



Turing-Medien

Warnke, Martin

Published in:
Die Politik der Maschine

Publication date:
2002

Document Version
Begutachtete Fassung (Peer reviewed)

[Link to publication](#)

Citation for published version (APA):
Warnke, M. (2002). Turing-Medien. In H. Böhme, & K. P. Dencker (Hrsg.), *Die Politik der Maschine: Computer Odyssee 2001* (S. 372-382). (Interface; Band 5). Hans-Bredow-Institut für Medienforschung an der Universität Hamburg.

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal ?

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Turing-Medien

Eintragungen in den Index sind unterstrichen. Jedes Wort ist nur ein Mal unterstrichen, soll aber mit allen seinen Fundstellen im Text in den Index.

Dr. Martin Warnke
Universität Lüneburg

1.

Ein Mann rechnet allein auf seinem Karopapier. Er tut dabei, wie ihm geheißen, seine allererste Tugend ist es, die Anweisungen genauestens zu befolgen, die für ihn einschlägig sind, nämlich:

nachschauen, was auf dem Papier steht, wissen, in welchem der bekannten Stadien der Rechnung er sich befindet, ein Zeichen schreiben, ein Karo weiter rücken, vielleicht ein anderes Stadium beginnen.

Na schön, es ist immerhin tröstlich, daß der Mann nur deshalb dort sitzt, um durch eine Maschine ersetzt zu werden, durch die Turing-Maschine, von der hier die Rede ist, denn sonderlich kommunikativ ist die beschriebene Situation nicht, sie erinnert eher an Einzelhaft und Sträflingsarbeit denn an selbstbestimmte und schöpferische Arbeit - auch die Assoziation an eine autistische Persönlichkeit wäre nicht abwegig, wie noch zu zeigen sein wird.

Wie anders dagegen die mediale Wirklichkeit ein starkes halbes Jahrhundert nach der Situation, wie sie oben von Alan Turing in seinem berühmten Aufsatz von 1936/37 beschrieben wurde: die Menschheit hat nämlich eine Leidenschaft für seine Maschine und für seinen Test ergriffen: in Chat-Rooms schicken Userinnen und User ihre Avatare vor, um auf den Turing-Maschinen im Realen und im Symbolischen, den Digitalcomputern, den ersten Teil des Turing-Tests immer wieder zu spielen, nämlich herauszufinden, wer Weiblein und wer Männlein am anderen Ende des Kommunikationskanals ist.

Abb. 1: Shannons Schema eines allgemeinen Kommunikations-Systems.¹

Wären Computer dann nicht Medien, die Shannonsche Kommunikations-Kanäle bedienen? Und müßten Turing-Maschinen, die 1936 doch auch schon alles konnten, was die erst noch zu erfindenden Computer später auch alles können werden, müßten diese Turing-Maschinen dann nicht auch mediale Anlagen besitzen?

Ein Streifzug durch Alan Turings Schriften soll dieser Frage nachgehen. Ich lade Sie ein, mich auf dieser Exkursion zu begleiten, die auch Gebiete jenseits der Turingmaschine erreichen wird.

2.

Das Erscheinen des berühmten Aufsatzes Turings "On Computable Numbers, with an Application to the Entscheidungsproblem"² fiel in eine Zeit, in der unter Mathematikern die Frage diskutiert wurde, ob ihre Disziplin, die Mathematik, vollständig formalisiert werden könnte, also auf eine methodische Basis zu stellen ist, die sie unabhängig macht von menschlicher Fehlbarkeit und damit auch von menschlicher Intuition und Intelligenz. Also damit ganz dem regelgeleiteten Tun entspricht, das eingangs von unserem rechnenden Manne betrie-

¹Shannon, C. und Weaver, W.: The Mathematical Theory of Communication. Urbana: University of Illinois Press 1949. S. 34.

²Turing, 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).

ben wird. Z.B. sollte rein formal entschieden werden können, ob ein Theorem im Rahmen einer bestimmten Theorie beweisbar sei oder nicht, daher das putzig klingende "Entscheidungsproblem" im englischen Titel der Arbeit. 1936 publizierten Church, Kleene und Post ihre Arbeiten zum Begriff des Berechenbaren in einem streng formalen Sinn, Turings Arbeit fiel in dasselbe Jahr.³ Im Gegensatz aber zu den drei Erstgenannten, die mathematische Verfahren einsetzten, verwendete Turing bekannterweise eine Maschinenmetapher. Er tat das, um sicher zu gehen, daß es bei der Berechnung nur "mit endlichen Mitteln"⁴ zugeht, daß diese also auch tatsächlich real ausführbar, effektiv, wäre.

