

Martin Warnke

## *Das Medium in Turings Maschine*

»Nein«, sagte der Lehrer, »aber ich bin kein Automat  
und mußte Ihnen meine Meinung sagen.«  
F.Kafka, Das Schloß

### *1. Einleitung: Autistische Automaten. »leeres Band TM berechenbare Zahlen«*

Turings Maschine ist, wie man weiß, nie gebaut worden, und dies wäre auch nicht möglich. Dennoch und gerade deswegen kann sie als das Vorbild eines jeden Computers gelten, der bislang gebaut wurde oder es je werden wird. Denn sie, Turings Gedanken- oder Papiermaschine, wurde mit Vorbedacht als ein so simpler Mechanismus entworfen, daß an ihrer prinzipiellen Realisierbarkeit und daran, daß sie ohne menschlichen Eingriff zu funktionieren imstande wäre, kein Zweifel bestehen kann.

Sie arbeitet folgendermaßen [5] (S. 20):

Ein Schreib- und Lesekopf kann immer genau ein Feld eines unendlich langen Bandes abtasten. Auf jedem dieser Felder steht ein Zeichen eines endlichen Zeichenvorrats, oder das Feld bleibt leer. Die Maschine nimmt stets einen von endlich vielen inneren Zuständen ein. Eine Maschinentabelle, ihr Programm, würde man heutzutage sagen, beschreibt, was die Maschine jeweils tut, wenn sie in einem bestimmten Zustand ein bestimmtes Zeichen auf dem gerade abgetasteten Feld vorfindet. Sie hat ein bescheidenes Verhaltensrepertoire, sie kann sich um ein Feld nach links oder rechts bewegen, eines der Zeichen auf das Band schreiben, den Zustand wechseln oder anhalten.

Nehmen wir ein Beispiel: eine Maschine, die Eins zu einer Zahl addieren kann. Das Alphabet besteht in diesem Beispiel nur aus der Eins, die uns als Zählstrich dient. Die Maschine befindet sich irgendwo links von der Reihe von Einsen, der sie eine weitere hinzufügen soll. Nun muß mit Hilfe der Maschinentabelle beschrieben werden, nach welchem Programm die Maschine arbeitet. In der Spalte ganz links steht das Zeichen, das auf dem gerade abgetasteten Feld notiert ist, in der ersten Zeile der innere Zustand und im Kreuzungspunkt von Zeile und Spalte die vorgeschriebene Maschinenaktivität, die dem gelesenen Zeichen aus der ersten Spalte und dem aktuellen inneren Zustand aus der ersten Zeile zugeordnet ist. R steht für rechts, H für halt, ein »-« bedeutet: nichts. Die letzte Ziffer gibt den Folgezustand an.

	q1	q2	q3
leer	R-1	-13	
1	R-2	R-2	H-3

Trifft sie im Zustand q1, dem Anfangszustand, ein leeres Feld an, so läuft sie nach rechts, schreibt nichts, bleibt in Zustand 1, bis sie eine 1 vorfindet. Der nächste innere Zustand, den sie daraufhin einnimmt, q2, veranlaßt die Maschine, solange nach rechts zu gehen, bis sie ein leeres Feld antrifft. Sie schreibt dann die zusätzliche 1 und wechselt in den Zustand q3 und hält an.

Das ist alles fast schon zu simpel, doch besagt die gemeinhin akzeptierte Church-Turing-These, daß das, was eine Turing-Maschine berechnen kann, überhaupt der Vorstellung alles Berechenbaren entspricht. Insbesondere kann gelten, daß das, was im Rahmen einer typischen Schulmathematik so alles berechnet wird, auch von einer solchen Maschine erledigt werden kann.

Dahinter steckt das Konzept des Algorithmus, einer Vorschriftensammlung, die auch jemand ausführen kann, der keinerlei Intelligenz besitzt – z. B. eine Maschine.

