinander, er wird jährlich berechnet aus der durchschnittlichen Zahl der Zitate, die eine Zeitschrift pro Arbeit erhalten hat. Im Idealfall wird bei Zitationsanalysen auch der Impact factor der jeweiligen Zeitschrift erfasst, um die „Qualität“ der Zitate mit in die Analyse einzubeziehen. Da das Konzept des Impact Factors erst 1969 in einer Testberechnung vorgestellt wurde, werde ich den Faktor nicht berücksichtigen. Er spielte für die Wissenschaftler im von mir untersuchten Zeitraum keine Rolle bei der Wahl des Publikationsmediums (Garfield 1972, S. 472). Die Sprache, in der eine Arbeit veröffentlicht wird, hat allerdings Einfluss auf die Wahrnehmung der darin vorgestellten Ergebnisse. Diese Auswirkungen werden im Ergebnisteil besprochen.

¹⁵³In der medizinischen Forschung gibt es bei wirtschaftlich relevanten Themen wie z.B. der Krebsforschung, eine große Konkurrenz, dieser wird durch häufige Veröffentlichung kleinerer Forschungsergebnisse begegnet. In der klinischen Forschung ist die Arbeit im Labor darüberhinaus meist nicht der Hauptfokus.

In der Scientometrie wird seit längerem die Rolle der Selbstzitate bei der Evaluierung der Wissenschaft diskutiert. Auch in dieser Kategorie spielen persönliche Vorlieben, das spezifische Thema und andere Komponenten des wissenschaftlichen Selbstverständnisses von Autoren eine Rolle (Bonzi und Snyder 1991; Macroberts und Macroberts 1989). Man unterscheidet bei Selbstziten solche, die vom Autor selber für die eigene Arbeit gegeben wurden oder von Autoren derselben Arbeitsgruppe. Selbstzitate von den Autoren wurden in der hier vorgestellten Untersuchung zwar erfasst, werden aber nicht für den internationalen Vergleich herangezogen.

Wichtig ist es, eine innerhalb eines Forschungsfeldes wichtige Arbeit nicht mit einer hochzitierten Arbeit gleichzusetzen. Im Kontext verschieden großer Forschungsgebiete, innerhalb derer nur eine bestimmte Anzahl von Forschern zum Zitieren zur Verfügung steht, können Zahlenwerte oft nicht direkt verglichen werden. Außerdem werden vor allem methodisch wichtige Arbeiten manchmal extrem häufig zitiert. Bei einigen methodischen Arbeiten aus der Molekularbiologie war es aufgrund der Menge an Zitaten nicht möglich, diese in der Analyse zu berücksichtigen, weil die manuelle Ermittlung der Herkunft der Autoren zu aufwändig war. Dies betrifft z.B. die Arbeit zur Sequenzierung von Nukleinsäuren (Sanger et al 1977)¹⁵⁴ mit 7218 korrekten Zitaten innerhalb der ersten zehn Jahre nach dem Erscheinen.¹⁵⁵ Im Gegensatz dazu wurde die Arbeit von Paul Berg und seinen Kollegen von 1972 über die künstliche Rekombination von DNA aus verschiedenen Viren, dem SV40 und einem Phagen, relativ schnell in Lehrbücher aufgenommen und war dadurch ohne Zitat als Allgemeinwissen verfügbar (Jackson et al 1972). Die Originalarbeit wurde innerhalb der ersten zehn Jahre nach Erscheinen 164 mal zitiert.

Der Science Citation Index (SCI)¹⁵⁶ ist ein Literaturverzeichnis, das konstruiert wurde zur Beschleunigung der Literatursuche. Später wurde der Index auch für die Scientometrie und zur Evaluation von Wissenschaft genutzt. Derek de Solla Price sah den SCI 1963 als „Netzwerk wissenschaftlicher Arbeiten“. Ursprünglich in Buchform

¹⁵⁴Das methodische Potential dieser Arbeit wurde erst 20 Jahre nach der Veröffentlichung intensiv molekularbiologisch genutzt. 20 Jahre nach dem Erscheinen hatte Sangers Arbeit bereits 51071 Zitate. Auch eine zweite methodische Arbeit war hoch zitiert (Sanger 1977b).

¹⁵⁵Diese Arbeit ist auch ein Beispiel für Zitierfehler (z.B. Verwechslungen bei der Seiten- oder Volumenzahl auf). Diese inkorrekten Zitate werden zwar im SCI aufgelistet, wurden aber nicht berücksichtigt, da nicht in allen Fällen mit Sicherheit der jeweiligen Arbeit zugeordnet werden konnten.

¹⁵⁶Im Internet unter: URL: <http://science.thomsonreuters.com/>

und später als CD jährlich veröffentlicht, wird der SCI heute im Internet mehrmals täglich aktualisiert.

Die Anzahl der im SCI annotierten Zeitschriften vergrößert sich jährlich, sie blieb jedoch während der Datenerhebung für diese Studie fast konstant. Die Auswahl der Journale für den SCI erfolgt in einem Selektionsprozess nach der Evaluierung verschiedener Kriterien, wie z.B. der Art des Reviewverfahrens. Erfasst sind die meisten Journale mit „peer-review“ Standards. Es besteht die Möglichkeit, dass nicht-englischsprachige Zeitschriften seltener in den SCI aufgenommen wurden. Wichtige Journale, die auf deutsch oder französisch publizieren, wurden nach der zum o.g. Untersuchungszeitraum genannten Zeitpunkt aktuellen Journalliste des SCI zu urteilen aber größtenteils berücksichtigt. Die bis Mitte des letzten Jahrhunderts üblichen Abstraktsammlungen (z.B. Chemical Abstracts) komplementieren den SCI, wurden aber hier nicht genutzt. Im Untersuchungszeitraum wurden im SCI keine Abstracts veröffentlicht.

Die Suche innerhalb des SCI erfolgt nach Stichwort, Titel der Arbeit, Autorname und dem Erscheinungsjahr. Es wird unterschieden nach der allgemeinen Suche oder nach dem „Cited Reference Search“ bei dem nach zitierenden Arbeiten gesucht werden kann.

Die vollständige Auflistung von wissenschaftlichen Arbeiten nach SCI-Kriterien erfolgt (Stand 2004) ab 1945, Veröffentlichungen aus früheren Jahren werden über die „Cited Reference Search“ Funktion in die Suche miteinbezogen, diese konnten aber zu dem Zeitpunkt nicht detailliert (nur Journal, Ausgabe, Seitenzahlen) betrachtet werden. Die Herkunft der Autoren wird bei Veröffentlichungen ab 1973 in der Detailansicht des SCI angezeigt. Für frühere Arbeiten musste die Herkunft der Autoren durch die direkte Einsicht in die Druckversion des Artikels bzw. in die im Internet verfügbare digitalisierte Version festgestellt werden.

Die analysierten Arbeiten

Die für die Untersuchung ausgewählten 20 Arbeiten wurden zwischen 1943 und 1977 veröffentlicht. Bei diesen Artikeln handelt es sich fast ausschließlich um Arbeiten aus der Grundlagenforschung, wobei die Protein- und Nukleinsäurebiochemie, Forschungen zur Proteinbiosynthese, sowie Genetik an Phagen und Mikroorganismen

unter Einschluss der Entdeckung neuer Techniken zur molekularbiologischen Analyse den Schwerpunkt bilden.

Mehr als zwei Drittel der Autoren der ausgewählten Arbeiten erhielten den Nobelpreis u.a. für die darin publizierten Ergebnisse. Die Übrigen wurden mit anderen angesehenen Wissenschaftspreisen ausgezeichnet und die jeweilige Arbeit dabei hervorgehoben. Die Auswahl berücksichtigte auch die Bedeutung der Arbeiten für die Entwicklung des Gebiets sowie ihre Gewichtung in der bisherigen Literatur zur Geschichte der Molekularbiologie. Die folgende Liste stellt die ausgewählten Arbeiten kurz vor und beschreibt deren Auswirkung auf die Forschung. Die meisten von ihnen wurden im Kontext der kurzen Geschichte der Molekularbiologie in Kapitel 1 kurz vorgestellt.

Die Arbeiten sind nach dem Erscheinungsjahr geordnet:

- Salvador E. Luria und Max Delbrück (1943). „Mutations of bacteria from virus sensitivity to virus resistance." *Genetics* 28, S. 491-511.

Salvador Luria und Max Delbrück zeigten in *Escherichia coli* im sogenannten Fluktuationstest, dass Mutationen, die sich als vorteilhaft erweisen, spontan schon vor dem exogenen Einfluss entstehen. Dieser Test zeigte, dass auch bakterielle Mutanten nicht durch lamarckistische Mechanismen erzeugt werden. Bakterien wurden hier zum ersten Mal als Objekte der Molekularbiologie verwendet.

- Oswald T. Avery, Colin M. MacLeod und Maclyn McCarthy (1944). „Induction of transformation by a desoxyribonucleic acid fraction isolated from *Pneumococcus* Type III." *Journal of experimental medicine* 79, S. 139-158.

Oswald T. Avery und seine Kollegen zeigten in Versuchen mit verschiedenen Stämmen von *Pneumococcus*, dass die DNA die transformierende Substanz ist. Damit belegten sie die vorher bestrittene biologische Spezifität der DNA und legten ihre alleinige Rolle als Substanz der Gene nahe, eine Voraussetzung für das spätere molekularbiologische Interesse an der DNA.

- Joshua Lederberg und Edward L. Tatum (1946). „Gene recombination in *Escherichia coli*." *Nature* 158, S. 558.

Joshua Lederberg und Edward L. Tatum entdeckten die Rekombination von Genabschnitten in Bakterien durch Kreuzungsversuche. Sie zeigten, dass auch in

Bakterien diskrete Gene vorhanden waren und machten deutlich, dass Bakterien durch ihr genetisches Verhalten (Rekombination) als Modell für Eukaryonten dienen können. Zusammen mit dem Versuch von Luria und Delbrück war dies die Grundlage für die bakterielle Genetik.

- Frederick Sanger (1945). „The free amino groups of insulin.“ *Biochemical Journal* 39, S. 507-515.

Frederick Sanger entwickelte 1945 eine neue chromatographische Methode, um die Endgruppen von Aminosäureketten bestimmen und damit Peptide bzw. Proteine weitaus effektiver und als ganze Makromoleküle sequenzieren zu können. Zur Bestimmung der Endgruppen verwendete er Dinitrofluorbenzol, später auch Sangers Reagenz genannt. Er veröffentlichte in dieser Arbeit die ersten Aminosäuresequenzdaten des Insulins.

- Frederick Sanger und Hans Tuppy (1951). „The amino-acid sequence in the phenylalanyl chain of insulin .1. The identification of lower peptides from partial hydrolysates.“ *Biochemical Journal* 49 (4), S. 463-481.

Frederic Sanger und Hans Tuppy veröffentlichten in dieser Arbeit die erste vollständige Sequenz eines Peptids, dies waren die 30 Aminosäuren der B-Kette des Insulins.

- Linus Pauling, Robert B. Corey und Herman R. Branson (1951). „The structure of proteins - 2 hydrogen-bonded helical configurations of the polypeptide chain.“ *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 37 (4), S. 205-211.

Linus Pauling untersuchte zusammen mit Robert Corey und Herman Branson die Frage nach der räumlichen Struktur von Proteinen. Die Gruppe entdeckte als Folge ihrer korrekten Charakterisierung der Peptidbindungen die Alpha helix Struktur der Proteine.

- Erwin Chargaff (1950). „Chemical specificity of nucleic acids and mechanisms of their enzymatic degradation.“ *Experientia* 6, S. 201-209.

Erwin Chargaff und seine Kollegen fanden durch die Weiterentwicklung von Chromatographietechniken in einer Reihe von Arbeiten die sogenannten Chargaff-Regeln zur quantitativen Basenzusammensetzung der DNA (Olby 1994, S. 213-215).

Damit zeigten sie, dass die DNA nicht, wie bis dahin angenommen, ein monotones Makromolekül war, sondern zwischen den verschiedenen Arten variierte. Sie fanden weiterhin, dass die molaren Mengen der Basen Adenin und Guanin denjenigen von Thymin und Cytosin entsprachen, ein Befund, der von großer Bedeutung für die Frage der Basenpaarung in der Doppelhelix wurde.

- Esther M. Lederberg und Joshua Lederberg (1953). „Genetic studies in lysogenecity in *Escherichia coli*." *Genetics* 38, S. 51-64.

Esther und Joshua Lederberg entdeckten 1953 den lysogenen Phagen lambda. Anders als bei virulenten oder lytischen Phagen wird bei Lambda Phagen die DNA in die Wirts-DNA integriert und oft über viele Generationen bis zur Induktion durch einen Aussenreiz in der Bakterien-DNA weitervererbt. Die Lyse der Zelle erfolgt nicht direkt nach der Infektion. Heute spielen die Mechanismen der sequenzspezifischen Rekombination und der Transformation in der Gentechnik eine Rolle.

- James D. Watson und Francis H.C. Crick (1953). „Molecular structure of nucleic acids. A structure for deoxyribose nucleic acid." *Nature* 171, S. 737-738.

In ihrer Aufklärung der Doppelhelixstruktur der DNA zogen James D. Watson und Francis Crick die richtigen Schlussfolgerungen aus vorausgegangenen Arbeiten anderer Wissenschaftler, insbesondere den Arbeiten zur Strukturuntersuchung der DNA durch Röntgenbeugungsexperimente von Rosalind Franklin und Maurice Wilkins (Wilkins et al 1953; Franklin und Gosling 1953). Diese Arbeit bildete den Ausgangspunkt für Arbeiten zur DNA-Replikation und zum genetischen Code.

- Matthew Meselson und Frank W. Stahl (1958). „The replication of DNA in *Escherichia coli*." *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 44, S. 671-682.

Der Replikationsmechanismus der DNA wurde von Matthew S. Meselson und Franklin W. Stahl in biochemischen Versuchen an *E. coli* als semikonservativ identifiziert. In ihrem Experiment konnten sie zeigen, dass bei der Verdoppelung die beiden Stränge der DNA-Doppelhelix getrennt repliziert werden. Jeder neuentstandene Doppelstrang enthält einen elterlichen und einen neu synthetisierten komplementären Strang.

- Francis H.C. Crick (1958). „On protein synthesis." *Symposium of the Society for Experimental Biology* 12, S. 138-163.

In dieser theoretischen Arbeit postulierte Crick grundlegende Prinzipien der Molekulargenetik: Die Sequenzhypothese, nach der allein die DNA-Sequenz die Information für die Struktur von Proteinen bereitstellt und das „zentrale Dogma“, nach dem der Informationsfluss nur von der DNA zu den Proteinen erfolgt. Crick folgerte die wichtige Rolle der RNA aus vorliegenden Ergebnissen zur Existenz verschiedener Arten von RNA bei der Übersetzung der genetischen Information in Proteine. Er postulierte die tRNA (als „adaptor“ RNA).

- Max F. Perutz, Michael G. Rossmann, Ann F. Cullis, Hilary Muirhead, George Will und Anthony C.T. North (1960). „Structure of haemoglobin -3-dimensional fourier synthesis at 5.5-A resolution, obtained by x-Ray analysis." *Nature* 185 (4711), S. 416-422.

Max Perutz und seine Kollegen ermittelten erstmals die dreidimensionale Struktur eines zusammengesetzten Proteins, des Hämoglobins, durch die Erstellung und den Vergleich von Röntgenbeugungsmustern radioaktiv markierter Proteinkristalle. Die Struktur des Myoglobins hatte John Kendrew, ein Kollege von Max Perutz, zwei Jahre zuvor im gleichen Institut aufgeklärt.

- François Jacob und Jacques Monod (1961). „Genetic regulatory mechanisms in the synthesis of proteins." *Journal of Molecular Biology* 3, S. 318-356.

François Jacob und Jacques Monod schlugen aufgrund von Kreuzungs- und Mutationsversuchen an *E. coli* 1961 ein Modell vor, das die Regulierung der Transkription erklärte. Sie sagten voraus, dass die zelluläre Herstellung der Proteine, die den Laktosestoffwechsel regulieren, auf Transkriptionsebene von einem DNA-Abschnitt, dem Operator gesteuert wird. Das DNA-Stück auf dem der Operator, und die Enzymgene für den Laktoseabbau liegen, nannten sie das Lactose-Operon (lac-operon). Im regulatorischen Bereich des Operons sagten sie eine Bindestelle für den lac-Repressor voraus. In Abwesenheit des Repressors werden die Gene transkribiert. Mit dem Jacob-Monod Modell ist das Teilgebiet der „Regulation von Genaktivitäten“ in der Molekularbiologie gegründet worden.

- Francis H.C. Crick, Sydney Brenner, Richard J. Watts-Tobin und Leslie Barnett (1961). „General nature of the genetic code for proteins." *Nature* 192, S. 1227-1232.

Bei diesem Beitrag zur Entzifferung des genetischen Codes zogen Francis Crick und seine Kollegen Rückschlüsse auf dessen Triplettnatur aus ihren Kreuzungsversuchen mit acridine induzierten Bakteriophagenmutanten. Mit den Mutationsversuchen konnten sie außerdem zeigen, dass der Code nicht überlappend ist, dass er degeneriert ist und dass die Transkription an einem spezifischen Startpunkt beginnen muss. Von dieser allgemeinen Charakterisierung des genetischen Codes ausgehend konnte begonnen werden, die „Codewörter“ aufzuklären.

- Marshall Nirenberg und J. Heinrich Matthaei (1961). „Dependence of cell-free protein synthesis in *E. coli* upon naturally occurring or synthetic polyribonucleotides." *Proceedings of the National Academy Sciences USA* 47 (10), S. 1588-1602.

Die Entzifferung des ersten Codons gelang kurze Zeit nach der Veröffentlichung von Crick und seinen Kollegen einer Gruppe am NIH in Bethesda. Heinrich Matthaei und Marshall Nirenberg zeigten mit einem biochemischen Versuchsansatz im zellfreien System von *E. coli*, dass nach Zugabe einer künstlich hergestellten Uracil-Polyribonucleotidkette ein Polypeptid bestehend aus Phenylalanin synthetisiert wird.

- Sydney Brenner, François Jacob, und Matthew Meselson (1961). „An unstable intermediate carrying information from genes to ribosomes for protein synthesis." *Nature* 190, S. 576-581.

In ihrer gemeinsamen Arbeit zum Mechanismus der Proteinsynthese zeigten die Autoren in Infektionsversuchen mit dem Bakteriophagen T4, dass die Übertragung der genetischen Information des Phagen von der DNA zum Protein an den Ribosomen, durch eine instabile Zwischenstufe vollzogen wird. Für die Zwischenstufe wurde von ihnen der Begriff Boten-RNA oder messenger RNA (mRNA) genannt.

- Jacques Monod, Jean-Pierre Changeux und François Jacob (1963). „Allosteric proteins and cellular control systems." *Journal of Molecular Biology* 6, 306-329.

Jacques Monod und seine Kollegen fanden die Erscheinung der Allosterie bei Proteinen, die aus mehreren Untereinheiten zusammengesetzt sind. Diese Proteine können in mehr als einer stabilen Konformation der Gesamtstruktur vorkommen und

durch induzierte Strukturänderungen in ihrer Aktivität reguliert werden, z.B. das Hämoglobin.

- David Baltimore (1970). „Viral RNA-dependent DNA polymerase." *Nature* 226, S. 1209-1211.

David Baltimore wies bei seinen Untersuchungen der Interaktion von Tumoviren mit dem genetischen Material des Wirts ein Enzym nach, das die RNA als Template für die Synthese von DNA verwendet, die Reverse Transkriptase. Dieses Enzym ergänzte Cricks „zentrales Dogma der Molekularbiologie“, das den als universell geltenden Informationsfluss von der DNA zum Protein festlegte. Diese Entdeckung hatte nicht nur wichtige Implikationen für die Erforschung der Karzinogenese durch Tumoviren zur Folge, sondern war auch Ausgangspunkt zur Entwicklung molekularbiologischer Methoden, bei denen mRNA durch die Reverse Transkriptase in die stabilere cDNA umgewandelt wird, um die Regulation der Transkription zu untersuchen.

- Werner Arber und Linn, S. (1969). „DNA modification and restriction." *Annual review of Biochemistry* 38, S. 467-500.

Das enzymatische Zerschneiden (Restriktion) artfremder DNA in Bakterien ist sequenzspezifisch. Dies zeigten Werner Arber und Stuart Linn mit der ersten Beschreibung eines Restriktionsenzym aus *E. coli* nach einer Phageninfektion.

Restriktionsenzyme aus verschiedenen Organismen wurden später ein wichtiges molekularbiologisches Instrument bei der Herstellung rekombinanter DNA.

- David A. Jackson, Robert H. Symons und Paul Berg (1972). „Biochemical method for inserting new genetic information into DNA of Simian Virus 40 - Circular SV40 DNA molecules containing Lambda phage genes and galactose operon of Escherichia coli." *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 69 (10), S. 2904-2909.

Die Gruppe um Paul Berg an der Universität Stanford fand einen Weg, genetische Information aus *E. coli* und dem Bakteriophagen Lambda in die DNA des SV40-Virus einzufügen. Es gelang ihnen somit die Schaffung der ersten rekombinanten DNA.

- Frederick Sanger, Gilian M. Air, Bart G. Barrell, Nigel L. Brown, Alan R. Coulson, John C. Fiddes, Clyde A. Hutchison III, Patrick M. Slocombe und Michael Smith (1977). „Nucleotide sequence of bacteriophage Φ X174 DNA." *Nature* 265, S. 687-695.

Etwa 30 Jahre nachdem Frederick Sanger eine Methode zur Proteinsequenzierung gefunden hatte, entwickelte er die „+/- -Methode" zur Sequenzierung von DNA Fragmenten, aus der sich die heute gebräuchliche Didesoxymethode ableitet. Er veröffentlichte in dieser Arbeit mit seinen Kollegen zum ersten Mal die vollständige DNA Sequenz eines Phagen, des Φ X174. Mit der Weiterentwicklung und Variation von Sangers Methode war es zu Beginn des 21. Jahrhunderts möglich das gesamte menschliche Genom zu sequenzieren. Eine Methode zur DNA-Sequenzierung von Allan Maxam und Walter Gilbert, die etwa zur gleichen Zeit entwickelt wurde, stellte sich im Laufe der Zeit als weniger praktikabel heraus, da eine Nutzung in grossem Massstab u.a. durch den Einsatz von radioaktiver Markierung und stark giftigen Chemikalien erschwert wurde.

4.2 Ergebnisse und Diskussion der Rezeptionsuntersuchung molekularbiologischer Arbeiten

Die untersuchten Arbeiten wurden zwischen 1943 und 1977 veröffentlicht, der untersuchte Zeitraum reicht somit von 1943 bis 1987.

Publikation	Gesamte Anzahl der Zitate bis 2004¹⁵⁷	Anzahl der Zitate in den ersten 10 J. nach Erscheinen	Anteil an den gesamten Zitaten (in %)
Luria, S.E., Delbrück, M. (1943)	1950	165	8,5
Avery, O.T. et al (1944)	1324	235	17,3
Sanger, F. (1945)	2127	439	20,6
Lederberg, J., Tatum, E.L. (1946)	139	35	25,2
Chargaff, E. <i>Experientia</i> (1950)	192	89	46,4

¹⁵⁷ Stand Dezember 2004. (Die Daten von vor 1945 wurden im September 2007 ergänzt, als dieser Zeitraum im SCI online verfügbar wurde.)

Publikation	Gesamte Anzahl der Zitate bis 2004	Anzahl der Zitate in den ersten 10 J. nach Erscheinen	Anteil an den gesamten Zitaten (in %)
Pauling, L. et al (1951)	1023	254	24,8
Lederberg, E.M. (1951)	210	115	54,8
Sanger, F. and Tuppy, H. (1951)	592	252	42,6
Watson, J.D., Crick, F.H. (1953)	2418	474	19,6
Meselson, M., Stahl, F.W. (1958)	643	336	52,3
Perutz, M. (1960)	501	301	60,1
Jacob, F., Monod, J. (1961)	3212	1911	59,5
Crick, F.H. et al (1961)	611	405	66,3
Nirenberg, M., Matthaei, J.H. (1961)	1274	933	73,2
Brenner, S. et al (1961)	525	429	81,7
Monod, J. et al (1963)	1309	791	60,4
Arber, W. and Linn, S. (1969)	369	277	75,1
Baltimore, D. (1970)	1389	842	60,6
Jackson, D.A., Berg, P. et al (1972)	236	164	69,5
Sanger, F. et al (1977)	919	779	84,8

Tabelle 5: Die gesamte Anzahl der Zitate (bis 2004) der 20 vorgestellten Arbeiten, die Anzahl der Zitationen in den ersten zehn Jahren sowie deren prozentualer Anteil an den Geamtziten (mit Selbstziten).

Die gesamte Anzahl der Zitate pro Arbeit lag zwischen 139 im Fall von Joshua Lederberg und Eduard Tatum's Entdeckung der genetischen Rekombination in Bakterien im Jahr 1946 und über 3200 Zitaten für die Arbeit zur Genregulation in Bakterien von Jacques Monod und Francois Jacob im Jahr 1961. Die für die

vorgestellte Untersuchung ausschlaggebende Anzahl der Zitate einer Arbeit innerhalb der ersten zehn Jahre nach dem Erscheinen lag zwischen 35 und etwa 1900 Zitaten (siehe Tabelle 5).

Insgesamt war die Anzahl der Zitate bei methodischen Arbeiten (Sanger, Nirenberg, Baltimore) und Arbeiten, die später für die medizinische Forschung relevant wurden, (Jacob und Monod, Baltimore) größer als bei einer theoretischen Arbeit (Crick). Die Entdeckung der Doppelhelixstruktur von Watson und Crick, von manchen als eigentlicher Beginn der Molekularbiologie angesehen, wurde ebenfalls sehr oft zitiert.

Der prozentuale Anteil der Zitate in den ersten zehn Jahren nach dem Erscheinen an der gesamten Anzahl ist sehr verschieden Während er bei Arbeiten, die nach 1960 veröffentlicht wurden, bei durchschnittlich 65% liegt, der Anteil bei früheren Arbeiten sehr unterschiedlich zwischen etwa 10 bis 50%. Dieser Anteil fällt geringer aus, wenn die betreffende Arbeit Jahrzehnte nach ihrer Veröffentlichung vermehrtes historisches Interesse erhielt. z.B. bei Jubiläen. Bei solchen Arbeiten liegt oft ein Großteil der Zitate in späterer Zeit. Ein Beispiel für dieses Phänomen ist die Entdeckung der Doppelhelixstruktur der DNA mit nur 19,6 % der Zitate in den ersten zehn Jahren. Nach Auswertung einer jahresabhängigen Aufstellung von Bruno Strasser gab es in den Jubiläumsjahren meist eine höhere Zitzahl wahrscheinlich aus historischem Interesse (Strasser 2003a, S. 803). Im Falle von Averages Identifikation der DNA als Erbmaterial ist anzunehmen, dass auch der Zeitpunkt der aktiven Wahrnehmung der Ergebnisse durch die Kollegen eine Rolle spielt. Der Anteil der Zitate in den ersten 10 Jahren nach Erscheinen liegt hier bei 17,3%. Bei den Arbeiten zur Proteinstruktur sind wurden ebenfalls die methodischen Neuerungen häufiger innerhalb der ersten 10 Jahre aufgegriffen z.B. 42,6 % bei Sanger und Tuppy gegenüber 24,8% bei Linus Paulings Arbeit zur alpha-Helix.

4.2.1 Internationaler Vergleich der Rezeption

Für den internationalen Vergleich der Herkunft der zitierenden Gruppen mussten die Adressen der Autoren einer Arbeit durch Einsicht der Papier- oder Onlineversion der Arbeit identifiziert werden. Erst ab 1973 ist die Adresse der Autoren mit steigender Häufigkeit im SCI angegeben. Die Länder, die verglichen wurden, sind die USA, Großbritannien, Frankreich und Deutschland.

Publikation (Publikationsjahr und -ort)	Zitate^a	Selbst- Zitate^b	USA	Gross- britannien	Frank- reich	BRD/ DDR	Andere
Luria, S.E., Delbrück, M. (1943, USA)	165	9	104	18	6	3/0	25
Avery, O.T. et al (1944, USA)	235	6	146	35	17	7/0	24
Sanger, F. (1945, GB)	439	12	144	120	39	50/2	72
Lederberg, J., Tatum, E.L. (1946, USA)	35	4	11	8,5	5	2/0	4,5
Chargaff, E. Experientia (1950, USA)	89	27	24	16	3	2/0	17
Pauling, L. et al (1951, USA)	254	19	110	73	6	16/0	30
Lederberg, E.M. (1951, USA)	115	11	53	5,5	16,5	5/0	24
Sanger, F. and Tuppy, H. (1951, GB)	252	16	95	47	12	31/1	50
Watson, J.D., Crick, F.H. (1953, GB)	474	9	249	86	22	28/1	79
Meselson, M., Stahl, F.W. (1958, USA)	336	4	233	18	7	18/0	56
Perutz, M. (1960, GB)	301	21	136	46	12	35/4	67
Jacob, F., Monod, J. (1961, Frankreich)	1911	25	969	126	180	93/8	510
Crick, F.H. et al (1961, GB)	405	12	235,5	41,5	16,5	27/2	70,5
Nirenberg, M., Matthaei, J.H. (1961)	933	19	532	38	37	48/2	257
Brenner, S. et al (1961, GB)	429	8	218	54,5	29,5	21/1	97

^a Zitate in den ersten 10 Jahren nach dem Erscheinen der zitierten Arbeit.

^b Die Selbstzitate wurden von den Gesamtziten abgezogen und gingen in keine weitere Auswertung ein.

Publikation (Publikationsjahr und -ort)	Zitate	Selbst- Zitate	USA	Gross- britannien	Frank- reich	BRD/ DDR	Andere
Monod, J. et al (1963, Frankreich)	791	7	398	52	64	15/0	255
Arber, W. and Linn, S. (1969, Schweiz)	277	11	134,5	30,5	8	11,5/8	73,5
Baltimore, D. (1970, USA)	842	16	545	32	56	45,5/4	143,5
Jackson, D.A., et al (1972, USA)	164	15	83	12	8,5	10,5/0	35
Sanger, F. et al (1977, GB)	779	6	413	55,5	36,5	52,5/0	215

Tabelle 6: Zitate für die untersuchten Arbeiten sortiert nach der Herkunft der zitierenden Gruppen. Die Herkunftsländer sind USA, Grossbritannien (GB), Frankreich (F), der BRD bzw. DDR und andere. Selbstzitate wurden nicht in die Untersuchung mit einbezogen. Zitate aus internationalen Kooperationen wurden je zur Hälfte dem Herkunftsland der jeweiligen Gruppen zugeordnet. Unter Andere wurden auch Publikationen klassifiziert bei denen sich nach gründlicher Recherche keine nationale Zuordnung ergeben hat.

Verteilung der Zitate nach Themengebieten im internationalen Vergleich

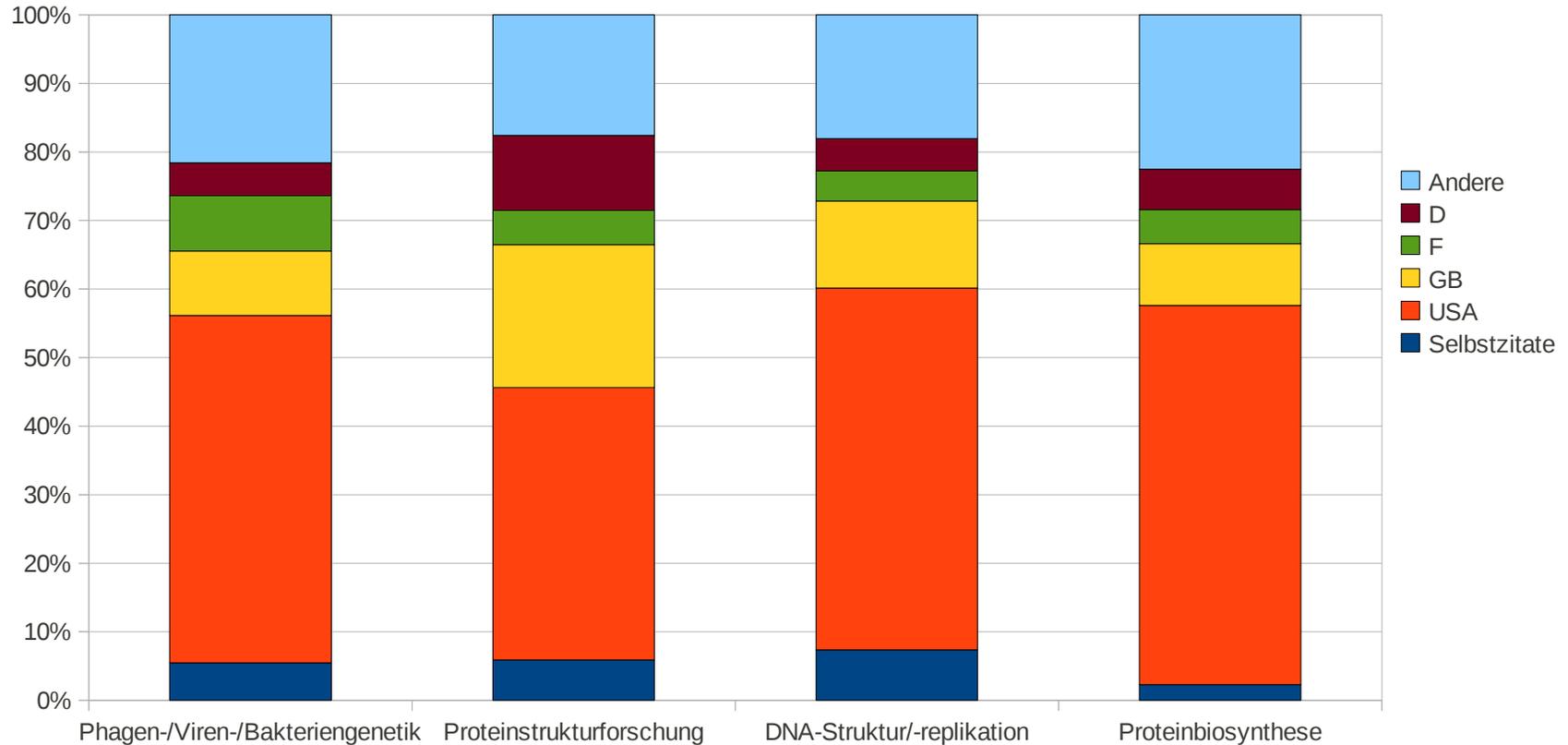


Abbildung 7: Für die Abbildung wurden die in Tabelle 5 vorgestellten Ergebnisse des Internationalen Vergleichs zur Veranschaulichung einzelnen Themengebieten zugeordnet. Zu sehen ist jeweils der prozentuale Anteil des jeweiligen Landes an den Gesamtzitate.^c

^c **Einteilung:** *Phagen-/Viren-/Bakteriengenetik:* Luria, S.E., Delbrück, M. (1943); Lederberg, J., Tatum, E.L. (1946); Lederberg, E.M. (1951); Jacob, F., Monod, J. (1961); Monod, J. et al (1963); Arber, W. and Linn, S. (1969); Baltimore, D. (1970); Jackson, D.A., et al (1972). *Proteinstruktur:* Sanger, F. (1945); Pauling, L. et al (1951); Sanger, F. and Tuppy, H. (1951); Perutz, M. (1960). *DNA-Funktion/-Struktur/-replikation:* Avery, O.T. et al (1944); Chargaff, E. (1950); Watson, J.D., Crick, F.H. (1953); Meselson, M., Stahl, F.W. (1958); Sanger, F. et al (1977) *Proteinbiosynthese/Genetischer Code:* Crick, F.H. et al (1961); Nirenberg, M., Matthaei, J.H. (1961); Brenner, S. et al (1961)

Der internationale Vergleich der Rezeption durch eine Zitationsanalyse (s. Tabelle 6) zeigt, dass der Großteil – zwischen einem und zwei Drittel – aller Zitate für die 20 Arbeiten aus den USA stammt. Die Anzahl der Zitate aus Großbritannien, Frankreich und Deutschland war deutlich niedriger und lag zusammengefasst bei einem Drittel bis 50%. Dabei wies Großbritannien meist höhere Zahlen auf als Deutschland und Frankreich. Es gab themenspezifische Unterschiede in der Zitierhäufigkeit (s. Abb. 7) zwischen den verschiedenen Ländern.

Betrachtet man den internationalen Vergleich aufgetrennt nach Themengebieten so zeigt sich, dass bei der Phagen-, Viren- und Bakteriengenetik jeweils etwa 10 % der Zitate aus Frankreich oder Großbritannien stammen, und nur ca. 6 % aus Deutschland. Der Anteil der Zitate aus den USA macht ungefähr die Hälfte der Gesamtzahl aus. Bei der Proteinstrukturforschung fällt auf, dass hier etwas mehr als 20 % der Zitate aus Großbritannien stammen. Der Anteil der Zitate aus Deutschland und Frankreich fällt mit 11 bzw. 5 % geringer aus, wobei Deutschland mit ca. 11 % in der Proteinstrukturforschung von allen Teilgebieten am stärksten vertreten ist.

Bei den Untersuchungen zur DNA-Struktur und -Replikation kamen wieder die Hälfte der Zitate aus den USA. Großbritannien liegt mit 13 % weit zurück und der Anteil der Zitate aus Deutschland und Frankreich unterscheidet sich kaum und liegt bei etwa 4,5 %. Deutschland war bei den Zitaten der Arbeiten zur DNA-Replikation und Sequenzierung etwas stärker vertreten, Frankreich dagegen bei der Identifikation der DNA als Erbmaterial.

Das letzte Themengebiet der Proteinbiosynthese und des genetischen Codes ergab eine Zitatverteilung von 9% für Großbritannien und 5 bzw. 6 % für Frankreich und Deutschland. Bei der Anzahl der Zitate, für die alle Anfang der 1960er Jahre erschienenen Arbeiten, zeigen sich auch im einzelnen keine grösseren Unterschiede für die Zitathäufigkeit der einzelnen Länder.

Während die Anzahl der Zitate aus Großbritannien und den USA keine Tendenzen zeigen, nimmt die Anzahl der Zitate aus Deutschland und Frankreich zu. Insbesondere ab den 1960er Jahren gab es immer mehr zitierende Gruppen in den beiden Ländern.

Da die Analyse zeigen sollte, wie die Forschungsergebnisse in den einzelnen Ländern aufgegriffen wurden, sind Zitate, in denen die Autoren ihre eigenen Arbeiten zitierten, in der Analyse getrennt gezeigt. Sie wurden nicht bei dem jeweiligen Land

eingerechnet. Ein Sonderfall bei den Selbstziten war Erwin Chargaff. Er zitierte seine Arbeit häufig selbst (etwa 1/3 aller Zitate). Ein Grund hierfür könnte sein, dass er der einzige war, der sich Anfang der 1950er Jahre mit der spezifischen Fragestellung zur Verteilung der Basen in Nucleinsäuren verschiedener Organismen beschäftigte. Erst nach 1953, nachdem die Signifikanz des Basenverhältnisses in der DNA für die Replikation und Codierung der Erbinformation erkannt worden war, wurde seine Arbeit häufiger von anderen zitiert, allerdings meist im Zusammenhang mit allgemeineren Strukturfragen der DNA; seine Methoden wurden meist nicht aufgegriffen.

Die Herkunft der Verfasser und der Publikationsort der Zeitschrift erhöhten die Beachtung einer Arbeit im Herkunftsland. Hier könnte die Bedeutung eines Wissenschaftlers bzw. einer Zeitschrift im eigenen Land für Wahl des Forschungsthemas bei junger Wissenschaftler von Bedeutung gewesen sein. Eine statistische Untersuchung dieses Effektes ist nicht möglich, dennoch werden hier einige nationale Besonderheiten kurz beschrieben.

