Alfred Schreiber

Queneau, Mathematik und "Potentielle Literatur"[1]

Mathematik in Kunst und Literatur

Seit jeher wirken in den Künsten mathematische Ideen: Zahl, Raum, Abbildung, Symmetrie, Ähnlichkeit, Iteration, etc. Sie erscheinen in den Werken von Malern, Bildhauern und Musikern als Gestalten einer "geheimen Geometrie" [7], als bewußt gehandhabte Strukturprinzipien oder, unmittelbarer, als deren Themen. Der ästhetische Sinn, den sie vor und neben fachlich betriebener Mathematik entfalten, verbindet sie mit der allgemeinen Kultur; er nährt ein lockeres Zwischenreich, belebt von Intuitionen, Assoziationen und vergnüglicher Spurensuche. Bei der Aufzählung seiner Funde, die W. L. Schaaf [53] vor mehr als vierzig Jahren für den Unterricht zusammengestellt hat, genügten noch knapp zehn Seiten; heute käme ein Buch dabei heraus mit einer Fülle an neuen Titeln über Symmetrie, Fraktale und eine inzwischen salonfähig gewordene Computerkunst. Man mag daran die Schlüsselrolle ablesen, die eine vielfältig expandierende, sich in einem "goldenen Zeitalter" ortende Mathematik beansprucht. Folgerichtig weniger versteckt finden wir denn auch das Mathematische in der Kunst der letzten dreißig Jahre [20]; in der (seit Pythagoras mathematisch angehauchten) Musiktheorie erscheint es neuerdings sogar auf hohem Niveau durch G. Mazzolas Gruppen und Kategorien [36] zur Geltung gebracht.

Von diesem Glanz hat, so scheint es, die Literatur bisher wenig abbekommen. Gewiß, einer Textstatistik verdanken wir einige allgemeine Einsichten, etwa den von B. Mandelbrot [34] präzisierten Zusammenhang von Wortrang und Worthäufigkeit nach dem Estoup-Zipfschen Gesetz, oder die von W. Fucks [15] auf breiter Basis ermittelten Stilcharakteristiken literarischer Autoren. Doch verharrt die Methode in der Beschreibung bis hinunter auf Silben-, Wort- oder bestenfalls Wortgruppen-Ebene "verdampfter" Texte. Den so unerkannten poetischen Strukturen suchte man daher unter dem Titel einer "materialen Texttheorie" [4], über Begriffe aus Topologie und Algebra, auf die Spur zu kommen. Das alles ist nicht so überzeugend und blieb praktisch auf die Wiederholung einfacher Definitionen aus diesen Gebieten beschränkt (vgl. etwa [3,11,12]). Am weitesten gehen noch Versuche, mit gene-

[1]Eine Kurzfassung dieses Aufsatzes findet sich in: Pickert, G., Weidig, I. (Hrsg.): *Mathematik erfahren und lehren*. Festschrift für Hans-Joachim Vollrath. Ernst Klett Schulbuchverlag: Stuttgart, 1994, S. 185-187.

rativen Grammatiken, wie sie die Theorie formaler Sprachen kennt, poetische Texte zu erklären (oder gar herzustellen). Es überrascht wenig, daß dabei schon frühzeitig mehr Grenzen als Möglichkeiten zutage traten [2,29], was sich nicht zuletzt in der bis heute dürftigen Qualität computergenerierter Texte niederschlägt. Auch wenn ein Text nicht explizit auf Bedeutungen zurückgreift, so entsteht seine Wirkung nicht allein durch das "Material", seine Zeichen, Wörter, Klänge, Typografie. Mittelbar spielt immer auch eine Rolle, was ausgespart, verhüllt oder, wie der französische Dichter Stephan Mallarmé empfahl, mit Absicht verdunkelt wird. An dieser Grenzschicht von Sinn und Form bildet sich die Suggestivkraft des Poetischen. Eine sich mathematisch gebende Theorie der Literatur hat es schwer, hier brauchbare Ansatzpunkte zu finden.

Wenn nicht gleich eine Theorie herausspringen soll, so gibt es eher erfolgversprechende Aussichten, Mathematisches in Literatur und Poesie aufzuspüren. Zunächst auf inhaltlicher Ebene: Dort hat es sich in Themen und Geschichten niedergeschlagen [10,25], als historisch oder psychologisch inspirierter Stoff oder, häufiger noch, in Form spekulativen Ideenspiels. Vielleicht denkt man dabei an so unterschiedliche Autoren wie Novalis, Edgar Allan Poe, Aldous Huxley, Robert Musil, Robert Coates, oder auch an den jüngsten Typ erfolgreicher "Wissenschaftsliteraten" à la Douglas Hofstadter. Ich möchte hier aber getrost die These wagen, daß Mathematik und Literatur sich weniger in (ma)thematischer Einschlägigkeit berühren denn in einer tieferen Schicht: Formprinzipien und Strukturen, in denen sich - mit einem Ausdruck K. Menningers [37] - eine "Urmathematik" bekundet, agieren auf dieser Bühne. Sie lassen sich dort, nach dem Vorbild von Kunst und Musik, ins Licht setzen und dienstbar machen, nicht zuletzt für den Schaffensprozeß selbst. Als W. M. Priestley [43] unlängst die Frage nach der Kluft zwischen Mathematik und Poesie stellte, ging er sogar noch einen Schritt weiter und fand bis zu einem gewissen Grade vergleichbare Denkfiguren: etwa im Gebrauch von Analogien oder im bewußten Rückgriff auf sinnstiftende Konnotationen (wie sie z.B. für den Funktionsbegriff über seine statische Definition hinaus nicht nur möglich, sondern geradezu erwünscht sind). Doch liegt, bei allem Treffenden, in solchen Vergleichen nicht auch ein gut Teil Metaphorik? - Wie dem auch sei, die Chancen stehen nicht schlecht für den Versuch, Mathematik und Literatur zeitweilig aus dem Ghetto der "zwei Kulturen" (nach C. P. Snow) heraus- und zusammenzuführen. Dabei, so fand ich im Verlauf meiner Studien, empfiehlt sich kaum ein besserer Begleiter und Mentor als Raymond Queneau.

Raymond Queneau (1903-1976)

Queneau ist das seltene, vielleicht einzigartige Beispiel eines literarisch bedeutenden Autors, der sich in der Mathematik und in der Gesellschaft von Mathematikern zuhause gefühlt hat. Bei der Vorstellung der *Encyclopédie de la Pléiade*, die er seit 1945 im Verlag Gallimard leitete, hat er mit Nachdruck die Rolle der Mathematik "als Struktur des menschlichen Geistes selbst" herausgestellt [46]. Es überrascht also nicht, wenn er sie auch in literarischen Werken aufgezeigt und praktisch ausgenutzt hat.

Abb. 1 Raymond Queneau

Queneau war ein vielseitiger und experimentierfreudiger Verfasser von Romanen, Lyrik, Essays, Übersetzungen, Kritiken, Filmdialogen und Rundfunksendungen. Berühmt machten ihn vor allem die *Exercices de style* (1947), die in viele Sprachen übertragenen Romane *Pierrot, mon ami* (1942) und *Zazie dans le métro* (1959), schließlich auch das von Juliette Gréco als Chanson vorgetragene *Si tu t'imagines* aus der gleichnamigen Gedichtsammlung von 1952. Leser, die Queneau noch vor sich haben, finden in [21] einen ersten Überblick und in [5] umfassendes (auch bibliographisches) Material. Dem hier verfolgten Zweck entsprechend werde ich mich im folgenden auf einen Streifzug durch Queneaus mathematische Landschaft beschränken, hier und da ein wenig schürfen und, am Ende, eine nicht ganz neue "Universalbibliothek" betreten.

