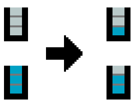
Die technomantische Rechenmaschine Ä1

Diese Rechenmaschine, die bereits vor über 250 Jahren von einer Gruppe Magomathiker unter Professor Merhilda Ährenöffel in Quadratz im Sektor sechzehn entwickelt wurde, ist im Prinzip genauso mächtig wie moderne Rechner, aber eben deutlich langsamer und mit deutlich weniger Speicher ausgestattet.

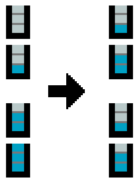
Die Maschine basiert auf technomantischen Kerzen und Röhren mit magischem Fluid. Durch die Natur dieser Dinge explodiert gelegentlich etwas, aber durch einen entsprechend stabilen Aufbau lässt sich das Risiko minimieren.

Eine der beiden grundlegenden Operationen der Ä1 ist die Verschiebung einer Einheit von einer Röhre in eine andere mittels einer einfachen technomantischen Kerze. Der Inhalt der einen wird um 1 dekrementiert, der der anderen um 1 inkrementiert. Diese Operation ist auch die schnellste, die Verschiebung selbst geschieht in Nullzeit, nur die Ansteuerung braucht (im Falle der Ä1 relativ viel) Zeit. Die zweite grundlegende Operation ist die Doppelverschiebung, mittels zweier verknüpfter Kerzen: Dabei wird der Inhalt zweier Röhren um je 1 dekrementiert und der Inhalt zweier anderer um je 1 inkrementiert, sofern möglich. Auch das in Nullzeit, plus Ansteuerung.



Die obere Röhre wird inkrementiert.

Die untere Röhre wird dekrementiert.



Beide oberen Röhren werden inkrementiert.

Beide untere Röhren werden dekrementiert.

Die für diese Operationen verwendeten Symbole sind  und .

Diese beiden Operationen für sich erscheinen relativ nutzlos, aber sie lassen sich gut zu brauchbareren Operationen kombinieren. Dazu muss man wissen, dass die Ä1 grundsätzlich auch den Vorratsbehälter für das magische Fluid als Röhre behandelte, somit stand eine Röhre zur Verfügung, die sich **immer** dekrementieren und auch **immer** inkrementieren ließ. Ihr wurde die Kennung I (wie **i**mmer) zugeteilt.

Die Ä1 hatte:

- 50 Doppelröhren mit einem Fassungsvermögen von 2 mal 13 Einheiten. Diese wurden zum Speichern von druckbaren Zeichen verwendet. 195 (99_{14}) verschiedene Zeichen waren möglich. Sie trugen die Kennung D1 bis D50 (**d**ruckbar).
- 50 Achtfachröhren mit einem Fassungsvermögen von zweimal einer und 6 mal 13 Einheiten. Diese wurden sowohl für Gleitkommazahlen als auch für Ganzzahlen verwendet - 38415 (9999_{14}) für die Mantisse und 195 (99_{14}) für den Exponenten oder 7529535 (999999_{14}) für die Ganzzahl, 1 für das Vorzeichen, und die letzte Röhre enthielt genau dann eine Einheit Fluid, wenn die Achtfachröhre eine Gleitkommazahl enthielt. Die Achtfachröhren trugen die Kennung Z1 bis Z50 (**Z**ahl).
- 14 Röhren mit einem Fassungsvermögen von 13 Einheiten. Diese dienten als temporärer Speicher. Sie trugen die Kennungen T1 bis T14 (**t**emporär).

- 13 Röhren mit einem Fassungsvermögen von 1 bis 13 Einheiten, die zur Initialisierung beziehungsweise als Konstanten verwendet wurden. Deren Kennungen waren K1 bis K13 (**k**onstant). Diese Röhren mussten nicht in mehreren Schritten von I aus gefüllt werden, sie brauchten nur einen Takt dafür.
- Den Vorratsbehälter I.

Die Einzelröhren konnten allerdings nur direkt addressiert werden, beispielsweise als Z7#5 für die erste Mantissenröhre (oder fünfte Ganzzahlröhre) der siebten Achtfachröhre, es gab noch keine Möglichkeit, tatsächlich mit einer Achtfachröhre als ganzes zu arbeiten.