Es gab eine nationale Vorliebe bestimmter Journale.¹⁵⁸ In England war dies das *Biochemical Journal*, in den USA waren es die *Proceedings der National Academy of Sciences*, das *Journal of Biological Chemistry* und die Publikationsorgane der verschiedenen biologischen und chemischen Gesellschaften. So wurde zum Beispiel Frederick Sangers Arbeit zur Endgruppenbestimmung von Peptiden (1945), im englischen *Biochemical Journal* veröffentlicht, diese Arbeit wurde 70 in diesem Journal zitiert, wobei alle diese Zitate aus England, Australien oder Kanada stammen. Dieselbe Arbeit wurde 40 mal im *Journal of Biological Chemistry* zitiert; alle diese Zitate stammen aus den USA. Auch für Zitate aus Deutschland fand sich eine Bevorzugung von inländischen Zeitschriften wie der *Biochemischen Zeitschrift*, den *Naturwissenschaften*, der *Zeitschrift für Vererbungslehre* (später *Molecular and General Genetics*) und der Zeitschriften der wissenschaftlichen Fachgesellschaften. In Frankreich waren es ebenfalls die Zeitschriften der naturwissenschaftlichen Gesellschaften (*Comptes Rendus des Seances de la Societe de Biologie et des ses Filiales*). Arbeiten in deutschen und teilweise auch in französischen Zeitschriften wurden bis in die 1960er Jahre meist in der Landessprache verfasst (siehe unten zu Sprache)¹⁵⁹

¹⁵⁸ Zur Frage der Verfügbarkeit der publizierten Arbeiten siehe auch weiter unter „Verfügbarkeit der Arbeiten“.

Die große Zahl der Zitate aus den USA weist darauf hin, dass das Land die Führungsrolle in der Molekularbiologie übernommen hat. Nach De Solla Price ist „die Explosion in ein Vakuum [...] der tiefere Grund dafür, daß die Vereinigten Staaten, die mit ihrer wissenschaftlichen Revolution viel später begannen als Europa, schneller vorankommen konnten, bis sie Europa eingeholt und überholt hatten.“(Price 1974, S. 112).

Auch die aufgrund von Forschungstraditionen in England, Frankreich und Deutschland erwarteten Tendenzen konnten durch die Analyse bestätigt werden. In Frankreich war dies die Bakteriengenetik. In diesem Teilgebiet stammten fast doppelt so viele Zitate aus Frankreich als in der Strukturforschung an Makromolekülen oder dem genetischen Code. England war ein Zentrum der kristallographischen Strukturforschung an biologischen Makromolekülen, was sich auch in den 13 bzw. 21% Anteil an den Zitaten für die DNA- und Proteinstrukturforschung zeigt. Die Ergebnisse der Bakterien- und Phagengenetik hingegen wurden dort nicht so häufig aufgegriffen, obwohl einer der Pioniere der Bakteriengenetik William Hayes in Großbritannien forschte.

Die Ergebnisse für Deutschland zeigten, dass im Vergleich zu den europäischen Nachbarn ein Schwerpunkt auf der Proteinstrukturforschung lag, was wiederum auf die deutsche Tradition in der Chemie/Biochemie hinweist. Bereits ab Ende der 1940er Jahre wurden die Arbeiten aus der Proteinstrukturforschung in Deutschland überdurchschnittlich stark zitiert. Während in England und Frankreich kaum ein Anstieg der absoluten Zahlen (siehe Tabelle 5) in den einzelnen Teilgebieten zu sehen ist, steigt die Zahl der Zitate aus Deutschland für die Themengebiete außerhalb der Proteinstrukturforschung ab den 1960er Jahren zahlenmäßig an. Dies bestätigt die Annahme, dass die deutsche Forschung ab den 1960er Jahren Anschluss an die internationale Entwicklung erhält.

Der Anteil der Arbeiten aus internationalen Kooperationen stieg ab Mitte der 1960er Jahre an. Hier könnte die weltweit steigende Zahl von Autoren und die Vereinheitlichung der Wissenschaftssprache zum Englischen eine Rolle gespielt haben, aber auch die steigende Mobilität der Wissenschaftler und bessere Kommunikationsmöglichkeiten (z.B. per Telefon). Viele nach einem

¹⁵⁹ Näheres zur Beeinflussung der Auswahl der Zeitschrift und Publikationssprache auf die Rezeption der Arbeiten aus Deutschland finden sich im Teilkapitel „Sprache“.

Forschungsaufenthalt nach Deutschland zurückkehrende Wissenschaftler hatten im Ausland bleibende Kontakte geknüpft.

Derek de Solla Price beschrieb die wachsende Zusammenarbeit zwischen Wissenschaftlern als eine Folge des Wettbewerbs und der Erhaltung des Tempos beim wissenschaftlichen Fortschritt.

Er meint: „In den aktivsten Forschungsgebieten wird Wissen durch Zusammenarbeit übertragen. In ausgewählten Gruppen suchen wir Prestige und Anerkennung durch unserergleichen als zur Zusammenarbeit würdig erachtete Kollegen. Wir publizieren für die kleine Gruppe und beschleunigen das Tempo, so weit es nur irgend geht, und setzen damit einen Prozess in Gang, der uns zwingt, das Tempo noch mehr zu forcieren. Nur nebenbei publizieren wir für die Welt als Ganzes, weil die Tradition es erfordert. All das ruft eine beträchtliche Veränderung in der Motivation eines Wissenschaftlers hervor; es ändert seine gefühlsmäßige Haltung gegenüber seiner Arbeit und seinen Kollegen.“ (Price 1974, S. 102).

De Solla Prices Meinung verallgemeinert die Motivation zur Kooperation stark, was im Einzelfall problematisch ist.

Insgesamt stammten etwa 7% der zitierenden Arbeiten aus internationalen Kooperationen. Internationale Kooperationen mit Beteiligung von Wissenschaftlern aus Deutschland gab es kaum. Internationale Kooperationen könnte auch die Beantragung von Forschungsgeldern erleichtert haben und die Chance auf eine Veröffentlichung in einem bekannteren Journal gesteigert haben (Laudel 2002; Beaver und Rosen 1979; Kretschmer 1994). So erhielten Kurt Wallenfels und Howard Rickenberg, USA Mitte der 1960er Jahre zusammen einen Nato-Grant mit Personalmitteln für ein gemeinsames Forschungsprojekt.

Von besonderer Wichtigkeit für die Molekularbiologie ist in diesem Zusammenhang, dass es schon früh Netzwerke von Wissenschaftlern in der Molekularbiologie gab, die es ermöglichten Forschungsergebnisse schnell und effektiv auszutauschen. Besonders wichtig war die sogenannte Phage group um Max Delbrück und Salvador Luria, die sich regelmäßig zu gemeinsamen Forschungsaufenthalten und Symposien traf und auch dazwischen in engem Kontakt stand.¹⁶⁰ Später gab es den RNA-tie Club, dessen

¹⁶⁰Der Einfluss und die Entstehung der Phage group wurden in der einschlägigen Literatur, die in der Einleitung vorgestellt wurde, schon ausführlich diskutiert. (vgl. Olby 1994, S. 238ff).

Mitglieder sich zum regelmäßigen Austausch über die Ergebnisse der Forschung zum genetischen Code trafen.

Zur weiteren Veranschaulichung der Ergebnisse des internationalen Zitationsvergleichs, werde ich einige Tendenzen und frühe Forschungsergebnisse der zitierenden Arbeiten kurz vorstellen. Dies kann aufgrund des Umfangs der Zitate nur stichprobenartig geschehen. Die weitergehende Untersuchung der Forschungsergebnisse in der Molekularbiologie mit Zuhilfenahme der Zitationsanalyse ist in dieser Arbeit nur für Deutschland vorgesehen.¹⁶¹

In Großbritannien zeigen die Zitate, dass ein Schwerpunkt der Forschung in der dreidimensionalen Struktur der Peptide und Proteine lag. Vor allem in Cambridge und London wurde hier die Tradition von William Henry Bragg, seinem Sohn William Lawrence Bragg, James D. Bernal und Dorothy Crowfoot-Hodgkin in der Röntgenstrukturforschung weitergeführt. In Frankreich wurden vor allem die Arbeiten zur Bakterien- und Phagengenetik viel zitiert. Diese Zitate stammten meist aus mikrobiologisch orientierten Instituten, hier besonders dem Institut Pasteur in Paris. Die mit Pasteur begründete und auch nach 1945 stark vertretene Mikrobiologie war mit Forschern wie Andre Lwoff und Boris Ephrussi weltweit führend. Die bahnbrechenden Versuche an Bakteriophagen von Francois Jacob und Jacques Monod Ende der 1950er Jahre fanden ebenfalls am Institute Pasteur statt. Wohingegen in Frankreich die strukturbiochemische Forschung und die klassische Genetik kaum vertreten waren. Die Arbeiten zur Struktur von Proteinen wurden in Frankreich vor allem von der Gruppe um den Biochemiker Claude Fromageot in Paris aufgenommen. Fromageot verstarb 1958.

Hier untersuche ich an zwei Beispielen die Wirkung die einzelne Paper auf die Forschung haben konnten: Der Fluktuationsversuch von Luria und Delbrück wurde 104 mal (63% der Gesamtzitate) von Gruppen aus den USA zitiert. Die meisten dieser Zitate stammten aus der Mikrobiologie, einige aus der Strahlengenetik. Die Mikrobiologen testeten verschiedene Bakterienarten auf Resistenz gegen Antibiotika. In molekulargenetischen Studien berechnete Francis J. Ryan (1910-1963) mit Hilfe der Formeln aus der Luria und Delbrück Arbeit Mutationsraten für die Rückmutation in

¹⁶¹Zum eingehenderen Studium der Forschungsergebnisse aus anderen Ländern verweise ich auf die in der Einleitung vorgestellte Literatur zum Thema. Die Forschungsergebnisse in der Molekularbiologie in Deutschland werden in Kapitel 5 vorgestellt.

biochemischen Mangelmutanten (Ryan und Schneider 1949). Ryan hatte zusammen mit Joshua Lederberg zunächst Versuche an dem Pilz *Neurospora crassa* an der Columbia University durchgeführt. Er wechselte zur Mutationsforschung in Bakterien und untersuchte dort das Mutations- und Selektionsverhalten in wechselnden Wachstumsbedingungen. Joshua Lederberg, der danach zu Edward Tatum an die Yale Universität wechselte, entdeckte dort die sexuelle Rekombination in Bakterien. Waclav Szybalski, ein polnischer Immigrant, isolierte am Cold Spring Harbor Laboratory, mit der von ihm entwickelten Gradiententechnik Mutanten die spezielles Wachstum und Resistenzen auf Antibiotika- und andere chemische Substanzen zeigten und berechnete die Mutationsraten. Evelyn Witkin untersuchte am Cold Spring Harbor Laboratory in technischen Studien das Auftreten von *E. coli* Mutanten nach der Behandlung mit chemischen Substanzen oder Strahlung (Witkin 1947). 18 (11%) der Zitate für Luria und Delbrück's Arbeit kamen aus Großbritannien, wo z.B. der physikalische Chemiker Cyril Hinshelwood (Nobelpreis 1956), der an der Universität Oxford forschte, in den 1950er Jahren selbst eine kinetische Erklärung für die bakterielle Adaptation vorstellte (Hinshelwood 1949), die aber von Genetikern abgelehnt wurde (Fulton 1999, S. 443)

Die sechs Zitate (9%) aus Frankreich stammen zur Hälfte aus dem Institut Pasteur. Drei Zitate (2%) kamen aus Deutschland. 25 (15%) der Zitate kamen aus anderen Ländern, z.B. untersuchte Pierre Fredericq in Belgien die Vererbung von Phagenresistenz und die Fähigkeit zur Colicin, ein Bakteriocin, in *E. coli* zu produzieren (Fredericq 1953).

Die Zitate für die Arbeit zur Entdeckung der sexuellen Rekombination in Bakterien durch Lederberg und Tatum kamen zu 35% aus den USA. 27% der Zitate für diese Arbeit stammen aus England wo Luca L. Cavalli bis 1951 in Cambridge Kreuzungsversuche mit *E. coli* vornahm und 1953 zusammen mit den Lederbergs den F-factor beschrieb (vgl. Creager 2004). Ebenfalls in England war William Hayes (er entdeckte die bakterielle Konjugation), zeitweise gemeinsam mit James D. Watson, bestrebt Lederbergs Ergebnisse in quantitativen Versuchen zur genetischen Rekombination in *E. coli* K12 zu stützen. Norton Zinder und Lederberg entdeckten die Transduktion im Jahr 1952. André Boivin untersuchte in Strassburg die Rolle der DNA bei der Multiplikation und Mutation von Bakterien und bestätigte die Ergebnisse von Lederberg und Tatum, die zeigten, dass die Vererbung in Bakterien denen in höheren

Organismen gleicht (16% der Zitate aus Frankreich). Jacques Monod zitierte Lederberg in einer Arbeit zur Enzymadaption in Bakterien.

Dieser kurze Einblick in die Relevanz der Zitate und verschiedenen Ländern verweist auf den Einfluss, den lokale und nationale Traditionen haben, wie auch auf die Bedeutung einzelner Forscher bei der Etablierung neuer Forschungsrichtungen.

4.2.2 Die Rezeption in Deutschland

Bis in die 1960er Jahre kamen weniger Zitate aus Deutschland als jeweils aus den USA, England und teilweise auch aus Frankreich. In diesem Teilkapitel werden Inhalt und Herkunft der Zitate aus Deutschland genauer untersucht. Die Zitate können allerdings nicht als einziges Mittel zur Identifikation der deutschen Molekularbiologen genutzt werden. In der Zitationsanalyse wurden ca. 600 Wissenschaftler aus Deutschland identifiziert. Bei einem beträchtlichen Anteil von ihnen handelt es sich um Labormitarbeiter oder fachfremde Personen, die nicht oder nur kurze Zeit im von Ihnen zitierten Themengebiet gearbeitet haben (siehe Kapitel 5).

Die inhaltliche Analyse der Zitate aus Deutschland verkleinerte die Zahl der Personen, die molekularbiologisch arbeiteten wiederum beträchtlich, denn es gab einen großen Teil zitierender Personen, die selbst in einem anderen Themengebiet forschten (siehe deshalb Kapitel 5).

Die Anzahl der Zitate für eine Arbeit verteilte sich meist gleichmäßig innerhalb des untersuchten Zeitraums, mit einer etwas geringeren Zahl im Erscheinungs- und dem darauffolgenden Jahr. Arbeiten von deutschen Wissenschaftlern, die diese während eines Aufenthaltes im Ausland mitverfasst haben, wurden nicht berücksichtigt.¹⁶² Die Zitationsanalyse ergab, dass zwischen 1,8 und 12,7% der Zitate für die verschiedenen Arbeiten aus Deutschland stammen.¹⁶³ Da diese Zahlen sehr gering sind, konnten einzelne aktive Gruppen die prozentualen Anteile durch ihre Zitate stark beeinflussen.

¹⁶² Bei vorangegangenen Studien wurde das Ergebnis durch die Einbeziehung der im Ausland tätigen deutschen Wissenschaftler nicht deutlich verfälscht (Westbrook 1960, S.1230), aber auch im Hinblick auf den internationalen Vergleich sollten Unstimmigkeiten vor allem durch Probleme bei der Identifizierung der im Ausland arbeitenden Wissenschaftler vermieden werden.

¹⁶³ Die DDR wurde am 7. Oktober 1949 gegründet. Keine der angegebenen Zitate zwischen 1945 und 1949 stammen aus der späteren DDR bzw. aus deutschen Instituten, die in der sowjetischen Besatzungszone lagen. (vgl. Kapitel 2.3).

Wie oben für Frankreich, Großbritannien und die USA angedeutet, gibt es auch in Deutschland themenspezifische Schwerpunkte.

Bei den Veröffentlichungen zur Proteinstrukturforschung von Frederick Sanger, Linus Pauling und Max Perutz stammten durchschnittlich 10,8% der Zitate von deutschen Arbeitsgruppen. Ein großer Teil dieser Zitate stammt von der Gruppe um Gerhard Braunitzer, der schon früh die Technik der Peptidsequenzierung weiterentwickelte, mit dem Ziel die Proteinsequenz des Hämoglobins zu entschlüsseln. Die Ergebnisse zeigen, dass Braunitzer bis Ende der 1960er Jahre sehr aktiv in der Proteinstrukturforschung war. In anderen Themenbereichen ist der Anteil der Zitate aus Deutschland niedriger. So stammen z.B. bei den Arbeiten zum genetischen Code 5,7% der Zitate aus Deutschland, gefolgt von der Phagen-, Viren- und Bakteriengenetik mit 5%, der Forschung zur Struktur und Replikation der DNA mit 4,5%, und die Arbeiten zur Genregulation wurden nur zu 3,6% von deutschen Arbeitsgruppen zitiert.

Aber auch hier fallen einzelne Gruppen auf, die besonders aktiv waren. Bereits Ende der 1930er Jahre etablierte sich in Tübingen eine später einflussreiche Gruppe von TMV-Forschern, die 1937 nach der Kristallisierung des TMV durch Wendell Stanley (Stanley 1935) gegründet wurde. Diese Forscher sind bei fast allen der untersuchten Arbeiten unter den zitierenden Gruppen zu finden. In den 1950er Jahren waren sie häufiger vertreten als Wissenschaftler aus anderen Instituten. Als Beispiele zu nennen sind Gerhard Schramm oder auch Heinz-Günther Wittmann, der zusammen mit seiner Ehefrau Brigitte Wittmann-Liebold Sequenziertechniken weiterentwickelte und diese an TMV-Proteinen verfeinerte.¹⁶⁴ Ab Anfang der 1960er Jahre kamen vermehrt Zitate aus dem Institut für Genetik in Köln.

In der chronologisch sortierten Tabelle fällt auf, dass der prozentuale Anteil der Zitate aus Deutschland im jeweiligen Teilgebiet weitgehend konstant blieb, die absolute Zahl der Zitate aber vor allem in der Bakteriengenetik ab Ende der 1950er Jahre deutlich anstieg. Auch die Zahl der zitierenden Gruppen (abgesehen von der Proteinstrukturforschung) stieg kontinuierlich an. Diese Tendenz bestätigt erneut, eine breite Etablierung der Molekularbiologie in Deutschland ab den 1960er Jahren stattgefunden hat. Zuvor gab es nur wenige Gruppen, die molekularbiologisch arbeiteten.

¹⁶⁴Die in der Analyse identifizierten Wissenschaftler und ihre Forschungsgebiete sollen in Kapitel 5 näher untersucht werden.

Vergleicht man die Institutionen, aus denen die Zitate stammen, so fällt auf, dass überall ein beträchtlicher Anteil aus der universitären Forschung stammt. Darunter sind viele chemische Institute. Bei der Proteinstrukturforschung waren die Wissenschaftler aus den Max-Planck-Instituten stark vertreten. Die Anzahl der zitierenden Gruppen bei verschiedenen Themen variierte stark. Es liegt nahe anzunehmen, dass eine Gruppe die an ähnlichen Fragestellungen forscht, eine Arbeit öfter zitiert, wie es z.B. bei Braunitzer mit Sanger und Perutz der Fall war.

Publikation	BRD/DDR	Zitierende Gruppen	Zitate von Univ.	Zitate von MPIs	Andere	Sprache (deutsch/ englisch)
Luria, S.E., Delbrück, M. (1943)	3/0	3	2	1	0	3/0
Avery, O.T. et al (1944)	7/0	6	5	1	1	7/0
Sanger, F. (1945)	50/2	21	36,5	13,5	2	49/3
Lederberg, J., Tatum, E.L. (1946)	2/0	2	2	0	0	1/1
Chargaff, E. Experientia (1950)	2/0	2	1	1	0	2/0
Pauling, L. et al (1951)	16/0	15	11	5	0	13/3
Lederberg, E.M. (1951)	5/0	5	5	0	0	3/2
Sanger, F. and Tuppy, H. (1951)	31/1	22	25	4	3	27/5
Watson, J.D., Crick, F.H. (1953)	28/1	21	12	12	4	22/7
Meselson, M., Stahl, F.W. (1958)	18/0	10	7	10	1	12/6
Perutz, M. (1960)	35/4	18	11	25	3	23/16
Jacob, F., Monod, J. (1961)	93/8	85	75	19	7	53/48
Crick, F.H. et al (1961)	26/0	15	13	13	0	16/10
Nirenberg, M., Matthaei, J.H. (1961)	48/2	22	39,5	18,5	2	25/25
Brenner, S. et al (1961)	21/1	16	17	5	0	13/8
Monod, J. et al (1963)	15/0	15	13	1	1	3/12
Arber, W. and Linn, S. (1969)	8/8	11	10	2	4	0/16
Baltimore, D. (1970)	43,5/3	25	33	11,5	2	0/30
Jackson, D.A., Berg, P. Et al (1972)	10/0	10	7,5	2,5	0	0/10
Sanger, F. et al (1977)	53/0	34	34	10,5	8,5	0/53

Tab. 7: Die Arbeiten sind ihrem Erscheinen nach chronologisch sortiert. Gesamtzitate neben der Anzahl der Zitate innerhalb der ersten zehn Jahre nach dem Erscheinen der Arbeit. Des weiteren sind aufgelistet die Zitate aus Gesamtdeutschland und noch einmal getrennt davon die Zitate aus der DDR. Zitate aus internationalen Kooperationen zählen nur zur Hälfte.

Publikation	Zitate aus D	Reviews	Viren-/ Bakterien- genetik	Biologie	Medizin	Physik/ Statistik	(Bio-)Chemie
Luria, S.E., Delbrück, M. (1943)	3	2	1	-	-	-	-
Avery, O.T. et al (1944)	7	3	1	-	2	-	1
Sanger, F. (1945)	52	5	2	-	1	-	44
Lederberg, J., Tatum, E.L. (1946)	3	2	-	-	-	-	-
Chargaff, E. Experientia (1950)	2	-	-	1	-	-	1
Pauling, L. et al (1951)	16	3	-	1	1	-	11
Lederberg, E.M. (1951)	5	2	3	-	-	-	-
Sanger, F. and Tuppy, H. (1951)	32	5	-	-	5	-	22
Watson, J.D., Crick, F.H. (1953)	29	10	11	3	-	-	5
Meselson, M., Stahl, F.W. (1958)	18	8	7	2	-	-	1
Perutz, M. (1960)	39	7	1	-	1	3	27
Jacob, F., Monod, J. (1961)	101	27	20	11	5	-	38
Crick, F.H. et al (1961)	26	6	17	-	-	-	3
Nirenberg, M., Matthaei, J.H. (1961)	50	14	3	1	-	-	32
Brenner, S. et al (1961)	22	2	9	2	2	-	7
Monod, J. et al (1963)	15	4	2	-	3	-	6
Arber, W. and Linn, S. (1969)	16	1	10	-	2	-	3
Baltimore, D. (1970)	47	12	22	-	5	-	8
Jackson, D.A., Berg, P. Et al (1972)	10	2	8	-	-	-	-
Sanger, F. et al (1977)	53	2	44	-	1	2	4

Tabelle 8: Die Zitate aus Deutschland untersucht nach den in den zitierenden Arbeiten verwendeten Methoden bzw. nach Forschungsgebieten.

Eine inhaltliche Analyse der Arbeiten aus Deutschland sollte Aufschluss darüber geben, in welchem Zusammenhang das Zitat steht und wie relevant es für die eigene Forschung und Methodik war (s. Abb. 8).

Dabei wurde untersucht, ob die zitierende Arbeit ein Forschungs- oder ein Übersichtsartikel ist, der evtl. nur auf der Zusammenfassung von Forschungsergebnissen anderer basiert und aus welchen Fachbereichen (Medizin, Chemie, Biologie) das Zitat stammte bzw. welche Methoden angewandt wurden.

Der Vergleich ergab, dass in Deutschland eine starke Betonung auf biochemischen Methoden lag. Die frühen Veröffentlichungen wurden fast ausschließlich von Gruppen aufgegriffen, welche biochemische oder chemische Methoden anwendeten. Es fällt auf, dass viele Chemiker die Ergebnisse zitieren. Andere Fachgebiete, wie die Genetik waren nicht institutionalisiert (siehe Kapitel 2). Die biochemische Forschung in Deutschland hatte durch erzwungene Emigration in der NS-Zeit stark gelitten. Die emigrierten Biochemiker wie z.B. Max Bergmann oder Fritz Lipmann waren für die deutsche Forschung verloren.

Bei frühen phagen- und bakteriengenetischen Veröffentlichungen wurde nur ein kleiner Teil aktiv aufgegriffen. Oft waren die zitierenden Publikationen Übersichtsartikel oder Arbeiten aus einem anderen Themengebiet. In der Phagenforschung in Deutschland war zuerst der Physiker Carsten Bresch, der betreut von Max Delbrück mit der molekularen Genetik begann. Ende der 1949er kam dann Wolffhard Weidel, ein Chemiker, nach einem von Max Delbrück vermittelten Aufenthalt am California Institute of Technology wieder nach Deutschland zurück. Erst ab dem Ende der 1950er Jahre treten vermehrt Arbeiten auf, in denen molekulargenetische Methoden verwendet werden. Wobei ab den 1970er Jahren die molekulargenetischen Methoden auch in der medizinischen Forschung genutzt werden und so die Klassifizierung immer schwerer möglich war.

Wissenschaftliche Sprache

Publikation	Zitate aus Deutschland	Sprache (deutsch/ englisch)
Luria, S.E., Delbrück, M. (1943)	3	3/0
Avery, O.T. et al (1944)	7	7/0
Sanger, F. (1945)	52	49/3
Lederberg, J., Tatum, E.L. (1946)	2	1/1
Chargaff, E. Experientia (1950)	2	2/0
Pauling, L. et al (1951)	16	13/3
Lederberg, E.M. (1951)	5	3/2
Sanger, F. and Tuppy, H. (1951)	32	27/5
Watson, J.D., Crick, F.H. (1953)	29	22/7
Meselson, M., Stahl, F.W. (1958)	18	12/6
Perutz, M. (1960)	39	23/16
Jacob, F., Monod, J. (1961)	101	53/48
Crick, F.H. et al (1961)	26	16/10
Nirenberg, M., Matthaei, J.H. (1961)	50	25/25
Brenner, S. et al (1961)	22	13/8
Monod, J. et al (1963)	15	3/12
Arber, W. and Linn, S. (1969)	16	0/16
Baltimore, D. (1970)	46,5	0/46,5
Jackson, D.A., Berg, P. Et al (1972)	10	0/10
Sanger, F. et al (1977)	53	0/53

Tabelle 9: Die Sprache der zitierenden Arbeiten aus Deutschland. Der untersuchte Zeitraum ist jeweils 10 Jahre nach dem Erscheinen der Arbeit. Halbe Zitate stammen aus internationalen Kooperationen).

Die Gesamtzahl der Zitate aus Deutschland beträgt auf 544,5 davon sind 284 in deutscher Sprache veröffentlicht worden. Die Arbeiten aus Deutschland wurden hauptsächlich in deutschen Zeitschriften veröffentlicht. Bis Anfang der 1960er Jahre sind sie zum Großteil auch in deutscher Sprache verfasst. Erst Ende der sechziger Jahre nimmt die Anzahl der molekularbiologischen Arbeiten in deutscher Sprache von über 80% im Jahr 1963 auf 0% im Jahr 1969 ab.

Warum haben deutsche Wissenschaftler ihre Arbeiten auf dem Gebiet der Molekularbiologie nicht in englischer Sprache zu verfasst? Ein Grund dafür sind

mangelnde Englischkenntnisse bei vielen Wissenschaftlern (Müller-Hill 2007, S. 199; Rajewsky 2007, S. 206). Da viele amerikanische und englische Wissenschaftler, deutsch sprachen und amerikanische Chemiker auch noch eine Zeit lang nach 1945 im Studium Deutschkurse und Prüfungen absolvieren mussten, war das Erlernen des Englischen bis dahin nicht notwendig gewesen. Englische Fachtexte wurden in tagelanger Kleinarbeit übersetzt¹⁶⁵ oder Übersetzern überlassen, eine zeitaufwendige und vor allem teure Prozedur. Die Englische Sprache musste im Selbststudium erlernt oder aus Schulkenntnissen aufgefrischt werden. Da nach 1945 wenige Englisch sprechende Wissenschaftler in Deutschland forschten war für junge deutsche Wissenschaftler Zeit der Spracherwerb am einfachsten durch einen Auslandsaufenthalt im englischsprachigen Ausland möglich. Weniger Erfahrene Wissenschaftler konnten im weiteren Verlauf in einigen Fällen auf die Englischkenntnisse der Rückkehrer zurückgreifen (Müller-Hill 2007, S. 199). An vielen Instituten waren die jungen Wissenschaftler sehr interessiert daran englisch zu lernen, um sich in der wissenschaftlichen Welt besser behaupten zu können (David 2007, S. 92), obwohl nicht außer Acht zu lassen ist, dass in den 1950er und 1960er Jahren die Kenntnis der englischen Sprache auch außerhalb der Fachwelt in Deutschland immer mehr zum Zeitgeist gehörte.

Auch andere Gründe bewogen deutsche Forscher dazu in deutschen Zeitschriften zu veröffentlichen. Anders als nach dem Ersten Weltkrieg gab es nach dem Zweiten Weltkrieg keinen Aufruf an die wissenschaftliche Welt die deutsche Sprache in der Wissenschaft zu ignorieren.¹⁶⁶ Publikationsschwierigkeiten in internationalen Zeitschriften können sowohl mit Qualität der Arbeit, der Verständlichkeit des Englischen oder der ablehnenden Haltung der englischsprachigen Wissenschaftskollegen und Editoren erklärt werden. Diese Gründe sind nicht trennbar. Die wichtigste deutsche Zeitschrift, in der molekularbiologische Resultate veröffentlicht werden konnten, war die beim Springer Verlag erscheinende deutsche Zeitschrift für Vererbungslehre.¹⁶⁷ Diese Zeitschrift wurde im Jahr 1967 in *Molecular and General*

¹⁶⁵ Brief von Hans Friedrich-Freksa an Max-Perutz vom 02.10.1965, Archiv der Max-Planck-Gesellschaft Berlin, III. Abt. Rep. 67, 2.

¹⁶⁶ Solche Aufrufe hatte es nach dem ersten Weltkrieg gegeben (vgl. Holland 1918).

¹⁶⁷ Die Zeitschrift wechselte mehrmals den Namen, hieß sie von 1918 bis 1957 *Zeitschrift für induktive Abstammungs und Vererbungslehre (der Deutschen Gesellschaft für Vererbungswissenschaften)* so erhielt sie zwischen 1958 und 1966 den Titel *Zeitschrift für Vererbungslehre: eine internationale Zeitschrift für klassische und Molekulargenetik*. Ab 1967 erschien die Zeitschrift weiter als *Molecular and General Genetics: MGG* und seit 2000 als *Molecular Genetics and Genomics*.

Genetics umbenannt, vorausgegangen waren Diskussionen, den in der Zeitschrift erscheinenden Artikeln englische Zusammenfassungen anzufügen. In früheren Jahren erschienen nur vereinzelt Beiträge vor allem ausländischer Fachkollegen auf Englisch. Unter deutschen Wissenschaftlern gab es Aufrufe durch die Einreichung guter Forschungsergebnisse an die Zeitschrift deren Bestehen zu sichern. Ab 1969 waren dann alle Autoren dazu anzuhalten ihre Beiträge auf Englisch einzureichen.

In wie fern wissenschaftliche Korrespondenz außerhalb der Zeitschriften an sprachlichen Schwierigkeiten scheiterte ist unbekannt. Es ist jedoch sicher, dass wissenschaftliche Konferenzen, die in deutscher Sprache abgehalten wurden, für nicht-deutschsprachige Kollegen äußerst unattraktiv waren und ausländische Kollegen nur zu englischsprachigen Phagentreffen kamen. Wurden die Arbeiten aus Deutschland unterbewertet, dadurch, dass Sie in einer nicht für alle Molekularbiologen gängigen Sprache verfasst waren? Obwohl zu dieser Zeit deutsche Zeitschriften wieder in der wissenschaftlichen Welt verfügbar waren, hatten sicherlich viele Wissenschaftler Probleme deutsche Artikel zu lesen. Das Fachvokabular in der Molekularbiologie war auf Englisch etabliert und wurde auch in deutschsprachige Artikel übernommen. Selbst in der Gesellschaft bürgerten sich englische Begriffe z.B. wie DNA ein.

Verfügbarkeit der Arbeiten

Für die vorliegende Analyse ist es wichtig zu wissen, ob in Deutschland nach dem Zweiten Weltkrieg die Zeitschriften verfügbar waren, in denen die neuesten Ergebnisse der Molekularbiologie veröffentlicht wurden.

Ab 1947 gab es bei der wiedergegründeten Notgemeinschaft der deutschen Wissenschaft ein großangelegtes Programm zur Beschaffung von Zeitschriften, besonders aus den Kriegs- und Nachkriegsjahren. In wie weit ausländische Zeitschriften in Deutschland verfügbar waren und innerhalb welchem Zeitraum nach der Veröffentlichung für die Forscher die Möglichkeit bestand, Zeitschriften zu erhalten ist schwerer zu beantworten. Die DFG schränkte ihr Programm zum Ausbau der wissenschaftlichen Bibliotheken Ende der 1950er Jahre ein und die Institute selbst erwarben nur in seltenen Fällen Ausgaben von Zeitschriften rückwirkend. Der Verfügbarkeitskatalog der Zeitschriftendatenbank der Deutschen Bibliothek zeigt allerdings, dass wichtige Journale an fast allen Universitätsbibliotheken erhältlich

waren. Erst im Jahr 1958 wurde eine eigene Zeitschrift mit dem Begriff „Molekularbiologie“ im Titel gegründet, das Journal of Molecular Biology. Zuvor wurden entsprechende Arbeiten je nach Qualität, Autor und Fachrichtung eher in einer fachübergreifenden, chemischen, genetischen oder medizinischen Zeitschrift veröffentlicht. Oft hatten die Autoren Präferenzen bezüglich bestimmter Zeitschriften, die im eigenen Land verlegt wurden oder bei denen sie mit den Editoren bekannt waren. Über die Nutzung der Zeitschriften an den Instituten kann hier keine Aussage gemacht werden.

Arbeiten aus der DDR

Nur sehr wenige Zitate für die untersuchten Arbeiten kamen aus Arbeitsgruppen aus der DDR. Zitierende Wissenschaftler sind Harry Venner, der an einem der Institute der Deutschen Akademie der Wissenschaften in Jena forschte und Ende der 1950er Jahre Untersuchungen zur Basenzusammensetzung von Nukleinsäuren veröffentlichte. Erhard Geissler arbeitete an der Deutschen Akademie der Wissenschaften in Berlin-Buch und verbrachte um 1960 einen Forschungsaufenthalt am Institut für Genetik in Köln (Geissler 1997, S. 167). Er arbeitete zu der Zeit auch an lysogenen Phagen und hatte schon im Herbst 1960 zusammen mit seinem Kollegen Heinz Bielka einen Diskussionskreis „Problemkommission Nukleinsäuren und Viren“ gegründet. Geissler hatte auch Kontakt zu Helmut Böhme in Gatersleben, Wolfgang Eckart vom Physikalisch-Technischen Institut der Deutschen Akademie der Wissenschaften und Hans-Alfred Rosenthal an der HU Berlin. Die Bakteriophagenforscher der DDR trafen sich 1962 zum ersten Mal zum Austausch (Geissler 1997, S. 175). (siehe auch Kapitel 2.3).

Die Rezeption anderer Fachgebiete

Der Abschluss des Kapitels widmet sich der Frage inwieweit Arbeiten aus anderen Themengebieten in Deutschland zitiert wurden und ob sich auch hier Tendenzen über den Stand der Forschung in Deutschland ablesen lassen. Als ein Beispiel wurde eine wichtige Arbeit aus dem Forschungsgebiet der circadianen Rhythmen ausgewählt. Colin Pittendrigh generalisierte in einer Veröffentlichung von 1960 zu circadianen Rhythmen und deren Organisation seine Ergebnisse zur Temperaturkompensation in

biologischen Uhren (Pittendrigh 1960). Pittendrigh arbeitete hauptsächlich mit *Drosophila*. Diese Veröffentlichung wurde in den ersten zehn Jahren nach Erscheinen 143 Mal zitiert, eine Zahl wie sie auch für einige der molekularbiologischen Arbeiten zu finden war. Bei Pittendrigh stammten knapp 20 % der Gesamtzitate aus Deutschland ein Anteil der für keine der untersuchten molekularbiologischen Arbeiten erreicht wurde. Besonders zu nennen sind in diesem Zusammenhang die Chronobiologen Jürgen Aschoff and Erwin Bünning (Foster und Kreitzman 2004, S. 18 und S. 43-48), welche selbst zusammen mit Pittendrigh das Forschungsgebiet begründet hatten. Dieses Beispiel unterstützt, die für die Molekularbiologie bereits festgestellte Annahme, dass sich an der Zahl der Zitate für eine wichtige Arbeit deren Wahrnehmung und Rezeption erkennen lässt.

5. Molekularbiologische Forschung in Deutschland

Dieses Kapitel gibt einen Überblick über die Forschung in der Molekularbiologie in Deutschland von 1945 bis Anfang der 1970er Jahre. Es wird nicht der chronologische Ablauf, sondern die Vorstellung der molekularbiologisch arbeitenden Personen und Gruppen in den Fokus gestellt.

Die Auswahl der Personen erfolgte mit Hilfe der Jahresberichte der Deutschen Forschungsgemeinschaft. Molekularbiologisch arbeitende Personen wurden anhand Ihres Projekttitels identifiziert und grob nach Forschungsthemen gegliedert. Vom ersten Jahresbericht nach der Wiedergründung der „Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft“ im Jahr 1949 bis einschließlich 1969 waren in den Jahresberichten die einzelnen Antragsteller mit Projekttiteln aufgelistet. Ein Schwerpunkt liegt auf der Vorstellung von Anträgen bzw. Personen, die durch die DFG für die Dauer von mehr als einer Förderperiode (in der Regel 2-3 Jahre) unterstützt wurde. Für die Molekularbiologie sind dies hauptsächlich Anträge, die im Schwerpunktprogramm (SPP) „Molekulare Biologie“ unterstützt wurden. Allerdings lassen bei weitem nicht alle Anträge im genannten SPP auf molekularbiologische Forschung schließen. Ein Wissenschaftler wurde somit nicht berücksichtigt, wenn der Titel seines Antrags nicht im Zusammenhang mit der molekularen Biologie stand, wenn z.B. die Forschung offensichtlich rein chemischer Natur war.

In der in Kapitel 4 vorgestellten Analyse der Zitate für 20 wichtige Arbeiten aus der Molekularbiologie wurden ca. 600 Wissenschaftler aus Deutschland identifiziert. Diese Personengruppe setzte sich aus methodischen Gründen nicht nur aus Molekularbiologen zusammen. Die in der Zitationsanalyse identifizierten Personen sind teilweise auch bei der Analyse der DFG-Förderung gefunden worden. Zudem wurden Wissenschaftler berücksichtigt, die die ersten Lehrstühle an Universitäten bzw. Direktorenstellen an einem Max-Planck-Institut in dem Forschungsgebiet erhielten. Einige der jüngeren Wissenschaftler leisteten ihre wichtigsten Beiträge zur molekularbiologischen Forschung nach 1975; deren ausführliche Berücksichtigung würde den Rahmen der Arbeit überschreiten.

Angaben zum Umfang der finanziellen Förderung der vorgestellten Forschung finden sich im Kapitel 3 dieser Arbeit. Diese Zahlen wurden hier nur in wenigen Fällen erneut genannt. Dennoch waren die Fördermittel ein wichtiger Indikator dafür, die Anerkennung des Wissenschaftlers und seiner Forschung in der Zeit zu erkennen.

Als weiterer Indikator für den Einfluss vor Forschungsergebnissen wurden an einigen Stellen dieses Kapitels Zitathäufigkeiten angegeben.¹⁶⁸

Die Untergliederung der Personen nach Forschungsgebieten gibt nur eine grobe Übersicht, da die Schwerpunkte und Forschungsobjekte vielfältig waren und sich oft mit der Zeit änderten. Um Verwirrung zu vermeiden, wurde die Forschung einer Person, auch wenn sie mehrere Gebiete umfasste, einem Gebiet zugeordnet. Innerhalb der Teilgebiete erfolgte die Auflistung grob chronologisch, sortiert danach, wann die Personen zum ersten Mal eine einschlägige Förderung erhielten.

