

Vorwort

Im Jahr 1937 erschien das Wort „interdisciplinary“ erstmals in gedruckter Form im *Journal of Educational Sociology*.¹ Der Trend des fächerübergreifenden Arbeitens hatte die Sozialwissenschaften erfasst. Aber nicht nur die: Auch in den Naturwissenschaften überschritten Forscher*innen traditionelle Disziplinengrenzen. So erhellte zum Beispiel die Biochemikerin Rose Scott-Moncrieff die Wirkungsweise von Genen, der Biologe Josef Gicklhorn feilte an mikrophysikalischen Methoden. Der Zoologe Selig Hecht erläuterte im *Journal of Applied Physics* die photochemische Grundlage des Sehprozesses und der Chemiker Joseph Koepfli publizierte zusammen mit einem Biochemiker und einem Botaniker zu Pflanzenhormonen.² Die jungen Forscher*innen hatten sich dafür entschieden, nach ihrer Promotion an der Schnittstelle von physikalischen und biologischen Wissenschaften zu arbeiten. Wie gingen sie dabei vor? Wie „fanden“ sie biophysikalische und biochemische Forschungsprobleme? Und was unternahmen sie, um sich der Lösung dieser Probleme zu nähern? Solchen Fragen widmet sich das vorliegende Buch mit dem Ziel, diese als besonders fruchtbar wahrgenommene Art des Forschens besser zu verstehen.

Das Verhältnis der Fächer zueinander beschäftigte auch die Wissenschaftsphilosophie der Zeit. Am vierten Internationalen Kongress für Einheit der Wissenschaft 1938 wurde unter anderem diskutiert, „wie man Querverbindungen von Wissenschaft zu Wissenschaft herstellen könne“.³ Rudolf Carnap analysierte Fragen wie diese bevorzugt aus linguistischer Perspektive und prägte mit, wie die Wissenschaftsphilosophie

1 Abbott (2001), S. 131. Der Artikel, auf den in der 2. Auflage des *Oxford English Dictionary* (1989) verwiesen wird, bewarb Social Science Research Council Fellowships für „training of an interdisciplinary nature“. Anonymus (1937b), S. 251. Laut Sills (1986), S. 18 wird der Artikel auch in den Akten von *Merriam-Webster* als früheste veröffentlichte Verwendung des Wortes „interdisciplinary“ geführt.

2 Scott-Moncrieff (1937), Gicklhorn (1937), Hecht (1938c) sowie Koepfli/Thimann/Went (1938).

3 Neurath (1938), S. 1. Parallel zu den oben erwähnten biophysikalischen und biochemischen Arbeiten erschienen die ersten beiden Hefte der *International Encyclopedia of Unified Science*. Zu der 1934 von Otto Neurath ausgerufenen Unity of Science-Bewegung, siehe Cat (2021) und Cat/Cartwright/Chang (1996).

ihren Gegenstand in den folgenden Jahrzehnten behandelte.⁴ Das Fach fokussierte auf das *Resultat* wissenschaftlicher Tätigkeit – verstanden als geordneter Wissensbestand in Form von Aussagen – und weniger auf die Forschungs*handlungen* selbst. Die Analyse der Forschungsaktivität betrachtete Carnap als Aufgabe der Wissenschaftsgeschichte, -psychologie, -soziologie und der Methodologie.⁵

Von der Idee, den Ablauf der Forschung und deren Resultate getrennt zu betrachten, ist die Wissenschaftsforschung inzwischen abgekommen.⁶ Schließlich sind Vorgehen und Ergebnis eng verbunden: Von den Forschungshandlungen hängt ab, welche Resultate erzielt werden, und das angestrebte Resultat gibt die auszuführenden Handlungen vor. Oder, wie die Wissenschaftsphilosophin Lindley Darden schreibt: „The product shapes the process of discovery.“⁷ Darden ist eine Vertreterin des *New Mechanism* und versteht einen erheblichen Teil der biologischen Forschung als Suche nach Mechanismen für biologische Phänomene. Diese Phänomene, so die zentrale Annahme der *New Mechanists*, werden durch die Beschreibung der ihnen zugrundeliegenden Mechanismen erklärt anstatt etwa durch Subsumierung unter allgemeine Gesetze.⁸ Aus dieser Annahme lassen sich Thesen zur biologischen Forschungspraxis ableiten. Darden und ihr Kollege Carl Craver behaupten gar, dass man die moderne Biologie ohne das Konzept der Suche nach Mechanismen gar nicht verstehen könne.⁹ Indes denken auch die *New Mechanists* die Forschungsaktivität vom angestrebten Resultat her.¹⁰ Sie blicken auf die Forschungspraxis aus der Warte der zu entwickelnden Erklärung – und nicht aus der Perspektive der Akteure.¹¹