Das universelle Vorbild der Turing-Maschine gilt auch dafür, was Computer nicht können: gerade die Grenzen streng formal beschreibbarer Rechengänge wurden durch Turings Gedankenmaschine erst so recht deutlich und faßbar. So betrifft der wichtigste erkenntnistheoretische Beitrag, den der Begriff der Turing-Maschine beizusteuern hat, auch und gerade ihre Grenzen, die Differenz zwischen dem, was Computer können, und dem, was ihnen unerreichbar bleibt. Diese Be-

schränkungen vererbt sie sowohl jedem realisierbaren Computer, wie auch allen menschlichen Rechnern, sofern sie sich an die Vorschriften halten, die für Endlichkeit, Eindeutigkeit und Explizitheit sorgen sollen:

Wir können einen Mann, der gerade eine reelle Zahl berechnet, mit einer Maschine vergleichen, die nur über eine endliche Zahl von Zuständen  $q_1, q_2, \dots, q_r$  verfügt, die ihre »m-Zustände« heißen sollen. [5] (S. 20)

Der Mensch, oder die Maschine, soll zu nicht mehr in der Lage sein, als ein Symbol aus einem endlichen Vorrat zu erkennen, es, gemäß seinem eigenen m-Zustand und den Eintragungen in der Vorschriften-Tabelle, in ein anderes Symbol desselben Vorrats umzuwandeln und in den, ebenfalls der Vorschriften-Tabelle entnehmbaren, vorgesehenen Folgezustand überzugehen. Das Ganze geschieht wieder auf dem unendlich langen Papierband, das in einzelne Felder unterteilt ist.

Die Grenzen der Berechenbarkeit sind die des in sich geschlossenen formalen Systems, unabhängig davon, ob es von einem Menschen oder einer Maschine in Gang gehalten wird. Das völlige Abgeschiedensein von einer umgebenden Welt, die Bornierung auf die endlich vielen inneren Zustände und Symbole, die endliche Verhaltenstabelle und das unendlich lange Papierband stellen eine Situation vollkommenen Autismus her: der oder das Rechnende geht seinem Tun automatisch nach. Zur Klärung der Frage, was automatisches Rechnen sei, wird die einzige Verbindung zur Außenwelt, das unendlich lange Papierband, gekappt, bleibt nach dem Willen seines Erdenkers leer, um nun wirklich jeden Zweifel daran auszuräumen, daß der Prozessor völlig auf sich allein gestellt ist. Die Turing-Maschine markiert so die Grenze zwischen dem von ihr Berechenbaren und dem, was jenseits ihrer Wesenheit liegt.

Turing definiert Berechenbarkeit 1937 folgendermaßen:

man erhält die »von der Maschine berechnete Zahl«, »wenn die Maschine mit einem leeren Band versorgt und vom korrekten Anfangs-m-Zustand aus in Bewegung gesetzt wird.« [5] (S. 22)

Kein Kontakt mit der Außenwelt kann abschwächen, daß die Maschine alles selbst getan hat, daß sie als Automat arbeitet.

Die genaue Untersuchung dessen, was eine solche Maschine tut, enthüllt dann den Skandal, daß es nicht-berechenbare Zahlen gibt, und zwar unendlich viel mehr, als man berechenbare denken kann:

Die berechenbaren Folgen und Zahlen sind [...] abzählbar. [5] (S. 30)

Das heißt, man kann sie wie Perlen auf eine Schnur fädeln, jede hat ihren Platz in der Reihe, zu jeder kommt man durch Zählen, wenn es auch sehr lange dauern kann. Es sind ihrer dennoch unendlich viele, denn die Perlenkette hat kein Ende. Doch die Menge der reellen Zahlen, die mit Recht als die eigentlichen numerischen Objekte mathematisch-technischen Denkens, als die Maßzahlen für Zeit und Raum etwa, gelten können, ist, wie wir wissen, überabzählbar. Das heißt, durch Zählen nicht erschöpfbar: zwischen den abzählbaren berechenbaren Zahlen auf der Perlenschnur klaffen Lücken, so daß zwischen zwei berechenbaren reellen jeweils unendlich viele nicht-berechenbare reelle Zahlen liegen. Turing-Maschinen können aus sich heraus also nicht alle aufschreibbaren Zahlen auf ihr Band schreiben. Sie bleiben in einer Form lediglich potentieller Unendlichkeit stecken, die Hegel »schlechte Unendlichkeit« nannte und folgendermaßen charakterisierte:

Der quantitativ [...] unendliche Prozeß [ist] nicht Ausdruck der wahren, sondern nur jener schlechten Unendlichkeit [...], welche über das bloße Sollen nicht hinauskommt und somit in der Tat im Endlichen steckenbleibt.« (S. 219) »Hier haben wir [...] jenes beständige Hinausschicken der Quantität und näher der Zahl über sich selbst, welches Kant als schauerhaft bezeichnet, worin indes das eigentlich Schauerhafte nur die Langweiligkeit sein dürfte, daß beständig eine Grenze gesetzt und wieder aufgehoben wird und man somit nicht von der Stelle kommt. [2] (S. 220)

Turing-Maschinen haben noch weitere Beschränkungen: sie können beispielsweise nicht vorhersehen, ob sie selbst oder eine andere Turing-Maschine in einer Totschleife steckenbleibt oder auch tatsächlich je mit ihrer Arbeit fertig werden wird. Dies heißt das »Halteproblem«. Es ist weder von Turing-Maschinen noch von realen Computern allgemein lösbar [5] (S. 38).

Das alles ist seit fast sechzig Jahren wohlbekannt. Es hinterläßt beim Nach-Denken den Eindruck, einerseits eine fundamentale, unüberwindliche Grenzziehung zu markieren, andererseits aber auch, die heu-

tige Realität von Computern, die nicht nur Automaten, sondern auch Medien sind, nicht vollständig abzubilden. Denn wenn Turings Maschine das Vorbild eines jeden Computers ist, dann auch des Computers als Medium, nicht nur des Computers als autistischem Automaten.

In Turings Maschinen muß mehr stecken als der Rechenautomat. Turing hat es auch gewußt und beschrieben: er kommt auf das »Mehr« in seiner Konstruktion bei seiner Suche nach der denkenden Maschine. Dabei wird die Turingsche Gedankenmaschine, wie wir noch sehen werden, zwischen die Domäne des Berechenbaren und die kontingente Umwelt intelligenter lebender Organismen geschoben. Nie hat Turing diese Situation eine mediale genannt, wahrscheinlich auch nicht als solche gedacht. Dennoch drängt sich diese Charakterisierung auf, vor allem in einer tendenziösen Rückschau wie dieser, aus einer Jetztzeit, in der niemand mehr so recht von Maschinenintelligenz reden will und in der Computer als Medienmaschinen um sich greifen.

*2. Mediale Teilprozesse:*

*Das bißchen, was sie liest, schreibt sie sich – notfalls –  
selber.*

*»endlicher Text TM berechenbare Zahlen«*

Nichts kann uns daran hindern, das unendlich lange Papierband, von dem die Turing-Maschine liest und auf das sie schreibt, als den Ein- und Ausgabekanal eines Mediums zu deuten. Ein solcher Standpunkt ist schon deshalb nicht abwegig, weil er bereits im Papier von 1937 vorkommt und in der Nachgeschichte der Turing-Maschine, bei Turings »Bomben« nämlich, mit denen er den Code der deutschen Wehrmacht knackte, auch praktisch von ihm eingenommen wurde (siehe dazu [3], Kapitel 4).

Zunächst zur ursprünglichen Idee. Turing erkannte, daß man für unterschiedliche Aufgabenstellungen nicht jeweils neue Maschinen bauen muß. Turing-Maschinen sind universell in der Hinsicht, daß eine Maschine jede andere imitieren, heute würde man sagen, emulieren, kann. Es genügt, einer Imitations-Turing-Maschine eine standardisierte Beschreibung einer anderen auf das Band zu schreiben, und schon kann die erstere die letztere in allen funktionalen Details ersetzen. Turing schrieb dazu:

Es kann gezeigt werden, daß eine einzige spezielle Maschine dieses Typs zur Ausführung der Aufgaben aller veranlaßt werden kann. [...] Die spezielle Maschine kann die Universalmaschine genannt werden; sie arbeitet auf folgende sehr einfache Weise. Wenn wir entschieden haben, welche Maschine wir imitieren wollen, lochen wir eine Beschreibung derselben auf das Band der Universalmaschine. Diese Beschreibung erklärt, was die Maschine in jedem Zustand, in dem sie sich befinden könnte, tun würde. Die Universalmaschine muß nur dieser Beschreibung stets folgen, um herauszufinden, was sie bei jedem Schritt tun soll [9] (S. 193).