F. Le Lionnais berichtet in [31] von den (zumindest für einen Laien und Liebhaber des Fachs) beachtlichen mathematischen Interessen und Kenntnissen Queneaus. Dieser war seit 1948 Mitglied der Societé Mathématique de France und verfolgte regelmäßig eine Vielzahl mathematischer Periodika. Unter seinen Aufsätzen [46] finden sich Beiträge über Bourbaki, falsche Konjekturen in der Zahlentheorie oder die Dialektik der Mathematik bei Engels. Für Kindlers Enzyklopädie der Großen der Weltgeschichte verfaßte er den Artikel über David Hilbert [50]. Aus seiner Feder stammen auch die Texte zu *Arithmétique*, einem von Pierre Kast 1951 realisierten Film. Daneben betrieb Queneau eigene Studien und fand dabei die von ihm "s-additiv" genannten und in [51] untersuchten ganzzahligen Folgen $u_1, u_2, ..., u_n, ...$, deren erste $2s$ Glieder (als Basis) vorgegeben sind und deren n-tes Glied $u_n, n > 2s$, die kleinste ganze Zahl größer als u_{n-1} ist, die sich auf genau s Arten als Summe

$u_i + u_j$ $(u_i \neq u_j, i \neq j)$ darstellen läßt. Der Sonderfall $s = 1$, $u_1 = 1$, $u_2 = 2$, der die Folge 1,2,3,4,6,8,11,13,16, usw... liefert, war bereits zuvor von S. M. Ulam und anderen betrachtet worden [22, C4].

Oulipo. Den Beziehungen zwischen Mathematik und Literatur ist Queneau mit Vorliebe nachgegangen, und hier glänzt er durch seine schöpferischen Beiträge. Zusammen mit Gelehrten und Künstlern unterhielt er den Arbeitskreis Oulipo ("Ouvroir de Littérature Potentielle"), dem unter anderen Claude Berge, François Le Lionnais, Jean Lescure und (auswärtig) Marcel Duchamp angehörten. Queneau [48] kennzeichnet den Oulipo als ein Forum, das Schriftstellern neue Strukturen und Methoden (mathematischer, algorithmischer, jedenfalls künstlicher Art) vorschlagen möchte. Er betont dabei den bescheidenen Anspruch der Gruppe, etwa im Vergleich zu einem "wissenschaftlichen Seminar" oder einer "literarischen Schule", und er verteidigt den "naiven", vorstudienhaften Charakter ihrer Forschungen. Denn – so erinnert uns Queneau – erscheinen nicht auch, aus heutiger Sicht, respektable Gebiete wie Zahlentheorie, Topologie oder Wahrscheinlichkeit in ihren Anfängen eher als Sammlungen unterhaltungsmathematischer Probleme? Die Lage ist damit entkrampft, der Bierernst unreifer Theorien in seine Schranken verwiesen.

Stilübungen. In diesem harmlos betitelten Buch [44], das Kennern als Gipfel im Schaffen Queneaus gilt, stellt der Autor eine aufreizend banale "Handlung" in der Pariser Autobuslinie S als Thema in 99 Variationen dar. Virtuos dekliniert er sein Motiv durch die unterschiedlichsten Stilebenen (Amtlicher Brief, Vulgär, Preziös, ...), Gattungen (Komödie, Klappentext, Alexandriner, ...), Perspektiven (Philosophisch, Parteiisch, Geschmacklich, ...) und Sondersprachen (Hellenismen, Javanisch, Küchenlatein, ...). Zuweilen wird der Text auch bis zur Unkenntlichkeit reduziert, verbogen oder "verdampft" (letzteres mittels "Permutationen in Gruppen" zu 2 bis 12 Buchstaben oder 1 bis 4 Wörtern).

Auf den ersten Blick scheint dies alles ohne erkennbaren Bezug zur Mathematik. Das aus Musik und Malerei bekannte Prinzip der Variation, auf das Queneau zurückgegriffen hat, erscheint hier auch nicht als irgendein kombinatorisches Verfahren. Vielmehr erleben wir, wie ein (mit Absicht belangloser) Gegenstand mittels einer Vielzahl sprachlicher Mikro-Modelle fokussiert, ja allererst aufgebaut und identifiziert wird. Auf ähnliche Weise erschließen sich mathematische Sachverhalte oder Objekte häufig im Schnittfeld ganz unterschiedlicher Theorien und Begriffbildungen. Ein schönes (in vergleichbarem Kontext von H. Weyl [58] vorgetragenes) Beispiel ist die Irreduzibilität eines Polynoms $f \in \mathrm{C}[z,w]$, die außer algebraisch auch topologisch ("anschaulich-einfach", nämlich als "Zusammenhang seiner Riemannschen Fläche") zu verstehen ist. Solche Variation der Mittel und Sichtweisen entspringt keineswegs – am wenigsten in der Mathematik – einer simplen Denkmechanik. Auch wenn sie, wie in Queneaus Stilübungen, systematisch und im Überfluß vorgeführt wird, so braucht sie doch Einfallsreichtum und Witz. Kurzum, den Möglichkeitsraum dieser "potentiellen" Literatur füllt keine aleatorische Maschine, sondern allein ein kreativer Akt.

10^{14} Gedichte. Mit seinen *Cent mille milliards de poèmes* [45] bietet Queneau ein Experiment zur Erzeugung von 100000000000000 Sonetten. Jede der 14 Zeilen, aus denen ein Sonett besteht, läßt sich dazu mit 10 verschiedenen (auf einzelne Lamellen gedruckten) Versen belegen, Reime und grammatische Struktur bleiben erhalten. In seiner Gebrauchsanweisung rechnet der Autor vor:

> Wenn man 45 Sekunden zum Lesen eines Sonettes und 15 Sekunden zum Umblättern der Lamellen rechnet, 8 Stunden pro Tag, 200 Tage pro Jahr, hat man für mehr als eine Million Jahrtausende zu lesen, und wenn man 365 Tage im Jahr den ganzen Tag über liest, für 190258751 Jahre, ohne die Gequetschten, die Schaltjahre und andere Kleinigkeiten in Betracht zu ziehen. Wie Lautréamont so schön gesagt hat, die Poesie soll von allen gemacht werden, nicht von einem.

Hier sind es also die Leser, die ein individuelles Gedicht (aus 140 vorgefertigten Alexandrinern) herstellen sollen. Der Spielraum, obschon begrenzt, ist praktisch unausschöpfbar und offen für jede Form der Auswahl, auf die der kreative Akt sich nunmehr reduziert. Wie aber fischt man, fragt A. Moles [38], die eine oder andere "bevorzugte Lösung" oder "Perle" aus dem Grau der hunderttausend Milliarden Möglichkeiten? Immerhin ist Stanley Chapman fündig geworden, als er für die Penguin-Anthologie *French Writing today* (1968) drei von ihnen ins Englische übertrug. Natürlich könnte man leicht einen Computer kombinieren lassen, wenn dieser auch weniger leicht die Spreu vom Weizen sondert. Zur einstweiligen Lösung des Problems hat N. Arnaud [1] den Kritikern vorgeschlagen, das Ganze als ein Gesellschaftsspiel zu betrachten (wogegen Queneau vermutlich nichts einzuwenden hätte). Doch ist die bloße Tatsache, ein unvollendbares kombinatorisches Spiel vor sich zu haben, tatsächlich bereits eine hinreichende Quelle der Faszination und des Kunstvergnügens? A. Moles hat hier Zweifel und sieht den westlich geprägten Menschen in einen Zeitplan eingespannt, "aus dem die spielerische Verschwendung einer kostenlosen Zeit ausgeschlossen ist".

Ein Märchen nach Wunsch. Auf der 83. Versammlung des Oulipo hat Queneau einen Text vorgelegt, der eine verspielt-surrealistische Ultrakurzgeschichte (*Un conte à votre façon*) über "drei muntere Erbsen" enthält [40]. Nach dem Vorbild programmierter Unterweisung ist der Inhalt in Zellen aufgeteilt; in jeder bietet der Autor jeweils eine oder zwei Nachfolgerzellen an, zu denen die Geschichte verzweigen kann oder wo sie endet. Der Leser bildet nun eine potentielle Geschichte schrittweise als Weg durch den zugehörigen gerichteten Graphen aus 21 Ecken (davon: 1 Quelle, 2 Senken) und 35 Kanten (Abb. 2). In jeder Ecke (Textzelle) trifft er dazu eine Entscheidung über die nächste zu wählende Kante. Dabei gibt es drei kürzeste Wege der Länge 4 und einen längsten Weg aus 16 Zellen, wenn man die Wiederholung des einzigen Zyklus (7,8) vermeidet (übrigens durch Klärung der Frage, ob die Erbsen nun schwarze oder blaue Samthandschuhe im Bett tragen sollen).