4 Carnap (1938), S. 42. Quine (1971), S. xxii zufolge gehörte Carnap ab den 1930er-Jahren zu den dominierenden Figuren der Wissenschaftsphilosophie.

5 Carnap (1938), S. 42. Unter Methodologie verstand Carnap die Beschreibung der bei der wissenschaftlichen Arbeit verwendeten Verfahren und Geräte.

6 Vielmehr bedauert unter anderen Chang (2014), S. 67 die von Carnap mitgetragene Engführung der Wissenschaft auf eine Ansammlung von Propositionen und ihrer logischen Beziehungen. Infolge dieser Engführung habe die anglophone Wissenschaftsphilosophie Tätigkeiten wie das Experimentieren und andere nicht-verbale und nicht-propositionale Dimensionen der Wissenschaft lange vernachlässigt.

7 Darden (2018), S. 256.

8 Siehe Machamer/Darden/Craver (2000), Darden (2006, 2008) und für einen Überblick zum *New Mechanism* Glennan/Illari (2018). Zur Kerngruppe der *New Mechanists* zählt Piccinini (2018), S. 440 William Bechtel, Robert Richardson, Stuart Glennan, Peter Machamer, Lindley Darden und Carl Craver. Relevant für die vorliegende Studie sind vor allem Darden, Craver und Bechtels Thesen zu den auf die Entdeckung von Mechanismen zielenden Forschungsstrategien (mehr dazu in Kapitel 2).

9 Craver/Darden (2013), S. 202: „Indeed, if we are right, nothing in biology makes any sense without the idea that biologists are searching for mechanisms.“

10 Zwar entwickelte sich der *New Mechanism* laut Darden (2008), S. 958–959 aus der Betrachtung biologischer Forschung, insbesondere jener in den Feldern Molekularbiologie, Neurobiologie, Biochemie und Zellbiologie. Ebenda schreibt sie aber auch: „Much guidance for reasoning in discovery results from the goal to discover a mechanism.“ Hervorhebung im Original.

11 In Reaktion auf diese generelle Tendenz der Wissenschaftsphilosophie insistiert Feest (2017), S. 1175: „[I]f we aim for philosophical accounts of scientific practice, we are well advised to take a closer look at some other concerns [than explanation] and questions researchers in fact struggle with.“ Auch Schickore (2017), S. 2–3 identifiziert diesbezüglich einen blinden Fleck in der Wissenschaftsforschung. Zur Frage,

Im Gegensatz dazu handelt die vorliegende Studie von Forscher*innen, die sich entschlossen, Mechanismen zu studieren. Ich untersuche, wie Wissenschaftler*innen dazu kamen, die biochemische oder biophysikalische Basis physiologischer Phänomene zu studieren und welche Strategien sie wählten, um nicht direkt beobachtbare, im Zellinnern ablaufende Vorgänge zu erhellen. Die Analyse einzelner Beispiele disziplinenübergreifender Forschung ist von wissenschaftshistorischem und -philosophischem Interesse gleichermaßen. Denn um beurteilen zu können, ob die Annahmen des *New Mechanism* helfen, das Handeln von Forscher*innen zu verstehen, braucht es Analysen der Forschungspraxis, wie Craver betonte: „If one hopes to understand the norms implicit in the practice of science [...] one must begin by looking at real science.“¹² Wenn es aber darum geht, die methodologischen Normen wissenschaftlicher Praxis zu identifizieren, darf die materielle, soziale und konzeptionelle Dimension der Forschungsprojekte nicht vernachlässigt werden. Im Gegenteil: Die Vorstellungen historischer Akteure von gutem wissenschaftlichen Arbeiten lassen sich umso präziser bestimmen, je mehr über die lokalen Bedingungen bekannt ist, unter denen sie ihre Forschungsvorhaben planten, ausführten und evaluierten.¹³

nach welchen methodologischen Kriterien Wissenschaftler*innen selbst ihr Handeln bewerteten, erfahre man in der wissenschaftshistorischen und -philosophischen Literatur wenig.

