

Mendels Message.  
Genetik und Informationstheorie.

Axel Roch

Aus: *Versuchskaninchen - Bilder und andere Manipulationen*,  
(Hg.) Erika Keil und Werner Oeder, Museum für Gestaltung Zürich  
1997  
S. 27-33.

3 : 1

*Mendel* $q = 1 - p$ *Shannon*

Daß Informationstheorie, Computertechnologie und Genetik eng verknüpft sind, läßt sich schon an der Unentbehrlichkeit von digitalen Hochleistungsrechnern in der Genforschung ablesen: 1986 startete das Human Genome Project (Hugo), daß innerhalb der nächsten Jahre die gesamte Erbinformation des Menschen mit Hilfe des Computers erstens kartographieren und zweitens entschlüsseln will. Weniger bekannt ist allerdings die Tatsache, daß Genetik und Computertheorie, noch bevor die ersten digitalen Computer für militärische Zwecke einsetzbar waren, aufeinander zeigten. In der Person des Mathematikers Claude Elwood Shannon, dem Begründer der modernen Informationstheorie, ist die Kreuzung von Vererbungslehre und Kommunikationstheorie erkennbar.

Shannons "Mathematische Theorie der Kommunikation" entstand nicht nur in einer Überlagerung heterogener Wissensgebiete, sondern ist in den Nachkriegsdekaden die methodische Grundlage vielfältigster Wissenschaftsbereiche in unserem Jahrhundert. Soziologie, Linguistik, Psychologie, Biologie, moderne Nachrichtentechnik und damit auch digitale Bildverarbeitung finden oft ihren theoretischen Rahmen in Shannons Modell der Kommunikation, das mit einer Neubestimmung des Begriffs Information anhebt. Während gewöhnlich mit dem Wort 'Information' immer 'Information von etwas' oder 'Wissen über etwas' gemeint ist, so ist der moderne Informationsbegriff kontraintuitiv: er beschreibt das Neue, die Unsicherheit oder das Unwahrscheinliche in einem Kommunikationssystem. Diese Setzung des Begriffs 'Information' ist nicht als eine Idee eines Forschers begreifbar, sondern führt bei einer biographischen Betrachtung zunächst auf die unscheinbare Spur genetischer Fragestellungen.

### **Ein Elektrotechniker promoviert in Genetik**

Bevor Shannon in den Problemfeldern des Zweiten Weltkriegs Stellung bezog, hatte er eine Dissertation mit dem Titel 'An Algebra for Theoretical Genetics' vollendet, die Wissenschaftshistoriker bis heute kaum beachten. Diese Arbeit formuliert eine algebraische Notation der Dynamik Mendelscher Populationen und nimmt in Shannons wissenschaftlicher Laufbahn eine exotische Stellung ein.<sup>1</sup> Shannon, der zuerst an der University of Michigan und später am Massachusetts Institute of Technology hauptsächlich Mathematik

---

<sup>1</sup> Die Dissertation ist abgedruckt in: Sloane, N. J. A. et al. (Hg.) "Claude Elwood Shannon. Collected Papers", IEEE New York 1993, S.891ff.

und Elektrotechnik studierte, griff im Verlauf seiner späteren wissenschaftlichen Tätigkeit nie wieder explizit auf seine Dissertation zurück. Auch wichtige Genetiker taten dies nicht, denn die Arbeit war wegen der komplexen mathematischen Modellierung der Mendelschen Vererbungslehre schwer lesbar.

Die Promotion konnte aber keinen geringeren institutionellen Beistand vorweisen als Vannevar Bush (1890 - 1974) persönlich. Shannons Mentor leitete im Zweiten Weltkrieg das National Defense and Research Committee (NDRC), also denjenigen Institutionskomplex, der akademische, militärische und zivile Wissenschaftler strategisch vernetzte, um die zweite Front der Westalliierten, das Inland von Amerika, aufzubauen. Nach dem Zweiten Weltkrieg veröffentlichte Bush seine Idee des 'Memory Extender' (Memex), die ihn bis heute berühmt macht als Vordenker des Hypertextes in elektronischen Medien. Weniger bekannt ist seine Nebentätigkeit in der Biopolitik. Bush war Präsident der Eugenics Record Office in Cold Spring Harbor. Aus dieser Stellung veranlaßte er Shannon, eine Dissertation im Bereich der Genetik zu beginnen, die erstens seine Fähigkeit trainierte, verschiedene Wissenschaftszweige zu verknüpfen, und die zweitens seine Kenntnisse in Statistik und Algebra erweiterte. Die spannende Frage ist, ob eine Dissertation im Feld der Genetik mit der Theorie der Kommunikation verbunden sein kann. Inwiefern könnten Aspekte der Computertheorie ein historisches Apriori ausgerechnet in biopolitischen Problemstellungen wie der Eugenik haben ?

