
JANOS WOLF

Aspekte der selbstorganisierenden Gestaltbildung eines Zyklus von Invention und Innovation^{*}

**Zufall, Ordnung und Spielraumbildung in der Entstehung der
Innovation: Penicillin und Antibiotika**

Abstract

Gegenstand dieser Untersuchung ist ein oft zu beobachtendes Phänomen der Wissenschaftsentwicklung: die Diskontinuität zwischen einer Entdeckung und Innovation; einer Entdeckung, die anscheinend verkannt und vergessen wird, aber später, im Zusammenhang mit einer innovativen Entwicklung, sogar als deren Ausgangspunkt erscheint und zu hohem Ansehen kommt. Am Beispiel des Auftauchens des Penicillins, der Entdeckung von FLEMING (1928/29) und der einsetzenden revolutionären Entstehung des Antibiotika-Gebietes zu Beginn der vierziger Jahre, wird die Hypothese entwickelt, dass die Diskontinuität als generell auftretendes, strukturelles Muster der Wissenschaftsgenese verstanden werden kann. In einer Makrostruktur der Wissenschaftsentwicklung entstehen diskrete Forschungssequenzen, die Spielräume für innovative Neustrukturierungen bilden; und zwar in dem Maße, indem sie sich – unsichtbar für die beteiligten Akteure – potentiell ergänzen. Zeitlich versetzte, ähnliche, „vorzeitige“ Entdeckungen/Erfindungen eines zyklischen Spielraums haben in der mikrostrukturellen Perspektive keine sichtbare Kopplung, sondern erst in der makrostrukturellen Retrospektive, in der die zyklische Kopplung partiell sichtbar wird. Damit besteht eine generelle Schranke für konkrete Prognosen, Wachstums- und Simulationsmodelle sowie für die Evaluierung von wissenschaftlichen Ergebnissen. Sogenannte „vorzeitige“, oder auch „parallele“ ähnliche Mehrfachentdeckungen/ -erfindungen sind genuine Bestandteile der Ordnung eines zyklischen Handlungsspielraumes.

In solch einem makrostrukturellen Spielraum ergeben sich verschiedene Möglichkeiten der mehr oder weniger zufälligen mikrostrukturellen Auslösung einer Innovation, die latente Diskontinuitäten darstellen und die in ihrer Gesamtheit das latente Potential einer

* Dieser Beitrag ist die stark gekürzte Fassung einer Studie mit dem Titel: Strukturen in der Entstehung und Entwicklung einer wissenschaftlich-technologischen Revolution – Wie bewirkte die zufällige Entdeckung des Penicillins den Umbruch einer gestreuten Ordnung sozialer Handlungen in die komplexe Ordnung der medizinisch-technologischen Revolution der Antibiotika?, Dissertation, Freie Universität Berlin 1996, 232 S

heranreifenden Innovation bilden. Die Innovation wird in dem Maße von einem Ereignis (Entdeckung/Erfindung) ausgelöst, in dem es das latente Potential des Spielraumes von unterschiedlichen sozialen Handlungen für eine neue Strukturierung zu stimulieren bzw. aktivieren vermag. Ist die Neustrukturierung durch ein Ereignis des Spielraumes ausgelöst, erscheinen im Rückblick alle latenten Möglichkeiten, die Innovation auszulösen, als raumzeitliche Diskrepanzen der Koevolution von Makro- und Mikrostruktur der Entwicklung, als Diskontinuitäten. Diese Diskontinuitäten sind andererseits Kontinuitäten in der Makrostruktur, wo sie als organische Muster der Entwicklung zwischen diskreten Forschungssequenzen auftreten.

Die zyklischen Spielräume der Entwicklung tendieren zu Ereignissen mit Schwellwertfunktion, die Strukturumbrüche einleiten. Vom Maß eines sich schließenden zyklischen Spielraumes bzw. eines Ereignisses mit Schwellwertfunktion hängt seine wissenschaftliche/technische Auffälligkeit und soziale Wirkung ab, bzw. die Auffälligkeit, in der es die Neustrukturierung eines Handlungsspielraumes bewirkt, und in der es deshalb den Keim für die Morphologie der Innovation darstellt. Das Maß eines Ereignisses kann definiert werden als Potential der direkten Kopplungen zu zukünftigen Ereignissen im Handlungsnetzwerk bzw. der direkten Kopplungen in der Retrospektive (Maß in einer Gegenwart). Weil dieses Maß unter dem in die Zukunft gerichteten Aspekt offen ist, kann es niemals präzise bestimmt werden; deshalb ebenso wenig die Bedeutung eines Ereignisses. Gemessen am unendlichen Maßstab der Entwicklung kann z. B. ein Zyklus mit kleinem Maß, eine Minirevolution im wissenschaftlichen Labor, und ein Zyklus mit großem Maß, einen revolutionären gesellschaftlichen Umbruch bewirken.

Bezogen auf die Makrostruktur der Handlungsspielräume ist die Annahme einer „Intern-Extern-Problematik“ unangemessen, wohingegen die einer evolutionär ungebrochenen Einfaltungs- und Entfaltungs-Bewegung von innovativ-dissipativen und sozial-konservativen Strukturen plausibler ist.

Eine Möglichkeit der theoretischen Darstellung des Vorganges wird mit Hilfe eines stochastischen Netzwerkverfahrens vorgestellt. Das makrostrukturelle Geschehen wird als übersubjektive, spontane Selbstorganisation der Handlungs-Strukturierung interpretiert.

Gleich ob Individuen oder Programm-Gruppen erscheinen die Subjekte mit ihren Handlungen in der übersubjektiven Handlungsstrukturierung nicht einfach als die freien „Konstrukteure ihrer Wirklichkeit“, sondern als unsichtbar sozial-historisch „Getriebene“ im Handlungsraum eines zyklisch agierenden Über- bzw. Gesamtsubjekts (Gesamtheit raum-zeitlich getrennter Akteure), unter dessen Obhut ihnen Freiheitsgrade der eigenen Gestaltung in einem bestimmten individuellen Akteurspielraum eingeräumt sind.

Diese „Getriebenheit“ ist deshalb nicht im Sinne eines Automatismus zu verstehen, sondern als Dominanz einer emergierenden Handlungsordnung gegenüber den Spielräumen der in ihr enthaltenen Einzelhandlungen aus deren Vernetzung die Handlungsordnung hervorgeht.

Einleitung

Immer wieder – so scheint es – werden großartige Entdeckungen vorübergehend vergessen, um dann – irgendwann später – desto überraschender ins Zentrum eines Vorganges zu rücken, den wir *wissenschaftliche Revolution* nennen.

Unter den zahlreichen Entdeckungen, denen ein vergleichbar ähnliches Schicksal beschieden war, ist die Entdeckung des *Penicillins* durch FLEMING in den Jahren 1928/29 eine der auffälligsten. Nicht nur wegen der unglaublichen Konstellation von Ereignissen, unter denen die Entdeckung eintrat; mehr noch wegen ihres sensationellen Auftauchens im Rampenlicht der wissenschaftlichen und öffentlichen Aufmerksamkeit über zehn Jahre später – und zwar infolge eines anderen Ereignisses, den Entdeckungen der Gruppe von FLOREY in den Jahren 1940/41.

Drei Jahre zuvor, 1937, hatte der damalige Präsident der USA, ROOSEVELT, ein Komitee der *National Academy of Sciences* beauftragt, eine Einschätzung der zukünftigen Entwicklungen der Wissenschaft und ihres Einflusses auf die Gesellschaft für die kommenden 75 Jahre zu erarbeiten. Dieses Komitee wurde aus den damals kompetenten und anerkannten Wissenschaftlern gebildet. Gute Vorhersagen gelangen bezeichnenderweise für Richtungen, in denen bereits gearbeitet wurde. Auffallend aber ist das Fehlen der beeindruckendsten *neuen* Entwicklungen der kommenden Jahrzehnte, z.B. der Kernenergie, für die die grundlegende Arbeit von HAHN und MEITNER ein Jahr später folgte. Nicht erwähnt sind Düsenflugzeuge, Raketen, Nutzung des Weltraums, Radar, die Entwicklung der elektronischen Rechner, der Transistor, die Quantenelektronik und viele andere wissenschaftliche und technische Entwicklungen. Das Komitee konnte auch noch nicht den revolutionären Wandel der medizinischen Therapie durch Penicillin und Antibiotika sowie die daraus bereits in den folgenden Jahren entstehende Großindustrie voraussehen, obwohl FLEMINGs Entdeckung bereits acht Jahre alt war und die experimentellen Arbeiten, die eine wissenschaftliche Revolution in Gang setzen sollten, ein Jahr später, 1938, begannen (TOWNES 1983).

Und FLEMING? Er gestand, dass genau in dem Augenblick, als gewisse Veränderungen auf seiner Bakterienkultur sichtbar wurden, ihm nicht der leiseste Verdacht gekommen sei, dies könne der Anfang von etwas Außerordentlichem sein.

Welche Ursachen gibt es für derartige Erscheinungen? Sind sie bedauernde Ausnahmen, die Folge unglücklicher Missverständnisse, oder sind sie doch eher die Regel in einem Wissenschaftsbetrieb, der von vielerlei Subjektivitäten geprägt ist(?) – dem Spezialistentum, der Konkurrenz, den Eitelkeiten, der Gebundenheit an spezielle Interessen, der Widerspenstigkeit gegenüber Gedanken und Ergebnissen, wenn sie nicht im Einklang mit den eigenen Anschauungen stehen.

Für Viele sind das Gründe für die Annahme, mit Analysen des Verhaltens von Wissenschaftlern und ihrer sozialen Verstrickungen auch den Grund für die diskontinuierliche Entwicklung der Wissenschaft belegen zu können.

Es gibt eine lange Tradition, die Geschichte zu schreiben. Dabei wird versucht, die Genesis des „Faktischen“ aus der Aufeinanderfolge ihres Erzeugens verständlich zu machen; eines Erzeugens, wie es im Rückblick erscheint, der mit Erfahrungen über die Vergangenheit angereichert ist. Viele Vertreter der Wissenschaftspsychologie und -soziologie hingegen empfinden dieses Vorgehen spätestens seit KUHNS Kritik der Geschichtsschreibung eher als verfälschte Darstellung der wirklichen Vorgänge, soweit das Geschehene anders miteinander verbunden dargestellt wird, als es die Akteure in ihrer Zeit erlebten (KUNN 1962,1967).

Wie immer man sich auch bemüht, mehr Licht in das Dunkel der Zusammenhänge zu bringen; die zentrale Frage, bei der sich die Anstrengungen zu vereinen scheinen, ist die Aufklärung der eigenartigen Diskontinuitäten in der Wissenschaftsentwicklung. Das Problem hat vielleicht seine markanteste Zuspitzung in der Frage erhalten: Gibt es vorzeitige Entdeckungen (STENT 1972)?

Bei den bisher gesichteten Bemühungen um eine Antwort auf diese Frage, schien mir insofern ein unbefriedigender Rest offen geblieben zu sein, als das Phänomen aus der Analyse von internen Vorgängen einer „scientific community“ versucht wird zu erklären: der paradigmatischen Problemgebundenheit bzw. der spezifischen wissenschaftlichen Sichtweisen und ihres Wandels innerhalb derselben.

Eigenartig ist jedoch, weshalb nicht gleichermaßen der evolutionäre Zusammenhang des Getrennten, der verschiedenen paradigmatischen Arbeitsfelder zum Gegenstand von Untersuchungen gemacht worden ist, weshalb nicht auch in der Konstellation der relativ autonomen und getrennten Vorgänge in der Wissenschaft sowie der Bewegung dieser Konstellation die gleiche Aufmerksamkeit zuteil wurde, obwohl viele bekannte Fälle von Diskontinuitäten in der Wissenschaftsentwicklung Indizien dafür liefern. Sollte es nicht möglich sein, dass die paradigmatisch gebundenen Vorgänge nur Substrukturen in einem strukturellen Gefüge sind, das in der evolutionären Bewegung der geteilten Arbeit entsteht?

Wenn diese Möglichkeit besteht, dann kann sie nicht ohne Folgen für unser Wissenschaftsverständnis sein.

Ausgehend von dieser Frage, ist die Absicht entstanden, anhand der Analyse eines konkreten Falles der Wissenschaftsentwicklung, eine Antwort zu finden.

Es sollte erkundet werden, ob eine Diskontinuität der Wissenschaftsentwicklung auch von einem strukturellen Hintergrund von diskreten Handlungs-Vorgängen verursacht wird und wie ihre Stellung in der Evolutionsdynamik der Wissenschaft, beim Entstehen einer Revolution ist.

Für die Analyse wurde ein spezieller Bereich der Wissenschaftsentwicklung ausgewählt: Die Entstehung des Antibiotika-Gebietes.

Das Ergebnis, zu dem ich gelangt bin, sei in lapidarer Form als vorläufige Hypothese vorangestellt. Es lautet:

Nicht die Entdeckung des Penicillins durch FLEMING im Jahre 1928 war – wie oft angenommen wird – der dominante Ausgangspunkt für die Entstehung des Wissenschaftsgebietes der Antibiotika; sondern der Modus eines über Jahrzehnte sich selbst strukturierenden, zu dieser Zeit unsichtbaren Raumes von Entdeckungen/Erfindungen, bestehend aus diskreten Sequenzen (Feldern) der Forschung, die sich tendenziell gegenseitig ergänzten und auf diese Weise konvergierten.

Das revolutionäre Auftauchen des Antibiotika-Gebietes ist aus der Koevolution einer makrostrukturellen und mikrostrukturellen Entwicklung der Wissenschaft hervorgegangen. Als Makrostruktur entstand ein raum-zeitlicher Spielraum für verschiedene Konstellationen der möglichen Auslösung des revolutionären Vorganges; als Mikrostruktur eine zufallsbedingte Konstellation ihrer wirklichen Auslösung. Die Diskontinuität zwischen FLEMINGs Entdeckung und der revolutionären Entwicklung des Gebietes über zehn Jahre später, erweist sich als wiederholt auftretendes Muster einer sequentiellen Makrostruktur, in der die Entdeckung von FLEMING eine der Sequenzen ist, die rückkoppelnd berücksichtigt, und in einem Selektionsprozess allmählich favorisiert wird. Die Makrostruktur ist für das Auftreten der Revolution insofern dominant, als sie einen Spielraum von verstreuten, diskreten Forschungssequenzen schafft, die das Ausgangspotential für die Gestalt der Revolution bereitstellen. Auf diese indirekte Weise konnte die erstaunliche Zufalls-Entdeckung von FLEMING eine mikrostrukturelle Konstellation bewirken, die den Spielraum der diskreten Forschungssequenzen für die Auslösung der Revolution spezifisch modifizierte und aktivierte.

Nachfolgend ist im Unterschied zum forschenden Vorgehen, in der Darstellung ein anderer Weg gewählt; dies in der Absicht, dem Leser den gedanklichen Nachvollzug der Mitteilung zu erleichtern. Für die einzelnen Kapitel sind Überschriften gewählt worden, die allemal jenen strukturellen Aspekt betonen, der den historischen Vorgängen inhärent ist.

Ausgegangen wird von Fragen an ein einfaches Bild, das die wissenschaftliche Revolution sichtbar macht.

Jede der Antworten auf diese Fragen wird zunächst für sich stehen und nur ein punktuelles Bild erbringen, so dass erst am Ende der Ausführungen, in ihrer Verbindung, jene Einsicht in den analysierten Vorgang erreicht wird werden können, die mit der Zielstellung formuliert worden ist.

1. Eine wissenschaftliche Revolution in der Abbildung von Publikationsraten

Abbildung 1 zeigt die Entwicklung der Publikationsrate als Funktion der Zeit. Die beiden dargestellten Funktionen sind das Ergebnis des Zählens der einschlägigen Publikationen, die in der Deutschen Bibliographie der Zeitschriftenartikel Reihe A und B unter dem Stichwort *Penicillin* bzw. *Antibiotika* aufgeführt sind. Reihe A enthält die Artikel der deutschsprachigen Zeitschriften, Reihe B die Artikel der internationalen Zeitschriften.

Wir werden von der einfachen Anschauung der Abbildung ausgehen. Der Fortgang der Untersuchung wird – wie ich annehme – immer neue Aspekte seiner Wahrnehmung eröffnen, so dass am Ende meiner Ausführungen jenes Bild wird gesehen werden können, das als Ausdruck eines komplexen Vorganges erscheint.

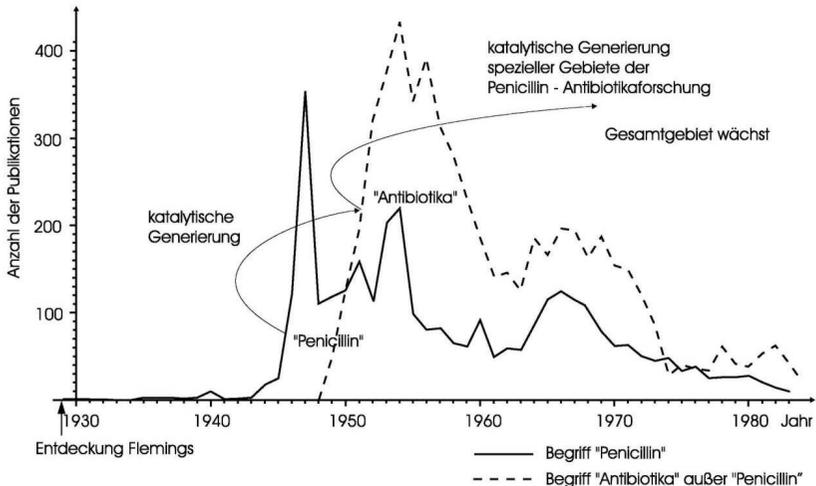


Abbildung 1: Zahl der Publikationen als Funktion der Zeit

Die Funktion wird eingeleitet mit der berühmten Entdeckung des Penicillins durch Alexander FLEMING im Jahre 1928, die er 1929 publizierte. Ihr Ruhm gründet sich jedoch nicht auf eine sofort sich formierende Anhängerschaft, sondern auf eine Entwicklung, die sich zu Beginn der vierziger Jahre anbahnte. Erst

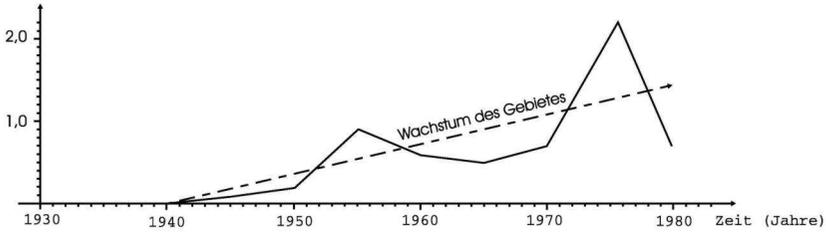


Abbildung 2: Koeffizient der Generierung neuer Richtungen: Verhältnis der Anzahl der Publikationen unter den Begriffen „Penicillin“ / „Antibiotika“ zur Anzahl der Publikationen unter den generierten Begriffen

das sprunghafte Entstehen einer neuen Wissenschaftlergruppierung mit ihren Arbeiten zum Penicillin und den anderen Antibiotika, machte den zuvor kaum bekannten FLEMING, mehr als zehn Jahre nach seiner Entdeckung, zu einem weltweit anerkannten Wissenschaftler und schließlich zum Nobelpreisträger.

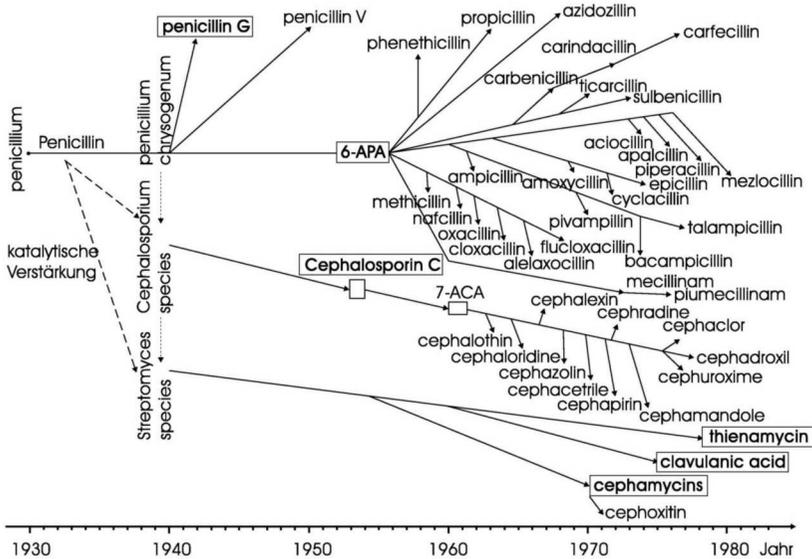


Abbildung 3: Generierung von Folge-Entdeckungen des Penicillins (nach ROLINSON, 1979)

FLEMINGs Publikation wurde in den Jahren nach seiner Entdeckung, zwischen 1929 und 1940 lediglich drei mal zitiert.

2. *Die Diskontinuität als mikrostrukturelles Phänomen der Wissenschaftsentwicklung*

2.1 *Ein Zufallsereignis*

Wie wurde das Penicillin entdeckt?

„Zum Entdecken gehört Glück,
zum Erfinden Geist,
und beide können beides
nicht entbehren.“
GOETHE 1817

FLEMINGs Entdeckung hat mehrere Dimensionen der Zufälligkeit:

Dimension (1) – Die Entdeckung ist zufällig in Bezug auf einen Spielraum der sequentiellen Wissenschaftsentwicklung der Makrostruktur.

Dimension (2) – Die Entdeckung ist zufällig in Bezug auf eine andere Sequenz der Wissenschaftsentwicklung in der Biologie, wo sich Mykologen bereits Jahrzehnte mit der Wirkung von Pilzen (auch von *Penicillium*) auf Mikroben beschäftigten, während FLEMING als Immunologe und Bakteriologe über Pilze keine Fachkenntnisse besaß,

Dimension (3) – Die Entdeckung ist zufällig in Bezug auf eine Konstellation von Natur-, Lebens- und Arbeitsumständen.

(Die ersten beiden Dimensionen werden erst im Laufe der Abhandlung ersichtlich werden können, auf die dritte Dimension wird in diesem Abschnitt eingegangen.)

Im Jahre 1928 experimentierte Alexander FLEMING mit pathogenen Staphylokokken. Er züchtete sie im üblichen Plattenverfahren und kontrollierte die Kulturen in gewissen Zeitabständen. Eines Tages wies eine seiner Platten, auf der Kolonien des *Staphylococcus aureus* wuchsen, eine Verunreinigung durch eine Schimmelpilzkolonie auf. Ein Vorfall, mit dem man wegen des kontrollierenden Lüftens des Deckels hin und wieder rechnen musste. Diesmal jedoch bemerkte FLEMING einen auffallend markanten Wirkungshof der Schimmelpilzkolonie. In ihrem Umkreis waren die *Staphylokokken* offensichtlich zur Auflösung gebracht worden. Das Phänomen der beobachteten Lysis der *Staphylokokken* beeindruckte FLEMING so sehr, dass er den Pilz näher untersuchte.

Seine folgenreiche Beobachtung fiel in einen ganz normalen wissenschaftlichen Alltag; dennoch war sie nur durch eine unglaubliche Konstellation von Umständen eingetreten.

Die Zufallsentdeckung war durch das Zusammentreffen einer ganzen Reihe von verschiedenen, nicht miteinander in Beziehung stehenden Ereignissen zustande gekommen:

- FLEMINGs gerade hinreichende Abwesenheit, weil er ein Kapitel für ein Buch zu schreiben hatte, verursachte die Zeitspanne für das erforderliche Wachstumsstadium von Staphylokokken-Kultur und Pilz.
- Die Vorlesungen eines holländischen Arztes, die zur Bestimmung eines Mykologen führten, dessen Arbeiten direkt unter dem Labor FLEMINGs stattfand.
- Das Glück des Mykologen, einen potenten penicillin-produzierenden Stamm des Pilzes zu isolieren.
- Ein ungeeignetes Labor, das die Atmosphäre mit Sporen belastete.
- Die hohe Wahrscheinlichkeit, dass FLEMING entweder vergaß seine Kulturplatte zu bebrüten oder es absichtlich unterließ.
- die Tatsache, dass FLEMINGs Labor besonders empfindlich gegen äußere Temperaturen war.
- Die Tatsache, dass die erforderliche Temperatur durch eine Kältewelle zu einer Zeit des Jahres vorhanden war, die gewöhnlich ungeeignet für die Entdeckung gewesen wäre.
- Der Besuch des Kollegen PRICE, der FLEMING dazu führte, eine Platte noch einmal zu betrachten, die er schon kontrolliert und weggelegt hatte.
- Der Umstand, dass die Platte der Zerstörung entgangen war, wegen der vollkommen ungeeigneten Methoden für die Verbringung benutzter Kulturplatten.