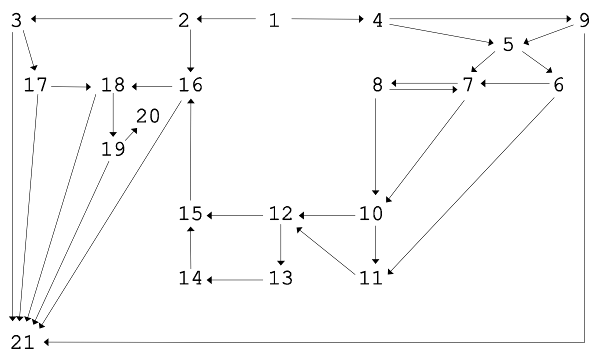

Abb. 2 Graph zu Queneaus *Conte à votre façon*

Anders als die 10^{14} Sonette vermittelt dieses "Märchen nach Wunsch" seinem Publikum eine Leitstruktur, innerhalb der es – nicht zuletzt durch eine gewisse Sogwirkung – realisiert werden kann[2]. Zugleich ist es damit, formal betrachtet, eine Art von Miniaturvorläufer der heute weit verbreiteten (auch computergestützten) Rollen- und Abenteuerspiele sowie der ersten Versuche, interaktive Romane zu entwikeln und anzubieten. Allerdings paaren sich in diesem Genre, nicht selten ästhetisch fragwürdig, beachtliche technische Perfektion und kombinatorische Komplexität mit aufdringlichen, ja abgeschmackten Inhalten (meist aus der "fantasy"- oder "adventure"-Sphäre). Ein anderes, vielversprechendes Anwendungsgebiet sind (die im überschwenglichen Computerjargon unserer Tage sogenannten) Hypermedia-Systeme, mit denen sich Text-, Bild- und Ton-Dokumente verschmelzen, in Form eines Graphen verknüpfen und z.B. für Lernzwecke darstellen lassen.

[2] Vgl. die Realisierung als Hypertext unter: http://www.uni-flensburg.de/mathe/dzettel/0013/dz_0013.html

Ars combinatoria. Potentielle Literatur

"Sobald die Vernunft das Reale in Kategorien zerlegt, verführt der Spielteufel den Menschen zur Permutation" [38]. Frühe Beispiele dieser Haltung finden wir in der griechisch-orientalischen Antike und später in der jüdischen Kabbala. Buchstaben galten als Zeichen göttlichen Ursprungs, die mit Dingen und Wesen auf magische Weise verbunden sind. Erkenntnis des Universums schien so schon durch das bloße Zusammenstellen oder Umstellen (*ziruph*) von Lettern möglich. Auf solche Anfänge lassen sich viele der formalen Sprach-Kunstgriffe und -Kunststücke zurückführen, die in Rhetorik und Literaturgeschichte überliefert sind.

Ein berühmtes Beispiel ist das Sator-Arepo-Quadrat (Abb. 3), in dem Anagramme (Buchstabenpermutationen) und Palindrome (Spiegelwörter) vorkommen. Die lateinischen Wörter lassen sich in allen Zeilen und Spalten vorwärts und rückwärts lesen; der aus ihnen gebildete Satz erscheint daher jeweils in der Horizontalen und in der Vertikalen gespiegelt. Entsprechend vieldeutig wurde er aufgefaßt: "Der Bauer (Sämann) Arepo (Eigenname) lenkt mit seiner Hand (Arbeit) den Pflug (Räder). Religiöse Deutung: Gott (*Sator*) beherrscht (*tenet*) die Schöpfung (*rotas*), die Werke der Menschen (*opera*) und die Erzeugnisse der Erde (*arepo* = Pflug)." [24].

S	**A**	**T**	**O**	**R**
A	**R**	**E**	**P**	**O**
T	**E**	**N**	**E**	**T**
O	**P**	**E**	**R**	**A**
R	**O**	**T**	**A**	**S**

Abb. 3 "Magisches" Sator-Arepo-Quadrat

Spiel mit Wörtern. Palindrome und anagrammatische Texte entstammen der Frühzeit der Schriftkultur, haben auch heute noch oder wieder ihre Anziehungskraft. So gibt die Gedichtsammlung *Oh Cello voll Echo* [42], von H. Pfeiffer ebenso eindrucksvoll gefertigt wie kommentiert, jüngere Proben hoher Palindromkunst in deutscher Sprache. Auch die verwandten Anagramme werden noch verwendet: für profane Zwecke wie die Bildung von Decknamen oder für die pointenreichen Wortspiele der "konkreten" oder "visuellen" Poesie. Das folgende Gedicht dieses Genres hat K. Mautz in seinen Permutationen, Typogrammen und Collagen unter dem Titel *Augentest* [35] veröffentlicht:

t	r	a	g	e	z	a	u	n
z	a	r	t	g	e	n	a	u
z	a	g	e	n	a	t	u	r
r	a	t	e	z	u	g	a	n
u	z	g	r	a	n	a	t	e
r	a	t	e	a	n	z	u	g
t	a	r	a	z	u	n	g	e
r	a	t	z	e	n	a	u	g
t	a	n	z	e	g	r	a	u
r	a	u	n	t	e	z	a	g
a	u	g	e	n	a	r	z	t

Ein typisches (auch hier verwendetes) Mittel ist die schrittweise Umwandlung von Gegebenem in etwas Neues. Die "Sprach-Alchimie", von der G. R. Hocke in seiner Studie über den Manierismus in der Literatur [24] spricht, scheint mir hierauf gut zu passen. Hocke hat ihre Rolle innerhalb einer hermetischen Tradition "irregulärer Poesie" aufgezeigt, deren vergessene Ahnen übrigens auch schon von Queneau in einer Sondernummer der Zeitschrift *Bizarre* (Heft IV, Paris, April 1956) vorgestellt wurden. In dieser Tradition verbinden sich scheinbar widersprüchliche Vorlieben für affektgeladene Bildersprache, symbolistisches Rätselspiel und formale Wortartistik.

Vom mathematischen Standpunkt aus verdienen drei Verwandlungsspiele ein gewisses Interesse. Das erste besteht darin, einen Text zu finden, der um bestimmte Teile (meist einzelne Buchstaben) so weit wie möglich verkürzt wird und dabei jedesmal eine neue Bedeutung annimmt. Bekannt ist der lateinische Rat, Freundschaften durch Liebe, Sitte, Wort und Tat zu pflegen: *Amore, more, ore, re coluntur amicitiae*. Im Schema der verkürzten Wörter entsteht dann ein Pascalsches Dreieck, wenn wir an den Platz eines Buchstabens die Anzahl der Möglichkeiten schreiben, ihn ausgehend vom Wortanfang zu erreichen. Das Wort AMORE läßt sich also auf $1+4+6+4 = 2^4-1$ Arten lesen; ein Wort wie ABRACADABRA, das den Titel von [24] ziert, entsprechend $2^{10} = 1024$-fach, usw.

Neben der Permutation und der Streichung von Buchstaben kommt natürlich auch ihre Ersetzung in Betracht. Eine unterhaltsame und höchst populär gewordene Substitutionsvariante sind die Lewis Carroll (alias Charles L. Dodgson) zugeschriebenen "Dubletten" (angeblich zu Weihnachten 1877 für zwei kleine Mädchen erfunden, "die sich nicht zu beschäftigen wußten" [19]). Eine Dubletten-Aufgabe läuft darauf hinaus, zwei gegebene Wörter gleicher Länge durch Hintereinanderhängen ebenfalls gleichlanger zueinander "passender" Wörter (ohne Wiederholung) zu verbinden. Dabei passen zwei Nachbarn zueinander, wenn sie sich durch genau einen Buchstaben unterscheiden. Zum Beispiel läßt sich aus KALT das Wort WARM in vier Schritten gewinnen:

```
A M O R E        1 1 1 1 1
 M O R E          1 2 3 4
  O R E            1 3 6
   R E              1 4
   (E)              (1)
```

KALT → HALT → HART → HARM → WARM

Vladimir Nabokov benutzt an einer Stelle in *Pale Fire*, einem 1962 erschienenen kryptischen Roman, solche Dubletten unter der Bezeichnung "Wörter-Golf" als Momente der Anspielung in der verrückten Fantasiewelt seines Erzählers Charles Kinbote. Dieser fragt nach der Umwandlung von HATE in LOVE in drei und der von LIVE in DEAD in fünf (über LEND als Zwischenstation führenden) Schritten. – Neben spielerischen besitzt das Dubletten-Problem auch Anwendungsaspekte. J. M. Smith [57] hat die Bildung von Wortleitern mit der Entwicklung von Aminosäureketten im DNS-Molekül in Zusammenhang gebracht. Bei der automatischen Analyse sprachlicher Ausdrücke benutzt man Abstandsmaße für Zeichenfolgen, von denen eines (die sog. gewichtete Levenshtein-Distanz) durch eine minimierende Variante des Wörter-Golf gewonnen wird, in der auch Streichungen und Umstellungen erlaubt sind.