Lassen Sie uns noch einmal anschauen, wie eine solche Maschine gedacht werden kann und wie sie arbeitet.

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

Abb. 2: Eine Zähl-Turing-Maschinen-Simulation.⁵

Ganz links in der Tabelle, deren Schreibung sich übrigens von der Turings unterscheidet, stehen die Zustände, in denen sich die Maschine befinden kann, daneben, in Spalte 2, das gerade gelesene Symbol, dann das Symbol, das geschrieben wird ("#" steht für das leere Feld, zur besseren Lesbarkeit), dann folgt die vorgeschriebene Bewegung und schließlich der Zustand, den die Maschine einnehmen soll.

Lassen Sie uns diese Maschine in Gang setzen und sie einen weiteren Zählstrich anbringen – das soll hier "Addieren" bedeuten –, ganz so, wie der Kellner auf dem Deckel es nach dem dritten Bier täte.

Bierseidel haben übrigens Tradition in der Philosophie der Mathematik, David Hilbert etwa wollte schon Euklids altehrwürdige Objekte wie Geraden und Punkte durch Bierseidel und anderes Wies'n-Inventar ersetzen, um sicher zu gehen, daß sich in der Geometrie nichts Anschauliches mehr versteckt hält, jedenfalls nichts, was etwas mit Geometrie zu tun hätte. Wörtlich:

"Man muß jederzeit an Stelle von 'Punkten', 'Geraden', 'Ebenen', 'Tische', 'Stühle', 'Bierseidel' sagen können."

Lassen Sie uns das vierte Bier in seinem Angedenken zählen.

Was geschieht? Der Schreib-Lesekopf ist im Zustand "0", was durch die ihm eingeschriebene Null angezeigt wird. Da sich ein leeres Feld unter ihm befindet, schreibt die erste Zeile der Verhaltenstabelle seine weiteren Aktionen vor, denn der aktuelle Zustand ist "0", das aktuelle Zeichen ist "#" (also leer), und nur

³ nach Gandy, R.: The Confluence of Ideas in 1936, in: Herken, R. (Hrsg.): The Universal Turing Machine-A Half Century Survey. 51-102. Wien, New York: Springer-Verlag 1994. S. S. 94.

⁴ 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, S. 19).

⁵ Eine Online-Fassung dieser Software ist unter Eck, D.: The xTuringMachine Applet. 1977. <http://math.hws.edu/TMCM/java/xTuringMachine/> zu finden.

die Zeile 1 hat diese Kombination von *current state* und *current symbol*. Geschrieben wird also "#" (leer), die Bewegung geht nach rechts ("R"), der neue Zustand ist (wieder) "0". Es ist leicht einzusehen, daß nun dieselbe Aktion wieder und wieder ablaufen wird, solange ein leeres Feld im Zustand "0" gelesen wird, also bis der Kopf die erste "1" antrifft. Dann ist die zweite Zeile der Tabelle einschlägig, weil nun die Kombination "0" für den *current state* und "1" für das *current symbol* vorliegt. Die Maschine wird also eine "1" schreiben, nach rechts gehen und sich nun durch Übergang in den Zustand "1" merken, daß sie gerade die Reihe von Einsen scannt. Man erkennt leicht, daß erst etwas Neues passiert, wenn im Zustand "1" das leere Feld angetroffen wird: es ist dann eine (neue) "1" zu schreiben, was wir als Weiterzählen interpretieren wollen. Ein neuer Zustand "2" ermöglicht dann der Maschine, zum Halt zu kommen ("h").

Was Churchs und Kleenes Verfahren der Berechnung können, kann eine Turing-Maschine auch. Dieses exakte Resultat mathematischer Untersuchung gab Anlaß zur Church-Turing-These, die nun nämlich berechtigterweise vermuten kann, daß alles Berechenbare sich auch von einer Turingmaschine produzieren läßt, oder eben auch vom Churchschen oder Kleeneschen Kalkül, oder eben auch von jedem anderen, das noch zu erfinden wäre, kurz gefaßt, daß dies umreißt, was man allgemein einen Algorithmus nennt.

So vereint die Turingmaschine konstruktive Einfachheit und Leistungsfähigkeit, so daß sie, wäre sie nicht ein reines Gedankenkonstrukt, eine Ingenieursleistung allerersten Ranges wäre, etwa einer ‚Awtomat Kalaschnikow‘ ebenbürtig, von der das gleichnamige Magazin kolportiert:

"Ausgesprochen einfach in Umgang und Pflege, äußerst zuverlässig. Sogar nach einem langen Wasserbad, aus dem Sand ausgegraben oder nach einem Fall aus 100 Metern schießt es wie neu."⁶

3.