### **Statistische Schöpfung**

Nicht umsonst weist der französische Philosoph Michel Foucault mit Bezug auf den bekannten Genetiker François Jacob 1970 in seiner Antrittsvorlesung „Die Ordnung des Diskurses“ am Collège de France auf die Verbindung von Statistik und klassischer Genetik hin. Es war der Geistliche Johann Gregor Mendel (1822 - 1884), der nach Foucault zum ersten Mal in der Geschichte der Biologie das Erbmerkmal vom einzelnen Organismus trennte. Mendels Methode, die Erbeigenschaften vom Geschlecht und von der Art abzulösen, deren Wiederauftauchen und Verschwinden in statistischen Regelmäßigkeiten zu untersuchen, war für die Episteme des 19. Jahrhunderts so neu, daß sie sich nicht in die Diskursordnungen der Biologie integrierte

Das Neue in der Artenlehre seit Mendel ist erstens die bewußte Kreuzung von diskreten Erbmerkmalen und zweitens die Untersuchung der Reproduktion der Erbeigenschaften in numerischen Verhältnissen. Daß Mendel in der Reproduktion der Lebewesen eine statistische Ordnung finden kann, setzt zuallererst die Reinheit und Diskretheit des Ausgangsmaterials voraus, biologischer formuliert: das Versuchsmaterial muß homozygot sein<sup>2</sup>. Eine sol-

---

che Isolierung von bestimmten Erbmerkmalen im Gestrüpp der Arten findet Mendel in der Ordnung eines klerikalen Gartens. In der Architektur einer Gartenanlage lassen sich handverlesene Gewächse und deren Reproduktionseigenschaften studieren. Mendels Labor, der klösterliche Garten, ist idealer Nährboden für statistische Untersuchungen. Nur die lange Tradition und Erfahrung in der Pflanzenzüchtung stellt nämlich homozygotes Material bereit und kann garantieren, daß Nachkommen der gleichen Pflanzen ‚reinrassig‘ bleiben. Nur solche diskreten Erbmerkmale lassen sich systematisch mischen und als Inhomogenitäten analysieren.

Gregor Mendel untersuchte die statistische Regelmäßigkeit von Bastarden. Diese Forschungspraxis, ja die Vorstellung, daß Mischlebewesen überhaupt von bestimmten Vorfahren abstammen, setzt ein Kenntnis über die Zeitlichkeit der Artenentstehung voraus. Noch im 16. Jahrhundert war, wie François Jacob in seiner Geschichte der Vererbung zeigt<sup>3</sup>, eine hybride Kreatur eine einmalige Schöpfung. Die Existenz eines Schweins mit dem Kopf eines Lammes war kraft einer Erzeugung in der göttlichen Vorstellung gegeben. Ein Hybrid im 16. Jahrhundert ist auf einer Fläche generiert. Die Frage nach den Nachkommen der imaginierten Lebewesen, nach den Überlebenschancen derselben, existierte gar nicht. Erst in Mendels Jahrhundert besitzen Hybride, wie jede Art von Lebewesen, Nachkommen, die Arten situieren sich in einer zeitliche Folge.

Die Vorstellung, daß die Geschöpfe der Natur in einer zeitliche Serie geordnet sind, bricht mit der Evolutionstheorie von Charles Robert Darwin (1809 - 1882) durch. Darwin erklärt die Vielfalt und die Entstehung der Arten entlang einer zeitlichen Achse. Seine Theorie der Entstehung der Tier- und Pflanzenarten ruht auch einer kulturellen Praxis der Züchtung auf. Was Züchter an den Schmuckhunden und Prachtpflanzen lange geübt hatten, läßt Darwin die Natur übernehmen: ‚Natürliche Zuchtwahl‘, so heißt es, erzeugt die ‚Abänderung der Lebensformen‘<sup>4</sup>. Darwin kennt viel besser die Differenz von ‚Karrengaul‘ und ‚Rennpferd‘, als ihm die natürliche Vielfalt selbst naheliegt. Seit Darwin werden Arten entweder durch die Hand des Züchters oder später durch das Milieu selektiert. In der natürlichen Evolution tritt an die Stelle der zweckgerichteten Auswahl des Menschen die Dynamik der Populationen selber. Charles Darwin, der Züchter, und auch Gregor Mendel, der Gärtner, stülpen der Natur Kultur über.<sup>5</sup>

<sup>2</sup> Mendel, Gregor „Versuche über Pflanzenhybriden“, Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften Bd. VI, Braunschweig 1970, S.28.