Ebenfalls hatte die Ä1 ein sehr einfaches Rechenwerk aus technomantischen Kerzen:

- Eine einfache Kerze zur Übertragung von Fluid von einer in eine andere Röhre (die oben erwähnte grundlegende Operation)
- Zwei verknüpfte Kerzen zur Übertragung von Fluid von zwei Röhren in zwei andere Röhren (die andere grundlegende Operation)
- 14 Messkerzen, die an sind, wenn die ihr zugewiesenen Röhren nicht leer sind

Dieses Rechenwerk enthielt natürlich noch Fluidleitdrähte, Fluidleitkontakte, Kerzenklappen, technomantische Zuweisungskontakte und eine blinkende Taktkerze. Durch die vielen mechanischen Bauteile konnte das Rechenwerk nur vier mal pro Sekunde schalten.

Für die Ein- und Ausgabe verfügte die Ä1 über:

- 169 Lochkartenmodule, sie trugen die Kennungen K1 bis K169
- 1 Tastatur
- 1 Buchse, an die sich ein Drucker oder eine Matrixlämpchenausgabe anschließen ließen

Befehle und Kontrollanweisungen

Anweisungen an die Ä1 konnten nur in voller Maschinensprache gegeben werden, höhere Sprachen, die in Maschinensprache kompiliert wurden, gab es erst deutlich später. Das bedeutet auch, es wurde direkt mit den einzelnen Röhren gearbeitet, zudem war nur Konvention, wozu die einzelnen Röhren überhaupt dienten. Bei Bedarf konnte daher etwa beispielsweise mit einer größeren Mantisse und einem kleineren Exponenten, oder andersherum, gerechnet werden. Wie mit diesen Zahlen gerechnet werden musste, wusste die Ä1 zudem gar nicht, es musste auf Basis der Operationen und zunächst ein passender Algorithmus programmiert werden.

Beispiel:

T10 und T11 sollen addiert und das Ergebnis in T12 (14er-Stelle) und T13 (Einerstelle) gespeichert werden. Da mit T10 und T11 danach noch irgendetwas anderes gemacht werden können soll, müssen sie bestehen bleiben.

```
M1 T10  (Messkerze 1 wird T10 zugewiesen)
L M1 D (soLange M1 an, Dann)
   I T10  T1 T2 (T10 wird dekrementiert und T1 und T2 inkrementiert, sofern möglich)
L E (soLange Ende)
M1 T2  (Messkerze 1 wird T2 zugewiesen - darin ist (wie auch in T1) die Menge Fluid, die zuvor im jetzt leeren T10 war)
```

```
L M1 D (soLange M1 an, Dann)
   T2 ↯ T10 (T10 wird Schritt für Schritt in den vorigen Zustand zurückversetzt, T2 ist am Ende leer)
L E (soLange Ende)
```

An diesem Punkt ist T10 fertig in T1 kopiert. T1 wird vorerst beiseitegelegt, auch T11 muss noch kopiert werden.

```
M1 T11
L M1 D
   I T11 ↯↯ T2 T3
L E
M1 T3
L M1 D
   T3 ↯ T11
L E
```

Damit enthalten T1 und T2 dieselben Zahlen wie T10 und T11, jetzt kann addiert werden:

```
M1 T3  (Messkerze 1 wird T3 zugewiesen, T3 ist derzeit leer)
I ↯ T3  (T3 enthält nun eine Einheit und ist somit nicht leer)
L M1 D  (soLange M1 an, Dann)
   T3 ↯ I  (T3 ist leer, damit es als Abbruchbedingung verwendet werden kann)
   I T2 ↯↯ T1 T3  (T2 wird dekrementiert, T1, das ja bereits eine Zahl enthält, und T3 werden inkrementiert, wenn möglich.
                  Wenn das klappt, ist T3 nicht mehr leer)
L E
```

T1 enthält nun entweder die Summe beider Zahlen (13 oder kleiner) oder genau 13 und es ist in T2 noch etwas übrig. Je nach dem, wird nun weiter verfahren:

```
M1 T2 (Messkerze 1 wird T2 zugewiesen)
W M1 D  (Wenn in T2 noch etwas übrig ist, Dann)
   I ↯ T12  (T12 enthält nun eine Einheit, die 14er-Stelle)
   L M1 D  (soLange M1 Dann)
      T2 ↯ T13  (T2 wird Schritt für Schritt in T13 übertragen, am Ende ist T2 leer)
   L E
W S  (Wenn Sonst)
   M2 T1  (Messkerze 2 wird T1 zugewiesen)
   L M2 D  (soLange M2 Dann)
      T1 ↯ T13  (T1 wird Schritt für Schritt in T13 übertragen, am Ende ist T1 leer)
   L E
W E
```

Nun liegt das Ergebnis in T12 und T13 vor.

Die Einrückung wurde zur besseren Lesbarkeit ergänzt, die Ä1 verstand führende Leerzeichen allerdings leider nicht.