5.1 Phagen- und Bakteriengenetik

Einer der ersten beiden Wissenschaftler aus Deutschland, der molekularbiologische Forschung an Phagen betrieb, war Wolfhard Weidel an dem MPI für Biologie in Tübingen (detailliertere Angaben zur Biographie Weidels finden sich in Brandt 2004, S. 104-124). Weidel kehrte Anfang der 1949 aus den USA zurück, wo er als „Biochemiker“ in der Phage Group am Labor von Max Delbrück am California Institute of Technology gearbeitet hatte. Weidel widmete sich der Suche nach Rezeptoren für T-Phagen auf der Bakterienoberfläche. Es gelang ihm mit biochemischen Methoden, die von der Virusinfektion betroffenen Zellwandbestandteile der Bakterien zu isolieren und zwischen den Rezeptoren von verschiedenen T-Phagen Stämmen zu unterscheiden (Braun 2009; Weidel 1951). Weiterhin konnte er durch Elektronenmikroskopie die Lyse der Zellwände durch Phagen sichtbar machen (Weidel und Kellenberger 1955). Weidel versuchte ab 1956 als einer der Direktoren des Max-Planck-Instituts für Biologie den Rezeptor für den Phagen T5 aus E. coli B Zellen zu isolieren. Er wurde gefördert für Arbeiten zur Analyse des Phagenrezeptors sowie zur Extraktion und Analyse von Phagen. Weidel schrieb mehrere Übersichtsartikel zur Phagenforschung und ein populärwissenschaftliches Lehrbuch mit dem Titel „Virus - Die Geschichte vom geborgten Leben.“ (Weidel 1957). Er verstarb noch während seiner aktiven Zeit im Jahr 1964 (vgl. Brandt 2004, S.104-124).

¹⁶⁸Eine ausführliche Begründung für die Nutzung dieser Methode findet sich am Anfang von Kapitel 4. Die Zitathäufigkeit wurde nicht auf einen 10 Jahreszeitraum beschränkt. Zur Gleichheit wurden aber alle Daten an dem selben Tag im SCI abgerufen.

Ein weiterer Phagenforscher, Carsten Bresch, arbeitete während seiner Doktorarbeit bei Robert Rompe in Berlin mit T1 Phagen. Diese Phagen hatte ihm 1948 Max Delbrück zur Verfügung gestellt. Nach bestandener Promotion wechselte Bresch unter Delbrücks „väterlicher Fürsorge“ an das MPI für Physikalische Chemie in Göttingen zu Karl Friedrich Bonhoeffer (Delbrücks Schwager) (Bresch 2007, S. 41). Um 1955 konnte er in Göttingen und später in Köln zusammen mit Peter Starlinger und Thomas Trautner zeigen, dass das zuvor postulierte Crossing-over Modell für die Phagenpaarung nicht korrekt war und dass die Wahrscheinlichkeit des Matings bei Phagen unabhängig von der Menge der vegetativen Phagenpartikel in der Zelle war (Bresch und Trautner 1955; Bresch und Starlinger 1958). Diese zwei Arbeiten fanden auch in den USA einige Beachtung.¹⁶⁹ Im weiteren Verlauf seiner Karriere forschte Bresch als außerplanmäßiger Professor am Institut für Genetik in Köln unter anderem weiter am Paarungsvorgang und der Genrekombination von T1 Phagen und ab Ende der 1960er Jahren in Freiburg an der Genetik des Phagen Φ x174.¹⁷⁰

Ebenfalls an der Struktur und Funktion von Phagenrezeptoren arbeitete der Mediziner Friedrich Lohss in Tübingen. Er versuchte die analytische und strukturelle Zusammensetzung des E. coli B-Stammes und einer virusresistenten Mutante im Hinblick auf die Virusrezeptorenfunktion zu ermitteln. Benno Duhr arbeitete zur Differenzierung der Virusrezeptoren von Escherichia coli B. Im Labor von Wolfhard Weidel war er mit der Untersuchung der Reaktion von T5-Phagen auf die rein dargestellte T5-Rezeptorsubstanz betraut.¹⁷¹

Der Mediziner Gebhard Koch forschte nach seinem Studium in Tübingen bei Weidel. Mit Weidel veröffentlichte Koch von 1954 bis 1956 verschiedene Arbeiten zur Natur des Rezeptorkomplexes verschiedener T-Phagen, vor allem des Phagen T5. 1956 ging Koch zu einem Forschungsaufenthalt in die USA.¹⁷² Er arbeitete dort am Cold Spring Harbor Laboratorium bei Alfred Hershey, mit dem er die Entstehung von Phagen-Proteinen in infizierten Bakterienzellen untersuchte. In einer gemeinsamen

¹⁶⁹ Brief von Cy Levinthal an Salvador Luria am 09.0.1956, Archives of the APS, MS Collection 39 und Brief von Carsten Bresch an Lederberg vom 04.06.1955, Archives of the National Library of Medicine, Joshua Lederberg Papers, Correspondence.

¹⁷⁰ Archiv der DFG, Az. Br 80, Aktennotiz

¹⁷¹ Archiv der DFG, Az. Du10, Aktennotiz.

¹⁷² Aktennotiz, Archiv der Deutschen Forschungsgemeinschaft, Az. Ko 103/2. Bei der Beantragung und Auszahlung des Stipendiums für Koch gab es sowohl mit W. Weidel als auch mit der DFG einige Unstimmigkeiten, die evtl. auch damit zusammenhingen, dass Koch zusätzliche Finanzierung von Alfred Hershey bekam.

Veröffentlichung 1959 berichteten Koch und Hershey über den Ablauf der Synthese von T2-Phagen-Vorläuferproteinen in *E. coli*-Zellen (Koch und Hershey 1959).

Zu der Zeit war Koch schon wieder zurück in Deutschland am Laboratorium der Stiftung zur Erforschung der spinalen Kinderlähmung und der multiplen Sklerose in Hamburg-Eppendorf. Er wurde dort Professor für Zellbiochemie und Direktor der Abteilung für Molekularbiologie am Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf. Seine Forschung fokussierte er ab dem Zeitpunkt auf die Untersuchung der Regulation der Nukleinsäuresynthese bei der Infektion von Zellen durch pathogene Viren.¹⁷³ Ende 1967 kam der zukünftige Nobelpreisträger J. Michael Bishop für ein Jahr in Kochs Labor, wo beide noch ohne weiterreichende Ergebnisse die Infektiösität doppelsträngiger Zwischenprodukte der RNA bei der Infektion von Zellen mit dem Poliovirus untersuchten (Bishop 1989, 1993). Bishop konnte einige Jahre später zeigen, dass nur einer der Stränge des Zwischenproduktes infektiös war (Bishop et al 1969, Best et al 1972).¹⁷⁴ Im Jahr 1979 organisierte Koch erstmals zusammen mit Dietmar Richter die seitdem jährlich stattfindende Blankenese Konferenz, die jeweils verschiedene Aspekte der modernen Biologie zum Thema hat.

Erich Six, ein wissenschaftlicher Mitarbeiter am Max-Planck-Institut für Meeresbiologie in Wilhelmshaven, untersuchte den Einfluss von Röntgenstrahlen auf Bakteriophagen. Er ging 1957 zu einem Forschungsaufenthalt in die USA kehrte nicht nach Deutschland zurück.¹⁷⁵

Reinhard Kaplan, ein Pflanzengenetiker am Erwin-Baur-Institut in Voldagsen, wurde ab Mitte der 1940er Jahre einer der ersten Bakteriengenetiker in Deutschland (Mennigmann 2003). Er wurde mit mehreren Publikationen zum Mechanismus der Mutationsauslösung durch UV-Licht und zur Photosensitivierung durch Farbstoffe international wahrgenommen (Kaplan 1949). Er beschrieb einen möglichen Mechanismus der Mutation der Erbsubstanz durch Photosensitivierung folgendermaßen:

„Dies legt die Interpretation nahe, dass die Adsorption eines einzigen Farbstoffmoleküls durch die Erbsubstanz der Zelle eine Photosensitivierung verursacht, das bedeutet, es besteht die Möglichkeit, dass ein Lichtquantum, das durch

¹⁷³Aktennotiz, Archiv der DFG, Az. Ko 103.

¹⁷⁴Den Nobelpreis bekam Bishop 1979 für die Entdeckung des zellulären Ursprungs retroviraler Onkogene.

¹⁷⁵Aktennotiz, Archiv der DFG, Az. Si 30.

das Farbstoffmolekül absorbiert wurde, zu einer genetisch aktiven Atomgruppe weitergeleitet wird und diese dann von ihm mutiert wird."(Kaplan 1949, S. 574)¹⁷⁶.

Kaplan arbeitete mit dem Enterobakterium *Serratia marcescens*,¹⁷⁷ dessen Kolonien im Wildtyp eine rote Färbung aufweisen. Durch Mutagenese und Selektion isolierte er verschiedene Mutanten des Enterobakteriums. Diese waren vor allem Farbmутanten, aber auch solche mit anderen phänotypischen Veränderungen (z.B. Zwergmutanten). Im Jahr 1953 verbrachte Kaplan ein Jahr als Mitarbeiter des Mikrobiologen Francis J. Ryan an der Columbia Universität in New York (Deichmann 1992, S. 217) und wurde 1955 auf Betreiben des Biophysikers und damaligen Prorektors der Universität Frankfurt Boris Rajewsky an das neugegründete Institut für Mikrobiologie der Johann-Wolfgang-Goethe Universität berufen. Nach wenigen Jahren wandte sich Kaplan auch der Phagenforschung zu, um die Reversion und die Reaktivierung von DNA-Schäden mit Kappa Phagen des *S. marcescens* zu untersuchen.(Kaplan et al 1960; Kaplan et al 1963). Zu Kaplans Schülern dieser Zeit gehören Ulrich Winkler und Wolfgang Rüger; beide wurden später Professor an der Ruhr-Universität Bochum. Kaplans Modellorganismus konnte sich international nicht als Versuchsobjekt durchsetzen, was wahrscheinlich besonders bis Mitte der 1960er Jahre die Anerkennung seiner Entdeckungen in der internationalen Fachwelt schmälerte (Mennigmann 2003). Ab Ende der 1960er Jahre war Kaplan mit der Untersuchung der Reparaturprozesse und der Klonbeschaffenheit bei Mutationen der Phagen beschäftigt. (Hardy 2006; Steiger 2003).

Horst-Dieter Mennigmann, ein Mitarbeiter Kaplans, führte serologische Untersuchungen an Bakteriophagen durch. Seine Serologiekenntnisse vertiefte er bei einem Aufenthalt in Dänemark 1957. Von 1960 bis 1962 war Mennigmann in Madison bei Waclaw Sczbalski. In Szybalskis Labor wurden Versuche zur Mutagenese verschiedener Zellen durchgeführt. Szybalski selbst gelang zu der Zeit die erste Transformation von DNA in menschliche Zellen, zum Ausgleich eines Defektes in der Synthese von Hypoxanthine-Guanine-Phosphoribosyl-Transferase (HPRT). Die

¹⁷⁶ Originalzitat: „This suggests the interpretation that the adsorption of a single dye molecule by the genetic substance of the cell causes a photosensitization, that is, the possibility that a light quantum absorbed in the dye molecule may be transmitted to a genetically active atom group that will be mutated by it."(Übersetzung S.W.).

¹⁷⁷Das Bakterium *Serratia marcescens* wurde ursprünglich *Bacterium prodigiosum* genannt. Nach dem von ihm gebildeten Farbstoff Prodigiosin.

transformierten Zellen konnte er im sogenannten HAT-Medium identifizieren. Diese Methode wurde später zur Produktion von monoklonalen Antikörpern genutzt (Eichmann 2005, S. 51-53). Szybalski prägte im Zusammenhang mit diesem Versuch den Begriff „Gentherapie“ (Blattner et al. 1998)

Zusammen mit Mennigmann fand Szybalski, dass bei der DNA-Synthese unter Thyminmangel Uracilderivate eingebaut werden. Diese Zellen sind dann empfindlicher gegenüber UV-Strahlung. Die Empfindlichkeit entsteht beim Einbau von Uracil in den komplementären DNA-Strang. Dieser neugebildete Strang ist durch das Uracil weniger stabil und kann leichter brechen (Single strand breakage). Bei diesem Vorgang bricht nicht der gesamte DNA-Doppelstrang (Mennigmann und Szybalski 1962). Diese und ähnliche Versuche in Szybalskis Labor zu der Zeit versprachen einer Methode zum Einsatz in der Strahlungstherapie bei Krebserkrankungen. So könnte die Strahlungsempfindlichkeit der schnell wachsenden Krebszellen durch den Einbau von Uracil erhöht werden. Obwohl die später identifizierten Reparaturmechanismen der DNA keine klinische Verwertung der Methode erlaubten, zeigten die Versuche, einen Mechanismus, wie Strahlung Zellen durch Veränderung ihrer DNA schädigt. Zusammen mit Adolf Wacker, der zu der Zeit Gastprofessor in Madison war, untersuchte Mennigmann weitere Aspekte des Einflusses von UV Licht auf die DNA besonders auf Uracil. Sie fanden erneut eine erhöhte Empfindlichkeit mit Brom-Uracil gelabelter DNA auf UV-Licht, im Gegensatz zu der DNA ohne Thyminsubstitution durch Uracil (Wacker et al. 1962). Nach seiner Rückkehr aus den USA ging Mennigmann ans Institut für Mikrobiologie in Frankfurt.¹⁷⁸ Hans-Philipp Pöhn in Frankfurt untersuchte Mitte der 1950er Jahren die Differenzierung von Bakterienstämmen mit Hilfe von Bakteriophagen, allerdings mit medizinischen Fragestellungen.¹⁷⁹ Grete Gretchman (später Siefert-Gretchman), eine Mitarbeiterin von Reinhard Kaplan, untersuchte um 1957 den Einfluss von Protamin auf Bakteriophagen. Der Dozent Hermann Prell, ebenfalls bei Kaplan, wurde später Professor in Göttingen und arbeitete wie Gretchman an Phagen, aber hier am Lysogenisierungsprozess des Phagen P22, vor allem in *Salmonella typhimurium*.

In der Abteilung von Georg Melchers am Max-Planck-Institut für Biologie in Tübingen wurde in den 1950er Jahren der Erstkontakt zwischen Bakteriophagen und Wirtszelle

¹⁷⁸Aktennotiz, Archiv der DFG, Az. Ka 35.

¹⁷⁹Aktennotiz, Archiv der DFG, Az. Po 30.

untersucht; auf diese Forschung wird bei der Forschung von Wolfhard Weidel eingegangen.

Ernst Freese war ein Physiker, der seine Doktorarbeit 1953 bei Werner Heisenberg in Göttingen angefertigt hatte. Im Jahr 1955 ging er zunächst zwei Jahre zu Max Delbrück ans California Institute of Technology, danach kurzzeitig ans „Institut für Genetik im Aufbau“ in Köln. Nach Zwischenstationen in Purdue und Harvard wurde er 1959 Associate Professor und Nachfolger von Joshua Lederberg an der University of Wisconsin in Madison. 1962 wechselte er ans NIH nach Bethesda. Der Phagenforscher beschäftigte sich u.a. mit der Entstehung und Charakterisierung von Basen-Punktmutationen in T4 Phagen (Drake 1991; Halvorson 2007, S. 219). In den USA heiratete Freese 1956 die weiter unten vorgestellte Elisabeth Bautz.

Walter Harm arbeitete 1955 in Berlin, später bei Reinhard Kaplan in Frankfurt, zur Phagen- und Bakteriengenetik. Er war einer der ersten Gruppenleiter am Institut für Genetik in Köln und untersuchte die UV bedingte Inaktivierung von Phagen. Seine Arbeiten zur DNA Reparatur (Harm 1963), die Anfang der 1960er Jahre erschienen, wurden auch international anerkannt und viel zitiert.¹⁸⁰ Als die Weiterführung des Instituts in Köln nach Max Delbrücks Weggang nicht mehr gesichert war, nahm Harm 1964 ein Angebot aus den USA an. Er ging an das Southwest Center for Advanced Studies der Universität Texas in Dallas, wo auch sein Kölner Kollege Carsten Bresch eine Anstellung gefunden hatte. Walter Sauerbier, ein Mitarbeiter Harms am Institut für Genetik in Köln, arbeitete an der Aufklärung des Mechanismus der Reaktivierung inaktivierter Phagen durch die Wirtszelle und später am Vorgang der Transkription von RNA-Genen in der DNA z.B. tRNA-Gene (Hackett und Sauerbier 1974). Er war ab Mitte der 1960er Jahre zuerst in Colorado und später dauerhaft an der University of Minnesota in den USA tätig.¹⁸¹

Fritz Kaudewitz war nach Beendigung seiner Doktorarbeit von 1949 bis 1960 am Max Planck Institut für Biochemie (später Virusforschung) in Tübingen.¹⁸² Im Jahr 1954 hatte er von der DFG die Möglichkeit erhalten an einem Phagen- und Bakterienkurs am Cold Spring Harbor Laboratory (CSHL) in den USA teilzunehmen. Er verbrachte danach einen längeren Forschungsaufenthalt am CSHL und ging dann wieder nach Tübingen,

¹⁸⁰ Gutachten zum Antrag Ha 45/5, Archiv der DFG, Az. Ha 45.

¹⁸¹ Biographical Sketch of Walter Sauerbier vom 18.05.1989, University of California, San Francisco, Legacy Tobacco Documents Library, Council for Tobacco Research Collection.

¹⁸² Aktennotiz, Archiv der DFG, Az. Ka 67.

bevor er 1960 als Direktor an das Max-Planck-Institut für vergleichende Erbbiologie und Erbpathologie nach Berlin berufen wurde (Wolf 1997). Im Jahr 1963 wurde er Professor an der Ludwig-Maximilians-Universität in München, wo er ab 1966 die Abteilung für Genetik leitete und in den Worten von Georg Melchers: seinem „krankhaften Lehrfimmel“¹⁸³ folgen konnte.

Kaudewitz' Forschung beschäftigte sich mit Versuchen zur Ein-Gen-ein-Enzym-Hypothese. Er berechnete in verschiedenen Mutationsversuchen nach einer Methode, die er am Max-Planck-Institut in Tübingen kennengelernt hatte, die Menge des mutagenen Agens (oft salpetrige Säure), mit der man im Bakteriengenom genau eine Mutation auslösen konnte. Diese Ein-Treffer-Mutationsrate sowie Strahlengenetik und Phagenforschung nutzte er erfolgreich, um verschiedenste E. coli Mutanten zu erzeugen (Kaudewitz und Knolle 1963) Er arbeitete hier zusammen mit seinem Mitarbeiter Peter Knolle, der ebenfalls von der DFG gefördert wurde.

Um 1960 wandte Kaudewitz seine Forschung kurz dem Erreger der Geflügelpest zu, der das tierische Gegenstück zum TMV werden sollte. Diese Forschung, an der sich auch Werner Schäfer beteiligte, wurde später aber aus praktischen Gründen nicht weiter verfolgt, die Arbeit mit dem Virus war zu aufwändig (Brandt 2004, S. 102). Ab 1964 untersuchte Kaudewitz auch die Regulation der RNA-Synthese im RNA-Phagen fr. Später in München widmete er sich ganz der mitochondrialen Vererbung (Wolf 1997, S. 372f).¹⁸⁴

Thomas Trautner, ein Neffe von Carsten Bresch, hatte als Student bei Bresch in Göttingen am Max-Planck-Institut für Physikalische Chemie mit der Phagenforschung begonnen. Seine Doktorarbeit, die er 1957 in Göttingen abschloss, wurde offiziell von August Rippel betreut. Rippel war Mikrobiologe mit angewandtem Schwerpunkt. Trautner ging 1958 mit Bresch nach Köln und forschte an der Heterozygotie bei Phagen¹⁸⁵ und dem in Breschs Gruppe vorrangig untersuchten Thema der Rekombination bei Phagen (Trautner 2007). Im Jahr 1951 hatten A. Hershey und M. Chase entdeckt, dass etwa 2% der Nachkommen von T4 Phagen heterozygot für bestimmte Marker, aber homozygot für andere Marker waren. Ihre Deutung lag darin,

¹⁸³ Brief von G. Melchers an J. Straub 05.04.1963, Archiv der Max-Planck-Gesellschaft III, Rep. 75, Nr. 19.

¹⁸⁴ Von seinem ehemaligen Vorgesetzten Hans Friedrich-Freksa in Tübingen wurde Kaudewitz und seine Forschung wegen des Mangels an eigenen Ideen eher kritisch betrachtet. Brief von G. Melchers an J. Straub 05.04.1963 Archiv der Max-Planck-Gesellschaft III, Rep. 75, Nr. 19.

¹⁸⁵ Interview mit Thomas Trautner, Berlin am 12.10.2004

dass diese Segregation die DNA Struktur reflektieren könnte (Hershey und Chase 1951). Eine genaue Erklärung, wie die DNA Struktur durch die Ergebnisse erklärt werden könnte, gab es aber nicht. In diploiden Organismen war dieses Phänomen der genetischen Segregation geklärt, da hier für jedes der Allele ein Chromosom(paar) zur Verfügung stand. Bei den haploiden T4 Phagen konnte jedoch 1951 noch keine genetische Erklärung gegeben werden, zumal auch die Rolle der DNA als Erbmaterial noch nicht allgemein anerkannt war und die genaue Struktur noch nicht geklärt war. Später wurden die Heterozygoten durch sogenannte Heteroduplexstrukturen erklärt, bei denen es z.B. aufgrund von Deletionen oder Mutationen in einem DNA-Strang zur Fehlpaarung der beiden Stränge durch Loops oder kurzen nicht homologen Basenpaarungen gekommen war.

Auch Trautner suchte während seiner Doktorarbeit und ein paar Jahre danach nach Erklärungen für die Heterozygotie. Er fand durch viele Drei- und Mehrfaktorkreuzungen mit verschiedenen genetischen Markern, dass einige der Heterozygoten für das zentrale Gen rekombinant im Hinblick auf die linear gesehen links und rechts davon liegenden Gene waren (Trautner 1958).¹⁸⁶ Diese Versuche waren weder teuer noch zeitaufwendig, „viele (Petri-)Platten - scharfes Nachdenken - ausführliche Diskussionen" (Trautner 2007, S. 129) führten die Wissenschaftler zu Resultaten.

Von 1959 bis 1961 war Trautner als Wissenschaftler an der Stanford University bei Arthur Kornberg. Dieser Aufenthalt war genau in der Zeit, in der Kornberg die DNA-Polymerase entdeckte und eine Serie von Publikationen zur enzymatischen Synthese von DNA veröffentlichte. Eine davon enthielt den Nachweis, dass es beim Einbau von Bromuracil anstatt Thymin in die DNA bei der anschließenden Replikation zum Auftreten eines höheren Anteils von Fehlpaarungen kommt. Mit der „Next-Neighbor-Analysis", einem Vorläufer der Sequenzanalyse, zeigte Kornbergs Gruppe, dass die DNA bei der Replikation am vorliegenden Strang wie eine Schrift zusammengesetzt wird. Enthält der Sense-Strang Bromuracil statt Thymin, kommt es beim Aufbau des Antisense-Strangs zum vermehrten Einbau von Guanin anstatt Adenin, das Verhältnis der „Nächsten Nachbarn" änderte sich (Trautner et al 1962). Diese Problem wurde laut Trautner später wichtig bei der Suche nach den Angriffsstellen für die Methylierung.

Nach seiner Rückkehr nach Deutschland habilitierte sich Trautner in Köln und wandte sich eher biochemischen Methoden zu. Er untersuchte die Transformation von Fremd-

¹⁸⁶Interview mit T. Trautner, Berlin, 12.10.2004

DNA in *Bacillus subtilis*, ein Interesse, das ihn auch zu einer Kooperation mit Pamela Abel, einer Mitarbeiterin am Institut, führte. 1964 beschrieben beide in einer Publikation, dass das tierische Virus Vaccinia auf *Bacillus subtilis* gebildet werden kann (Abel und Trautner 1964). Diese aufsehenerregende Entdeckung stellte sich später als falsch heraus (Trautner 2007, S. 130).¹⁸⁷ Trautner konnte die Ergebnisse aus der Kooperation mit Abel nicht reproduzieren. Das Versagen wurde aber, laut eines Gutachtens der DFG von 1968 vor allem Pamela Abel vorgeworfen. Nach diesem Gutachten, das von die beteiligten Personen als Breschs Mitarbeiter bezeichnet, „ist mit diesem Projekt jedoch so viel menschlicher Kummer verbunden, daß man das Ganze auf sich beruhen lassen sollte. Trotzdem bleibt es bedauerlich, daß sich Herr Bresch und seine Mitarbeiter nicht dazu durchringen konnten, eine Richtigstellung der damaligen Befunde zu publizieren.“¹⁸⁸ Laut Trautner wurde erst einige Jahre später ein Widerruf der Arbeit publiziert.¹⁸⁹ Nach seinem Aufenthalt in Köln ging Trautner als Assistant Professor an die University of California in Berkeley und bekam danach, wie kurz zuvor Heinz-Günther Wittmann und Heinz Schuster, Mitte der 1960er Jahre eine eigene Abteilung am neugegründeten MPI für Molekulare Genetik in Berlin angeboten. Hier arbeitete er weiter auf dem Gebiet der Phagengenetik mit dem Schwerpunkt Enzymologie und Methylierung (Trautner 2007, S. 130). Er untersuchte die Molekulare Genetik und Struktur des SSP1 Phagen und die Funktion von Methyltransferasen. Auch Max Delbrück, der die Zeit von 1961 bis 1963 am Institut für Genetik in Köln verbrachte, wurde während von der DFG umfangreich gefördert u.a. für die Untersuchung der genetischen Rolle der Nukleinsäuren, die chemische Identifizierung der biologischen UV-Schäden sowie zur Phagengenetik. Einer seiner Mitarbeiter zu der Zeit war der Doktorand Charles N. David, der Messungen zur Thymindimerisierung bei einzelsträngiger DNA unter UV-Einfluss durchführte (David 2007, S. 89). Gisela Mosig hatte ihre Doktorarbeit 1959 am Botanischen Institut in Köln fertiggestellt. Dort war sie in der Gründungsphase des Instituts für Genetik mit dem Gastprofessor Alfred H. Doerman in Kontakt gekommen. Von der DFG erhielt sie ein Stipendium, um in dessen Labor an der Vanderbilt University in den USA an der Struktur von partiell heterozygoten T2 und T4 Phagen zu forschen. Danach arbeitete Mosig noch drei Jahre

¹⁸⁷Interview mit T. Trautner, Berlin, 12.10.2004

¹⁸⁸ Gutachten vom August 1968, Archiv der DFG, Az. Br 80/ 15.

¹⁸⁹Interview mit T. Trautner, Berlin, 12.10.2004; Publikationsort unbekannt

bei A. D. Hershey in New York. Sie kehrte dann als Professorin und weltweit anerkannte Phagenforscherin an die Vanderbilt University zurück (Nossal et al 2004).

Hartmut Hoffmann-Berling, forschte zuerst als Mitarbeiter von Hans Herrmann Weber und ab 1966 als Direktor der Abteilung Molekulare Biologie am Max-Planck Institut für Medizinische Forschung in Heidelberg. 1954 entwickelte Hoffmann-Berling ein Versuchsmodell aus isolierten Fibroblasten, an dem er zeigen konnte, dass die Zugabe von ATP eine Kontraktion des Cytoplasmas und eine Bewegung der Chromosomen auslöst (Hoffmann-Berling 1954). Dieser Versuch war einer der ersten Schritte zur Klärung der Frage, durch welchen Mechanismus die Mitose in der Zelle mit „Energie“ versorgt wird. Zusammen mit D. A. Marvin identifizierte Hoffmann-Berling 1963 zwei neue Bakteriophagen *fr* und *fd*. Der Bakteriophage *fd* ist der erste filamentös aufgebaute Phage, der beschrieben wurde. Er befällt *E. coli* und ähnelt im Aufbau dem Bakteriophagen M13, der drei Jahre später durch Peter Hans Hofschneider identifiziert wurde. M13 befällt Enterobakterien. Ab Ende der 1960er Jahre wechselte Hoffmann-Berling zum Phagen Φ X174 als neuem Versuchsobjekt. Hier wollte er enzymatische Komponenten der DNA-Synthese identifizieren. Die Versuche führten 1976 zur Isolation der ersten DNA-Helikase, einer Enzymklasse, welche bei der Replikation der DNA die Entwindung der DNA-Stränge einleitet. Hoffmann-Berling selbst bezeichnete die Helikase als DNA-Entwindungsenzym. Die Aufklärung ihrer Funktion beschäftigte ihn auch in den folgenden Jahren (Marvin und Hoffmann-Berling 1963, Abdel-Monem und Hoffmann-Berling 1976; Hammar 2002).

Der Mediziner und Biochemiker Peter Hans Hofschneider untersuchte ab 1957 Jahre am Max-Planck-Institut für Biochemie in München die Funktion und Struktur der Nukleinsäuren aus Phagen (Hofschneider 1960; vgl. Neubert und Werner 2004). Anfang der 1960er Jahre war er für einige Zeit als Gastwissenschaftler bei Eduard Kellenberger in Genf und setzte hier seine Untersuchungen über einen in München isolierten RNA-Phagen fort.¹⁹⁰ Im Jahr 1965 wurde er Direktor am MPI für Biochemie in München. Er konnte zeigen, dass sich einzelsträngige DNA und RNA aus Phagen über doppelsträngige Zwischenprodukte replizieren (Ammann et al 1964; Francke und Hofschneider 1966). Diese Zwischenprodukte wurden von Sol Spiegelman die HF

¹⁹⁰ Brief von P.H. Hofschneider an S. Luria vom 3. Juli 1962, Archives of the American Philosophical Society, Philadelphia, Salvador Luria Papers, MS. Collection 39, und Brief von P.H. Hofschneider an E. Chargaff vom 02.07.1962, Erwin Chargaff Papers, B.C. 37, I. Correspondence.

(Hofschneider Form) genannt (Mills et al 1966). Hofschneider isolierte außerdem den Phagen M13 (München 13) (Ray et al 1966). Seinem Mitarbeiter Joachim Messing gelang es in einer Kooperation mit Bruno Gronenborn, einem Mitarbeiter von Benno Müller-Hill in Köln, 1977 M13 in einen Vektor zum Transport von DNA in Bakterienzellen umzuwandeln (Müller-Hill 2007, S. 199). Dies war ein methodischer Fortschritt, der bis heute in Labors genutzt wird. Ab Anfang der 1970er Jahre untersuchte Hofschneider als Pionier der molekularen Medizin pathogene Viren, wie z.B. das Hepatitis B-Virus. Zusammen mit Charles Weissmann, Walter Gilbert und anderen gründete Hofschneider 1978 die Firma Biogen (heute Biogen-Idec). Sein Mitarbeiter Joachim Amann erhielt 1965 von der DFG eine Sachbeihilfe zum Thema Biochemie der Nukleinsäuren.

Rainer Hertel erhielt 1963 ein Stipendium der DFG, das ihm die Ausbildung in der Phagen-genetik in Köln ermöglichte. Zuvor hatte er eine Doktorarbeit in Pflanzenphysiologie verfasst und war auch nach seinem Weggang aus Köln wieder in dem Fachgebiet tätig (Hertel 2007, S. 178). Sein Projekt behandelte die genetische und physikochemische Untersuchung der Struktur der partiellen Heterozygoten des Bakteriophagen T4. Ab 1969 war Hertel Professor an der Universität Freiburg.

Mit dem von Esther und Joshua Lederberg erstmals beschriebenen Mechanismus der Lysogenie beim Phagen lambda beschäftigte sich bis in die 1960er Jahre nur der in Köln tätige Hubert Kneser und etwas später auch Hans Bernd Strack in Tübingen. Kneser war nach einem zweijährigen Forschungsaufenthalt bei Hans Friedrich-Freksa und Fritz Kaudewitz in Tübingen über einen Phagenkurs nach Köln gekommen. Er fand dort Anfang der 1960er Jahre eine Anstellung als Wissenschaftler im Labor von Peter Starlinger. Er war an Untersuchungen zur Mutagenese in Bakterien beteiligt und leistete einen Beitrag zur Aufklärung von DNA Reparaturmechanismen (Wenkel und Deichmann 2007, S. 296).

Monica Hirsch-Kaufmann studierte Ende der 1960er Jahre an T-Phagen die chemischen und enzymatischen Schritte, die zu wirtkontrollierter Modifikation bzw. Restriktion von frisch eingeführter DNA führen. Hubert Mayer in Freiburg untersuchte 1969 E. coli-R-Strukturen und ihre Funktion als R-Phagen-Rezeptorsubstanzen. Der spätere Professor für Milchwissenschaft an der TU München Henning Klostermeyer untersuchte in Aachen das Hüllprotein des Phagen fd.

Barbara Hobom studierte in Freiburg den Mechanismus der Rekombination mit getwisteten gamma DNA-Molekülen in Bakterienzellen. Sie arbeitete später als Wissenschaftsjournalistin und war eine der ersten, die den Begriff „Synthetische Biologie“ verwendeten. Sie meinte damit die Anwendung gentechnischer Methoden an Organismen (Bakterien) (Hobom 1980). Die Prägung des Begriffs, wie er im heutigen Sinn verwendet wird, als Design und Konstruktion neuer biologischer Instrumente und Systeme, erfolgte um das Jahr 2000 (Morange 2009b).

5.2 Proteinstruktur

Die Untersuchung der Struktur von Proteinen wurde zum einen von organischen Chemikern betrieben, die mit Hilfe der Sequenzanalyse und der chemischen Synthese Primärstrukturen von Proteinen aufklären konnten. Zum anderen gab es Beiträge von physikalischen Chemikern und Röntgenstrukturforschern die Versuche zur Sekundär- und Tertiärstruktur von Proteinen durchführten. Die Arbeiten zur Sequenzanalyse und der Röntgenstrukturforschung werden getrennt vorgestellt.

5.2.1 Aufklärung der Primärstruktur von Proteinen

Proteinforschung hat in Deutschland eine Geschichte, die bis zum Ende des 19. Jahrhunderts zurückreicht. Organische Chemiker wie der international bedeutende Emil Fischer hatten grundlegende Fragen des Baus der Proteine geklärt. Nachdem Albrecht Kossel den Aufbau von Proteinen aus Aminosäuren festgestellt hatte, gelang Fischer die Isolierung von mehreren bislang unbekanntem Aminosäuren sowie die Synthese kurzer Peptide. Fischer formulierte die Peptidtheorie nach der Proteine aus Polypeptidketten von linear verbundenen Aminosäuren bestehen.

Nach 1945 war die Biochemie vor allem durch die Vertreibung jüdischer Wissenschaftler personell und wissenschaftlich stark geschwächt. Fischers bedeutender Schüler auf dem Gebiet der Proteinchemie, Max Bergmann wurde von seiner Position als Direktor am KWI für Lederforschung in Dresden entlassen und emigrierte 1933. Leonor Michaelis, Pionier der physikalisch-chemischen Analyse von Proteinen und Begründer der Enzymkinetik, erhielt in Deutschland u.a. weil er ein politisch liberale Jude war, keine Stelle und emigrierte bereits 1922. Dagegen beherrschte Emil Abderhalden, ebenfalls ein Fischer-Schüler mit fragwürdigen Ergebnissen die Proteinforschung (vgl. Deichmann 2001; Deichmann 2012a). Aber es

gab auch Wissenschaftler, die gute Traditionen fortsetzten. Dazu gehörte Wolfgang Grassmann, ein Schüler von Richard Willstätter. Grassmann wurde 1934 Nachfolger von Max Bergmann am KWI für Lederforschung in Dresden. Er erforschte vorrangig das Reaktionsverhalten und den Aminosäureaufbau des Kollagens. Während der NS-Zeit wechselte er zur angewandten Forschung mit der Entwicklung von Gerbstoffen und der Lederverarbeitung (Deichmann 2004b; Kühn et al 1979). Diese Forschung fand in Zusammenarbeit mit der I.G. Farben und später mit der hoher Dringlichkeitsstufe des Reichsforschungsrats statt (Deichmann 2001, S. 288). Nach der Zerstörung des Instituts in Dresden erfolgte der Umzug nach Regensburg. Einige Jahre später kam es zu einer weiteren Verlegung und Umbenennung des Instituts. Grassmann wurde 1957 Direktor am Max-Planck-Institut für Eiweißforschung in München. Nach 1945 wandte er sich wieder mehr der Grundlagenforschung am Kollagen zu und war sich der zwischenzeitlich großen Fortschritte in den USA sehr bewusst. Im Zusammenhang mit der Proteinstrukturforschung in der Molekularbiologie zu erwähnen sind seine methodischen Arbeiten zur Peptidsequenzierung ab 1954 und die Untersuchung der Sequenz des Insulins 1956 mit einer technischen Weiterentwicklung der Methode zur Primärstrukturbestimmung von F. Sanger (Grassmann et al 1956).

Helmut Zahn zuerst Dozent später Professor an der Universität Heidelberg und ab 1952 Direktor des Wollforschungsinstituts in Aachen arbeitete an der Struktur von Polypeptiden vor allem von Faserproteinen. Ihm gelang die erste synthetische Herstellung eines biologisch wirksamen Hormonproteins, des Insulins, im Jahr 1963 (Meienhofer et al 1963).¹⁹¹ In Konkurrenz zu einer Gruppe von Wissenschaftlern der University of Pittsburgh, die die A-Kette des Insulins kurze Zeit vorher herstellten, konnte Zahn in 223 Einzelschritten beide Ketten des Insulins synthetisieren. Er und seine Mitarbeiter konnten diese Ketten 1963 mit geringer Ausbeute zu biologisch wirksamem Insulin zusammensetzen (Zahn 2000). Zunächst erhielt diese vielversprechende Forschung in der internationalen Presse grosses Interesse. Die Hoffnungen auf eine industrielle Nutzung waren jedoch verfrüht. Das sehr aufwändige Verfahren eignete sich nicht zur industriellen Produktion. Hier konnte die Gentechnik

¹⁹¹Das Deutsche Museum: „ Die Synthese von Insulin“: <http://www.deutsches-museum.de/fileadmin/Content/040_BN/PDFs/Prismentexte/Synthese_von_Insulin.pdf>, 20.03.2011.

erst Jahrzehnte später mit der Insulinproduktion in genetisch veränderten Bakterien den Durchbruch bringen.

Ernst Waldschmidt-Leitz, ein Schüler von Richard Willstätter, hatte bis 1945 als Professor an der TH Prag, teilweise fragwürdige Forschung zur Struktur von Proteinen durchgeführt (Deichmann 2001, S. 288; Deichmann 2004b, S. 19-21). Ab 1953 war Waldschmidt-Leitz als Lehrbeauftragter an der TH München tätig. Er untersuchte dort zunächst die Aminosäure-Zusammensetzung des Seidenfibroins nach der Methode von Stein und Moore. Waldschmidt-Leitz machte 1955 erste Vorschläge zur Aminosäuresequenz des Seidenfibroins (Waldschmidt-Leitz 1955). Er entwickelte zur Bestimmung der Amino- bzw. Carboxyständigen Endgruppen der Proteine eine Methode mit enzymatischem Abbau durch Aminopolypeptidase und Carboxypeptidase (Waldschmidt-Leitz und Mindemann 1956). Bei Sangers Methode wurde Dinitrofluorbenzol verwendet. Diese Arbeiten von Waldschmidt-Leitz wurden international kaum zitiert. Weitere Versuchsreihen gab es zu Protaminen aus verschiedenen Fischarten.

Waldschmidt's Mitarbeiter Friedrich Turba, ab 1958 Professor in Würzburg, arbeitete an der Aufklärung der Primärstruktur verschiedener Proteine und Enzyme. Seine Beiträge zur Proteinstrukturaufklärung (z.B. des Entenhämoglobins) wurden nur schwach zitiert. Turba verstarb 1965 im Alter von 48 Jahren.