<sup>3</sup> Jacob, François „Die Logik des Lebenden. Von der Urzeugung zum genetischen Code“, Frankfurt 1972, S.27.

<sup>4</sup> Vgl. Darwin, Charles „Über die Entstehung der Arten durch natürliche Zuchtwahl oder die Erhaltung der begünstigten Rassen im Kampfe ums Dasein“, Stuttgart 1876, S.48ff.

## Gezüchtete Gesellschaft

Was Mendel zunächst an Erbsen zählte, machte sich später bei Agrarwissenschaftlern im Amerika des 20. Jahrhunderts bezahlt. Die Analyse der Arten nach Mendel wurde Anfang des Jahrhunderts von E. Tschermak und W. Bateson <sup>6</sup> wiederbelebt und versprach der Agrarwirtschaft einen höheren ökonomischen Wirkungsgrad. Noch vor der Jahrhundertwende entstand eine politische Bewegung, die vielleicht Bedingung für Mendels Wiederentdeckung ist: die Eugenik. Die Briten Francis Galton (1822 - 1911) und Ronald Alymer Fisher (1890 - 1962), beide Eugeniker und Genetiker, wollten Gesellschaft reinigen und überwachen. Als Strategie benutzte Galton eine spezifische Bildmanipulation. In der Erstausgabe der 'Inquiries into Human Faculty and its Development' von 1883 mischte Galton verschiedene Photographien miteinander, um zu zeigen, daß die Eigenschaften des Menschen mit dessen Aussehen verknüpft sind. Der Diskurs der Eugenik ist davon beherrscht, eine physiognomische Beziehung zwischen Gesichtsformen und Charaktereigenschaften, wie Genialität, Kriminalität oder Krankheit, herzustellen. Seit der Korrelation von Anthropometrik und möglichen Verhaltensweisen erkennen wir einen Verbrecher schon an seiner ,Visage'.

Nun leidet aber die Eugenik selber an einer Kinderkrankheit: alle Gesetze, die sie aufstellt, lassen sich für menschliche Populationen gar nicht verifizieren. Nicht nur die Komplexität bei höheren Organismen scheint zunächst unberechenbar, sondern vor allem die Lebenszeit des Menschen ist viel zu hoch, als daß es einem Forscher alleine möglich wäre, statistische Gesetze in Folgegenerationen zu überprüfen. Schon deswegen ist die Eugenik auf Modellsysteme angewiesen, die sie in der botanischen und zoologischen Genetik findet. Ob es die Züchtung von Monokulturen in der Agrarwirtschaft oder die Mutation und Manipulation von Tieren ist: die Eugenik will damit den Menschen modellieren. Der ökonomische Erfolg der Genetik in der Landwirtschaft versprach nach der Jahrhundertwende, die Eigenschaften der Menschen nicht mehr nur mit Statistik, sondern direkt mit Mendels genetischen Populationsgesetzen zu beschreiben. Im Namen einer Reinigung der Gesellschaft wuchs das Erbmerkmal nicht nur in seiner botanischen Unschuld heran, sondern avancierte zur prophylaktischen Statistik einer gezüchteten Gesellschaft.

---

<sup>5</sup> Viele Naturforscher machen mit einem kulturellen Modell die Natur überhaupt erst lesbar. Auch der Molekularbiologe Francis Crick verwendet einen methodischen Trick: die Replikation der DNA vermittelt über die RNA bis zum Aufbau der Proteine ist einem technischen Medium mehr als ähnlich: dem Buchdruck. Die Wissenschaften des Lebens überhaupt haben eigentlich gar keinen Gegenstand, zumindest keinen jenseits möglicher Erfahrung. Das Leben und das Wissen über das Leben heute, um den Genetiker François Jacob wiederzugeben, kann dann nur noch ein Algorithmus sein.