¹² Craver (2007), S. 235.

¹³ Schürch (2019).

1. Einleitung: Reizvolle physico-chemische Biologie

„I found out there was such a thing as Biology which I had not known before – an interesting and exciting Biology.“¹ Diese Entdeckung machte der amerikanische Chemiestudent James Bonner Ende der 1920er-Jahre. Bonner war ans California Institute of Technology gekommen, um bei Linus Pauling zu studieren und Physikochemiker zu werden („the ‚in thing‘ in those days“). Dann aber wurde er im Fach Biologie promoviert.² Bonner war nicht der einzige Nachwuchskemiker, der sich in der Zwischenkriegszeit den biologischen Wissenschaften zuwandte. Seine britische Fachgenossin Rose Scott-Moncrieff wechselte 1925 in die Biochemie und kooperierte ab 1929 mit Genetiker*innen. Im Jahr darauf tat sich Fritz Kögl als neu berufener Professor für Organische Chemie mit den Mitarbeiter*innen des Botanischen Instituts der Rijksuniversiteit Utrecht zusammen. Auch einige junge Physiker*innen standen im Kontakt mit den biologischen Wissenschaften. Zum Beispiel engagierte sich Reinhold Fürth ab 1923 in der Prager biologisch-physikalischen Arbeitsgemeinschaft. Der fast gleichaltrige Selig Hecht hatte das Fach gleich ganz gewechselt: Nach dem Collegestudium der Mathematik, Physik und Chemie begann er 1915 ein Promotionsstudium der Zoologie an der Harvard University.

Diese Beispiele zeugen von der Attraktivität der physico-chemischen Biologie – des Studiums physikalischer und chemischer Vorgänge in Lebewesen – in den 1920er- und 1930er-Jahren.³ Viele sahen großes Potenzial in der experimentellen Behandlung biologischer Probleme. Mit Blick auf die spektakulären Durchbrüche in der Kernphysik

1 Bonner, „Molecular biology and the understanding of life“, 1976, S. 1–2, Bonner Papers, Box 32, Ordner 24, Caltech Archives Pasadena.

2 Bonner (1980), S. 6. Besonders die Vorlesungen der Genetiker Thomas H. Morgan und Theodosius Dobzhansky sowie des Biochemikers Henry Borsook hatten ihn damals beeindruckt, erinnert sich Bonner. Chedd (1971), S. 700 ergänzt: „His new boss’s [i. e. Dobzhansky’s] habit of dropping everything for a trip to the beaches or mountains of California convinced Bonner that biology was indeed a great subject.“

3 Der Oberbegriff „physico-chemische Biologie“ umfasst diverse Spielarten der Erforschung biochemischer oder biophysikalischer Vorgänge, darunter die Biophysik, Biochemie und Allgemeine Physiologie. Davon unterscheidet sich die „physikochemische Biologie“ im engeren Sinne; die Verwendung der Methoden und Konzepte der Physikalischen Chemie zur Erforschung biologischer Phänomene.

und Quantenmechanik der Zeit behauptete etwa Frederick Gowland Hopkins, der das Biochemie-Institut leitete, in dem Scott-Moncrieff arbeitete: „[R]ecent progress in experimental biology, though to a superficial view less impressive, has been not less significant, and indeed not less revolutionary than the progress of modern physics.“⁴ In einem Bericht für den amerikanischen National Research Council von 1929 steht: „[T]he study of biology is perhaps at present the highest form of intellectual activity.“⁵ Gleichzeitig sei die Biologie auf die physikalischen Wissenschaften Chemie und Physik angewiesen. Diese Abhängigkeit sei offensichtlich, und die enge Zusammenarbeit der beiden Wissenschaftsbereiche absolut notwendig.⁶ Genauso sah das der Biologe Josef Gicklhorn, der Kooperationspartner des erwähnten Physikers Fürth. Gicklhorn betrachtete die Verwendung physikalischer und chemischer Methoden in der Biologie als unbedingte Notwendigkeit und fruchtbarsten Leitsatz für die Forschung.⁷ Analog dazu empfahl Thomas Hunt Morgan, der Leiter der Biologie-Abteilung, an der Bonner studierte: Physiker*innen sollten zukünftig vermehrt in biologischen und Biolog*innen in physikalischen Laboratorien arbeiten.⁸

