

# Die ergonomischen Erfindungen der Zuse-Maschinen

Horst Zuse

TU-Berlin  
FR 5-3  
Franklinstraße 28/29  
10587 Berlin  
horst.zuse@t-online.de

**Abstract:** Konrad Zuses frühe vollautomatische Rechenmaschinen Z1-Z4 zeichnen sich nicht nur durch das Prinzip des minimalen Entwurfs, Boolescher Logik, binärer Gleitkommazahlen, usw. aus, sondern auch durch ergonomisch konstruierte Schnittstellen zwischen dem Nutzer und der Rechenmaschine. Diese Aspekte sind bisher nur wenig beachtet worden.

## 1 Einleitung

Eine hohe Bedienungsfreundlichkeit gehörte nicht zu den Eigenschaften der meisten frühen Rechenmaschinen. Ein Beispiel ist der ENIAC (1945), der durch Hunderte von Kabeln konfiguriert werden musste. Die Architektur der Rechenmaschinen Z1, Z2, Z3 und Z4 von Konrad Zuse ist hinlänglich bekannt [RO98], [HE04] und [AL00]. Wenig beachtet und wenig publiziert wurde bisher über den Aspekt der Mensch-Maschine Schnittstelle der Zuse-Maschinen, d.h. über die ergonomischen Konzepte der Zuse-Maschinen. Die Ergonomie ist die Wissenschaft von der Gesetzmäßigkeit menschlicher Arbeit, zentral ist dabei die Verbesserung der Schnittstelle zwischen Benutzer (= Mensch) und Objekt (= Maschine). Der Artikel ist wie folgt strukturiert: In Kapitel 2 wird die Dialogfähigkeit der Maschine Z3 beschrieben, in dem Kapitel 3 werden das Planfertigungsteil der Maschine Z4 und das geplante Planfertigungsgerät diskutiert und das Kapitel 4 gibt eine Zusammenfassung.

## 2 Dialogfähigkeit der Maschine Z3

Die programmgesteuerte Rechenmaschine Z3 von Konrad Zuse rechnet mit binären Gleitkommazahlen, aber die Ein- und Ausgabe erfolgt mit dezimalen Gleitkommazahlen, um dem Nutzer einen einfachen Umgang mit der Ein- und Ausgabe von Zahlen zu ermöglichen. Zusätzlich kann die Maschine Z3 in zwei Betriebsmodi betrieben werden, und zwar in dem Programmmodus und dem manuellen Modus. Ist kein Rechenplan vorhanden, dann arbeitet die Maschine immer im manuellen Modus. Ein laufender Rechenplan kann durch den Befehl Lu unterbrochen werden.

Dieser Befehl bewirkt den Stop des Ablaufes des Rechenplanes und fordert die Eingabe eines Zahlenwertes. Die Maschine Z3 befindet sich jetzt im manuellen Modus.

Wird ein Rechenplan ausgeführt, dann befindet sich die Maschine im Programmmodus. Im manuellen Modus kann die Z3 im Dialogbetrieb betrieben werden.

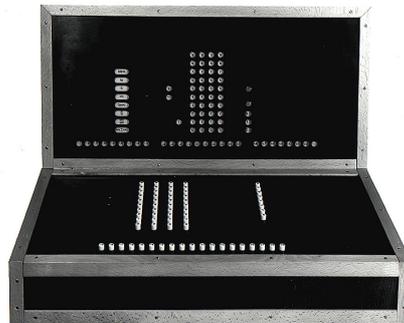


Abbildung 1: Die Ein- und Ausgabeeinheiten der Z3 (Nachbau von 1961).