<sup>6</sup> William Bateson ist der Vater von Gregory Bateson. Demjenigen also, der nach dem Zweiten Weltkrieg mit der Informationstheorie soziologische Studien betrieben hat.

## Der Frosch fängt die Fliege

Ende der 30er Jahre hat sich das Wissen um die Reproduktion des Lebens an einem besonderen Modellorganismus akkumuliert: der Fliege *Drosophila*. Die Fruchtfliege avancierte zum Prototyp genetischer Experimente und eugenischer Berechnungen, weil die Chromosomenduplikationen an ihr am besten sichtbar sind. Es war nun kein anderer als der Informationstheoretiker Shannon, der an *Drosophila* die Wahrscheinlichkeitsgesetze der Kombination von Erbmerkmalen kennenlernte. In der Beschreibung von Populationen und deren Reproduktion in Genetik und Eugenik ist folgender Aspekt wichtig: jeder Organismus besitzt statistisch abhängige und statistisch unabhängige Erbeigenschaften, gekoppelte und nicht gekoppelte Merkmale. Die neuere Humanmedizin beispielsweise behauptet, daß bestimmte Krankheiten an das Merkmal Geschlecht gebunden sind. Die Eugenik kennt auch unabhängige Erbfaktoren, und zwar genau in der Verschmelzung mit der klassischen Genetik und seit der Wiederentdeckung Mendels. Die Haarfarbe einer Person ist bezogen auf deren Größe völlig arbiträr.

Während noch in der Eugenik bei Fisher die Unabhängigkeit zweier Klassen, also beispielsweise die der ‚Verbrecher‘ und die der ‚Gesichter mit diesen Formen‘, statistisch getestet wird<sup>7</sup>, so ist die Eugenik mit der sich Shannon beschäftigte viel radikaler: die Unabhängigkeit zweier Klassen muß nicht empirisch bestimmt werden, sondern läßt sich apriori aus der genetischen Reproduktion einer Population ableiten. Jedes Gen, das einen wohldefinierten Platz in der Karte der Chromosomen besitzt, ist mit anderen Genen nach Wahrscheinlichkeitsgesetzen gekoppelt. Genau die nicht gekoppelten Erbgene, d.h. die statistische Unabhängigkeit von Erbfaktoren in der Reproduktion einer Population, finden wir heute an einem zentralen Platz in der Kommunikationstheorie wieder.

Es ist nichts Geringeres als der Begriff der Information selber, der auch die Unabhängigkeit zweier Ereignisse quantifiziert. Information beschreibt die Wahrscheinlichkeit des Auftretens zweier Nachrichten in einem Kommunikationssystem. Information gibt die Unähnlichkeit zweier Prozesse an. Komplementär dazu ist der Begriff der Redundanz<sup>8</sup>. Redundanz ist als Abhängig-

---

<sup>7</sup> Vgl. Fisher, Ronald A. „Statistical Methods for Research Workers“, London 1925, S.77ff.

<sup>8</sup> Redundanz ist heute der Begriff, den jeder Kompressionsalgorithmus im Computer ausnützt. Der Bildformatstandard MPEG beispielsweise komprimiert Bildsequenzen, indem redundante Bildteile gelöscht werden. Im Fall von telegraphischen Übertragungstechniken heißt Redundanz, daß redundante Buchstabensequenzen weggekürzt werden können, ohne Information zu verlieren. Shannons Beispiel für den Wegfall der Vokalredundanz in der englischen Sprache: MST PPL HV LTTL DFFCLTY N RDNG THS SNTNC. Besitzt eine Nachricht keine Redundanz, so hat sie den höchsten Informationsgehalt und fällt mit reinem Rauschen zusammen.

keit von Erbfaktoren und Information als Unabhängigkeit von Erbfaktoren plausibilisierbar. Die Vererbung von Genen kann sich gekoppelt und ungekoppelt vollziehen. Deswegen sind seit Shannon die Begriffe Rauschen und Signalübertragung, Mutation und Selektion in einem statistischen Modell berechenbar. Das enge Verhältnis von Informationstheorie und Reproduktion des Lebens wird später vom Begründer der Kybernetik, dem Mathematiker Norbert Wiener, noch weit radikaler gefasst: ein Organismus ist nichts als eine Botschaft. Telegraphie und Genetik, das Spiel diskreter Systeme und die Reproduktion des Menschen, sind bei Wiener schlicht identifizierbar: “there is no fundamental absolute line between the types of transmission which we use for sending a telegram and the types of transmission which are theoretically possible for a living organism such as a human being”<sup>9</sup>.