Auch einige etablierte Physiker und Chemiker begrüßten die Annäherung der biologischen und physikalischen Wissenschaften. Der Leiter der physikalischen Abteilung des britischen National Physical Laboratory etwa hielt die Anwendung physikalischer Methoden auf biologische Probleme für ein ergiebiges und bedeutendes Forschungsgebiet.⁹ Und der deutsche Chemiker Fritz Haber erklärte 1921, die größte Aufgabe der Chemie bestehe aktuell darin, jene „stofflichen Formen und die Gesetze ihrer Wechselwirkung aufzuhellen, die die Grundlage der Lebensvorgänge ausmachen.“¹⁰ Überzeugt vom Potenzial der physico-chemischen Biologie waren auch Wissenschaftsmanager und Philanthropen. So finanzierte die Ledentsov-Gesellschaft das Moskauer Institut für Physik und Biophysik, Edmond James de Rothschild spendete dreißig Millionen Francs für den Bau des Institut de Biologie Physico-Chimique in Paris und die Rockefeller Foundation erklärte die Förderung der physico-chemischen Biologie 1933 zu einem programmatischen Schwerpunkt.¹¹

4 Hopkins (1931), S. 414. Die Stelle stammt aus Hopkins' Ansprache am Jahrestreffen der Royal Society 1931.

5 Du Noüy (1929), S. 7. Nicht die „fundamentalen“ Wissenschaften Physik und Chemie galten dem Biophysiker Pierre Lecomte du Noüy als die intellektuell herausforderndsten, sondern die seiner Darstellung nach umfassenderen, theoretisch und praktisch interessanteren Probleme des Lebens.

6 Du Noüy (1929), S. 5.

7 Gicklhorn (1927), S. 95.

8 Morgan (1927a), S. 217.

9 Stellungnahme von George William Clarkson Kaye, zitiert in Weaver, „Modern Biology“, 22. März 1934, S. 3, Rockefeller Foundation records, Administration, Program & Policy, RG 3.1, Serie 915, Box 4, Ordner 38 „Vital Processes, 1933–1934“, RAC North Tarrytown.

10 Haber (1924), S. 50. Für ein umfassendes biografisches Portrait Habers siehe Szöllösi-Janze (1998).

11 Ivanitskii (2019), S. 713, Khouvine (1930), S. 1051 und Weaver, „Natural Sciences – Program and Policy“, 24. Oktober 1934, S. 3, Rockefeller Foundation records, Administration, Program & Policy, RG 3.1, Serie 915, Box 1, Ordner 7, RAC North Tarrytown.

Über die Gründung neuer Institute für Biophysik und Biochemie wurde die physico-chemische Biologie in der Zwischenkriegszeit aktiv gefördert. Morgan kommentierte diese institutionelle Entwicklung 1927:

That a closer association of these [physical] sciences with biology is imperative is becoming more and more apparent as indicated by the development of special institutes for such work. In England, Germany, Russia, Scandinavia, and France, research institutes, specializing in different biological fields, yet primarily concerned with the application of mathematical, physical and chemical methods to biological subjects, have developed in recent years.¹²

Tatsächlich konnte sich die Biochemie nach dem Ersten Weltkrieg institutionell etablieren.¹³ Weltweit gab es 1928 über zweihundert Institute für Biochemie, unter anderem in Algier, Bahia, Bangalore, Fukuoka, Irkutsk, Jerusalem, Pretoria und Weihestephana.¹⁴ Die Biophysik etablierte sich in der Zwischenkriegszeit nicht im selben Maße, aber auch ihr wurden spezialisierte Kurse und Institute gewidmet.¹⁵ Zu den 23 im *Index Biologorum* aufgelisteten biophysikalischen Instituten gehören das Laboratoire de physique biologique in Lille oder das Biophysikalische Labor in Brno. 1919 hatte das Volkskommissariat für Gesundheit in Moskau das bereits erwähnte Forschungsinstitut für Physik und Biophysik gegründet. Ab Mitte der 1920er-Jahre entstanden in den USA unter anderem an der Columbia University, dem Cold Spring Harbor Laboratory, der University of Pennsylvania und am Caltech Professuren, Labore oder Institute für Biophysik.¹⁶