Die Produktion von Wortleitern bringt, als Ableitungskalkül, natürlich auch mathematische Fragestellungen hervor. D. Gale hat in seiner Kolumne des *Mathematical Intelligencer* [17] darauf aufmerksam gemacht, daß diese Probleme ohne besonderes mathematisches Vorwissen verstanden und vorzüglich in pädagogischen Kontexten diskutiert werden können (und sollten). Sein Beispiel ist die Wortleiter SHIP → SHOP → CHOP → COOP → COOK → COCK → DOCK, an deren Anfang und Ende Vokale (an jeweils verschiedenen Positionen) auftreten. Eine hier mögliche Entdeckung ist das von ihm so genannte SHIP-DOCK-Theorem, wonach jede solche Leiter ein Wort mit mindestens zwei Vokalen enthält.

Drittens erwähne ich die "Methode *S*+7", ein von Jean Lescure praktiziertes rein mechanisches Verfahren: Jedes in einem Text vorkommende Substantiv wird hierbei durch das siebente Substantiv ersetzt, das nach ihm in einem vorgegebenen Wörterverzeichnis steht. Natürlich eignen sich auch Translationen $X+n$ mit anderen Wortarten X (etwa Verben oder Adjektiven) und Schrittweiten n. Das Ergebnis solcher Experimente wird nicht nur durch die Wahl des Lexikons und der Parameter X und n beeinflußt; Queneau schien es nach Durchsicht einiger Kostproben (unter anderen auch der Genesis) möglich, daß es vor allem gute Texte sind, die interessante Resultate liefern [48].

Ars inveniendi? "Potentielle Literatur" lebt – nicht anders als gewöhnliche Literatur, von der sie ein Teil sein will – kaum allein von der Transformation des Gegebenen; sie braucht Quellen und, zu ihrer Erzeugung, eine kreative Kunst. Von jeher hat es nicht an Versuchen gefehlt, auch hierfür kombinatorische Ideen nutzbar zu machen.

Einer der vielbeschworenen Urahnen ist Ramón Lull (1232-1315), spanischer Gottesmann, visionärer Eiferer und Gründer der katalanischen Literatur. Für sein Lebensziel, die Bekehrung der Muslime zum christlichen Glauben, ersann er eine Methode, mit der sich aus wenigen (theologischen) Grundideen neue Gedanken (vor allem: vermeintlich zwingende Glaubensargumente) ableiten lassen sollten. Es steht außer Frage, daß Bruno, Kircher und Leibniz von Lulls *Ars Magna* beeinflußt worden sind. In diesem Werk beschreibt der Autor seine Technik, zwei, drei oder mehr konzentrische Kreisscheiben frei drehbar übereinander anzubringen (Abb. 4). Auf dem Rand jeder Scheibe finden sich die zu kombinierenden Elemente, z.B. göttliche Attribute (durch Großbuchstaben B, C, D, ..., K bezeichnet und um das Zentrum A gruppiert, das alten Deutungen des Buchstaben Aleph entsprechend Gott anzeigt). Wenn auch die Regeln, nach denen Lull aus den so entstehenden Kombinationstupeln (etwa BC, BD, BE, usw.) die "gültigen" auswählt und interpretiert, für Außenstehende –

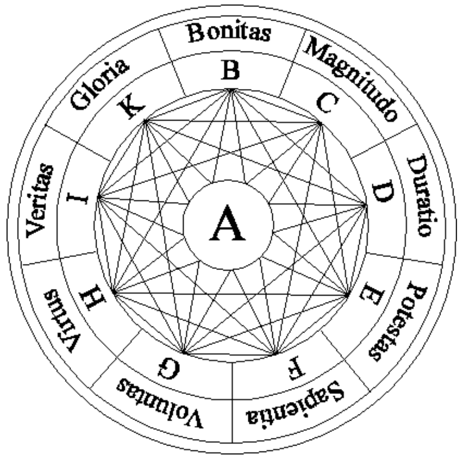

Abb. 4 Die "Erste Figur" der *Ars Magna*

nicht immer nachvollziehbar sind, so hat es doch den Anschein, als habe diese Technik bei ihm selbst eine wahre Hochproduktion – man ist versucht zu sagen: Serienfertigung – entfesselt. Einer der Traktate aus der schwer faßlichen Fülle Lullischer Werke handelt von der Anwendung der Kombinationskunst auf das Schreiben von Predigten. Die dreingegebenen 100 mit Drehscheiben erzeugten Beispiele erweisen ihn als eines der frühesten Zeugnisse "Potentieller Literatur". Martin Gardner vermerkt in seinem vorzüglichen Essay [18] über Lull die Existenz eines mehrfarbigen, aus Metall gefertigten Geräts mit der Maximalzahl von 14 Scheiben. Ist diese stolz so genannte *figura universalis* nicht auch geeignet, die 10^{14} Sonette Queneaus hervorzubringen (was die durchaus frivoleren Kreisscheiben-Anwendungen, die Gardner in Betracht zieht, um eine weitere ergänzt)?

Eine Kernfrage kombinatorisch geleiteter Erfindungskunst ist die nach der Mindestgröße und der Komplexität der verwendeten Elementarbausteine. Lull beschränkt sich – vergleichsweise radikal – auf einzelne, wenngleich bedeutungsgeladene Begriffe; erst nachgeschaltete Regeln der Selektion und Evaluation können dabei zu brauchbaren Ergebnissen führen. Ähnliches gilt für Texte hiervon geprägter literarischer Richtungen, z.B. Quirin Kuhlmanns *Breßlauers Himmlische Liebesküsse* (Jena 1671), in denen es für den "Wechsel menschlicher Sachen" in Gedicht XLI erforderlich ist, isolierte Wörter ("Auf Nacht / Dunst / Schlacht / Frost / Wind / ... / Folgt Tag / Glanz / Blut / Schnee / ...") innerhalb bestimmter Verszeilen zu permutieren. Auch ein anderer Schlesier, der Literaturtheoretiker Johann Christoph Männling, empfiehlt in seinem *Europäischen Helikon* von 1704 solche "kabbalistische Kunststüke", "da man nach der Arithmetico des ABC setzt, und nach demselbigen eine Rahmensentenz oder Spruch ausrechnet". Von hier aus ist es nicht mehr weit bis zum direkten Rückgriff auf die nackten Lettern des Alphabets, von Johann Michael Moscherosch in *Wunderbahre Satÿrische Gesichte* von 1665 trefflich aufgespießt: "Wenn ich des Morgens aufstehe, sprach Gschwebbt - ein Kroat -, so spreche ich ein ganzes ABC, darin sind alle Gebett einbegriffen, unser Herr Gott mag sich danach die Buchstaben selbst zusammenlesen und Gebethe drauss machen wie er will. Ich könts so wol nicht, er kann es noch besser."