Shannon hat ja bereits in einem Brief an Vannevar Bush von 1939, also in der Entstehungszeit der Dissertation, einen allgemeinen Ansatz für eine Kommunikationstheorie skizziert.<sup>10</sup> Es ist daher nicht verwunderlich, daß die vererbaren Eigenschaften einer Population, genauso wie die technischen Signale einer Kommunikation, statistisch modelliert und ‘übertragen’ werden. Nachrichten werden sowohl im Kommunikationsmodell als auch in der Dynamik der Populationen, so die Terminologie Shannons, ‘selektiert’. Die Analogie besteht darin, daß die Rekombinationsmöglichkeit von Erbeigenschaften genauso vorhersagbar ist wie eine Nachricht durch Übergangswahrscheinlichkeiten.

Die klassische Statistik ist von der in der Informationstheorie angewandten tatsächlich verschieden. Herkömmliche statistische Verfahren reduzieren gegebene Daten oder Meßwerte, indem sie aus einem Datensatz Parameter gewinnen, die dann wiederum als empirisches Modell der Werte gelten. Resultate einer Meinungsumfrage lassen sich aposteriori, d.h. nach der Befragung, innerhalb von Varianzen in einer statistischen Verteilung darstellen. Im Gegensatz zu solchen nachträglichen Modellbildungen in der deskriptiven Statistik besitzen Daten in der Theorie der Kommunikation Wahrscheinlichkeitsstrukturen, die bereits vorgängig, d.h. apriori, festgelegt sind. Signale in einem Kommunikationssystem sind vor jeder Erfahrung schon ‘wahrscheinlich’. Jeder Datenpunkt außerhalb eines Wahrscheinlichkeitsmusters ist daher für das Kommunikationssystem Rauschen. Das Shannonsche Signal modelliert weniger die statistische Streuung im Raum als vielmehr die stochastische Verkettung in der Zeit. Ein Tippfehler wie beispielsweise „S - I - B - N - A - L“ ist überlesbar, da Buchstabenfolgen, Wörter und Sätze nach Shannon einer statistischen Regelmäßigkeit unterliegen. Eine zufällige Nachricht ohne jede

---

<sup>9</sup> Wiener, Norbert “The Human Use of Human Beings: Cybernetics and Society”, Boston 1950, S.110.

<sup>10</sup> s. Sloane (a.a.O.), S.455.

Statistik, wie beispielsweise „G - H - V - L - D - J“, ist als reines Rauschen kein Gegenstand der Erfahrung. Die statistische Struktur einer Sprache läßt sich quantifizieren und ist die Garantie dafür, daß ein Empfänger die Nachricht der gleichen Sprache ‚verstehen‘ kann.

Die Shannonsche Modellierung von Nachrichten durch apriorische Strukturen markiert eine fundamentale Neuerung in den Theorien der Kommunikation. Die Tatsache, daß in einer Folge von Ereignissen Übergänge apriori modelliert sind, läßt sich nicht aus den großen Paradigmen der Wissenschaftsgeschichte, wie etwa dem der statistischen Mechanik ableiten<sup>11</sup>. Diese Neuerung von Shannon, die statistische Modellierung einer Informationsquelle, oder besser: die Simulation der Ereignisse, steht vielmehr in Beziehung zu den geregelten und wohldefinierten Kombinationsmöglichkeiten von Erbeigenschaften in der Reproduktion einer Population, die ja auch in der Zeit stattfindet.

### **Das Geheimnis der Kommunikation**

Um die Brücke von Eugenik und Informationstheorie zu schließen, bedarf es einer weiteren Vermittlung. Shannon war, bevor er seine „Mathematische Theorie der Kommunikation“ publizierte, zutiefst in die nachrichtentechnischen Künste des Zweiten Weltkrieges verwickelt. Shannon arbeitete während des Krieges in der kryptologischen Abteilung der Bell Laboratories. Die Bell Labs bauten an einem Geheimsystem, dem ‘Project X’, das der Verschlüsselung von digitalisierten Signalen diente.<sup>12</sup>