Alle diese Ereignisse trafen im Labor von FLEMING in einer Weise zusammen, in der sie bis heute nicht vollständig reproduziert werden können.

Würde *ein* Glied in der Kette gefehlt haben, hätte die Entdeckung nicht stattgefunden!

Dieser Komplex von Zusammenhängen erklärt die Seltenheit der Beobachtung angesichts der Tatsache, dass Pilzverunreinigungen von Bakterienkulturen zum Laboralltag gehörten.

2.2 Eine diskrete Forschungssequenz entsteht

Weshalb brach FLEMING sein Forschungsprogramm zum Penicillin ab?

Drei wesentliche Gründe ließen FLEMING sein Forschungsprogramm zum Penicillin abbrechen:

- (1) Weder ihm noch anderen Wissenschaftlern in seiner Umgebung gelang die Isolation und Extraktion der wirksamen Substanz.
- (2) FLEMING verfolgte in seinem Forschungsprogramm wegen seiner immunologischen Grundeinstellung und des entsprechenden Forschungsklimas unter Leitung von WRIGHT keine Strategie einer möglichen chemotherapeutischen Anwendung des Penicillins.
- (3) Der ausschlaggebende Grund aber war: es schien völlig aussichtslos zu sein, mit dem flüchtigen Präparat mehr machen zu können, als erreicht worden war; die Schwierigkeiten, Unsicherheiten und Risiken, die drohten, viele Jahre wertvoller Forschungszeit vielleicht ohne nennbares Ergebnis zu beanspruchen, ließ den Abbruch der Arbeiten sinnvoll erscheinen.

FLEMING züchtete seinen Originalstamm in Fleischbouillon und fand heraus, dass ein Pilzstamm in Oberflächenkultur wuchs und nach graugrüner Verfärbung durch Sporulation die wirksame Substanz in das Nährmedium ausschied.

Die ersten methodischen Praktiken FLEMINGs zum Nachweis der antibiotischen Wirkung des unbekanntes Stoffes sind auf die entscheidenden Beobachtungen am Objekt zurückzuführen, die er unter den zufälligen Bedingungen machte.

Er imitierte nämlich die Diffusionsvorgänge. Das Ergebnis war aufregend: Außer *Coli*-Bakterien und PFEIFFERSche *Influenza-Bazillen* zeigten sich alle pathogenen Erreger in unterschiedlichem Maße empfindlich, u. a. *Staphylokokken*, *Pneumokokken* und *Diphtherie-Bazillen*. Damit war erwiesen, dass es sich um einen antibiotischen Stoff handelte. FLEMING nannte ihn *Penicillin*.

Sein ganzes medizinisches Leben hindurch interessierte sich FLEMING für die antibakterielle Wirkung des Blutes und die Antiseptika; deshalb betonte er, dass *Penicillin in vitro*, in einer Lösung von 1 in 600, das Wachstum der Staphylokokken vollständig hemmt, die Leukozytenfunktion indes in keinem größeren Ausmaße störe als eine gewöhnliche Nährlösung.

Indem er die Wirkung des *Penicillins* auf die *Phagozytose* bezog und seine Experimente fast ausschließlich auf antibakterielle Untersuchungen *in vitro* ausrichtete, sprach er dezidiert Wissenschaftler der eigenen paradigmatischen Orientierung an.

Im Rückblick mag man nach diesem und jenem Grund fragen, weshalb FLEMING und die Wissenschaftler seiner näheren Umgebung nicht hartnäckiger an der Ausarbeitung der Entdeckung gearbeitet haben, obwohl sie wussten, dass die Penicillin-Lösung als *Antiseptikum* sich so drastisch von anderen bekannten Antiseptika unterschied.

Aber es gab eine simple und völlig einleuchtende Erklärung, nach all den mislungenen Bemühungen, das *Penicillin* zu isolieren und zu extrahieren; die

Annahme nämlich (auch FLEMINGs), dass es die Schwierigkeiten, die unabsehbaren Hürden und Ungewissheiten, nicht lohne auf sich zu nehmen, zumal ganz infrage stand, ob je ein ökonomisch herstellbares Präparat würde erreicht werden können.

2.3 Rückkopplung zwischen diskreten Forschungssequenzen

Wie kam es zum erneuten Rückgriff auf die Arbeit von FLEMING aus dem Jahre 1929?

Der mikrobielle Antagonismus wurde seit Jahrzehnten verstreut in verschiedenen Disziplinen erforscht, z.B. der Biologie, Bakteriologie, Immunologie. Die Problemsicht war Ende der dreißiger Jahre soweit gediehen, dass eine integrierende biochemische Fragestellung zu all den bisher gefundenen Substanzen in der Genesis und Logik dieser Entwicklung lag. CHAIN war dann der erste, der diese integrierende Frage stellte, sich ihrer annahm und zu einem Ergebnis kam, das die Grundlage dafür bildete, die bisher verstreuten Forschungs-Sequenzen des Spielraumes des mikrobiellen Antagonismus – unter einem neuen wissenschaftlichen Gesichtspunkt zu integrieren, und dessen gemeinsames Potential zu aktivieren.

Im Jahre 1935 wurde Professor H. W. FLOREY zum Lehrstuhlinhaber für Pathologie in Oxford berufen. Sein Gegenstand war die experimentelle Pathologie. Er beabsichtigte eine entsprechende Abteilung aufzubauen. Dazu bedurfte es einer gewissen internen biochemischen Flankierung der Arbeit. FLOREY selbst jedoch besaß keine spezifische biochemische Ausbildung. Er wandte sich deshalb an Sir Frederick Gowland HOPKINS den Leiter der *Sir William Dunn School of Biochemistry* in Cambridge, eines der führenden Weltzentren für biochemische Forschung. Er sollte FLOREY bei der Berufung eines geeigneten Biochemikers beraten. Die Wahl fiel auf Ernst Boris CHAIN. Dieser war wegen seiner jüdischen Abstammung aus Deutschland emigriert. Eines der wissenschaftlichen Hauptinteressen von CHAIN war die Wirkungsweise neurotoxischer Schlangengifte. In Cambridge hatte CHAIN gefunden, dass einige der wirksamsten Schlangengifte die Eigenschaft hatten, unter bestimmten Bedingungen Glykolyse und alkoholische Fermentierung zu hemmen (CHAIN 1937). In Oxford setzte CHAIN diese Arbeit fort.

Im Rahmen dieser Arbeit, die 1936 begann, fertigte CHAIN einen Überblick an, in dem er die bakteriolytischen Mittel erfasste. Dabei wurde er mit verschiedenen Fällen der Lysis einer bakteriellen Art durch eine andere bekannt; besonders mit der Bakteriophage und ihrer kraftvollen bakteriolytischen Fähigkeit, über die schon damals eine umfangreiche Literatur existierte.

CHAIN berichtet:

„I thus stumbled, more-or-less accidentally, across the well-known phenomenon of microbial antagonism, first described very lucidly by Pasteur & Joubert (1877)“
(CHAIN 1971: 296/297).

Dieser Umstand – und nicht etwa eine direkte Erkenntnis der Bedeutung von FLEMINGs Ergebnis – führten zu einer Rückkopplung in der Forschung, die einen ganzen Raum von sequentiellen Feldern der Wissenschaft betraf.

CHAIN sammelte etwa 200 Mitteilungen über Wachstumshemmungen, die infolge der Wirkung von *Bakterien*, *Streptomyceten*, *Pilzen* und *Hefen* aufeinander verursacht wurden. Er griff auf Ergebnisse eines Forschungsraumes zurück, die in Jahrzehnten in getrennten Feldern erarbeitet worden waren. Es gab keinen Zweifel, dass die Wachstumshemmung in vielen Fällen durch spezifische Metaboliten verursacht war, die von den verschiedenen Mikroorganismen produziert worden waren.

Der springende Punkt aber, der CHAINs Interesse erregte, war, dass die chemische oder biologische Natur der hemmenden Substanzen fast unbekannt war. Deshalb schien ihm die diesbezügliche Aufklärung als ein interessantes und lohnendes Erkundungsgebiet.

2.4. Rückkopplung und Selektion

Wie kam es erneut zur Arbeit über das Penicillin?

Die Entdeckungen der Mitarbeiter von FLOREY, insbesondere die von CHAIN entstanden nicht – wie üblicherweise angenommen – im direkten Rückgriff auf die Entdeckung von FLEMING.

Sie entstanden vielmehr

- a) infolge der erstmaligen Inspektion der raum-zeitlich, zersplitterten, wichtigsten Entdeckungen von verschiedenen diskreten Sequenzen der Forschung;
- b) infolge einer diese Anordnung einigenden neuen Fragestellung der Biochemie durch CHAIN und
- c) infolge der allmählichen Selektion der für besonders interessant gehaltenen Beobachtungen in einem drei Jahre währenden Arbeitsprozess. Zu den selektierten Beobachtungen gehörte auch FLEMINGs Entdeckung!

Die Verbindung der Entdeckung von FLEMING und der Entdeckungen von CHAIN und FLOREYs Mitarbeiter kam als eine Rückkopplung zu diskreten Forschungssequenzen zustande, und lediglich e i n e davon war die Forschungssequenz von FLEMING!

Im Rahmen der mehrjährigen Beschäftigung mit diesem Thema stieß CHAIN im Jahre 1938 auf die Publikation von FLEMING aus dem Jahre 1929 im *Journal of Experimental Pathology* (FLEMING 1929).

FLEMINGS Mitteilungen beeindruckten CHAIN wegen des gut beschriebenen bakteriellen Antagonismus und der offenen biochemischen Fragestellungen. In einer Reihe von schwierigen Experimenten fand CHAIN endlich heraus, dass Penicillin kein *Protein*, sondern eine niedrigmolekulare Substanz. war. Den entscheidenden methodischen Fortschritt bei der Beherrschung der chemischen Instabilität des Penicillins brachte eine zur gleichen Zeit entwickelte Methode der Gefriertrocknung für die Trocknung von Blutserum.

Man erhielt schließlich ein braunes Pulver, das eine beeindruckende antibakterielle Aktivität aufwies. Mit Ausnahme der *Sulfonamide* war zu jener Zeit kein antibakterielles Präparat bekannt, das vergleichbare Eigenschaften aufwies.

In Tierexperimenten konnte erstmalig die chemotherapeutische Wirkung des Penicillins nachgewiesen werden.

2.5 Die Zelle einer neuen Forschungsstruktur entsteht

Wie entstand die „Oxforder Gruppe“?

Die Oxforder Gruppe ist ursprünglich nicht mit dem Ziel entstanden, als Team an der praktischen Nutzung des Penicillins zu arbeiten. Die Gruppe formierte sich als „Penicillin-Team“ erst im Zusammenhang mit der sukzessiven Selektion des Penicillin-Problems innerhalb eines wesentlich weiter gefassten Forschungsprogramms.

Erst infolge des Nachweises der chemotherapeutischen Wirkung des Präparates entstand die Zusammenarbeit mehrerer Wissenschaftler zur programmatischen Erforschung des *Penicillins*. CHAIN hat ausdrücklich auf Darstellungen hingewiesen, die den Vorgang verfälschten, indem unterstellt wurde, es habe ein „Oxford-Team“ gegeben, so, als habe es von vornherein – wegen der richtigen Bewertung der Beobachtung FLEMINGS – mit dem Ziel gearbeitet, das Präparat praktisch nutzbar zu machen.

„The group assembled after, not before, our first chemotherapeutic experiments on our mice, for the purpose of speeding up the work, and it was not so much an organized team as a group of colleagues with different backgrounds of expertise collaborating with each other to achieve obvious objectives in the minimum of time“
(CHAIN 1971: 301).

Die Instabilität der Substanz ließ eine mögliche praktische Nutzung ursprünglich sehr zweifelhaft erscheinen. Dass die Arbeit als Beitrag zur Kriegsanstrengung begonnen wurde, entbehrt jeder Grundlage. Dieses Motiv spielte allerdings später eine große Rolle, als nämlich der therapeutische Nachweis der Wirksamkeit des *Penicillins* für den Menschen gelungen war.

CHAIN berichtet über den Beginn der Arbeit:

„The only reason which motivated me to start the work on Penicillin was scientific

interest. I very much doubt, in fact, whether I would have been allowed to study this problem at that time in one of the so-called mission oriented minded industrial laboratories. The research on Penicillin which was started as a problem of purely scientific interest, but had consequences of very great practical importance is a good example of how difficult it is to demarcate sharp limits between pure and applied research“ (CHAIN 1971 301).

Das erste Zusammenfinden einiger Forscher zur Erkundung des *Penicillins* stand unter anderen Vorzeichen. Erst das Ergebnis der Demonstration der chemotherapeutischen Wirkung des *Penicillins* im Tierversuch führte dazu, dass in der Abteilung von FLOREY eine Tendenz zu einer gewissen Konzentration auf die Erforschung des *Penicillins* einsetzte. Um so schnell wie möglich Fortschritte zu machen, wurden mehrere Kollegen der Abteilung gebeten, bei den pharmakologischen, bakteriologischen und chemischen Aspekten des Programms zusammenzuarbeiten. Aber auch diese Gruppe konnte noch nicht eigentlich ein „Team“ genannt werden.

Die „Oxforder Gruppe“ konsolidierte sich erst im Zusammenhang mit dem zu bewältigenden Forschungsprogramm, dessen Entwicklung über verschiedene Stufen der Reinigung lief, mit dem Ziel, klinische Tests am Menschen zu wagen. Die noch sehr unreinen Präparate bargen die Gefahr von Infektionen beim Menschen (ABRAHAM et. al. 1940).

Erst infolge des Nachweises der chemotherapeutischen Wirkung des Präparates entstand die Zusammenarbeit mehrerer Wissenschaftler zur programmatischen Erforschung des *Penicillins*. CHAIN hat ausdrücklich auf Darstellungen hingewiesen, die den Vorgang verfälschten, indem unterstellt wurde, es habe ein „Oxford-Team“ gegeben, so, als habe es von vornherein wegen der richtigen Bewertung des Ergebnisses FLEMINGS, mit dem Ziel, der praktischen Nutzung des Präparates, gearbeitet.

Wegen der Instabilität der Substanz war eine mögliche praktische Nutzung ursprünglich sehr zweifelhaft. Dass die Arbeit als Beitrag zur Kriegsanstrengung begonnen wurde, entbehrt jeder Grundlage. Dieses Motiv spielte allerdings später eine große Rolle, als der therapeutische Nachweis der Wirksamkeit des *Penicillins* für den Menschen gelungen war.

CHAIN berichtet über den Beginn der Arbeit:

„The only reason which motivated me to start the work on Penicillin was scientific interest. I very much doubt, in fact, whether I would have been allowed to study this problem at that time in one of the so-called mission oriented minded industrial laboratories. The research on Penicillin which was started as a problem of purely scientific interest, but had consequences of very great practical importance is a good example of how difficult it is to demarcate sharp limits between pure and applied research“ (CHAIN 1971 301).

Wie Abb. 1 zeigt, wird die Penicillin-Revolution sichtbar mit dem sprunghaften Anwachsen einer Wissenschaftlergemeinschaft und ihrer Publikationstätigkeit ausgelöst.

In Oxford waren dafür die Grundlagen geschaffen worden.

Im Jahre 1940 erscheint in *Lancet* eine Arbeit über die chemotherapeutische Kraft von *Penicillin* bei bakteriellen Infektionen von Mäusen. Die dargestellten Ergebnisse hatten etwas Dramatisches, wiesen sie doch auf eine Substanz hin, für deren Wirkung bisher keine vergleichbare Größenordnung bekannt war (CHAIN et. al. 1940). Ein Jahr später folgte aus dieser Gruppe eine Arbeit, wiederum in *Lancet* veröffentlicht, die erheblich mehr Aufsehen erregte. Diesmal wurde berichtet, dass der Pilzmetabolit *Penicillin* bemerkenswerte chemotherapeutische Wirkungen bei klinischen bakteriellen Infektionen zeigte. Und was besonders beeindruckend war, die Wirkung erstreckte sich auch auf Infektionen, die von *Staphylococcus aureus* hervorgerufen werden. Bislang gab es keine antibakterielle Substanz, die *in vivo* eine zufriedenstellende chemotherapeutische Aktivität gegen sie aufwies – auch kein Mitglied der *Sulfonamide*, der bisher einzigen bekannten Gruppe von hochwirksamen antibakteriellen Substanzen.

Dieser Arbeit kommt eine Schlüsselrolle für die einsetzende revolutionäre Entwicklung zu; sie steht am Fuße des sprunghaften Anwachsens der Penicillin-Publikationen.

3. *Die Diskontinuität als makrostrukturelles Phänomen der Wissenschaftsentwicklung*

Das historiographische Material legte nahe, die Entdeckungen von FLEMING und FLOREYS Gruppe aus der Struktur der Wurzeln ihrer weiteren Vergangenheit zu erschließen. Meine Annahme war folgende: Wenn sich in dieser Struktur divergente und konvergente Tendenzen auffinden ließen, müsste die sprunghafte Ansammlung von Wissenschaftlern, die infolge der Entdeckungen der Gruppe von FLOREY zusammenfand und die das exponentielle Wachstum der Publikationsrate (Abb. 1) auslöste, einer sich selbst formierenden Konvergenz von divergenten Forschungssequenzen entstammen.

Es erwies sich als sinnvoll, die historiographisch erschließbaren Wurzeln bis in die Mitte des 19. Jahrhunderts zurückzuverfolgen. Die Suche nach den weiteren Wurzeln der Penicillin – und Antibiotika – Revolution führte in Verzweigungen der Wissenschaftsentwicklung, deren formale Struktur nur noch mit Hilfe von Entdeckungen markiert werden kann, die im Zusammenhang mit der Revolution besonders auffällig sind. Diese Entdeckungen können annähernd vier Langzeit-Formationen von Forschungssequenzen zugeordnet werden, die von ihrem

Ursprung aus, als divergente Formationen gedeutet werden können und von denen jede für sich, eine zeitlich gequantelte sprunghafte Struktur aufweist. Sie folgen aus dieser Sicht relativ voneinander getrennten Paradigmen und Diskursen. Aus der Sicht der Revolution indes konvergieren sie inhaltlich und sind Träger sowohl von Elementen der Entdeckungen FLEMINGS und der Gruppe von FLOREY sowie von Merkmalen der Revolution überhaupt. In ihrer Gesamtheit bilden sie eine lückenhafte, konvergierende, raum-zeitliche Anordnung, mit der Tendenz gegenseitiger Ergänzung. Dieser Unterschied soll in Abb. 4 und 5 schematisch angedeutet werden. Die in diesen Abbildungen enthaltenen Entdeckungen markieren vier unterscheidbare Formationen von Forschungssequenzen zum Problem des Antagonismus. Eine der Formationen entstand mit den Forschungen über den bakteriellen Antagonismus in der Bakteriologie im Anschluss an eine Entdeckung von PASTEUR im Jahre 1877. Eine zweite Formation ergab sich aus Untersuchungen des Antagonismus zwischen pflanzlichen Stoffen und Mikroben, so auch zwischen Pilzen und Mikroben, in der Biologie. Eine dritte Formation lässt sich nachweisen in Untersuchungen des Antagonismus von chemisch gewonnenen Stoffen (z.B. synthetischen Farben) und Mikroben. Auf ihrer Grundlage entstand um die Jahrhundertwende die Chemotherapie. Und eine vierte Formation schließlich entstand durch Forschungen über den Antagonismus zwischen körpereigenen Substanzen des Menschen bzw. der Tiere und Mikroben, insbesondere der pathogenen Mikroben in der Immunologie.

In der Formation von Forschungssequenzen, die die einschlägigen Entdeckungen zur Antibiose enthalten, steht auch die Penicillinentwicklung als Forschungssequenz, sie führte zur Antibiotikaforschung, aber nicht als Formation für sich, sondern in der vernetzten Koppelung mit den anderen Formationen und in dieser Vernetzung, entpuppte sie sich als Formation der Chemotherapie und wurde eine Teildisziplin von ihr. Mit der integrierenden biochemischen Fragestellung von CHAIN kam es zur sichtbaren Konvergenz der Forschungen auf den Gebieten von Biologie, Bakteriologie, Chemotherapie, Penicillin, anderen Antibiotika und Biochemie auf der Grundlage der Strukturchemie(!)

3.1 Strukturbildung und Entstehung des Spielraumes für die Revolution

3.1.1 Wie entstand die Chemotherapie aus der Strukturchemie, Farbchemie, Bakteriologie und Pathologie?

Von den Entdeckungen der Gruppe FLOREYS aus gesehen, hatte der vergangene konvergente Zyklus zwei divergente Ursprünge. Der erste Ursprung liegt in der Strukturchemie, die auf KEKULÉ zurückgeht. Von dort aus gesehen, führt eine

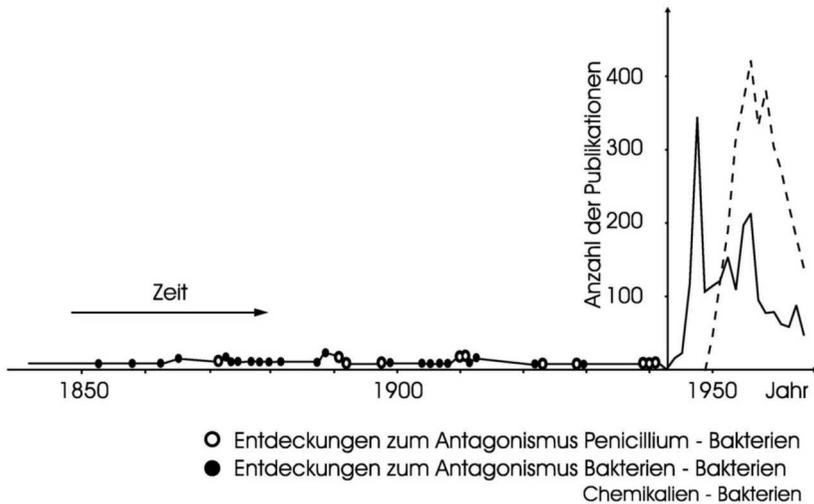


Abbildung 4: Generierung von Folgeentdeckungen des Penicillins (nach ROLINSON, 1979)

divergente Sequenz des Netzwerkes zur Herstellung von synthetischen Farben und zur Entstehung einer darauf fußenden Farbindustrie. Noch im 19. Jahrhundert konvergiert diese Sequenz des Netzwerkes mit anderen divergenten Sequenzen, einerseits der Bakteriologie und andererseits der Pathologie.

Bei den neuen Möglichkeiten des Färbens medizinischer Präparate und Bakterien wurde eine gewisse Affinität von Farben und einigen Mikroben entdeckt. Dies wiederum war der Ursprung für die Entwicklung einer neuen divergenten Sequenz des Netzwerkes um die Jahrhundertwende – mit dem Programm und mit der Theorie der Chemotherapie von Paul EHRlich. In den zwanziger Jahren wurden wichtige Fortschritte und in den dreißiger Jahren mit der Erzeugung der Sulfonamide ein Durchbruch erzielt. Die Chemotherapie war infolge der Konvergenz von Entdeckungen und Erfindungen (zunehmende gegenseitige Ergänzung und entsprechende neue Sicht) der divergenten Entwicklungssequenzen von Strukturchemie, Bakteriologie, Farbchemie und Pathologie entstanden.

Der zweite Ursprung des Zyklus reicht zurück bis zum Auftauchen der Bakteriologie. Die sequentielle Entwicklung driftet über die Biologie, Biochemie und Pathologie zur Antibiotikaforschung (Vgl. Abb. 4–6).

3.1.2 *Wie entstand die Antibiotikaforschung aus der Biologie, Mykologie, Bakteriologie und wie wurde sie Teil der Chemotherapie*

Zwischen 1871 und 1928 sind wissenschaftshistoriographisch wenigstens acht Forschungssequenzen nachweisbar, in denen Beobachtungen vorgekommen sind, die der FLEMINGSchen ähnlich sind. Zwischen ihnen liegt allemal eine raum-zeitliche „Kluft“, derjenigen zwischen FLEMING und FLOREY gleichend.

Nachdem das Mikroskop erfunden war, gab es neue Impulse und Möglichkeiten für die Beobachtung von Mikroorganismen. PASTEUR entdeckte auf dieser Grundlage das Prinzip des Antagonismus, zunächst zwischen Anthraxbazillen und einer bestimmten anderen Mikrobenart. In der Folgezeit kam es sporadisch immer häufiger zur Beobachtung dieses Phänomens, schließlich als *Antibiose* bezeichnet. Unter den Beobachtungen finden sich, raum-zeitlich getrennt, eine ganze Anzahl zum Phänomen der Antibiose von Schimmelpilzen und Bakterien (wovon übrigens FLEMING zur Zeit seiner Entdeckung nichts wusste).