12 Morgan (1927b), S. 86.

13 Abir-Am (1997), S. 498 und Kay (1989a), S. 9. Beeindruckt von der rasanten Entwicklung des Fachs schrieb der deutsche Biochemiker Hans Pringsheim (1928), S. 604: „New chairs of biochemistry are being endowed, new laboratories with special equipment are being constructed in various universities and institutes devoted exclusively to research.“ Wie Morgan wertete Pringsheim die Institutionalisierung als Anerkennung. Biochemie erlange dadurch denselben Rang wie die Anorganische, Organische und Physikalische Chemie. Die Anfänge der modernen Biochemie reichen ins 19. Jahrhundert zurück, betonte Pringsheim. Die erste Ausgabe der *Zeitschrift für physiologische Chemie* erschien im Jahr 1877. Der Herausgeber Felix Hoppe-Seyler meinte in seinem Vorwort zur ersten Ausgabe, die Biochemie sei „zu einer Wissenschaft erwachsen, welche nicht allein der Biophysik sich ebenbürtig an die Seite gestellt hat, sondern an Thätigkeit und Erfolge ihr den Rang streitig macht“. 1901 gründete Franz Hofmeister die *Beiträge zur physiologischen Chemie*. Vier Jahre später folgte das *Journal of Biological Chemistry* in den USA, und 1906 die *Biochemische Zeitschrift* in Deutschland sowie das *Biochemical Journal* in Großbritannien. Zur Frühgeschichte der modernen Biochemie, siehe Kohler (1982), Kapitel 2–5, Fruton (1972) und Weyer (2018), Kapitel 13.

14 Hirsch (1928).

15 Wie die oben zitierte Bemerkung Hoppe-Seylers illustriert, entstand auch die Biophysik nicht erst in der Zwischenkriegszeit. Schon ab 1906 hatte zum Beispiel Leon Asher an der Universität Bern eine außerordentliche Professur „mit einem Lehrauftrag für Biophysik und Ernährungsphysiologie“ inne. Von Muralt (1943), S. 288. Seit demselben Jahr erschien die von Carl Oppenheimer und Leonor Michaelis herausgegebene Zeitschrift *Biophysikalisches Centralblatt*. 1910 wurde dieses mit dem 1900 gegründeten *Journal Biochemisches Centralblatt zum Zentralblatt für Biochemie und Biophysik* zusammengeführt.

16 Kay (1989a), S. 14.

Neben der Biophysik und Biochemie stand ein weiteres Fach für die Anwendung physikalischer und chemischer Methoden auf biologische Probleme: die Allgemeine Physiologie.¹⁷ Sie war noch weniger institutionell verankert als die Biophysik.¹⁸ Labore oder Departemente für Allgemeine Physiologie gab es in Plymouth, Marseille, Paris, Straßburg, Iași, Klausenburg und Adelaide.¹⁹ Noch vor Ende des Ersten Weltkriegs erschien außerdem die erste Ausgabe der Zeitschrift *The Journal of General Physiology*. Die beiden Herausgeber Jacques Loeb und Winthrop J. V. Osterhout wollten damit eine Publikationsplattform schaffen für „contributions relating to the physico-chemical explanation of life phenomena, no matter in what field of science they originate“.²⁰ Auch außerhalb der Vereinigten Staaten hatte das Fach prominente Fürsprecher, etwa William Maddock Bayliss in England oder Max Verworn in Deutschland.²¹ Loeb, Bayliss und Verworn starben jedoch alle in der ersten Hälfte der 1920er-Jahre. Mein Interesse gilt denn auch einer jüngeren Generation von Wissenschaftler*innen.