Das ist das Konzept automatischer Übersetzung, wie sie in jedem Computersystem als Compiler oder Interpretierer heutzutage eingesetzt wird. Ein Programm, bei Turing die Maschinentabelle der Universalen Turing-Maschine, interpretiert die Beschreibung einer anderen Maschine in einer anderen sprachlichen Form, nämlich ihrer Standard-Beschreibung. Eingabe ist die Beschreibung der Maschine, Ausgabe die Symbolfolge, die diese produzieren würde, führte sie ihr Programm selbst aus. Die Universalmaschine sitzt dazwischen und arbeitet daher, wenn man den Teilprozeß der Übersetzung isoliert, als ein Medium.

Turings unmittelbare Schlußfolgerung, die der Beschreibung von eben folgt, war:

Somit ist die Komplexität der zu imitierenden Maschine auf dem Band konzentriert und erscheint in keiner Weise in der eigentlichen Universalmaschine. [9] (S. 193)

Der Eingabekanal wird wesentlich, er bleibt nicht mehr leer, wie bei der Definition der Berechenbarkeit. Die funktionale Komplexität wird nach außen auf das Band ausgelagert und austauschbar gemacht; ein- und dasselbe Medium genügt, um unendlich viele beliebig komplexe Programme zu realisieren. Frieder Nake hat diese Schichtung von Sprachebenen als »Verdoppelung des Werkzeugs« [4] gesehen, und in der Tat wendet sich die Turing-Maschine auf sich selbst an und verdoppelt sich dadurch. Die Universelle Turing-Maschine schiebt sich zwischen die Beschreibung einer zweiten, virtuellen Turingmaschine und dem Resultat, das diese zweite als reale errechnet hätte. Die Qualität dieses Resultates wird von diesem medialen Teilprozeß jedoch nicht berührt; in der Summe ist und bleibt das Gesamt-Aggregat ein autistischer

Automat, der nur Berechenbares absondert, was man sich durch folgende Überlegung leicht klarmacht:

Auf dem Band steht ein endlicher Text – das Programm der zu imitierenden Maschine, kodiert als Ziffernfolge. Endliche Texte kann jede Turing-Maschine auch selbst erzeugen, und zwar von einem leeren Band ausgehend. Sie muß die Zeichen nur eines nach dem anderen auf das Band schreiben, ein simples sequentielles Programm. Wir haben hier folgende Situation (TM<sub>1</sub> erzeugt für unsere Maschine TM<sub>2</sub> den Text):

(leeres Band TM<sub>1</sub> ) endlicher Text TM<sub>2</sub>

Wenn eine Turing-Maschine einen Text erzeugt und eine andere diesen sofort selbst wieder verarbeitet, kann man beide mitsamt dem Text in einer Turing-Maschine zusammenfassen, indem das Programm der ersten vor das Programm der zweiten gesetzt wird: (TM<sub>1</sub> endlicher Text TM<sub>2</sub>) = TM<sub>12</sub>.

Wir landen also wieder bei

leeres Band TM<sub>12</sub> berechenbare Zahlen.

Der Traum von der Maschinen-Intelligenz drängt den autistischen Automaten noch sehr viel weiter aus seinem Gehäuse, hinaus ins Leben, wie wir im nächsten Abschnitt gleich sehen werden.

### *3. Die Kanäle werden geöffnet:*

*Die programmierte Erziehung des Maschinengeschlechts.*

*»berechenbare Zahl TM berechenbare Zahlen«*

Turing hat immer geglaubt, daß seine Maschinen eines Tages Intelligenz zeigen werden. Er hat mit ernstzunehmenden Exemplaren um die Jahrtausendwende gerechnet. [8] (S. 160). Doch war ihm klar, daß Intelligenz nicht einfach in die Maschine hinein zu programmieren ist, wie etwa die Beherrschung mathematisch vollständig beschreibbarer Spiele, und daß der Automat seine autistische Zurückgezogenheit aufgeben muß, um als intelligent gelten zu können. Der Automat muß sich der Umwelt gegenüber öffnen, sie in sich und er sich auf sie einlassen.