Dazu kommen die raum-zeitlichen Abstände aller anderen einschlägigen Entdeckungen zum Antagonismusproblem, die in der Konstellation der paradigmatischen Felder zueinander, raum-zeitliche Muster von Diskontinuitäten darstellen. (Abb. 6 kann das lediglich andeuten)

4. *Die Diskontinuität als Muster der Koevolution von Mikro- und Makrostruktur bei der Entstehung der wissenschaftlich-technischen Revolution*

FLEMINGS Entdeckung ist nicht der Beginn der Revolution, sondern der Endabschnitt einer für die Beteiligten weitgehend unsichtbaren raum-zeitlichen Anordnung von konvergierenden Forschungssequenzen, die schließlich in denen der Gruppe um FLOREY eine kulminierende Aufhebung erfahren.

Welche Stellung hatte FLEMINGS Entdeckung in der Makrostruktur?

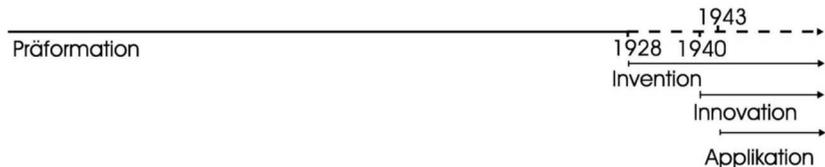


Abbildung 5: Phasen unter dem Aspekt der Gerichtetheit der Entwicklung i Bezug auf die Zunahme der Komplexität des Forschungsprogramm

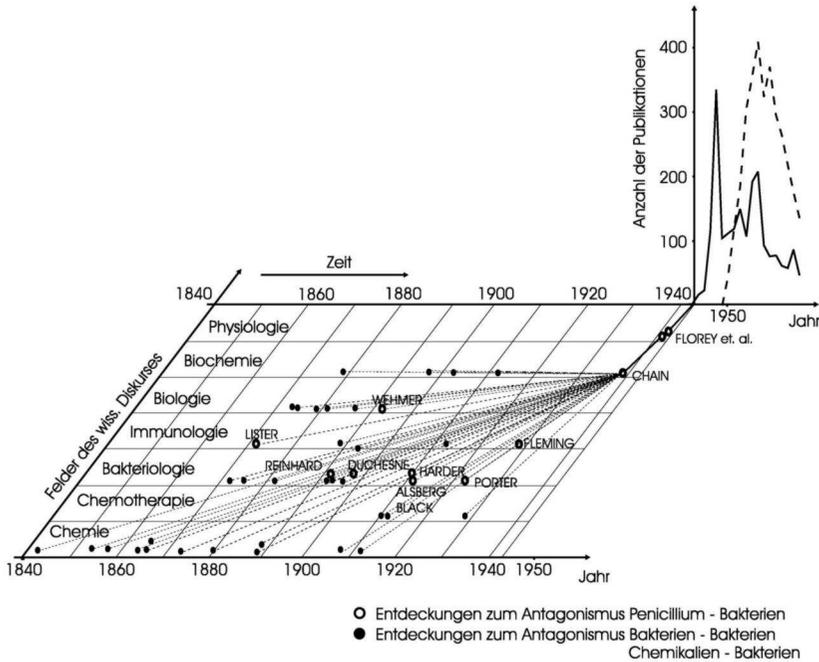


Abbildung 6: Andeutung der sequentiellen Konvergenz der Entdeckungen zum Antagonismusphänomen

Ihr war als letzter in einer langen Reihe vergleichbarer Beobachtungen das Schicksal des vorübergehenden Vergessenwerdens beschieden. Dabei war das Glück noch auf seiner Seite, denn er musste nur zehn Jahre warten, um wieder in Erinnerung gebracht zu werden und konnte sogar noch den Nobelpreis entgegennehmen. Die anderen mussten Jahrzehnte warten und haben natürlich nicht mehr erlebt, wie ihr Beitrag, in einer für sie unsichtbaren raum-zeitlichen Anordnung von Entdeckungen, mit anderen konvergierte, um schließlich an einer grandiosen Entwicklung Anteil zu haben.

Die „Kluft“ zwischen der Entdeckung FLEMINGs und denen der Gruppe um FLOREY ist deshalb primär, makroskopisch, kein subjektives Problem des Nichtbeachtens und Vergessens, sondern ein Phänomen der Selbststrukturierung von raum-zeitlich diskreten Sequenzen von Tätigkeiten und ihren Ergebnissen. Ja, sie gehört als eine „Lücke“ bzw. Diskontinuität unter anderen zum Muster der raum-zeitlichen Anordnung von konvergierenden Entdeckungen und diskreten

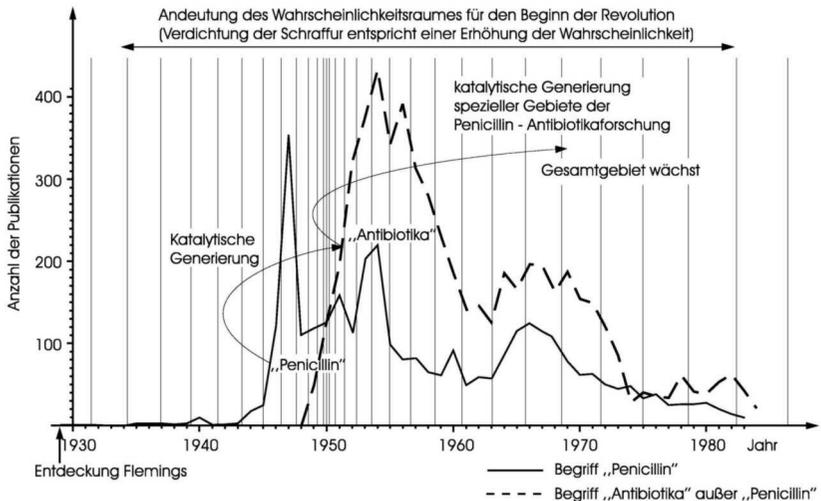


Abbildung 7: Zahl der Publikationen als Funktion der Zeit

Forschungssequenzen. Erst ein gewisses Maß der makrostrukturellen Ordnung der Wissenschaft, ließ eine integrative Frage mit hohem Rückkopplungsniveau entstehen. Diese Frage wurde in gewissem Sinne durch ein jahrzehntelanges konvergentes Driften verschiedener Forschungssequenzen vorbereitet. Aber dies geschah hinter dem Rücken derjenigen, die diese Ordnung bewirkten, denn sie verfolgten alle gesonderte Ziele. Die makrostrukturelle Ordnung indes „suchte“ ihr eigenes Ziel, und „drängte“ eines Tages einen der Beteiligten, sich dieses Ziel anzunehmen.

Für den Auftritt der Revolution gab es einen Wahrscheinlichkeitsraum, der aufgrund von Plausibilitätsabwägungen gedeutet werden kann. (Vgl. Abb. 7,8)

5. Die Entstehung einer Handlungssequenz mit Schwellwertfunktion in der Koevolution von Mikro- und Makrostruktur

Wie wurden die Entscheidungsexperimente zum Penicillin zur Schwelle einer neuen Entwicklung von Wissenschaft, Technologie und Sozialem ?

In FLOREYS Labor waren zur Zeit der entscheidenden Experimente die informationellen (verschiedenes fachwissenschaftliches Wissen) und materiellen (technische Ausrüstung, Agenzien etc.) Gegebenheiten des vorangegangenen

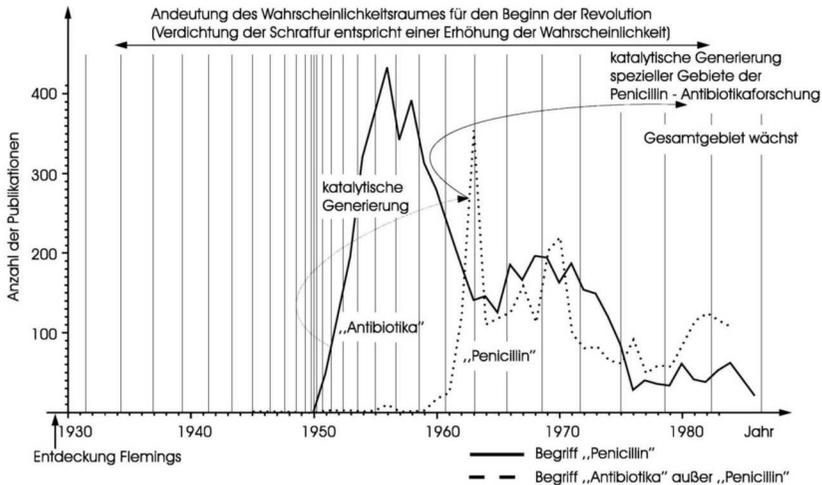


Abbildung 8: Fiktive Darstellung einer anderen möglichen Konstellation der Entwicklung im Wahrscheinlichkeitsraum

makrostrukturellen Spielraumes rückkoppelnd als Voraussetzung eingebunden. Sie sind in gewisser Weise in den informellen und materiellen Ergebnissen dieser Experimente verschwunden oder im HEGELSchen Sinne *aufgehoben*.

Viele vorangegangene getrennte Handlungen mit ihren in mehreren Jahrzehnten verstreuten Ergebnissen, die sich in unterschiedlichen Richtungen entfaltet bzw. entwickelt hatten, erfuhren jetzt ihre Einfaltung bzw. Einwicklung in *eine* Handlungs- und Ereignissequenz. Die latente Konvergenz (unsichtbare Potenz gegenseitiger Ergänzung) in vergangenen, divergenten, programmatischen Forschungssequenzen, kommt jetzt zum Vorschein, tritt heraus aus ihrer Unsichtbarkeit und bildet die Schwelle für neue Handlungsprogramme.

Das Antibiotika-Gebiet hätte nicht nur auf verschiedenen Wegen der *Penicillium*-Forschung entstehen können, sondern auch durch die Erst-Entdeckung einer anderen hochwirksamen, antibakteriellen Substanz, z.B. durch die Erst-Entdeckung des *Streptomycin*.

Demnach war die Entstehung der Antibiotikaforschung als revolutionäres Ereignis nicht notwendig von FLEMINGs Entdeckung des Penicillins abhängig. Ein zwingender Grund für diese Annahme ist, dass die Antibiotika aus mehreren, verschiedenen Forschungssequenzen hervorgegangen sind. Jede von ihnen hätte mit einem Ergebnis, das der integrativen Wirkung der Ergebnisse aus der Gruppe

um FLOREY vergleichbar gewesen wäre, die sichtbare Entstehung einer neuen Forschungsstruktur auslösen können. Der Zufall ließ die Entwicklung über FLEMINGs Entdeckung laufen, und er verlieh der makrostrukturellen Ordnung einen entsprechenden Modus.

Bezeichnend für diese makrostrukturelle Ordnung ist eine Aussage von CHAIN, dessen fundamentale Arbeiten zur Biochemie des Penicillins die erste Grundlage für eine konzentrierte Penicillin-Forschung schufen:

„I believe that the field of microbial antagonism had become ripe for study when we started our own investigations in 1938. The existence of antibacterial substances produced by micro-organism had been well documented with many examples, and it was obvious interest to study their biological and biochemical properties. We would have started our research programme on these substances even if FLEMINGs paper had not been published, and if we had not done so, someone else in some other laboratory in the world would have taken the initiative.“ (CHAIN 1971: 302)

Die tendenziell zunehmende Beschäftigung mit antibakteriellen Substanzen, folgte der makrostrukturellen Genesis von Forschungen zum Problem des mikrobiellen Antagonismus – zunächst unabhängig vom Auftauchen FLEMINGs. In diesem Spielraum gab es mannigfache mikrostrukturelle Konstellationen, die gemeinsam zur revolutionären Entwicklung drifteten. Ohne FLEMINGs Entdeckung wäre auf einem anderen Pfad der Schwellwert für den Ausbruch der Revolution erreicht worden und eine neue integrative Sicht entstanden. In Bezug auf die makrostrukturelle Konstellation war der Fund eines anderen bakteriellen Antibiotikums eigentlich wahrscheinlicher als die Entdeckung FLEMINGs.

Bei genauer Betrachtung der Situation waren die Arbeiten von WAKSMAN langfristig und systematisch angelegt. Es war nur eine Frage der Zeit, wann das *Streptomycin* aus seiner Forschungssequenz hervorgehen würde. Eine Kombination der Fragestellung von CHAIN und den zu erwartenden Befunden zum *Streptomycin* lag näher als die Kombination mit der unbeschreiblich zufälligen Entdeckung von FLEMING. Mehr noch, eine Wahrscheinlichkeitsbetrachtung der Forschungskonstellation lässt eine Möglichkeit der umgekehrten Entwicklung viel plausibler erscheinen. Ohne FLEMINGs Entdeckung wären die bakteriellen Antibiotika, wegen der systematischen Arbeiten auf dem Gebiet, zuerst aufgetreten; es hätte eine Aktivierung des Spielraumes des mikrobiellen Antagonismus von dieser Seite her stattgefunden.

Dabei wäre man wegen der längst existierenden Beschäftigung mit bakteriziden Stoffen in der Biologie auch auf die Schimmelpilze gestoßen, hätte sie systematisch durchforstet, und wäre auf diese Weise zunächst auf die Vorgeschichte des Penicillins und dann durch programmatische Forschungen auf das Penicillin

selbst gestoßen. Es hätte eine katalytische Wirkung von den bakteriellen Antibiotika auf die Penicillin-Forschung gegeben – und damit nur eine gewisse Umkehrung der Vorgänge innerhalb des in sich ziemlich stabilen Spielraumes.

Mit der Zufalls-Entdeckung von FLEMING vollzog sich indes eine eher weniger wahrscheinliche Entwicklung, zumindest wenn man die Gesamtkonstellation des konvergenten Driftens der verschiedenen Forschungsformationen betrachtet. Es bedurfte schon dieses ungewöhnlichen Zufalls, um dem Wahrscheinlichkeitsraum der Entwicklung einen entsprechend anderen Modus zu geben.

Die in Abb. 7 dargestellten Funktionen hätten dann wegen der umgekehrten Genesis des Vorganges eine umgekehrte Anordnung in der Reihenfolge. Die Antibiotika – Funktion wäre wegen des fehlenden zusätzlichen Anreizes seitens des Penicillins auf einen späteren Zeitpunkt verlagert, und die Penicillin – Funktion würde ihr in irgendeinem Abstand folgen (Vgl. Abb. 8). Dass die Geschichte nicht so, sondern umgekehrt verlaufen ist, hat ein Zufall bewirkt, von dem aber die Revolution in makroskopischer Sicht nicht abhängig war. Für ihren Auftritt gab es einen Wahrscheinlichkeitsraum, dessen zeitliche und räumliche Dimension zwar nicht scharf abgebildet werden kann, der aber – dessen ungeachtet – auf der Grundlage von logischen Plausibilitätserwägungen im Gedankenexperiment konstatierbar ist (Vgl. Schraffur in Abbildung 7 und 8). Der Scheitel dieses Wahrscheinlichkeitsraumes ist zeitlich genau so wenig festlegbar, wie die Gesamtheit der Entwicklungsmöglichkeiten der sequentiellen wissenschaftlichen Handlungen, die aus dem koevolutiven Zusammenspiel ihrer mikro- und makrostrukturellen Gestalt hervorgehen. Die Diskontinuitäten sind gewissermaßen die strukturellen Zwischenräume (Netzwerk-Verdünnungen) zwischen den Handlungssequenzen. Sie werden durch mannigfache Rückkopplungsschleifen überbrückt, so dass sich das Handlungs-Ereignis-Gefüge auf diese Weise wandelnd stabilisiert.

6. Revolutionärer Strukturumbruch – Umschlag einer gestreuten in eine komplexe Struktur

Wie entwickelte sich ein revolutionärer gesellschaftlicher Handlungszyklus von Wissenschaft, Technik, Wirtschaft, Sozialem und Politik in den USA?

Der gesamte Reichtum gestreuter wissenschaftlicher Erkenntnisse und technischer Erfahrungen, die in die Entscheidungsexperimente der sozialen Anwendung einmündeten und auf diese Weise in die Ergebnisse eingefaltet waren, drängte jetzt zu einer integrativen Entfaltung in einem komplexen Programm von Wissenschaft, Technik, Wirtschaft, Sozialem und Politik.

Was zuvor an gesellschaftlichen Ressourcen für gestreute wissenschaftliche Programme voraussetzende Bedingung für Entdeckung und Erfindung war, ist jetzt in integrierten Programmen zwecksetzende Bedingung der Entfaltung bzw. Entwicklung von Technik, Produktion und sozialer Verwertung. Unter diesem Aspekt ist keiner der gesellschaftlichen Bereiche zu irgendeiner Zeit autonom oder operational geschlossen.

Das Penicillin-Programm wurde während des Zweiten Weltkrieges – ähnlich wie das Programm zur Entwicklung der Atombombe – als „Geheimwaffe“ behandelt. Geheimverträge zwischen den USA und England waren das Fundament für eine Informationsbarriere, die die übrige Welt, insbesondere die der Gegner im Kriege vom Anteil an den erreichten wissenschaftlichen und technologischen Fortschritten weitgehend ausschloss.

Denn fast zur gleichen Zeit als FLOREY sich – ungewiss, was die nächste Zeit bringen würde – auf den Weg in die USA begab (26. Juni 1941), unterzeichnete deren Präsident ROOSEVELT die Exekutivordnung Nr. 8807, durch die das „Office of Scientific Research and Development“ (O.S.R.D.) gegründet wurde. Dieses Amt wurde beauftragt, für die Forschung über wissenschaftliche und medizinische Probleme, die für die nationale Verteidigung relevant sind, Fürsorge zu tragen. Als Direktor wurde Dr. Vannevar BUSH berufen. Präsident ROOSEVELT und Dr. BUSH brachten eine ausgewählte Gruppe von Leuten zusammen, die aus zweiundvierzig wissenschaftlichen und beratenden Komitees und Räten stammten. Zusammen mit dem Nationalen Forschungsrat formten sie das „O.S.R.D. Committee on Medical Research (C.M.R.)“. Vorsitzender des C.M.R. wurde Dr. A. Newton RICHARDS. Das Komitee sollte die Forschungsinteressen der Mediziner mit den pragmatischen Bedürfnissen der Militärs ausbalancieren.

Programme wurden vom Komitee nur dann bestätigt, wenn nachgewiesen werden konnte, dass die zu erwartenden Ergebnisse die militärische Position der Alliierten verbessern halfen. Die schwierigste Entscheidung, die die Kommission zu treffen hatte, betraf bald das Penicillin.

Die einzelnen Etappen der Konvergenz von politischem und wissenschaftlichem und industriellem Handeln wurden mit der Ankunft von FLOREY und HEATLEY in den USA eingeleitet.

Am 7. August besuchte er A.N. RICHARDS, der Professor für Pharmakologie an der Universität von Pennsylvania war, und in dessen Labor FLOREY bereits fünfzehn Jahre früher einige Monate gearbeitet hatte. Diese alte Verbindung war jetzt von besonderem Wert, da RICHARDS kurz zuvor zum Vorsitzenden des neugebildeten Committee on Medical Research (C.M.R.) berufen worden war, einer Abteilung vom Office of Scientific Research and Development (O.S.R.D.). Dieses war durch Anweisung des Präsidenten vom 28. Juni 1941 geschaffen worden,

um die wissenschaftliche Forschung zu medizinischen Problemen, die die nationale Verteidigung berühren anzuregen und zu fördern. (RICHARDS 1964:442)

Das C.M.R. entschied früh, die Produktion des natürlichen Penicillins kommerziellen Firmen zu übertragen; die stärker spekulativen Forschungen zur Struktur und möglichen chemischen Synthese des Penicillins jedoch unter die strenge Kontrolle des O.S.R.D. zu bringen. Syntheseprogramme sollten von den Fermentierungsprogrammen möglichst stark getrennt gehalten werden, obgleich dadurch höhere Kosten veranschlagt werden mussten. RICHARDS und BUSH gingen von der simplen Annahme aus, dass seitens des kommerziellen Interesses das Penicillin nicht von den zu klärenden Grundfragen her entwickelt werden würde.

Trotz aller Einschränkung war die Überzeugung verbreitet, die Deutschen und Japaner würden die Penicillinindustrie entwickeln. Begründet sah man diese Annahme durch die vorhandenen Voraussetzungen, die diese Länder hatten, die deutsche Bierproduktion und die japanische Sake-Industrie; sie beruhten auf hochentwickelten Fermentierungsmethoden. Zudem legten beide Länder großen Wert auf technologischen Fortschritt. Darüber hinaus verfügten die Deutschen über lange Erfahrungen in der organischen Chemie und Chemieindustrie.

Und zu den ersten Publikationen über das Penicillin hatten alle noch leichten Zugang.

Die meisten der genannten Gründe wären sicher ausreichend gewesen, bei freiem wissenschaftlichen Verkehr und bei Abwesenheit der besonderen Situation des Krieges einen relativen, den nationalen Ressourcen gemäßen, kontinuierlichen internationalen Fortschritt im Penicillinprogramm zu bewirken. Die Einschnitte der Kriegssituation verstärkten aber den diskontinuierlichen Fortschritt zusätzlich, der sonst nur durch die nationalen Voraussetzungen spezifisch modifiziert worden wäre.

Die Behandlung der Kriegsverwundeten mit Penicillin begann am 1. April 1943.

Am 16. Juli 1943 wurde durch das Büro für Pharmazeutika und Kosmetika der Behörde für Kriegsproduktion angeordnet, den gesamten industriell hergestellten Arbeitsertrag an Penicillin, den Bedürfnissen entsprechend an die Armee, die Marine, den öffentlichen Gesundheitsdienst und die O.S.R.D. (C.M.R.) gerecht zuzuordnen.

Von Juni bis Dezember 1943 wurde die Penicillinproduktion gegenüber Januar bis Mai 1943 um mehr als 5000% gesteigert. Und Ende April 1944 konnte der Bedarf von Armee und Marine befriedigt werden. (Vgl. Abb. 9, 10, 11)

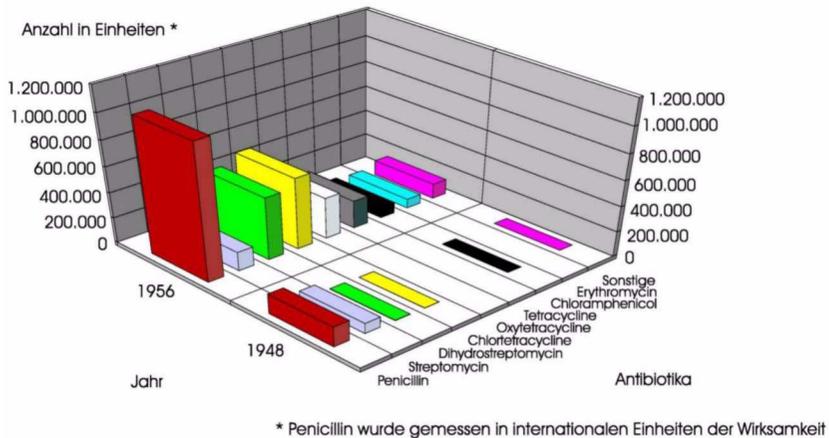


Abbildung 9: Antibiotika-Produktion – (1948–1956)

7. Die Diskontinuität als strukturelles Phänomen sozial-politischer Differenzen

Wie bestimmten die spezifischen nationalen Bedingungen die internationale Ausbreitung der Innovation?

Die extreme Situation des Krieges ließ die spezifischen nationalen Zusammenhänge von gesellschaftlicher und wissenschaftlicher Entwicklung besonders hervortreten, denn die zugespitzten Verhältnisse im Krieg steigerten die Bindungen von Wissenschaft und Gesellschaft. Aber diese Bindungen wurden erst Jahrzehnte später sichtbar, nachdem die Archive allmählich geöffnet wurden.

Die differenzierte Gestalt der medizinischen Revolution zeigt sich als abhängige Variable von nationalen, wissenschaftlichen, technologisch-industriellen, wirtschaftlichen, sozialen, militärischen und politischen Bedingungen.

7.1 Großbritannien

Während FLOREY und HEATLEY in den USA weilten, wurde die Laborproduktion von Penicillin auch in Oxford fortgesetzt.