Im Gegensatz zu Waldschmidt-Leitz und seinen Mitarbeitern hatte Gerhard Braunitzers Proteinforschung internationale Bedeutung. Braunitzer hatte in Agram und Graz Chemie studiert und war ab Mitte der 1940er Jahre am KWI/MPI in Tübingen bei Adolf Butenandt beschäftigt. Mit den Arbeitsbedingungen in Tübingen nicht ganz zufrieden, erwog er 1948 einen Weggang aus Deutschland. Er schrieb an Erwin Chargaff, der 1933 als Jude zur Emigration gezwungen worden war und nun an der Columbia Universität in New York forschte, ohne einen Grund für seine Unzufriedenheit zu nennen: „Ich möchte daher trotz aller fachlichen Befriedigung nicht hier bleiben. [...] Aus diesem Grunde möchte ich mir erlauben Sie zu bitten, sofern Sie dies nicht von Ihrer Arbeit zu sehr abhält, mir gelegentlich einen kurzen Überblick über die Möglichkeiten als Wissenschaftler und bes. eben als Eiweißchemiker in den U.S.A. zu senden. Wenn Sie diese Güte besitzen würden und mit diesen Wunsch erfüllen könnten, würde ich Ihnen sehr dankbar sein und könnte Ihre Ausführungen sicherlich

sehr gut für meine weitere Pläne verwenden."¹⁹² Chargaff antwortete umgehend und beschrieb ihm kurz die Möglichkeiten für Chemiker in den USA, kam aber zu dem Schluss: „Ich bin sicher, dass Sie mit Ihrer Arbeit bei Dr. Schramm in Butenandts Institut in den besten Händen sind."¹⁹³

Braunitzer blieb in Tübingen versuchte ab Anfang der 1950er Jahre, die Struktur des Hüllproteins des TMV zu entschlüsseln. Die Sequenzierung von Polypeptiden war methodisch noch nicht weit vorangeschritten, und bei der Endgruppenbestimmung traten oft technische Probleme auf (vgl. Brandt 2004, S. 164-168). Braunitzer selbst stand darüber hinaus bei der Sequenzierung des Proteins in heftiger Konkurrenz mit der Gruppe um Heinz Fraenkel-Conrat in Berkeley. Im Jahr 1953 kam er mit Schramm zu dem Ergebnis, dass Prolin die Endgruppe des TMV-Proteins sei (Schramm und Braunitzer 1953). Diese Aussage wurde von Fraenkel-Conrat kurz danach angezweifelt und als Artefakt bzw. unsaubere Arbeit erwiesen (Creager 2002, S. 249-316). Die wirkliche Endgruppe des TMV-Proteins ist das Threonin. Die Konkurrenz bei der Aufklärung der Primärstruktur des TMV-Proteins setzte sich in den Folgejahren fort. Im Verlauf der Diskussion wurde auch die Glaubwürdigkeit Schramms in Frage gestellt. Schramm, der während der NS-Zeit Mitglied der SS gewesen war, und sein Konkurrent, der emigrierte jüdische Biochemiker Fraenkel-Conrat, lieferten sich heftige Auseinandersetzungen. Fraenkel-Conrats Vater Ludwig Fraenkel, ein prominenter Breslauer Gynäkologe und Endokrinologe, war 1933 als Jude von seiner Position als Direktor der Frauenklinik entlassen worden.

Nachdem Braunitzer 1955 seine vorangegangenen Ergebnisse revidiert und die Abfolge dreier Aminosäuren am N-Terminale Ende des TMV bestimmt hatte (Schramm et al 1955), verließ er 1956 Tübingen. Er war bis dahin der einzige Wissenschaftler in Schramms Gruppe gewesen, der mit der Aufklärung der Primärstruktur von Proteinen betraut war. Es ist anzunehmen, dass das Verhältnis zu Schramm wegen der vorangegangenen Ungereimtheiten um die Ergebnisse der Endgruppenbestimmung gestört war. Braunitzer wechselte als Arbeitsgruppenleiter an das MPI für Biochemie zu Adolf Butenandt nach München, wo er der Proteinstrukturaufklärung ab 1958 auch als Abteilungsleiter weiter treu blieb. Er wandte

¹⁹² Brief Braunitzer an Chargaff 11.9.1948, Archives of the American Philosophical Society, Philadelphia, Erwin Chargaff Papers - BC 37 Series: I. Correspondence.

¹⁹³ Brief Chargaff an Braunitzer, 08.10.1948, Archives of the American Philosophical Society, Philadelphia, Erwin Chargaff Papers - BC 37 Series: I. Correspondence. Übersetzung S.W..

sich der Strukturanalyse des Hämoglobins zu. Die Strukturaufklärung des TMV-Hüllproteins in Tübingen wurde von F.A. Anderer übernommen (siehe weiter unten). Mit Hilfe seiner Mitarbeiter, reichlicher Fördermittel von über einer halben Million DM DFG-Förderung in zehn Jahren und eines leicht erhältlichen Versuchsstoffes, verfeinerte Braunitzer die Verfahren zur Peptid-/ Aminosäureauftrennung immer weiter. Braunitzers Forschung war international anerkannt, er stand in Kontakt mit den führenden Wissenschaftlern auf dem Gebiet. Eine konkurrierende Gruppe arbeitete am California Institute of Technology unter der Leitung von Walter A. Schroeder. Er selbst beschreibt die vielen mühsamen Schritte, die damals zur „Ermittlung der Konstitution einer klassischen Peptidkette“ notwendig waren, in einem Übersichtsartikel 1961 folgendermaßen:

„Einführend erwähnt, muss im ersten Schritt das Protein für detaillierte Untersuchungen in Bruchstücke zerlegt werden. Diese Zerlegung muss gerichtet erfolgen: um eine übersichtliche Anzahl von Spaltprodukten zu erhalten,[...] Fermentativ gelingt dies - wie Hirs, Stein und Moore erstmals zeigten - mit einer einzigen Endopeptidase, nämlich dem Trypsin. Die Spaltung selbst an einem Protein so durchzuführen, wie dies an synthetischen Substanzen gelingt, bedarf einer gewissen Erfahrung. [...] Anschließend müssen die in einem tryptischen Hydrolysat enthaltenen Spaltprodukte getrennt, gereinigt und charakterisiert werden. Um aus den isolierten Spaltprodukten auf die ursprüngliche Kette zu schließen, ist es notwendig, dass bei der folgenden Trennung sämtliche Spaltprodukte erhalten werden: in diesem, und nur in diesem Fall ist der Erfolg der Arbeit gewährleistet. Das Fehlen eines einzigen Spaltstückes, und sei es noch so klein, würde den Erfolg der Arbeit in Frage stellen. [...] Die heutigen Methoden zur Trennung von Spaltprodukten eines Proteins können wir, ganz allgemein betrachtet, in zwei Gruppen unterteilen: Die ersten sind diejenigen, die Papier als Träger verwenden. Es ist dies die Verteilungschromatographie [...] Durch Spaltung, Isolierung und quantitative Charakterisierung der Spaltprodukte haben wir einerseits einen quantitativen Überblick über das Molekül bekommen, andererseits jedoch die Voraussetzung geschaffen, die chemischen Studien an den Spaltprodukten durchzuführen. Anschließend wird die Lage der Spaltprodukte in der Peptidkette ermittelt. Hierzu sind zwei Wege möglich: 1. die Einschränkung der Spezifität des Trypsins durch Modifikation des Proteins, oder 2.

die entsprechenden sogenannten Brückenpeptide zu suchen, aus denen sich die Lage der tryptischen Spaltprodukte ergibt."

(Braunitzer 1961a, S. 515-521).

Besonders bei der Weiterentwicklung des Dowex 50-Verfahrens von Hirs, Stein und Moore war Braunitzers Gruppe erfolgreich. Dem Studenten Viktor Rudloff gelang es durch die Verwendung von Pyridineacetat als Puffer im als Dowex 1x2 (Anionenaustauscher) bezeichneten Verfahren den Zeitaufwand für die Peptidauftrennung auf 1/5 zu reduzieren und die Entsalzung überflüssig zu machen. Die wesentliche Neuerung war aber, dass im Gegensatz zu dem bisher angewandten Verfahren mehr als nur 2/3 der erwarteten Aminosäuren sichtbar gemacht werden konnten. Da die Aminosäuren nun ausschließlich nach ihrer Ladung aufgetrennt wurden, war das trennbare Peptidspektrum wesentlich erweitert worden (Braunitzer 1961a, S. 519-520; Braunitzer et al 1959). Um die Neuerung durch das Dowex 1x2 Verfahren zu begutachten und die noch unveröffentlichte Zusammensetzung der Puffer zu erfahren, war Stanford Moore 1959 nach München gereist und soll schon beim Betreten des Labors durch den starken Pyridingeruch den entscheidenden Hinweis zur Zusammensetzung der Puffer erhalten haben.¹⁹⁴ Besondere Schwierigkeiten bei der Analyse der Alpha- und Beta-Kette des Hämoglobins bereitete die abschließende Zusammensetzung der sequenzierten Teilstücke, mit der die Mitarbeiter Norbert Hilschmann und Victor Rudloff fast zwei Jahre beschäftigt waren.

Mit Max Perutz aus Cambridge stand Braunitzer seit 1957 durch gegenseitige Besuche in engem persönlichem Kontakt. Perutz und sein Kollege John Kendrew waren zu der Zeit mit der Aufklärung der dreidimensionalen Struktur des Hämoglobins und des Myoglobins mit Hilfe der Röntgenstrukturanalyse beschäftigt. Sie hatten eine Methode entwickelt, isomorphe Proteinmoleküle herzustellen, die an bestimmten Stellen mit schweren Atomen markiert waren. In den Jahren 1958 (Myoglobin) und 1960 (Hämoglobin) gelang ihnen die Strukturbestimmung. Bereits 1962 wurden Perutz und Kendrew für ihre Studien zur Struktur globulärer Proteine mit dem Nobelpreis für Chemie ausgezeichnet. Perutz beschrieb die Kollaboration mit Gerhard Braunitzer folgendermaßen:

„Die Übereinstimmung zwischen dem Modell, das durch die reine Physik erstellt worden war, und der Sequenz, die durch reine Chemie gewonnen worden war, stärkte

¹⁹⁴Interview mit B. Wittmann-Liebold, 15.10.2004

unser Vertrauen in unsere Ergebnisse und war der Anfang einer Zusammenarbeit, die bis zu Braunitzers Tod am 27. Mai 1989 andauern sollte." (Perutz 1989)¹⁹⁵

Bei seinen Laborbesuchen in München Ende der 1950er Jahre galt Perutz' besonderes Interesse den Fortschritten bei der Zuordnung der sequenzierten Peptidabschnitte. Es ist anzunehmen, dass er anhand der Primärstruktur des Proteins Aussagen für seine eigenen Analysen von Röntgenstrukturaufnahmen treffen konnte.¹⁹⁶ Von 1958 bis 1959 ging Braunitzer für einige Zeit als Gastwissenschaftler zu Max Perutz nach Cambridge (Deichmann 2004b, S.36-37, Perutz 1989).

Braunitzer entschlüsselte 1961 mit seiner Gruppe als erster die Primärstruktur des Hämoglobins und stellte die Ergebnisse beim Internationalen Kongress für Biochemie in Moskau vor (Braunitzer et al 1960, 1961a, 1961b). Das Hämoglobin und die Methodik zu dessen Strukturaufklärung begleitete Braunitzer noch jahrzehntelang und führte zu einer über 30-teiligen nummerierten Artikelserie in Hoppe Seyler's Zeitschrift für Physiologische Chemie. Mit dem Blick auf die Unterschiede verschiedener Spezies sequenzierte und veröffentlichte Braunitzer die Aminosäure-Sequenz der Hämoglobine von über 100 verschiedenen Spezies. Diese Sequenzen wurden von anderen Wissenschaftlern in der molekularen Evolutionsforschung zu verschiedenen Sequenzvergleichen genutzt.¹⁹⁷ Ab Ende 1972 teilte Braunitzer zeitweise sein Institut mit Pehr Edman als zweitem Direktor. Edman hatte Anfang der 1950er Jahre eine Methode zur Bestimmung der Primärstruktur von Proteinen durch gezielten Endgruppenabbau mit Phenylisothiocyanat (Edmans-Reagenz) entwickelt. Die Auftrennung erfolgte chromatographisch und ließ sich ab Mitte der 1960er Jahre automatisieren. Edman arbeitete bis zu seinem Tod 1977 zusammen mit seiner Ehefrau Agnes Henschen in München. Weitere Wissenschaftler, die ab Mitte der 1960er Jahre für Projekte der Proteinforschung gefördert wurden, waren Ulrich Flamm,

¹⁹⁵Originalzitat: „The agreement between the model that had been obtained by pure physics and the sequence that had been determined by pure chemistry strengthened our confidence in our results and started a collaboration that was to continue until Braunitzer's death on 27th May 1989." (Übersetzung von S. Wenkel.)

¹⁹⁶Interview mit B. Wittmann-Liebold, 15.10.2004

¹⁹⁷Verwendung fanden Braunitzers Daten z.B. bei Emile Zuckerkandl, einem Mitarbeiter von Linus Pauling. Er nutzte die Sequenzdaten von Braunitzer um Sequenzhomologien zwischen verschiedenen Hämoglobinketten zu untersuchen. Detailliertere Angaben zu dieser Forschung finden sich in einem Interview von Gergory Morgan mit Emile Zuckerkandl, 1996, aus einer Sammlung von Materialien und Interviews des California Institute of Technology zur Geschichte der Molekularen Evolution und im Archivmaterial von Linus Pauling an der Oregon State University. Quellen:
URL: <http://authors.library.caltech.edu/5456/1/hrst.mit.edu/hrs/evolution/public/clock/zuckerkandl.html>
und URL: <http://osulibrary.oregonstate.edu/specialcollections/coll/pauling/blood/narrative/page37.html>

Folker Krug und später auch Heinz Köhler aus der Gruppe von Gerhard Braunitzer. Sie erhielten Forschungsgelder für die Aufklärung der Primärstruktur des Hämoglobins verschiedener Spezies, Krug später auch für die des Hüllproteins des fd Phagen.

Mit der Proteinabbauweise konnte Braunitzer die Sequenz von Hämoglobinen verschiedener Spezies vom Wal bis zum Gürteltier aufklären (Betke 1990).¹⁹⁸ Er wurde zunehmend kritisiert, weil er „seine Forschungsergebnisse fast ausschließlich in deutscher Sprache und in seiner Hauszeitschrift (Hoppe-Seyler's Z. Physiol. Chem.) veröffentlicht.“ und weil „die Sequenzaufklärung von immer neuen Individuen auf Dauer nicht sehr originell“ sei.¹⁹⁹

Die Entschlüsselung der Primärstruktur eines weiteren Proteins wurde 1960 von F. A. Anderer aus dem Institut von Gerhard Schramm beschrieben (Anderer et al 1960). Wie weiter oben vorgestellt, hatte Gerhard Braunitzer bis 1956 in Tübingen an dem Problem gearbeitet und war durch die technischen Herausforderungen und die Konkurrenz aus den USA heftig unter Druck geraten. Anderer veröffentlichte die Sequenzdaten mit dem Bewusstsein darüber, dass sie noch Fehler enthielten und war wohl so schnell zur Publikation gekommen, weil die Gruppe von Fraenkel-Conrat fast zeitgleich eine eigene leicht widersprüchliche Sequenz veröffentlichte (Anderer et al 1965, S. 1203). In einer Arbeit von 1965 veröffentlichte Anderer mit dem Ehepaar Wittmann eine an etwa 30 Stellen korrigierte Sequenz und die Peptidsequenzen zweier weiterer Stämme des TMV. (Anderer et al 1965).

Norbert Hilschmann, ein Schüler von Gerhard Braunitzer, war Anfang der 1960er Jahre an der Sequenzaufklärung des Hämoglobins beteiligt gewesen. Dadurch war er methodisch auf dem neuesten Stand der Aufklärung von Proteinsequenzen. Er erhielt ein Stipendium der Fritz-Thyssen-Stiftung und ging für zwei Jahre als Wissenschaftler zu Lyman Craig an die Rockefeller University nach New York. Er arbeitete dort an der Sequenzaufklärung von Bence-Jones Proteinen. Dies sind Paraproteine, die nur aus zwei leichten Ketten von Antikörperproteinen bestehen. Die Fragestellung war, ob durch die Entschlüsselung des Aufbaus der Proteine Rückschlüsse auf den Mechanismus der Antikörperspezifität sowie auf den genetischen Mechanismus der Antikörperproduktion möglich sein könnten (Hilschmann und Craig 1965, S. 1403).

¹⁹⁸ Braunitzer erhielt 1960-1968 Sachbeihilfen von 564052 DM zur Struktur des Hämoglobins, Bundesarchiv, Koblenz, B227/138609; Archiv der DFG, Az. Br 188

¹⁹⁹ Gutachten zum DFG-Antrag, 1971/1972, Archiv der DFG, Az. Br 188/15 und Br 188/16

Hiltschmann kam zu dem Schluss, dass die Proteine zweigeteilt wären. Während die C-terminale Hälfte eine größtenteils konstante Proteinsequenz aufweist, identifizierte er in der N-Terminalen Region eine hohe Variabilität der Proteinstruktur. Diese Entdeckung der konstanten (common) und variablen (variable) Regionen von Antikörpern war wegweisend für die weitere Forschung (Eichmann 2005, S. 40). Hiltschmann selbst stellte seine unveröffentlichten Ergebnisse bei einem „Antikörper-Workshop“ im Februar 1965 in Warner Springs in Kalifornien vor. Bei den anwesenden Wissenschaftlern wurde die Bedeutung der Entdeckung sofort erkannt und mit großem Interesse aufgenommen. Die Sequenzdaten selbst zeigte Hiltschmann bei seinem Vortrag nur ganz kurz, damit niemand die Daten mitschreiben konnte. Auch bei der Diskussion weigerte er sich die Daten erneut zu zeigen. Dies wurde ihm von den anwesenden Größen der Molekularbiologie z.B. Francis Crick sehr übel genommen. Fritz Melchers formulierte es so: „Hiltschmann hat an dem Tag sein ganzes Glück verloren.“(Melchers 2007, S. 121).

Die komplette Sequenz eines Antikörpermoleküls wurde von Gerald Edelman zwischen 1968 und 1970 veröffentlicht. (vgl. Tauber und Podolsky 1997, S. 76-78; Eichmann 2005, S.40-41). Bei der Vergabe des Nobelpreises für Medizin 1972 für die Entdeckung der chemischen Struktur von Antikörpern wurde Norbert Hiltschmann nicht berücksichtigt. Den Preis bekamen Gerald Edelman und Rodney Porter. Im Jahr 1971 übernahm Hiltschmann als Direktor die Abteilung für Immunchemie am MPI für Experimentelle Medizin in Göttingen. Hier veröffentlichte er weiterhin Artikel mit Peptidsequenzen die wegweisend in der immunologischen Forschung waren, wie z.B. eine Artikelserie zur Primärstruktur des MHC II Komplexes in Hoppe Seyler's Zeitschrift für Physiologische Chemie von 1981 bis 1984.

Konrad Beyreuther, ebenfalls ein Schüler von Gerhard Braunitzer hatte seine Doktorarbeit am MPI für Biochemie verfasst und dort die Methoden der Sequenzierung von Proteinen erlernt. Im Jahr 1968 wechselte Beyreuther als Wissenschaftler in das Labor von Benno Müller-Hill ans Institut für Genetik der Universität zu Köln. In den folgenden zwei Jahren verbrachte er jeweils einen Forschungsaufenthalt im Labor von Klaus Weber in der Gruppe von James Watson an der Harvard University und am MRC Molecular Biology in Cambridge bei Frederick Sanger. Zurück in Köln arbeitete Beyreuther zuerst als Gruppenleiter, dann als Privatdozent und schließlich als Professor mit seiner eigenen Gruppe an verschiedenen biochemischen

Fragestellungen.²⁰⁰ Er nutzte seine Expertise in Sequenzierung von Proteinen, so gelang ihm 1973 in Köln die Aufklärung der Sequenz des lac-Repressors (Beyreuther et al 1973), die er 1978 an wenigen Stellen korrigierte (Beyreuther 1978). Ab Anfang der 1980er Jahre fokussierte Beyreuther seine Forschung auf die Ursachen der Alzheimerschen Krankheit. Er begann mit Colin L. Masters aus Australien zu kooperieren und es gelang ihnen, das Protein aus den Amyloid Core Plaques im Gehirn zu beschreiben und 1987 das Vorläuferprotein dieses beta-Amyloids zu charakterisieren (Masters et al 1985; Kang et al 1987). Die beiden Arbeiten wurden bisher über 2000 bzw. über 3000 mal zitiert. Im Jahr 1987 wurde Beyreuther Professor für Molekulare Biologie am ZMBH in Heidelberg.

Der Chemiker und spätere Krebsforscher Peter Duesberg aus Frankfurt erhielt 1963 ein Stipendium der DFG, um an der University of California in Berkeley die Strukturforschung an Proteinen zu erlernen. Duesberg blieb in Berkeley und machte dort als „AIDS-Leugner“ auf sich aufmerksam, als er die Pathogenität des HI-Virus anzweifelte.²⁰¹

Klaus Weber aus Freiburg ging 1964 als Stipendiat in die USA um die neuesten Methoden der molekularen Biologie und Proteinchemie zu erlernen (Weber und Osborn 1969). Als Wissenschaftler war er im Labor von James Watson und arbeitete nach Ablauf des Stipendiums als Assistant Professor mit Watson und Walter Gilbert. Im Jahr 1969 veröffentlichte er zusammen mit seiner Ehefrau Mary Osborn eine der bis dato meist zitierten methodischen Arbeiten in der molekularen Biologie (bis 2004 waren es über 20000 Zitate). Das Paar hatte eine Methode von A. Shapiro entscheidend weiterentwickelt und es dadurch möglich gemacht, das Molekulargewicht von Proteinen mit Hilfe einer Sodiumdodecylsulfat-Gelelektrophorese (SDS-Page) und anschließender Färbung des Gels direkt sichtbar zu machen (Kresge 2006). Die gelelektrophoretische Auftrennung der Proteine ermöglichte nicht nur die direkte Bestimmung des Molekulargewichts, sondern erleichterte auch die effektive Aufreinigung von Proteinen.

Weber und Osborn wurden für die Entdeckung mit zahlreichen Preisen ausgezeichnet. Im Jahr 1972 wurde Weber zum Full Professor an der Harvard University ernannt,

²⁰⁰Prof. Dr. Dr. h.c. Konrad Beyreuther, Curriculum Vitae, <www.ftn.uni-mainz.de/wp-content/uploads/2011/07/Beyreuther_CV1.pdf>, 21.12.2012.

²⁰¹Detaillierte Angaben zur Kontroverse über das HI-Virus finden sich zum Beispiel im Artikel „The Duesberg Phenomenon.“ von Jon Cohen (Cohen 1994).

Osborn ging als Wissenschaftlerin ans Cold Spring Harbor Laboratorium. Dort blieb sie, bis beide 1975 ans Max-Planck-Institut für biophysikalische Chemie in Göttingen wechselten, wo Weber zum Direktor ernannt worden war und Mary Osborn eine eigene Gruppe leitete. 1974/75 gelang dem Paar zusammen mit Elias Lazarides ein weiterer methodischer Durchbruch. Die Gruppe konnte durch die Weiterentwicklung der Immunfluoreszenzmikroskopie erstmals die dreidimensionale intrazelluläre Lokalisation bestimmter Proteine in der Zelle sichtbar machen. Für die Versuche hatten sie aus der SDS-Page aufgereinigtes Aktin aus Hühnerembryo-/ Mausfibroblasten in Hasen injiziert, welche dann spezifische Antikörper gegen das Protein bildeten. Diese Antikörper wurden aufgereinigt und auf Zellkulturen aus Hühnerembryofibroblasten appliziert. Die an das Aktin gebundenen Antikörper wurden dann mit einem zweiten Fluorescein-markierten Antikörper gegen Hasenproteine unter dem Mikroskop sichtbar gemacht. In der Diskussion der ersten Arbeit zu dem Thema schrieben Weber und Lazarides einen Ausblick auf die weitere Nutzung der Methode:

„Die Technik der Immunfluoreszenz ist zweckmäßig und schnell, und sie erlaubt die Überprüfung einer großen Zahl von Zellen unter einer Vielzahl experimenteller Gegebenheiten. Die Verfügbarkeit der Antikörper für andere bedeutende Strukturproteine wird es uns ermöglichen die Technik zu nutzen um die intrazelluläre Lokalisation dieser Proteine zu untersuchen.“ (Lazarides und Weber 1974, S. 2272)²⁰²

Kurz darauf konnten Weber und Osborn mit der Methode auch Mikrotubuli in der Zelle sichtbar machen (Weber et al 1975). Die Rezeption der Arbeiten durch Kollegen war anfangs sehr kritisch. War es doch durch die bisher übliche Elektronenmikroskopie nie möglich gewesen, intrazelluläre Netze der Strukturproteine dreidimensional sichtbar machen (Lindner 2003, S. 68). In den folgenden Jahrzehnten etablierte sich die Methode jedoch zu einer Standardtechnik in der molekularbiologischen Forschung. Wiederum 25 Jahre später war Weber noch einmal als Koautor an einem technischen Durchbruch beteiligt, nämlich an einer Veröffentlichung, in der die RNA-Interferenz als Methode zum Gen-Silencing vorgestellt wurde (Elbashir et al 2001).

²⁰² Originalzitat: „The technique of immunofluorescence is convenient and fast, and allows the screening of a large number of cells under a variety of experimental conditions. The availability of antibodies to other major structural proteins will enable us to use this technique to study the intracellular localization of these proteins.“ Übersetzung S.W..

Hans-Joachim Horstmann untersuchte in Erlangen 1968 die Primärstruktur ribosomaler Proteine. Dieter Mecke untersuchte 1969 im Sonderforschungsbereich in Freiburg zeitweise die Allosterie bei Proteinen.

5.2.2 Untersuchung der Sekundär- und Tertiärstruktur von Proteinen

Die Röntgenstrukturanalyse organischer Makromoleküle war seit den 1930er Jahren an mehreren deutschen Forschungsinstituten und Universitäten etabliert. Zuerst hatte Michael Polanyi 1927 am KWI für Faserchemie begonnen, organische Moleküle mit der Methode zu untersuchen. In Deutschland konzentrierte sich die Forschung auf Moleküle, von denen ein technischer Nutzen zu erwarten war, z.B. das Seidenfibroin oder Zellulose. Diese vielversprechende Forschung erhielt nach der Machtübernahme Hitlers 1933 einen starken Rückschlag, da Polanyi, viele Mitarbeiter und auch der Leiter des KWI Reginald Oliver Herzog das Institut verlassen mussten, weil sie jüdisch waren (Olby 1994, S. 40). In den 1930er und 40er Jahren waren es Rudolf Brill an der TH Darmstadt und Otto Kratky am KWI für Physikalische Chemie, die Proteine kristallographisch untersuchten (Deichmann 2001, S. 290-292). Die Strukturforschung der auf diesem Gebiet führenden Wissenschaftler um John D. Bernal und Dorothy Crowfoot Hodgkin in England war mehr auf biologisch bedeutende Proteine ausgerichtet (Deichmann 2001, S. 143).

Hans-Friedrich Freksa am Max Planck Institut für Biochemie, ab 1954 erster Direktor des MPI für Virusforschung in Tübingen, war in den 1940er Jahren zusammen mit Otto Kratky und Aurelie Sekora aus Prag zum ersten Mal die Darstellung einer markierten Aminosäure in der Röntgenstrukturanalyse beim Seidenfibroin gelungen (Deichmann 2001, S.291). Er setzte seine Strukturuntersuchungen mit radioaktiv markierten Aminosäuren im Schwerpunktprogramm Radiologie kurzzeitig fort. Wie erwähnt war Freksa auch an den TMV-Arbeiten aus dem Institut beteiligt.²⁰³ Freksas Schwerpunkt war in späteren Jahren die Krebsforschung.²⁰⁴ Zu seinen Mitarbeitern zählte u.a. Peter Starlinger.

Der Physiker Walter Hoppe hatte 1944 bei dem physikalischen Chemiker Günther Scheibe an der Technischen Hochschule in München seine Habilitation zu

²⁰³ Aktennotiz, Archiv der DFG, Az. Fr 34.

²⁰⁴ Alfred Gierer „Zum Tode von Professor Hans Friedrich-Freksa.“, Archiv der Max-Planck-Gesellschaft, Abt. III. Rep. 67, Kasten 1,

methodischen Aspekten der Kristallstrukturforschung fertiggestellt. Nach einigen Jahren in der industriellen Forschung und als Dozent in München, verbrachte er 1958 ein Sabbatical am MRC Laboratory in Cambridge wo er die Kristallstrukturanalyse von Proteinen erlernte. Ab 1959 war er am Max-Planck-Institut in München und betrieb dort über viele Jahre hinweg Röntgenstrukturforschung an verschiedenen Molekülen, auch Proteinen (Ohne Verfasserangabe 1987; Deichmann 2001, S. 441). Hoppe war im Gegensatz zu anderen deutschen Kristallographen überzeugt davon, dass die alleinige Nutzung manueller optischer Methoden zur Konstruktion von 3D-Modellen bei der Auswertung der zahlreichen Aufnahmen in der Kristallforschung nicht mehr möglich sein würde und „nur mit sehr effektiven Computern“ die Forschung weiterhin erfolgreich sein könnte (Hoppe 1983, S. 484). Heute werden die Aufnahmen mit speziellen Großrechnern digital zu 3D-Modellen verarbeitet. Klaus Kühn, ein Mitarbeiter Hoppes, erhielt Fördermittel zur röntgenographischen Untersuchung der Tertiärstruktur von Proteinen (Kollagen). Joachim Stauff, ein physikalischer Chemiker aus Frankfurt, wurde 1959 von der DFG gefördert für die Analyse der Tertiärstruktur von Proteinen. Er untersuchte auch die Entstehung von Disulfidbindungen und später die von geschädigter DNA. Der Biochemiker Hugo Fasold, ein Assistent bei Turba in Würzburg, untersuchte Mitte der 1960er Jahre die Entfaltung bzw. Quervernetzung von Proteinen mit chemischen Methoden mit dem Ziel den dreidimensionalen Aufbau der Proteine aufzuklären.²⁰⁵ Fasold, der später Professor in Frankfurt wurde, konnte mit seinen Ergebnissen die durch Röntgenstrukturforschung gewonnenen Daten nachträglich bestätigen. Sein Verfahren hat sich jedoch neben der Röntgenstrukturforschung nicht etabliert. Heinrich H. Paradies nutzte 1969 in Heidelberg die Methoden der Röntgenstrukturanalyse an verschiedenen Makromolekülen wie Proteinen und Viren.

5.3 Virusforschung und genetischer Code²⁰⁶

Ab dem Jahr 1954 wurde die Förderung durch die DFG neu strukturiert. Neben der Einzelförderung konnten Anträge auch im Rahmen von Schwerpunktprogrammen gestellt werden. Das Schwerpunktprogramm Virusforschung war hier mit 62 Anträgen

²⁰⁵ Aktennotiz, Archiv der DFG, Az. Fa 48

²⁰⁶Weitere Forschung zum genetischen Code auch in Kapitel 5.5.

zwischen 1952 und 1954 besonders stark vertreten. Aus den Mitteln des Schwerpunktprogramms (SPP) wurde auch der Aufbau des 1954 eröffneten Max-Planck-Institutes für Virusforschung in Tübingen mit zunächst 250000 DM und 1955 mit weiteren 550000 DM unterstützt.²⁰⁷

Unabhängig von der Mitteln zum Institutsausbau wurden die Abteilungen von Georg Melchers und Gerhard Schramm²⁰⁸ an den Max-Planck-Instituten für Biologie und für Virusforschung in Tübingen im SPP gefördert für ihre Arbeiten zum Tabakmosaikvirus. Die Forschung am TMV an den Max-Planck-Instituten in Tübingen und die Rolle von Gerhard Schramm wurde bereits ausführlich von anderen besprochen (vgl. Brandt 2004; Creager 2002; Lewis 2002 und 2004; Rheinberger 1992a, 1992b, 1993 und 1997). Sie wird im folgenden nur kurz zusammengefasst.

Heinz Schuster, ab 1954 ein Mitarbeiter von Gerhard Schramm, veröffentlichte 1958 zusammen mit Schramm Daten über die mutagene Wirkung der salpetrigen Säure. Zu dem Zeitpunkt stand durch die Arbeit von Wolfram Zillig aufgereinigte TMV-RNA zur Verfügung. Die salpetrige Säure desaminierte im Versuch eine Base in der RNA, woraufhin Schuster und Schramm diese an einer Stelle mutierte RNA erneut auf Infektiosität testeten (Schuster und Schramm 1958).²⁰⁹ Die auf deutsch verfasste Arbeit wurde knapp 100 mal zitiert. Ab 1960 wandte sich Schuster zusätzlich zu seiner Forschung am TMV auch der Phagenforschung zu und verbrachte einen längeren Forschungsaufenthalt am California Institut of Technology in den USA.²¹⁰ Schuster erhielt Mitte der 1960er Jahre eine der Direktorenstellen am neugegründeten MPI für Molekulare Genetik in Berlin.

Alfred Gierer studierte Physik in Göttingen und promovierte 1953. Im Anschluss daran wurde er Gruppenleiter in der Abt. Virusforschung am Max-Planck-Institut für Biochemie und danach Wissenschaftliches Mitglied am Max-Planck-Institut für Virusforschung (später MPI für Entwicklungsbiologie). Vor 1960 war er zu Forschungsaufenthalten am Massachusetts Institute of Technology und am California Institute of Technology in den USA (Gierer 1985). Zusammen mit Gerhard Schramm konnte Gierer 1956 nachweisen, dass die RNA im TMV allein für dessen Infektiosität

²⁰⁷ Auszug aus dem Protokoll der Hauptausschusssitzung in Stuttgart am 28.09.1955, Archiv der DFG, Az. Fr 34/14.

²⁰⁸ Aktennotiz, Archiv der DFG, Az. Schr 5.

²⁰⁹ Aktennotiz, Archiv der DFG, Az. Schu 68

²¹⁰ Brief von A. Butenandt and G. Stent vom 24.03.1964, Archiv der Max-Planck-Gesellschaft, Abt. III, Rep 75, 21.

verantwortlich ist (Gierer und Schramm 1956). Diese Arbeit wurde bisher 800 mal zitiert und fand Beachtung bei Wissenschaftlern, die der RNA bei der Vererbung neben der DNA eine wichtigere Rolle geben wollten (Olby 1994, S. 434). Mit Karl-Wolfgang Mundry verfeinerte Gierer die von Schramm und Schuster vorgestellte Methode zur Mutationsauslösung in der TMV-RNA durch Salpetrige Säure (Nitrit). In den 1960er Jahren wandte sich Gierer der Bakteriengenetik zu. 1972 veröffentlichte er zusammen mit Hans Meinhardt seinen meistzitierten (1150 Zitate) Artikel zum Gierer-Meinhardt-Modell, eine biophysikalische Arbeit zur durch Aktivatoren und Inhibitoren gesteuerten Musterbildung in der Biologie (Gierer und Meinhardt 1972).²¹¹

Karl-Wolfgang Mundry begann im Herbst 1950 in Tübingen bei Georg Melchers mit Arbeiten zur Mutationsauslösung im TMV und der Temperaturabhängigkeit von dessen Mutanten (Mundry 2007, S. 152f). Nach Abschluss seiner Dissertation und eines dreijährigen Forschungsaufenthaltes in Braunschweig verfeinerte er zusammen mit Alfred Gierer 1958 eine Mutagenesetechnik dahingehend, dass es möglich wurde, nur eine deaminierte Base in der RNA von TMV zu erzeugen (Gierer und Mundry 1958). Diese Methode nutzte Heinz-Günther Wittmann an dem selben Institut gleich darauf, um an der Entzifferung des genetischen Codes zu arbeiten (Creager 2002, S. 303; Mundry 2007, S. 155). Fritz Kaudewitz verwendete die „Single-Hit-Kurve“ für seine Versuche zur Ein-Gen-Ein-Enzym-Hypothese.

Heinz-Günther Wittmann ging 1957 zu einem einjährigen Forschungsaufenthalt zu Professor Knight an die University of California in Berkeley um sich auf dem Gebiet der Virusforschung weiterzubilden (Erdmann 1991). Danach war er kurz in München am dorthin umgesiedelten Max-Planck-Institut für Biochemie, wo er bei Gerhard Braunitzer die Sequenzierung von Proteinen lernte.

1958 ging Wittmann wieder nach Tübingen und leistete dort ab 1961 zusammen mit seiner Ehefrau Brigitte Wittmann-Liebold einen Beitrag zur Entzifferung des genetischen Codes; sie entzifferten mehrere DNA-Codewörter. Wittmann-Liebold war laut Georg Melchers eine „hervorragende Sequenzanalytikerin“²¹² aus der Arbeitsgruppe von Gerhard Braunitzer in München. Sie sollte bereits 1959 aus München abgeworben werden, um die Proteinsequenzierung in Tübingen weiter voranzutreiben. Damals waren Braunitzer und Butenandt gegen einen Wechsel. Erst

²¹¹Autobiographie von Gierer: <http://www.eb.tuebingen.mpg.de/research/emeriti/alfred-gierer/alfred-gierer-curriculum-vitae.html>

²¹²Brief von G. Melchers an H. Gaffron vom 31.10.1960, Archiv der MPG, Abt. III, Rep. 75, 12.

Liebolds Hochzeit mit H.G. Wittmann brachte sie nach Tübingen. Adolf Butenandt beglückwünschte Georg Melchers in einem Brief im November 1960, weil es ihm nun doch noch gelungen sei „Fräulein Liebold von uns in Ihren Arbeitskreis hinüber zu ziehen. Herzlichen Glückwunsch!“²¹³

Die Aufklärung der Codewörter des genetischen Codes gelang den Wittmanns mit Hilfe von Mutanten des TMV. In einer großangelegten Versuchsreihe isolierten und untersuchten sie bis 1965 etwa 200 Mutanten, die entweder spontan oder nach Behandlung des Ausgangsvirus (TMV vulgare bzw. A 14) mit chemischen Mutagenen (Nitrit, 5-Fluoruracil, Hydroxylamin) entstanden waren. Vor allem die Untersuchung der Nitritmutanten war für die Versuchsreihe von entscheidender Bedeutung (siehe oben). Untersucht wurde bei jeder Mutante die Primärstruktur des TMV-Hüllproteins. Das Protein jeder Mutante wurde in die tryptischen Peptide gespalten, und diese wurden chromatographisch getrennt und analysiert mit dem extra hierfür erworbenen Aminosäureanalysator von Beckman Instruments (vgl. Brandt 2004, S. 220-232). Bei vielen der Mutanten war es bei der Mutagenese zu genau einem Aminosäureaustausch im Hüllprotein gekommen. Die Position des Austauschs und die damit verbundene Änderung der Aminosäuresequenz wurden lokalisiert und verglichen, dadurch konnten zusätzlich zu der Art und Position des Austauschs auch mögliche DNA Tripletts angegeben werden (Wittmann-Liebold und Wittmann 1965).

Die Wittmanns veröffentlichten ihre Codewörter von Ende 1961 bis 1965 (Wittmann 1961; Wittmann-Liebold und Wittmann 1963). Bald danach zogen sie nach Berlin um, wo Wittmann Direktor am MPI für Molekulare Genetik wurde und seine Frau Mitarbeiterin seiner Abteilung. In Berlin entwickelten die Wittmanns die Analysetechniken weiter und wurden Pioniere in der Ribosomenforschung.

Hans Günther Aach war bis 1957 als Wissenschaftler bei Georg Melchers in Tübingen. Er wechselte danach nach Köln und beschäftigte sich Ende der 1950er Jahre weiter mit der Zusammensetzung des Hüllproteins von TMV.²¹⁴ Später arbeitete er am Phagen Φ x174, an dem auch Wolfram Zillig und Peter Hans Hofschneider die Transkription erforschten. Aach nutzte für seine Versuche die Aminosäureanalyse nach Levy. 1961 wurde ihm von den Fachgutachtern der DFG geraten, sich mit einer Arbeitsgruppe zusammen zu tun, die einen Aminosäureanalysator hatte, um nicht auf

²¹³ Brief von A. Butenandt an G. Melchers vom 15.11.1960, Archiv der MPG, Abt. III, Rep. 75, 15.

²¹⁴ Förderakte, Archiv der Deutschen Forschungsgemeinschaft, Aktenzeichen Aa1

sich allein gestellt seine kostspieligen Versuche machen zu müssen. Seine Arbeit wurde als schwierig eingeschätzt. In einem Antrag von 1963 an dem Max Delbrück beratend beteiligt war, wollte Aach das TMV-Hüllprotein im zellfreien System herstellen. 1968 wurde Aachs Forschung am Phagen Φ x174 aufgrund seiner veralteten Methoden und wegen der wenigen Ergebnisse, nur noch kurz weiter gefördert und die Förderung dann ganz eingestellt.²¹⁵

Einige „Virus-Gruppen“ in Deutschland untersuchten angewandte Aspekte. Heinz-Ludwig Sänger erforschte 1964 die RNA phytopathogener Viren, Hans Eggers in Tübingen versuchte ab 1965 den Aufbau von kleinen RNA-Viren wie z.B. dem SV40 Virus aufzuklären. Meinrad Koch arbeitete 1969 in Göttingen an den chemischen und biologischen Eigenschaften von SV40-Virus-Mutanten. Peter Herrlich, später Professor in Karlsruhe und Jena, untersuchte Anfang der 1970er Jahre zusammen mit Manfred Schweiger in der Arbeitsgruppe von Wolfram Zillig in München biochemische und molekulare Vorgänge bei der Virusinfektion.²¹⁶ Im Jahr 1969 war er ein Jahr als Gastwissenschaftler bei Fritz Lipmann in den USA gewesen. Seine Ergebnisse über die In-vitro-Synthese von „early enzymes“ wurden von einem nicht namentlich bekannten Gutachter für die DFG als „sensationell“ bezeichnet.²¹⁷

Der 1936 geborene Harald zur Hausen (zur Hausen 2008) studierte Medizin und Biologie an den Universitäten Bonn, Hamburg und Düsseldorf. Er promovierte 1960 an der Medizinischen Fakultät der Universität Düsseldorf mit einer Arbeit zur desinfizierenden Wirkung des Bohnerwaxes Sirafan E auf Mycobacterium tuberculosis. Nach weiteren fünf Jahren medizinischer und naturwissenschaftlicher Forschung in Düsseldorf akzeptierte zur Hausen Ende 1965 ein Angebot der Virologen Werner und Gertrude Henle zu ihnen ans Children's Hospital in Philadelphia zu kommen. Zur Hausen lernte in den USA die aktuellen virologischen Methoden kennen und wandte diese am Versuchsobjekt der Henles, dem Epstein Barr Virus und am Adenovirus Typ 12 erfolgreich an. Die zu der Zeit vorherrschende Annahme, dass nur vereinzelte Tumorzellen im Gewebe, in diesem Fall dem Burkitt-Lymphom, mit dem Virus infiziert waren, konnte zur Hausen durch eine fluoreszenz- und elektronenmikroskopische Studie im Jahr 1967 stützen (zur Hausen et al 1967). Er wies in einigen (nicht allen) der Lymphomzellen Virusbestandteile nach. Zur Hausen

²¹⁵ Förderakte, Archiv der Deutschen Forschungsgemeinschaft, Aktenzeichen Aa1/12 und 13.