Auf dem gemäßigten Flügel der Kombinatoriker finden wir Queneau, der uns auf halbem Wege entgegenkommt und zur Erzeugung seiner Sonette immerhin durchgestaltete Alexandriner anbietet. Gelegentlich hat er auch andere Wege beschritten, z.B. in den Texten von *Meccano* [49,47], die durch eine Art Matrizenprodukt zustandekommen, etwa nach folgendem Muster:

$$\begin{pmatrix} \text{le} & \text{a} & \text{le} \\ \text{un} & \text{a} & \text{un} \\ \text{le} & \text{avait} & \text{un} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \text{chat} & \text{rat} & \text{lion} \\ \text{mangé} & \text{dévoré} & \text{dégusté} \\ \text{poisson} & \text{fromage} & \text{touriste} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \text{le chat a mangé le poisson} & * & * \\ * & * & * \\ * & * & * \end{pmatrix}$$

Geht man von hier aus noch einen Schritt weiter und betrachtet statt einzelner Wörter oder Wortgruppen gleich ganze Handlungselemente (Praxeme) als Bausteine, so gelangt man zu einer Art "semantischer Kombinatorik der Erzählung" [38]. Märchen, Abenteuergeschichten und Kriminalromane, die meist auf ein überschaubares Repertoire fester Typen und Themen zurückgreifen, sind dafür geeignete Genres. Daß dies nicht erst in der Ära der Computer so gesehen wird, erhellt aus Gardners [18] Hinweisen über diverse Hilfen zur Konstruktion von Fabeln, darunter ein in Lullischem Geist verfaßtes Buch *Plotto* von William Wallace Cook, das dieser privat publiziert (Battle Creek, Mich., 1928) und Autoren zum Preis von 75 Dollar angeboten hat. Mit Gardner empfehle ich Skeptikern, sich zu Themen persönlichen Interesses einmal einige Kreisscheiben selbst herzustellen und mit ihnen eine Weile zu experimentieren:

> There is an undeniable fascination in twisting the wheels and letting the mind dwell on the strange combinations that turn up. Something of the mood of medieval Lullism begins to pervade the room and one comprehends for the first time why the Lullian cult persisted for so many centuries.[18, p.20]

Lipogramme. Texte, in denen bestimmte Buchstaben fehlen (griechisch λείπω), bilden einen merkwürdigen Nebenarm im Strom der europäischen Literatur. Schon von Pindar gibt es eine Ode ohne S, Lope de Vega werden fünf Novellen nachgesagt, in denen jeweils einer der fünf Vokale A, E, I, O, U fehlt, und auf rund 50000 Wörter brachte es 1939 der amerikanische Seemann Ernest Vincent Wright in seinem e-losen Roman *Gadsby*. Den Rekord hält aber wohl Georges Perec (ebenfalls Oulipo-Mitglied) mit dem anläßlich einer Wette entstandenen Roman *La disparition*, der aus rund 85000 e-losen Wörtern besteht und überdies von E. Helmlé auch e-los ins Deutsche übertragen wurde [41].

Queneau [48] erschließt den Sinn solcher "präpotentiellen" Übungen in einer Analogie zur Mathematik. Oft genug kommt es vor, daß anfänglich gekünstelt erscheinende (häufig als Beispiele oder Gegenbeispiele konstruierte) Objekte – Queneau erwähnt unter anderem Cantors triadische Menge und die historisch ersten raumfüllenden Kurven von Peano und Hilbert – in späteren Zusammenhängen eine systematische und wohlverstandene Rolle entfalten. Lipogramme sind nur ein Beispiel für das Interesse, mit formalen Einschränkungen und bestimmten Anforderungen bis an die Grenzen eines Systems zu gehen. Rhetorische Kunstmittel können einen erstarrten Wortschatz aufwühlen und die poetische Produktivität anregen.

Eine analoge Erfahrung gibt es in der Mathematik, wo neue Begriffe oder Theorien nicht selten durch das Ziel "erzeugt" werden, einen mit (puristisch gesehen) gebietsfremden Methoden bewiesenen Sachverhalt auf "reine", einschlägige Fundamente zu stellen. Mir fällt als Beispiel etwa der "Endlichkeitssatz" ein, wonach eine Menge Γ von Formeln (einer Sprache erster Stufe) schon dann erfüllbar ist, wenn alle ihre endlichen Teilmengen Γ_0 es sind. Meist gewinnt man dies als Korollar aus der Vollständigkeit der Prädikatenlogik. Ohne einen solchen Rückgriff auf die Syntax braucht man hingegen einen neuen, rein modelltheoretischen Begriff (Ultraprodukt), der aus den Modellen der Γ_0 eines für Γ zu "konstruieren" erlaubt.

Strophik. Poetischen Texten kann in mehreren Hinsichten Form verliehen werden: durch Syntax, Metrum, Lautfolgen, Reimtyp, Reimschema und vieles andere mehr. Eine systematische Erforschung theoretisch möglicher (und praktisch brauchbarer) sowie tatsächlich gebrauchter Formvarianten ist daher eine legitime Aufgabe "Potentieller Literatur". Deren formale und mathematische Aspekte stießen früher schon, vor allem im slawischen Sprachraum seit der Ära des russischen Formalismus (um 1920), auf größeres Interesse. Mit der Technik, Kombinatorik und Statistik des Verses haben sich schon damals B. Tomaschewski und G. Schengeli, rund vier Jahrzehnte danach A. Kondratow und A.N. Kolmogorow beschäftigt (vgl. dazu J. Levýs Beitrag zur Theorie des Verses in [29]).

Daß Strophik auch im Oulipo ein Thema war, belegt Queneaus Exposé [48] zu einem Seminar über quantitative Linguistik (von M. J. Favard) im Januar 1964. Dort illustriert er am Beispiel der Sextine, wie sich traditionelle Strukturen der Poesie durch mathematische Methoden aufarbeiten und – eventuell – weiterentwickeln lassen. Die Sextinenform, die bis auf den provenzalischen Dichter Arnaut Daniel an der Wende vom 12. zum 13. Jahrhundert zurückverfolgt werden kann, weist sechs Hauptstrophen aus jeweils sechs Zeilen auf. Deren Reimwörter 1 2 3 4 5 6 werden von der ersten Strophe ausgehend der Permutation

$$\delta_6 = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 \\ 6 & 1 & 5 & 2 & 4 & 3 \end{pmatrix}$$

unterworfen; dabei erhält die siebente Strophe wieder die ursprüngliche Reimfolge. Die Sextinenform entsteht somit als die von δ_6 erzeugte Untergruppe $\langle\delta_6\rangle$ der Ordnung 6 in der symmetrischen Gruppe $\mathbf{S}_6$. In [48] wirft Queneau anhand einiger Strukturdaten (Untergruppen, Imprimitivitätsgebiete) die Frage auf, ob und inwiefern $\langle\delta_6\rangle$ sich als poetische Form auszeichnet. Gleichzeitig hat er damit begonnen, ein analoges Problem für die $\mathbf{S}_n$ zu betrachten und – ganz allgemein – gruppentheoretische Methoden auf verwandte Formfragen der Strophik auszuweiten. So studiert M. Bringer (mit Bezug auf Queneau) in ihrer Arbeit [8] die δ_6 verallgemeinernde Permutation $\delta_n \in \mathbf{S}_n$, definiert durch

$$\delta_n(2k-1) = n-k+1,\ \delta_n(2k) = k,\ 1 \le k \le \left[\frac{n+1}{2}\right]$$

Gesucht sind die ganzen n (nennen wir sie kurz *Daniel-Zahlen*), für die δ_n die Ordnung n hat. Zwischen 1 und 100 gibt es 28 Daniel-Zahlen: 1, 2, 3, 5, 6, 9, 11, 14, 18, 23, ..., 99. Allgemein läßt sich zunächst zeigen, daß n genau dann eine Daniel-Zahl ist, wenn die von δ_n erzeugte Untergruppe transitiv ist. Daraus wurden in [8] weitere Kriterien gewonnen: Für jede Daniel-Zahl n ist $2n + 1$ prim (was äquivalent ist zu der schon zuvor von Queneau gefundenen notwendigen Bedingung, daß die Gleichung $n = 2xy + x + y$ keine ganzen Lösungen besitzt). Das Kriterium ist allein noch nicht hinreichend (Gegenbeispiel: $n = 20$), wohl aber zusammen mit einer der folgenden Voraussetzungen: (1) die multiplikative Gruppe $\mathbb{Z}/(2n+1)$ wird von 2 erzeugt; (2) n ist (ebenfalls) prim; (3) n ist von der Form $n = 2p$, wobei p und $4p + 1$ prim ($p \neq 2$).

Kaum anders als sonst entwickelt auch hier die mathematische Behandlung ihre Eigendynamik. Immerhin ließe sich für die Praxis vielleicht eine 9-ine oder 11-ine oder – wenn wir mit Queneau das Danielsche Schema verlassen – eine Oktine aus der Permutation (8,1,6,5,7,4,2,3) in Gebrauch nehmen.