Dazu stehen die beiden Register R1 und R2 als Kurzspeicher für die Operanden der arithmetischen Operationen zur Verfügung. Gerechnet wird in der umgekehrten polnischen Notation, wie z.B. beim Taschenrechner HP 45 (1972) oder HP11 (1998). Über das Tastenfeld in der Mitte kann die Mantisse mit einer Genauigkeit von vier Dezimalziffern eingegeben werden. Mit den Tasten auf der rechten Seite können folgende Maschinenoperationen durchgeführt werden: Ld: Anzeige des Inhaltes von Register R1 auf der Ausgabeeinheit (oben); R1R2: speichere die eingegebene Zahl in Register R1 oder R2; Ls1: addiere die Inhalte von Register R1 und R2:  $R1 := R1 + R2$  (Zu lesen: die Inhalte der Register R1 und R2 werden addiert und das Ergebnis wird R1 zugewiesen); Lm: Multiplikation der Inhalte von Register R1 und R2:  $R1 := R1 * R2$ ; Li: Division der Inhalte von Register R1 und R2:  $R1 := R1 / R2$ , Lw: Quadratwurzel des Inhaltes von Register R1:  $R1 := \text{SQR}(R1)$ ; A: der Rechenplan (Programm), falls vorhanden, wird fortgesetzt. Die Umschaltmöglichkeit vom Programmmodus in den Dialogmodus ist für den Nutzer sehr hilfreich und ist ein bei modernen programmierbaren Taschenrechnern beibehaltenes Prinzip.

### 3 Planfertigungsteil der Maschine Z4 und Planfertigungsgeräte

In diesem Kapitel beschreiben wir die ergonomischen Konzepte bei der Erstellung von Rechenplänen mit dem Planfertigungsteil der Maschine Z4 und dem geplanten Planfertigungsgerät aus dem Jahr 1943.

#### 3.1 Planfertigungsteil der Z4

Mit der Konstruktion der Maschine Z4 wurde im Jahr 1942 in Berlin-Kreuzberg begonnen. Die Z4 sollte die Maschine sein, die in Serie produziert und an Ingenieurbüros ausgeliefert werden sollte. Das Gerät Z4 wurde schon 1942 mit einer speziellen Einrichtung versehen, die Konrad Zuse als Planfertigungsteil bezeichnete.

Im Jahr 1950 wurde die Z4 an die ETH-Zürich für fünf Jahre vermietet. Vor Abschluß des Vertrages wurde die Maschine Z4 im Jahr 1949 von Wissenschaftlern der ETH-Zürich in Hopferau einem ausführlichen Test unterzogen. Wir zitieren hier auszugsweise aus dem Abschlußbericht der Herren Böhm und Laett [ETH81]:

„Im folgenden gebe ich einen Bericht über den Vergleich der Z4 mit dem amerikanischen Geräten im Jahr 1949 wieder. Unten ist von einem besonderen Gerät zur Erstellung des Befehlsstreifens die Rede. Dieses Gerät ist geeignet, Programme sehr einfach und effizient zu erstellen:

Vorteile: Ein hervorragender Vorteil der Z4 ist das besondere Gerät zur Erstellung der Befehlsstreifen. In Amerika werden solche „coding-machines“ erst geplant. Dies gestattet eine denkbar einfache Herstellung des Streifens (Programmstreifens), die nicht die Kenntnis eines besonderen Code erfordert. Demgegenüber brauchen die amerikanischen Rechen-Institute speziell ausgebildetes Chiffrierpersonal. Irrtümlich gegebene Befehle werden von der Z4 teilweise automatisch aufgedeckt, und der Befehlsstreifen kann dann leicht korrigiert werden. Die Möglichkeit, die Befehle von Hand zu geben, ohne Befehlsstreifen, ist sehr bequem für Rechnungen, die nur einmal ausgeführt werden müssen, und für die Durchführung von Prüfrechnungen. Die oben angeführte Hilfseinrichtung zur Erstellung von Programmen ist sehr übersichtlich. Es können z.B. die Elemente einer Matrix in der richtigen quadratischen Anordnung eingegeben werden. Die Maschine Z4 arbeitet etwa 100 mal langsamer als eine betriebssichere amerikanische Maschine. Dieser Nachteil fällt aber nur ins Gewicht, wenn sehr viele Rechnungen mit demselben Streifen nacheinander ausgeführt werden. In allen anderen Fällen ist die Herstellung des Streifens sowieso die zeitraubende Arbeit“