Daß im Zusammenhang mit Kommunikationstechniken immer schon die Kryptologie, auch wenn sie sich per Definition verbirgt, präsent ist, ist seit dem Meister der Fern- und Fackeltelegraphie Francis Bacon (1561 - 1626) bekannt, der übrigens auch den ersten Binärcode entwickelte.<sup>13</sup> Im 20. Jahrhundert erhielt die Kunst der Kryptoanalyse eine unvergleichliche Aufwertung, die nicht nur der Mechanisierung der Kryptographie, sondern vor allem den neuen Kommunikationsmaterialitäten zu verdanken ist. Der medienhistorische Übergang von Kabeltelegraphie zu drahtloser Kommunikation erzwang die Institutionalisierung kryptoanalytischer Verfahren. Während die Übermittlung von Befehlen mit Kabeln die Codierung und Verschlüsselung von Nach-

---

<sup>11</sup> An dieser Stelle darf nicht vergessen werden, warum der Begriff Information bei Shannon auch Entropie heißt. Der Begriff der Entropie ist nicht von Shannon gewählt worden, sondern es war John von Neumann, der ihm diese Möglichkeit des Anschlusses an vorhandene Diskurse zugeflüstert haben soll.

<sup>12</sup> s. Fagen, M. D. (Hg.) “A History of Engineering and Science in the Bell System. National Service in War and Peace (1925 - 1975)”, Bell Telephone Laboratories 1978, S.296/317.

<sup>13</sup> Aschoff, Volker „Aus der Geschichte des Telegraphen-Codes“ in: Rheinisch-Westfälische Akademie der Wissenschaften, Vorträge N 297, Opladen 1981, S.14ff.



richten betont und eine Interzeption erschwert, verschiebt Radiotelegraphie das Gleichgewicht von Chiffrieren und Dechiffrieren deutlich auf die Seite der Analysetechniken. In freien Ätherwellen sind Befehle abhörgefährdet.

In der Geschichte der Kryptologie gilt Shannon - wie in der Geschichte der Kommunikationstheorien - als innovativ. Er hat die Kryptologie von einer empirischen auf eine theoretische Ebene erhoben, die überhaupt erst die Möglichkeit der erfolgreichen Analyse von Kryptogrammen erklärt. Shannon hat den Begriff der Redundanz in die Kryptologie eingeführt, noch bevor er den Begriff der Information definierte.<sup>14</sup> Schon deswegen setzt die Theorie der Kommunikation auch einen Technologietransfer aus der Kryptologie voraus<sup>15</sup> und die Transmission des Wissens der Eugenik bis zur Informationstheorie kann nur vermittelt über die Kryptologie geklärt werden.

## Kryptologie und Genetik

Daß Genetik und Kryptologie strukturell vergleichbar sind, ist der klassischen Genetik seit Mendel zu verdanken. Wie oben erwähnt, war es ja genau Johann Gregor Mendel, der nicht nur die statistische Reproduktion von Erbmerkmalen in numerischen Verhältnissen untersuchte, sondern der zugleich auch das Erbmerkmal von den tatsächlich sichtbaren Erbmerkmalen trennte. Aus dem Experimentalsystem Garten und der Praxis Züchtung entstand die von Mendel eingeführte und heute so benannte Unterscheidung der klassischen Vererbungslehre von Phänotyp und Genotyp. Seit diesem Unterschied zwischen sichtbarem Erbmerkmal und unsichtbarer Erbeigenschaft ist die Wissenschaft der Reproduktion des Lebens nicht mehr nur die Ähnlichkeit des Sichtbaren, sondern zugleich auch die Wissenschaft des Verborgenen.<sup>16</sup> Genetik und Kryptologie können wechselwirken.

Die Situation eines Kryptoanalytikers und eines Genetikers ist strukturell vergleichbar. Der Kryptologe studiert verschlüsselte Texte, im besten Fall mit

---

<sup>14</sup> Die Reihenfolge des Erscheinens der Shannonschen Schriften darf mit deren Genese verwechselt werden. 1948 erschien offiziell "A Mathematical Theory of Communication" und 1949 "Communication Theory of Secrecy Systems" in dem Bell System Technical Journal. Tatsächlich aber existierte ein geheimes Memorandum in den Bell Labs schon 1945 mit dem bezeichnenden Titel: "A Mathematical Theory of Cryptography" MM-45-110-92, PO.4, Declassified 1957.