Epilog über die Universalbibliothek

Queneaus "Potentielle Literatur" ist ein experimentell-praktisches und spielerisches Vorhaben. Die Idee einer sich in ihren denkbaren Möglichkeiten entfaltenden Literatur hat aber auch eine – wenn man so will – metaphysische Seite, von der sich romantische und symbolistische Geister angezogen fühlen. So träumte schon Novalis von einer "szientifischen Bibel" als dem "Keim aller Bücher" und stellte sich die "Aufgabe, in einem Buche das Universum zu finden". Mitte des 19. Jahrhunderts formulierte Mallarmé seine berühmte Losung, wonach die Welt bestehe, um in ein Buch zu münden ("tout au monde existe pour aboutir à un livre"). Er entwarf dazu *Le Livre* – ein aus beweglichen Teilen kombinierbares Werk, das seinen Autor verbergen und die Kontingenz der Dinge aufheben sollte [54]. Das "Potentielle" wird von Mallarmé nicht allein in den 10! = 3628800 Anordnungen gesehen, die er für seine Werkelemente berechnet hat, sondern zu einem dunklen Inbegriff von Poesie, zu "orphischem Weltwissen" [24] hochstilisiert. Universalistischer Anspruch und kombinatorische Methode scheinen – übrigens nicht erst seit Lull – häufig gemeinsam aufzutreten. Schon im legendären *I-ching*, dem im alten China zu Orakelzwecken entstandenen "Buch der Wandlungen", werden die 2^6=64 möglichen Hexagramme, die man durch Übereinanderschreiben eines durchgehenden (_) und eines in der Mitte unterbrochenen Strichs (_ _) bilden kann, als Zeichen übergeordneter Sinnzusammenhänge ausgelegt.

2^6 und 10^{14} sind Sonderfälle von m^k : der Anzahl aller Folgen von k Zeichen aus einem m-elementigen Alphabet. Bei größerem k läßt sich eine solche

Folge als "Buch" auffassen und die Gesamtheit aller möglichen Bücher als "Universalbibliothek", gar als Metapher des Universums: Dieser hat Jorge Luis Borges in seiner 1941 geschriebenen Erzählung *Die Bibliothek von Babel* ein lakonisches Denkmal gesetzt. Obwohl endlich (Borges verwendet m = 25 und k = 352000), enthält sie vorgeblich "alles, was sich irgendwie ausdrücken läßt: ... die Autobiographien der Erzengel, den getreuen Katalog der Bibliothek, ... das gnostische Evangelium des Basilides, ... die wahrheitsgetreue Darstellung deines Todes."

Die Vorgeschichte. Allzu wörtlich genommen ist die Idee der kombinatorischen Texterzeugung aus einzelnen Buchstaben ziemlich naiv. Schon Cicero hat sie mit der Bemerkung verworfen, zufällig ausgestreute Buchstaben ergäben wohl niemals die Annalen des Ennius [33]. In dieselbe Richtung zielen Jonathan Swifts spöttische Beschreibung eines aleatorischen Letternautomaten im dritten Teil der *Travels by Lemuel Gulliver* oder Huxleys vielzitierte Affen vor der Schreibmaschine. Den wichtigsten Teil dieser Vorgeschichte verdanken wir aber dem Naturwissenschaftslehrer und Schriftsteller Kurd Laßwitz (1848-1908). In seiner berühmt gewordenen Erzählung *Die Universalbibliothek* (nach [27] für die Einführungsnummer vom 18. Dezember 1904 der in Breslau erscheinenden Ostdeutschen Allgemeinen Zeitung verfaßt) läßt er den Protagonisten, einen Professor Wallhausen, nachweisen, daß zumindest theoretisch alles mit Buchstaben Ausdrückbare in einer endlichen (!) Büchermenge Platz findet[3]. Da er ein Alphabet von m=100 und eine Buchkapazität von $k = 10^6$ Zeichen zugrundelegt, enthält seine Bibliothek $m^k = 10^{2000000}$ Bände und liegt damit außerhalb jeder extensionalen oder auch nur vorstellungsmäßigen Realität [30]. Wie schon Laßwitz selbst gefallen sich spätere Kommentatoren darin, die Unermeßlichkeit dieser Bücherreihe auszumalen: z.B. ihre Länge in Lichtjahren auszudrücken oder nach Belieben lange Listen ihrer absonderlichsten Werke aufzustellen [13,16,26,27,39].

Für die Laßwitzsche Bibliothek haben sich, vom Standpunkt der Mengenlehre, F. Hausdorff und A. Fraenkel [14] interessiert. Beide denken sich ein bestimmtes Werk fixiert (Hausdorff ein Opernlibretto, Fraenkel ein Lehrbuch der Mengenlehre) und frei nach "Giordano Bruno eine unendliche Menge von Weltkörpern" [23]; dann muß, da die Bibliothek endlich ist, das betreffende Exemplar auf unendlich vielen dieser Welten vertreten sein. Vielleicht war es dieses Gedankenspiel, das Borges zu der Annahme veranlaßte,

---

[3] A. Fraenkel zufolge sollen diese Betrachtungen "wohl wesentlich aus E. E. Kummers Vorlesungen" stammen [14, p.5]. W. Ley [32] behauptet, Laßwitz habe die Idee von dem Psychologen (und Philosophen) Gustav Theodor Fechner (1801-1887), dessen Biograph und Werk-Herausgeber er war.

die (von ihm unbegrenzt vorgestellte) Bibliothek sei "periodisch". F. von Krbek [28] hat darauf hingewiesen, daß die paradox anmutende Wiederholung eines Bandes ihrer Natur nach nichts mit unendlichen Mengen zu tun hat; ergibt sich doch direkt aus dem Schubfachprinzip, daß unter $n > m^k$ Bänden der Laßwitzschen Sammlung mindestens zwei identisch sein müssen.– Könnte gar ein Werk der Weltliteratur ein zweites Mal geschrieben werden? Diesem absurd erscheinenden Fall ist Borges in einer anderen Geschichte (*Pierre Menard, Autor des Quijote*) nachgegangen, deren fiktiver Autor das "verblüffende" Vorhaben verfolgt, "ein paar Seiten hervorzubringen, die – Wort für Wort und Zeile für Zeile – mit denen von Miguel Cervantes übereinstimmen sollten" [6].

Ein fatales Argument. Es ist nicht ohne weiteres einzusehen, daß die von Laßwitz definierte endliche Menge von "Büchern" eine Universalbibliothek ist. Schließlich ist die Menge A^* aller endlichen Zeichenfolgen über einem höchstens abzählbaren (nichtleeren) Alphabet A abzählbar unendlich (was schon Hausdorff in [23], Kapitel III, §5 anmerkt). Um dennoch A^* irgendwie seiner Sammlung einzuverleiben, wartet Laßwitz mit folgendem *Reduktionsargument* auf: Der Umfang eines Bandes ist – für die Behandlung eines Themas – mit $k = 10^6$ im allgemeinen groß genug gewählt (nehmen wir zum Vergleich einmal den Koran, von dem es in der 445-ten Nacht von *Tausendundeine Nacht* heißt, er enthalte 323670 Schriftzeichen); größere Texte werden einfach auf mehrere Bände verteilt.

Das ist leichter gesagt als getan: zum Beispiel beansprucht der Bibliothekskatalog, den Borges allzu optimistisch in den Regalen vermutet, seinerseits immer noch $10^{1999995}$ Bände (sofern – zunächst etwas naiv – für einen Werkeintrag zwei Buchzeilen veranschlagt werden): eine Masse, die kaum kleiner ist als die Bibliothek selbst und die wir uns keineswegs durchnumeriert und hübsch der Reihe nach aufgestellt denken dürfen. Umgekehrt würde ein etwa auf zehn Bände begrenzter Katalog nur triviale "Werke" der Kapazität k=3 verzeichnen (und damit der Bibliothek nicht mehr angehören) können. Damit ein Gesamtkatalog überhaupt den eindeutigen Bezug auf ein bestimmtes Buch herstellen kann, darf allerdings die Anzahl r der für eine Referenz benötigten Zeichen nicht zu klein angesetzt werden. Besteht er aus s Bänden, so zeigt die Ungleichung $m^k \geq s \cdot \lceil k/r \rceil$, daß er den überwiegenden Teil der Bibliothek ausmacht oder, bei $r > k$, in ihr keinen Platz hat. Natürlich rührt dies davon her, daß Laßwitz die Länge der Texte durch ein festes k beschränken möchte.