²¹⁶ Aktennotiz, Archiv der DFG, Az. He 551.

²¹⁷ Gutachten ca. 1970, Archiv der DFG Az. He 551.

stand der Hypothese aber weiterhin skeptisch gegenüber, er vermutete eine Verbreitung des Virus wie sie von lysogenen Bakteriophagen bekannt war (McIntyre 2005, S. 34). Hier wird die Phagen-DNA in das Wirtsgenom eingebaut, ist in allen Nachkommen der Zelle vorhanden und wird dann in wenigen Fällen wieder aktiviert. Dem wissenschaftlichen Nachweis dieser Vermutung widmete sich zur Hausen, nachdem er nach drei Jahren in den USA an das gerade eröffnete Institut für Virologie an der Universität Würzburg zurückkehrte. Eberhard Wecker, der Lehrstuhlinhaber, hatte ihm dort eine Gruppenleiterstelle angeboten. Im Jahr 1970 wies zur Hausen durch DNA-Hybridisierung an Tumorzellen erstmals nach, dass die Virus-DNA des Epstein-Barr-Virus in allen Zellen des Tumors zu finden ist (zur Hausen et al 1970). Habilitiert wurde zur Hausen 1969 in Würzburg mit Arbeiten zur Gewebezellkultur des onkogenen Adenovirus Typ 12. Drei Jahre später akzeptierte er einen Ruf als Professor für Virologie der Universität Erlangen-Nürnberg, wo er ein Programm zur Untersuchung der Infektion mit Gebärmutterhalskrebs etablierte. Er vermutete als eine der Ursachen dieser sehr häufigen Krebsform eine Infektion mit dem Human Papilloma Virus (HPV), einem Virus, das Genitalwarzen verursacht. Nach langen Jahren der Forschung und einigen Rückschlägen isolierte zur Hausen, mittlerweile Professor in Freiburg, mehrere Typen von HPV aus Tumorbiopsien. Unter anderem waren dies HPV Typ 16 und 18, deren Erbmateriale in insgesamt etwa 70 % der Tumorbiopsien nachgewiesen werden konnte (Duerst et al 1983; McIntyre et al 2005). Die Isolation der Virusbestandteile bot die erste Chance zur Herstellung eines Impfstoffes gegen das Virus, ein Anliegen mit dem zur Hausen aber kein Gehör bei der Pharmaindustrie fand. Im Jahr 1983 wurde zur Hausen einer der Direktoren des Deutschen Krebsforschungsinstituts (DKFZ) in Heidelberg, dem er zusammen mit seinen Kollegen durch sein Engagement und Renommee zur weltweiten Anerkennung verhalf. Zur Hausen arbeitete bis zu seiner Pensionierung weiter zur Onkogenität von pathogenen Viren und erhielt neben vielen anderen Auszeichnungen für seine Entdeckung, dass HPV für den Gebärmutterhals verantwortlich ist, im Jahr 2008 den Nobelpreis für Medizin (zur Hausen 2008). Ein erster Impfstoff gegen HPV wurde 2006 in der EU zugelassen. Die Impfstoffe wurden von verschiedenen Pharmaunternehmen entwickelt.

Der Mediziner Walter Doerfler schloss 1958 sein Medizinstudium an der Universität München ab. Seine Doktorarbeit verfasste er bei Titus von Lanz am dortigen

anatomischen Seminar. Nach Abschluss seiner ärztlichen Ausbildung wechselte Doerfler in die Forschung. Bei Wolfram Zillig am MPI für Biochemie in München untersuchte er ab 1961 den Vorgang der Inkorporation von Aminosäuren in verschiedene Proteine bei der Proteinbiosynthese, in dem von Zillig entwickelten zellfreien System (Rueckert et al 1962; vgl. auch Doerfler 2007, S. 159-160). Im Jahr 1962 bewarb sich Doerfler an einem der weltweit führenden Forschungsinstitute zu Fragen der Proteinbiosynthese, dem Department für Biochemie an der Stanford University. Paul Berg verwies ihn an David Hogness, der Doerfler die Mitarbeit in seiner Gruppe ab 1963 anbot.²¹⁸ An der Stanford University entwickelte Doerfler eine Methode, mit der er durch Bildung von Heteroduplexstrukturen von DNA des Phagen Lambda auf die Position und Orientierung der Gene im Phagengenom schließen konnte (Doerfler und Hogness 1968/1 und 2; vgl. Doerfler 2007, S. 162f).

Mit dem Wechsel als Assistant Professor 1966 an die Rockefeller University wechselte Doerfler auch sein Forschungsobjekt. Er untersuchte fortan die Induktion von Tumoren durch Adenovirus Typ 12, wo er 1968 zeigen konnte, dass die DNA des Adenovirus kovalent mit der von infizierten Hamsterzellen verbunden ist. In den Folgejahren baute Doerfler seine Gruppe an der Rockefeller University weiter aus, zog aber in Erwägung wieder nach Deutschland zurückzukehren, wo er ein Angebot als Nachfolger von Hartmut Hoffmann-Berling an der Universität Heidelberg erhalten hatte. Auch das Institut für Genetik in Köln, welches er zuvor besucht hatte, machte ihm 1971 ein Angebot. Aufgrund der vielversprechenden Ausgangslage nahm er das Kölner Angebot an. Ab 1972 baute Doerfler in Köln seine internationale Gruppe weiter aus, entwickelte Methoden zur experimentellen Nutzung von Säugerzellen und leistete später wesentliche Beiträge zur Aufklärung der Rolle von Methylierungen der DNA von Säugerzellen (Doerfler 2007, S. 168-172).

5.4 Genstruktur, -replikation

Bis Mitte der 1950er Jahre finanzierte die DFG noch zahlreiche Anträge aus der Strahlengenetik, insbesondere zur Mutationsauslösung in Bakterien und in höheren Organismen durch Röntgenstrahlung. Diese genetischen Untersuchungen waren auch schon vor 1945 von der DFG in großem Umfang gefördert worden (Deichmann 1995,

²¹⁸ Brief Doerfler an Berg 25.04.1962 und Brief Berg an Doerfler, 11.05.1962, Stanford University Archives, Paul Berg Papers, Sc358, Box 1 Folder 1.

S. 84), werden aber hier nicht berücksichtigt, da sie, anders als ursprünglich gehofft, wenig zur Aufklärung der Genstruktur beitragen (Deichmann 2007, S. 9).

Einer der Wissenschaftler, die Arbeiten zur Genreplikation veröffentlichten, war Wolfram Heumann aus Braunschweig. Er war bis 1957 in den USA bei Joshua und Esther Lederberg, wo er Methoden der morphologischen und genetischen Untersuchung des Sexualvorganges bzw. der Replikation bei Bakterien studierte und auf Bodenbakterien übertrug. Die in Wisconsin erlernten Methoden etablierte Heumann in Braunschweig und Dallas. Später in Erlangen führte er mikrobiologische Untersuchungen an sternbildenden Rhizobien aus. Heumann, der an einem nicht besonders anerkannten Objekt arbeitete, hat von seiner Zeit bei den Lederbergs profitiert und in Erlangen ein einflussreiches Institut für Mikrobiologie etabliert. Der „Lederberggesalbte Heumann“ erhielt großzügige Fördermittel der DFG und war zwischenzeitlich auch für eine Direktorenstelle am zukünftigen MPI für Molekulare Genetik in Berlin im Gespräch.²¹⁹

Der Chemiker Friedrich Weygand, der als Schüler Richard Kuhns in der Vitaminforschung gearbeitet hatte, war während der Nazizeit an der Reichsuniversität Strassburg Mitwisser von Morden im Rahmen von Forschung geworden (vgl. Schmaltz 2007, S. 425). Weygand erforschte als außerplanmäßiger Professor in Tübingen ab 1953 die Umwandlung von Purinen durch verschiedene Mikroorganismen und ihren Einbau in die Nukleinsäure. Im Jahr 1955 erhielt er einen Lehrstuhl an der FU Berlin und 1958 wurde er an die TU München berufen. Zwischen 1954 und 1969 erhielt er für seine chemischen „Arbeiten auf dem Peptidgebiet“ insgesamt etwa 900000 DM Sachbeihilfen der DFG (Deichmann 2001, S. 355). Weygands Forschung war zumeist rein chemischer Natur.

Der Biochemiker Adolf Wacker in Berlin arbeitete ab 1956 zur Funktion und zum Stoffwechsel von Nukleinsäuren, später spezifischer an der Struktur und Funktion der DNA. Als Professor für Therapeutische Chemie in Frankfurt erweiterte er sein Interessengebiet um Versuche zur Enzyminduktion.²²⁰ Anfang der 1960er Jahre war er zu einem Forschungsaufenthalt bei Waclaw Szybalski an der University of Wisconsin in den USA und veröffentlichte Arbeiten zur Photoreaktivierung des E. coli B Stammes.

²¹⁹ Brief von G. Melchers an J. Straub 05.04.1963, Archiv der Max-Planck-Gesellschaft III, Rep. 75, Nr. 19; Schreiben von J. Lederberg an H. Nachtsheim vom 24.01.1958, Archives of the National Library of Medicine, Bethesda, Joshua Lederberg Papers, Correspondence 1953-1960.

²²⁰ Aktennotiz, Archiv der DFG, Az Wa 65

Diese Forschung zur Wirkung von UV-Strahlen auf DNA setzte er auch in Frankfurt fort. Ab Mitte der 1960er Jahre wandte sich Wacker dem enzymatischen Mechanismus der Aktivierung und Repression im Laktose-Operon zu. Von 1965 bis 1967 führten er und seine Kollegen Versuche zur Isolation des lac-Repressors durch. Sie entwickelten einen In-Vitro-Assay, mit dem sie den lac-repressor isolieren wollten (Müller-Hill 1996, S. 93f; Dellweg et al 1967).²²¹ In einer Arbeit von 1967 veröffentlichte Wacker zusammen mit Hanswerner Dellweg die gelungene Isolation des Thiomethyl-Galactoside-Akzeptors, einem Nukleoprotein, das sie für den lac-Repressor hielten. Diese Vermutung stellte sich als Fehlinterpretation heraus (Müller-Hill 1996, S. 93-94). Die DFG vermerkte den Fehlschlag und die fehlenden Berichte zur Repressorforschung in den Akten. Die Arbeit wurde nicht zurückgezogen. Später wurde ein Antrag von Wacker abgelehnt und die Förderung dann ganz eingestellt.²²² Der Erstautor des Artikels Hanswerner Dellweg erhielt im Jahr der Veröffentlichung der „Akzeptor-Arbeit“ 1967 einen Lehrstuhl für Gärungstechnologie an der TU Berlin. Adolf Wacker veröffentlichte mit seinen Kollegen (u.a. Prakash Chandra) in späteren Jahren vor allem Arbeiten zur Regulation der Proteinsynthese.

Ein weiterer Frankfurter Wissenschaftler, der für seine Arbeit zur Genstruktur und -replikation von der DFG gefördert wurde war Rudolf K. Zahn.²²³ Zahn war bis Anfang der 1960er Jahre Privatdozent in Frankfurt und später Professor für physiologische Chemie in Mainz. Er untersuchte den Einfluss von injizierter DNA und die Aktivität von DNasen in Zellen und Organismen. 1963 versuchte er die DNA-Polymerase zu isolieren.²²⁴ Hanns Schmitz in Marburg arbeitete zu freien Nukleotiden. Werner Mauer aus Köln untersuchte mit Hilfe der Autoradiographie den Eiweiss-, RNA- und DNA-Stoffwechsel und später besonders die DNA-Synthese bei der Mitose.²²⁵ Dietrich Pfeiffer, Assistent am Institut für Genetik in Köln, untersuchte die Genomstruktur des Phagen Φ x174. Klaus Kran aus Göttingen erfasste mit chemischen Versuchen den DNA-Gehalt von E. coli Zellen in verschiedenen Wachstumsphasen und die Struktur des E. coli-Chromosoms. Als wissenschaftlicher Direktor der Abteilung „Menschliche

²²¹ Vermerk in Gutachten: „behauptet Repressor in der Hand zu haben. Amüsantes Objekt. Hochinteressante Ansätze“, Bundesarchiv, Koblenz; B227/138607 und B227/138607: Gutachten „jagt denselben Repressor wie Dellweg etwas unrealistisch [...] guter Biochemiker.“

²²² Aktennotiz, Archiv der DFG, Az Wa 65/14

²²³ Ein Verwandtschaftsverhältnis mit dem weiter oben vorgestellten Helmut Zahn ist nicht bekannt.

²²⁴ Aktennotiz, Archiv der DFG, Az. Za6/20

²²⁵ Aktennotiz, Archiv der DFG, Az. Za 6

Tumolviren" am DKFZ in Heidelberg untersuchte Klaus Munk seit 1966 die Rolle von Viren bei der Tumorentwicklung. Der Privatdozent Gerhard Sauer, wie Munk in der Virusforschung am DKFZ, der 1971 von der Thyssen Stiftung gefördert wurde, konnte in *Nature-New Biology* Details zum Mechanismus der Transformation von Zellen durch das onkogene DNA-haltige Tumovirus SV40 berichten (Sauer 1971).²²⁶ Von der DFG wurde er gefördert für die Forschung am Nucleinsäurestoffwechsel infizierter und nicht infizierter Zellen mit durch Radioisotope markierte Nucleinsäurevorstufen.

Friedrich Cramer war ein Chemiker, der sich während seiner Doktorarbeit bei Karl Freudenberg in Heidelberg mit den Einschlussverbindungen der Cyclodextrine auseinandergesetzt hatte. Seine Ergebnisse zur Charakterisierung und Funktionsuntersuchung von Cyclodextrinen weckten das Interesse von Alexander Todd, einem Nucleinsäurechemiker an der Universität von Cambridge in England. Todd lud Cramer für ein Jahr in sein Labor ein (Eckstein 2003, S. 3980). Cramer erinnerte sich an seinen Aufenthalt in Cambridge im Jahr 1953 wie folgt:

„Das Stipendium war für eine Zusammenarbeit mit dem Nucleinsäurechemiker und späteren Nobelpreisträger Alex Todd bestimmt, wo ich mich gut einrichtete und in internationaler Atmosphäre zu arbeiten begann. 1953, also relativ kurz nach dem Kriege, war das für einen Deutschen eine wunderbare Gelegenheit, aus der Isolierung in die internationale Sphäre zurückzukehren. Im Nachbarinstitut arbeiteten zwei junge Wissenschaftler, ein Physiker und ein Biologe, die manchmal zu uns herüberkamen und sich über Nucleinsäuren belehren ließen. Sie bastelten an einem Drahtmodell. Der eine war ein etwas häßlicher junger Amerikaner, mit abstehenden Ohren, der aber immer wieder insistierende bohrende Fragen stellte. Als er mich fragte: „Tell me, Fred, what is nucleic acid?“ und ich ihm eine Teilformel von Nucleinsäure in mein Laborbuch schrieb, stöhnte er: „No chemical formula. This is too much for me. I am a biologist.“ Es war aber ganz lustig, mit diesen jungen Leuten umzugehen. Wir tranken hier und da mal ein Bier zusammen. Das ominöse Drahtmodell entwickelte sich im Laufe der Wochen zu dem, was wir heute die Doppelhelix nennen. Die beiden waren Jim Watson und Francis Crick. Ich war also in der Geburtsstunde der Molekularbiologie dabei und lernte auch alle einschlägigen an diesem Problem interessierten Leute kennen, und das waren damals noch nicht viele, vielleicht zwei Dutzend weltweit, und wir glaubten damals, den „Faden des Lebens“ gefunden zu haben.“ (Cramer 2003/04, S. 25-26).

²²⁶ Jahresbericht der Fritz Thyssen Stiftung, 1971, S. 162.

Nach seiner Rückkehr nach Heidelberg führte Cramer seine chemischen Versuche mit Nukleinsäuren fort. 1959 wurde er zunächst Professor in Darmstadt und 1962 Direktor der Abteilung Chemie des Instituts für Experimentelle Medizin der Max-Planck-Gesellschaft in Göttingen (Eckstein 2003). Er veröffentlichte bis Ende der 1960er Jahre eine Artikelreihe zur Chemischen Synthese von Oligo- und Polynukleotiden (vgl Franke et al. 1968). In freundschaftlicher Konkurrenz mit H. Gobind Khorana, ebenfalls ehemaliger Mitarbeiter von Alexander Todd, entwickelte Cramer verschiedene Synthesemethoden für Polynukleotide. Anfang der 1970er Jahre wandte Cramer sein Interesse dem Mechanismus der Aminoacylierung der tRNA zu. Khorana, der bereits Anfang der 1960er Jahre viele der Codewörter des genetischen Codes aufgeklärt hatte und 1968 für diese Arbeit den Nobelpreis erhielt, blieb bei der Nukleotidsynthese und synthetisierte 1972 das erste künstliche Gen (Khorana et al 1972). Cramer zeigte 1973 an welcher Stelle der Phenylalanin-tRNA die Aminosäure (Phe) bei der Polypeptidbiosynthese gebunden ist (Sprinzl und Cramer 1973). Zu Cramers Schülern gehört Heinz Schaller (siehe unten), der nach seiner Doktorarbeit bei Cramer einige Jahre im Labor von H. Gobind Khorana in den USA verbrachte.

Walter Vielmetter, ein Mitarbeiter von Hans Friedrich-Freksa, untersuchte Ende der 1950er Jahre die Mutationsauslösung bei *E. coli* und klärte 1960 zusammen mit Heinz Schuster den Mechanismus (die Basenspezifität) der Mutationsauslösung durch Nitrit auf (Vielmetter und Schuster 1960). Im Jahr 1965 wurde Vielmetter von Georg Melchers für einen Lehrstuhl am Institut für Genetik in Köln empfohlen.²²⁷ Nach seiner Berufung veröffentlichte er 1973 zusammen mit Rainer Hohlfeld eine Arbeit, in der sie nachwies, dass die Replikation des ringförmigen Chromosoms bei Bakterien in beide Richtungen gleichzeitig erfolgt (Hohlfeld und Vielmetter 1973). Später konnte Vielmetter aus gesundheitlichen Gründen seine vielversprechende Forschung nicht fortsetzen.

Heinz Kohlhage aus Marburg, der Ende der 1950er Jahre längere Zeit als Forschungsstipendiat der DFG arbeitete, untersuchte die Hemmung der Virusvermehrung durch Nukleinsäuren. Weiterhin veröffentlichte Kohlhage mit Wolfram Zillig am Max-Planck-Institut für Biochemie in München ab 1961 mehrere Arbeiten zur

²²⁷ Brief von G. Melchers an J. Straub vom 17.07.1965, Archiv der Max-Planck-Gesellschaft, Abt III, Rep. 75, Nr. 22.

spezifischen Partialhydrolyse von Nukleinsäuren mit Hydroxylamin (Verwoerd et al 1961), eine Methode, die sie zur Sequenzanalyse vorschlugen. Im Anschluss wechselte er in die angewandte Forschung an tierischen Viren. Herbert Witzel ein Chemiker ebenfalls in Marburg studierte rein biochemisch die Enzymkinetik und den Reaktionsmechanismus der Ribonuklease. 1971 wechselte er an die Universität Münster.

Der Chemiker Hans Kössel verfasste seine Doktorarbeit bei Adolf Butenandt in München. Als Wissenschaftlicher Assistent von Wolfram Zillig am MPI für Biochemie in München untersuchte er die Wirkung verschiedener Salze auf Nukleinsäuren. Im Jahr 1964 wechselte Kössel als Wissenschaftler ans Institute for Enzyme Research der Universität Madison in den USA. Im Labor von Khorana begann Kössel seine Studien zur Synthese spezifischer Polynukleotide. Er arbeitete aber auch an Khoranas „Laborthemen“, der Aufklärung des genetischen Codes und der Termination der Proteinsynthese mit (Sitte 1997; Maier 1996). Im Jahr 1968 wurde Kössel auf Initiative von Carsten Bresch auf eine Professur nach Freiburg berufen und führte dort erfolgreich seine Studien zur Synthese von Oligo- und Polynukleotiden weiter. Mit den selbst entwickelten Methoden erstellte er die ersten DNA-Primer mit spezifischer Sequenz, die Frederick Sanger in einer Kollaboration für die Entwicklung seiner DNA-Sequenzanalyse einsetzte (Sanger et al 1973). Kössel war weltweit einer der ersten Wissenschaftler, die mit den Methoden der DNA-Sequenzbestimmung arbeiteten (Schwarz et al 1978). Er nutzte auch die Maxam-Gilbert-Methode. Ende der 70er Jahre wechselte er zum Mais als Versuchsobjekt. Hier klärte er erstmals eine pflanzliche DNA-Sequenz auf. In weiteren Sequenzstudien gelang die Aufklärung der DNA Sequenz eines DNA-Operons, später auch des gesamten Genoms von Mais-Chloroplasten (Koch et al 1981). Insbesondere die Hypothese der prokaryotischen Herkunft der Chloroplasten gilt als Kössels Verdienst (Sitte 1997; Schwarz und Kössel 1980). Weitere Studien aus Kössels Labor beschrieben die posttranskriptionale Modifikation der RNA in Chloroplasten (RNA- Editing) (Maier et al 1995).

Heinz Schaller, zuerst am Max-Planck-Institut in Tübingen, war in Heidelberg einer der Mitgründer des ZMBH (Zentrum für Molekulare Biologie an der Universität Heidelberg). Er war der Doktorvater der Nobelpreisträgerin von 1997 Christiane Nüsslein-Volhard und arbeitete zum Mechanismus der DNA-Replikation in *E. coli*. Während seiner Zeit im Labor von Khorana an der University of Wisconsin in Madison synthetisierte er

verschiedene sequenzdefinierte Polynukleotide (Schaller and Khorana 1963).²²⁸ Zurück am Max-Planck-Institut in Tübingen, identifizierte und charakterisierte Schaller zusammen mit Friedrich Bonhoeffer die DNA Polymerase III (Otto et al 1973). In Heidelberg wandte sich Schaller der Virologie zu, besonders der Forschung an Hepatitis B, wo er maßgeblich an der Entwicklung eines Impfstoffes beteiligt war. Die Hepatitis-B-Impfung ist seit Jahrzehnten in die Routineimpfempfehlungen vieler Länder integriert.

5.5 Proteinbiosynthese

Der Mikrobiologie August Rippel, Doktorvater von Thomas Trautner, an der Eiweissbildung in Bakterien mit chromatographischen Methoden (Bortels 1958). Maximilian Steiner in Bonn und Helmut Determann in Frankfurt untersuchten die Eiweißbiosynthese in Mikroorganismen mit chemischen Methoden. Determann ging 1971 in die Industrie und nahm eine führende Position bei der Firma Boehringer Mannheim an. Lilli Grein in Frankfurt erhielt 1957 eine Bewilligung der DFG für Untersuchungen zur biologischen Proteinsynthese bei dem Enzymforscher Gerhard Pfeleiderer (Trommer 2009). Mit Pfeleiderer veröffentlichte Lilli Grein chemische Untersuchungen zu Enzymen im Zellextrakt, ohne molekularbiologische Fragestellung. Pfeleiderer selbst Chemiker und Schüler von Richard Kuhn und Theodor Wieland arbeitete an Isoenzymen, die er als Professor in Frankfurt, Bochum und zuletzt Stuttgart weiterführte. Er stellte keinen Bezug zu molekularbiologischen Fragen her.

Zu den molekularbiologischen Forschungen zur Proteinbiosynthese gehören die folgenden: Hans Friedrich-Freksa am Max-Planck Institut für Virusforschung, ein TMV-Forscher und Mentor einiger späterer Molekularbiologen,²²⁹ untersuchte, gefördert von der DFG, den Eiweiß- und Nukleinsäuregehalt hauptsächlich von TMV. Die Bestandteile der Wirtszelle prüfte er auf ihren Einfluss auf den Vermehrungsvorgang der Viren und die Rolle von Ribonukleinsäuren in der Eiweißsynthese. Zusätzlich erforschte er die Proteinbiosynthese in Bakterien.

Eberhardt Weiler, der 1968 eine Professur in Konstanz erhielt, war Anfang der 1950er Jahre zu einem DFG-geförderten Aufenthalt in die USA (Philadelphia) gegangen, um

²²⁸Nachruf, Pressemeldung ZMBH, 15.04.2010. vgl. die Artikelserie u.a.Schaller und Khorana 1963

²²⁹Siehe auch Teilkapitel Virusforschung

die Beziehungen von Ribonukleinsäure zur Eiweißsynthese zu untersuchen. Nach seiner Rückkehr, 15 Jahre später, wandte er sich der Immunologie zu.

Der Austausch von Ribonukleinsäuren zwischen Zellkern und Zellplasma war das Forschungsthema von Christoph Scholtissek an der Universität Heidelberg Mitte der 1950er Jahre, welches er während eines Forschungsaufenthaltes in Italien (Neapel) weiterführte. Nach seiner Rückkehr war Scholtissek fünf Jahre lang bei Werner Schäfer am MPI für Virusforschung in Tübingen, bevor er 1964 eine Professur für Virusforschung in Gießen annahm und mehrere bedeutende Beiträge zur Aufklärung der Struktur und Wirkungsweise des Influenza-Virus leistete.

Heinrich Matthaei, der in Bonn bis Ende der 1950er Jahre zu botanischen Fragestellungen arbeitete, war bei seinem Aufenthalt im Labor von Marshall Nirenberg am NIH in Bethesda in den USA maßgeblich an der Aufklärung des genetischen Codes beteiligt (Rheinberger 2001b, S. 230-232).²³⁰ Er konnte zeigen, dass RNA bestehend und aus Uracil, in Polyphenylalanin translatiert wird. Da die Natur des genetischen Codes als nicht überlappendem Tripletcode bereits geklärt war, war damit das erste Codon (UUU) aufgeklärt. Im weiteren Verlauf seines Aufenthaltes am NIH kam es zu Spannungen mit Nirenberg, dennoch konnten sie im zellfreien System anhand von Polynucleotid-Templates weitere darin codierte (an Ribosomen gebundene) Aminosäuren nachweisen. Sie zeigten, dass der Code degeneriert ist, d.h. nicht nur genau ein Codon für eine Aminosäure codieren kann. Nach seiner Rückkehr nach Tübingen 1962 und als Gruppenleiter am zukünftigen MPI für Experimentelle Medizin in Göttingen führte Matthaei seine Forschungen zur Genexpression und Proteinbiosynthese mit zahlreichen Mitarbeitern u.a. Hans Günther Gassen, Ernst-Ulrich Hertel und Gernot Sander fort.²³¹ Während Nirenberg mit Philip Leder erfolgreich mit Hilfe eines Ribosomen-Bindungs-Assay weiterarbeitete, durch den sie für spezifische mRNAs die dazugehörige an tRNA gebundene Aminosäure finden konnten, hatte Matthaei keine weiteren Erfolge mehr bei der Aufklärung des Genetischen Codes. Insgesamt erhielt Matthaei von 1962 bis 1969 409186 DM Fördergelder von der DFG, davon 312076 DM aus dem Schwerpunktprogramm Molekulare Biologie.²³² Die konzeptionellen und methodischen Erfolge bei seiner

²³⁰siehe auch Kapitel 4. Die Arbeit von Nirenberg und Matthaei ist eine der 20 Arbeiten, die bei der Zitationsanalyse untersucht wurden.

²³¹ Aktennotiz, Archiv der DFG, Az. Ma 170

²³² Aktennotiz, Archiv der DFG, Az. Ma 170/3

anschließenden Arbeit zur Struktur der Ribosomen waren gering. Das einschneidende Erlebnis für Matthaei war nach eigenen Angaben, dass er 1968 nicht zusammen mit seinem ehemaligen Kollegen Nirenberg mit dem Nobelpreis ausgezeichnet worden war. Es folgten weitere persönliche Tiefschläge und eine Abkehr von der korrekten Wissenschaft (Grolle 2012). Ein Gutachter der DFG bezeichnete 1970 die Durchführung der von Matthaei geplanten Arbeiten zur Aufnahme von Botenstoffen in Neuronen als „utopisch“.²³³

Horst Kleinkauf, ein Mitarbeiter von Heinrich Matthaei in Göttingen, ging 1967 als Forschungsstipendiat zu Fritz Lipmann an die Rockefeller University in New York um den genauen Mechanismus der biologischen Peptidsynthese zu erforschen. Sein Hauptarbeitsgebiet dort und war nach seiner Rückkehr die Funktionsweise von Peptidantibiotika (Kleinkauf et al 1971, Schazschneider et al 1974). Er konnte die Funktionsweise mehrerer dieser Antibiotika aufklären. Kleinkauf wurde 1971 Professor für Biochemie an der TU Berlin.

Ein weiterer Tübinger Wissenschaftler, der Chemiker Hans Georg Zachau, hatte seine Doktorarbeit 1955 bei Adolf Butenandt am Max-Planck-Institut für Biochemie fertiggestellt. Er hatte Hexadienole synthetisiert, die er auf Hormonaktivität testete. Er erhoffte so Rückschlüsse auf die Struktur des Bombykols zu erhalten. Die Aufklärung der Bombykolstruktur gelang ihm nicht (Zachau 2000, S. 643) und auch während der anschließenden Zeit als Wissenschaftler im Labor von Butenandt, machte Zachau keine aufsehenerregenden Entdeckungen mehr auf dem Gebiet der Pheromone der Honigbiene und bei der Isolation der DNA von Pinienpollen (Zachau 2000, S. 643). Er selbst meinte, er hätte während der Zeit noch keinen Kontakt mit der „echten Biochemie“ gehabt. Zachau ging 1956 zuerst an das Massachusetts Institute of Technology zu J.C. Sheehan in die USA, wo er weiter in der Peptidchemie forschte. Danach wechselte er auf eigene Initiative zu Fritz Lipmann, der gerade von Boston an die Rockefeller University nach New York umzog. Zachau führte dort Studien an der später als trp-tRNA identifizierten Nukleinsäure durch und suchte das Bindeglied zwischen der Aminosäure und der mRNA bei der Proteinbiosynthese. Zurück an Butenandts Institut, das mittlerweile von Tübingen nach München umgezogen war, setzte Zachau 1958 seine Arbeiten an der tRNA fort. Drei Jahre später wurde er

²³³ Aktennotiz (1969/70), Archiv der DFG, Az. Ma 170/13.

Gruppenleiter am Institut für Genetik in Köln. 1966 gelang Zachau und seinen Mitarbeitern Dieter Dütting und Horst Feldmann die Aufklärung der Sequenz und Faltung der Serin-tRNA (Zachau et al 1966). Diese Entdeckung der korrekten Sequenz erfolgte ein Jahr nachdem Robert Holley 1965 (Nobelpreis 1968) die Struktur der Alanin-tRNA aufgeklärt hatte.²³⁴ Zachaus Aufklärung der Serin-tRNA wurde bisher 112 mal zitiert. Im Jahr 1967 nahm Zachau eine Professur für physiologische Chemie in München an (Zachau 2000, S. 650-652).

Guido Hartmann aus München, später in Würzburg, untersuchte ab Ende der 1950er Jahre den Einfluss der Nucleinsäuren auf die Proteinsynthese und später die RNA-Synthese. Der Zellbiologe Elmar Stöcker aus Würzburg nutzte autoradiographische Untersuchungen, um den Ort der RNA-Synthese zu bestimmen, den RNA-Migrationsprozess zu erfassen und die DNA- bzw. Proteinsyntheseorte zu vergleichen. Der Biochemiker Friedrich Klink aus Kiel untersuchte 1964 u.a. die Übertragung der Aminosäuren aus der Esterbindung mit der RNA in die Peptidbindung des Ribosomenproteins, den Mechanismus der Peptidknüpfung im aktiven Komplex aus Ribosom, mRNA, tRNA und enzymatischen Transferfaktoren.

Die Forschungsstipendiatin Maria-Regina Kula in München wollte wissen, wie die „Struktur der Aminosäuren“ durch die Nucleinsäuresequenz bei der Proteinsynthese bestimmt wird. Es ist anzunehmen, dass mit Aminosäurestruktur die Sequenz eines Peptids gemeint ist. Georg Rudolf Philipps ging mit einem Forschungsstipendium ans California Institute of Technology, um dort die Regulation der Proteinsynthese zu untersuchen. Vielzitierte Publikationen brachte die Forschung von Hartmann und den danach genannten Forschern nicht hervor.

Der am Botanischen Institut der LMU München promovierte August Böck zeigte 1962, dass bei *Penicillium funiculosum* unter kontrollierten Kulturbedingungen verschiedene Farbstoffe gebildet werden (Böck et al 1962). Als Professor ab 1971 in Regensburg und ab 1978 an der LMU München untersuchte er an der Proteinbiosynthese beteiligte Proteine und deren Wirkungsmechanismus. Er erforschte die Phenylalanin-sRNA-Synthetase (Böck und Neidhardt 1967) und konnte 1987 zeigen, dass das Codon UGA in *E. coli* sequenzabhängig entweder als Stoppsignal oder als Signal für den Einbau

²³⁴Zachau schreibt, dass die der alanin-tRNA-Struktur von Robert Holley 1975 noch leicht korrigiert werden im Gegensatz zu seinen Ergebnissen zur serin-tRNA (Zachau 2000, S. 649).

der mit Selen verbundenen Aminosäure Selenocystein in Selenoproteine gelesen wird (Zinoni et al 1987).

Hans Kröger in Freiburg arbeitete 1965 an der RNA-Synthese durch RNA-Polymerase. Später wurde er Leitender Direktor und Professor am Bundesgesundheitsamt und Direktor der Abteilung Biochemie am Robert-Koch-Institut. Günter Feix in Freiburg untersuchte Ende der 1960er Jahre die RNA-Polymerasereaktion von Virus-RNA. Feix war zu der Zeit Assistent bei Carsten Bresch. Zuvor war er als Wissenschaftler bei Severo Ochoa an der New York University gewesen (Feix et al 1967), wo er zusammen mit Charles Weissmann die Synthese der Phagen RNA in E.coli untersucht hatte. Feix wurde 1975 Professor für Pflanzengenetik in Freiburg.

Weitere von der DFG geförderte Projekte zur Proteinbiosynthese stammen von dem Mediziner Walter Keller, der 1968 die Rolle der tRNA bei der Proteinsynthese untersuchte. Walter Keller ging 1969 in die USA zuerst in das Labor von Gunter von Ehrenstein (Johns-Hopkins-University) und danach zu Norman Salzman nach Bethesda um die virologischen Methoden zur Aufklärung des Mechanismus der Proteinsynthese im zellfreien System zu erlernen. Keller blieb bis 1976 in den USA, hauptsächlich am CSHL und kam dann zurück auf eine Professur für Mikrobiologie in Heidelberg. 1980 wechselte er ans DKFZ und begann seine Untersuchungen zum Splicing von RNA.

Der Mediziner Gunter von Ehrenstein selbst hatte in Freiburg promoviert und war Mitarbeiter von Fritz Lipmann an der Rockefeller University in New York. Danach arbeitete von Ehrenstein als Molekularbiologe an der Johns-Hopkins-Universität in Baltimore. Von Ehrenstein hatte mit seinen Arbeiten zum Beweis der Adaptorhypothese der Proteinsynthese von natürlichen Proteinen auf sich aufmerksam gemacht (Ehrenstein et al 1963) und kehrte 1968 als wissenschaftliches Mitglied der Max-Planck-Gesellschaft und Leiter der Abteilung für Molekularbiologie am MPI für Experimentelle Medizin in Göttingen nach Deutschland zurück. Zu seinen Mitarbeitern gehörten Wolfram Ostertag und später Gisela Nass. In Göttingen begann er Ende der 1970er Jahre mit Arbeiten zur Entwicklungsbiologie von *C. elegans*. Von Ehrenstein verstarb 1980 im Alter von knapp 50 Jahren.

Der in diesem Kapitel schon öfter erwähnte Wolfram Zillig wurde 1960 erstmals von der DFG gefördert. Diese Förderung erhielt er für Versuche zum Mechanismus der Eiweissbiosynthese an zellfreien Systemen aus Bakterien (siehe auch Lewis 2002, S. 238-239). Zillig war von 1949 bis 1952 Doktorand bei Adolf Butenandt am Max-Planck-Institut für Biochemie (Pfeifer 2005). Als Wissenschaftlicher Assistent in der Abteilung für Virusforschung studierte er ab 1952 die Infektiösität von Nukleoproteinen des TMV (Schramm et al 1955). Hierzu entwickelte er die bis heute gebräuchliche „Phenol-Methode“ zur Trennung hochmolekularer RNA-Bestandteile von den Proteinbestandteilen während der Nukleinsäureaufreinigung. Zillig war ein Pionier in der Phagenforschung an dem Phagen Phi-X174. Eine seiner bekannten methodischen Arbeiten war die Entwicklung eines Systems zur zellfreien Proteinsynthese. Die Entdeckung hatte Zillig 1958 auf dem Internationalen Kongress für Biochemie vorgestellt und 1959 auf deutsch veröffentlicht (Schachtschnabel und Zillig 1959). Rheinberger führte die Tatsache, dass diese Arbeiten außerhalb Deutschlands nur wenig wahrgenommen wurde, auf deren Veröffentlichung in deutscher Sprache zurück (vgl. Rheinberger 2001b, S. 272). Eine Annahme, die meiner Meinung nach nicht ausschliesslich dafür verantwortlich war. Es könnten auch fehlende internationale Kontakte eine Rolle gespielt haben. Ab Mitte der 1960er Jahre veröffentlichte Zillig auch Arbeiten zur Struktur und Funktionsweise der DNA-abhängigen-RNA-Polymerase, von denen mehrere über 100 mal zitiert (Walter et al 1967). Er demonstrierte die Bildung des Präinitierungskomplexes und konnte das Enzym in seine Untereinheiten zerlegen und wieder rekonstituieren. Später arbeitete Zillig an der Transkription bei Archaeobakterien.

Ulf Henning war ein Schüler von Feodor Lynen am MPI für Zellchemie in München (Overath 2001, S. 877). Hier hatte er ab 1956 als Chemiker wesentliche Beiträge bei der Aufklärung der Biosynthese des Cholesterins und des Kautschuks geleistet. Im Jahr 1960 ging Henning an das Labor von Charles Yanofsky an die Stanford University. Yanofsky hatte einen Mitarbeiter gesucht, der sich auf Enzymaufreinigung und Charakterisierung verstand und lehrte Henning im Gegenzug die Methoden der Bakteriengenetik. In Weiterentwicklung der Ein-Gen-Ein-Enzym-Hypothese und zur Bestätigung von Cricks Sequenzhypothese untersuchten sie, ob „die lineare Sequenz von Nukleotiden in einem Gen die lineare Sequenz von Aminosäuren in einem Protein spezifiziert“ (Yanofsky et al 1964, S. 266). Als einen Nachweis beschrieben sie die

Colinearität der Gene durch die Analyse von Mutanten der Tryphophansynthetase. Zurück in München und ab 1963 am Institut für Genetik der Universität Köln beschäftigte Henning sich weiterhin mit der Regulation der Proteinbiosynthese. Im Jahr 1965 wurde er wissenschaftliches Mitglied der Max-Planck-Gesellschaft und Direktor am MPI für Biologie in Tübingen. Er untersuchte dort die genetische Kontrolle der Synthese von multifunktionellen Enzymkomplexen und den Aufbau von Zellmembranproteinen in *E. coli*.