Seine Suche nach der Intelligenz aus der Maschine verspricht daher ergiebigeres Material für unsere Suche nach dem Medium in seiner Maschine. Ich verfechte die Behauptung, daß Maschinen konstruiert werden können, die das Verhalten des menschlichen Geistes weitestgehend simulieren. ... Was meine Behauptung bewiese, wenn sie überhaupt bewiesen werden kann, wäre eine wirkliche Reaktion der Maschine auf Umwelt. [7] (S. 10)

Turing räumt sogar ein, daß eigentlich der ganze Mensch nachzubauen wäre, zumindest jedoch müsse so etwas wie eine Kontaktaufnahme mit der Umwelt, wie beim Menschen, eigentlich auch physisch möglich sein. Den Lesern seiner Schriften können Vorstellungen von Frankenstein's Monster in den Sinn kommen, wenn sie lesen:

Damit die Maschine [als Nachbau eines Menschen (MW)] die Möglichkeit hätte, Dinge selbständig herauszufinden, müßte es ihr erlaubt sein, das Land zu durchstreifen, und die Gefahr für den Normalbürger wäre ernst. [6] (S. 97)

Hinter diesen Äußerungen steht die Einsicht, daß die totale Abschirmtheit von der Außenwelt eine der Randbedingungen darstellt, denen der Automat seine Beschränktheit schuldet, eine Beschränktheit, der intelligentes Verhalten offenbar nicht unterliegt.

Und noch ein weiteres sah Turing klar: Intelligenz ist ein soziales Phänomen:

Wie ich erwähnt habe, entwickelt der isolierte Mensch keinerlei intellektuelle Fähigkeiten. Es ist für ihn notwendig, in eine Umgebung mit anderen Menschen eingebettet zu sein, deren Techniken er während der ersten zwanzig Jahre erlernt. [...] Aus dieser Sicht muß die Suche nach neuen Techniken als Unternehmen der ganzen menschlichen Gemeinschaft, nicht so sehr einzelner Individuen betrachtet werden. [6] (S. 112)

Und noch deutlicher:

Wir können deshalb sagen, daß, insofern der Mensch eine Maschine ist, er eine solche ist, die Gegenstand sehr vieler Interferenzen [Eingriffe von außen (MW)] ist. Tatsächlich wird die Interferenz eher die Regel als die Ausnahme sein. Beständig kommuniziert er mit anderen Menschen und



empfängt ununterbrochen visuelle und andere Reize, die an sich schon eine Form der Interferenz darstellen. [6] (S. 99)

Die Einsiedelei des Automaten muß aufgegeben werden, wenn mehr – intelligentes Verhalten etwa – als die Menge der berechenbaren Zahlen aus ihm herauskommen soll, die, wie wir wissen, selbst unter den Zahlen nur eine Minorität repräsentiert.

Das Dilemma stellt sich so dar: einerseits schien ihm seine Maschine prinzipiell für Intelligenzleistungen geeignet zu sein – schließlich konnte sie ja z. B. rechnen –, andererseits war unklar, wie die offenbar notwendige Öffnung zur Umwelt und die menschliche Gesellschaft zu programmieren seien. Er verfiel auf folgenden Ausweg:

Bei dem Versuch, den Verstand eines erwachsenen Menschen nachzuahmen, müssen wir uns über den Vorgang klar werden, der zu seinem gegenwärtigen Zustand geführt hat. Es lassen sich drei Komponenten feststellen:

- (a) der Anfangszustand des Verstandes, sagen wir bei der Geburt,
- (b) die Erziehung, der er unterworfen wurde,
- (c) andere Erfahrungen, denen er unterworfen war und die nicht als Erziehung zu beschreiben sind. [8] (S. 177)

Wenigstens den kindlichen Verstand zu imitieren, traute Turing seiner Maschine zu. Er kam so zu der Frage:

Warum sollte man nicht versuchen, statt ein Programm zur Nachahmung des Verstandes eines Erwachsenen eines zur Nachahmung des Verstandes eines Kindes herzustellen? Unterzöge man dieses dann einem geeigneten Erziehungsprozeß, erhielte man den Verstand eines Erwachsenen. [8] (S. 177)

Wie sehen nun seine Vorstellungen von der Erziehung des Maschinengeschlechts aus? So ganz einfach ist die Sache nicht:

Es wird nicht möglich sein, die Maschine dem gleichen Unterrichtsprozeß zu unterziehen wie ein normales Kind. Sie wird z. B. keine Beine haben, so daß man sie nicht auffordern könnte, hinauszugehen und den Kohleneimer zu füllen. [8] (S. 178)

Dies sind ungewohnte, hochgradig realistische Vorstellungen vom Lehrplan, und sie illustrieren sehr pointiert das Problem der Kontaktaufnahme mit der Umwelt.

Seine Maschinen müssen ohne Beine und ohne Kohleneimer auskommen, es gibt andere Vorschläge zur Interaktion zwischen Lehrer und maschinellem Schüler:

Ich schlage vor, daß es zwei Tasten geben soll, die der Lehrer bedienen kann und die die Vorstellungen von Lust und Unlust repräsentieren können. ... Gewisse Anzeichen des Ärgers auf seiten des Schulmeisters könnten beispielsweise als etwas so Bedrohliches wiedererkannt werden, daß sie niemals unbeachtet bleiben können, mit dem Erfolg, daß der Lehrer zu der Ansicht gelangen wird, daß es überflüssig geworden ist, länger ›zum Rohrstock zu greifen‹. (S. 13) [7]

Reaktionen der Maschine, die nicht den Vorstellungen des Lehrers entsprechen, werden von diesem – außerhalb eines programmierten Prozesses – korrigiert.

Hier wird der Schritt vom Automaten zum Medium faktisch, wenngleich auch nicht explizit verbal, vollzogen, jedenfalls, wenn der Eingriff des Lehrers nicht die Ausnahme bleibt, sondern die alltägliche Regel darstellt. An diesen Stellen schimmert hindurch, wie das Berechenbare durch menschlichen Eingriff überwunden werden könnte: die nicht berechenbare Reaktion des Lehrers (sie wäre sonst schließlich nicht nötig) trägt auch den Output der Maschine aus dem Bereich der berechenbaren Zahlen hinaus. Aus heutiger Sicht, sechzig Jahre nach Erfindung der Turing-Maschine und fünfzig Jahre nach dem Beginn der Suche nach der Künstlichen Intelligenz, gibt es eine plausible Deutung dieses einschneidenden Schrittes weg vom Automaten und hin zum Medium: Intelligenz ist keine berechenbare Funktion. In den algorithmischen Prozeß, der von der Maschine automatisch abgearbeitet werden kann, muß komplementär der Mensch eingreifen, wenn Maschinen vom turingschen Typ Intelligentes äußern sollen.

Bei Turings Vorschlägen in diese Richtung gibt es allerdings noch zwei Haken: wäre die Maschine einmal zu Ende erzogen, wäre sie der Automat, dessen Output allein durch den Input und das entstandene endliche Programm berechnet werden würde.<sup>1</sup> Hier kann nichts anderes als Berechenbares herauskommen. Endet der Erziehungsprozeß, ist also wieder alles beim Alten.

Der andere Haken ist der, der auch das Elend der KI ausmacht: die Erziehung gerinnt zur allgemeinen Methode, die dann auch von einer Turing-Maschine übernommen werden kann, was uns wieder auf die Menge der berechenbaren Zahlen zurückwirft.:

Wenn man sich ... auf genau definierte ›Erziehungsrichtlinien‹ festlegt, könnten diese ebenfalls in die Maschine programmiert werden. Man könnte das System dann eine ganze Weile laufen lassen und darauf wie eine Art ›Schulinspektor‹ einbrechen und sehen, welcher Fortschritt gemacht wurde. [6] (S. 109)

Nichts kann die Erzieher der Maschine daran hindern, auch den Schulinspektor in das Programm einzubauen, zumindest, wenn er einmal mit seinen Besuchen fertig ist oder nichts Neues mehr von ihm zu erwarten ist.