In der Zeit zwischen 1944 und 1945 soll „Penicillin“ im Lande seiner Geburt den Rang eines Haushaltswortes erlangt haben (HOBBY 1985: 125). Anfänglich indes registrierte die britische pharmazeutische Industrie das Penicillin im Ver-

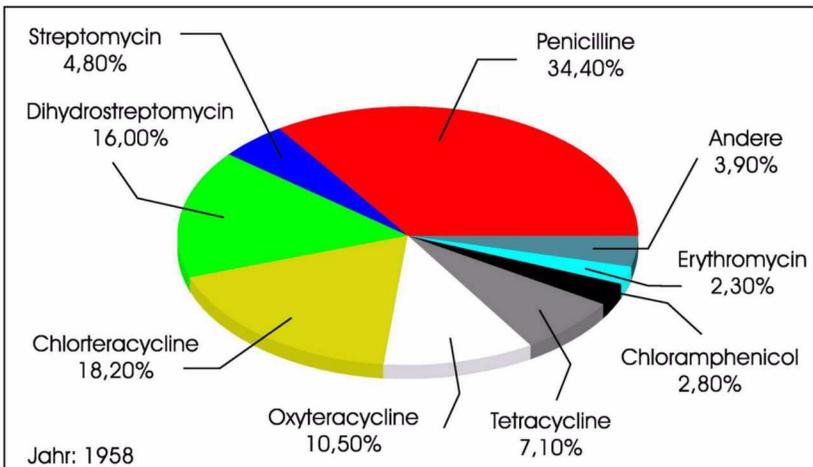
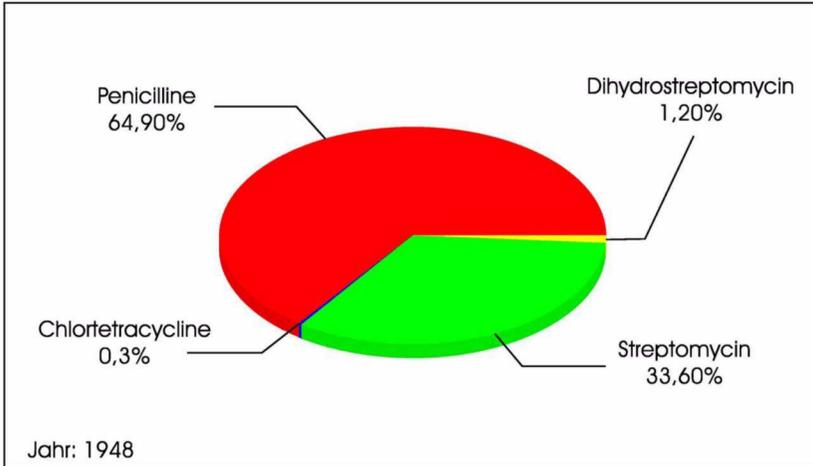


Abbildung 10: Antibiotika-Produktion (Anteile in Prozent: 1948–1956)

laufe jenes Jahres, das zwischen dem ersten Bericht von Oxford am 24. August 1940 und dem zweiten am 16. August 1941 in der Zeitschrift „The Lancet“ lag.

Die angespannte Situation der britischen Industrie durch die Erfordernisse der Kriegsproduktion hatten jedoch FLOREY überzeugt, dass ein schneller Fortschritt – wenn überhaupt – eher in den USA erreichbar sei.

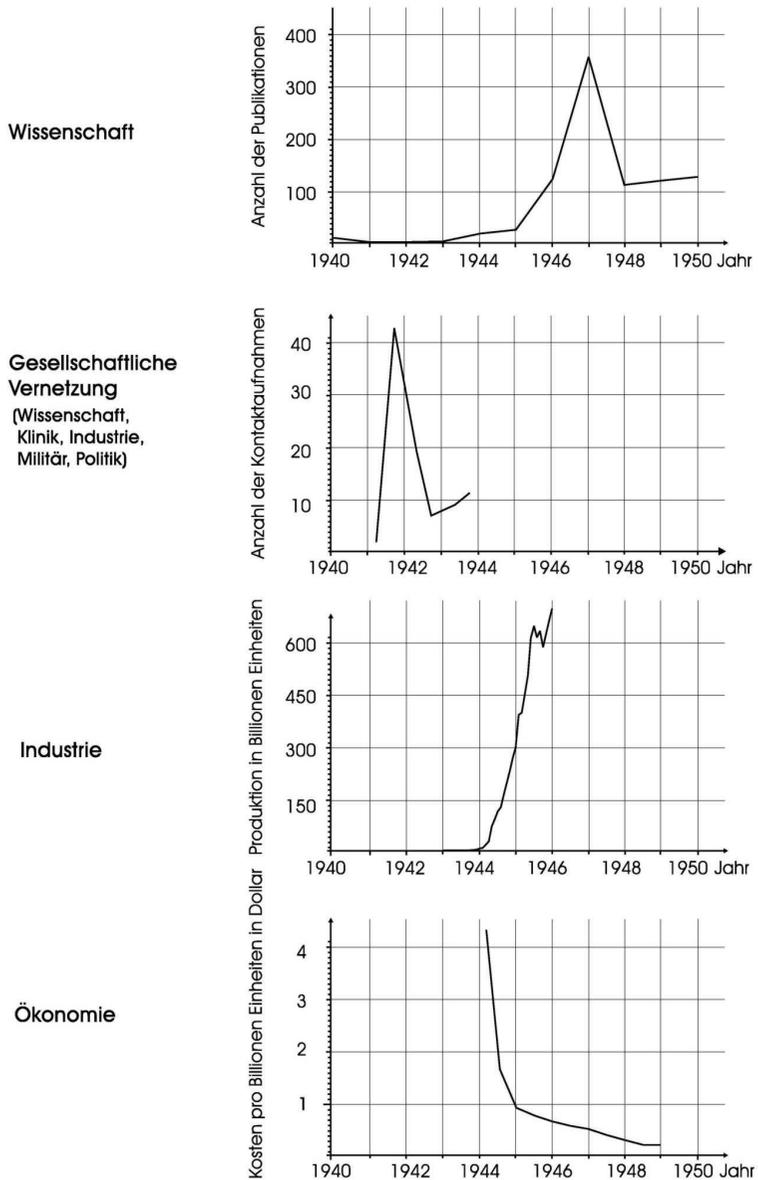


Abbildung 11: Korrelative Entwicklung zu Beginn der Penicillin-Revolution

Anfangs – solange das Penicillin-Programm noch mit nicht übersehbaren Unsicherheiten behaftet war – wirkte der Krieg eher hemmend auf das Forschungsprojekt, denn stimulierend.

Ein Leitartikel über das Penicillin, der am 27. August 1942 in *The Times* erschien, machte die britische Öffentlichkeit auf FLEMINGs Entdeckung aufmerksam. Nachdem durch FLOREYs Reise in die USA bereits intensive Vorbereitungen für Forschung und Produktion getroffen wurden, musste die britische Seite befürchten, in der Nutzung einer Entdeckung, die aus ihrem Lande stammte, hinterher zu bleiben. Aber der damit eingeleitete Disput war nicht nur ein Symptom der Wahrung nationaler Interessen, sondern auch von offenkundig werdenden persönlichen Konflikten, die wegen der Anteile an der Entdeckung und möglichen Anwartschaft auf den Nobelpreis entstanden, der 1945 an FLEMING, FLOREY und CHAIN verliehen wurde.

7.2 Australien

Die australische Geschichte des Penicillins beginnt im Oktober 1943. Major Percival BAZELEY saß in einem Panzer im nördlichen Neu Guinea, als ihn eine Nachricht vom Hauptquartier in Melbourne erreichte. Es kam keine Anweisung über eine Kriegsoperation, indessen sollte er sich auf der Stelle in die Vereinigten Staaten begeben, um die Möglichkeiten der Penicillinproduktion zu erkunden.

Im Mai 1944 rief Winston CHURCHILL eine Imperial Conference in London ein. Vertreten war auch der australische Premierminister John CURTIN. Dieser hatte offenbar von General BLAMEY, dem Australian commander-in-chief einen Hinweis auf FLOREY und das Penicillin erhalten (BICKEL 1972: 223). Daraufhin erkundigte sich CURTIN bei FLOREY, ob er nicht Australien in dieser Angelegenheit besuchen könne. Für FLOREY bedurfte es keiner besonderen Überredung; er betrachtete es wohl als ehrenvolle Pflicht, seiner Heimat diesen Dienst zu erweisen, nachdem er sich bereits eines öffentlichen Ansehens erfreute.

7.3 Sowjetunion

Einige Monate nach der Teheraner Konferenz (28. November 1943) zwischen CHURCHILL, STALIN und ROOSEVELT, der politischen und strategischen Beratung der drei Großmächte, begannen Aktivitäten auf anderen Ebenen. Die Beziehungen zwischen der Sowjetunion und den zwei Alliierten waren gespannt und von Misstrauen geprägt. Das änderte sich, als es darum ging, von der sowjetischen Seite eine zweite Front zu eröffnen, um den deutschen Faschismus niederzuschlagen. In der Atmosphäre des „Auftauens“ erging im Sommer 1943 seitens der sowjetischen Regierung eine Einladung an eine anglo-amerikanische wissen-

schaftliche Gesandtschaft. Jedes Land entsandte 2 Vertreter. FLOREY wurde ausgewählt, das britische Team zu leiten.

Am 23. Dezember 1943 verließen FLOREY und SANDERS Oxford mit Dosen an Penicillin.

Die anglo-amerikanische Abordnung traf auf eine spezifisch sowjetische Entwicklung des wissenschaftlichen Aufnahme und des Erfolgs der Antibiose-Problematik.

Das Interesse an der Antibiose als einer potentiellen neuen Quelle chemotherapeutischer Medikamente wurde nicht durch die Entdeckung des Penicillins, sondern – wie bereits in Amerika – durch eine andere Entdeckung geweckt, nämlich der Isolation von Tyrothrizin, die DUBOS im Jahre 1939 gelungen war.

Auf die weitere Entwicklung übte auch hier die Situation des Krieges einen Einfluss aus. Die Behandlung der hohen Zahl an Kriegswunden rückte die Erforschung und Herstellung chemotherapeutischer Medikamente in den Vordergrund der medizinischer Forschung. Deshalb wurde im Januar 1942 ein Institut für Tropische Medizin eingerichtet, das sich der Erforschung der Antibiotika widmete und das *Gramicidin S* entwickelte

Anfang 1943 wurden 1500 Fälle in 10 sowjetischen Krankenhäusern behandelt und im Juli gab der Medizinische Forschungsrat der UdSSR das *Gramicidin S* formal frei für die allgemeine medizinische Anwendung. Im Zusammenhang mit dieser Entwicklung wurde die Großproduktion in der Industrie organisiert. Für den Gebrauch von Gramicidin S wurde im November 1943 ein Handbuch herausgegeben. Gramicidin S blieb für mehrere Jahre das Mittel der Wahl bei der Behandlung der Kriegsverletzten, wie in Deutschland die Sulfonamide und in England/Amerika zunehmend das Penicillin, bevor dieses sich nach dem Krieg international durchsetzte (GAUSE 1980: 91).

7.4 Deutschland

Fast eine Million deutsche Soldaten wurden an den Fronten in der Sowjetunion verwundet, doch kein einziger von ihnen konnte mit Penicillin behandelt werden.

Erst nach dem Kriege kam es unter Beteiligung von Deutschen und Amerikanern zu einem illegalen Schwarzmarkt. Und das meiste dieses Penicillins wurde aus dem Urin von behandelten amerikanischen Soldaten auf dem Weg von Krankenhäusern über die Berliner Firma SCHERING gewonnen.

Was den deutschen Wissenschaftlern und potentiellen Herstellern über das Penicillin zugänglich war, das hatte sich im wesentlichen auf die Veröffentlichung FLEMINGS und FLOREYS beschränkt. Hinzugekommen waren gelegentliche Auf-

sätze Dritter in Fachzeitschriften, in „Nature“ und „Lancet“, „British Journal of Experimental Pathology“ und „Biochemical Journal“. An eine Penicillinherstellung im industriellen Modus war mit diesen Informationen nicht zu denken. Es gab Anhaltspunkte, Hinweise, Fingerzeige, so dass die Richtung des Geschehens vermutet werden konnte. Nach dem „top secret“, als die Nachrichtensperre durch die amerikanisch-englischen Vereinbarungen verhängt war, versiegten jedoch auch diese Informationsquellen.

Über der ersten Publikationen der Gruppe von FLOREY von 1941 in „Lancet“, gelangte ein nachrichtendienstlicher Bericht des deutschen Geheimdienstes zu Heinz ÖPPINGER, der sich als erster mit dem Penicillin in Deutschland befasste. Zwei Jahre lang hatte er als Assistent bei dem Nobelpreisträger Hans FISCHER in München gearbeitet. Für die Fa. HOECHST forschend, gelang es ihm, einen penicillin-produzierenden Pilz zu identifizieren und aus diesem winzige Mengen von Penicillin zu extrahieren.

Unter großer Anstrengung konnte bei HOECHST im Jahre 1944 eine Monatsproduktion erreicht werden, die für die Behandlung von achthundert bis neunhundert Kranken ausreichte. Angesichts des inzwischen entstandenen Bedarfs war das sehr wenig.

Die Gesunderhaltung der Bevölkerung wurde unter den Nachkriegsbedingungen 1946 ein erstrangiges Problem. In den Westsektoren war die amerikanische Armee für Gesundheit verantwortlich. Die Firma SCHERING bekam einen Vertrag mit den amerikanischen Militärhospitälern, die gesamte Menge des Urins käuflich zu erwerben und unter Aufsicht der Besatzungsmacht, Penicillin durch Rückgewinnung aus dem Urin zu produzieren.

Doch angesichts des Bedarfs in den zivilen Krankenhäusern war das auf diese Weise gewonnene Penicillin nicht mehr als ein Tropfen auf den heißen Stein.

Die Farbwerke HÖCHST waren nicht der einzige Ort, an dem deutsche Forscher nach Penicillin suchten. Dort hatte man 1942 begonnen. Etwa zur gleichen Zeit begann Dr. Hans KNÖLL mit den Arbeiten in Jena.

Sein Hauptaugenmerk galt der Erforschung von Krebserkrankungen. Damit im Zusammenhang wurde er 1942 durch ein Referat im „Chemischen Zentralblatt“ auf die englischen Arbeiten zum Penicillin aufmerksam. KNÖLL wollte sogleich auch diese Substanz auf ihre Wirksamkeit gegen Krebs prüfen. Sie war aber nicht zu beschaffen. Deshalb versuchte er sie selber herzustellen. Ende des Jahres 1942 gewann er eine geringe Menge stark verunreinigtes Penicillin im Labormaßstab (ARCHIV Jenapharm, A50).

So bemerkenswert die individuellen wissenschaftlichen Leistungen in Deutschland waren; gemessen am gigantischen, amerikanisch-britischen Programm, ausgeschlossen von deren Informationen und ohne wesentliche staatliche

Stützung während der Kriegsjahre, blieben die Versuche der Penicillinherstellung in Deutschland vergleichsweise sehr bescheiden. Während des Krieges jedenfalls war es in Deutschland nicht möglich, ein großes nationales Forschungsprogramm zu organisieren.

Die deutsche Penicillin-Revolution, sowohl wissenschaftliche, als auch industrielle, entfaltete sich erst nach dem Kriege unter amerikanischer Obhut und Lizenz.

7.5 Japan

Japan hatte während des 2. Weltkrieges ein Organisationssystem eingerichtet, das neue wissenschaftliche Informationen über die japanischen Botschafter nach Tokio zu übermitteln hatte. Alles was unter Kriegsbedingungen verfügbar war, wurde durch Kabel, per Post über die Schweiz oder rückkehrende Diplomaten besorgt. Es gab keinen normalen, direkten internationalen Wissenschaftsbetrieb. In der „Klinischen Wochenschrift“ 7 (1943) erschien ein detaillierter Bericht über Antibiotika von Manfred KIESE, der auch die ersten Publikationen der Oxforder Gruppe über das Penicillin enthält.

Die japanische Organisation verfügte über ein angemessenes Budget, um etwa 1000 Bücher und Journale zwischen September 1943 und 1944 zu übermitteln. Im Juni 1943 schickte Japan ein Unterseeboot nach Hamburg, wo der in Berlin stationierte japanische Militärattaché deutsche und britische wissenschaftliche Berichte auf das Schiff brachten. Wegen der verschärften Transportschwierigkeiten in dieser Zeit gelangte das Heft mit dem Bericht von KIESE offenbar mit einem Mitarbeiter der japanischen Botschaft auf das U-Boot „J-8“ der Japaner, das am 5. Oktober 1943 von Brest auslief und am 21. Dezember 1943 in der Nähe von Hiroshima ankam.

In Japan etablierte sich die Penicillinforschung hauptsächlich über eine sich konstituierende Penicillinkommission, die aus achtzehn nichtmilitärischen Forschern und zehn Offizieren des medizinischen Dienstes, der militärmedizinischen Schule und des Kriegsministeriums bestand.

Die Situation ähnelte auch in dieser Hinsicht der britischen im Herbst 1940. Denn verstärkte Luftangriffe zerstörten Industrieanlagen. Anfang Januar 1945 errichtete die Banyu Pharmaceutical Company einen kleinen Penicillin-Betrieb in Okazaki, indem sie eine Seidenfabrik entsprechend umbaute.

8. Versuch einer theoretischen Fassung der strukturellen Dynamik des Handlungsgefüges

„Make it as simple as possible,
but not simpler.“

ALBERT EINSTEIN

8.1 Die Handlungs-Ereignis-Struktur als Netzwerk

Wie kann der historische Vorgang als Netzwerk dargestellt werden?

8.1.1 Das Netzwerkverfahren GERT

Das in *Abb. 12* und *13* dargestellte Netzwerk zeigt *eine* Möglichkeit, die Struktur von Handlungen in der Forschung zu erfassen. Der Versuch einer Rekonstruktion des forschenden Handelns wurde auf der Grundlage einer historischen Beschreibung des Vorganges unternommen. Als Instrument der Rekonstruktion dienten einige wesentliche Elemente des stochastischen Netzwerkverfahrens GERT (Graphical Evaluation and Review Technique).

Dieses Verfahren wurde ursprünglich von Mathematikern der NASA für die Forschungsplanung entwickelt. Vgl. (VÖLZGEN, DICK, ZIMMERMANN 1969), (VÖLZGEN, DICK 1969), (ZIMMERMANN, VÖLZGEN 1972), (MEHNERT, WOLF 1983)

Als Elemente wählen wir historiographisch ausgewiesene Tätigkeiten und Ergebnisse einerseits und Elemente einer Logik andererseits, die es gestatten, die Verbindungen der Tätigkeiten und Ergebnisse darzustellen.

Eingangsseite \ Ausgangsseite		exklusives oder	inklusives oder	und
		\lrcorner	\triangleleft	\cap
deterministisch	\supset	$\lrcorner \cap$	$\triangleleft \cap$	$\cap \cap$
stochastisch	\triangleright	$\lrcorner \diamond$	$\triangleleft \diamond$	$\cap \diamond$

exklusives oder

Jede auf den Knoten zulaufende und ausgeführte Aktivität kann die Realisierung des Knotenergebnisses bewirken. Ein gleichzeitiges Eintreffen von zwei oder mehr Kanten ist per Definition ausgeschlossen, so dass in einem bestimmten Zeitpunkt jeweils nur eine Kante einlaufen und das Knotenergebnis auslösen kann.

inklusives oder

Jede auf den Knoten zulaufende und ausgeführte Aktivität kann zur Realisierung des Knotenergebnisses führen. Ausgelöst wird das Ereignis durch die zuerst Eintreffende Kante, d.h. dieser Knoten ist ein Minimumoperator.

und

Das Knotenergebnis tritt erst dann ein, wenn alle Aktivitäten, die durch die einlaufenden Kanten repräsentiert werden, ausgeführt sind (Maximumoperator).

deterministisch

Alle von dem Knoten wegführenden Aktivitäten müssen ausgeführt werden, nachdem das Knotenergebnis eingetreten ist, d.h. jede dieser Aktivitäten besitzt einen Wahrscheinlichkeitsparameter von $p=1,0$.

stochastisch

Nachdem das Knotenergebnis eingetreten ist, wird nur eine der wegführenden Aktivitäten ausgeführt.

Mit Hilfe der Kanten und logischen Knotenelemente ist es möglich, einen zufallsbedingten, mit Unsicherheit behafteten Prozess anschaulich darzustellen.

Das abgebildete Netzwerk ist ein Versuch, die historiographisch gut recherchierten Handlungsfolgen auf der Grundlage der beschriebenen Tätigkeiten strukturell und anschaulich zu erfassen.

Das Netzwerk erbrachte zunächst die bildhafte Vorstellung einer Möglichkeit, Handlungsstrukturen der Forschung zu erfassen. Sie zeigt eine *Genesis, Logik* und *Vernetzung* von Tätigkeiten, die als Manifestation eines kaum nachvollziehbaren sozio-kulturellen Hintergrundes von Beziehungen zustande gekommen sind. In ihrer Struktur der Genesis, Logik und Vernetzung repräsentieren sie einen eigenständigen Inhalt, der nicht einfach mit dem Komplex der zugrundeliegenden sozialen Entstehungsbedingungen zusammenfällt – sowenig wie die Strukturen einer Landkarte als Inhalt mit dem Komplex der zugrundeliegenden geographischen Entstehungsbedingungen einfach zusammenfällt.

8.2 Die Forschungssequenz von Fleming im GERT-Netzwerk

Abbildung 12 zeigt die Netzwerkstruktur der Forschungssequenz von FLEMING, die aus seiner Zufallsbeobachtung (Knoten 55) entstanden ist.

Die nächste wichtige Aufgabe von FLEMING war, den Stamm des Schimmelpilzes zu sichern. Dies musste notwendigerweise für den Fortgang der Arbeit geschehen, daher ist der Knoten deterministisch. Der vermehrte Schimmelpilz war der Ausgangsbasis für verschiedene Subsequenzen der Forschung: die Erkundung

- (a) der Wirkung des Schimmels auf verschiedene Bakterien (Knoten 59–62),
- (b) der bakteriziden Wirkung von Nährlösungen (Knoten 63–68),

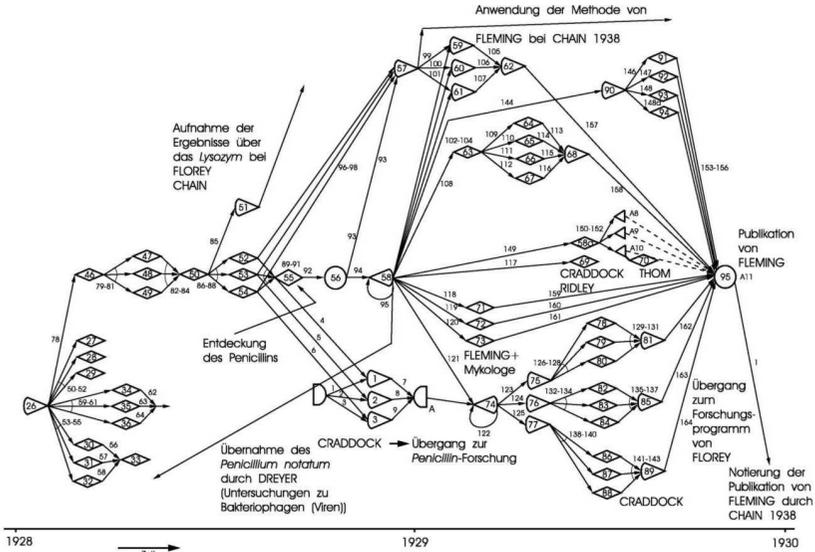


Abbildung 12: Die Entdeckung des Penicillins – Netzwerk des Forschungsprogramms von Fleming

- (c) von Möglichkeiten der Extraktion, die nicht gelang und abgebrochen werden musste (Knoten A8 – A10),
- (d) der bakteriziden Wirkung anderer Schimmelpilze (Knoten 71–73),
- (e) der Wirkungsabhängigkeit des Schimmelsaftes vom Wachstumsstadium, von Temperaturen, von Nährböden. (Knoten 74- 89)

Da die alternativen Untersuchungen parallel verlaufen und eine Selektion der Ergebnisse stattfindet, die das weitere Vorgehen bestimmen, ergibt sich eine zyklische Struktur, die sich – der Genesis des Netzwerkes entsprechend – hierarchisch formiert.

Der separate Schlüssel des Netzwerkes (Abbildung 12) befindet sich im Anhang.

8.3 Das beginnende Penicillin-Forschungsprogramm im GERT-Netzwerk

Abbildung 13 zeigt das umfassendere Netzwerk, wovon die zuvor betrachtete Sequenz von FLEMING ein Teil ist.