5.6 Genregulation

Der Cytologe und Chromosomenforscher Wolfgang Beermann beschäftigte sich mit der Regulation der Gene (Hennig 2007, S. 454-455). Beermann verfasste seine Doktorarbeit am MPI für Meeresbiologie bei Hans Bauer und verbrachte 1952 ein Jahr am Karolinska Institut in Stockholm bei T. Caspersson. Ab 1958 wurde er einer der Direktoren am MPI für Biologie in Tübingen. Seine Forschungsobjekte waren die Larve der Zuckmücke *Chironomus* und die Fruchtfliege *Drosophila*. Er untersuchte die Struktur der polytären Riesenchromosomen und die der Riesenchromosomen von *Drosophila*. Er konnte in mikroskopischen Studien zeigen, dass die von Calvin Bridges beschriebenen Puffs (Balbani-Ringe) in den Riesenchromosomen in Zusammenhang mit einer erhöhten metabolischen Aktivität stehen. Die von T.H. Morgan 1934 aufgestellte Hypothese der Entwicklung infolge von differentieller Genaktivität, stützte Beermann 1952, indem er zeigte, dass verschiedenen Gewebetypen unterschiedliche Genaktivitätsmuster aufweisen (Fox Keller 2000, S. 76-80). Beermann folgerte aus seinen Versuchen, dass die differentielle Genaktivität der Grund für die Differenzierung von Zellen (in der Entwicklung) sei. Gene agieren nicht nur, sie werden spezifisch aktiviert (Beermann 1952 und 1956; Grossbach 2000, S. 1490). Beermanns Arbeiten wurden, obwohl sie bis Anfang der 1960er Jahre meist in deutscher Sprache verfasst waren, weltweit wahrgenommen. Er hatte ein international besetztes Labor und Kontakte zu führenden Molekularbiologen und Genetikern in der ganzen Welt. Weitere wichtige Beiträge leistete er zur Klärung der Funktion der Nucleoli in der Zelle (Beermann 1960). Ab den 1970er Jahren war Beermann durch eine Parkinsonerkrankung zunehmend in seiner Forschertätigkeit eingeschränkt (Hennig 2007).

Der Mediziner Peter Starlinger war während seines Studiums in Kiel durch Hans Netter mit der physiologischen Chemie in Kontakt gekommen (Starlinger 2005, S. 2). Zur Doktorarbeit wechselte er 1952 zu Adolf Butenandt ans Max-Planck-Institut für Biochemie in Tübingen. In der Virusgruppe am Max-Planck-Institut arbeitete Starlinger an seiner Doktorarbeit zusammen mit Hans Friedrich-Freksa und verglich die serologische Spezifität des Tabakmosaikvirus und seiner nukleinsäurefreien Derivate (Starlinger 1954). Nach vier Jahren in Tübingen wechselte er nach Köln, wo er einer der ersten Gruppenleiter, an dem noch in der Planung befindlichen Institut für Genetik war. Starlinger, der in Tübingen durch Fritz Kaudewitz zur Bakteriengenetik gekommen war (Starlinger und Kaudewitz 1956; Deichmann 2001, S. 450), begann 1959 in Köln nach seiner Rückkehr von einem einjährigen Aufenthalt am Caltech in den USA mit der Forschung am Galaktose Operon in *E. coli* (Starlinger 2005, S. 4). Er habilitierte sich 1960 in Köln mit einer Arbeit zur Bildung von Galaktokinase in *E. coli* nach Bakteriophageninfektion (Starlinger 1960). Sowohl seine Forschung zu Enzymsystemen unter der Kontrolle von neu in die Zelle eingeführten Genen, als auch die zur Untersuchung der Galaktokinasebildung in intakten Zellen und zellfreien Extrakten von *E. coli* wurde von der DFG gefördert.

Zusammen mit seinen Mitarbeitern Heinz Saedler und Elke Jordan veröffentlichte Starlinger 1968 eine Zusammenfassung ihrer Erkenntnisse über die Existenz von Insertions-Elementen in Galaktose-resistenten Mutanten in *E. coli* (Saedler 2007, S. 212). Sie hatten Mutanten im Gal-Operon untersucht (sogenannte Polareffektmutanten), denen nicht nur ein Teil, sondern die gesamte Aktivität des Operons abhanden gekommen war, ähnlich den O° -Mutanten von Jacob und Monod im lac-Operon. Diese Mutanten waren nicht durch Deletion oder Substitution entstanden. Saedler und Jordan konnten durch Messungen der DNA-Länge feststellen, dass es sich um zusätzliche DNA, also um Insertionen oder Duplikationen handeln musste (Jordan et al 1968), ein Ergebnis, das gleichzeitig von der Gruppe um James Shapiro in den USA publiziert wurde. Ein weiterer Doktorand von Starlinger, Georg Michaelis, schloss die Duplikation als Herkunft der zusätzlichen DNA aus (Michaelis et al 1969). Starlinger schlug vor, die gefundenen transposablen Elemente IS-Elemente zu nennen, ein Begriff, der bis heute gebräuchlich ist (Hirsch et al 1972). Im folgenden wandte Starlinger seine Forschung den IS-Elementen in Pflanzen zu, hier vor allem dem Mais, in dem die Transposition erstmals durch Barbara McClintock beschrieben worden war.

Saedler wurde später Wissenschaftliches Mitglied der Max-Planck-Gesellschaft und einer der Direktoren am MPI für Pflanzenzüchtungsforschung; auch er setzte seine Arbeit an den IS-Elementen fort. Barbara McClintock erhielt für ihre Entdeckung der mobilen genetischen Elemente 1983 den Nobelpreis für Medizin.

Ekkehard Bautz war seit den 1950er Jahren am Department of Genetics an der University of Wisconsin in Madison und beendete dort 1961 seine Doktorarbeit. Er hatte mit seiner Schwester Elisabeth Bautz und Ernst Freese zusammengearbeitet. Nach einer Zwischenstation in Illinois 1963 kam er als Assistant Professor an die Rutgers University. Im Jahr 1970 kehrte Bautz nach Deutschland zurück und nahm einen Lehrstuhl für Molekulare Genetik an der Universität Heidelberg an. Bautz hatte an der Rutgers University die Aktivität der RNA-Polymerase in Phagen untersucht. Mit seinen Kollegen beschrieb er verschiedene Faktoren, die für deren Regulation zuständig sind (Burgess et al 1969; Dunn und Bautz 1969; ohne Verfasserangabe 1971 und 1970). Ende der 1970er Jahre war er involviert in die Gründung des ZMBH in Heidelberg.

Ein weiterer Molekularbiologe in Heidelberg war der Chemiker Hermann Bujard. Er hatte nach seiner Promotion in Göttingen fünf Jahre als NIH-Postdoctoral-Fellow an der Universität von Wisconsin in Madison und als Assistant Professor am Southwest Center for Advanced Studies an der University of Texas in Dallas in den USA geforscht. Im Jahr 1970 kam er zurück nach Deutschland und wurde Professor für Molekulare Genetik an der Universität Heidelberg. Nach einer kurzen Periode in der industriellen Forschung übernahm er 1986 eine Direktorenstelle am ZMBH in Heidelberg. Bujard leistete nach 1975 wichtige Beiträge zur Aufklärung immunologischer Aspekte des Infektionsvorganges bei Malaria.

Benno Müller-Hill wurde als Chemiker im Jahr 1962 bei Kurt Wallenfels an der Universität Freiburg mit einer Arbeit über die Erforschung der Funktion von Alkoholdehydrogenase aus Bäckerhefe und beta-Galaktosidase aus *E. coli* promoviert. Eine Kooperation von Wallenfels mit dem US-Amerikaner Howard Rickenberg brachte Müller-Hill, finanziert durch einen NATO-Grant, an die University of Indiana in Bloomington in den USA, wo er testen sollte, ob die beta-Galaktosidase identisch ist mit der lac-Permease (Müller-Hill 1996, S. 96). In Bloomington begann er auch mit Versuchen zur Identifizierung des lac-Repressors, welche er nach dem Ende der

NATO-Finanzierung in der Gruppe von James D. Watson und Walter Gilbert an der Harvard University fortsetzte.

Im Jahr 1966 fand er mit Walter Gilbert eine Mutante, die den Induktor des lac-Repressors besser binden konnte als der E.coli-Wildtyp. Diese Mutante nutzten sie für einen in-vitro Test und identifizierten das gesuchte Protein, den lac-Repressor. Wenig später fanden sie eine weitere E. coli-Mutante, die den lac-Repressor überexprimierte. Das nun in größeren Mengen verfügbare Protein konnte von da an immer eingehender untersucht werden (Müller-Hill 2007, S. 198; vgl. Müller-Hill 2001). Im Jahr 1967 erhielt Müller-Hill ein Angebot für einen Lehrstuhl an der Universität zu Köln, welches er ohne weitere Verhandlungen akzeptierte. So wechselte er 1968 an das Institut für Genetik der Universität zu Köln. Er untersuchte weiterhin die Regulation des lac-Operons, wobei im Labor auch Versuche zum trp-Repressor und anderen Systemen der Genregulation gemacht wurden. Es folgte 1973 die Sequenzierung des lac-Repressors, die bereits weiter oben im Teilkapitel Proteinstrukturforschung bei Konrad Beyreuther beschreiben wurde und 1977 die ebenfalls weiter oben beschriebene Umwandlung der DNA des M13 Phagen in einen Vektor, der Teile des lac-Operon integriert hatte. Diese Arbeit erfolgte in Kooperation mit Peter Hans Hofschneider (Messing et al 1977). Müller-Hill blieb seinem Forschungsthema während seiner gesamten Karriere treu. In den 1980er Jahren machte Müller-Hill mit seinem Buch *Tödliche Wissenschaft* (1984) den Beginn zur Untersuchung und kritischen Reflektion über die Rolle der Wissenschaft (insbesondere der Humangenetik) in der NS-Zeit.

Klaus Hermann aus Freiburg untersuchte ab Mitte der 1960er Jahre die Genregulation in E. coli am lac- und gal-Operon.

Peter Overath, ein Chemiker und Schüler von Feodor Lynen aus München hatte von 1966 bis 1973 einen Forschungsaufenthalt bei Paul K. Stumpf an der University of California in Davis verbracht. Nach seiner Rückkehr nach Deutschland als Gruppenleiter am Institut für Genetik in Köln erforschte er den Abbau von Fettsäuren und die Struktur und Funktion von Phospholipiden in biologischen Membranen sowie die Regulation von Operongenen in E. coli (Wenkel und Deichmann 2007, S. 301). Diese Arbeiten zu biologischen Membranen wurden international viel zitiert.²³⁵ Ab 1973 war Overath einer der Direktoren am MPI für Biologie in Tübingen.

²³⁵ Brief von 24.11.1972? Salvador Luria an Otto Westphal, Archives of the APS, Salvador Luria Papers Correspondence.

5.7 Pilzgenetik

Die Forschung an *Neurospora* hatte in den USA 1941 zur „Ein-Gen-Ein-Enzym Hypothese“ geführt. George Beadle und Edward Tatum konnten an einem mutierten Stamm von *Neurospora crassa* zeigen, dass genau eine chemische Reaktion bei der Fähigkeit Pyridoxine zu bilden von genau einem Gen verursacht worden war (Beadle und Tatum 1941). Norman Horowitz formulierte daraus einige Jahre später die genannte Hypothese (Fruton 1999, S. 433f). In Deutschland wurden der Botaniker Hans Marquardt und seine Mitarbeiterin Elisabeth Bautz aus Freiburg ab 1952 mit einem Antrag zu zytogenetischen Untersuchungen von Hefen und *Neurospora* gefördert. Bautz, die Schwester von Ekkehard Bautz, ging 1955 nach Pasadena in die USA und später nach Wisconsin (siehe Ekkehard Bautz).²³⁶ Hermann Rauen am Physiologisch-Chemischen Institut der Universität Münster arbeitete 1956 zur Entwicklung eines Proteintrennungsverfahrens mit Hilfe verschiedener Mutanten von *Neurospora*. Später trug er zusammen mit Walter und Helga Kersten zur Aufklärung des Wirkungsmechanismus von Actinomycin durch Wachstumsinhibierungsversuche mit DNA und RNA bei (Kersten et al 1960). Das Ehepaar Helga und Walter Kersten, beide Schüler des Organischen Chemikers und Nobelpreisträgers Hermann Staudinger untersuchten ab Mitte der 1960er Jahre den Einfluss von Antibiotika/ Inhibitoren auf die Proteinbiosynthese. Ab 1969 wurden beide Professoren für Biochemie an der Universität Erlangen Nürnberg.

Hans-Joachim Bogen in Braunschweig wurde von der DFG ab 1960 gefördert für ein Projekt zum Protein- und Nukleinsäurestoffwechsel in Hefen.

Nach einem Forschungsaufenthalt an der Yale University kehrte Karl Esser, der zuvor in Köln in Pilzgenetik geforscht hatte, dorthin zurück und setzte diese Arbeiten fort. In Köln untersuchte er anhand biochemischer Messungen und mit Kreuzungsversuchen die Enzymphysiologie bei Ascomyceten vorrangig bei *Podospora serina*. Als Lehrstuhlinhaber für Allgemeine Botanik in Bochum erforschte er später den Einfluss von Strukturgenen und Regulationsgenen auf die Enzymsynthese (Esser 1968). Diese Arbeiten hatten wenig molekularbiologischen Bezug.

Herbert Gutz, ein Mitarbeiter von H. Drawert hatte eine Methode gefunden Einzelsporen der Hefe in großen Mengen zu isolieren. Von dieser Methode zeigte sich Max Delbrück sehr beeindruckt. Gutz erhielt Förderung zu einem Forschungsaufenthalt

²³⁶ Aktennotiz, Archiv der DFG, Az. Ba 55

in der Schweiz bei Leupold um dort zur Auslösung und Verhalten von Adeninmutanten zu arbeiten. 1968 wanderte Gutz in die USA aus.²³⁷ Wolfgang Laskowski ein ehemaliger Mitarbeiter von Boris Ephrussi in Paris und Roman Herschel in Seattle später in Berlin (Kunz und Hannawalt 1999)²³⁸ und auch Ilse Müller untersuchten strahleninduzierte genetische Schädigungen in Hefen. Ekkehard Winterfeldt in Berlin untersuchte mitochondriale Nukleinsäuren und den Mechanismus der DNA-Synthese in *S. cerevisiae*.

5.8 Exkurs: Molekulare Immunologie

Die Immunologen Klaus Rajewsky und Fritz Melchers, welche in früheren Kapiteln wegen Ihrer Zugehörigkeit zum Institut für Genetik an der Universität zu Köln erwähnt wurden, leisteten beide wesentliche Beiträge zur molekularen Immunologie und deren Methodik und konnten dennoch keinem der Themengebiete der molekularbiologischen Grundlagenforschung zugeordnet werden. Melchers, ein Doktorand von Hans-Georg Zachau, arbeitete Anfang der 1960er Jahre mit bei der Aufklärung der Struktur der tRNA, bis zu seiner Promotion war die Struktur aber noch nicht ganz vollständig geklärt (Melchers und Zachau 1964). Er war auf Vermittlung Delbrücks zu Zachau gekommen und stand auch später im Kontakt mit Delbrück, auf dessen Vermittlung er zu Ed Lennox ans Salk Institute in den USA ging und der auch den Kontakt mit dem Immunologen Niels Jerne herstellte (Melchers 2007, S. 117-121). Melchers war ab 1970 am Institute für Immunologie in Basel, das Jerne leitete. Nach Jernes Weggang war Melchers ab 1980 Institutsdirektor. Melchers erster Doktorand war Georges Koehler. Jerne und Koehler erhielten zusammen mit César Milstein 1984 den Nobelpreis für Medizin. Jerne bekam den Preis für seine Theorien zur Kontrolle und Spezifität des Immunsystems; Koehler und Milstein wurden für die Entwicklung der Hybridoma-Technik zur Produktion monoklonaler Antikörper. Melchers wissenschaftliche Arbeit beinhaltete herausragende Beiträge zur Untersuchung der Funktion und Bildung von B-Lymphozyten in verschiedenen Spezies.

Der Mediziner und Immunologe Klaus Rajewsky (vgl. Rajewsky 2007, und Rajewsky 2013) beendete sein Studium 1961 in Frankfurt am Main und ging dann zu einem Forschungsaufenthalt ans Institut Pasteur nach Paris. Er forschte dort als promovierter

²³⁷ Förderakte, Archiv der DFG, Az. Gu 48

²³⁸ Förderakte, Archiv der DFG, Az. Gu 48

Mediziner in der Gruppe von Pierre Grabar weiterhin zum Thema seiner Doktorarbeit, dem „Vergleich der Primärstrukturen multipler und differenter Lactatdehydrogenasen“. Bei dem Immunologen Grabar lernte Rajewsky den damaligen Stand der Antikörperforschung kennen, außerdem besuchte er am Institut Seminare der Molekulargenetiker Jacob und Monod. Im Jahr 1964 nahm Rajewsky eine Stelle in der Gruppe von Ulf Henning am Institut für Genetik der Universität Köln an. Er versuchte in Köln durch Immunisierungsversuche an Kaninchen das damalige Verständnis der Antigenreaktion zu vertiefen, Versuche während deren Verlauf er eine freundschaftliche Verbindung mit dem in Frankfurt tätigen Niels Jerne knüpfte. Im Jahr 1969 veröffentlichte Rajewsky mit Jerne eine Arbeit, in der sie die aus vorangegangenen Versuchen vermutete Notwendigkeit der Verbindung zwischen Hapten und dem sogenannten Carrier bei der Immunantwort bestätigten. Zwischenzeitlich hatte Ulf Henning das Kölner Institut verlassen und Rajewsky wurde offiziell als Abteilungsleiter ans Institut berufen, wo er ab Anfang der 1970er Jahre eine sehr erfolgreiche und international bekannte Arbeitsgruppe etablierte. Mitte der 1990er Jahre wurde in seinem Labor das Cre/loxP-System zur Herstellung von Knockout-Mäusen gefunden, eine Technik, die die Säugetiergenetik revolutionierte. Rajewsky selbst blieb bis zum Jahr 2000 in Köln und wechselte nach seiner Pensionierung an die Harvard University Medical School.

6. Zusammenfassung und Ausblick

Die Molekularisierung der Biologie seit dem zweiten Drittel des 20. Jahrhunderts hatte immense, bis heute andauernde Auswirkungen auf die Forschung. Durch die Entwicklung neuer Methoden und die Etablierung neuer Modellorganismen gelang es innerhalb weniger Jahrzehnte, die klassische Genetik, Mikrobiologie, Makromolekulare Chemie und Stoffwechselbiochemie miteinander in Verbindung zu bringen. In Deutschland war die Forschung nach 1945 viele Jahre lang geprägt von den Nachwirkungen der NS-Zeit und des Zweiten Weltkriegs, dem Wiederaufbau und der Gründung von Instituten sowie großen Anstrengungen einzelner Wissenschaftler bei der Etablierung neuer Gebiete, wie dem der Molekularbiologie.

Nach 1945 hatte die Forschung in Deutschland insbesondere auch mit dem Personal- und Wissensverlust durch die Vertreibung von jüdischen Wissenschaftlern zu kämpfen. Darüber hinaus fehlten internationale Kontakte und es gab eine partielle Isolation der deutschen Forscher mit dem Ergebnis, dass deutsche Wissenschaftler mangelnden Zugang zur internationalen „Scientific Community“ hatten. Innerhalb Deutschlands wirkten starre Strukturen an den deutschen Universitäten der Etablierung von interdisziplinären Gebieten entgegen.

Erst ab den 1960er Jahren wurde diesen Gegebenheiten durch enorme wissenschaftspolitische und finanzielle Anstrengungen mit gezielter Förderung von Institutsgründungen entgegengewirkt. Durch die Bemühungen von einzelnen Personen wurden die strukturellen Gegebenheiten soweit verändert, dass die biologische Forschung auf molekularer Ebene Fuss fassen konnte.

Erschwert wurde die gezielte Förderung an den Universitäten durch ein unflexibles hierarchisches System mit großen vom ordentlichen Professor geleiteten Lehrstühlen und Instituten, an denen eine wissenschaftliche Neuorientierung nicht ohne weiteres möglich war. Selbständige dem Lehrstuhlinhaber untergeordnete Gruppen, die ihre Forschungsthemen flexibel eigenständig bestimmten, gab es kaum. Erste Fortschritte bei der Etablierung der Molekularbiologie an den Universitäten stellten sich nach mehrfacher „Analyse der Lage der Biologie“, internationalem Druck durch Erfolgsmeldungen aus dem Ausland und den Empfehlungen des Wissenschaftsrats zur Umstrukturierung der Forschung an Universitäten ein. Als erstes rein molekularbiologisch ausgerichtetes universitäres Forschungsinstitut wurde das Institut

für Genetik an der Universität zu Köln Anfang der 1960er Jahre gegründet. In Köln und im weiteren Verlauf an anderen Universitäten in Deutschland war das Engagement des Physikers und Molekularbiologen Max Delbrück von besonderer Bedeutung, Delbrücks Auftreten wirkte an vielen Stellen neu, öffentlichkeitswirksam und bürokratieabbauend. Sein Charisma war anziehend für junge Wissenschaftler und ermutigte diese die Molekularbiologie in Deutschland voranzutreiben. Entscheidend für den Erfolg des Kölner Instituts waren dessen internationale Ausrichtung, die Bekanntheit des Gründers Max Delbrück und dadurch auch der früh entstandene weltweit gute Ruf des Instituts, die Phagenkurse und das daraus entstandene Cologne Spring Meeting sowie die weltweit anerkannten Forschung der Kölner Wissenschaftler.

Im weiteren Verlauf auch aus Weitsicht der Wissenschaftsakteure auf der Verwaltungsebene, wurden neben der Zoologie und der Botanik weitere biologische Institute an Universitäten eingerichtet. Es folgten innerhalb eines Jahrzehnts Professuren und Lehrstühle für Genetik bzw. Mikrobiologie an den meisten deutschen Universitäten. Die Neugründung von Lehrstühlen ging aber weiterhin nicht mit einer Änderung der Organisationsstruktur der Universitäten einher.

An den Max-Planck-Instituten waren die Abteilungen ebenfalls hierarchisch aufgebaut, hier spielten andere Faktoren für die Entwicklung der Forschung eine Rolle, so z.B. Persönlichkeit und Interesse des Abteilungsdirektors am jeweiligen Institut, die insgesamt großzügigere Finanzierung der Forschung und die fehlende Lehrverpflichtung.

Seit Beginn der 1960er Jahre machte sich in Deutschland die vermehrte Förderung der molekularbiologischen Forschung bemerkbar, wobei hier drei Förderstrategien eine besondere Rolle spielten. Zuerst die gezielte projektbezogene Förderung von Einzelvorhaben innerhalb des Normalverfahrens oder eines Schwerpunktprogrammes der DFG. Zum zweiten die Förderung von Einzelvorhaben und Gründungsprojekten durch die Volkswagenstiftung und zum dritten die Vergabe von Auslandsstipendien an junge Wissenschaftler durch die DFG und andere Geldgeber. Diese jungen Wissenschaftler sollten die Techniken der molekularen Mikroben- und Phagen-genetik im Ausland erlernen. Es wurden immer mehr Stellen geschaffen, interdisziplinäre Projekte gefördert und die deutschen Wissenschaftler vermehrt in die internationale Gemeinschaft integriert.

In Deutschland waren es wenige Wissenschaftler, die wichtige Beiträge zum Fachgebiet leisteten. Etwa 25% der Projekte, die durch die DFG im Schwerpunktprogramm Molekularbiologie gefördert wurden, waren fachfremd und nicht auf die Molekularbiologie bezogen.

Eine Gemeinsamkeit der erfolgreichen Wissenschaftler fand sich darin, dass diese zumeist einen Teil Ihrer Ausbildung im Ausland erhalten hatten, wo sie meist nach der Promotion die Techniken der Molekularen Genetik erlernten und Auslandskontakte etablierten. Sie konnten so die internationale Isolation der deutschen Forscher nach dem Zweiten Weltkrieg aufheben. Von den in Kapitel 5 untersuchten Wissenschaftlern ist von mehr als 60% bekannt, dass sie einen Auslandsaufenthalt, meist in den USA, absolviert haben. Diese Zahl trifft nicht auf das Teilgebiet der Proteinstrukturforschung zu. Hier waren es weniger als 40% der untersuchten Wissenschaftler, die zum Erlernen neuer Techniken ins Ausland gingen. Mehrere der untersuchten Forscher verbrachten einen Aufenthalt am California Institute of Technology, wo sie entweder im Labor von Max Delbrück oder an einer durch ihn vermittelten Stelle arbeiteten. Ein weiteres Ziel für Auslandsaufenthalte in den USA war das Southwest Center for Advanced Studies in Dallas, bei dessen Gründung Mitte der 1960er Jahre mehrere deutsche Forscher eine Anstellung fanden. Unter anderem waren dies einige der unter der ungewissen Zukunft des Kölner Institut für Genetik leidenden Wissenschaftler, wie Carsten Bresch und Walter Harm. Bei den Nukleinsäurebiochemikern trat das Labor von H. Gobind Khorana mehrfach als Aufenthaltsort in Erscheinung. So verbrachten Hans Kössel und der Schüler von Friedrich Cramer, Heinz Schaller, dort ihre Auslandsaufenthalte. Ein geringer Anteil der untersuchten Wissenschaftler (ungefähr 5%) fand in den USA eine permanente Anstellung und kam nicht mehr nach Deutschland zurück.

Eine weitere Gemeinsamkeit der erfolgreichen Wissenschaftler war, dass diese oft einen Teil ihrer Karriere an den biologischen und biochemischen Instituten der Max-Planck-Gesellschaft in Tübingen, am Max-Planck-Institut für Biochemie in München oder am Institut für Genetik in Köln verbracht hatten, den „Keimzellen“ des Forschungsgebiets in Deutschland.

Lehre auf dem Gebiet der Molekularbiologie fand bis Anfang der 1960er Jahre an den Hochschulen in Deutschland kaum statt. Es gab noch keine Lehrbücher und an vielen

Universitäten kein qualifiziertes Personal. Hinzu kam, dass in den Curricula der Botanik und Zoologie das interdisziplinäre Forschungsgebiet nur schwer einzuordnen war. Die Wissenschaftler an den Max-Planck-Instituten waren nicht verpflichtet ihre Kenntnisse in der universitären Lehre an Studenten und Kollegen weiterzugeben.

Erst als die erste Generation der Molekularbiologen Anfang der 1960er Jahre aus dem Ausland zurückkehrte bzw. die Möglichkeit bestand einen der seit 1961 regelmäßig stattfindenden Phagenkurse in Köln zu besuchen, breiteten sich die neuen Methoden der Phagen- und Mikrobengenetik in Deutschland aus.

Die Betrachtung der inhaltlichen Entwicklung molekularbiologischer Forschung im Nachkriegsdeutschland zeigt an vielen Stellen Übereinstimmung mit den Ergebnissen der Analyse von Förderung und Institutionalisierung auf.

Der internationale Vergleich anhand einer Zitationsanalyse bestätigte die Führungsrolle der USA bei der molekularbiologischen Forschung. Für die europäischen Länder Frankreich, Großbritannien und Deutschland wurde eine Kontinuität bei der Weiterführung von vor dem Zweiten Weltkrieg entstandenen Forschungsgebieten gefunden. In Frankreich war dies die Bakteriengenetik. In dem Teilgebiet stammten fast doppelt so viele Zitate aus Frankreich als in der Strukturforschung an Makromolekülen oder dem genetischen Code. In England ist die Strukturforschung an biologischen Makromolekülen traditionell stark vertreten, was sich auch in den 13% bzw. 21% Anteilen an den Zitaten für die DNA- und Proteinstrukturforschung zeigt. Die Ergebnisse der Bakterien- und Phagengenetik hingegen wurden in England nicht so häufig aufgegriffen, obwohl einer der Pioniere der Bakteriengenetik, William Hayes, in Großbritannien forschte.

In Deutschland wurden frühe Veröffentlichungen fast ausschließlich von Gruppen aufgegriffen, welche biochemische oder chemische Methoden anwendeten. Oft waren die zitierenden Publikationen Übersichtsartikel oder Arbeiten aus einem anderen Themengebiet. Ein Schwerpunkt lag auf der Proteinstrukturforschung, einem seit den Proteinarbeiten Emil Fischers verbreiteten Forschungsgebiet in der Chemie bzw. Biochemie in Deutschland. Bereits ab Ende der 1940er Jahre wurden die Arbeiten aus der Proteinstrukturforschung in Deutschland überdurchschnittlich stark zitiert. Für die Themengebiete außerhalb der Proteinstrukturforschung steigen die Zitzahlen ab den 1960er Jahren in Deutschland an. Die wissenschaftspolitischen Bemühungen die

molekularbiologische Forschung in Deutschland zu etablieren und dadurch auch die Rückkehr von deutschen Wissenschaftlern nach einem Auslandsaufenthalt führten zu mehr Zitat aus Deutschland Ab den 1970er Jahren wurden die molekulargenetischen Methoden auch in der medizinischen Forschung genutzt und so die ist Klassifizierung in einzelne Teilgebiete immer schwerer möglich.

Im einzelnen zeigte sich in den untersuchten Teilgebieten folgendes Bild: In der Phagenforschung in Deutschland war es zuerst der Physiker Carsten Bresch, der, betreut von Max Delbrück, bereits 1946 mit der Phagen als Versuchsobjekt arbeitete. Ende der 1949er kam Wolfhard Weidel, ein Chemiker, nach einem von Max Delbrück vermittelten Aufenthalt am California Institute of Technology wieder nach Deutschland zurück - er wurde Gruppenleiter am Max-Planck-Institut in Tübingen. Auch Reinhard Kaplan konnte in Frankfurt eine erfolgreiche Schule für die Phagen- und Bakterienforschung etablieren. Später fand die Phagenforschung von Hartmut Hofmann-Berling und Peter-Hans Hofschneider weltweite Beachtung.

In der Proteinstrukturforschung bereitete Gerhard Braunitzer den Weg mit seiner Erforschung der Primärstruktur von Proteinen und den dabei entwickelten Methoden. Seine Forschung ist einer der bedeutendsten Beiträge der Molekularbiologie, die in Deutschland entstanden sind und nicht in der Weiterentwicklung von amerikanischer Forschung bestand. Seine Schüler z.B. Norbert Hilschmann, Brigitte Wittmann-Liebold und Konrad Beyreuther trugen unter Weiterentwicklung von Braunitzers Methoden anschließend sehr erfolgreich zur Klärung verschiedener Fragestellungen der Immunogenetik, des Genetischen Codes und der Medizinischen Forschung bei. Klaus Weber, ein Rückkehrer aus den USA und seine Ehefrau waren Pioniere mit der Entwicklung bahnbrechender Methoden zur Proteinaufreinigung und deren zellulären Lokalisierung.

In der Virusgenetik wurde die Grundlagenforschung am Tabakmosaikvirus fortgesetzt. An den Max-Planck-Instituten in Tübingen leistete eine grössere Gruppe von TMV-Forschern u.a. Gerhard Schramm und Alfred Gierer damit Pionierarbeit in der Molekularbiologie in Deutschland. Weitere erfolgreiche Ansätze in der Forschung mit anderen Viren etablierten nach Deutschland zurückgekehrte Wissenschaftler, wie z.B. die Mediziner Harald zur Hausen und Walter Doerfler.

Bei der Erforschung der Genstruktur und deren Regulation leisteten Benno Müller-Hill und Peter Starlinger am Institut für Genetik in Köln, Heinz Schaller in Heidelberg, Hans

Kössel in Freiburg und Wolfgang Beermann in Tübingen grundlegende Beiträge. Georg Zachau und Wolfram Zillig waren maßgeblich an der Aufklärung von Mechanismen der Proteinbiosynthese beteiligt.

Etwa seit den 1970er Jahren begann eine neue Phase der Molekularbiologie. Während bis dahin die Verwendung möglichst einfacher Organismen und Systeme, wie Bakterien und Viren, zur Aufklärung vieler grundlegender biologischer Probleme, darunter der der Natur, Replikation und Wirkung der Gene führte, wurden komplexe Phänomene, Eukaryonten betreffend, weitgehend ausgeklammert. Ein Beispiel ist die Immunologie. Hier trug molekularbiologische Forschung entscheidend zum Fortschritt der Forschung bei, die umgekehrt die Molekularbiologie vor neue Herausforderungen stellte. Zu den Forschern, die in Deutschland maßgeblich zur Entwicklung der Immunogenetik beitrugen, gehören Norbert Hilschmann, Klaus Rajewsky und Fritz Melchers.

Ähnlich reziproke Beziehungen finden seit Ende des 20. Jahrhunderts auch auf anderen komplexen Gebieten statt, insbesondere der Entwicklungsgenetik, Systembiologie und experimentellen Evolutionsforschung. Die molekularbiologische Forschung scheint in veränderter Form auch in Zukunft ihre zentrale Stellung in der Biologie nicht einzubüßen.

7. Danksagung

Mein besonderer Dank gilt meiner Doktormutter Frau Prof. Dr. Ute Deichmann für die herzliche Aufnahme als Doktorandin, das interessante Thema, die vielen anregenden Diskussionen und für die stete und engagierte Unterstützung, ohne die die Fertigstellung dieser Arbeit nicht möglich gewesen wäre. Unendlichen Dank auch für die geduldige Aufmunterung und die zuvorkommende Gastfreundschaft.

Herrn Prof. Dr. Thomas Wiehe und Herrn Prof. Dr. Siegfried Roth danke dafür, dass Sie das Zweitgutachten bzw. den Prüfungsvorsitz übernommen haben.

Für die interessanten Gespräche, Ratschläge und seine vielen Erzählungen danke ich Herrn Prof. Dr. Benno Müller-Hill, der meine Arbeit besonders am Anfang mit großem Interesse begleitet hat. Außerdem danke ich allen Personen, die mir die Möglichkeit zu einem persönlichen Gespräch oder Interview gegeben haben und mit denen ich im Rahmen der Vorbereitung der Tagung zur Institutsgeschichte korrespondiert habe.

Von Frau Prof. Dr. Maria Leptin und Herrn Prof. Dr. Jonathan Howard habe ich bei der Organisation der Tagung zur Geschichte des Instituts für Genetik sehr viel gelernt.

Frau Prof. Dr. Londa Schiebinger danke ich für die Aufnahme als Gastdoktorandin an der Stanford University und den Zugang zu den umfangreichen Bibliotheken.

Für Ihre stete Hilfsbereitschaft in jeder Hinsicht und Ihr offenes Ohr für meine Anliegen danke ich Frau Dr. Brigitte Kisters-Woike, Herrn Dr. Matthias Cramer, Herrn Prof. Dr. Boerries Kemper und allen Kollegen und Freunden am Institut.

Den freundlichen Mitarbeitern der verschiedensten Archive und Bibliotheken danke ich Ihre Hilfe bei der Materialsuche.

Mein größter persönlicher Dank gilt meinen Eltern. Sie haben mich allzeit vorbehaltlos unterstützt, gefördert und mir jede nur erdenkliche Hilfe zukommen lassen.

Von ganzem Herzen danke ich meiner Oma und meinen Söhnen Jan und Niels, die immer an mich glaubten und meinen Lehrern Herrn Uwe Ulrichs und Herrn Fritz Mattes ohne deren Begeisterung ich nicht zur Biologie bzw. Geschichte gefunden hätte.

Und schließlich danke ich meinem lieben Mann Stephan dafür, dass er immer für mich da ist, mir zur Seite steht und mich in allen Lebenslagen unterstützt und begleitet.

8. Quellen

Archivmaterialien

American Philosophical Society (APS), Philadelphia

Nachlässe von Erwin Chargaff, Salvador Luria, Robert Olby

Archiv des Instituts für Genetik in Köln

Zusammenstellung von Unterlagen zur Geschichte des Instituts

Archiv der Deutschen Forschungsgemeinschaft, Bonn

Förderakten zahlreicher Wissenschaftler bis 1975

Archiv der Max-Planck-Gesellschaft

Institutsakten von Max-Planck-Instituten, Nachlässe von Karl-Friedrich

Bonhoeffer, Hans Friedrich-Freksa, Georg Melchers, Gerhard Schramm,

Wolfhard Weidel

Bundesarchiv Koblenz

Aktenzeichen B227, Deutsche Forschungsgemeinschaft Landesarchiv

Kölner Universitätsarchiv

Diverse Akten aus dem Institut für Botanik, Nachlass Joseph Straub, Institut für Genetik

Landesarchiv Nordrhein-Westfalen - Hauptstaatsarchiv Düsseldorf

Akten zum Institut für Genetik in Köln und Personalvorgang Delbrück

National Library of Medicine Archives, Bethesda

Nachlässe von Joshua Lederberg und Michael Heidelberger

Stanford University Archives

Nachlässe von Paul Berg und Arthur Kornberg, California Institute of Technology

Archives, Pasadena

Nachlass und Oral History von Max Delbrück

Berichte

Jahresberichte der Notgemeinschaft der deutschen Wissenschaft

Jahresberichte der Deutschen Forschungsgemeinschaft

Jahresberichte der Fritz-Thyssen-Stiftung

Jahresberichte der Alexander-von-Humboldt-Stiftung

Vorlesungsverzeichnisse der Universität zu Köln 1945-1975.

Als Zeitzeugen gaben mir freundlicherweise folgende Personen schriftlich oder mündlich Auskunft über ihr Leben:

Prof. Dr. Seymour Benzer, Prof. Dr. Benno Müller-Hill, Prof. Dr. Boerries Kemper, Prof. Dr. Ruth Ehring, Prof. Dr. Brigitte Wittmann-Liebold, Prof. Dr. Peter Starlinger, Prof. Dr. Gunther Stent, Prof. Dr. Thomas Trautner.

Im Rahmen der Zusammenstellung eines Tagungsbands zu einer Tagung zur Geschichte des Instituts für Genetik in Köln, erhielt ich zusätzlich noch Auskünfte von: Prof. Dr. Hans Bremer, Prof. Dr. Carsten Bresch, Prof. Dr. Hermann Bujard, Prof. Dr. Charles N. David, Prof. Dr. Walter Doerfler, Prof. Dr. Horst Feldmann, Prof. Dr. Rainer Hertel, Prof. Dr. Lothar Jaenicke, Prof. Dr. Hubert Kneser, Prof. Dr. Joseph Lengeler, Prof. Dr. Fritz Melchers, Prof. Dr. Georg Michaelis, Prof. Dr. Bernhard Mühlischlegel, Prof. Dr. Karl-Wolfgang Mundry, Prof. Dr. Peter Overath, Prof. Dr. Klaus Rajewsky, Prof. Dr. Heinz Saedler, Dr. Gert Wüsthoff, Prof. Dr. Hans-Georg Zachau.

Digitale Quellen

Science Citation Index (URL: <http://science.thomsonreuters.com>)

9. Literatur

Abdel-Monem, M., Hoffmann-Berling, H. (1976). „Enzymic Unwinding of DNA : 1. Purification and Characterization of a DNA-Dependent ATPase from *Escherichia coli*." *European Journal of Biochemistry* 65, S. 431–440.

Abel, P. und Trautner, T. A. (1964) „Formation of an animal virus within a bacterium." *Zeitschrift für Vererbungslehre* 95, S. 66-72.

Abir-Am, Pnina (1982).„The Discourse of Physical Power and Biological Knowledge in the 1930s: A Reappraisal of the Rockefeller Foundation's 'Policy' in Molecular Biology." *Social Studies of Science* 12 (3), S.341-382. Mit Kommentaren von Ditta Bartels, John A. Fuerst, Robert Olby und E.J. Yoxen in *Social Studies of Science*, 1984, 14, (2), S. 225-252.

Abir-Am, Pnina (1985). Themes, Genres and Orders of Legitimation in the Consolidation of New Scientific Disciplines: Deconstructing the Historiography of Molecular Biology. *History of Science* 23, S.73-117.

Abir-Am, Pnina G. (1993). „From Multidisciplinary Collaboration to Transnational Objectivity: International Space as Constitutive of Molecular Biology, 1930–1970.“ In : Elizabeth Crawford et al. (Hg.). *Denationalizing Science: The Contexts of International Scientific Practice*. Dordrecht: Kluwer,. S. 153–186.

Abir-Am, Pnina G. (2002). „The Rockefeller Foundation and the rise of molecular biology.“ *Nature Reviews, Molecular Cell Biology* 3, S.65-70.