Die Möglichkeit, mehr als Berechenbares von einer Turing-Maschine zu erwarten, scheitert, wenn der Programmierungsprozeß zum Abschluß kommt.

Aus Sicht des Begriffs der Berechenbarkeit läßt sich die bis hier beschriebene Lage folgendermaßen zusammenfassen:

Fall 1: Bleibt das Band der Turing-Maschine anfangs leer, präpariert man sie als autistischen Automaten, liefert sie per Definition berechenbare Zahlen ab. Die Church-Turing-These behauptet, daß dies keine Besonderheit des verwendeten Maschinentypus ist, sondern den Begriff des Berechenbaren überhaupt präzisiert.

Fall 2: Gibt man der Turing-Maschine eine endliche Zeichenfolge ein, etwa eine Zahl, von der ausgehend Berechnungen vorgenommen werden sollen, oder die Beschreibung einer anderen Turing-Maschine, die imitiert werden soll, so bringt das nicht mehr als Berechenbares hervor, denn endliche Texte können von Turingmaschinen erzeugt werden, man kann die eingegebene Zeichenfolge in das Programm der Maschine verlegen.

1 Das einzige Computerprogramm, das den Turing-Test für maschinelle Intelligenz bestanden hat, (nach Shieber, S.M.: Lessons from a Restricted Turing Test. Communications of the ACM, Vol. 37 (June 1994, No. 6), 70-78 (1994)) imitiert bezeichnenderweise einen Autisten!

Fall 3: Auf der Suche nach der Intelligenz aus der Maschine sah Turing die Notwendigkeit, eine permanente Eingabe in die Turing-Maschine zuzulassen. Falls die Eingabe jemals endet, sind wir wieder bei Fall 2, der endlichen Zeichenfolge, gelandet. Wird die permanente Eingabe von einer anderen Turing-Maschine geliefert – man erinnere sich an die allgemeinen Erziehungsrichtlinien –, so bleibt das Gesamtsystem, bestehend aus der Turing-Maschine, die den Input liefert und der, die ihn verarbeitet, ein rechnender Automat, der nichts anderes als Berechenbares an seine Umwelt abliefern kann.

Eingabe an die Turing-Maschine	Ausgabe
1.: leeres Band	berechenbare Zahlen
2.: endliche Zeichenfolge	berechenbare Zahlen
3.: (unendlich lange) berechenbare Zeichenfolge	berechenbare Zahlen

*4. Jenseits der Berechenbarkeit:  
Der intelligente Automat scheint tot. Es bleibt das  
rechnende Medium.  
»weißes Rauschen TM mehr als Berechenbares«*

Die einzige Chance, mehr als die Menge der berechenbaren Zahlen mit Turing-Maschinen, also mit Computern, zu erzeugen, ist, ihnen eine nicht berechenbare unendliche Folge einzugeben, den Kanal des Mediums Turing-Maschine unablässig mit nicht Berechenbarem zu bedienen. So macht auch Turing schon den Vorschlag, probetalber weißes Rauschen an den Eingabekanal seiner Maschine zu legen: »Jede Maschine sollte mit einem Band ausgerüstet sein, auf dem sich eine Zufallsfolge von Ziffern befindet, z. B. 0 und 1 mit gleicher Häufigkeit, und diese Ziffernfolgen sollten bei den Wahlen der Maschine verwendet werden. Das hätte ein Verhalten der Maschine zur Folge, das nicht in jeder Hinsicht vollständig durch die Erfahrungen, denen sie ausgesetzt war, determiniert ist, und implizierte einige wertvolle Anwendungen, wenn man mit ihr experimentierte.« [7] (S. 13)

Eingabe	Ausgabe
4.: unendlich lange nicht berechenbare Zeichenfolge	nicht mehr Berechenbares

Das technische Artefakt ist dabei noch immer ein Automat, doch ist er aus seiner ursprünglich autistischen Situation herausgeschoben. Man denke etwa an einen digitalen Fernseher. Er ist ein Automat in autistischer Einsiedelei, wenn er das eingebaute Testbild zeigt, und er ist endgültig zum Medium zwischen Berechenbarkeit und kontingenter Umwelt geworden, wenn er die Ziehung der Lottozahlen oder das Rauschen nach Sendeschluß überträgt.