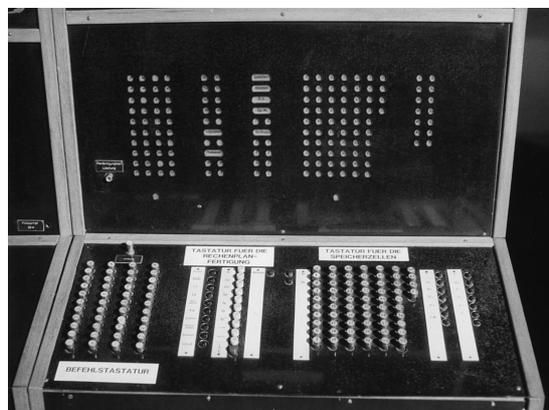


Abbildung 2: Planfertigungsteil der Maschine Z4.

Mit dem Planfertigungsteil können auf einfache Weise Programme über symbolische Adressen und Symbole für arithmetische Operationen anfertigt werden. Mit Hilfe dieses Gerätes ist es möglich, die Programmierung der Z4 (29 Rechenplanbefehle) in weniger als 3 Stunden zu erlernen. Auch ist es möglich, Programme zu korrigieren bzw. zu kopieren.

Die linke vertikale Reihe von Tasten dient der Ausführung von Rechenoperationen, die mittlere Reihe zur Rechenplanfertigung und die rechte Reihe zur Anwahl der Speicherstellen. In [SP03] schreibt Ambros Speiser, der selbst an der Z4 arbeitete, über die Programmierbarkeit der Z4: „Die Programmierung erfolgte an einem Schaltpult, das überaus bedienungsfreundlich ausgestaltet war; es war klar, dass Zuse im Betrieb solcher Maschinen über große Erfahrung verfügte“.

## 2.2 Planfertigungsgeräte

Konrad Zuse verfaßte 1943 [ZU43], [ZU43a] einen Bericht über Planfertigungsgeräte. Aufgabe dieser Geräte war es, die Herstellung der Rechenpläne für das algebraische Rechengesetz Z4 wesentlich zu erleichtern. Der Ausbau der Geräte sollte in mehreren Stufen erfolgen: Eintastung einer Formel an einer Tastatur in der üblichen mathematischen Schreibweise, Ableitung von Rechenplänen spezieller Struktur aus Rechenplänen allgemeiner Struktur (Einschmelzen von Rechenplänen), und Zusammensetzen von Rechenplänen aus Teilplänen und Unterplänen (Montageverfahren).

Im Jahr 1986 kommentierte Konrad Zuse die Planfertigungsgeräte: „Die Idee der Planfertigungsgeräte ist typisch für den Stand der Technik um 1940. Die zur Verfügung stehende Speicherkapazität war gering (geplant waren mechanische Speicher mit 1000 Worten). Dagegen war die Schaltungsmathematik für Relaischaltungen bereits völlig ausgebaut und die Idee des allgemeinen Rechnens mit Bedingungen usw. völlig entwickelt. Aus dieser Situation erschien die Idee eines gesonderten Planfertigungsgerätes damals eine günstige Lösung. Heute werden für diese Aufgaben keine besonderen Geräte benötigt. Jedoch war die heutige Architektur der Geräte erst sinnvoll, als Speicher mit mindestens 8000 Worten Kapazität zur Verfügung standen“.