Zurück zum rechnenden Mann.

»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.«⁷

So schreibt Turing 1936/37, wobei das "m" in "m-Zustände" zunächst für "mental" und erst im folgenden für "maschinell" steht.

Die Maschine soll z.B. Zahlen berechnen. Dabei 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 Computer völlig auf sich allein gestellt ist.

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.«⁸

⁶ <http://www.kalaschnikow.de/archiv/a15/a15pribnow.shtml> oder Kalaschnikow - Das Polit-Magazin, Ausgabe 15, Heft 2/00, S. 108.

⁷ 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). S. 20.

⁸ ebd. S. 22.

Kein Kontakt mit der Außenwelt kann abschwächen, daß die Maschine alles selbst getan hat, daß sie als Automat arbeitet, oder, wenn es wieder ein Mensch sein soll, könnte dieser ein Autist sein, ein "Inmich".

Erlauben Sie mir zur Illustration ein fast triviales Beispiel, eine TM, die die Zahl $2/3$ im Zweiersystem aufschreibt. Denken Sie sich eine Null und das Komma, dann liefert Ihnen diese Maschine alle restlichen unendlich vielen Stellen von $2/3$ (oder binär $10/11$, wie man durch schriftliches Dividieren nach Schulmanier leicht nachrechnet) im Zweiersystem:

current state	current symbol	write	move	new state
0	#	1	R	1
1	#	0	R	0

Robert Rosen bemerkte zum Turingschen Algorithmus-Begriff:

"... an algorithm is a *rote process* which, once set in motion, requires no further intervention, no reflection, and no thought in its relentless progression from data to solution. That is why it seems, in retrospect, so natural to embody it in a 'machine', as Turing did."⁹

Insbesondere schien es Turing auch darum zu gehen, Denkprozesse, zu denen natürlich auch das Rechnen gehört, von einem bestimmten materiellen Träger zu lösen, etwa dem menschlichen Gehirn, und zu zeigen, daß es allein auf die Struktur diskreter Zustände eines endlichen Aggregats ankomme.¹⁰

Nimmt man nun Shannons Modell eines Kommunikationsprozesses, um die Situation einer Turingmaschine zu beschreiben, die eine Zahl berechnet, dann bleibt folgendes:

Abb. 3: Eine autistische Kommunikationssituation.

Man kann ahnen, was so alles jenseits der Turingmaschine liegt. Hier ist z.B. einiges in hellgrauem Dunst verborgen.

4.

Wozu das Ganze? Warum wird der Maschine alles Reflektionsvermögen, jedes Denken von vorn herein ausgetrieben? Um herauszufinden, was diesseits ihrer Fähigkeiten liegt und was jenseits. Z.B., ob Hilbert in einem sehr strengen Sinne recht hatte damit, daß es in der Mathematik

"... ein unlösbares Problem überhaupt nicht gibt. Statt des törichtigen Ignorabimus heiße ich im Gegenteil unsere Losung:

Wir müssen wissen.

⁹ Rosen, R.: Effective Processes and Natural Law, in: Herken, R. (Hrsg.): The Universal Turing Machine-A Half Century Survey. 485-498. Wien, New York: Springer-Verlag 1994. S. 485 f.

¹⁰ Leider kann ich auf dem Papier nicht James Whales "Frankenstein" von 1932 zeigen. In der Eingangssequenz, in der der reichlich ungeschickte Gehilfe des Dr. Frankenstein ein eingelegtes Gehirn stehlen soll, läßt er das gute fallen und nimmt das schlechte mit. Letzteres wird in der Hirnschale von Frankensteins Monster dann im Verlauf des Films Karriere machen, um zu zeigen, daß es doch auf das richtige Organ ankommt.

Wir werden wissen."¹¹

Daß er am Ende Leibnizens "Calculemus!" ausrief, hätte gerade noch gefehlt, denn sein Zweizeiler, der übrigens seinen Grabstein zierte, stellte sich als Irrtum heraus. Eine Turingmaschine kann durchaus nicht alles, etwa das "Entscheidungsproblem" lösen, was Hilbert allerdings von ihr als papierner Inkarnation jedes formalen Verfahrens, das er bei seinem Schlachtruf in Sinne hatte, hätte verlangen können. Deshalb die Turingmaschine, sie beendete den Hilbertschen mathematischen Erkenntnis-Optimismus, der Mitte der dreißiger Jahre des zwanzigsten Jahrhunderts unter Beschuß lag. Turings Maschine hat die Festung geschleift.