Dieser kleine Algorithmus enthält fast alle Anweisungen, die die Ä1 versteht. Aufgelistet sind diese die Folgenden:

- Messkerzenzuweisung: `Kerzenkennung Röhrenkennung`
- Verschiebung: `Röhrenkennung1 ↯ Röhrenkennung 2`
- Doppelverschiebung: `Röhrenkennung1 Röhrenkennung2 ↯↯ Röhrenkennung3 Röhrenkennung4`
- Solange: `L Kerzenkennung D, L E`
- Wenn: `W Kerzenkennung D, W S, W E`
- Lochkarteneingabe für druckbare Zeichen: `GDK Röhrenkennung1 Röhrenkennung2`
- Tastatureingabe für druckbare Zeichen: `GDT Röhrenkennung1 Röhrenkennung2`

- Lochkartenausgabe für druckbare Zeichen: `ADK Röhrenkennung1 Röhrenkennung2`
- Druckausgabe für druckbare Zeichen: `ADD Röhrenkennung1 Röhrenkennung2`
- Lochkarteneingabe für Ziffern / Zahlen bis 13: `GZK Röhrenkennung`
- Tastatureingabe für Ziffern / Zahlen bis 13: `GZT Röhrenkennung`
- Lochkartenausgabe für Ziffern / Zahlen bis 13: `AZK Röhrenkennung`
- Druckausgabe für Ziffern / Zahlen bis 13: `AZD Röhrenkennung`
- Wechsle Befehlskarten: `B Lochkartenmodulkennung`
- Wechsle Datenkarten: `D Lochkartenmodulkennung`

Durch den Wechselbefehl waren auch echte Programmsprünge zusätzlich zu **W**enn und So**L**ange möglich.

Die druckbaren Zeichen enthalten natürlich auch Ziffern, die erste der beiden Röhren ist dann leer, die zweite gleich der Zahl selbst.

Probleme der Ä1

Beim Programmieren für die Ä1 musste man extremst, gewaltig und unglaublich aufpassen, dass man keine Endlosschleifen produzierte. Selbst Profis, die täglich den ganzen Tag damit arbeiteten, schlüpften ständig welche durch, weil die Ä1 schlicht Röhren nicht darauf prüfen konnte, ob sie **voll** sind, sondern nur darauf, ob sie **etwas** enthielten. Ein Verschiebebefehl mit einer vollen Röhre als eines der Ziele ändert am Gesamtstatus des Systems allerdings gar nichts, und wenn dieser Verschiebebefehl nun in einer Schleife ist, hat man den Salat.

Es wurden nur 11 Ä1 für die allerwichtigsten Universitäten überhaupt gebaut, und wenig später war ohnehin die im Binärsystem arbeitende Ä2 aktuell, bei der jede Röhre, die **etwas** enthielt, gleichzeitig auch **voll** war. Die Ä2 hatte auch den Vorteil, dass das Kopieren ganzer Röhrenreihen in Hardware gelöst war und nicht für jede einzelne Röhre durch zweimaliges Verschieben programmiert werden musste.

Dennoch war die Ä1 ein Meilenstein der Rechnerentwicklung.

Das Erbe der Ä1-Maschinensprache

Noch immer lernen Studenten, für die Ä1 zu programmieren. Keines dieser Studentenprogramme wird je auf einer echten Ä1 ausgeführt (es gibt nur noch zwei, beide stehen tatenlos in Museen), sondern bestenfalls auf einem Emulator, aber die Professoren halten es für wichtig, dass die Studenten lernen, dass selbst sehr eingeschränkte Befehlssätze nicht bedeuten, dass ein System weniger mächtig ist. Und die Tücken der Ä1-Programmierung sind auch bestens geeignet, den Studenten Problemlösungsstrategien beizubringen.

Gerade als Symbol für Problemlösungen unter widrigen Umständen hat auch eine zusätzliche moderne Bedeutung angenommen, denn ohne die Doppelverschiebung wäre es mit der

Ä1 noch deutlich schwieriger gewesen - im Prinzip durchaus möglich, aber der begrenzte Speicher und die geringe Anzahl Messkerzen hätte in der Praxis nur mehr sehr wenig erlaubt.

So findet man  auch immer wieder an Mauern gesprüht, wenn eine Gruppierung ihre Mitglieder zum Durchhalten anhalten will: Es gibt eine Lösung für das gerade aktuelle Problem, man muss nur seitenweise prüfen, mitzählen, hinschieben, zurückschieben ... bis man es irgendwann geschafft hat, sofern man nicht mittendrin aufgegeben hat.