Turing begann seine Arbeit an der rechnenden Maschine beim autistischen Automaten, um den Begriff der Berechenbarkeit zu klären. Für seinen Traum, die intelligente Maschine, mußte er seine Schöpfung ins Leben entlassen, denn, so können wir heute ergänzen und deuten: Intelligenz ist keine berechenbare Funktion. Dann, wenn die Turing-Maschine aus Unberechenbarem Unberechenbares berechnet, wenn sie auf dem Schnitt zwischen der Determiniertheit, Explizitheit und Endlichkeit des Algorithmus und der Kontingenz des Lebens steht, kann ihr Medialität nicht mehr abgesprochen werden.

Eine Archäologie des Computers als Medium (siehe dazu auch [1]) stößt auf die Figur des Alan Turing nicht nur, weil dieser einer der Vordenker des tragenden mathematisch-technischen Konzepts war, sondern auch, weil er seinem Gedankenautomaten schon längst einen anderen Platz als den der autistischen Rechenmaschine zugewiesen hatte.

Auch, wenn das Wort »Medium« in seinen Schriften nirgends vorkommt.

*Literatur*

- [1] Coy, W.: Gutenberg und Turing – Fünf Thesen zur Geburt der Hypermedien. in [10]
- [2] Hegel, G.W.F.: Die Wissenschaft der Logik. Enzyklopädie der philosophischen Wissenschaften. Frankfurt am Main: Suhrkamp 1992. Erstausgabe 1830.
- [3] Hodges, A.: Alan Turing, Enigma. (Übers. von Rolf Herken und Eva Lack) Berlin: Kammerer & Unverzagt 1989.
- [4] Nake, F.: Die Verdoppelung des Werkzeugs, in: Rolf, A. (Hrsg.): Neue Techniken alternativ. 43-52. Hamburg: VSA 1986.
- [5] Turing, A.M.: On Computable Numbers, with an Application to the Entscheidungsproblem. Proc. of the London Math. Society, 2(42), (1937). (deutsch in Dotzler und Kittler, 1987: 17-60).
- [6] Turing, A.M.: Intelligente Maschinen, in: Dotzler, B. und Kittler, F. (Hrsg.): Intelligence Service. 81-113. Berlin: Brinkmann und Bose 1987. Original: Intelligent Machinery, Machine Intelligence 5, Edinburgh 1969.
- [7] Turing, A.M.: Intelligente Maschinen, eine häretische Theorie, in: Dotzler, B. und Kittler, F. (Hrsg.): Intelligence Service. 6-15. Berlin: Brinkmann und Bose 1987. Original: Intelligent Machines, a heretical Theory, Cambridge 1959.
- [8] Turing, A.M.: Rechenmaschinen und Intelligenz, in: Dotzler, B. und Kittler, F. (Hrsg.): Intelligence Service. 147-182. Berlin: Brinkmann und Bose 1987. Original: Computing Machinery and Intelligence, Mind 59, 1950.
- [9] Turing, A.M.: The State of the Art, in: Dotzler, B. und Kittler, F. (Hrsg.): Intelligence Service. 183-207. Berlin: Brinkmann und Bose 1987. Vorlesung an der London Mathematical Society, 20.2.1947, erschienen in: B.E. Carpenter und R.W. Doran (Hg.), A.M Turing's ACE Report of 1946 and other Papers, Cambridge/Mass.-London-Los Angeles-San Francisco 1986.
- [10] Warnke, M. und Andersen, P.B. (Hrsg.): Zeit der Hypermedien, in: Posner, R. (Hrsg.): Zeitschrift für Semiotik. Band 16, Heft 1-2, 190. Tübingen: Stauffenburg-Verlag 1994.

erschienen in: Martin Warnke, Wolfgang Coy und Georg Christoph Tholen (Hrsg.): HyperKult. S. 69-82. Basel: Stroemfeld/nexus 1997.  
ISBN 3-86109-141-0