Die genaue Untersuchung dessen, was eine Turingmaschine tut, enthüllt einen Skandal, nämlich, daß es nicht-berechenbare Zahlen gibt. Und dazu noch: daß es von diesen unendlich viel mehr gibt als von den berechenbaren, denn:

»Die berechenbaren Folgen und Zahlen sind [...] abzählbar.«¹²

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.

Dagegen ist die Menge der reellen Zahlen, 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 jeweils unendlich viele nicht-berechenbare Zahlen liegen. Turing-Maschinen können aus sich heraus also nicht alle aufschreibbaren Zahlen auf ihr Band schreiben.

Und noch mehr liegt jenseits ihrer Möglichkeiten: sie können nicht vorhersehen, ob sie selbst oder eine andere Turing-Maschine in einer Totschleife steckenbleibt oder auch tatsächlich mit ihrer Arbeit fertig werden wird. Dies heißt das »Halteproblem« und demonstriert, daß tatsächlich Reflektivität nicht die Stärke dieses Konstruktes und damit aller rein formalen Verfahren ist.

Es ist gut, daß Turing seine Maschine so überaus simpel gebaut hat. Damit macht sie es um so leichter, ihre Grenzen zu ziehen. Und wo Grenzen sind, da wird man fragen: was ist dahinter? Was liegt jenseits der Turingmaschine?

5.

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.

Abb. 4: Turing meets Shannon.

Ein solcher Standpunkt ist schon deshalb nicht abwegig, weil er bereits im Papier von 1936/37 vorkommt und in der Nachgeschichte der Turing-Maschine, bei Turings »Bomben« nämlich, mit denen er den Code der deutschen Wehrmacht knackte, auch tatsächlich von ihm eingenommen wurde.

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

¹¹ nach Gandy, R.: The Confluence of Ideas in 1936, in: Herken, R. (Hrsg.): The Universal Turing Machine-A Half Century Survey. 51-102. Wien, New York: Springer-Verlag 1994. S. 58

¹² 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). S. 30

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.«¹³

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 Universellen 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.

Auch Turing hat dies erkannt. Seine 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.«¹⁴

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.

Was besagt dieses *setting* für die Grenzziehung, die uns interessiert? Kommt etwas Neues dabei heraus? Sind wir diesseits oder jenseits der Turingmaschine?

Wir wissen schon, wie wir die Frage entscheiden können. Könnten wir diese Situation so präparieren, daß eine Turingmaschine mit einem anfangs leeren Band arbeitet und denselben Output liefert wie die Universelle, bliebe alles in der Domäne des Berechenbaren, mit allen den erwähnten Beschränkungen.

Auf dem Band steht ein endlicher Text – das Programm der zu imitierenden Maschine, kodiert in einem endlichen Alphabet. 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_1 erzeugt für unsere Maschine TM_2 den Text):

(leeres Band $\rightarrow TM_1 \rightarrow$) endlicher Text $\rightarrow TM_2$

¹³ 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. S. 193.

¹⁴ ebd.

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: $(TM_1 \rightarrow \text{endlicher Text} \rightarrow TM_2) = TM_{12}$.

Wir landen also wieder bei

leeres Band $\rightarrow TM_{12} \rightarrow$ berechenbare Zahlen

Abb. 5: Eine Art Compiler.

und haben im Verlauf des Übersetzungsprozesses die Domäne der automatischen und autistischen Berechnung noch immer nicht verlassen.

6.

Wer hätte dies besser wissen können als Turing selbst, wenn er sich die Frage vorgelegt hätte? Und er traute seinen Maschinen doch sehr viel mehr zu, Intelligenz unter anderem. Auf der Suche nach der Maschinenintelligenz führt Turing uns jenseits der Turingmaschine. Ob sie dort zu finden ist, bleibt zwischen Apologeten und Kritikern der KI umstritten, daß wir jedoch dem Computer als Medium begegnen werden, zeigt sich gleich.

Turing hat mit ernstzunehmenden Beispielen von Maschinenintelligenz etwa um die Jahrtausendwende gerechnet. Und tatsächlich: etwa in diese Zeit fällt der Sieg von Deep Blue über den amtierenden Schach-Weltmeister und in diese Zeit fällt ebenso der – zugegebenermaßen heruntergekochte – Restricted Turing Test am Computer Museum in Boston, bei dem mehrfach Quasselprogramme wie "Whimsical Conversation" menschliche Juroren über ihre Maschinenhaftigkeit getäuscht haben.¹⁵

Turing war dabei immer 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.