Ahmend, Tanzila, Johnson, Ben, Oppenheim, Charles und Catherine Peck. (2004). „Highly cited old papers and the reasons why they continue to be cited. Part II., The 1953 Watson and Crick article on the structure of DNA.“ *Scientometrics* 61 (2), S. 147-156.

Alter, Peter, Heinemann, Manfred, Hellmann, Friedrich W. (Hg., 2000). *Spuren in die Zukunft. Der Deutsche Akademische Austauschdienst 1925 – 2000*. Bonn: DAAD, drei Bände.

Ammann, J., Delius, H., Hofschneider, P.H. (1964). „Isolation and properties of an intact phage-specific replicative form of RNA phage M12.“ *Journal of Molecular Biology* 10, S. 557-561.

Anderer, F.A., Uhlig, H. Weber, E., Schramm, G. (1960) „Primary structure of the protein of tobacco mosaic virus.“ *Nature* 186, S. 922-925.

Anderer, F.A., Wittmann-Liebold, B., Wittmann, H.G. (1965) „Weitere Untersuchungen zur Aminosäuresequenz des Proteins im Tabakmosaikvirus.“ *Zeitschrift für Naturforschung* 20b, S. 1203-1213.

- Appleyard, R. (2004). *EMBO - 40 years of success*. Heidelberg: EMBO.
- Arbeitsgemeinschaft für Großforschungseinrichtungen (1981) *Großforschung in der Bundesrepublik Deutschland*. Bonn: AGF.
- Arber, Werner und S. Linn (1969). „DNA modification and restriction." *Annual review of Biochemistry* 38, S. 467-500.
- Auhagen, Ernst (2003). „Ursprung und Geschichte der Gesellschaft für Biologische Chemie“ In: Ulrich Brandt (Hrsg.). *Geschichte der Gesellschaft für Biochemie und Molekularbiologie 1947-2002*. Heidelberg, Berlin: Spektrum. S.71-86.
- Avery, Oswald T., MacLeod, Colin M. und Maclyn McCarthy (1944). „Induction of transformation by a desoxyribonucleic acid fraction isolated from Pneumococcus Type III." *Journal of experimental medicine* 79, S. 139-158.
- Ball, Rafael und Dirk Tunger (2005). *Bibliometrische Analysen – Daten, Fakten und Methoden Grundwissen Bibliometrie für Wissenschaftler, Wissenschaftsmanager, Forschungseinrichtungen und Hochschulen. Reihe Bibliothek, Volume 12*. Jülich: Forschungszentrums Jülich.
- Baltimore, David (1970). „Viral RNA-dependent RNA polymerase." *Nature* 226, S. 1209-1211.
- Bautz, Ekkehard (1967). „Transcription of a bacteriophage genome: A unique regulatroy system?" *American Scientist* 101(920), S. 339-342.
- Beadle, G.W. und Tatum, E.L. (1941). „Genetic control of biochemical reactions in Neurospora." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 27, S. 499-506.
- Beaver, D. und R. Rosen (1979). „Studies in scientific collaboration. Part II. Scientific co-authorship, research productivity and visibility in the french Elite." *Scientometrics* 1, S. 133-149.

Beermann, Wolfgang (1952). „Chromomerenkonstanz und spezifische Modifikation der Chromosomenstruktur in der Entwicklung und Organdifferenzierung von *Chironomus tentans*." *Chromosoma* 5 S. 139–198.

Beermann, Wolfgang (1956). „Nuclear differentiation and functional morphology of chromosomes." *Cold Spring Harbor Symposium on Quantitative Biology* 21, S. 217–232.

Beermann, Wolfgang (1960). „Der Nukleolus als lebenswichtiger Bestandteil des Zellkernes." *Chromosoma* 11, S. 263-296.

Bernal, J.D. (1959) „The transmission of Scientific Information." *Proceedings of the International Conference on Scientific Information* 1, S. 77-96.

Best, M., Evans, B., Bishop, J. M. (1972). „Double-stranded replication form of poliovirus RNA: phenotype of heterozygous molecules." *Virology* 47, S. 592-603.

Betke, Klaus (1990) „Gerhard Braunitzer." In: *Bayerische Akademie der Wissenschaften, Jahrbuch 1989*. München: C.H. Beck, S. 223.

Beyreuther, K. (1978). „Revised Sequence for the lac Repressor." *Nature* 274, S. 767.

Beyreuther, K., Adler, K., Geisler, N. & Klemm, A. (1973). „The amino-acid sequence of lac repressor." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 70, S. 3576-3580.

Bielka, Heinz (2001) *Geschichte der Medizinisch-Biologischen Institute Berlin-Buch*. Berlin: Springer.

Bishop, J.M. (1989). „Autobiographical note by J.M. Bishop."
<http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/medicine/laureates/1989/bishop-autobio.html>, 20.11.2012.

Bishop, J.M. (1993). „Retroviruses and Oncogenes II." In: ETore Frängsmyr & Jan Lindsten (Hg.). *Nobel Lectures, Physiology or Medicine 1981-1990*. Singapur: World Scientific , S. 530-548.

Bishop, J.M., Koch, G., Evans, B., Merriman, M. (1969). „Poliovirus replicative intermediate: structural basis of infectivity." *Journal of Molecular Biology* 46(2), S. 235-249.

Blattner, F.R., R. R. Burgess, W. F. Dove, M. Filutowicz, R. L. Gourse, Z. Hradecná, B. A. Szybalski-Sandor und J. Wild (Hg.;1998). „List of publications of Dr. Waclaw Szybalski (for selected areas of his activities)." *Gene* 223, S. 395-409.

Böck, A., Neidhardt, F.C. (1967). „Genetic mapping of phenylalanyl-sRNA synthetase in *Escherichia coli*." *Science* 157(3784), S.78-79.

Böck, A., Rau, W., Zehender, C. (1962) „Untersuchungen über die Farbstoffbildung von *Penicillium funiculosum* Thom." *Archiv für Mikrobiologie* 44(1), S.87-92.

Böhme, Helmut und Gerald Diesener (2005). „Kulturpflanzenforschung und Genetik in Gatersleben in den Jahren der Akademiereform." In: Clemens Burrichter und Gerald Diesener (Hrsg.). *Reformzeiten und Wissenschaft*. Leipzig: Akad Verlag, S. 43-69.

Bonzi, S., Snyder, H.W. (1991). „Motivations for citation: A comparison of self citation and citation to others." *Scientometrics* 21 (2), S. 245-254.

Bortels, H. (1958). „August Rippel-Baldes zum 70. Geburtstag." *Archiv für Mikrobiologie* 31. S. 1-2.

Brandt, Christina (2004). *Metapher und Experiment - Von der Virusforschung zum Genetischen Code*. Göttingen: Wallstein.

Brandt, Ulrich (2003, Hrsg.). *Geschichte der Gesellschaft für Biochemie und Molekularbiologie 1947-2002*. Heidelberg, Berlin: Spektrum. S.71-86.

Braun, V. (2009). „FhuA (TonA), the Career of a Protein." *Journal of Bacteriology* 191(11), S. 3431-3436.

Braunitzer, Gerhard (1961a) „Die Ermittlung der Konstitution einer klassischen Peptidkette." *Fresenius' Zeitschrift für Analytische Chemie* 181, S. 514-526.

Braunitzer, G., Gehring-Müller, R., Hilschmann, N., Hilse, K., Hobom, G., Rudloff, V, Wittmann-Liebold, B. (1961c). „Die Konstitution des normalen adulten Humanhämoglobins." *Hoppe-Seylers Zeitschrift für Physiologische Chemie* 325, S. 283-286.

Braunitzer, G., Hilschmann, N., Hilse, K., Liebold, B. und R.Müller(1961b). „Die Konstitution der β -Kette der Hauptkomponente des normalen adulten Humanhämoglobins." *Hoppe-Seylers Zeitschrift für Physiologische Chemie* 322, S. 96-100.

Braunitzer, G., Liebold, B., Hilse, K. Rudloff, V. (1959). „Versammlungsberichte: Zur Primärstruktur des Humanhämoglobins A." *Angewandte Chemie* 71, S. 376.

Braunitzer, G., Rudloff, V., Hilse, K., Liebold, B., Müller, R. (1960). „Eine Partialformel der α -Kette der Hauptkomponente des adulten menschlichen Hämoglobins." *Hoppe-Seylers Zeitschrift für Physiologische Chemie* 320, S. 283-288.

Brenner, Sydney, Jacob, François und Matthew Meselson (1961). „An unstable intermediate carrying information from genes to ribosomes for protein synthesis." *Nature* 190,S. S. 576-581.

Bresch, Carsten und Peter Starlinger (1958). „Zum Problem der genetischen Rekombination von Bakteriophagen." *Zeitschrift für Vererbungslehre* 89, S. 459–468.

Bresch, Carsten und Thomas Trautner (1955). „Zur Kinetik der Rekombinantenbildung bei T1 Bakteriophagen." *Zeitschrift für Naturforschung B* 10, S. 436-440.

Bresch, Carsten (1964). *Klassische und molekulare Genetik*. Berlin: Springer.

Bresch, Carsten (2007). „Die erste Zeit.“ In: Simone Wenkel & Ute Deichmann (Hg.). *Max Delbrück and Cologne. An early chapter of German molecular biology*. Singapur: World Scientific. S. 39-47.

Bruch, Rüdiger vom, Henning, Eckart (1999, Hrsg.). *Wissenschaftsfördernde Institutionen im Deutschland des 20. Jahrhundert*. Berlin: MPG-Archiv.

Brüning, Jochen (2002). „Impulse durch institutionelle Förderung.“ In: Michael Globig (Red.), *Impulse geben - Wissen stiften. 40 Jahre Volkswagenstiftung* Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht, S. 379-449.

Bujard, H., Doerfler, W., Rajewsky, K., Leptin, M. (2007). „Molecular Biology and the German University Structure - Panel Discussion.“ In: Simone Wenkel & Ute Deichmann (Hg.). *Max Delbrück and Cologne. An early chapter of German molecular biology*. Singapur: World Scientific. S. 217-246.

Burgess, R., Travers, A. A., Dunn, J. J. & Bautz, E. K. (1969). „Factor stimulating transcription by RNA polymerase.“ *Nature* 221, S. 43–46.

Burian, Richard (1996). „The tools of the discipline: Biochemists and molecular biologists': A comment.“ *Journal of the History of Biology* 29, S.451-462.

Cairns J. H. Et al. (1966) *Phage and the origins of molecular biology*. Cold Spring Harbor: Cold Spring Harbor Laboratory.

Capocci, M., Corbellini, G. (2002). „Adriano Buzzati-Traverso and the foundation of the International Laboratory of Genetics and Biophysics in Naples (1962–1969).“ *Studies in the history and philosophy of biological & biomedical sciences* 33, S. 489–513.

Chargaff, Erwin (1950). „Chemical specificity of nucleic acids and mechanisms of their enzymatic degradation." *Experientia* 6, S. 201-209.

Clausen, Richard (1964). *Stand und Rückstand der Forschung in Deutschland in den Naturwissenschaften und den Ingenieurwissenschaften*. Wiesbaden: Steiner.

Clayton, Julie und Carina Dennis (2003). *50 Years of DNA*. New York: Palgrave.

Cohen, Jon (1994). „The Duesberg Phenomenon." *Science* 266, S. 1642-1644.

Cole, F.J. und N.B. Eales (1917). „The History of Comparative Anatomy. Part I: A Statistical Analysis of the Literature." *Science Progress* Jhg. 1, 11 , S. 578-596.

Cottebrune, Anne (2006). „The Deutsche Forschungsgemeinschaft (German Research Foundation) and the “Backwardness” of German Human Genetics After World War II: Scientific Controversy Over a Proposal for Sponsoring the Discipline” in: Wolfgang U. Eckart (Hg.), *Man, medicine and the state: The human body as an object of government sponsored research, 1920-1970*. Stuttgart: Steiner. S. 89-105.

Cozzens, S.E. (1989). „What do citations count? The rhetoric-first model." *Scientometrics* 15, S. 437-447.

Cramer, Friedrich (2003/2004). „Was hat die Gentechnik dem Menschen gebracht und was kann sie ihm noch bringen?" *Scheidewege* 33, S. 25-38.

Creager, Angela N. H. (2002) *The life of a virus. Tobacco Mosaic Virus as an Experimental Model, 1930-1965*, Chicago: University of Chicago Press.

Creager, Angela (2004). „Mapping Genes in Microorganisms.” In: Jean-Paul Gaudillière and Hans-Jörg Rheinberger (Hg.). *From Molecular Genetics to Genomics: Mapping Cultures of Twentieth Century Genetics*. London (u.a.): Routledge, S. 9-41.

Crick, Francis H.C. (1958). „On protein synthesis." *Symposium of the Society for Experimental Biology* 12, S. 138-163.

Crick, Francis H.C., Brenner, Sydney, Watts-Tobin, Richard J. und Leslie Barnett (1961). „General nature of the genetic code for proteins." *Nature* 192, S. 1227-1232.

David, Charles N. (2007). Working with Max Delbrück." In: Simone Wenkel & Ute Deichmann (Hg.). *Max Delbrück and Cologne. An early chapter of German molecular biology*. Singapur: World Scientific, S. 87-93.

David, C.N., Howard, J., Kneser, H., Overath, P., Müller-Hill, B. (2007) „Establishment and Teaching of Molecular Biology in Germany." In: Simone Wenkel & Ute Deichmann (Hg.). *Max Delbrück and Cologne. An early chapter of German molecular biology*. Singapur: World Scientific, S. 247-268.

De Chadarevian, S. (1994). „Architektur der Proteine. Strukturforschung am Laboratory of Molecular Biology in Cambridge." In M. Hagner, H.-J Rheinberger & B. Wahrig-Schmidt (Eds.) *Objekte, Differenzen und Konjunkturen*. Berlin: Akademie Verlag. S. 327-330.

De Chadarevian, Soraya (2002). *Designs for Life. Molecular Biology after World War II*. Cambridge, UK: Cambridge Univ. Press.

Decker, Karl (2003). „Die Gesellschaft für Biologische Chemie/ Gesellschaft für Biochemie und Molekularbiologie in den letzten Jahrzehnten des 20. Jahrhunderts." In: Ulrich Brandt (Hrsg.) *Geschichte der Gesellschaft für Biochemie und Molekularbiologie 1947-2002*. Heidelberg, Berlin: Spektrum. S. 1-25.

Deichmann, Ute (1995 [1992]). *Biologen unter Hitler*. Frankfurt am Main: Fischer.

Deichmann, Ute (2001). *Flüchten, Mitmachen, Vergessen - Chemiker und Biochemiker in der NS-Zeit*. Weinheim u.a.: Wiley-VCH.

Deichmann, Ute (2001b). „The expulsion of German-Jewish chemists and biochemists and their correspondence with colleagues in Germany after 1945: The impossibility of normalization?. In: Margit Szöllösi-Janze (Hrsg.). *Science in the Third Reich*. Oxford: Berg. S. 243-280.

Deichmann, Ute (2002) „Emigration, isolation and the slow start of molecular biology in Germany." *Studies in the History and Philosophy of Biological & Biomedical Sciences* 33, S. 449- 471.

Deichmann, Ute (2004a). „Early responses to Avery et al.'s paper on DNA as hereditary material". *Historical Studies in the Physical and Biological Sciences* 34, S. 207–232.

Deichmann, Ute (2004b). „Proteinforschung an Kaiser Wilhelm-Instituten von 1930 bis 1950 im internationalen Vergleich. Ergebnisse 21." In: Carola Sachse (Hg.) *Ergebnisse. Vorabdrucke aus dem Forschungsprogramm „Geschichte der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft im Nationalsozialismus“* München: Max-Planck-Gesellschaft.

Deichmann, Ute (2007). „A brief review of the early history of Genetics and its relationship to physics and chemistry." In: Simone Wenkel & Ute Deichmann (Hg.). *Max Delbrück and Cologne. An early chapter of German molecular biology*. Singapur: World Scientific, S. 3-18.

Deichmann, Ute (2008). „Challenging the Protein Dogma of the Gene: Oswald T. Avery – a Revolutionary Conservative." In Oren Harman and Michael Dietrich (Hg.), *Rebels, Mavericks, and Heretics in Biology*. New Haven: Yale University Press, S. 154-173.

Deichmann, Ute (2011). „Early 20th-century research at the interfaces of genetics, development, and evolution: Reflections on progress and dead ends." *Developmental Biology* 357, S. 3–12.

Deichmann, Ute (2012a). „Beyond Popper and Polanyi: Leonor Michaelis, a critical and passionate pioneer of research at the interface of medicine, enzymology, and physical chemistry." *Perspectives in Biology and Medicine* 55(4), S.612-626.

Deichmann, Ute (2012b). „Crystals, colloids, or molecules?: Early controversies about the origin of life and synthetic life." *Perspectives in Biology and Medicine* 55 (4), S. 521-542.

Dellweg, H., Lodemann, E., Drahovsky, D., Wacker, A. (1967). „Acceptor for thiomethyl-galactoside in *Escherichia coli*." *Biochemical and Biophysical Research Communications* 26, S. 71-74.

Doerfler, Walter and Hogness, David S. (1968/1). „Gene orientation in bacteriophage lambda as determined from the genetic activities of heteroduplex DNA formed in vitro." *Journal of Molecular Biology* 33, S. 661-678.

Doerfler, Walter and Hogness, D.S. (1968/2). „The strands of DNA from lambda and related bacteriophages: isolation and characterization." *Journal of Molecular Biology* 33, S. 635-659.

Doerfler, Walter (2005). „On the biological significance of DNA Methylation.,," *Biochemistry (Moscow)* 70(5), S. 505-524.

Doerfler, Walter (2007). „Molecular virology and medical genetics at the Institute of Genetics in Cologne, 1972-2002." In: Simone Wenkel & Ute Deichmann (Hg.). *Max Delbrück and Cologne. An early chapter of German molecular biology*. Singapur: World Scientific. S. 159-177.

Drake, John W. (1991). „Obituary - Ernst Freese (1925-1990)." *Mutation Research* 251, S. 165-169.

Dunn, J. & Bautz, E. (1969). „DNA-dependent RNA polymerase from *E. coli*: studies on the role of sigma in chain initiation." *Biochemical Biophysical Research Communications* 36, S. 925–930.

Duerst, M., Gissmann, L., Ikenberg, H., zur Hausen, H. (1983). „A papillomavirus DNA from a cervical carcinoma and its prevalence in cancer biopsy samples from different geographic regions." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 80(12), S.3812-3815.

Eckart, Wolfgang (Hg., 2006). *Man, medicine and the state: The human body as an object of government sponsored research, 1920-1970*. Stuttgart: Steiner.

Eckstein, Fritz (2003) „Friedrich Cramer (1923 – 2003): Nucleinsäurechemiker und Philosoph." *Angewandte Chemie* 115, S. 3980.

Egelhaaf, Albrecht (1996). „Alfred Kühn, his work and his contribution to molecular biology". *International Journal of Developmental biology* 40, S. 69-75.

Egghe, L. (1993) „On the influence of growth on obsolescence." *Scientometrics* 27 (2), S. 195-214.

Ehrenstein von, Günther et al (1963). „The function of sRNA as amino acid adaptor in the synthesis of hemoglobin." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 49(5), S.669– 675.

Eichmann, Klaus (2005). *Köhler's Invention*. Basel: Birkhäuser.

Elbashir, S.M., Harborth, J., Lendeckel, W., Yalcin, A., Weber, K., Tuschl, T. (2001). „Duplexes of 21-nucleotide RNAs mediate RNA interference in cultured mammalian cells." *Nature* 411(6836) S.494–498.

Empfehlungen des Wissenschaftsrates (1960). *Empfehlungen des Wissenschaftsrates zum Ausbau der wissenschaftlichen Einrichtungen, Teil I Wissenschaftliche Hochschulen*. Bonn: Bundesdruckerei.

Empfehlungen des Wissenschaftsrats (1967). *Empfehlungen des Wissenschaftsrats zum Ausbau der wissenschaftlichen Hochschulen bis 1970*. Bonn: Bundesdruckerei.

Erdmann, Volker A. (1991). „Heinz-Günther Wittmann." *Endocytobiosis & Cell Research* 7(3), S. 155-162.

Esser, Karl (1968). „Phenol oxidases and morphogenesis in *Podospora anserina*." *Genetics* 60(2), S. 281-288.

Feix, G., Schneider, M.C., Weissmann, C., Ochoa, S. (1967). „Replication of Viral RNA: RNA Synthetase from *Escherichia coli* Infected with Phage MS2 or Qb." *Science* 157, S. 701-703.

Fischer, Ernst Peter (1985). *Licht und Leben. Ein Bericht über Max Delbrück, den Wegbereiter der Molekularbiologie*. Konstanz: Universitätsverlag

Fischer, Ernst Peter (1988). *Das Atom des Biologen. Max Delbrück und der Ursprung der Molekulargenetik*. München: Piper.

Fitting, Hans (1949) *Grundzüge der Vererbungslehre*. Stuttgart: Piscator.

Fleming, Donald (1969). „Émigré physicists and the biological revolution." In: Fleming, D. und Bailyn, B. (Hg.). *The intellectual migration*. Cambridge, USA: Harvard University Press.

Foster, Russell und Leon Kreitzman (2004) *Rhythms of Life. The Biological Clocks that control the daily lives of every living thing*. London: Profile Books.

Fox Keller, Evelyn (2000). *The Century of the Gene*. Boston: Harvard University Press.

Francke, B. und P.H. Hofschneider (1966). „Über infektiöse substrukturen aus *Escherichia coli* bakteriophagen: VII. Formation of a biologically intact replicative form in ribonucleic acid bacteriophage (M12)-infected cells." *Journal of Molecular Biology* 16, S. 544-552.

Franke, A., Eckstein, F., Scheit, K.H. und Cramer, F. (1968). „Synthese von Oligo- und Polynucleotiden, XVI. Synthese von Desoxyoligonucleotiden mit der Trichloräthyl-Phosphatschutzgruppe." *Chemische Berichte* 101, S. 944-953.

Franklin, Rosalind und Ryan G. Gosling (1953). „Molecular Configuration in Sodium Thymonucleate." *Nature* 171, S. 740-741.

Fredericq, Pierre (1953). „Colicines et bacteriophages." *Annales de L'Institut Pasteur* 84 (1), S. 294-312.

Freydank, Gisela (2003) „Anschritt: Große Hamburger Strasse - Hans Alfred Rosenthal." In: Aubrey Pomerance (Hrsg.) *Jüdische Zwangsarbeiter bei Ehrlich & Graetz, Berlin Treptow*. Köln: Dumont.

Fritz-Thyssen Stiftung (1970). *Zehn Jahre Fritz Thyssen Stiftung 1960-1970*. Köln: Fritz-Thyssen Stiftung.

Fruton, Joseph S. (1990). *Contrasts in Scientific Style*. Philadelphia: American Philosophical Society.

Fruton, Joseph S. (1999). *Proteins, Enzymes and Genes - The Interplay of chemistry and biology*. New Haven und London: Yale University Press.

Gapen, D. K., Milner, S. P. (1981). „Obsolescence." *Library trends* 30 (1), S. 107-125.

Garfield, Eugene (1955). „Science Citation indexes – A new dimension of documentation through association of ideas." *Science* 122 (3159), S. 108-111.

Garfield, Eugene (1964). *The use of citation data in writing the history of science*. Philadelphia: Institute for Scientific Information.

Garfield, Eugene (1972) „Citation analysis as a tool in journal evaluation." *Science* 178, S. 471-479.

Garfield, Eugene (1979). *Citation indexing: Its theory and applications in science, technology and humanities*. New York: Wiley.

Gaudillière, J.-P. (1993) „Molecular Biology in the French tradition? Redefining local traditions and disciplinary patterns." *Journal of the history of biology*, 26, 473-498.

Geissler, Erhard (1997). „Was die Sowjetwissenschaft über den Elefanten sagt - Molekularbiologie in der DDR aus Bucher und Rostocher Sicht." In K. Weisemann, Peter Kröner, Richard Toellner. (Hg.) *Wissenschaft und Politik - Genetik und Humangenetik in der DDR (1949 - 1989)*. Münster: LIT, S. 167-184.

Gierer, A., Meinhardt, H. (1972). „A theory of biological pattern formation." *Kybernetik* 12(1), S. 30-39.

Gierer, A., Mundry, K.W. (1958). „Production of mutants of Tobacco Mosaic Virus by chemical alteration of its ribonucleic acid in vitro." *Nature* 182, S. 1457-1458.

Gierer, A., Schramm, G. (1956). „Infectivity of ribonucleic acid from tobacco mosaic virus." *Nature* 177(4511), S. 702-703.

Gierer, Alfred (1955). „On the temperature dependence and mechanism of action of alcohol dehydrogenase." *Biochimica et Biophysica Acta* 17 (1), S.111-121.

Gierer, Alfred (1985). *Die Physik, das Leben und die Seele*. München: Piper.

Gierer, Alfred (1997). „Vorgeschichte und Geschichte des Max-Planck-Instituts für Entwicklungsbiologie und ein kurzer Ausblick in die Zukunft. Max-Planck-Institut für Entwicklungsbiologie." *Max-Planck-Gesellschaft, Berichte und Mitteilungen* Heft 2/1997, S. 9-19.

Glänzel, W. (2000). „Science in Scandinavia: A bibliometric approach." *Scientometrics* 48 (2), S. 121-150.

Glänzel, W., Schöpfli, U. (1995). „A bibliometric study in ageing and reception processes of scientific literature." *Journal of Information Science* 21 (1), S. 37-53.

Globig, Michael (2002). „Anstöße Entscheidungen Wirkungen.“ In: Michael Globig (Red.). *Impulse geben - Wissen stiften. 40 Jahre Volkswagenstiftung*. Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht S.43-114.

Goldschmidt, Richard (1927). *Die Lehre von der Vererbung. von Goldschmidt*. Berlin, Göttingen, Heidelberg: Springer.

Grassmann, W., Strobel, R., Hannig, K., Deffner-Plöckl, M. (1956). „Zur Konstitution des Insulin." *Hoppe Seylers Zeitschrift für Physiologische Chemie* 305(1), S. 21-33.

Grolle, Johann (2012). „Biographien - Des ganzen Wirklichkeit." *Spiegel* 01/2012, S. 128-130.

Grossbach, Ulrich (1996). „ Genes and development: An early chapter in German developmental biology." *International Journal of Developmental Biology* 40, S. 83-87.

Grossbach, Ulrich (2000). „Wolfgang Beermann (1921-2000). A man and his science." *Genetics* 155, S. 1487-1491.

Hackett, P.B., Sauerbier W. (1974). „Radiological mapping of the ribosomal RNA transcription unit in E. coli." *Nature* 251(5476), S. 639-641.

- Hagemann, Rudolf (2002). „How did East German geneticists avoid Lysenkoism?" *Trends in Genetics*, 18 (6); S. 320-324.
- Halvorson, Harlyn O. (2007). „Development of Molecular biology at the University of Wisconsin, Madison." *Biology of the Cell* 99, S. 217-224.
- Hammar, Friederike (2002). „History of modern genetics in Germany." In: T. Scheber (Hg.). *Advances in Biochemical Engineering and Biotechnology 75. History and Trends in Bioprocessing and Bioengineering*. Berlin u.a.: Springer, S. 1-31.
- Hardy, Anne (2006). „Von Bakterien, Phagen und ihren Genen." *Forschung Frankfurt* 1, 2006. S. 81-84.
- Harm, Walter (1963). „On the relationship between host-cell reactivation and UV- reactivation in UV- inactivated phages." *Zeitschrift für Vererbungslehre* 94, S. 67-79.
- Harwood, Jonathan (1993). *Styles of scientific thought: the German genetics community, 1900-1933*. Chicago: University of Chicago Press.
- Heinemann, Isabel und Patrick Wagner (Hg., 2006). *Wissenschaft – Planung – Vertreibung. Neuordnungskonzepte und Umsiedlungspolitik im 20. Jahrhundert*. Stuttgart: Steiner.
- Hennig, Wolfgang (2007). „Der Beitrag Wolfgang Beermanns zum Verständnis eukaryotischer Chromosomen." *Biospektrum* Jahrgang 13, S. 454-455.
- Henning, Eckart, Kazemi, Marion (2011). *100 Jahre Kaiser-Wilhelm-/ Max-Planck-Gesellschaft. Im Auftrage des Präsidenten Peter Gruss bearbeitet im Archiv der Max-Planck-Gesellschaft. Teil I: Chronik der Kaiser-Wilhelm- /Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften 1911–2011. Daten und Quellen*. Berlin: Duncker und Humboldt.

Herbertz, Heinrich und Benno Müller-Hill (1995). „Quality and efficiency of basic research in molecular biology: a bibliometric analysis of thirteen excellent research institutes." *Research policy* 24 (6), S. 959-979.

Hershey, A.D. und M. Chase (1951) „Genetic recombination and heterozygosis in bacteriophage." In: G. S. Stent (Hg.) *Papers on bacterial viruses*. S. 179-192.

Hertel, Rainer (2007). „T4 Hets and 5 floors to hang around." In: Simone Wenkel & Ute Deichmann (Hg.). *Max Delbrück and Cologne. An early chapter of German molecular biology*. Singapur: World Scientific. S. 178-182.

Hilschmann, Norbert, Craig, Lyman C. (1965). „Amino acid sequence studies with Bence-Jones proteins." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 53(6), S. 1403-1409.

Hinshelwood, Cyril N. (1949). „Adaptation of bacteria to resist drug action (with special reference to *Bact-lactis aerogenes*)." *Symposia of the society for experimental biology* 3, S. 243-252.

Hirsch, H.J., Starlinger, P., Brachet, P. (1972). „Two kinds of insertions in bacterial genes." *Molecular and General Genetics* 119, S.191–206.

Hobom, Barbara (1980) „Surgery of genes. At the doorstep of synthetic biology." *Medizin. Klinik* 75, S. 14-21.

Hoffmann-Berling, Hartmut (1954). „Adenosintriphosphat als Betriebsstoff von Zellbewegungen." *Biochimica et Biophysica acta* 14, S. 182-194.

Hoffmann, Joachim (Hg., 1976). *Der Deutsche Akademische Austauschdienst : 1925 – 1975*. (Bonn-Bad Godesberg: Dt. Akad. Austauschdienst.

Hofschneider, Peter Hans (1960). „T-i and lambda phage adsorption on protoplast-like bodies of *Escherichia coli*." *Nature* 186, S. 568-569.

Hohlfeld, Rainer (1997). „Zwischen Autonomie und staatlichem Dirigismus: Genetische und biomedizinische Forschung." In: Dieter Hoffmann und Kristie Macrakis (Hrsg.). *Naturwissenschaft und Technik in der DDR*. Berlin: Akad. Verlag, S. 213-232.

Hohlfeld, Rainer (1999). „Between Autonomy and State control: Genetic and biomedical research." In: Macrakis, K. und Hoffmann D.. *Science under Socialism - East Germany in comparative perspective*. Cambridge (USA): Harvard University Press S. 247-268

Hohlfeld, Rainer und Walter Vielmetter (1973). „Bidirectional Growth of the E. coli Chromosome." *Nature New Biology* 242, S. 130-132.

Holland, W.F.. (1918). „Shall writers upon the biological sciences agree to ignore systematic papers published in German language since 1914." *Science* 48 (1245), S.469-471.

Hoppe, Walter (1983). „Electron diffraction with the transmission electron microscope as a phase-determining diffractometer—From spatial frequency filtering to the three-dimensional structure analysis of ribosomes." *Angewandte Chemie International Edition Englisch* 22, S. 456–485.

Höxtermann, Ekkehard (1997a). „Biologen in der DDR zwischen Tradition, Innovation, Wissenschaft und Politik." In: Dieter Hoffmann und Kristie Macrakis (Hrsg.). *Naturwissenschaft und Technik in der DDR*. Berlin: Akad. Verlag, S. 233-260.

Höxtermann, Ekkehard (1997b). „Zum Profil der Biologie an den Universitäten der DDR bis 1968." *Human and Environmental Sciences* 6, S. 125-167.

Höxtermann, Ekkehard und Ulrich Sucker (1989). *Otto Warburg*. Leipzig: Teubner.

Isabel Heinemann und Patrick Wagner (Hg., 2006). *Wissenschaft – Planung – Vertreibung. Neuordnungskonzepte und Umsiedlungspolitik im 20. Jahrhundert*. Stuttgart: Steiner.

Jackson, David A., Symons, Robert H. und Paul Berg (1972). „Biochemical method for inserting new genetic information into DNA of Simian Virus 40 - Circular SV40 DNA molecules containing Lambda phage genes and galactose operon of Escherichia coli." *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 69 (10), S. 2904-2909.

Jacob, François (1988). *Die innere Statue*. Zürich: Ammann Verlag.

Jacob, François und Jacques Monod (1961). Genetic regulatory mechanisms in the synthesis of proteins. *Journal of Molecular Biology* 3, S. 318-356.

Jaenicke, L. (1988) „Nachruf auf Joseph Straub." In: *Westfälische Akademie der Wissenschaften, Jahrbuch 1987*. Opladen: Westdeutscher Verlag.

Joravsky, David (1970). *The Lysenko Affair*. Chicago: University of Chicago Press.

Jordan, E., Saedler, H., Starlinger, P. (1968). „0° and strong polar mutations in the gal Operon are insertions." *Molecular and General Genetics* 102, S. 353–363.

Judson, Horace F. (1979). *The Eighth Day of Creation. The Makers of the Revolution in Biology*. New York: Simon and Schuster.

Kang, J., Lemaire, H.-G., Unterbeck, A., Salbaum, M.J., Masters, C.L., Grzeschik, K.-H., Multhaup, G., Beyreuther, K., Müller-Hill, B. (1987). „The precursor of Alzheimer's disease amyloid A4 protein resembles a cell surface receptor." *Nature* 325, S. 733-736.

Kaplan, R.W. (1949). „Mutations by Photodynamic Action in Bacterium prodigiosum." *Nature* 163, S. 573-574.

Kaplan, R.W., Beckmann, H., Rüger, W. (1963). „Different ‘Spectra’ of Mutant Types by Extracellular Treatment of Phage Kappa with Differing Mutagens." *Nature* 199, S. 932-933.

Kaplan, R.W., Winkler, U., Wolf-Ellmauer, H. (1960) „Induction and Reversion of c-Mutations by Irradiation of the Extracellular χ -Phage of *Serratia*." *Nature* 186, S. 330-331.

Karlson, Peter (1961). *Kurzes Lehrbuch der Biochemie für Mediziner und Naturwissenschaftler*. Stuttgart: Thieme.

Kaudewitz, F., Knolle P. (1963). „Plaque-size mutants obtained from the ribonucleic acid phage ϕ after treatment with nitrous acid." *Nature* 198; S.97.

Kay, Lily E. (1986). „W. M. Stanley's Crystallization of the Tobacco Mosaic Virus, 1930-1940." *ISIS* 77, S. 450-472.

Kay, Lily E. (1993). *The Molecular Vision of Life. Caltech, the Rockefeller Foundation, and the Rise of the New Biology*. Oxford: Oxford University Press.

Kay, Lily E. (2000). *Who wrote the book of life? A history of the genetic code*. Stanford: Stanford University Press.

Kendrew, J. C. (1968). „EMBO and the idea of a European laboratory." *Nature* 218, S. 840–842.

Kersten, W., Kersten, H. und Rauen, H.M. (1960). „Action of nucleic acids on the inhibition of growth by actinomycin of *Neurospora crassa*." *Nature* 187, S. 60-61.

Khorana, H.G., Agarwal K.L., Büchi H. et al. (1972). „Studies on polynucleotides. 103. Total synthesis of the structural gene for an alanine transfer ribonucleic acid from yeast". *Journal of Molecular Biology* 72 (2), S. 209–217.

Kleinkauf, H., Roskoski, R. Jr., Lipmann, F. (1971). „Pantetheine-linked peptide intermediates in gramicidin S and tyrocidine biosynthesis." *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 68(9), S. 2069-2072.

Knapp, Manfred (1990). „Deutschland und der Marshallplan: Zum Verhältnis zwischen politischer und ökonomischer Stabilisierung in der amerikanischen Deutschlandpolitik nach 1945." In: Hans-Jürgen Schröder (Hg.): *Marshallplan und westdeutscher Wiederaufstieg*. Stuttgart, S. 35-59.

Knippers, Rolf (1971). *Molekulare Genetik - Einführungen zur Molekularbiologie*. Stuttgart: Thieme.

Koch, G., Hershey A. (1959). „Synthesis of phage-precursor protein in bacteria infected with T2." *Journal of Molecular Biology* 1(3), S. 260–276.

Koch, W., Edwards, K., Kössel, H. (1981) „Sequencing of the 16S-23S spacer in a ribosomal RNA operon of *Zea mays* chloroplast DNA reveals two split tRNA genes." *Cell* 25(1), S.203-213.

Kohler, Robert E. (1982). *From Medical Chemistry to Biochemistry: The Making of a Biomedical Discipline*. New York: Cambridge University Press.

Kohler, Robert (1984). „Warren Weaver and the Rockefeller Foundation program in molecular biology, a case study in the management of science“ In: Nathan Reingold (Hg.) *The sciences in the American context. New perspectives*. Washington: Smithsonian Institution Press, S. 249-293.

Kohler, Robert (1991). *Patrons in Science. Foundations and natural scientists, 1900-1945*. Chicago: University of Chicago Press.

Kresge, N., Simoni, R. D., Hill, R. L. (2006). „Classics - JBC Centennial 1905-2005. SDS-PAGE to Determine the Molecular Weight of Proteins: the Work of Klaus Weber and Mary Osborn." *Journal of Biological Chemistry* 281(24), S.e19-e21.

Kretschmer, H. (1994). „Coauthorship networks of invisible colleges and institutional communities." *Scientometrics* 30 (1), S. 363-369.

Krige, J. (2002) „The birth of EMBO and the difficult road to EMBL." *Studies in the History and Philosophy Biological and Biomedical Sciences* 33, S. 547–564.

Kühn, Alfred (1939). *Grundriss der Vererbungslehre*. Leipzig: Quelle & Meyer (1939, erste Ausgabe). Weitere Ausgaben: 1950, 1961, 1965, 1971, 1973, 1979, 1984 und 1986.

Kühn, Klaus, Hannig, Kurt und Ines Mandl (1979). „Obituary. Wolfgang Grassman: 1898-1978." *Connective Tissue Research* 7(1), S. 59.

Kunz, B.A. und Hanawalt, P.C. (1999). „In memoriam: Robert Hall Haynes." *Environmental and Molecular Mutagenesis* 33; S. 257–265.

Laudel, G. (2002). „What do we measure by co-authorships?" *Research Evaluation* 11 (1), S. 3-15.

Lazarides, E. und Weber, K. (1974). „Actin Antibody: The specific visualization of Actin Filaments in Non-Muscle Cells." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 71(6), S.2268-2272.

Lederberg, Esther M. und Joshua Lederberg (1953). Genetic studies in lysogenecity in *Escherichia coli*. *Genetics* 38, S. 51-64.

Lederberg, Joshua und Edward L. Tatum (1946). „Gene recombination in *Escherichia coli*." *Nature* 158, S. 558.

Lenin-Akademie der landwirtschaftlichen Wissenschaften der UdSSR (Hrsg., 1949). *Die Lage in der biologischen Wissenschaft. Tagung der Lenin-Akademie der*

landwirtschaftlichen Wissenschaften der UdSSR. 31. Juli - 7. August 1948.
Stenographischer Bericht. Moskau: Verlag für fremdsprachige Literatur.

Lewis, Jeffrey W. (2002). *Continuity in German Science, 1937-1972: Genealogy and strategies of the TMV/ Molecular biology community.* Columbus, Ohio: Ph.D. Dissertation, The Ohio State University.

Lewis, Jeffrey (2004). „From Virus research to molecular biology: Tobacco Mosaic Virus in Germany, 1936-1956." *Journal of the History of Biology* 37; S. 259-301.

Lewis, G., Dawson, G., Anderson, J. (1995). „The behaviour of biomedical scientific authors in acknowledging their funding sources." *Proceedings of the 5th International Conference on Scientometrics and Infometrics*, held in River Forest, Illinois, June 7-10, Learned Information Inc., Medford, S. 255-263.

Lindner, M. (2003) „Mary Osborn." *Max-Planck-Forschung*, 02/2003, S. 66-70.
Literatur

Lotka, A.J.(1926). „The Frequency distribution of scientific productivity." *Journal of the Washington Academy of Sciences* 16, S. 317-323.

Luria, Salvador E. und Max Delbrück (1943). „Mutations of bacteria from virus sensitivity to virus resistance." *Genetics* 28, S. 491-511.

