

### Ein Modell einer Denkmachine

1936 hat A.M.Turing<sup>[1]</sup> den Begriff einer Denkmachine eingeführt zur Charakterisierung derjenigen mathematischen oder logischen Probleme, die sich so formulieren lassen, daß ihre Lösung "nur noch" auf die Ausführung eines Systems von Befehlen herauskommt. Diese gedachten Maschinen, die heute Turing-Maschinen genannt werden, sollen in der Lage sein, ein solches System von Befehlen auszuführen, wenn dieses für jeden Schritt das Verhalten der Maschine eindeutig bestimmt.

Resultate, z.T. unter Berücksichtigung späterer Vereinfachungen:

- (1) Jede Turing-Maschine läßt sich aus "Elementar-Maschinen" aufbauen; von diesen sind ganz wenige Typen erforderlich.
- (2) Es gibt eine Turing-Maschine (mit fester Anzahl von Elementar-Maschinen), die die Beschreibung einer beliebigen Turing-Maschine in einem geeigneten Code "versteht" und die entsprechenden Befehle ausführt.
- (3) Es gibt sinnvolle mathematische Probleme, deren Lösung sich nicht auf die Ausführung von Befehlen zurückführen läßt.

---

[1] Turing, A.M., On computable numbers, with an application to the Entscheidungs problem, Proc. Lond. Math. Soc. Series 2, Vol. 24, pp.230-265, 1936

1952 hat E.F. Moore<sup>[2]</sup> eine einfachere Form von (2) angegeben und hierfür eine technische Realisierung vorgeschlagen, welche nach seiner Schätzung etwa 20 bis 25 Relais erfordern würde.

1957 hat Hao Wang<sup>[3]</sup> eine weitere theoretische Vereinfachung zu (1) angegeben: Nur noch 4 Typen von Elementar-Maschinen, Normierung des Aufbaus aus den Elementar-Maschinen.

Unter Ausnutzung von Wangs Resultat habe ich eine einfachere technische Realisierung für (2) ausgeführt. Ich komme auf 12-15 Relais, und wenn die Mooresche Schätzung für die Realisierung seines Vorschlages stimmt, würden sogar 6-9 Relais ausreichen (Ich habe nicht die fernmeldetechnischen Erfahrungen von "Bell Telephone"). Ich brauche - wie [2] - 3 Einspur-Lochbänder als "äußere Speicher", von denen - wie bei [2] - eines nur vorwärts "läuft" und "gefragt" wird, eines vorwärts und rückwärts "läuft" und "gefragt" wird, während das dritte vorwärts und rückwärts "läuft", "gefragt" wird und ggf. im Betrieb gelocht wird. Die technische Realisierung dieses Bandes fehlt mir noch.

#### Turing-Maschinen und programmgesteuerte Rechenmaschinen.

Der Begriff der Turing-Maschine ist "idealistisch" in dem Sinne, daß die als "äußere Speicher" dienenden Bänder als unendlich oder doch als während des Arbeitens unbegrenzt fortsetzbar vorausgesetzt werden und daß auch die notwendige

---

[2] E.F. Moore, A simplified universal turing machine, Technical Publications, Bell Telephone Laboratories, New Jersey, Proc. ACM, Sept. 8., 1952.

[3] Hao Wang, A variant to Turing's theory of computing machines, Journal of the Association for Computing Machinery, Vol. 4, Num. 1, January 1957.

Zeit keine Rolle spielt (die langen "Zugriffszeiten" zu den äußeren Speichern stören also nicht).

Die heutigen programmgesteuerten Rechenmaschinen sind dagegen "realistisch": d.h. man baut einen den Problemen angepaßten festen "inneren Speicher" mit einer hinreichend kleinen "Zugriffszeit", während der "äußere Speicher", z.B. aus Lochkartenstapeln, weniger flexibel ist, da er im Betrieb nicht automatisch rückwärts laufen kann. Probleme, deren Beschreibung nicht ganz im "inneren Speicher" Platz hat, sind also "tabu".

Beide haben ein wesentliches Moment gemeinsam: Die Umwandlung eines Problems in ein System von Befehlen. Diese Aufgabe wird voraussichtlich in der allgemeinen mathematischen Ausbildung ein immer größeres Gewicht bekommen, und da auf eine unvermeidliche Art die praktisch brauchbaren Maschinen immer sehr teuer sein werden, könnte sich eine Realisierung von Turing-Maschinen bald als ebenso nützliches Anschauungsmaterial erweisen wie die bekannten Modelle geometrischer Begriffe.