Die in diesem Buch porträtierten Personen waren nach 1890 geboren, hatten ab 1910 studiert und wollten sich in der Zwischenkriegszeit mit erstklassiger Forschung profilieren. Nur wenige von ihnen hatten Biochemie, Biophysik oder Allgemeine Physiologie studiert oder arbeiteten an Instituten mit entsprechender Bezeichnung. Disziplinenübergreifend gearbeitet wurde nämlich längst nicht nur unter dem Dach dieser „Interdisziplinen“. Fächerübergreifend zu arbeiten war vielmehr ein genereller Forschungstrend der Zeit. So befand der Autor eines Lehrbuchs von 1920, in der Biologie sei das „Bestreben, Brücken zu den exakten Wissenschaften hinüber zu schlagen“, omnipräsent.²² Einige Jahre später meinte Hopkins' Mitarbeiter Joseph Needham, Zoologie sei mittlerweile komparative Biochemie und Physiologie Biophysik.²³ Laut dem Pflanzenphysiologen Ernst Georg Pringsheim war das Ziel, Lebensvorgänge „auf Grund der aus der Erforschung der unbelebten Natur bekannten Gesetze“ zu erklä-

17 In seinem Brief an William Mansfield Clark vom 30. Oktober 1920 definierte Loeb das Fach als „application of exact physico-chemical methods to biological problems“. Loeb Papers, Box 1, Ordner „Correspondence Am. Soc. of Naturalists“, LOC Washington. Zu Loeb's Forschung und Disziplinenpolitik siehe Pauly (1987a,b) und Fangerau (2010).

18 Laut Hirsch (1928) arbeiteten 1928 gerade einmal sechzehn Personen auf dem Gebiet.

19 Weitere Professuren für Allgemeine Physiologie gab es an den Universitäten Pennsylvania, Princeton und Oregon.

20 „Announcement of the Journal of General Physiology“, zitiert nach Andersen (2005), S. 5.

21 Verworn's *Allgemeine Physiologie: Ein Grundriss von der Lehre vom Leben* von 1894 (weitere Auflagen folgten 1897 und 1901) erschien auch in englischer, französischer, russischer und italienischer Übersetzung. Verworn edierte außerdem ab 1902 die *Zeitschrift für Allgemeine Physiologie*. Bayliss verfasste die Monografien *Principles of General Physiology* (1915) und *An Introduction to General Physiology* (1919). Als Gründer der Allgemeinen Physiologie galt der französische Physiologe Claude Bernard. Siehe etwa Hendersons Vorwort zu Bernard (1927), S. viii–ix oder Wald (1991), S. 85, Fußnote 3.

22 Abderhalden (1920), S. 4.

23 Needham (1925), S. 224.

ren, das „Wesentliche und das Bezeichnende für die gegenwärtige Forschungsweise“.²⁴ Der Trend weg von den traditionellen biologischen Fächern Botanik und Zoologie hin zur Biophysik und Biochemie beschäftigte Wissenschaftler auch in ihrer privaten Korrespondenz. William Bateson schrieb 1926 kurz vor seinem Tod einem befreundeten Botaniker: „There are fashions in all things, especially in research, and just now those who in our day would have been zoologists or botanists are bio-chemists, almost every one.“²⁵

1.1 Interdisziplinäres Forschen als Herausforderung

Die physico-chemische Biologie erfreute sich in der Zwischenkriegszeit also großen Zuspruchs. Allerdings machten selbst ihre Befürworter keinen Hehl daraus, wie schwierig es ist, die Anliegen und Herangehensweisen verschiedener Disziplinen zusammenzuführen.

1.1.1 Die hohe Kunst, disziplinenübergreifend zu arbeiten

Eine große Hürde für die fächerübergreifende Forschung war die spezialisierte Ausbildung. Der wissenschaftliche Nachwuchs verfügte nur in Ausnahmefällen über Fachwissen in mehreren Disziplinen.²⁶ Der amerikanische Physiologe Alexander Forbes beklagte 1920, „[t]he physicist who must first of all be expert in his own line, can not digress to explore the field of biology with the thoroughness necessary to see where his methods would yield a harvest of data valuable to biology and instructive to himself.“²⁷ Auch Biolog*innen seien in der Regel ungenügend ausgebildet für biophysikalische Forschung, die physikalisches Wissen und die Beherrschung physikalischer Techniken voraussetze. Pringsheim kommentierte, dass „jeder [...] in den Hilfsmitteln aus einer anderen Wissenschaft, die er so nötig braucht, sehr hinter seiner Zeit zurück“ sei. „Je schneller die Wissenschaften fortschreiten, besonders jetzt Chemie und Physik,

²⁴ Pringsheim (1929), S. 948. Ernst Georg war der jüngere Bruder des in Fußnote 13 zitierten Biochemikers Hans Pringsheim.