<sup>15</sup> Friedrich-Wilhelm Hagemeyer hat in seiner Dissertation über die Entstehung von Informationskonzepten und deren Voraussetzungen in Krieg und Industrie an der Shannonschen Theorie sehr präzise und scharf seine zentrale These abgelesen: die Mathematische Theorie der Kommunikation ist kryptologisch motiviert. Vgl. Hagemeyer, Friedrich-Wilhelm „Die Entstehung von Informationskonzepten in der Nachrichtentechnik“, Dissertation TU Berlin 1979, Typoskript, S. 428ff.

<sup>16</sup> s. Jacob (a.a.O.), S.82.

statistischen Methoden, um auf den Code eines Befehls oder einer Nachricht zu schließen. Der Genetiker liest den Lebewesen phänomenale Strukturen ab, ordnet jedem sichtbaren Erbmerkmal diskrete Buchstaben zu und gibt mit statistischen Methoden die Konstitutionsregeln der Generationen an. Das Kryptogramm ist für den Kryptoanalytiker das, was für den Genetiker der genetische Text des Lebens ist: ein Rätsel, das geknackt wird.<sup>17</sup> Für David Kahn ist dieses Verwandtschaftsverhältnis offenkundig: “For cryptography and cryptanalysis, though they are highly sophisticated technologies, retain at their inmost cores, like chromosomes that determine their heredity, the most primitive of functions”<sup>18</sup>.

Es ist wiederum an den Begriffen Redundanz und Information plausibilisierbar, was das komplexe Verhältnis von Eugenik, Kryptologie und Informationstheorie ausmacht. Redundanz in der Genetik heißt, daß Erbmerkmale in einer Populationen fast immer gemeinsam auftreten. Eine Klasse von Populationen ist über verschiedene Erbeigenschaften identifizierbar, aber schon ein einziges Merkmal läßt den Genetiker andere Erbmerkmale vermuten. In gleicher Weise ist in der Kryptologie ein Befehl entschlüsselbar, wenn redundante Sequenzen eines Kryptogramms auf den verwendeten Schlüssel aufmerksam machen. Ein verschlüsselter Text ohne jede Redundanz gilt dagegen als sicherer Übertragungscode. In der Informationstheorie ist Redundanz derjenige Teil einer Botschaft, der in einem technischen System nicht übertragen werden muß, ohne daß der Informationsgehalt der Nachricht verringert wird. Standardisierte Glückwünschtelegramme lassen sich, weil sie immer gleich sind, auf wenige Zeichen reduzieren. Schon jedes Telegramm kann ja auf ausformulierte Sätze verzichten, ohne daß die Nachricht für den Empfänger unverständlich wird.

Die Strategie der Informationstheorie ist die ökonomische Auslastung der Kapazität eines Übertragungskanal. Die mathematisch-statistische Modellierung beliebiger Nachrichten bei Shannon weist auf die erfolgreiche Analyse von Kryptogrammen im Zweiten Weltkrieg zurück. Daß Shannon verschlüsselte Texte und Befehle statistisch modellieren kann, hat er dem Studium des genetischen Codes der Taufliege *Drosophila* zu verdanken. In einer historischen Rekonstruktion der Informationstheorie können also zwei Aprioris aufgezählt werden: die Kryptologie und die Eugenik. Zu den historischen Möglichkeitsbedingungen der Mathematischen Theorie der Kommunikation gehören Krieg und Biopolitik. Was im 19. Jahrhundert an Befehlen übermittelt wurde, war nicht mehr an menschliche Zeichensysteme gebunden, sondern an die materielle Basis der Kommunikationstechnik: das Telegraphen-

---

<sup>17</sup> Bis heute spricht die Biologie ja vom ‘Entschlüsseln’ bzw. ‘Entziffern’ des DNA-Codes.

<sup>18</sup> Kahn, David “The Codebreakers. The Story of Secret Writing”, New York 1979, S. 757.

relais, dessen beliebtester Anschluß an das Lebendige der Frosch war. Seit der Informationstheorie von Claude Elwood Shannon, die eine Generalisierung der diskreten Telegraphie zum digitalen Medium schlechthin darstellt, ist eine Nachricht als statistisches Modell gegeben. Wenn sich der Mensch im 19. Jahrhundert mit dem Frosch mischte, so ist er im 20. Jahrhundert ein Zungenlänge weiter: der Frosch fängt die Fliege. Der Mensch selber ist, wenn er unter den Bedingungen der Informationstechnologie kommuniziert, ein mutierte Fliege.