In seinem Postscriptum [32] zur Laßwitzschen Erzählung berichtet W. Ley über einige ehrgeizige Versuche, die dort beschriebene Bibliothek zu verkleinern. Er erwähnt einen Dr. Th. Wolff, der (1929) statt der Bücher Bögen zu je $k = 1000$ und ein reduziertes Alphabet von $m = 25$ Zeichen zugrunde legte. Viel später hat G. Gamow einen über $m = 50$ Lettern verfügenden Drucker vorgeschlagen, der eine "Bibliothek" aus Zeilen der Länge $k = 65$ druckt. Auch wenn man von der ebenso drastischen wie absurden Annahme ausgeht, jedes auf der Welt vorhandene Atom wäre eine Druckmaschine, die seit dem (nach heutiger Erkenntnis geschätzten) Beginn des Universums ununterbrochen jeweils 10^{15} Zeilen pro Sekunde ausgibt, so wäre bis heute doch nur etwa ein 1/3000-tel der $50^{65} \approx 10^{110}$ Zeilen fertiggestellt. Kurzum, nicht einmal diese kleinere Bibliothek ist zu realisieren. Die Verkleinerung muß aber hier nicht enden: nach $10^6 > 10^3 > 65$ liegt es nahe, auch $k = 1$ zu wählen. Das Reduktionsargument, längere Texte seien auf mehrere Bände aufzuteilen, ist dann exakt der Witz von Moscheroschs Kroaten Gschwebbt, und die Geschichte endet da, wo sie begann – beim ABC[4].

Eine unmögliche Maschine. Professor Wallhausen belehrt uns über die Nutzlosigkeit der "Universalbibliothek", in der Sinn und Unsinn, Wahres und Falsches dicht beieinander stehen. So muß eine Referenz auf einen Band, die sich in einem anderen findet, deswegen noch nicht gültig sein. Erst recht trifft dies auf das unendliche (und im strengeren Sinne "universale") System A^* zu, das man üblicherweise algebraisch als freies Monoid über dem Alphabet A errichtet. Hier gilt sogar grundsätzlich: Ein Wahrheitsprädikat T auf A^*, für das $T(z)$ genau dann gilt, wenn z wahr ist, läßt sich nicht durch eine Beschreibung $b(T) \in A^*$ wiedergeben. R. Rucker [52] hat diese Spielart eines klassischen Undefinierbarkeitsresultates (Tarksi 1931) durch eine Maschine M veranschaulicht, die den Wahrheitswert jedes ihr vorgelegten Buches z der Universalbibliothek zuverlässig bestimmen kann – außer z besagt: "Die gemäß Konstruktionsbeschreibung $b(T)$ [hier explizit ausführen!] gebaute Wahrheitsmaschine M wird dieses Buch als falsch erkennen". Nach dem Muster des Lügner-Paradoxons gerät die Maschine nun in eine Endlosschleife zwischen Wahr und Falsch und kann folglich nicht existieren.

Abschluß. Kann A^* tatsächlich so etwas wie die "Gesamtheit S aller Dinge, welche Gegenstand meines Denkens sein können" semiotisch darstellen? In einer berühmten und umstrittenen Passage seiner Schrift *Was sind und was*

[4]Hat diese Geschichte nicht gerade ihren Reiz vor dem Hintergrund gewisser älterer Traditionen, die in Zeichen immer auch magische Chiffren erblickten (vgl. etwa F. Dornseiff: *Das Alphabet in Mystik und Magie*. Leipzig, 1925)? Auf der Kehrseite führt nach G. R. Hocke "die säkularisierte Kombinatorik zur gegenstandslosen Wörter-Hieroglyphik unseres Jahrhunderts... Gedankenlyrik ohne Gedanken ist die Folge, Poesie ohne Menschen, Rede ohne Gegenüber... Das Bild des Turms zu Babel steht vor unseren Augen, das Ur-Symbol für konstruktivistische Hybris" [24].

sollen die Zahlen? [9] benutzt R. Dedekind dieses S als Prototyp einer unendlichen Menge. Er betrachtet dazu eine eineindeutige Abbildung φ von S auf ein echtes Teilsystem von S, die jedem Element s aus S den Gedanken $\varphi(s)$ zuordnet, "daß s Gegenstand meines Denkens sein kann". Dementsprechend werde φ hier einfach als Operator verstanden, der zu einer Zeichenfolge z die aus z als einzigem Zeichen bestehende eingliedrige Folge $\varphi(z)$ herstellt. Für ein beliebiges Monoid X ist offenbar $\varphi X \subseteq X$ gleichbedeutend mit $X^* \subseteq X$; es heiße dann "abgeschlossen". In diesem Sinne ist A^* nicht-abgeschlossen, sofern A nur ein "normales", d.h. ein aus höchstens abzählbar vielen Grundzeichen bestehendes Alphabet ist.

Läßt sich, ausgehend von A, eine abgeschlossene Menge von Zeichenfolgen gewinnen? Das ist in der Tat möglich, indem eine Familie $\mathrm{H}^\alpha A$ (α Ordinalzahl) nach dem Vorbild der kumulativen Hierarchie wie folgt konstruiert wird:

$$\mathrm{H}^0 A = A,\quad \mathrm{H}^\alpha A = \mathrm{H}^\beta A \cup (\mathrm{H}^\beta A)^*, \text{ falls } \alpha = \beta + 1, \text{ und}$$
$$\mathrm{H}^\alpha A = sup\ \{ \mathrm{H}^\beta A : \beta < \alpha \}, \text{ falls } \alpha \text{ eine Limeszahl}$$

Von diesen Mengen ist $\mathrm{H}^\omega A$ als einzige abgeschlossen; sie ist also insbesondere abzählbar, und es gilt $(\mathrm{H}^\omega A)^* \subseteq \mathrm{H}^\omega A$. Der geradeaus verlaufende Beweis hierfür ist eine Induktion, deren finiter Teil (die Nicht-Abgeschlossenheit der $\mathrm{H}^n A$ für $n < \omega$) lediglich eine gewisse "Regularität" des Alphabets A benötigt (z.B. die eben erwähnte Eigenschaft "normal" oder ein semiotisches Analogon zum Fundiertheitsbegriff der Mengenlehre [55,56]).

Philosophen vieler Schulen haben auf die Wiederholbarkeit von Reflexionsakten hingewiesen; auch der Mathematiker Dedekind nutzte sie zum Aufweis einer unendlichen Menge. Die Iteration von $(\ )^*$ oder φ führt uns aber keineswegs in diffuse höhere Gefilde (etwa einer Reflexion vom Range $\omega + 1$), sondern erzeugt im Grenzfall nur wiederum diskrete und abzählbare Zeichenaggregate und beschreibt so den formalen Horizont aller "Potentiellen Literatur".

Literatur

1. Arnaud, N.: Littérature combinatoire. *Critique* 17 (1961), 691-696.
2. Baumgärtner, K.: Formale Erklärung poetischer Texte. In: [29], 67-84.
3. Bense, M.: Grundbegriffe einer topologischen Texttheorie. *Grundlagenstudien aus Kybernetik und Geisteswissenschaft* 3 (1962), 45-56.
4. Bense, M.: *Einführung in die informationstheoretische Ästhetik. Grundlegung und Anwendung in der Texttheorie*. Rowohlt: Reinbek bei Hamburg, 1969.