²⁵ Bateson an Sir David Prain, 8. Januar 1926, Bateson Papers, Ordner H. 43, CUL Cambridge. Längst nicht alle Biolog*innen bejubelten diese Entwicklung. Wheeler (1923), S. 67–68 etwa machte klar, dass es ihm nicht darum ging, Vorgänge des Organismus und seiner Teile mit den Methoden der Physik und Chemie zu untersuchen. Stattdessen interessiere er sich für die Rolle der verschiedenen Organismen in der Ökonomie der Natur.

²⁶ Nickelsen (2022a), S. 369.

²⁷ Forbes (1920), S. 332.

um so ärger wird dies.“²⁸ Biolog*innen sei zudem oft nicht klar, wie sie physikalisches und chemisches Wissen nutzen könnten, so Bayliss.²⁹

Für Forbes, Pringsheim und Bayliss war die physico-chemische Biologie alles andere als ein Selbstläufer. Nun könnte man einwenden, dass die Autoren die Schwierigkeit disziplinenübergreifender Forschung dramatisierten, um die Notwendigkeit ihrer Studiengänge und Lehrbücher herauszustreichen.³⁰ Es gibt aber noch mehr Indizien dafür, dass die Frage, ob sich die physikalisch-chemische und biologische Forschung gewinnbringend integrieren lässt, Wissenschaftler*innen ernsthaft umtrieb. So schrieb der Physiologe und Biochemiker Otto Warburg über einen Vortrag von Kögls Kooperationspartner Friedrich Went, dieser habe alle „ermutigt“, „deren Ziel es ist, Lebensvorgänge auf Vorgänge der Physik und Chemie zurückzuführen.“³¹ Warburg zeigte sich begeistert darüber, dass genau dies der Utrechter Gruppe gelungen war. Seine Reaktion legt nahe, dass er solche Erfolge keineswegs für selbstverständlich hielt.

Als weiteren Hinweis darauf, dass die Erforschung physico-chemischer Vorgänge in Lebewesen keinesfalls trivial war, lassen sich Selig Hechts Aussichten auf eine Anstellung Anfang 1926 deuten. Die Columbia University schuf eigens für ihn eine Biophysik-Professur. Gleichzeitig gab es auch an den Universitäten Oxford, Chicago und Stanford Bemühungen, Hecht zu verpflichten.³² Als Hecht zwei Jahre später eine Stelle am Caltech angeboten wurde, versicherte ihm der Präsident der Columbia University: „The whole University is deeply interested in your field of activity, and I see no reason to doubt that support for it will be forthcoming and steady as the years pass.“³³ Wir sehen: Forscher wie Hecht, die physikalisch-chemische und biologische Methoden gewinnbringend zu verbinden wussten, waren so gefragt wie rar.

Die bisher unternommenen Versuche, Lebensvorgänge physikalisch-chemisch zu erforschen, seien mehrheitlich gescheitert, schrieb der deutsche Physikochemiker Rein-

28 Pringsheim an Keller, 8. August 1936, Cod. Ms. Pringsheim 240, SUB Göttingen.

29 Bayliss (1919), S. v: „[A]lthough a student may have attended good courses in these sciences, he does not readily apply the knowledge to physiological problems.“

30 Forbes bewarb einen neuen Lehrgang der Biophysik am Physik-Department der Universität Harvard. Bayliss' Aussage stammt aus dem Vorwort seiner *Introduction to General Physiology*.

31 Warburg an Went, 29. April 1932, Archive 79, Ordner „Warburg“, NMB Leiden. Warburgs Lob war mehr als eine nette Bemerkung. Im Jahr darauf schlug er Kögl und Friedrich Wents Sohn Frits Went für den Nobelpreis für Physiologie und Medizin vor, vgl. <https://www.nobelprize.org/nomination/archive/show.php?id=10514>.

32 Morgan verriet Hecht am 4. März 1926: „Doctor Ralph Lillie, of the University of Chicago, was laying plans to get you there.“ Central Files, Box 178, Ordner „Mi 1924–1926“, CUA New York. Crozier wiederum berichtete Hecht am 28. Mai 1925 von der Stelle in Stanford: „[President Wilbur] expressed great admiration for your work, plus a desire to re-awaken biology in the home of pickled fishes.“ Hecht Papers, Box 1, Ordner „W.J. Crozier (1925–1926)“, ebd. Hecht selbst wiederum erzählte Crozier am 29. März 1926 von dem Angebot aus Oxford: „It would have been a position especially created in order to keep me in England, – the point being that both my work in Vision and myself seemed desirable.“ HUG 4308.5, Box 3, Ordner „Hecht S. 1923–27“, Crozier Papers, HUA Cambridge.