Lwoff, Andre, Ullman, Agnes (1979, Hg.). *Origins of Molecular Biology: A Tribute to Jacques Monod.* New York:Academic Press.

Macrakis, Kristie (1986). „Wissenschaftsförderung durch die Rockefeller Foundation im Dritten Reich." *Geschichte und Gesellschaft: Zeitschrift für historische Sozialwissenschaft* 12(3), S.348-379.

Macrakis, Kristie (1989). „The Rockefeller Foundation and German physics under national socialism." *Minerva*, 27(1), S.33-57.

Macrakis, Kristie (1993). *Surviving the Sawastika - Scientific Research in Nazi Germany*. New York und Oxford: Oxford University Press.

MacRoberts, M.H., MacRoberts B.R. (1989). „Problems of citation analysis: A critical review." *JASIS*, 40 (5), S. 342-349.

Maier, R. M. (1996) „In memoriam: Hans Kössel, 1934-1995." *Current Genetics* 29, S. 411.

Maier, R.M., Neckermann, K., Igloi, G.L., Kössel, H. (1995) „Complete sequence of the maize chloroplast genome: gene content, hotspots of divergence and fine tuning of genetic information by transcript editing." *Journal of Molecular Biology* 251(5), S. 614-628.

Markl, Hubert (Hg., 1998a). *50 Jahre Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung*. Bd.: 1; *Chronik der Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften 1948 – 1998*. München: Max-Planck-Gesellschaft.

Markl, Hubert (Hg., 1998b). *50 Jahre Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung*. Bd.: 2; *Wissenschaftliche Mitglieder der Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften im Bild*. München: Max-Planck-Gesellschaft.

Marquardt, Hans (1951) „Vererbung." *Fortschritte der Botanik* 13, S. 297-339.

Marvin, D.A. und H. Hoffmann-Berling (1963). „Physical and chemical properties of two new small bacteriophages." *Nature* 197, S. 517-518.

Marx, Werner und Manuel Cardona (2004). „Blasts from the past", *Physics World* V 17 (2), S. 14-15.

Masters, C.L., Simms, G., Weinman, N.A., McDonald, B.L., Multhaup, G., Beyreuther, K. (1985). „Amyloid plaque core protein in Alzheimer disease and Down syndrome. *Proc Nat Acad Sci USA* 82, S. 4245- 4249.

Mauerberger, Andrea (1990). „Biomedizinische Großforschung im Spannungsverhältnis zur Universität - Das Deutsche Krebsforschungszentrum (DKFZ).“ In: Margit Szöllosi-Janze, Helmut Trischler (Hrsg. 1990). *Großforschung in Deutschland*. Frankfurt a.M.: Campus. S. 203- 219.

McElheny, Victor (2003). *Watson and DNA: Making a Scientific Revolution*. New York: John Wiley & Sons

McIntyre, P. (2005). „Finding the viral link: The story of Harald zur Hausen.“ *Cancerworld*, Jul-Aug , S. 32-37.

Meienhofer, Johannes, Eugen Schnabel, Helmut Bremer, Helmut Otto Brinkhoff, Rudolf Zabel, Werner Sroka, Henning Klostermeyer, Dietrich Brandenburg, Toru Okuda und Helmut Zahn (1963). Synthese der Insulinketten und ihre Kombination zu insulinaktiven Präparaten. *Zeitschrift für Naturforschung* 18b, S. 1120-1121.

Melchers, Fritz und Zachau, Hans Georg (1964). „Spaltung von löslicher Ribonucleinsäure und Serin-spezifischen Transfer-Ribonucleinsäure-Fractionen mit Pankreas-Ribonuclease.“ *Biochimica et Biophysica Acta* 91, S. 559-572.

Melchers, Fritz (2007). „Eindrücke eines Doktoranden.“ In: Simone Wenkel & Ute Deichmann (Hg.). *Max Delbrück and Cologne. An early chapter of German molecular biology*. Singapur: World Scientific, S. 108-121.

Mennigmann, H. D. (2003), „Nachruf: Reinhard Walter Kaplan.“ *Unireport Fra.*, 03/05, S. 21.

Mennigmann, H.D., Szybalski, W. (1962). „Molecular mechanism of thymine-less death.“ *Biochemical et Biophysical Research Communications* 9, S. 398-404.

Meselson, Matthew und Frank W. Stahl (1958). „The replication of DNA in Escherichia coli." *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 44, S. 671-682.

Messing, J. (1993). „M13 Cloning Vehicles: Their Contribution to DNA Sequencing." *Methods of Molecular Biology* 23, S. 9–22.

Messing, J., Gronenborn, Müller-Hill, B., Hofschneider, P.H. (1977). „Filamentous coliphage M13 as a cloning vehicle: Insertion of a HindII fragment of the lac regulatory region in M13 replicative form in vitro." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 74(9), S. 3642-3646.

Meyl, Arwed H. (1958). *Denkschrift zur Lage der Biologie*. Wiesbaden: Steiner.

Michaelis, G., Saedler, H., Venkov, P., Starlinger, P. (1969). „Two insertions in the Galactose Operon having different sizes but homologous DNA sequence." *Molecular and General Genetics* 104, S. 371–377.

Mills, D.R., Pace, N.R., Spiegelman S. (1966). „The in vitro synthesis of a noninfectious complex containing biologically active viral RNA." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 56, S. 1778-1785.

Monod, Jacques, Changeux, Jean-Pierre und François Jacob (1963). „Allosteric proteins and cellular control systems." *Journal of Molecular Biology* 6, S. 306-329.

Morange, Michel (1997). „The development of EMBO and EMBL: A reflection of the recent history of molecular biology." *M S-Medecine Sciences* 13(3), S. 367-371.

Morange, Michel (1998). *A history of molecular biology*. Cambridge, USA: Harvard University Press.

Morange, Michel (2009a) „Coming to Cologne and the organization of research." *Metascience* 18 (2), S.339-342.

Morange, Michel (2009b). „A Critical Perspective on Synthetic Biology." *HYLE – International Journal for Philosophy of Chemistry* 15, S. 21-30.

Müller-Hill, Benno (1984). *Tödliche Wissenschaft. Die Aussonderung von Juden, Zigeunern und Geisteskranken 1933 - 1945*. Reinbek: Rowohlt.

Müller-Hill, Benno (1996). *The lac operon. A history of a genetic paradigm*. Berlin, New York: Walter de Gruyter.

Müller-Hill, Benno (2001). „Reflections on the use of interviews in the history of science: Who will write the history of science." *History and Philosophy of the Life Sciences* 23, S. 105-116.

Müller-Hill Benno (2003). „My happy days with Lac repressor - in a dark world". In: G. Semenza and A.J. Turner (Eds.), *Selected topics in the History of Biochemistry: Personal Recollections VII (Comprehensive Biochemistry Vol. 42)*, Amsterdam: Elsevier Science, S. 447-497

Müller-Hill, Benno (2007). „Attempts to transfer lab structure and scientific habits from Harvard to Cologne." In: Simone Wenkel & Ute Deichmann (Hg.). *Max Delbrück and Cologne. An early chapter of German molecular biology*. Singapur: World Scientific. S. 197-203.

Mundry, Wolfgang (2007) „TMV in Tübingen and its escapade with genetics." In: Simone Wenkel & Ute Deichmann (Hg.). *Max Delbrück and Cologne. An early chapter of German molecular biology*. Singapur: World Scientific, S. 150-156.

Nalimov, V.V., Mulchenko, B.M. (1969) *Scientometrie*. Nauka, Moscow,(russisch).

Neubert, W. und Werner S. (2004). „Obituary - In memoriam Peter Hans Hofschneider." *Archives of Virology* 149, S. 2473–2474.

Nipperdey, T., Schmugge, L. (1970). *50 Jahre Forschungsförderung in Deutschland. Ein Abriß der Geschichte der Deutschen Forschungsgemeinschaft 1920-1970.* Bonn/Bad Godesberg: DFG.

Nirenberg, Marshall (2005). „Deciphering the genetic code – A personal account“. In: Jan Witkowski, *The inside story. From DNA to RNA to protein.* Cold Spring Harbor: CSHL Press, 2005, S.189-208.

Nirenberg, Marshall und J. Heinrich Matthaei (1961). Dependence of cell-free protein synthesis in *E. coli* upon naturally occurring or synthetic polyribonucleotides. *Proceedings of the National Academy Sciences USA* 47 (10), S. 1588-1602.

Nossal, N.G., Franklin, J.L., Kutter, E., Drake, J.W. (2004). „Gisela Mosig.“ *Genetics* 168(3), S. 1097-1104.

Ohne Verfasserangabe (1970). „Re-Emigration. Kommen Sie?“ *Der Spiegel* 46/1970, S.104.

Ohne Verfasserangabe (1971) „Ekkehard Bautz recipient of Pfizer award in enzyme chemistry.“ *Journal of dairy science* 55 (6); S.6-7.

Ohne Verfasserangabe (1987) „Crystallographers.“ *Journal of Applied Crystallography* 20, S.324-325.

Olby, Robert ([1974], 1994) *The path to the Double helix - Discovery of DNA.* New York: Dover.

Osareh, Farideh. (1996). „Bibliometrics, Citation Analysis and Co-Citation Analysis: A Review of Literature II.“ *Libri* 46, S. 217-225.

Osietzki, Marie (1994) „Reform oder Modernisierung: Impulse zu neuartigen Organisationsstrukturen in der Wissenschaft nach 1945.“ In: W. Fischer, K. Hierholzer, M. Hubensdorf u.a. (Hg.). *Exodus der Wissenschaften aus Berlin. Fragestellungen –*

Ergebnisse – Desiderate: Entwicklungen vor und nach 1933. Berlin, New York: Walter de Gruyter, S. 284-295.

Otto, B., Bonhoeffer, F., Schaller, H.(1973). „Purification and properties of DNA polymerase 3." *European Journal of Biochemistry* 34(3), S.440-7.

Overath, Peter (2001). „Ulf Henning." In: *Max-Planck-Gesellschaft: Jahrbuch 2001*, Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht. S. 877-878.

Paul, Diane (1998). *The politics of heredity.* Albany: SUNY Press, 1998.

Pauling, Linus, Corey, Robert B. und Herman R. Branson (1951).„The structure of proteins - 2 hydrogen-bonded helical configurations of the polypeptide chain." *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 37 (4), S. 205-211.

Pasternak, Günter (2008). „Notizen zu Biowissenschaften und Medizin an der Akademie der Wissenschaften der DDR Schwerpunkt: Zentralinstitute in Berlin-Buch." URL: http://forschungsakademien.de/wp-content/uploads/2012/08/120608_Pasternak_Günter_Vortrag.pdf.

Perutz, M.F. (1989). „Gerhard Braunitzer (1921-1989) (Obituary)." *Hemoglobin* 13, S. iii-v.

Perutz, Max F., Rossmann, Michael G., Cullis, Ann F., Muirhead, Hilary, Will, George und Anthony C.T. North (1960). „Structure of haemoglobin -3-dimensional fourier synthesis at 5.5-A resolution, obtained by x-Ray analysis." *Nature* 185 (4711), S. 416-422.

Pfeifer, F. (2005). „In Memoriam Wolfram Zillig 1925-2005." *Extremophiles* 9(5), S. 343-344.

Pittendrigh, Colin S. (1960). „Circadian rhythms and the circadian organisation of living systems. Cold Spring Harbor Symposium on quantitative biology 25, S. 159-184.

Price, Derek J. de Solla (1963) „Little Science, Big Science." New York: Columbia University Press. Deutsche Erstausgabe (1974) Frankfurt am Main: Suhrkamp.

Price, Wallace, D.P. (1986). „The relationship between journal productivity and obsolescence." *Journal of the American Society for Information Science* 37, S. 136-145.

Pritchard, A. (1969). „Statistical Bibliography or Bibliometrics?" *Journal of Documentation* 25 (4), S. 349.

Proctor, Robert (1988) *Racial Hygiene: Medicine under the Nazis*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.

Rajewsky, Klaus (2007). „Joining the Institute of Genetics early on as an Immunologist." In: Simone Wenkel & Ute Deichmann (Hg.). *Max Delbrück and Cologne. An early chapter of German molecular biology*. Singapur: World Scientific. S. 204-211.

Rajewsky, Klaus (2013). Years in Cologne. *Annual Reviews of Immunology* 31, S. 1–29.

Ray, D.S., Bscheider, H.P., Hofschneider P.H. (1966). „Replication of the single-stranded DNA of the male-specific bacteriophage M13. Isolation of intracellular forms of phage-specific DNA." *Journal of Molecular Biology* 21(3), S.473-83.

Rheinberger, Hans-Jörg (1992a). Experiment, difference, and writing: I. Tracing protein synthesis". *Studies in History and Philosophy of Science Part A* 23(2), S.305-331.

Rheinberger, Hans-Jörg (1992b). „Experiment, Difference, and Writing: II. The Laboratory Production of Transfer RNA." *Studies in History and Philosophy of Science Part A* 23(3), S. 389-422.

Rheinberger, Hans-Jörg (1993). „Experiment and orientation. Early systems of in vitro protein synthesis." *Journal of the History of Biology* 26 , S. 443-471.

Rheinberger, Hans-Jörg (1995). *Kurze Geschichte der Molekularbiologie. Preprint 24*. Berlin: Max-Planck-Institut für Wissenschaftsgeschichte.

Rheinberger, Hans-Jörg (1997). *Toward a history of epistemic things: Synthesizing proteins in the test tube*. Stanford: Stanford University Press.

Rheinberger, Hans-Jörg (2000). „Virusforschung an den Kaiser-Wilhelm-Instituten für Biochemie und für Biologie." In: Kaufmann, D. (Hg.): *Geschichte der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft im Nationalsozialismus. Bestandsaufnahme und Perspektiven der Forschung*, Bd. 2, Göttingen: Wallstein, S. 667-698.

Rheinberger, Hans-Jörg (2001). „Ephestia: The Experimental Design of Alfred Kühn's Physiological Developmental Genetics." *Journal of the History of Biology* 33, S. 535–576.

Rheinberger, Hans-Jörg (2001b). *Experimentalsysteme und epistemische Dinge. Eine Geschichte der Proteinsynthese im Reagenzglas*. Göttingen: Wallstein.

Rheinberger, Hans-Jörg (2002). „Die Stiftung Volkswagenwerk und die neue Biologie. Streiflichter einer Förderbiographie." In: Michael Globig (Hrsg.). *Impulse geben—Wissen stiften 40 Jahre VolkswagenStiftung*. Göttingen: Vandenhoeck and Ruprecht. S. 197-235.

Rheinberger, Hans-Jörg (2006). *Epistemologie des Konkreten. Studien zur Geschichte der modernen Biologie*. Frankfurt: Suhrkamp.

Röhl, Hans Christian (1994). *Der Wissenschaftsrat. Kooperation zwischen Wissenschaft, Bund und Ländern und ihre rechtlichen Determinanten*. Baden-Baden: Nomos.

Rueckert, R. R., Zillig, Worfram, Doerfler, Walter (1962). „Incorporation of [14C] leucine into bacteriophage proteins in cell-free extracts of Escherichia coli." *Journal of Molecular Biology* 5 S. 10- 17.

Rülcke, Volker (2006). „Funding the scientific foundations of race policies: Ernst Rüdin and the impact of career resources on psychiatric genetics, ca. 1910-1945.“ In: Wolfgang U. Eckart (Hrsg.) *Man, medicine and the state: The human body as an object of government sponsored medical research in the 20th century*. Stuttgart: Steiner, S.73-87.

Rosenthal, Hans-Alfred (1975). „Neue Nutzungsmöglichkeiten für konditionelle Letalmutanten von Viren." Berlin, Humboldt-Univ.,s Wissenschaftl. Rat, Diss. B.

Ryan, F. J., Schneider, L. K. (1949). „Mutations during the growth of biochemical mutants of Escherichia coli." *Genetics* 34 (1), S. 72-91.

Sachse, Carola (Hrsg., 2003). *Die Verbindung nach Auschwitz. Biowissenschaften und Menschenversuche an Kaiser-Wilhelm-Instituten*. Göttingen: Wallstein Verlag.

Sachse, Carola (2011). „Ein als Neugründung zu deutender Beschluß...': vom Kaiser-Wilhelm-Institut für Anthropologie, menschliche Erblehre und Eugenik zum Max-Planck-Institut für molekulare Genetik." *Medizinhistorisches Journal* 46 (1), S. 24- 50.

Saedler, H. und Starlinger, P. (1992). „25 years of transposable elements research in Köln." In: Fedoroff, N., Botstein, D. (Hrsg.). *The Dynamic Genome - Barbara McClintock's ideas in the century of genetics*. Cold Spring Harbor: Cold Spring Harbor Laboratory Press. S. 243-263.

Saedler, Heinz (2007). „Early years of transposon research in Cologne." In: Simone Wenkel & Ute Deichmann (Hg.). *Max Delbrück and Cologne. An early chapter of German molecular biology*. Singapur: World Scientific. S. 212-215.

Sanger, F.; Donelson, J.E.; Coulson, A.R.; Kössel, H.; Fischer, D. (1973). „Use of DNA Polymerase I Primed by a Synthetic Oligonucleotide to Determine a Nucleotide Sequence in Phage f1 DNA." *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 70(4), S.1209–1213.

Sanger, Frederick (1945). „The free amino groups of insulin." *Biochemical Journal* 39, S. 507-515.

Sanger, Frederick und Hans Tuppy (1951). „The amino-acid sequence in the phenylalanyl chain of insulin .1. The identification of lower peptides from partial hydrolysates." *Biochemical Journal* 49 (4), S. 463-481.

Sanger, Frederick, Air, Gilian M., Barrell, Bart G., Brown, Nigel L., Coulson, Alan R., Fiddes, John C., Hutchison, Clyde A. III, Slocombe, Patrick M. und, Michael Smith (1977). „Nucleotide sequence of bacteriophage Φ X174 DNA." *Nature* 265, S. 687-695.

Sanger, Frederick et al. (1977b). „DNA Sequencing with chain-terminating inhibitors". *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 74 (12), S. 5463-5467.

Sauer, Gerhard (1971). „Apparent differences in transcriptional control in cells productively infected and transformed by SV40." *Nature New Biology*, 231, S.135-138.

Schachtschnabel, D., Zillig, Wolfram (1959). „Untersuchungen zur Biosynthese der Proteine, I. Über den Einbau ^{14}C -markierter Aminosäuren ins Protein zellfreier Nucleoprotein-Enzym-Systeme aus *Escherichia coli* B." *Hoppe-Seyler's Zeitschrift für physiologische Chemie* 314 (1), S. 262–275.

Schaller, H. und H. G. Khorana (1963). „Studies on Polynucleotides. XXV.1 The Stepwise Synthesis of Specific Deoxyribopolynucleotides (5).1 Further Studies on the Synthesis of Internucleotide Bond by the Carbodiimide Method. The Synthesis of Suitably Protected Dinucleotides as Intermediates in the Synthesis of Higher Oligonucleotides." *Journal of the American Chemical Society* 85(23), S. 3828–3835.

Schazschneider, B., Ristow, H., Kleinkauf, H. (1974). „Interaction between the antibiotic tyrocidine and DNA in vitro." *Nature* 249(459), S. 757-759.

Scheele, Scheele (1994). *Kontinuität und Wandel: die Geschichte der Gesellschaft für Biotechnologische Forschung (GBF) mbH und ihrer Vorgängerin 1965-1990*. Hamburg: Univ., Habil.-Schrift.

Schieder, Wolfgang, Trunk, Achim (Hg., 2004). *Adolf Butenandt und die Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft. Wissenschaft, Industrie und Politik im >Dritten Reich<*, Göttingen: Wallstein.

Schmaltz, Florian (2007). *Kampfstoff-Forschung im Nationalsozialismus. Zur Kooperation von Kaiser-Wilhelm- Instituten, Militär und Industrie*. Göttingen: Wallstein.

Schmitt, Wieland und Dieter Örtel (1966). *Bibliotheksarbeit der Deutschen Forschungsgemeinschaft 1949-1964*. Frankfurt a.M.: Klostermann.

Scholthof, K.-B. G., Shaw, J. G., Zaitlin, M. (1999, Hg.). *Tobacco Mosaic Virus. One Hundred Years of Contributions to Virology*, St. Paul: Amer. Phytopathological Society.

Schramm, G., Braunitzer, G. (1953) „Prolin als Endgruppe des Tabakmosaikvirus." *Zeitschrift für Naturforschung* 8b, S. 61-68.

Schramm, G., Braunitzer, G., Schneider, J.W. (1955) „Terminal Groups of Tobacco Mosaic Virus." *Nature* 176, S. 456-457.

Schramm, G., Schumacher, G., Zillig, W. (1955). „An infectious nucleoprotein from tobacco mosaic virus." *Nature* 175 (4456), S. 549-550.

Schrödinger, Erwin (1944). *What is Life?* Cambridge, London: Cambridge University Press.

Schuster, H., Schramm, G. (1958) „Bestimmung der biologisch wirksamen Einheit in der Ribosenucleinsäure des Tabakmosaikvirus auf chemischem Wege." *Zeitschrift für Naturforschung* 13B (11), S. 697-704.

Schwarz, Z., Kössel, Hans (1980). The primary structure of 16S rDNA from *Zea mays* chloroplast is homologous to *E. coli* 16S rRNA. *Nature* 283, S. 739–742.

Schwarz, E., Scherer, G., Hobom, G., Kössel, H. (1978) „Nucleotide sequence of *cro*, *cII* and part of the *O* gene in phage lambda DNA." *Nature* 272(5652), S. 410-414.

Schwerin, Alexander von (2000). „Experimentalisierung des Menschen. Die Genetiker Hans Nachtsheim und die vergleichende Erbpathologie 1920-1945." In: Reinhard Rürup und Wolfgang Schieder (Hrsg.). *Geschichte der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft im Nationalsozialismus*. Band 10. S. 330-404.

Siemens, Johannes (1997). „Lyssenkoismus in Deutschland." *Biologie in unserer Zeit* 27(4), S. 255-262.

Sitte, Peter (1997) „Obituary: Hans Kössel (1934-1995)." *Eukaryotism and Symbiosis*. S. 119-121.

Small, H. (1978). „Cited documents as context symbols." *Social Studies of Science* 8, S. 327-340.

Small, H. (1982). „Citation context analysis." *Progress in Communication Science* 3, S. 287-310.

Smith, L.C., (1981). „Citation Analysis." *Library Trends* 30 (1), S. 85.

Snyder, Laurence H. (1955) *Grundlagen der Vererbung. Lehrbuch der allgemeinen Genetik*. Frankfurt, Berlin: Metzner.

Sprenger, Ernst (1981) „Walter Sandritter 1920-1980." *Cytometry* 2(2), S. 53.

Sprinzi, M. und Cramer, F. (1973). „Accepting site for Aminoacylation of tRNAPhe from yeast." *Nature New Biology* 245, S. 3-5.

Stanley, Wendell M. (1935). „Isolation of a crystalline protein possessing the. properties of tobacco-mosaic virus." *Science* 81, S. 644–645.

Starlinger, P. und Kaudewitz, F. (1956) „Ein pseudoallel-spezifischer suppressor bei *Salmonella typhimurium*." *Zeitschrift für Naturforschung Part B* 11(6), S. 317-329.

Starlinger, Peter (1954). *Vergleich der serologischen Spezifität des Tabakmosaikvirus und seiner nukleinsäurefreien Derivate*, Tübingen: Univ. Diss., Medizinische Fakultät.

Starlinger, Peter (1960). *The Formation of galactokinase in cells of Escherichia coli after infection with the transducing bacteriophage*, Köln: Habilitationsschrift, Math.-naturwiss. Fakultät.

Starlinger, Peter (2000) „Jeff Schell in Cologne." *The Plant Journal* 23(1), S. 7-9.

Starlinger, Peter (2005). „Fifty good years." *Annual reviews of Plant Biology* 56, S. 1–13.

Steiger, Helmut (2003) „Reinhard Walter Kaplan zum Gedenken." *Biospektrum*, Sonderausgabe, Jahrgang 9, S. 508.

Strasser, Bruno J. (2002). „Institutionalizing Molecular Biology in Post-War Europe: A Comparative Study." *Studies in the History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences* 33, S. 533-564.

Strasser, Bruno J. (2002b). „Microscopes électroniques, totems de laboratoires es réseaux transnationaux: L´emergence de la biologie moléculaire à Genève (1945-1960)." *Revue d´Histoire des Sciences*, 55, S. 5-43.

Strasser, Bruno J. (2003a). „Who cares about the double helix?" *Nature* 442, S. 803-804.

Strasser, Bruno J. (2003b) „The transformation of the biological sciences in post-war Europe. EMBO and the early days of European molecular biology research." *EMBO Reports* 4(6), S. 540-543.

Strasser, Bruno J. (2004). „Science, society and contexts: Perspectives on the history of EMBO." In: Raymond Appleyard. *EMBO - 40 years of success*. Heidelberg: EMBO. S. 15-23.

Strasser, Bruno J. (2006). *La fabrique d'une nouvelle science, La biologie moléculaire à l'âge atomique, 1945-1964*, Florenz: Olschki.

Strasser, Bruno J. (2007). „Building molecular biology in post-war Europe: Between the Atomic Age and the American challenge." In: Simone Wenkel & Ute Deichmann (Hg.). *Max Delbrück and Cologne. An early chapter of German molecular biology*. Singapur: World Scientific. S. 58-65.

Strasser, Bruno J., Chadarevian, S. (Hg.) (2002). *Molecular Biology in Post-War Europe*, special issue of *Studies in the History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences*, 33(3).

Straub, Joseph (1953) „Cytogenetik." *Fortschritte der Botanik* 14, S. 437-480.

Straub, Joseph (2007) „Abdruck des Beitrages zur Gedenkfeier für Max Delbrück am 109.03.1982." In: Simone Wenkel & Ute Deichmann (Hg.). *Max Delbrück and Cologne. An early chapter of German molecular biology*. Singapur: World Scientific. S. 66-74.

Sudrow, Anne (2002). „Vom Leder zum Kunststoff. Werkstoff-Forschung auf der „Schuh- prüfstrecke“ im Konzentrationslager Sachsenhausen 1940–1945." In: Helmut Maier (Hrsg.) *Rüstungsforschung im Nationalsozialismus. Organisation, Mobilisierung und Entgrenzung der Technikwissenschaften*, Göttingen: Wallstein, S. 214-249.

Susman, Millard (1995) „The Cold Spring Harbor Phage Course (1945-1970): A 50th Anniversary Remembrance. *Genetics* 139(3), S. 1101– 1106.

Szilard, Leo (1963). *Die Stimme der Delphine*. Reinbek b. Hamburg : Rowohlt.

Szölloosi-Janze, Margit, Trischler, Helmut (Hg. 1990). *Großforschung in Deutschland*. Frankfurt a.M.: Campus.

Tauber, Alfred I. and Podolsky, Scott H. (1997). *The generation of diversity. Clonal Selection theory and the rise of molecular immunology*. Cambridge, USA: Harvard University Press.

the International Laboratory of Genetics and Biophysics in Naples (1962–1969)." *Studies in the history and philosophy of biological & biomedical sciences* 33, S. 489–513.

Timoféeff-Ressovsky, N. W., Zimmer, K. G. Und Delbrück, M. (1935) „Über die Natur der Genmutation und der Genstruktur." *Nachr. Ges. Wiss. Göttingen. Math.-Phys. Kl. Fachgr. 6, 1*, S. 189-245.

Tooze, J. (1981) „A brief history of the European Molecular Biology Organisation." *EMBO Journal*, sample copy, S. 1–6.

Tooze, J. (1986). „The role of European molecular biology organization (EMBO) and European molecular biology conference (EMBC) in European molecular biology (1970–1983)." *Perspectives in Biology and Medicine* 29, S. 38–46.

Tooze, John (1989). „EMBO 25 years on." *Experientia* 45, S. 497 -499.

Trautner, T.A. (1958). „Untersuchungen an Heterozygoten des Phagen T1." *Zeitschrift für Vererbungslehre* 89, S. 264-271.

Trautner, T.A., Swartz, M.N. und Kornberg, A. (1962) „Enzymatic synthesis of deoxyribomucleic acid, X. Influence of Bromuracil substitutions on replication." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 48, S. 449-455.

Trautner, Thomas A. (2007). „Life with Bacteriophages." In: Simone Wenkel & Ute Deichmann (Hg.). *Max Delbrück and Cologne. An early chapter of German molecular biology*. Singapur: World Scientific. S. 128-130.

Trommer, Wolfgang (2009). „Nachruf auf Gerhard Pfeleiderer." *Biospektrum*, Jahrgang 15, S. 71.

Verwoerd, D.W., Zillig, W. und Heinz Kohlhage (1961). „Specific Partial Hydrolysis of Nucleic Acids in Nucleotide Sequence Studies." *Nature* 192, S. 1038-1040.

Vielmetter, W., Schuster, H. (1960). „Die Basenspezifität bei der Induktion von Mutationen durch salpetrige Säure in Phagen T 2." *Zeitschrift für Naturforschung* 15b, S. 304-311.

Vierhaus, Rudolf und Bernhard von Brocke (1990). *Forschung im Spannungsfeld von Politik und Gesellschaft : Geschichte und Struktur der Kaiser-Wilhelm-/Max-Planck-Gesellschaft*. Stuttgart : Dt. Verl.-Anstalt.

Vinkler, P. (1987). „A quasi-quantitative citation model." *Scientometrics* 12 (1-2), S. 47-72.

Wacker, A., Mennigmann H.D., Szybalski W. (1962) „Effects of "visible" light on 5-bromouracil-labelled DNA." *Nature* 196, S. 685-686.

Waldschmidt-Leitz, Ernst, Zeiss, O. (1955). „Über Protofibrin, die kristalline Hauptkomponente der Seidenfaser." *Hoppe Seylers Zeitschrift für physiologische Chemie* 300, S. 49-67.

Waldschmidt-Leitz, Ernst und Renate Mindemann (1956). Bestimmung Aminoendständiger Aminosäuren in Proteinen. *Hoppe-Seyler's Zeitschrift für physiologische Chemie* 304 (1-2), S. 166–172.

Walter, G., Zillig, W., Palm, P. et al. (1967) „Initiation of DNA-dependent RNA synthesis and the effect of heparin on RNA polymerase." *European Journal of Biochemistry* 3(2), S. 194-201.

Watson, James D. und Andrew Berry (2003). *DNA: The secret of life*. New York: Knopf.
Watson, James D. und Francis H.C. Crick (1953). „Molecular structure of nucleic acids. A structure for deoxyribose nucleic acid." *Nature* 171, S. 737-738.

Weber, K., Bibring, T., Osborn, M. (1975). „Specific visualization of tubulin-containing structures in tissue culture cells by immunofluorescence, cytoplasmic microtubules, vinblastine-induced paracrystals and mitotic figures." *Experimental Cell Research* 95, S. 111-120.

Weber, K., Osborn, M. (1969). „The reliability of molecular weight determinations by dodecyl sulfate-polyacrylamide gel electrophoresis." *Journal of Biological Chemistry* 244 (16), S. 4406–4412.

Weidel, W. und Kellenberger, E. (1955). „The E. coli B-receptor for the phage T5. II. Electron microscopic studies." *Biochimica et Biophysica Acta* 17(1), S. 1-9.

Weidel, Wolfhard (1951). „Über die Zellmembran von Escherichia coli B." *Zeitschrift für Naturforschung* 9, S. 398–406.

Weidel, Wolfhard (1957). *Virus - Die Geschichte vom geborgten Leben*. Berlin u.a.: Springer.

Weingart, P. und Winterhager, M. (1990) „Strengths and weaknesses of German science in the light of publications and citations." In: *Science and Technology in Germany*. London: Catermill. S. 195-207.

Weinstock, N. (1971). „Citation indexes." In Kent A. (Hg.) *Encyclopedia of library and information science*. New York: Marcel Dekker 5, S. 16-41.

Weisemann, K., Kröner, P., Toellner, R. (1997). *Wissenschaft und Politik - Genetik und Humangenetik in der DDR (1949-1989)*. Münster: Lit Verlag.

Weiss, Sheila F. (2010). *The Nazi Symbiosis: Human Genetics and Politics During the Third Reich*. Chicago: University of Chicago Press.

Wenkel, Simone (2007). „Founding and Crisis." In: Simone Wenkel & Ute Deichmann (Hg.). *Max Delbrück and Cologne. An early chapter of German molecular biology*. Singapur: World Scientific. S. 21-38.

Wenkel, Simone und Ute Deichmann (2007, Hg.). *Max Delbrück and Cologne. An early chapter of German molecular biology*. Singapur: World Scientific.

Werner, Petra (1988). *Otto Warburg*. Berlin: Verlag Neues Leben.

Westbrook, J.H. (1960). „Identifying significant research – Literature citation counting is evaluated as a means for identification of significant research." *Science* 132 (3435), S. 1229 -1234.

Westney, L.C.H. (1998) „Historical rankings of science and technology: A citationist perspective." *The Journal of the Association for History and computing*, 1 (1). [URL: <http://mcel.pacificu.edu/history/jahc/Westney/Westney.htm>].

Wieland, T. und Pfeleiderer, G. (Hg.,1969). *Molekularbiologie - Bausteine des Lebens*. Frankfurt: Umschau Verlag.

Wieland, T., Bodanszky (Hg., 1991). *The world of peptides - A brief history of peptide chemistry*. Berlin u.a.: Springer.

- Wilkins, M.H.F., Stokes, A.R. und Wilson, H.R.(1953). „Molecular Structure of Deoxyribose Nucleic Acids." *Nature* 171, S. 738-740.
- Wissenschaftsrat (1968). *Wissenschaftsrat: Wissenschaftsrat 1957-1967* . Bonn: Bundesdruckerei.
- Witkin, Evelyn M. (1947). „Mutations in Escherichia-coli induced by chemical agents." *Cold Spring Harbor Symposia on quantitative biology* 12, S. 256-269.
- Wittmann-Liebold, B. und Wittmann H.G. (1965). „Isolierung von Aminosäureaustauschen bei Nitritmutanten des Tabakmosaikvirus." *Zeitschrift für Vererbungslehre* 97, S. 305-326.
- Wittmann, H.G. (1961). „Ansätze zur Entschlüsselung des genetischen Codes." *Naturwissenschaften* 48, S. 729-734.
- Wittmann, H.G. und Wittmann-Liebold, B. (1963). „Tobacco mosaic virus mutants and the genetic coding problem." *Cold Spring Harbor Symposium on Quantitative Biology* 28, S. 589-595.
- Wolf, Klaus (1997). „From Daphnia to yeast two decades of mitochondrial research in Munich." *Current Genetics* 31; S. 371-374.
- Wöltge, Herbert (1995). „Das letzte Jahrbuch der DDR-Akademie." *Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät* 9 (10), S. 113-131.
- Yanofsky, C., Carlton, B.C., Hellsinki, D.R., Guest, J.R., Henning, U. (1964). „On Colinearity of Gene Structure and Protein Structure." *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 51 (2), S. 266-272.
- Zabel, R. (2004). „Synthesis of insulin in Aachen 40 years ago." *Nachrichten aus der Chemie*, 52(6) S. 694-695.

Zachau, H.G., Dütting, D., Feldmann, H. (1966). „The structures of two serine transfer ribonucleic acids." *Hoppe-Seylers Zeitschrift für physiologische Chemie* 347(4/6), S. 212-235.

Zachau, Hans Georg (2000). „Life with tRNA, chromatin, immunoglobulin genes: recollections of a German molecular biologist." In: G. Semenza and R. Jaenicke (Hg.), *Selected topics in the History of Biochemistry: Personal Recollections VI (Comprehensive Biochemistry Vol. 41)*. Amsterdam: Elsevier Science, S.635- 666.

Zahn, Helmut (2000). „My journey from wool research to insulin." *Journal of peptide science* 6(1), S. 1-10.

Zarnitz, Marie L. (1968). *Molekulare und physikalische Biologie*. Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht.

Zierold, Kurt (1968). *Forschungsförderung in drei Epochen*. Wiesbaden: Steiner.

Zinoni, F., Birkmann, A., Leinfelder, W., Böck, A. (1987) „Co-translational insertion of selenocysteine into formate dehydrogenase from *Escherichia coli* directed by a UGA codon." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 84, S.3156-3161.

zur Hausen H, Henle W, Hummeler K, Diehl V, Henle G. (1967). „Comparative study of cultured Burkitt tumor cells by immunofluorescence, autoradiography, and electron microscopy." *Journal of Virology* 1(4), S. 830-837.

zur Hausen, H. (2008) „Autobiographical Note by Harald zur Hausen." < http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/medicine/laureates/2008/hausen.html>, 20.01.2013.

zur Hausen, H. (2008) „The search for infectious causes of human cancers: Where and why." URL: http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/medicine/laureates/2008/hausen_lecture.pdf>, 20.12.2012.

zur Hausen, H., Schulte-Holthausen, H., Klein, G., Henle, W., Henle, G., Clifford, P., Santesson, L. (1970). „EBV DNA in biopsies of Burkitt tumours and anaplastic carcinomas of the nasopharynx." *Nature* 228(5276), S.1056-1058.

10. Liste der Abbildungen und Tabellen

Abbildung 1	Lehrveranstaltungen an der Universität zu Köln
Abbildung 2	Veröffentlichungen vom Kölner Institut für Genetik 1958-1978
Abbildung 3	Zitate für Arbeiten aus dem Kölner Inst. für Genetik 1958-1978
Abbildung 4	Fördervolumen in den Schwerpunktprogrammen nach Fächern
Abbildung 5	Fördersumme/ Antrag in den SPPs
Abbildung 6	Stipendien der DFG nach Fächern
Abbildung 7	Vergleich der Zitationen nach Themengebieten geordnet
Tabelle 1	Wissenschaftler am Institut für Genetik in Köln
Tabelle 2	Förderung nach Person im SPP Molekulare Biologie
Tabelle 3	Verteilung der SFBs auf die Bundesländer
Tabelle 4	Zwischen 1968 und 1980 bewilligte molekularbiologische SFBs
Tabelle 5	Anzahl der Zitate (Zitationsuntersuchung)
Tabelle 6	Internationaler Vergleich (Zitationsuntersuchung)
Tabelle 7	Herkunft der Zitate aus Deutschland
Tabelle 8	Inhalt der Zitate aus Deutschland
Tabelle 9	Wissenschaftliche Sprache

11. Abkürzungsverzeichnis

DAAD	Deutscher Akademischer Austauschdienst
DFG	Deutsche Forschungsgemeinschaft
DKFZ	Deutsches Krebsforschungszentrum
DNA	Desoxyribonukleinsäure
EMBL	European Molecular Biology Laboratory
EMBO	European Molecular Biology Organization
KWG	Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft
KWI	Kaiser-Wilhelm-Institut
MPG	Max-Planck-Gesellschaft
MPI	Max-Planck-Institut
NATO	North Atlantic Treaty Organization
NIH	National Institute of Health, USA
NSF	National Science Foundation, USA
RNA	Ribonukleinsäure
SFB	Sonderforschungsbereich (Förderart der DFG)
SPP	Schwerpunktprogramm (Förderart der DFG)
TMV	Tabakmosaikvirus
Trp	Aminosäure Tryptophan
TU	Technische Universität
ZMBH	Zentrum für Molekulare Biologie Heidelberg

Teilpublikation der vorliegenden Arbeit

Wenkel, Simone (2007). „Founding and Crisis.“ In: Simone Wenkel & Ute Deichmann (Hg.). *Max Delbrück and Cologne. An early chapter of German molecular biology.* Singapur: World Scientific. S. 21-38.

Wenkel, Simone und Ute Deichmann (Hrsg., 2007). *Max Delbrück and Cologne. An early chapter of German molecular biology.* Singapur: World Scientific.

Erklärung

Ich versichere, dass ich die von mir vorgelegte Dissertation selbständig angefertigt, die benutzten Quellen und Hilfsmittel vollständig angegeben und die Stellen der Arbeit – einschließlich Tabellen, Karten und Abbildungen –, die anderen Werken im Wortlaut oder dem Sinn nach entnommen sind, in jedem Einzelfall als Entlehnung kenntlich gemacht habe; dass diese Dissertation noch keiner anderen Fakultät oder Universität zur Prüfung vorgelegen hat; dass sie – abgesehen von unten angegebenen Teilpublikationen – noch nicht veröffentlicht worden ist, sowie, dass ich eine solche Veröffentlichung vor Abschluss des Promotionsverfahrens nicht vornehmen werde. Die Bestimmungen der Promotionsordnung sind mir benannt. Die von mir vorgelegte Dissertation ist von Frau Prof. Dr. rer. nat. Ute Deichmann betreut worden.

Simone Wenkel