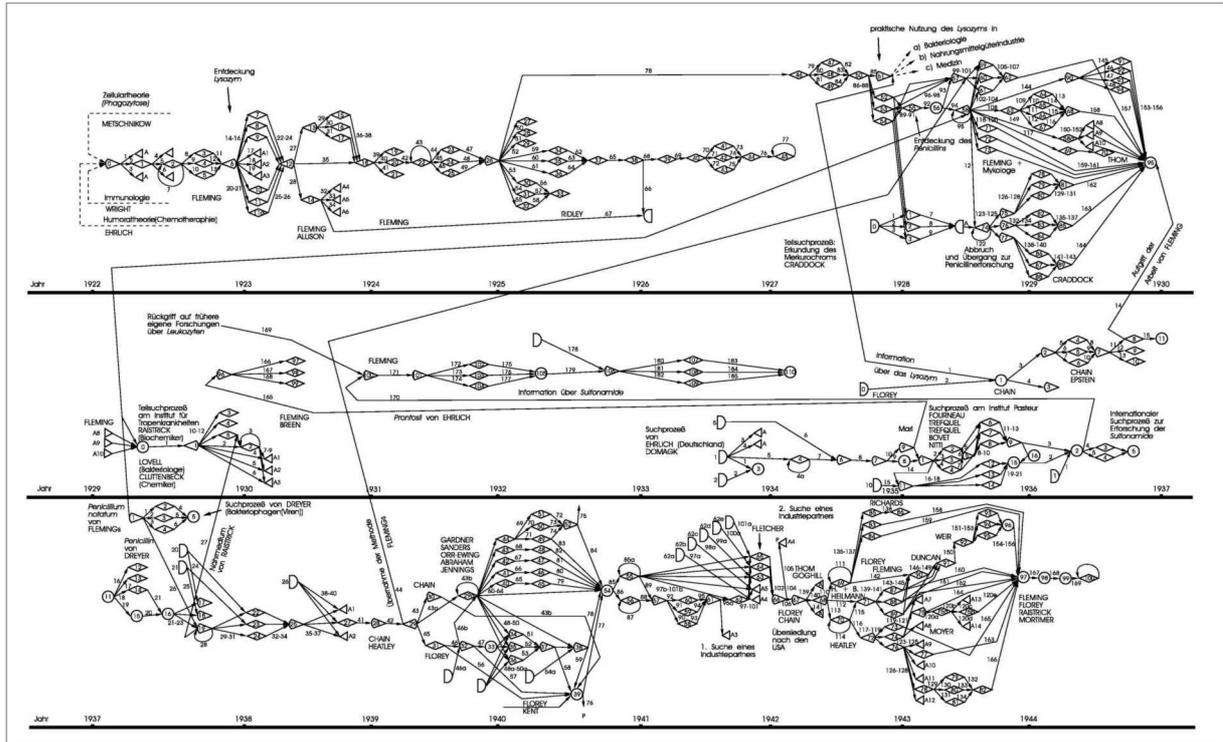


Abbildung 13: Netzwerk der Entstehung des Forschungsprogramms Penicillin

Wir sehen, dass die einzelnen Sequenzen eine zyklische Struktur mit hierarchischer Gliederung aufweisen. Dabei ist die Struktur desto differenzierter je größer der Zyklus ist, den wir betrachten. Auffällig sind drei größere Sequenzen (Zyklen): diejenige von FLEMING (1929), zwei weitere der Gruppe von FLOREY. Der Zyklus (1940) schließt ab mit den gelungenen Tierexperimenten, die eine Voraussetzung des weiteren Programms waren; der darauf folgende Zyklus 1941–43 ist auf eine erste umfassende Erkundung des *Penicillins* und seiner Erprobung am Menschen zurückzuführen und schließt mit einer zusammenfassenden Dokumentation ab, in deren Anschluss die forcierte Kontaktaufnahme mit der Industrie einsetzte.

Symptomatisch für das sequentielle Driften ist nicht nur der stochastische Verlauf angesichts der Knotenrepräsentation, sondern auch die langfristigen Rückkopplungen; CHAIN: selektive Aufnahme der Publikation von FLEMING (Pfad 14 von CHAIN zu Knoten 95 von FLEMING); CHAIN: Information über das Lysozym im Rahmen seiner generellen Rückkopplung auf die verstreuten antibakteriellen Substanzen; CHAIN: Übernahme der Methode zur Toxizitätsprüfung von FLEMING (Pfad 44 von CHAIN zu Knoten 58 von FLEMING); CHAIN: Übernahme des verbesserten Nährmediums von RAISTRICK (Pfad 27 zu Knoten 2 von RAISTRICK); DREYER: Untersuchung des *Penicillium notatum* von FLEMING im Rahmen seiner Forschung zu den *Bakteriophagen* (Pfad 1 von DREYER zu Knoten 58 von FLEMING); CHAIN: Übernahme des von FLEMING stammenden *Penicillium notatum* von DREYER (Pfad 26 von CHAIN zu Knoten 1 von DREYER).

Die Diskontinuität zwischen der abgebrochenen Forschungssequenz von RAISTRICK und dem Beginn des Penicillin-Programms bei CHAIN ist analog zu der zwischen FLEMING und CHAIN – aber sie ist weniger spektakulär, deshalb eine der fast vergessenen. Doch: wäre RAISTRICK gelungen, was später CHAIN glückte, hätte er Nobelpreisträger werden können. Aber seine Befunde zum Penicillin haben dennoch ihren spezifischen Beitrag zur späteren revolutionären Entwicklung beigetragen.

Abbildung 14 zeigt die Logik des Forschungsprozesses von einer anderen Seite: die verschiedenen Anteile des stochastischen und deterministischen Verlaufs sowie den Anteil der Abbrüche. Abbildung 15 lässt die zyklische Struktur des Gruppenbildungsprozesses in Abhängigkeit von den parallelen und interdisziplinären Forschungshandlungen erkennen.

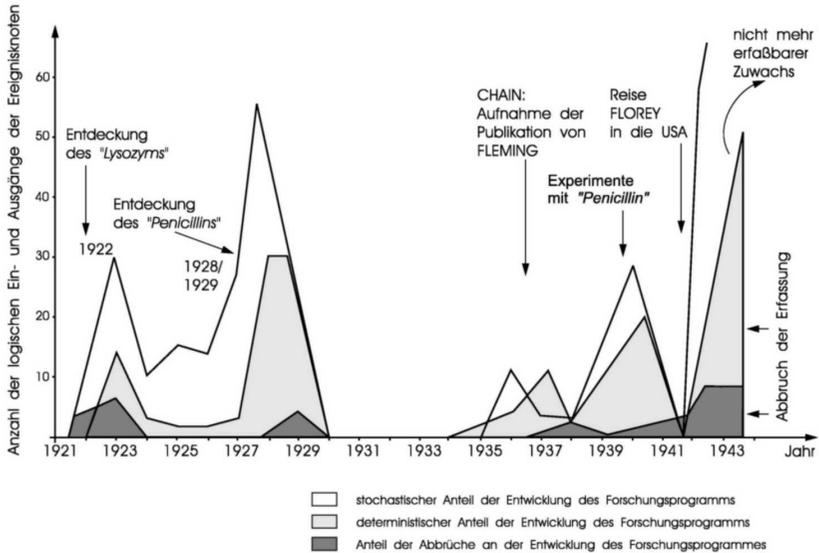


Abbildung 14: Anteil der stochastischen und deterministischen Entwicklung des Netzwerks

9. Grundzüge des hypothetischen Strukturmodells

„Diese fundamentale Verflechtung der einzelnen menschlichen Pläne und Handlungen kann Wandlungen und Gestaltungen herbeiführen, die kein einzelner Mensch geplant oder geschaffen hat. Aus ihr, aus der Interdependenz der Menschen, ergibt sich eine Ordnung von ganz spezifischer Art, eine Ordnung, die zwingender und stärker ist, als Wille und Vernunft der einzelnen Menschen, die sie bilden.“

Norbert ELIAS (1982:314)

9.1 Das Verhältnis von Entdeckung und Revolution

Vorläufige Charakteristik

Die vorangegangene Strukturanalyse scheint zur Annahme folgender vorläufigen hypothetischen Grundzüge eines Strukturmodells wissenschaftlich-technischer Neuerungen zu berechtigen:

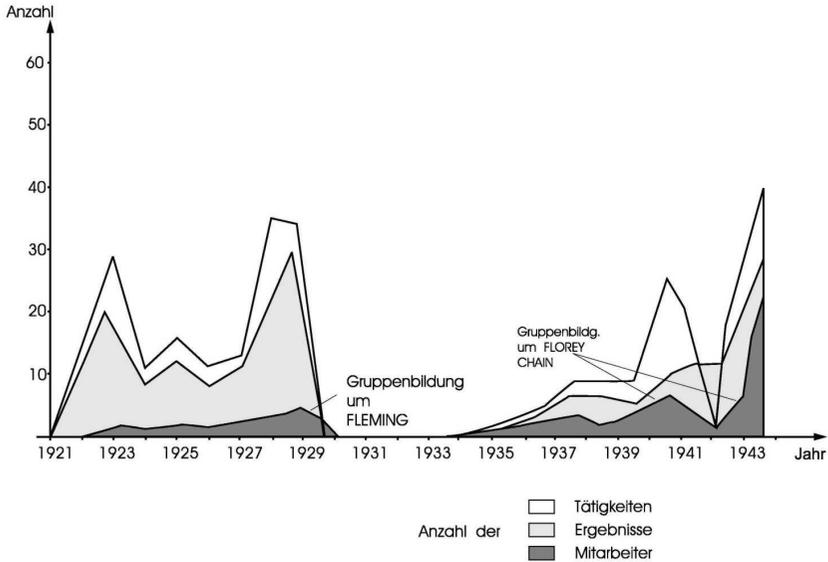


Abbildung 15: Entstehung des Forschungsprogramms „Penicillin“ (Gruppenbildung)

Der dominante Ausgangspunkt einer revolutionären Entwicklung in der Wissenschaft ist nicht *eine* Entdeckung – obwohl es oft so erscheint; auch nicht eine überschaubare Gesamtheit von Entdeckungen, sondern der Modus eines über lange Zeit sich selbststrukturierenden Raumes von konvergierenden, d.h. potentiell sich ergänzenden Entdeckungen und Erfindungen.

Dieser Raum

- ist unsichtbar, weil und solange er aus getrennten Diskursen besteht, deren Konvergenz noch keinen Beobachter hat;
- ist erst am Fuße der einsetzenden revolutionären Entwicklung partiell sichtbar, weil er schlagartig die Konvergenz des bislang getrennt Erschienenen in ein gemeinsames Blickfeld rückt und einen neuen Diskurs auslöst;
- ist erst durch den neuen Diskurs retrospektiv erschließbar, indem dieser einen neuen Aspekt der wissenschaftshistoriographischen Archäologie eröffnet;
- ist ohne Anfang und Ende, weil er ein Netzwerk darstellt, das sich zyklisch und heterarchisch zu Hierarchien formiert;
- ist seiner Natur nach in einer selbststrukturierenden Nahordnung (Mikrostruktur) und Fernordnung (Makrostruktur) befindlich, erzeugt durch die Beziehung von Agierenden und der Genesis des geteilten Arbeitsprozesses.

Die Revolution erscheint im Netzwerk als Scheitel zwischen Hyperzyklen: einerseits als die Ballung eines vergangenen Raumes von (aus der Sicht der Akteure) unverbundenen Forschungssequenzen (Konvergenz), die feld- bzw. raumartig gegliedert sind, und zwar heterarchisch im Entstehen (verborgen entstehender Hyperzyklus) und hierarchisch als Entstandenes (retrospektiv sichtbar gewordener Hyperzyklus); andererseits als die Verzweigung (Divergenz) eines entstehenden Raumes von komplex verbundenen Forschungssequenzen (entstehender Hyperzyklus). (Vgl. Abb. 1–6)

9.2 Strukturierung verschiedener Ganzheiten

Der Totalität des Handlungsnetzwerkes liegt offenbar das Prinzip des Strebens zu immer neuen Ganzheiten verschiedener Größenordnung zugrunde. Dieses Prinzip könnte das *Prinzip der Hologenität* genannt werden. Es schafft eine spielraumartige Ordnung der Genese, für die die Begriffe teleologisch oder teleonomisch nicht eigentlich zutreffend sind. In komplementären Sinne werden in der divergenten Bewegung heterogene und in der konvergenten Bewegung homogene Ereignisse hervorgebracht, die wechselseitig ineinander eingefaltet sind. Solche Ganzheiten sind die eigentlich wirkenden „Wege“ der Entwicklung. Die einzelnen Pfade des Netzwerkes stellen daher etwas „Unvollständiges“, „Unfertiges“ dar; sie sind in der Gänze einer zyklischen Gesamtheit der Input für einen anderen Zyklus; sie sind stochastisch und als netzförmiger Zyklus determiniert. Das Prinzip stellt sich so dar, als sei ein übersubjektiver Puzzlespieler am Werk. Wenngleich von den einzelnen Akteuren abhängt, in welcher Konstellation sie Pfade beschreiten, so sind sie aber eingebunden in die Regeln des übersubjektiven Spielers; er bestimmt in dem von den Akteuren gesponnenen Netzwerk die Entwicklung des Spiels. Das Problem, mit dem wir es dabei unangenehmerweise zu tun haben, ist, dass die Akteure selbst zu den Elementen des Puzzles gehören und der eigentliche Spieler (der einer nicht individuellen Dimension angehörende „Gesamtarbeiter“) im Verborgenen agiert. Schlimmer noch, wir können einschlägige Spiele zu Rate ziehen, um den Vorgang besser zu verstehen; Spiele, wie sie z.B. von Manfred EIGEN und Ruthild WINKLER aufgeführt sind, um Strukturbildungen in der Molekularbiologie besser nachvollziehen zu können – in unserem Falle sind wir mikrostrukturell gesehen Spieler aber makrostrukturell Spielelemente des übersubjektiven Spielers. Dabei kennen wir zumindest zwei Spielregeln des Spielers. Eine Regel lautet: Baue Ganzheiten aus heterogenen, sich ergänzenden Elementen! Eine zweite Regel lautet: Baue die Ganzheiten so, dass größere kleinere enthalten können! Aber der Spieler hat auch zwei hintergründige Freiheitsgrade, einmal den Freiheitsgrad, Ganzheiten von beliebiger Größe im

Rahmen aller Handlungen und Ereignisse zu bilden, und zweitens den Freiheitsgrad, dies beliebig in bezug auf die in die Zukunft reichende Zeit tun zu können. Daraus ergibt sich eine nicht schlüssige Dimensionalität des Spiels. Das heißt, wir können retrospektiv und partiell, bereits erspielte Ordnungen einigermaßen erkennen, aber es ist uns nicht vergönnt, in irgend einer Gegenwart die Gesamtordnung des in die Zukunft reichenden Spiels zu fassen, weil wir nicht wissen, in welchen verschiedenen, geöffneten Zyklen wir uns in der Gegenwart befinden und wie diese in der Zukunft geschlossen werden.

Ein sehr einfaches, aber analoges Beispiel ist die wiederholt auftretende Laborsituation, in der unterschiedliche Suchwege gegangen werden müssen um zu einem akzeptablem wirksamen Ergebnis zu gelangen. Wie wir gesehen haben, etwa bei der Suche nach einem günstigen Nährmedium oder der Suche nach einem potenten Pilz. Was uns hier in sehr elementarer Weise bezüglich der Bifurkation einzelner, alternativer Handlungen begegnet, findet sich auch auf der Ebene von Zyklen und Hyperzyklen von Handlungen wieder, wie es ansatzweise auch in Abb. 13 ersichtlich ist.

9.3 Divergenz und Konvergenz – Differenzierung und Integration

Die Strukturierung der von den Akteuren getrennt vollzogenen Handlungen in einem großen Netzwerk hat eine divergente und konvergente Tendenz. Die divergente Tendenz bewirkt zunehmende Arbeitsteilung und Spezialisierung (*Suchraumerweiterung*), die konvergente, zunehmende Aufhebung der Arbeitsteilung (*Suchraumeinengung*) in der Bewegung gegenseitig sich ergänzender Aktionen. Divergenz splittiert Ziele und Handlungen auf, Konvergenz, führt sie zusammen. So entstehen aufgrund heterarchisch driftender Handlungsnetze Hierarchien von Zielen und Handlungen, die das Netzwerk in der Rekonstruktion hierarchisch erscheinen lassen.

Divergenz und Konvergenz sind aber komplementäre Tendenzen!

Jeder Pfad im Netzwerk (Handlungsfolge) erscheint divergent oder konvergent; aber, die Betrachtung eines Pfades als divergenten Pfad in Bezug auf ein bestimmtes Ereignis, schließt die Betrachtung desselben Pfades als konvergenten Pfad in Bezug auf eben dieses Ereignis aus.

9.4 Zeit und Wahrnehmung

Wenn wir uns die Totalität des Netzwerkes aller Handlungen vorstellen, die für keinen Einzelnen erleb- und erfahrbar ist, so können wir für jeden Zeitpunkt der Geschichte eine Gegenwart desselben denken (vertikaler Schnitt im Netzwerk), eine Vergangenheit (horizontale Schnitte? Schar von Schnitten? – nein: das Netz-

werk selbst!) und eine mögliche Zukunft. Wie sich zeigt, ist Gegenwart etwas Besonderes, wir vermögen Gegenwart und Vergangenheit nicht in einem Sprachmuster zu fassen. Die Vergangenheit ist durch gerichtete Pfade bzw. Netze von Kanten und Knoten repräsentiert. Beobachtet man einzelne Pfade in ihrem Verlauf über mehrere Knoten, so ist zu sehen, dass sie nicht direkt vom betrachteten Ausgangsereignis zu einem Zielereignis gelangen; die Pfade ähneln in ihrem Verlauf eher der Stochastik einer sogenannten Brown'schen Bewegung bzw. der Bewegung von Molekülen beim Phänomen der Diffusion, die, – um mit einem Bild von Erwin SCHRÖDINGER zu sprechen – der Bewegung eines Menschen gleicht, der mit verbundenen Augen versucht, sich auf einer unbekanntem Fläche auf ein Ziel hinzuzubewegen, von dem er nicht genau weiß, wo es sich befindet, weshalb er sich nicht für eine bestimmte Richtung entscheiden kann, sondern diese ständig wechselt und tastend voranschreitet.

Wenn wir nicht allzu kritisch sind, kann die Totalität des Netzwerkes insofern als objektiv oder übersubjektiv angesehen werden, als ihr die Handlungen aller Beteiligten zugrunde liegen, für deren Gesamtschau es kein Subjekt gibt.

Der Einzelne ist im Sinne von Niels BOHR „Schauspieler“ und „Zuschauer“ zugleich. Er hat im Netzwerk eine *doppelte Vergangenheit*: eine wahrgenommene Vergangenheit, die seinem Bewusstsein zugänglich ist, aus der seine bewusst vollzogenen Handlungen hervorgehen; und eine nicht wahrgenommene Vergangenheit, aus der die nicht wahrgenommenen Voraussetzungen seiner Existenz und seiner Handlungen erwachsen; denn: verankert im gesamten Netzwerk, ist er in der Erbfolge sowohl der wahrgenommenen, als auch der nicht wahrgenommenen Vergangenheit. Die evolutionär zustande gekommenen Zustände von Natur und Leben sind Voraussetzung seiner Existenz, nah- oder fernwirkend.

Die Wahrnehmungen des Netzwerkes sind aber noch etwas anderes als dieses selbst, und sei es auch nur, dass die verknüpfte Gesamtheit aller Aktionen etwas anderes sei als die Summe der einzelnen Aktionen oder dass die Gesamtheit der Wahrnehmungen in ihren kommunikativen Beziehungen etwas anderes sei als die Summe der einzelnen Wahrnehmungen. Deshalb möchte ich im Unterschied zu Vergangenheit, Gegenwart, mögliche Zukunft, die Wahrnehmung derselben als *Retrospektive*, *Perspektive* und *Prospektive* bezeichnen.

„*Retrospektive*“ bezeichnet die *Sicht auf vergangene, horizontale Verknüpfungen* von Aktionen und Ereignissen in Bezug auf eine Befindlichkeit im Netzwerk; „*Perspektive*“, die *Sicht auf das gegenwärtige, vertikale In-Beziehung-Setzen* von Aktionen und Ereignissen in Bezug auf eine Befindlichkeit im Netzwerk; „*Prospektive*“ die *Sicht einer gedanklichen Vorwegnahme* (Antizipation) von Möglichkeiten des Auswuchses des Netzwerkes in Bezug auf eine gedachte, in der Zukunft liegenden, Gegenwart.

In einem Gegenwartsschnitt des Netzwerkes finden wir angeschnittene Pfade oder Knoten unterschiedlicher interner, räumlicher und zeitlicher Ferne, die als Synonym für unsere Befindlichkeit in einer Gegenwart stehen. Wenn die Vergangenheit eines Handlungsgefüges sich als ein rhythmisch fließendes Netzwerk darstellt, so gleicht die Gegenwart mit den angeschnittenen Knoten und Kanten – in der Vorstellung einer vertikalen Draufsicht auf das Ankommen der Handlungen und Ereignisse in der Gegenwart – dem nächtlichen Firmament mit seinen unverbundenen, dichter oder dünner gestreuten Sternen in einem sonst leeren Raum. Diese jeden Augenblick erscheinende Unverbundenheit in der Gegenwart mag vielleicht am ehesten eine Ahnung davon vermitteln, wie sehr wir im Banne einer unverständenen Evolution stehen und wie wenig wir ihr Konstrukteur sind. (Der Begriff der „Epistème“ mag der geistige Aspekt einer Geschichtsvorstellung in solchen Gegenwartsschnitten sein (Vgl. 10.3).

Zwischen perspektivischer und retrospektivischer Wahrnehmung besteht deshalb ein gravierender Unterschied, denn erstere ist die Art des *Erlebens*, letztere die Art des *Erfahrens*. Ihre Bedeutung ist daher verschieden. Ihr Zusammenfallen für ein Individuum und ihr Zusammentreffens im Verkehr der Individuen hat etwas beständig Gesondertes. So haben etwa die Urteile, die aus einer bestimmten Retrospektive *eines* Individuums hervorgehen, und die Befindlichkeit eines *anderen* Individuums in dessen Perspektive betreffen, immer etwas Vermessenes – und doch scheinen wir im Gefüge des Ganzen nicht darauf verzichten zu können. Für die Zwiespältigkeit der Situation stehen Recht und Moral, nicht zuletzt jede Art von strittiger Auseinandersetzung im Leben.

Sind die Menschen allein schon im allgemeinen Verkehr genötigt, diese unüberbrückbare Diskrepanz in endlosem Bemühen zu verringern, so erst recht in der Wissenschaft. In akrobatischen Anstrengungen und Übungen des Geistes wird ein Fundament der Verständigung angestrebt, ohne je ans Ziel zu gelangen. Harmonie im Einzelnen scheint auch hier weniger Sache der Natur als vielmehr ein *strukturierendes Driften im Ganzen*.

9.5 Interne Zeit und externe Zeit

Die Vorstellung irgendeines Gesamtnetzwerkes in Bezug auf die Zeit, wie ich sie bisher gebraucht habe, unterstellt eine *Zeit* der Uhr, des Kalenders; diese *Zeit* nenne ich *externe Zeit* oder *explizite Zeit*. Denn sie steht dem ganzen Vorgange als außen gedacht gegenüber. Im Unterschied dazu sei als die innere bzw. *interne* oder *implizite Zeit* des Netzwerkes eine andere verstanden: eine *Zeit*, die mit den Vorgängen zusammenfallend gefasst wird. Deshalb bedeutet zunehmende *Divergenz*, zunehmende zeitliche *Entfernung*, und zunehmende *Konvergenz*, zuneh-

mende zeitliche *Annäherung*. Das konvergente Zusammentreffen, Zusammenfallen von Aktionen und Ereignissen bedeutet *Gleichzeitigkeit* im Netzwerk. Gleichzeitigkeit wird folglich als eine Eigenschaft des *Zusammenfallens von Getrenntem, Fragmentiertem* verstanden.

Je größer, hierarchisch ausdifferenzierter ein Zyklus ist, der sich schließt, desto revolutionärer wird er empfunden, weil die Turbulenz des Zusammenfallens von vielfach Getrenntem, die Ereignisse raum-zeitlich klumpenhaft auftreten lässt, wodurch die kalendarische Zeit zusammengedrückt, verkürzt empfunden wird.