33 Butler an Hecht, 23. Februar 1928, Central Files, Box 123, Ordner „He 1926–1928“, CUA New York.

hard Beutner 1920. Der Physik seien „zu schwierige Probleme zugemutet“ worden.³⁴ Die Herausforderung, so impliziert Beutners Bemerkung, bestand darin, biologische Probleme zu finden, die sich mit den Methoden der Physik und Chemie bearbeiten ließen. So sah das auch der Autor eines 1929 erschienenen Biochemie-Lehrbuchs. Die Zusammenführung von Biologie und Chemie könne nur dann gelingen, wenn die involvierten Forscher*innen die Probleme und Methoden der jeweils anderen Disziplin kennen.³⁵ Chemiker*innen waren nach zeitgenössischer Diagnose aber genauso wenig vertraut mit den Fragestellungen der Biologie wie Physiker*innen. „[The] regular chemist has no aptitude for biological problems and does not recognize them“, wurde etwa Hopkins zitiert.³⁶

Wir können also festhalten: Wissenschaftler*innen der Zwischenkriegszeit bekundeten Mühe, biologische Forschungsprobleme zu identifizieren, die sich mit den Verfahren der Physik und Chemie bearbeiten ließen, oder umgekehrt, physikalische oder chemische Methoden zu finden, die sich zur Bearbeitung biologischer Probleme anboten. Diese Herausforderung wurde in der wissenschaftshistorischen Literatur bisher wenig thematisiert. Das mag daran liegen, dass sich diese Untersuchungen selten schwerpunktmäßig mit der Forschungspraxis beschäftigten. Der Fokus lag eher auf den wirtschafts-, sozial- oder disziplinenpolitischen Motiven, die Staaten, Stiftungen und Individuen veranlassten, die physico-chemische Biologie zu fördern. Die Studien waren nicht darauf ausgelegt, die Entscheidungen der interdisziplinär arbeitenden Akteure zu erhellen. Entsprechend wissen wir wenig darüber, wie diese ihre Forschungsprobleme formulierten und die für ihre Vorhaben benötigten Ressourcen und Expertisen erschlossen. Um diese Prozesse besser zu verstehen, werden hier exemplarisch vier disziplinenübergreifende Forschungsprojekte beleuchtet. Dabei werden die Fähigkeiten und Ressourcen der involvierten Forscher*innen herausgearbeitet sowie ihre inhaltlichen Ziele in Bezug gesetzt zu ihren normativen Vorstellungen davon, wie diese Ziele zu erreichen sind (mehr dazu in Abschnitt 1.3). Damit erhalten wir Einblicke in die noch wenig verstandenen Vorgänge der Forschungsplanung und der Genese interdisziplinärer Forschungsprojekte.

34 Beutner (1920), S. 155 dachte dabei in erster Linie an die „organischen Physiker“ Carl Ludwig, Hermann von Helmholtz, Ernst von Brücke und Emil du Bois-Reymond. Diese hatten um 1850 daran gearbeitet, die Physiologie auf eine chemische und physikalische Basis zu stellen, vgl. dazu Leiber (2000). Mit diesen Forschern begann laut Rothschuh (1953), S. 93 die konsequente Anwendung physikalischer und chemischer Methoden auf [tier-]physiologische Probleme. Die erhofften Erfolge blieben laut Coleman (1977), S. 118–119 und Crane (1957), S. 420 aber aus. Beutner selbst hatte vor 1914 mehrere Jahre in Loeb's Institut in New York gearbeitet, um von dem „berühmten Biologen“ zu lernen, vgl. Beutner (1920), S. ix und Stoltzenberg (2004), S. 65.

35 Gortner (1929), S. xi: „The greatest advance in the biological sciences can take place only when the chemists are fully aware of certain of the biological problems and the biological point of view, and only when the biologists appreciate the assistance which chemical knowledge and chemical technic can offer to the solution of the major problems.“

36 Siehe Kohler (1982), S. 354.