5. Bergens, A. (Hrsg.): *Raymond Queneau*. Éditions de l´Herne: Genève, 1975.
6. Borges, J. L.: La Biblioteca de Babel / Pierre Menard, Autor del Quijote. *Obras Completas 1923-1972*. Emecé: Buenos Aires, 1974, Ultramar: Madrid, 1977. (Zitiert nach der deutschen Übers. von K. A. Horst in: *Sämtliche Erzählungen*, Carl Hanser Verlag: München, 1970.)
7. Bouleau, Ch.: *The Painter's Secret Geometry. A Study of Composition in Art.* Hacker Art Books: New York, 1980.
8. Bringer, M.: Sur un problème de R. Queneau. *Mathématiques et Sciences Humaines* 27 (1969), 13-20.
9. Dedekind, R.: *Was sind und was sollen die Zahlen?* Braunschweig, 1887. 10. Aufl. 1965.
10. Fadiman, C. (ed.): *Fantasia mathematica. Being a set of stories, together with a group of oddments and diversions, all drawn from the universe of mathematics*. Simon and Schuster: New York, 1958.
11. Fischer, W. L.: Zur Algebra der Texte. Teil I und II. *Beiträge zur Linguistik und Informationsverarbeitung* 7 (1965), 62-72, und 8 (1966), 49-64.
12. Fischer, W. L.: Topologische Stilcharakteristiken von Texten. *Grundlagenstudien aus Kybernetik und Geisteswissenschaft* 10 (1969), 111-119.
13. Flechtner, H.-J.: *Grundbegriffe der Kybernetik*. Stuttgart, 1972.
14. Fraenkel, A.: *Einleitung in die Mengenlehre*. 3. Aufl. Berlin, 1928.
15. Fucks, W.: *Nach allen Regeln der Kunst*. Deutsche Verlags-Anstalt: Stuttgart, 1968.
16. Fürst, A. und Moszkowski, A.: *Das Buch der 1000 Wunder*. Albert Langen: München, 1916.
17. Gale, D.: Theorems Everywhere. *The Mathematical Intelligencer* 16/3 (1994), 35.
18. Gardner, M.: The Ars Magna of Ramon Lull. In: M. Gardner, *Logic, Machines, Diagrams and Boolean Algebra*. Dover: New York, 1968.
19. Gardner, M.: Wortspiele und Rätsel von Lewis Carroll. In: M. Gardner, *Mathematische Knobeleien*. Vieweg: Braunschweig, 1973.
20. Guderian, D.: *Mathematik in der Kunst der letzten dreißig Jahre. Von der magischen Zahl über das endlose Band zum Computerprogramm*. Bannstein-Verlag: Ebringen i. Br. Edition Galerie Lahumière, Paris, 1990.
21. Gülich, E: Raymond Queneau. In: W.-D. Lange (Hrsg.), *Französische Literatur der Gegenwart in Einzeldarstellungen*. Alfred Kröner-Verlag: Stuttgart, 1971.
22. Guy, R. K.: *Unsolved Problems in Number Theory*. Springer-Verlag: New York - Heidelberg - Berlin, 1981.
23. Hausdorff, F.: *Grundzüge der Mengenlehre*. 1. Aufl. Veit & Co.: Leipzig, 1914; Nachdruck: Chelsea Publishers: New York, 1949.
24. Hocke, G. R.: *Manierismus in der Literatur. Sprach-Alchimie und esoterische Kombinationskunst*. Rowohlt: Reinbek bei Hamburg, 1959.
25. Koehler, D. O.: Mathematics and Literature. Mathematics provides writers with a rich source of themes, images and metaphors. *Math. Magazine* 55/2 (1982), 81-95.
26. Kracke, H.: *Aus Eins mach Zehn und Zehn ist keins*. Tübingen, 1968.
27. Kracke, H.: *Mathe-musische Knobelisken*. Dümmler: Bonn, 1982.
28. Krbek, F. von: *Über Zahlen und Überzahlen*. Leipzig, 1964.
29. Kreuzer, H. und Gunzenhäuser, R. (Hrsg.): *Mathematik und Dichtung. Versuche zur Frage einer exakten Literaturwissenschaft.* 4. Aufl., Nymphenburger Verlagsbuchhandlung: München, 1971.
30. Laßwitz, K.: Die Universalbibliothek. Amer. Übers. von Willy Ley, in: [10], 237-243.
31. Le Lionnais, F.: Queneau et les mathématiques. In: [5], 278-282.
32. Ley, W.: Postscript to "The Universal Library". In: [10], 244-247.

33. Lietzmann, W.: *Lustiges und Merkwürdiges von Zahlen und Formen*. 9. Aufl. Göttingen, 1961.
34. Mandelbrot, B.: On the theory of word frequencies and on related markovian models of discourse. *Proceedings of Symposia in Applied Mathematics, Vol. XII*. American Mathematical Society: Providence, 1961.
35. Mautz, K.: *Augentest. Permutationen, Typogramme, Collagen*. Verlag Eremiten Presse: Düsseldorf, 1979.
36. Mazzola, G.: *Gruppen und Kategorien in der Musik. Entwurf einer mathematischen Musiktheorie*. Heldermann Verlag: Berlin, 1985.
37. Menninger, K.: *Mathematik und Kunst*. Vandenhoeck & Ruprecht: Göttingen, 1959.
38. Moles, A. A.: *Kunst & Computer*. Verlag M. DuMont Schauberg: Köln, 1973.
39. Moszkowski, A.: *Der Abbau des "Unendlich". Eine erkenntnistheoretische Untersuchung*. Carl Heymanns Verlag: Berlin, 1925.
40. Oulipo: *La Littérature potentielle*. Ouvrage collectif de l'Oulipo. Gallimard: Paris, 1973.
41. Perec, G.: *La disparition*. Édition Denoël: Paris, 1969. Dt. *Anton Voyls Fortgang*. Übers. und herausgeg. von E. Helmlé. Zweitausendeins: Frankfurt am Main, 1986.
42. Pfeiffer, H.: *Oh Cello voll Echo. Palindrom-Gedichte*. Insel-Verlag: Frankfurt am Main und Leipzig, 2. Aufl. 1993.
43. Priestley, W. M.: Mathematics and Poetry: How Wide the Gap? *The Mathematical Intelligencer* 12/1 (1990), 14-19.
44. Queneau, R.: *Exercices de style*. Gallimard: Paris, 1947. Dt. *Stilübungen*. Suhrkamp Verlag: Frankfurt am Main, 1961.
45. Queneau, R.: *Cent mille milliards de poèmes*. Gallimard: Paris, 1961. Dt. *Hunderttausend Milliarden Gedichte*. Mit einem Nachwort von F. Le Lionnais aus dem Französischen übertragen von L. Harig. Zweitausendeins: Frankfurt am Main, 1984.
46. Queneau, R.: *Bords: Mathématiciens, Précurseurs, Encyclopédistes*. Éditions Hermann: Paris, 1963. Dt. *Mathematik von morgen*. Nymphenburger Verlagshandlung: München, 1967.
47. Queneau, R.: L'Analyse matricielle du langage. *Études de linguistique appliquée* 3 (1964), 37-50.
48. Queneau, R.: Littérature potentielle. In: R. Queneau, *Bâtons, chiffres et lettres*. Ed. revue et augmentée. Gallimard: Paris, 1965.
49. Queneau, R.: *Meccano ou l'analyse matricielle du langage*. Illustré par 17 gravures mécaniques d´Enrico Baj. Ed. Sergio Tosi: Milano, 1966.
50. Queneau, R.: David Hilbert. In: Enzyklopädie *Die Großen der Weltgeschichte* IX, 501-519. Kindler-Verlag: Zürich 1971.
51. Queneau, R.: Sur les suites s-additives. *Journal of Combinatorial Theory (A)* 12 (1972), 31-71.
52. Rucker, R.: *Infinity and the Mind. The Science and Philosophy of the Infinite*. Birkhäuser: Boston, Basel, Stuttgart, 1982.
53. Schaaf, W.L.: Art and Mathematics: A Brief Guide to Source Materials, *American Mathematical Monthly* 58 (1951), 167-177.
54. Scherer, J.: *Le "Livre" de Mallarmé*. Éditions Gallimard: Paris, 1977.
55. Schreiber, A.: Eine Bemerkung über abgeschlossene Wortmengen. *Grundlagenstudien aus Kybernetik und Geisteswissenschaft* 16 (1975), 61-63.
56. Schreiber, A.: Über allgemeine semiotische Eigenschaften von Wortmengen. *Grundlagenstudien aus Kybernetik und Geisteswissenschaft* 17 (1976), 87-95.
57. Smith, J. M.: Die Grenzen der Molekularentwicklung. In: I. J. Good (Hrsg.), *Phantasie in der Wissenschaft*. Econ: Düsseldorf und Wien, 1965..

58. Weyl, H.: Topologie und abstrakte Algebra als zwei Wege mathematischen Verständnisses. *Unterrichtsblätter für Mathematik und Naturwissenschaften* 38 (1932), 177-188.