9.6 *Zyklen und Quanten von Handlungen als besondere Wirkungs-Einheiten*

Eine sehr auffallende Charakteristik der Struktur des Netzwerkes entsteht durch die Logik der Handlungen. Sie ist maßgebend für die Stochastik und die zyklische Struktur des Netzwerkes. Jeder Zyklus besteht aus einem Sich-Öffnen und einem Sich-Schließen. Im Schließen eines Zyklus entsteht – in Bezug auf seine Herkunft – das „Neue-Ganze“; es trägt die Keime des Öffnens von Zyklen, eines Geborenwerdens. Im Öffnen eines Zyklus entsteht – in Bezug auf seine Herkunft – das „Neue-Getrennte“ bzw. „Neue-Fragmentierte“ im Sinne des Geschiedenen; es trägt die Keime des Schließens von Zyklen, eines Sterbens. Geburt und Tod haben daher im Keim etwas Gemeinsames, eine Kraft der Verwandlung.

Jene Knoten, die eine Konvergenz markieren, repräsentieren in ihrer Genesis das Quantum der Ereignisse des vorangegangenen Zyklus. Betrachtet man daher die Entwicklung des Netzwerkes in Bezug auf solche Schlüsselereignisse, so lässt sich diese Entwicklung als auf Quanten von zum Teil selektierten und zum Teil gegenseitig sich ergänzenden Handlungen und Ereignissen zurückführen. Bei einer Sicht auf diese Quanten wird die sequentielle Struktur des Netzwerkes deutlich. Jeder Zyklus, gleich ob sehr klein oder sehr groß, hat ein für alle gültiges Charakteristikum: das Quantum der in ihm vorkommenden Handlungen und Ergebnisse in Bezug auf den darauf folgenden Zyklus bildet eine Ganzheit, d.h. dieses Quantum wirkt auf die daraus hervorgehenden Zyklen als Ganzes. Da dieses Ganze immer charakterisiert ist als etwas Neues, Eingefaltetes in Bezug auf zuvor gegenseitig sich ergänzendes Entfaltetes, haben die Endknoten (Ereignisse, die einen Zyklus schließen) ein Potential gemäß des Maßes der in sie eingefalteten Kanten und Knoten.

Ich habe nun zwei Möglichkeiten, vom Werden des strukturellen Musters des Netzwerkes zu sprechen: Wenn ich die Wirkung aller Handlungen als fernwirkende Kraft annehme, werden die Akteure des Netzwerkes von der Art der dadurch hervorgebrachten Selbststrukturierung orientiert. Wenn ich hingegen die Akteure als die Erzeuger dieser Art der Strukturierung auffasse, dann hat ihr

arbeitsteiliges, gemeinschaftliches Wirken die Eigenschaft, diese Art der Selbststrukturierung des Netzwerkes hervorzubringen.

Da kein Zyklus statisch für sich steht, sondern in der mannigfaltigsten Vernetzung sich befindet, kann ein einzelnes Ereignis die Art der Zyklizität verändern. Stabil ist nicht die werdende Gestalt des Zyklus, sondern das *Prinzip* der *zyklischen, raumartigen* Selbststrukturierung. Dieses Prinzip ist es, das in der Mannigfaltigkeit der Zufälle eine Art Ordnung (Musterung) schafft. Es scheint, als ob ein Ereignis in Ansehung eines Ganzen, um so zufälliger auftritt, je kleiner der Zyklus ist, dem er angehört ist.

9.7 Spielraumbildung

Die Vielzahl kleiner Zyklen – räumlich verteilt und ineinander verschachtelt – schafft daher *Spielräume* für die Gestalt größerer in Form von Hierarchien. Rangniedrigere Zyklen und Hierarchien stehen hingegen unter dem gestaltenden Einfluss jeweils ranghöherer Zyklen und Hierarchien. Und je größer ein Zyklus, desto größer ist seine Stabilität, die Wahrscheinlichkeit bzw. der Grad der Notwendigkeit seines Auftritts.

In der Netzwerkstruktur können wir für die Wissenschaftsentwicklung eine Oberflächenstruktur und eine Tiefenstruktur annehmen. Ihre Oberflächenstruktur besteht in den Handlungen und den daraus hervorgehenden Ergebnissen bzw. Ereignissen (repräsentiert durch Kanten und Knoten des Netzwerkes) sowie ihrer logischen Vernetzung; ihre Tiefenstruktur besteht dagegen aus dem Komplex historisch gewordener, sozio-kultureller Bedingungen für jede der Handlungen und Ereignisse im Netzwerk.

Wenn wir nun fragen, in welchem Verhältnis dazu die Makro- und Mikrostruktur steht, so können wir zunächst feststellen, dass sie eine andere Bezugsform darstellen.

Beide sind sowohl auf die Oberflächen- als auch Tiefenstruktur beziehbar. Die Makrostruktur ergibt sich aus den kommunikativ getrennten, geschiedenen, d.h. fern zueinander stehenden Aktionen im Netzwerk, zwischen denen ein übersubjektives „Selbst“ fernreichweitige Wirkungen auf die Gestaltung von Handlungsspielräumen ausübt. Umgekehrt ergibt sich die Mikrostruktur aus den kommunikativ verbundenen, d.h. nah zueinander stehenden Interaktionen, zwischen denen nahreichweitige Wirkungen bestehen, die die Handlungsspielräume modifizieren. Eine scharfe Trennung beider ist *per definitionem* nicht möglich, da sie ko-evolutiv ineinander übergehen.

Die Diskontinuitäten sind dabei die *Übergänge* der beiden Strukturen ineinander und haben je nach Niveau der raum-zeitlichen Rückkopplung ein mehr

oder weniger auffälliges Erscheinungsbild. Mikrostrukturen sind der Makrostruktur, die sie bewirken, nur in ihrem massenhaften Auftritt ebenbürtig, nicht aber als einzelne Sequenzen. In diesem Sinne ist die Makrostruktur dominant für das generelle Auftreten von Diskontinuitäten, die Mikrostruktur hingegen für das individuelle. Als generelle Erscheinung der Makrostruktur sind die Diskontinuitäten aber Kontinuitäten des Wandels. Das „Selbst“ der Makrostruktur scheint etwas eigenartig Zwingendes zu haben, indem es als die Kraft menschlichen Zeugens keineswegs nur frei entfaltend ist, sondern gleichermaßen bindend auf sich zurückwirkt.

Wollten wir die Dialektik des Umschlagens zwischen Mikro- und Makrostruktur verstehen, kämen wir im philosophischen Sinne auf den *Grund*. Auf ihn bezogen erschiene dann das *Selbst der Netzwerkstrukturierung* als ein *für sich blinder* Vorgang, wie etwa die Blindheit bzw. das Ausgeliefertsein eines Lebewesens angesichts der Nicht-Verhinderbarkeit seiner Geburt und seines Todes.

9.8 Zufall und Ordnung

Der Gedanke von ARISTOTELES „telos“ und „bia“ stünden sich als Kräfte gegenüber, wobei die Ordnung schaffenden Kräfte von den zufälligen gestört werden, kann hier nicht aufrecht erhalten werden. Strukturierung ist vielmehr in dem Sinne zu verstehen, dass mannigfache vernetzte Zufälle mit ihrer eigenen Ordnung korrelieren. Zufall und Ordnung sind gewissermaßen die zwei Seiten ein und derselben Medaille. Wie kann man sich die Entstehung einer makrostrukturellen Ordnung aus einer Vielzahl von vernetzten mikrostrukturellen Zufällen – oder umgekehrt, die Entstehung einer Vielzahl von vernetzten mikrostrukturellen Zufällen – im Rahmen des Ordnungsprinzips des Netzwerkes vorstellen? Etwa in Analogie statistischer Gesetze zu den ihnen zugrundeliegenden Determinationen des Einzelnen. Einem Beispiel von David BOHM (1987) folgend, ist es im Gesundheitswesen möglich, mit hohem Näherungsgrad vorherzusagen, welche durchschnittliche Anzahl von Menschen einer bestimmten Gewichtsklasse, Altersspanne und dgl. an einer bestimmten Krankheit sterben werden. Diese Vorhersage ist möglich, obwohl für die einzelnen Menschen keine genauen Angaben über die Sterbezeit gemacht werden können und obwohl der einzelne Todesfall sogar in einer Weise zufällig sein kann, die in keiner gesetzmäßigen Beziehung zu der Art von Daten stehen muss, die möglicherweise im Gesundheitswesen gesammelt werden (z.B. Verkehrsunfall). Das Wirken der statistischen Gesetze steht nicht im Widerspruch zum gleichzeitigen Wirken von Ursachen, die die besonderen Umstände des Sterbens von Einzelnen bewirken. Wenn also das gleiche Ereignis des Sterbens infolge einer großen Anzahl von wesentlich unabhängigen

Ursachen eintreten kann, weshalb sollten dann nicht auch diese Ursachen auf eben solche Weise verteilt sein, dass sie in einer großen Menge statistischen Gesetzen genügen? Insofern gibt es keinen Grund wegen des Wirkens von statistischen Gesetzen auf die Suche nach den Ursachen oder auch Gesetzmäßigkeiten, die den Einzelfall des Sterbens betreffen, zu verzichten. Beides ist miteinander vereinbar. Ähnlich in der Physik: Mit der Entdeckung, dass Rauchteilchen und Sporen eine Zufallsbewegung ausführen, die gewissen statistischen Gesetzen gehorcht, der Brown'schen Bewegung, wurde die Annahme verbunden, dass diese Bewegung durch Stöße von Myriaden und Molekülen verursacht werden, die tieferliegenden Einzelgesetzen folgen.

Auch bei Bakterien oder anderen sehr kleinen Organismen ist dieses Phänomen zu beobachten. Ihre Bewegungen sind durch die thermischen Unwägbarkeiten des sie umgebenden Mediums bestimmt.

Wenn wir nun einen Blick auf das Netzwerk (Abb. 13) werfen, und irgend einen Pfad durch das ganze Netzwerk verfolgen, werden wir eine – wenn vielleicht auch nur weitläufige – Analogie zur Brown'schen Bewegung bemerken. Solch ein Pfad bewegt sich nämlich sehr unregelmäßig durch das Netzwerk, und jeder einzelne verschieden von dem anderen. Er wird ähnlich den Bakterien oder Molekülen von den gerade herrschenden äußeren Einflüssen hin und her bewegt. Aber alle Pfade folgen, statistisch gesehen, den Prinzipien, die das Netzwerk konstituieren. Gehen wir einen Schritt weiter und entnehmen dem Schlüssel des Netzwerkes den Bedeutungszusammenhang eines Pfades, so werden wir seine (insgesamt gesehen) zufällige Erscheinungsform in Bezug zu anderen Pfaden feststellen können. Begeben wir uns schließlich noch einen Schritt weiter zurück auf eine einzelne Kante des Pfades und der ihr zugrundeliegenden Handlung und fragen nach den Ursachen ihres Zustandekommens, dann werden wir auf tieferliegende Gesetzmäßigkeiten stoßen, die wir annehmen können, die uns jedoch als ein Komplex von Zufälligkeiten begegnen, und die etwa der Kreuzung einer Biographie mit Arbeitsumständen, Kommunikationsbeziehungen und dgl. erscheinen werden.

Auch hier können wir nun fragen, weshalb es entgegenstehende Gründe geben sollte, dass die gegenseitige Ergänzung solcher Handlungen und Ereignisse in einer sehr großen Anzahl so verteilt sind, dass sie statistischen Gesetzen gehorchen und auf dem Niveau großer Handlungsnetzwerke in bestimmter Weise als Ordnungen auftreten.

Insofern ist vorstellbar, wie für einen gedachten Istzustand des Netzwerkes Zufall und Ordnung korreliert sind, und wie sie im Bewegungszustand koevolvieren.

So sind die Diskontinuitäten als generelle Erscheinung der Makrostruktur zugleich Kontinuitäten im weiträumigen Wandel des Handlungs-Ereignis-Netzwerkes. In diesem ihrem Doppelspiel lässt die Kraft menschlichen Zeugens aus mannigfachen mikrostrukturellen Zufällen makrostrukturelle Ordnungen entstehen, als wäre ihr ein morphologisches Prinzip inhärent, in dem das Bindende einer ursprünglichen evolutionären Energie mit dem Schöpferischen ihrer spezifisch menschlichen Bewegungsform rückgekoppelt ist. Die Freiheit des Schöpferischen scheint sich deshalb im Banne einer Regularität zu entfalten, die als morphologisches Ordnungsprinzip waltet und die dennoch nicht als Fessel einer starren Festlegung fungiert.

9.9 Implizite und explizite Ordnung im Netzwerk

Nachdem einige grundsätzliche Merkmale der strukturellen Ordnung des als Netzwerk vorgestellten Forschungshandelns benannt worden sind, sei in einem weiteren Schritt der Versuch unternommen, die Evolutionsstruktur einer Entdeckungs- Erfindungshandlung zu deuten. Dies soll in der Absicht geschehen, unsere Vorstellung von der Netzwerkstruktur ein wenig zu vertiefen.

Bevor wir jedoch dazu kommen, sei eine Replik auf theoretische Vorstellungen von David BOHM erlaubt. Wir werden an Begriffsbildungen von ihm anknüpfen.

David BOHM hat in seinem bemerkenswerten Buch „Die implizite Ordnung“ mit dem Untertitel „Grundlagen eines dynamischen Holismus“ die Dynamik einer Weltordnung zu beschreiben versucht, die jenseits von Subjekt und Objekt hinter den Erscheinungen verborgen ist, aber in alle diese Erscheinungen hineinreicht (BOHM 1987).

Im Vorspann sagt Paul FEYERABEND zu diesem Buch: „Ein Lichtblick in der Öde des philosophischen Geredes von heute und eine sehr nötige Grundlage für eine synthetische Betrachtung der Wissenschaften“ (BOHM 1987a: 200).

David BOHMs zentrales Thema ist die „bruchlose Ganzheit des gesamten Daseins als eine ungeteilte fließende Bewegung ohne Grenzen.“ Sein Ziel ist die Erforschung der Ordnung, die im Universum „implizit“ oder „eingefaltet“ ist. In Analogie zu einem Hologramm verdeutlicht er seine Anschauung. Dabei ist besonders ein Aspekt interessant. Jeder beliebige Teil einer holographischen Aufnahme eines Gegenstandes lässt, wenn er durchleuchtet wird, die ganze Struktur dieses Gegenstandes entstehen, allerdings mit geringerer Schärfe als derjenigen, die beim kompletten Durchleuchten erreicht wird. Im Unterschied zur Linse weist das Hologramm auf eine andere Art von Ordnung hin. Diese Ordnung kann nicht als eine gleichmäßige Anordnung von *Objekten* oder *Ereignissen* ver-

standen werden, sie hat einen *impliziten* Charakter, und zwar derart, dass in jedem Raum- und Zeitabschnitt eine *Gesamtordnung* enthalten ist. Das Wort „implizit“ aus dem lateinischen „implicare“ abstammend, bedeutet „einfalten“ und das multiplikatorische Gegenüber „vervielfältigen“. Daraus wird die Vorstellung entwickelt, „dass in einem gewissen Sinne, jeder Abschnitt eine in ihm „eingefaltete“ Grundstruktur enthält“ (BOHM 1987: 187–188), und die implizite Ordnung „getragen“ wird vom *Holomovement*. „*Das Holomovement ist undefinierbar und unermesslich*“ (BOHM 1987:200).

Nach den Gesetzmäßigkeiten der impliziten Ordnung gibt es eine relativ unabhängige, sich wiederholende, stabile Sub-Totalität, die die *explizite Ordnung* bildet. Es ist jene Ordnung, mit der wir es in der Alltagserfahrung zu tun haben. Wenn etwa Bewusstsein und Materie als der expliziten Ordnung angehörend erscheinen, so sind sie in Bezug auf die implizite Ordnung nicht grundsätzlich verschieden, nicht getrennt existierend und in Wechselwirkung stehend, sondern verbunden dadurch, dass in ihnen in bestimmter Weise das gesamte Universum eingefaltet ist. Bewusstsein und Körper sind gegenseitig ineinander eingefaltet. Die Art der Beziehung ist die, dass eine höherdimensionale Realität in die niedrigdimensionalen Elemente *hineinprojiziert*. Körper und Geist (Bewußtsein) werden deshalb als einer höherdimensionalen Wirklichkeit angehörend angenommen, die deren gemeinsame Grundlage darstellt und in ihrer Art über beide hinausgeht. „Auf höherdimensionalen Grundlage herrscht die implizite Ordnung vor. Auf dieser Grundlage ist also das *was ist* Bewegung, die im Denken als die gleichzeitige Gegenwart vieler Phasen der impliziten Ordnung erscheint.“ ...Die Bewegung entfaltet sich „in einem Moment aufgrund des diesem Gesamtsachverhalt innewohnenden tieferen Notwendigkeitsausdrucks derart, dass im nächsten Moment ein neuer Sachverhalt entsteht. Die Projektionen der höherdimensionalen Grundlage wie Bewusstsein und Körper werden beide im späteren Moment anders sein als im früheren Moment, obwohl diese Unterschiede natürlich zusammenhängen“ (BOHM 1987: 270).

Bisher haben wir den Begriff der „Ordnung“ in einem Sinne ihrer Entstehung aus einem Bewegungsmoment gebraucht; aber nicht ohne Grund, ging es doch darum, unser Denken auf einen Ursprung hin zu richten, von dem aus alle Wirklichkeit als einem Prinzip impliziten Waltens folgend gefasst werden kann. Da wir jedoch eher auf der anderen Seite dieses Ursprünglichen befindlich sind, verbinden wir die Vorstellung von Ordnung mit viel konkreteren Erscheinungen, gleich ob in Bezug auf konservative Erscheinungen wie Staat, Recht, Moral oder mehr dissipative Erscheinungen wie Evolution, Revolution. Bei der Suche nach gemeinsamen Merkmalen dessen, was uns als Ordnung erscheint, finden wir „ähnliche Unterschiede und unterschiedliche Ähnlichkeiten“ (BOHM 1987:158).

In einem hierarchischen Gefüge von Ordnung ist die Vorstellung einer Grenze erforderlich, welche die Art der Unter- bzw. Überordnung festlegt. Diese Grenze kann als das *Maß* einer Ordnung verstanden werden. In diesem Sinne hat jede ganzheitliche Ordnung ihr eigenes Maß. Das Maß seinerseits muss sinnfällig durch eine Proportion oder ein Verhältnis spezifiziert werden, so dass wir einen *Maßstab* erhalten, der die Begrenzungen von geordneten Abschnitten (Teilen) darstellt. Der Zusammenhang schließlich von Ordnung und Maß markiert eine *Struktur*, und zwar in der Bedeutung des lateinischen Ursprungs einerseits des Verbs „struere“, als Hinweis darauf, dass etwas gebaut, geschichtet wird, und andererseits des Substantivs „structura“, das im Suffix „ura“ ursprünglich ein Handeln bezeichnet. Die Wirklichkeit des Zusammenhanges von Ordnung und Maß ist demnach etwas, „Strukturierendes“, Strukturbildendes und -auflösendes (BOHM 1987), (BOHM, PEAT 1987,1990).

Wir wollen jetzt, auf der Grundlage dieser knappen begrifflichen Verständigung, unsere Vorstellung von der Ordnung der empirisch und logisch gewonnenen Netzwerkstruktur vertiefen. Der besseren Anschaulichkeit wegen und als Orientierungshilfe ist eine schematische Darstellung (Abb. 16) vorangestellt.

Als Bezugspunkt unserer Betrachtung sei ein idealtypisches Ereignis im Netzwerk gewählt, das unterschiedliche Modifikationen von markanten Ereignissen repräsentiert; Ereignissen, die aus den nachfolgend zu erörternden Gründen unser besonderes Interesse verdienen.

Im Zentrum der Abbildung 16 ist solch ein markantes Ereignis als Schnittpunkt symbolisiert; es soll zwei Bedingungen genügen, die seine besondere Bedeutung unter den verschiedenen wissenschaftlichen Ereignissen festlegen:

- (1) Das Ereignis sei eines, durch das ein vergangener Handlungszyklus geschlossen und ein neuer Handlungszyklus geöffnet wird.
- (2) Das Ereignis sei eines, das aus einer makrostrukturellen (übersubjektiven) Konfiguration des Netzwerkes hervorgeht.

Der Einfachheit halber können wir mit diesem Ereignis eine konkrete Vorstellung aus der dargelegten Geschichte des Penicillins verbinden, etwa das Ereignis der Entscheidungsexperimente von FLOREY und seiner Gruppe, die an der Schwelle der revolutionären Entwicklung standen.

Die Bewegungen im Netzwerk interessieren uns jetzt in Bezug auf gewisse Gerichtetheiten von Handlungssequenzen. Deshalb wird lediglich das Schließen bzw. Öffnen eines makrostrukturellen Zyklus in Form von zwei sich schneidenden Geraden symbolisiert. Die inhärente Feinstruktur des Netzwerkes lässt sich für beide Seiten – vom Schnittpunkt aus gesehen – in jener Musterung vorstellen, wie sie in Abb. 13 zu sehen ist.

Bevor nun zu den Bewegungen im Netzwerk sinnfällig etwas gesagt werden kann, ist es von Vorteil, einige Beobachterstandpunkte zu benennen, in Bezug zu denen bestimmte Aussagen getroffen werden.

Der erste Beobachterstandpunkt und damit der naheliegendste ist jener, der unterstellt ist, um den gesamten beschriebenen Vorgang darstellen zu können.

Diesen Beobachterstandpunkt wollen wir den *externen retrospektiven Beobachterstandpunkt* nennen. Es handelt sich um jenen Aspekt, bei dem wir von einem gewissen gegenwärtigen Zustand eines Vorganges dessen Vergangenheit erfassen.

Dem gegenüber sind nun zwei fiktive Formen von Beobachterstandpunkten zu benennen, die wir in unserer Vorstellung einnehmen können und die deshalb dem externen retrospektiven Beobachterstandpunkt subordiniert sind.

Als erstes stellen wir uns vor, wir bewegen uns auf dem externen Zeitpfeil Schritt für Schritt in die Vergangenheit mit Blick auf den zyklischen Handlungsvorgang, wie er in der Gegenwart erscheint. Jeden dabei auf dem externen Zeitpfeil möglichen Beobachtungsstandpunkt nennen wir *externen perspektiven Beobachterstandpunkt*. Solch ein Standpunkt stellt die Fiktion der Beobachtung einer bereits vergangenen Gegenwart von außen dar, weshalb wir auch die Möglichkeit eines Hin- und Herwanderns auf diesem Zeitpfeil annehmen können. Als nächstes stellen wir uns vor, wir bewegen uns innerhalb der beobachteten Zyklen Schritt für Schritt in die Vergangenheit. Solch einen Beobachterstandpunkt nennen wir *internen retrospektiven Beobachterstandpunkt*. Schließlich stellen wir uns noch vor, wir befänden uns innerhalb des zyklischen Handlungsvorganges und beobachteten parallele Ereignisse. Den Beobachtungsstandpunkt dabei nennen wir *internen perspektiven Beobachterstandpunkt*.

Mit Hilfe der vorgenommenen begrifflichen Differenzierung wollen wir jetzt Abb. 16 betrachten.