Konrad Zuse wollte ein Planfertigungsgerät bauen, bei dem es lediglich nötig ist, die Formel so in die Maschine einzutasten, wie sie geschrieben wird. Die Tastatur dazu sollte wie folgt aussehen:

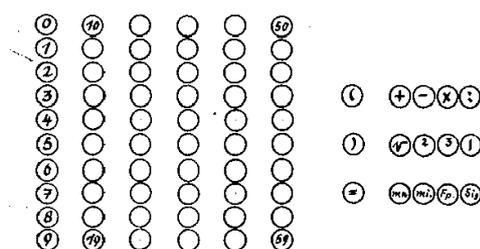


Abbildung 3: Tastatur des Planfertigungsgerätes.

Zitat aus [ZU43]: „Links haben wir die Tasten für die Variablen. Rechts haben wir die sonstigen Zeichen einschließlich hoch 2 und hoch 9, Absolutstrich und die Hilfsoperationen wie Min und Max.“

Verschiedene Klammerzeichen sind nicht nötig, da die Kennzeichnung einer Formel mit nur einer Klammerart bereits eindeutig ist. Bruchstriche werden mit Hilfe der Klammerzeichen und das Divisionszeichen dargestellt

Die Maschine kontrolliert dann selbsttätig, ob eine sinnvolle Zeichenfolge getastet wird. Ausgelöst durch diese Befehlsfolge wird der Rechenplan selbsttätig entwickelt und auf ein Lochgerät übertragen. Zur Kontrolle des fertigen Rechenplans kann dann das Planfertigungsgerät mit einem Abtaster versehen werden und die vorliegende Befehlsfolge wieder rückwärts in eine Formel zurückgebildet werden. Zu diesem Zweck wird das Gerät mit einem Anzeigefeld versehen, an dem Lampen in derselben Anordnung angebracht sind wie die Tasten der Tastatur“. Konrad Zuses Vision war, ein Planfertigungsgerät mit einem Montagverfahren zu konstruieren, bei dem mehrere Rechenpläne aus einem Vorrat bereits vorhandener Rechenpläne zusammengesetzt werden.

### **3 Abschließende Bemerkungen**

In Konrad Zuses Rechenmaschinen Z3 und Z4 finden sich ergonomische Konzepte, die einerseits die Handhabung der Maschine Z3 im Dialogbetrieb unterstützten, andererseits die Erstellung von Rechenplänen so einfach wie möglich gestalten sollen. Das Planfertigungsgerät der Z4 hat sich im Praxisbetrieb an der ETH-Zürich in den Jahren 1950-55 bei der Erstellung von Rechenplänen bestens bewährt. Zur Konstruktion des Planfertigungsgerätes ist es nicht mehr gekommen.

### **Literaturverzeichnis**

[AL00] Alex, Jürgen; Mons, Wilhelm; Flessner, Hermann; Pauli, Kurt; Zuse, Horst: Konrad Zuse – Der Vater des Computers, Parzeller Verlag, Fulda, 2000.

[ETH81] ETH-Zürich: Konrad Zuse und die Frühzeit des wissenschaftlichen Rechnens an der ETH - Dokumentation, ETH-Zürich, 1981 (Auch in ZU05).

[HE04] Hellige, Hans Dieter (Hrsg.): Geschichten der Informatik. Springer Verlag, 2004.

[RO98] Rojas, Raul: Die Rechenmaschinen von Zuse. Springer Verlag, 1998.

[SP03] Speiser, Ambros: Ein Apparat, dicht bepackt mit Hebeln, Blechen, Federn, Stahlstiften. Wie Konrad Zuses Z4-Computer 1950 nach Zürich gelangte. Neue Züricher Zeitung, 16.5.2003.

[ZU43] Zuse, Konrad: Planfertigungsgeräte. Bericht der Zuse Apparatebau Berlin (interner Bericht), 1943.

[ZU43a] Zuse, Konrad: Angebot auf Entwicklung und Bau eines Planfertigungsgerätes. Notizen, Interner Bericht, Jahr ca. 1943.

[ZU05] Zuse, Horst: Konrad Zuse Multimedia Show 2005. Erhältlich bei: [www.zuse.info](http://www.zuse.info).