A propos Turing-Test: das einzige Computerprogramm, das den vollen Turingtest bestanden hat, also bei freier Konversation menschliche Juroren darüber hat täuschen können, wer Mensch und wer Maschine ist, war eines, das einen paranoiden Patienten simuliert hat.¹⁶

Joseph Weizenbaum schrieb zu seiner Version der elektronischen Quasselst-rippe, ELIZA:

»The contribution here reported should lead to a full understanding of one of man's most troublesome disorders: infantile autism... It responds *exactly* as does an autistic patient – that is, not at all ...«¹⁷

Seine Suche nach der Intelligenz aus der Maschine verspricht an dieser Stelle ergiebige 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. ...

¹⁵ Eine Kurz-Charakterisierung nebst Bestelladresse, bei der *Whimsical Conversation* gegen \$59.95 plus Versandkosten zu beziehen ist, findet man unter:
<http://www.loebner.net/Prizef/weintraub-bio.html>

¹⁶ Communications of the ACM, June 1994, No. 6, S. 70-78.

¹⁷ ebd., S. 73

Was meine Behauptung bewiese, wenn sie überhaupt bewiesen werden kann, wäre eine wirkliche Reaktion der Maschine auf Umwelt.«¹⁸

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 Frankensteins Geschöpf in den Sinn kommen, wenn sie lesen:

»Damit die Maschine die Möglichkeit hätte, Dinge selbständig herauszufinden, müßte es ihr erlaubt sein, das Land zu durchstreifen, und die Gefahr für den Normalbürger wäre ernst.«¹⁹

Hinter allem diesem steht die Einsicht, daß die totale Abgeschirmtheit von der Außenwelt eine der Randbedingungen darstellt, denen der Automat seine Beschränktheit schuldet, eine Beschränktheit, der intelligentes Verhalten nicht unterliegt.

Daher 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.«²⁰

Und noch deutlicher:

»Wir können deshalb sagen, daß, insofern der Mensch eine Maschine ist, er eine solche ist, die Gegenstand sehr vieler Interferenzen 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.«²¹

Das hört sich schon eher an wie ein Chat-Room.

Die Einsiedelei des Automaten muß aufgegeben werden, wenn mehr 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

¹⁸ 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. S. 10.

¹⁹ 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. S. 97.

²⁰ ebd. S 112.

²¹ ebd. S 99.

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.«

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.«²²

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.«²³

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.«²⁴

Reaktionen der Maschine, die nicht den Vorstellungen des Lehrers entsprechen,

²²Turing, 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. S. 177.

²³ebd. S. 178.

²⁴Turing, 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. S. 13.

werden von diesem - außerhalb eines programmierten Prozesses - korrigiert.

Hier wird der Schritt vom Automaten zum Medium gedanklich 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 trägt auch den Output der Maschine aus dem Bereich der berechenbaren Zahlen heraus.

Abb. 6: Der Lehrer als Informationsquelle.

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 turing'schen Typ Intelligentes äußern sollen, wodurch sie sich zu Medien mausern.

7.

Die einzige Chance, mehr als die Menge der berechenbaren Zahlen mit Turing-Maschinen der traditionellen Bauweise zu erzeugen, ist, ihnen eine nicht berechenbare unendliche Folge einzugeben, den Kanal des Mediums Turing-Maschine unablässig zu bedienen, durch Interaktion oder durch den Zufall.

So macht auch Turing schon den Vorschlag, probierhalber 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.«²⁵

Abb. 7: Rauschen eröffnet neue Horizonte.

Das technische Artefakt ist dabei noch immer ein Automat, doch hebt ihn seine Verwendung aus der autistischen Situation heraus. Man denke etwa an einen digitalen Fernseher. Er ist ein autistischer Automat, wenn er das eingebaute Testbild zeigt, und er ist endgültig zum Medium 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, ging er in Richtung auf das Medium, denn, so können wir heute ergänzen und deuten: Intelligenz ist keine berechenbare Funktion. Dort, wo die Turing-Maschine ganz zum Medium geworden ist, hat sie die Grenze des Berechenbaren übersprungen.

Jenseits der Turingmaschine, an der Grenze zwischen dem Berechenbaren und der Kontingenz, steht ein rechnendes Medium, angelegt im ursprünglichen Entwurf der "Computable Numbers", auch, wenn das Wort "Medium" dort oder sonstwo bei Turing nirgends vorkommt.

²⁵ ebd. S. 13.