Als erstes richten wir unseren Blick auf die linke Seite der Abbildung. In dem geöffneten Zyklus, der sich zu einem Ereignis hin schließt, befinden sich einige durchgehende Pfeile, die unterschiedlich ausgerichtet sind. Diese Pfeile symbolisieren unterschiedliche Forschungsprogramme mit verschiedenen Zielrichtungen. Sie können verschiedenen oder auch gleichen wissenschaftlichen Disziplinen zugeordnet sein. Einschränkend nehmen wir in unserer Betrachtung an, dass wir nur eine selektive Auswahl solcher Programme berücksichtigen, aus denen Effekte hervorgehen, die in ihrer gegenseitigen Ergänzung zu einem integrativen Ereignis konvergieren. Diese Effekte bzw. Teilhandlungen und -ergebnisse der Programme sind durch unterbrochene Pfeile symbolisiert, die auf ein entstehendes Ereignis hin ausgerichtet sind. Vom externen retrospektiven Beobachtungsstandpunkt aus sind wir in der Lage, die zyklische Struktur der Anordnung zu erfassen. Für einen Akteur des internen perspektiven Beobachterstandpunktes

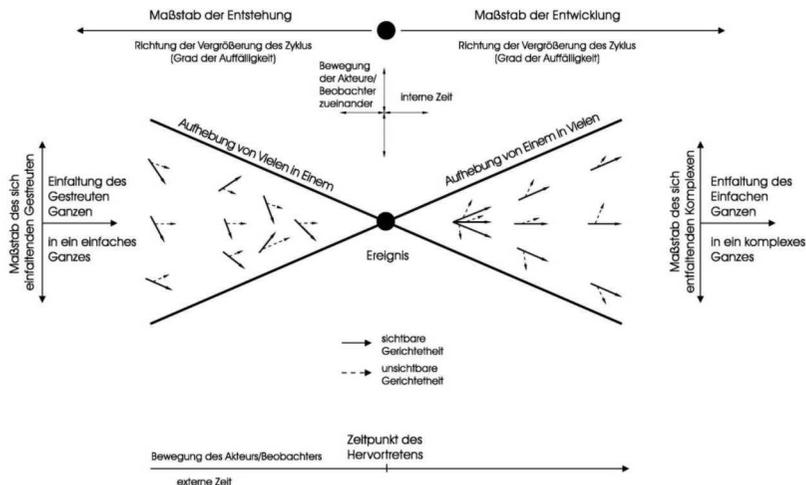


Abbildung 16: Schematische Darstellung der Evolutionsstruktur einer Entdeckungs-Erfindungshandlung

jedoch sind die konvergenten Effekte unsichtbar bis zum Eintritt des Ereignisses, durch welches der Zyklus geschlossen wird. Insofern sind für die beteiligten Akteure die zu einem Ganzen hin strebenden Effekte *verborgene Variable einer zukünftigen Ganzheit*. Und alle Programme des eigenen Wahrnehmungshorizonts erscheinen ihm als gestreute (in ihrer unsichtbaren Verbindung „chaotische“), nicht zusammengehörige Programme, sofern sie verschiedenen Zielrichtungen angehören. Partiiell aufgehoben wird der bloße Eindruck des Gestreuten erst mit jenem integrierten Ereignis, das einen internen retrospektiven Beobachterstandpunkt ermöglicht, durch den die Konvergenz der zuvor verborgenen Variablen sichtbar wird. Bezogen auf das Bewegungsprinzip bzw. das *Holomovement des gesamten Netzwerks*, des Netzwerks des „überindividuellen Gesamtarbeiters“, werden viele gestreute Ereignisse in ein neues Ereignis eingefaltet; im engeren Sinne die Ereignisse eines vergangenen Zyklus, im weiteren Sinne alle vergangenen Zyklen und ihre Evolution einschließlich der kulturellen Voraussetzungen von Sprache, Technik, Ressourcen etc.. Diese Art der gesamten Einfaltung ermöglicht eine erneute Entfaltung in einen komplexen kulturellen Raum hinein. Die rechte Seite der Abbildung stellt schematisch dieses gerichtete komplexe Geschehen dar, das ein großes konzertiertes Programm darstellen kann, in dem die Ziele etwa von Wissenschaft, Technik, Industrie, Wirtschaft usw. koordiniert sind. In den Unterprogrammen können sich gestreute Effekte ergeben, die abermals als ver-

borgene Variable fungieren und unsichtbar Zyklen gestalten. Insofern ist die linke Seite der Darstellung als unterschwellige Feinstruktur in der rechten und die rechte als unterschwellige Feinstruktur in der linken Seite enthalten. Das heißt, jeder der vollen Pfeile auf der linken Seite kann ein mehr oder weniger großes Programm in der Weise der rechten Seite darstellen, genauso wie umgekehrt jeder unterbrochene Pfeil auf der rechten Seite Effekte symbolisieren kann, die zu einer verborgenen Gerichtetheit mit anderen Effekten gehören, wie auf der linken Seite.

Das Maß der Entstehung bzw. Entwicklung eines Zyklus oder Hyperzyklus symbolisiert jenes Quantum (jene Begrenzung) von Handlungen und Ereignissen, das für das betrachtete Ereignis relevant erscheint.

Aus dem ursprünglichen Holomovement hervorgehend, kann die Bewegung des Netzwerkes in seiner impliziten Ordnung als bruchlose Ganzheit angenommen werden; aus der Perspektive und Retrospektive der Akteure indes, stellt es sich in seiner expliziten Ordnung dar, als diskontinuierliche zyklische Bewegung, in die der Akteur eingebunden ist.

Die Bewegung des Netzwerkes als bruchlose Ganzheit vollzieht sich zeitlich aus der Vergangenheit in die Gegenwart und Zukunft. In der Perspektive wird der Vorgang fragmentiert empfunden. Dies ist der Grund, weshalb wir dazu neigen, die Verbindungen der fragmentierten Vorgänge systemtheoretisch zu fassen. Wir haben es dabei aber mit einer grundsätzlichen Schwierigkeit zu tun: Es fällt schwer, die sich durchdringenden dissipativen und konservativen Strukturen zu fassen. Netztheoretisch kann die Bewegung basierend auf dem Grundprinzip „Einfalten-Entfalten verschiedener Dimensionalität“ einheitlich dargestellt werden. Vom netztheoretischen Standpunkt wäre es z.B. erforderlich, einen konstruktivistischen Standpunkt auf die universelle Evolution hin und speziell auf das Übersubjekt hin zu relativieren.

9.10 System- und Netztheorie

Kehren wir noch einmal zum Anliegen dieser Arbeit zurück. Es wurde versucht, zu zeigen, wie aus dem Zufall, der einer individuellen Handlungsfolge in der wissenschaftlichen Forschung entsprungen ist, netzwerkartig ein sehr komplexes programmatisches Handlungsgefüge von gesellschaftlicher Dimension hervorging; zugleich aber, wie dieser Zufall seinerseits einem explizit breit gestreuten, aber implizit zusammenhängenden Handlungsgefüge von ebenfalls gesellschaftlicher Dimension entstammte. Diese Art der Strukturierung ist es, die die daraus abgeleitete theoretische Vorstellung den Denkansätzen von BOHM, PEAT und CHEW ziemlich nahe erscheinen lässt, obwohl – oder vielleicht gerade, weil –

diese Denkansätze im Umfeld von Überlegungen zur Quantenphysik entstanden sind.

Die Annahme von BOHM, unsere universelle Welt sei nach allgemeinen Prinzipien strukturiert, wobei das Ganze in jedes seiner Teile eingefaltet ist, findet eine überraschende Entsprechung in der dargestellten Netzwerkstruktur. Der Begriff „Holomovement“ ist auch hier geeignet, das dynamische Prinzip des universellen Herausfließens von strukturellen ganzheitlichen Formen bzw. Mustern auszudrücken. Im übrigen lässt sich das Netzwerk wissenschaftlichen Handelns – wie wir gesehen haben – kaum sinnvoll vom arbeitsteiligen gesellschaftlichen Handeln absondern oder separieren. Viel näher liegt die Vorstellung, dass der gesellschaftliche arbeitsteilige Reproduktionsprozess, seinem kreativen Aspekt gemäß, einem Suchprozess und damit unserem stochastischen Netzwerk gleicht. So gesehen wäre in diesem Gesamtnetzwerk dasjenige der wissenschaftlichen Handlungen möglicherweise nur eine lokale spezifische Verdichtung. Die miteinander verbundenen Teilnetzwerke als derartige Verdichtungen hätten dann ein unterschiedliches Maß, je nachdem, welches Unterscheidungskriterium wir wählen. Nähmen wir als Kriterium den Anteil der Stochastik, so wäre an einem Ende der Präferenz das künstlerische Handeln, vielleicht vom wissenschaftlichen gefolgt, und am anderen Ende eine der monotonsten Formen wiederholender Produktions- oder Dienstleistungshandelns. Wählten wir als Kriterium den temporalen Grad der Vernetzung, würden wir ein ganz anderes Bild erhalten usw..

Dem Bootstrap-Ansatz von Geoffrey CHEW liegen ähnlich Gedanken zugrunde. „Beim Bootstrap-Ansatz“ – sagt er – „stellt...das ganze System ein Netz von Zusammenhängen ohne jede feste Grundlage dar, weshalb man mit der Beschreibung unseres Themas an vielen verschiedenen Punkten beginnen kann. Es gibt keine eindeutige Ausgangsposition“ (Zit. nach CAPRA 1987:70–71). Ebenso verhält es sich mit unserem Netzwerk. Stellen wir uns vor, es wäre vom zeitlichen und sonstigen Aufwand her gesehen möglich gewesen, das Netzwerk – wie es in Abb. 13 gegeben ist – in seinem ganzen Umfange der dargestellten historischen Zusammenhänge zu rekonstruieren. Wir könnten mit der Biographie von KEKULÉ oder mit der von PASTEUR und einer ihrer Entdeckungen beginnen, die verschiedenen Pfade im Netzwerk zu verfolgen, die schließlich die Biographie von Präsident ROOSEVELT kreuzten, bei einer seiner Entscheidungen über das nationale Penicillin-Programm der USA im Zweiten Weltkrieg. Solche Pfade sind ja indirekt in der vorangegangenen historischen Darstellung, enthalten (Vgl. auch Abb. 17).

Dies wäre eine Möglichkeit, das Netzwerk über einen Zeitraum von fast einem Jahrhundert aufzuspannen, beginnend mit einer mehr oder weniger zufälligen Entdeckung in der Wissenschaft und mündend in einen umfassenden

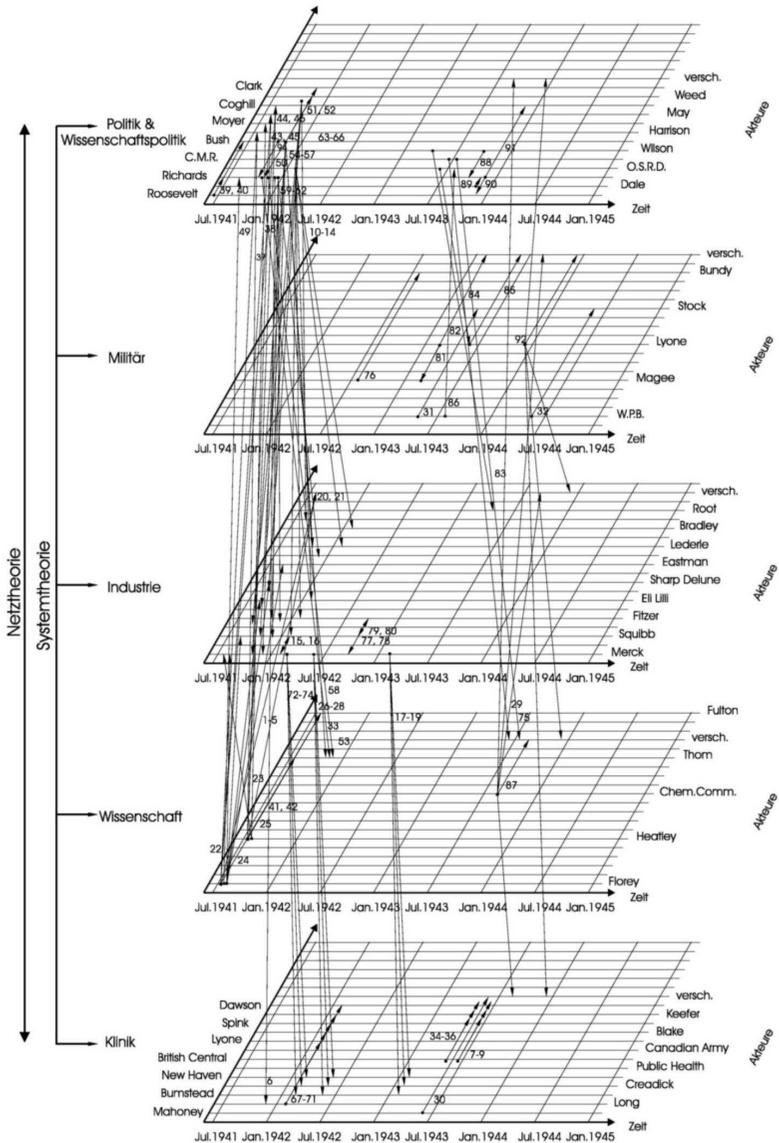


Abbildung 17: Gesellschaftliche Vernetzung der Aktionen zu Beginn der innovativen Entwicklung des Penicillins (Großbritannien – USA)

gesellschaftlichen Vorgang bis zur Entscheidung eines hohen Staatsbeamten. Umgekehrt freilich ist vorstellbar, wir hätten das Handlungsnetzwerk eines langen Zeitraumes der amerikanischen Regierungen aufgespannt, wären auf diese Weise zum Präsidenten ROOSEVELT und eines Tages zu seiner Entscheidung über das Penicillin-Programm gelangt, dann würden wir von dort her tief in das Geflecht wissenschaftlicher Handlungen eindringen können bis wir bei PASTEUR oder KEKULÉ angekommen wären.

Diese Vorstellung provoziert einen Gedanken von allgemeinerer Natur.

Wir können das netzwerkartige Geflecht der gesellschaftlichen Handlungen zunächst unter dem Aspekt der *Form* annehmen. In Bezug auf die Zyklizität dieses Geflechtes ist es dann sinnvoll, die *Form* in *Gestalt* und *Struktur* zu differenzieren. Nehmen wir den Terminus *Gestalt* in der Bedeutung wie sie bei KÖHLER unterstellt ist (KÖHLER 1920), dann ist die Gestalt jede Form von Zyklus, die sich als „freie Ordnung“ zu bilden vermag. *Struktur* hingegen wäre dann die allgemeine Natur des Skeletts des Handlungs-Netzwerkes, das dem Ordnungsprinzip des Holomovement folgt.

Der Zuschnitt unseres speziellen Gegenstandes der Handlungsstruktur ist nun derart, dass sich *dissipative* und *konservative* Strukturen durchdringen. Dissipative Strukturen werden als Strukturen angenommen, die auf synergetischen Fließgleichgewichten beruhen. Der gegenseitige Umschlag von Zufall und Ordnung ist in solchen Strukturen typisch. Konservative Strukturen dagegen werden als in anderer Weise stabile Strukturen angenommen, etwa Festkörper, bei denen ihre Stabilität unterstellt wird als Folge der Bindung seiner Komponenten in einem Potentialminimum. Wenn wir großzügig sind, dann lassen sich soziale Strukturen, die durch gesellschaftliche Regeln – zumindest zeitlich befristet – festgelegt sind, z.B. Regeln eines Staatsgefüges, einer Rechtsprechung einer Produktionsweise, als konservative soziale Strukturen interpretieren, die Handlungen formieren. Zufall und Ordnung stehen unter solcher Regulation anders zueinander als in den dissipativen sozialen Strukturen, die weitgehend aus einem Geflecht von kreativen, innovativen Handlungen hervorgehen.

Mit der Frage, wie sich das soziale Geschehen als ein Prozess der Durchdringung von konservativen und dissipativen Handlungsstrukturen fassen lässt, würde eine Netztheorie gegenüber Systemtheorie favorisiert. Dissipative Prozesse würden unter diesem Aspekt den Abruf der auf konservativen Strukturen gespeicherten Information regulieren und synchronisieren (EIGEN, WINKLER 1975).

Während die zentrale Frage in der systemtheoretischen Betrachtung ist, wie fragmentierte autonome Teile hinsichtlich ihrer Vernetzung über Randbildungen gemeinsam fungieren, wäre die netztheoretische Frage umgekehrt die, wie bei

Dominanz des ungeteilten Ganzen, die als Projektionen des Ganzen erscheinenden Teile unter dem Eindruck des Ganzen fungieren.

Diese Umkehrung ist nicht banal, wer sie mit geht, muss bereit sein, angenommene Gegebenheiten, die mit den Begriffen, *Autonomie*, *Eigenwertbildung*, *Autopoiese* belegt sind, auf die Dominanz des Ganzen bzw. Universellen hin zu relativieren. Auch bedeutet es eine umgekehrte Methodologie.

Norbert BISCHOF hat einschlägige Bedenken prononciert vorgebracht, die auch unter dem Aspekt dieser Studie geltend sind, in der das zentrale Ergebnis die Dominanz des vernetzten Ganzen gegenüber dem fragmentierten Teil ist, wobei das Ganze immer im Teil in bestimmter Weise eingefaltet ist – nicht nur skellettös-strukturell, sondern universell.

„Wenn die Anzeichen nicht trügen“ – so BISCHOF – „bereitet die heuristische Spaltung in einen gallileischen und einen darwinischen Weg heute zunehmend Unbehagen; es regt sich die Sehnsucht nach dem aufgegebenen aristotelischen Paradies.“ („Rückbindung der ‚äußeren‘ in die ‚innere‘ Sinnggebung“) „Dieser Eindruck verstärkt sich, wenn man nicht nur den Kernbestand der nüchternen Forschung, sondern auch das Mycel philosophischer Spekulationen betrachtet, das im Umfeld solcher Quellen gedeiht. Ich denke dabei vor allem an die Gruppe um Maturana, deren sendungsbewusst vorgetragene Philosophie sich um Ausdrücke wie ‚Autopoiese‘ oder ‚Konstruktivismus‘ kristallisiert.

Konrad Lorenz hat einmal gesagt, der Huf des Pferdes sei eine perfekte ‚Abbildung‘ des Steppenbodens, die Körperform des Delphins eine ‚Abbildung‘ der hydrodynamischen Eigenschaften des Wassers. Statt ‚Abbildung‘ hätte er auch ‚Adaption‘ sagen können; gemeint ist auf jeden Fall, dass biologische Strukturen einer ‚äußeren‘ Sinnggebung fähig und bedürftig sind.

Dieser Auffassung und der darauf gründenden Deutung der Evolution als eines ‚erkenntnisgewinnenden Prozesses‘, stellt Varela (1979) ein Prinzip der ‚biologischen Autonomie‘ gegenüber. Der Sinn der Lebensprozesse sei die Aufrechterhaltung der organismischen Identität und nicht deren Preisgabe an einen ‚Adaptionen‘ fordernden Lebensraum. Die Umwelt sei kein Pol äußerer Sinnggebung, sondern allein eine Quelle von Störungen, deren sich der Organismus, solange er eben lebt, erfolgreich erwehrt.

Was sollte es, so wird sinnggemäß argumentiert, für einen Nutzen haben, die sechseckigen Waben der Bénard-Instabilität als eine ‚Abbildung‘ des vom Bunsenbrenner erzeugten Temperaturgradienten zu bezeichnen! Das thermische Gefälle spiele hier doch allein die Rolle einer *Störung*, der gegenüber das Sechseckmuster innerhalb eines gewissen Bereichs eben in der Lage sei, seine eigene ‚Identität‘ aufrecht zu erhalten.

Dieser Prozess der Selbstbehauptung wird ‚Autopoiese‘ genannt. Damit ist ein homöostatisches System gemeint, bei dem als Regelgröße nicht irgendein durch die Systemstruktur kanalisierter Prozess, sondern vielmehr *diese Struktur selbst* fungiert. Wäre so etwas möglich, dann allerdings würde das System seine eigenen Randbedingungen kontrollieren und sich damit ständig selbst erschaffen. Der ‚innere Sinn‘ würde so zur Grundlage eines perfekten Solipsismus.“ (BISCHOF 1988:107–108)

9.11 Selbstorganisation

„Nach gründlicher Erwägung der Frage der *persönlichen Identität* ist zu sagen: ich finde mich in einem Labyrinth wieder.“

DAVID HUME

Wenn wir das Wort „Selbst“ hören, haben wir spontan ein gewisses Vorverständnis von dem, was es bedeutet. Aber mit der Frage: Was bedeutet „selbst“ in der Selbstorganisationstheorie? – kommen wir unweigerlich in Schwierigkeit. Und das nicht ohne Grund. Denn der gedankliche Zugang zum Begriff des *Selbst* ist eher schwierig als einfach. Spontan erscheint es als Gegensatz von *nicht Selbst* und suggeriert *Selbständigkeit* gegenüber *Unselbständigkeit*; *Selbstüberlassenheit* gegenüber *Einflussnahme*; *innere Steuerung* gegenüber *äußere Steuerung*. Genau in diesem Sinne begegnet uns auch derzeit häufig der Gebrauch des Begriffes der „Selbstorganisation“ in den Sozialwissenschaften. Er steht zumeist für multidimensionale Steuerung.

Indes gleicht das Selbst in Selbstorganisation dem eher unbegreiflichen Ich in Ich bin.

Im Gegensatz von „Selbst“ und „nicht Selbst“ ist wechselseitige Referenz unterstellt. Das Selbst in Selbstorganisation hingegen hat keinen äußeren Referenten; es ist der unhintergehbare Grund für eine Aktivität, die, indem sie etwas Einzelnes formend verändert, zugleich das Ganze wandelt – und umgekehrt.

Wenn wir deshalb Wahrheit als *aletheia* (Unverborgenheit) begreifen, hat das Selbst entweder keine Wahrheit, weil es keinen Referenten hat, oder es ist in einem anderen Sinne überhaupt die Wahrheit, weil es mit *aletheia* zusammenfällt. Das Selbst gleicht daher dem Ausdruck: „Ich“ bin Ich. Es ist nicht einfach positiv bzw. affirmativ in einer sogenannten mono-kontexturalen Semantik und Logik bestimmbar, sondern erzeugt vielmehr ein duales enantiomorphes Satzsystem, wie es aus der negativen Theologie und negativen Dialektik bekannt ist. Gleiches und Selbiges erscheinen in einem Satz: „I am (I)“ – use/mention. Ungeachtet, ob es sich bei einem selbstorganisierenden System um ein definiertes

motorisches, sensorisches, kognitives, volitives oder anderes System handelt: das Selbst ist dabei nicht bloß der Akteur (Operator, Relator, etc.) eines Programms, in der Weise, dass er von seiner Aktivität unberührt bleibt und seinen Aktanden übergeordnet ist. Das Selbst steckt im Unterschied, in der dynamischen Differenz von Akteur und Aktand, in der beide sowohl getrennt als auch ineinander umgeschlagen werden.

GÜNTHER (1980) nennt diese Vorbedingung für Operativität „proemial relationship“; sie regelt das Zusammenspiel von Operator und Operand, die Umkehrung der Hierarchie zwischen Operator und Operand, wodurch eine dyadische Operation (Operator-Operand) zu einer chiasmatischen Figur mit vier Grundelementen dynamisiert wird.

Operator und Operand fungieren simultan im Übergehen ineinander, indem der Operator innerhalb und außerhalb seiner Operativität ist. (KAEHR 1989)

Wir können uns die mikro- und makrostrukturellen Wirkungen aufeinander in dieser Simultanität vorstellen. Wenn wir freilich weiter fragen, was denn diese Umschläge beider ineinander bewirkt, kommen wir philosophisch auf den unhintergehbaren Grund.

Ich glaube, dass sowohl die Überlegung zur Logik als auch die zum Grund auf den raum-zeitlichen Prozess der Selbststrukturierung eines geteilten Arbeitsprozesses nicht abwegig ist.

Er ähnelt unter diesem Aspekt der spontanen Selbstorganisation von Systemen, die sich fern vom Gleichgewicht befinden. Die vernetzten Handlungen organisieren sich – wie es scheint – in ihrer Vernetzung zu charakteristischen Strömungsmustern bzw. Prozessstrukturen in einer eindrucksvollen Fernordnung. Das vernetzte Handlungsgefüge besitzt als dissipative Struktur offenbar die Eigenschaft einer übersubjektiven schöpferischen Fortentwicklung, in der innerer und äußerer Sinn höherdimensional aufgehoben sind. Aus dem Pendeln der Handlungs-Zyklen verschiedener Ordnung formieren sich immer neue Zustände eines dynamischen Systems. Pfade in den Zyklen können als Trajektorien im Phasenraum gedeutet werden. Knoten, in denen Zyklen geschlossen werden, wirken als Orbit, als Attraktor, die in ihrem Umfeld die Trajektorien „anziehen“. Da es sich jedoch um einen Prozess von Aktionen handelt, sollte man besser davon sprechen, dass die Trajektorien ein Umfeld schaffen, in dem sie zu einem Attraktor „driften“. Der Attraktor ist aber kein Fixpunkt, weil sich die Fließbewegungen der Handlungen nie beruhigen. Es kann sich ein periodischer Attraktor bzw. Grenzyklus ausbilden, wodurch eine gewisse Rhythmik im Netzwerk erzeugt wird. Von vielen Individuen wird ihm Leben verliehen, das in der übersubjektiven Dimension eine eigene Komplexität mit einer verwirrenden Vielfalt von Rückkopplungsmechanismen und Kontrollen zu haben scheint. Es organisiert

sich in dieser Weise als Ganzes bzw. in gewissen Ganzheiten von Zyklen. Sein Organismus ist dabei in allen seinen konkreten Details einzigartig, obwohl Gleichartigkeit in den Prozessstrukturen vorkommt. Das in der Divergenz und Konvergenz jeweils entstehende Neue enthält Eigenschaften, die nicht einfach auf Bestandteile der Herkunft zurückführbar sind; es hat eine eigene einzigartige dynamische Identität. Das Gefüge des Netzwerkes als Ganzes verhält sich so, als würde es von einer fernwirkenden Bewegungskraft getrieben, die das Verhalten der Individuen aus den entstandenen übersubjektiven historischen Prozessstrukturen heraus formiert und ihnen individuelle Spielräume der Mitgestaltung einräumt.

Der Prozess der raum-zeitlichen Selbststrukturierung eines geteilten Arbeitsprozesses gehorcht unter diesem Aspekt dem Prinzip der spontanen Selbstorganisation. Netztheoretisch wird dabei vom Prinzip der Homologie ausgegangen. Dieses Prinzip wird durch die These begründet, dass es in verschiedenen Dimensionen der Evolution Prinzipien der selbstorganisierenden Dynamik gibt, die die Verbundenheit aller Dimensionen und aller Projektionen des universellen Ganzen manifestieren. In diesem Sinne wird auch angenommen, dass die Zufälle in den sozialen Handlungen unter dem fernreichweitigen Regime des Gesamtgeflechts der Handlungen stehen und dass makrostrukturelle Konfigurationen versteckte „Spieleiter“ der mikrostrukturellen Konfigurationen von Handlungen sind.

(Vgl. z.B.: BRIGGS, PEAT 1990,1991; DAVIES 1988; EIGEN, WINKLER 1985,1990; GLEICK 1990; HAKEN 1977; HESS, MARKUS 1981; JANTSCH 1982; KÜPPERS 1986, 1987, 1991; MATURANA, VARELA 1979; MIENHARDT 1987,1991; NICOLIS/PRIGOGINE 1987; PENROSE 1989; PRIGOGINE/STENGERS 1980; RICHTER, SCHOLZ 1987,1991)

(Vgl. DAVIES 1988, HAKEN 1977, NICOLIS/PRIGOGINE 1987, PENROSE 1989, PRIGOGINE/STENGERS 1980)

*ANLAGE**Zu Abb. 12**Schlüssel zum Netzwerk (Auszug)*

	Ergebnis	Tätigkeit	Benennung
	(Knoten-Nr.)	(Kanten-Nr.)	
	55		Beobachtung: Zersetzte Staphylokokkenkolonien rings um einen zufällig auf ihnen entstandenen Schimmel
194			
194			
	92		Konservierung eines Stammes des zufällig entstandenen Schimmels
	56		Konservierter Stamm des zufällig entdeckten Schimmels
		93 – 96	Planung der Versuche zur Wirkung des Schimmels auf verschiedene Bakterien
	57		Plan der Versuche zur Wirkung des gefundenen Schimmels auf verschiedene Bakterien
		94 – 95	Vermehrung des Pilzes
	58		Vermehrter Schimmelpilz
		99 – 104	Versuche zur Wirkung des Schimmels auf verschiedene Bakterien
	59		Beobachtungsergebnisse über die Wirkung des Schimmels auf verschiedene Bakterien
		105 – 107	Vergleichende Zusammenfassung der Ergebnisse
	62		Beobachtungsergebnis: Behinderung des Wachstums bestimmter Bakterien, durch den Schimmelpilz, z. B. Streptokokkus, Staphylokokkus, Diphtheriebazillus, Milzbrandbazillus, nicht aber des Typhusbazillus
		108	Experimentelle Erkundung der bakteriziden Eigenschaften der Nährflüssigkeit des Schimmelpilzes

	Ergebnis	Tätigkeit	Benennung
	63		Beobachtungsergebnis: Nachweis der bakteriziden Wirkung der Nährflüssigkeit Schimmelpilz
		109 – 112	Experimentelle Erkundung der bakteriziden Wirkung der Flüssigkeit in unterschiedlicher Verdünnung (20facher, 40facher, 200facher, 500facher)
	64		Beobachtungsergebnisse über die bakterizide Wirkung der Flüssigkeit in unterschiedlicher Verdünnung
		67	
		113 – 116	Vergleichende Zusammenfassung der Beobachtungsergebnisse
	68		Nachweis der bakteriziden Wirkung der Flüssigkeit in ihren verschiedenen Verdünnungen, die Entwicklung der Staphylokokken wurde von allen Proben unterbunden
		117	Versuch zur Identifizierung des Schimmelpilzes
	69		Ergebnis: FLEMING vermutete penicillium chrysogenum, sein hinzugezogener Mykologe diagnostizierte ihn als penicillium rubrum (roter Pinselschimmel) (entsprechend bezeichnete ihn FLEMING in seinen ersten Berichten)
	70		Zwei Jahre später identifizierte ihn der amerikanische Mykologe THOM als penicillium notatum, dem chrysogenum nahe verwandt
		118 – 120	Experimentelle Erkundung anderer Schimmelpilzarten auf ihre bakterizide Fähigkeit
	71		Beobachtungsergebnis:
	73		Bei anderen untersuchten Schimmelpilzarten konnte keine bakterizide Fähigkeit festgestellt werden
		121 – 122	Herstellung von Schimmelsaft durch CRADDOCK
	74		Schimmelsaft

	Ergebnis	Tätigkeit	Benennung
		123	Planung von Experimenten zur Erkundung der größten Ergiebigkeit des Schimmelpilzes – 123: an welchem Tag des Wachstums?
		124	- 124: bei welcher Temperatur?
		125	- 125: auf welchem Nährboden?
		75	Plan der Experimente zur Erkundung des Tages der größten Ergiebigkeit des Schimmelpilzes
	76		Plan der Experimente zur Erkundung der Temperatur der größten Ergiebigkeit des Schimmelpilzes
	77		Plan der Experimente zur Erkundung des Nährbodens der größten Ergiebigkeit des Schimmelpilzes
		126 – 128	Experimente zur Erkundung des Tages der größten Ergiebigkeit des Schimmelpilzes
	78		Experimentelle Ergebnisse zur Ergiebigkeit des Schimmelpilzes
	80		an bestimmten Tagen des Wachstums
		129 – 131	Vergleichende Zusammenfassung der Ergebnisse
	81		Ergebnis: Konstatierung des Tages des Wachstums der größten Ergiebigkeit des Schimmelpilzes
		132 – 134	Experimente zur Erkundung der Temperatur, bei welcher die größte Ergiebigkeit des Schimmelpilzes zu verzeichnen ist
	82		Experimentelle Ergebnisse über den Zusammenhang der Temperatur
	83		und der Ergiebigkeit des Schimmelpilzes
		135 – 137	Vergleichende Zusammenfassung der Ergebnisse
	85		Beobachtungsergebnis: Schnelles Schwinden der bakteriziden Wirkung des Schimmelsaftes bei Zimmertemperatur
		138 – 140	Experimente zur Erkundung eines günstigen Nährbodens für den Schimmelpilz
	86		Experimentelle Ergebnisse über den

	Ergebnis	Tätigkeit	Benennung
	88		Zusammenhang von Nährbodenbeschaffenheit und Ergiebigkeit des Schimmelpilzes
		141 – 143	Vergleichende Zusammenfassung der Ergebnisse
	89		Beobachtungsergebnis: Unbeständigkeit der bakteriziden Wirkung des Schimmelsaftes, verringert sich, wenn die alkalische Nährlösung (pH 9) in eine neutrale (pH 6 – 8) verwandelt wird
		144	Planung der Toxizitätsprobe des Schimmelsaftes
	90		Projektion Toxizitätsprobe
		145	Injektion von 20 ccm des Schimmelsaftes in die Vene eines Kaninchens
	91		Beobachtungsergebnis: Der Saft erwies sich als nicht toxischer als die gleiche Menge Bouillon
		146	Injektion eines halben ccm Schimmelsaftes ins Bauchfell einer Maus
	92		Beobachtungsergebnis: keinerlei toxische Symptome
		147	Dauerspülung großer Hautflächen beim Menschen
	93		Beobachtungsergebnis: keinerlei toxische Wirkung
		148	stündliches Spülen der Bindehaut
	94		Beobachtungsergebnis: keinerlei Reizwirkung
		149	Planung von Versuchen zur Extraktion des wirksamen Stoffes
	95		Plan der Extraktion des wirksamen Stoffes
		150	Extraktionsversuch mit Azeton
		151	Extraktionsversuch mit Äther
		152	Extraktionsversuch mit Alkohol

	Ergebnis	Tätigkeit	Benennung
	95	18 – 10	Abbruch der Versuche, da alle nicht zum Ziel führten Zusammenfassende Publikation über das Penicillin, Abbruch des Forschungsprogrammes der enormen Schwierigkeiten wegen, welche die Isolierung des Penicillin bereitete; wegen der Instabilität der erhaltenen Substanz, der Fragwürdigkeit, jemals ein ökonomisch vertretbares Präparat erreichen zu können.

Literatur

BICKEL 1972

Bickel, Lennard: Rise up to life: a biography of Howard Florey who made penicillin and gave it to the world, London 1972

BINZ 1912

Binz, A.: Die Mission der Teerfarbenindustrie, Berlin 1912

BOON et.al. 1942

Boon, W.R., Gobson, A.S., Scott.C.M.and Thurlow, H.J.: Imperial Chemical Industries, Ltd. Dyestuffs Division: joint technical Report on Penicillin: Design, Erection, and Start-Up of the Initial Plant at Trafford Park Works, January to October, 1942. Biological department, Trafford Park Works, and Research Department Library File No. H.7051

BOHM 1987

Bohm, D.: Wholeness And The Implicate Order, London; Die implizite Ordnung – Grundlagen eines dynamischen Holismus, München 1987

BOHM, PEAT 1987,1990

Bohm, D., Peat F.D.: Science, Order and Creativity, New York, 1987; Daneue Weltbild – Naturwissenschaft, Ordnung und Kreativität, München 1990

BRIGGS, PEAT 1990

Briggs, J., Peat, David F.: Die Entdeckung des Chaos, München, Wien 1990

BRUNNER 1962

Brunner, R.: Die Antibiotika. Bd. 1/1 Allgemeiner Teil, Penicillin. Brunner, R., Machek, G. (ed.) Nürnberg 1962

CHAIN 1971

Chain, E.B.: Thirty years of penicillin therapy, 1971, Proc. R. Soc., London 179, 293 – 319

CHAIN, DUTHI 1945

Chain, E., Duthi, E.S.: Bactericidal and bacteriolytic action of penicillin in the staphylococcus. Lancet 652–657 (1945)

CHAIN et. al. 1940

Chain, E.B., Florey, H.W., Gardner, A.D., Heathley, N.G., Jennings, M.A., Orr-Ewing, J., Sanders, A.G.: 1940 Lancet ii, 226

CLARK 1985

Clark, R.W.: The Life of Ernst Chain, London 1985

CLARKE, JOHNSON, ROBINSON 1949

Clarke, H.T., Johnson, J.R., Robinson, R.: „The chemistry of penicillin, Princeton 1949

CRELLIN 1980

Crellin, J.: Antibiosis in the Nineteenth Century, in: The History of Antibiotics. a Symposium, Ed. by J. Parascandola American Institute of the History of Pharmacy Madison, Wisconsin 1980

DAVIES 1988

Davies, P.: Prinzip Chaos. Die neue Ordnung des Kosmos, München 1988

De KRUIF 1926

De Kruif, P.: Microbe Hunters, New York 1926; Mikrobenjäger, Zürich und Leipzig 1928, Leipzig 1937

DOMAGK, HEGLER 1944

Domagk, G., Hegler, C.: Chemotherapie bakterieller Infektionen, Leipzig 1944

DUBOIS 1951

Dubois, R.J.: Louis Pasteur, London 1951

DUCHESNE 1897

Duchesne, E.A.: Contribution a l'étude de la concurrence vitale chez les microorganismes: Antagonisme entre les moisissures et les microbes. Dissertation, 1896. Army Medical Academy in Lyon, France. Alexandre Rey, Imprimeur de la Faculté de Médecine, -4, Rue Gentil, 4- (December 1897)

DUISBURG 1911

Duisburg, C.: Die Wissenschaft und Technik in der chemischen Industrie mit besonderer Berücksichtigung der Teerfarbenindustrie, München 1911

DÜRCKHEIMER et. al. 1985

Dürckheimer, W., Blumbach, J., Lattrel, R., Scheinemann, K.-H.: Neuere Entwicklungen auf dem Gebiet der -Lactam- Antibiotica, *Angew. Chemie.* 97(1985) 183 – 205

EHRlich 1957

Ehrlich, P.: *Gesammelte Arbeiten*, Berlin, Göttingen, Heidelberg, 1957

EINSTEIN 1949

Albert Einstein, *Autobiographie*, in: Albert Einstein, *Philosopher-Scientist*, hrsg.v. Paul A. Schilpp, Evanston, III., 1949

EISNER 1962

Eisner, H.: A generalized network approach to the planning and scheduling of a research projekt, in: *Operations Research*, Vol. 10, 1962, S. 115–125

ELDER 1970

Elder A.L. ed.: *The history of penicillin production*. Chemical Engineering Progress Symposium Series 1970, Number 100, Vol.66, Published by American Institute of Chemical Engineers, New York 1970

ELMAGHRABY 1964

Elmaghraby, S.E.: An algebra for the analysis of generalised activity networks, in: *Management Science*, Vol. 10, 1964, S. 494–514

FLEMING 1929

Fleming, A.: On the antibacterial action of entures of *Penicillium*; with special reference to their use in isolation of *Bac. influenza*, in: *Brit. J. Path.* 10, 226 (1929)

FLEMING 1932

Fleming, A.: Some problems in the use of antiseptics, in: *Brit. deut. J.* 52, 105 (1932); *J. Path. a. Baxter.*, 35, 831 (1932)

FLEMING 1947

Fleming, A.: *Nobel Lecture on Penicillin*, Stockholm 1947

FLOREY 1940

Florey, H.: *Penicillin as a chemotherapeutic agent*, in: *Lancet* Aug. (1940)

FLOREY 1944

Florey, H.W.: *Penicillin: A survey*. *British Medical Journal* Aug. 5, 1934, 168 – 171

FLOREY 1954

Florey, H.W.: *Lectures on General Pathology*, London 1954

FLOREY et. al. 1949

Florey, H.W., Chain, E., Heatley, N.G., Jennings, M.A., Sanders, A.G., Abra-

ham, E.P., Florey, M.E.: Antibiotics. A survey of penicillin, streptomycin, and other antimicrobial substances from fungi, actinomycetes, bacteria, and plants., London 1949

GARRÉ 1887

Garré, C.: Über Antagonisten unter den Bakterien, in: Correspondenzblatt f. Schweizer Aerzte, Jg. XVII, 1887, Zbl. Bacteriol. Parasitenkunde Infektionskr. 2, 312 (1887)

GARROD, LAMBERT, O'GRADY 1973

Garrod, L.P., Lambert, H.P., O'Grady, F.: Antibiotic and Chemotherapy, 4th ed., Edinburgh, London 1973

GAUSE 1980

Gause, G.F.: Gramicidin S and Early Antibiotic Research in the Soviet Union, in: PARASCANDOLA ed. 1980

GLEICK 1987, 1990

Gleick, J.: Chaos – Making A New Science, New York 1987; Chaos – die Ordnung des Universums, München 1988, 1990

GODLEE 1917

Godlee, R.J.: Lord Lister, London 1917

GOETHE 1817 (1876)

Goethe, J. W. v.: Sämtliche Werke, Vollständige Ausgabe in fünfzehn Bänden, vierzehnter Band, Stuttgart 1876

HARE 1970

Hare, R.: The Birth of Penicillin and the Disarming of Microbes, London 1970

HAKEN 1977,1978,1983

Haken, H.: Synergetics. An Introduction, Berlin, Heidelberg 1977, 1978, 1983; Synergetik, Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo 1983

HELFAND et.al. 1942

Helfand, W.H., Woodruff, H.B., Coleman, K.M.H., Cowen, D.L.: Wartime Industrial Development of Penicillin in the United States, in: PARANDOSCOLA ed. 1980

HERRELL 1945

Herrell, W.E.: Penicillin and Other Antibiotic Agents, Philadelphia, London 1945, Penicillin und andere Antibiotica, Stuttgart 1949

HESS, MARKUS 1987,1990

Hess, B., Markus, M.: Ordnung und Chaos in chemischen Uhren, in: KÜPERS (Hrsg.), 1987,1991

HOBBY 1985

Hobby, G.L.: Penicillin – Meeting the Challenge, New Haven, London 1985

HUGHES 1974

Hughes, W. Howard: Alexander Fleming and penicillin, London 1974

JANTSCH 1982

Jantsch, E.: Die Selbstorganisation des Unoversums, Vom Urknall zum menschlichen Geist, München 1982

KEEFER 1945

Keefer, C.S: Penicillin. Oxford 1945

KEEFER 1948

Keefer, C.S.: Advances in Military Medicine, Boston 1948

KEKULÉ 1858

Kekulé, A.: Über die Konstitution und die Metamorphosen der chemischen Verbindungen und über die chemische Natur des Kohlenstoffs, in: Annalen der Chemie und Pharmazie. CVI, Bd. 2. Heft, S. 129 – 159 – Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften Nr. 145, Leipzig 1904, Hrsg. von A. Ladenburg

KEKULÉ 1865

Kekulé, A.: Sur la constitution des substances aromatiques, Société chimique de Paris, 27. Jan. 1865, – Bulletin de la soc. chim. 1865, I, 98 Annalen der Chemie und Pharmazie CXXXVII. Bd., 2. Heft, S. 129 – 196

KÜPPERS 1986

Küppers, B.-O.: Der Ursprung biologischer Information, München 1986

KÜPPERS (Hrsg.) 1987,1991

Küppers, B.-O.: Ordnung aus dem Chaos,1987,1991

KÜPPERS 1987,1991

Küppers,B.-O.:Die Komplexität des Lebendigen – Möglichkeiten und Grenzen objektiver Erkenntnis in der Biologie, in: KÜPPERS (Hrsg.) 1987,1991

KUHN 1967

Kuhn, Th.S.: The Structure of Scientific Revolutions, Chicago 1962, Die Struktur wissenschaftlicher Revolutionen, Frankfurt/Main 1967

KUHN 1978

Kuhn, Th.S.: Die historische Struktur wissenschaftlicher Entdeckungen, in: Die Entstehung des Neuen, Frankfurt/Main 1978

LISTER 1871

Annals of the Royal College of Surgeons, Bd. VI, Februar 1950

LOEWE 1950

Loewe, H.: Zur Vorgeschichte der antibiotischen Forschung, in: Pharmazeutische Zentralhalle für Deutschland, 89. Jg., 1 (1950), 2. (1950)

MACFARLANE 1979

Macfarlane, Gwyn: Howard Florey, the making of a great scientist, Oxford 1979

MACFARLANE 1984

Macfarlane, Gwyn: Alexander Fleming – The Man and the Myth, Cambridge Mass. 1984

MAUROIS 1959

Maurois, André: Life of Sir Alexander Fleming, discoverer of penicillin, London 1959

MAUROIS 1961

Maurois, André: Fleming: The man who cured millions, London 1961

MEHNERT, WOLF 1983

Mehnert, W.H., Wolf, J.: Merkmale und Probleme der interdisziplinären Zusammenarbeit von Forschern, dargestellt am Beispiel der Forschungsphasen bei Untersuchungen zur Entwicklung eines tumorlokalisierenden Krestestes, in: Interdisziplinarität in der Forschung. Hrsg. H. Parthey und K. Schreiber

MEINHARDT 1987,1991

Meinhardt, H.: Bildung geordneter Strukturen bei der Entwicklung höherer Organismen, in: KÜPPERS (Hrsg.) 1987,1991

NEISSER 1914

Neisser, A.: Chemotherapie, in: Paul Ehrlich. Eine Darstellung seines wissenschaftlichen Wirkens, Jena 1914

NICOLIS, PRIGOGINE 1987

Nicolis, G., Prigogine, I.: Die Erforschung des Komplexen, München Zürich, 1987

PARASCANDOLA ed. 1980

Parascandola, J., ed.: The history of antibiotics: a symposium. Held at Honolulu, 5 April 1979. American Institute of the History of Pharmacy, Madison, Wisconsin 1980

PENROSE 1989,1991

Penrose, R.: The Emperor's New Mind Concerning Computers, Minds, and the Laws of Physics, New York, Oxford 1989 ; Computerdenken, Die Debatte um Künstliche Intelligenz, Bewußtsein und die Gesetze der Physik, Heidelberg, 1991

PICKERING 1974

Pickering, George: Creative malady, London 1974

PRATT and DUFFRENOY 1949

Pratt, R., Duffrenoy, J.: Antibiotics. Philadelphia: Lipincott 1949

PRIGOGINE, STENGERS 1980, 1986

Prigogine, I., Stengers, I.: Dialog mit der Natur, München, Zürich 1986

PRITSKER, HAPP 1966

Pritsker, A.A.B., Happ, W.W.: GERT: Graphical Evaluation and Review Technique. Part I. Fundamentals., in: The Journal of Industrial Engineering. Vol. 17, May 1966, S.267–274

PRITSKER, WHITHOUSE 1966

Pritsker, A.A.B., Whitehouse: GERT: Graphical Evaluation and Review Technique. Part II. Probabilistic and Industrial Engineering. Vol. 17. Juni 1966, S. 293–301

RICHARDS 1964

Richards, A.N.: Production of Penicillin in the United States (1941 – 1946), Nature, February 1, 1964

ROBERTS 1874

Roberts, W.: Studies on Abiogenesis, in: Phil. Trans., 1974, 104

RUDOLF 1960

Rudolf, W.: Die Kulturgeschichte der Antibiotika, in: Medizinische Klinik, 55. Jg., 51 (1960)

SHEEHAN 1984

Sheehan, J.C.: The Enchanted Ring. The Untold Story of Penicillin, Cambridge, Massachusetts, London 1984

SHEEHAN, HENEREY-LOGAN 1957

Sheehan, J.-C., Henerey-Logan, K. R.: The total synthesis of Penicillin V. in: J. Am. Chem. Soc. 79 (1957) 262

STENT 1972

Stent, G.: Prematurity and Uniqueness in Scientific Discovery, in: Scientific American, Vol. 227, Dec. 1972, No. 6

TOWNES 1983

Townes, Charles H.: Science, technology, and invention: Their progress and interactions, in: Proc. Natl. Acad. Sci. USA, Vol. 80, pp. 7679–7683, December 1983, Applied Physical Sciences

VÖLZGEN, DICK 1969

Völzgen, H., Dick, R.: Forschungsplanung mit GERT, in: Betriebswirtschaft, Wisbaden 39(1969) 8, S. 515–530

WAINWRIGHT 1990

Wainwright, M.: Miracle Cure – The Story of Penicillin and the Golden Age Of Antibiotics, Oxford 1990

WAKSMAN 1975

Waksman, S.A.: The Antibiotic Era, Tokyo 1975

WEHMER 1891

Wehmer, C.: Beiträge zur Kenntnis einheimischer Pilze, Leipzig 1891

WEIZSÄCKER 1971

Weizsäcker, C.F.v.: Die Einheit der Natur, München 1971

WILLIAMS 1984

Williams, T.I.: Howard Florey – Penicillin and After, Oxford 1984

WILSON 1976

Wilson, David: In Search of Penicillin, New York 1976

ZIMMERMANN, VÖLZGEN 1972

Zimmermann, H.J., Völzgen H.: Darstellung und quantitative Behandlung stochastischer Abläufe mit Hilfe graphentheoretischer Methoden unter besonderer Berücksichtigung ihrer Anwendbarkeit auf spezielle Probleme der Unternehmensforschung. Forschungsberichte des Landes Nordrhein-Westfalen, Nr. 2225. Westdeutscher Verlag, Opladen 1972

Gesellschaft für
Wissenschaftsforschung



Siegfried Greif,
Manfred Wölfling
(Hrsg.)

**Wissenschaft und
Innovation**

Wissenschaftsforschung
Jahrbuch 1999

Sonderdruck

Mit Beiträgen von:

*Siegfried Greif • Christoph
Grenzmann • Hans-Eduard Hauser •
Frank Havemann • Gunter Kayser •
Andrea Scharnhorst • Roland
Wagner-Döbler • Manfred Wölfling •
Janos Wolf*

Wissenschaftsforschung
Jahrbuch **1999**

Wissenschaft und Innovation : Wissenschaftsforschung
Jahrbuch 1999 / Siegfried Greif; Manfred Wöfling
(Hrsg.). Mit Beiträgen von Siegfried Greif ... – Berlin : Gesellschaft für Wissenschaftsforschung 2001.

Das Werk ist in allen seinen
Teilen urheberrechtlich geschützt.

Jede kommerzielle Verwertung ohne schriftliche
Genehmigung des Verlages ist unzulässig. Dies gilt
insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen,
Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und
Verarbeitung in Systeme(n) der elektronischen
Datenverarbeitung.

© Gesellschaft für Wissenschaftsforschung,
1. Auflage 2000
Alle Rechte vorbehalten.

Verlag:
Gesellschaft für Wissenschaftsforschung
c/o Prof. Dr. Walther Umstätter
Institut für Bibliothekswissenschaft der
Humboldt-Universität zu Berlin
Dorotheenstr. 26, D-10099 Berlin

ISBN 3-934682-33-2

Preis: 13,00 €