

Oberseminar "Geschichte der Informatik"

"Zuse" von Andreas Dietrich

1. Vorwort

- schon 1679 entwickelte Gotthold Wilhelm von Leibnitz das Dualsystem → fand aber keine Zuhörer, weil Menschen gewohnt waren, mit Dezimalsystem zu rechnen
- 1835 hatte Engländer Charles Babbage die Idee einer programmgesteuerten Rechenmaschine → arbeitete im Dezimalsystem mittels Zahnrädern; trotz 30jähriger Bau- und Entwicklungsphase wurde diese "Analytical Engine" nie funktionsfähig fertiggestellt → Grund: mangelhaftes Material und fehlende Präzision der damaligen Zeit; Idee ging wieder verloren; ein Nachbau der Maschine funktionierte einwandfrei
- ebenso sei erwähnt, daß Turing sich auch mit dem Konzept einer Rechenmaschine auseinandersetzte; allerdings mehr im theoretischen Sinne als Modell für seine theoretischen Studien in der Anwendung der mathematischen Logik

2. Chronologie

Der Mensch Zuse:

- wurde am 22.06.1910 in Berlin geboren
- Kindheit verbrachte er in Braunsberg (Kleinstadt in Ostpreußen)
- bereits mit 9 Jahren kam er an ein Gymnasium, später wegen Umzug auf ein modernes Reform-Realgymnasium in Hoyerswerda → der dort herrschende Freigeist kam Schüler Zuse sehr entgegen
- Interesse an allem Technischen und Konstruktiven (Umbau von Fahrrädern, umfangreiche Krankonstruktion aus Stabilbaukasten (sein "Ein und Alles"), Karikaturen, später expressionistische Malereien
- 1927 Studium im Fach Maschinenbau an Technischen Hochschule Berlin-Charlottenburg → Zuse empfand Mangel an Freiheit für schöpferischen Geist und Einengung durch alles regelnde Normen
- also wechselte er Studienrichtung zur Architektur → auch hier fühlte er sich nicht wohl; sah seine Interessen nicht getroffen
- abermals Wechsel, diesmal zu Bauingenieurwesen → ideale Kombination aus Ingenieurwissenschaft und Kunst

Die Idee einer Rechenmaschine:

- Anlaß für Gedanken an Rechenmaschine waren die umfangreichen ernüchternden Zahlenrechnungen aus der Statik
- Zuse versuchte diese zunächst durch vorgefertigte Formulare zu systematisieren
- weitere Überlegungen führten dann über verschiedene gedankliche Zwischenstufen zu dem Ursprung dessen, was wir heute als Computer nennen, der Z1 und ihren späteren Folgemodellen

Das Multitalent:

- der damals 20jährige Student Zuse stellte auch auf anderen Gebieten bemerkenswerte Überlegungen an:
 - er widmete viel Zeit der Fotografie sowie der automatischen Bildentwicklung
 - in einer Studienarbeit entwarf er den Gedanken des "Elliptischen Kinos", in dem an jedem Zuschauerplatz die gleiche Sehqualität gewährleistet ist
 - er entwarf einen Warenautomaten mit Geldrückgabe, der die eingegebenen Geldstücke addieren, die Differenz zum Kaufpreis bilden und den Restbetrag gegebenenfalls auszahlen konnte
 - er schrieb ein Buch über sein politisches und wirtschaftliches Interesse an der Gesellschaft, sowie sein recht lebhaftes Studentenleben
 - er war Laienschauspieler im akademischen Verein „Motiv“
-

Die Entstehung der Z1:

- die ersten Überlegungen stammen aus dem Jahr 1933
 - aufgrund der politischen Lage schenkte man dieser zukunftsweisenden Erfindung lange keine Bedeutung
 - 1935 arbeitete Zuse nach seinem Studium für einige Monate bei den Henschel Flugzeugwerken
 - dieser Arbeitsplatz wurde allerdings bald gegen das elterliche Wohnzimmer als "Erfinderwerkstatt" eingetauscht
 - Bau der Z1 wurde von Freunden und der Familie finanziert
 - sein Konzept für die Z1 sah zunächst eine rein mechanische Lösung vor → bedeutete hundertfaches Sägen und Feilen an verschiedensten Blechen (dazu später mehr); Baumaterial war meist Altmetall
 - zunächst entstand Speicherwerk für 64 Worte mit je 24 Bit
 - anschließend kam das Rechenwerk, welches Addition, Subtraktion, Multiplikation, Division sowie die Umrechnung vom Dual- in das Dezimalsystem und umgekehrt beherrschte
 - Zuse nutzte das Dualsystem, weil dadurch nur 2 Zustände (0 und 1) nötig waren; damit die Eingabe und Ausgabe benutzerfreundlich im Dezimalsystem vorgenommen werden konnte, wurde die interne Umrechnung von Beginn an integriert
 - Z1 arbeitete in halblogarithmischer Schreibweise, welche heute unter dem Begriff der Gleitkomma-Darstellung bekannt ist, und wurde über ein Rechenplan gesteuert
 - aufgrund der schlechten fertigungstechnischen Möglichkeiten (Schaltglieder konnten nicht präzise arbeiten), konnte Z1 nie in Routinebetrieb gehen
-

Relaistechnik in der Z2:

- Z2 ist Kombination aus bewährtem mechanischen Speicherwerk der Z1 und einem Rechenwerk auf Relaisbasis
 - Bilder zeigen links ein Standard-Relais und links einen Relais-Schrittschalter
-

Der 2. Weltkrieg:

- inzwischen wurde Zuse zum Wehrdienst einberufen und mußte seine Arbeiten unterbrechen
 - nach halbjährigen Dienst konnte er seine Vorgesetzten von der Wichtigkeit seiner Arbeit überzeugen und wurde vom Dienst freigestellt
 - sein Major lehnte das erst ab mit den Worten:
"Verstehe ich gar nicht, Berechnungen von Flugzeugen, die deutsche Luftwaffe ist tadellos, was braucht da noch berechnet werden?"
 - Zuse arbeitete nun wieder bei Henschel Flugzeugwerken
 - nebenbei beendete er Bau der Z2 und stellte diese der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt (DVL) vor → vom Erfolg konnte er die bereits im Bau befindliche Z3 finanzieren
-

Die Zerstörung der Z-Reihe:

- noch während des Krieges gründete Zuse die Firma "Zuse Ingenieurbüro und Apparatebau Berlin"
 - 1942 begannen die Arbeiten an der Z4
 - wurde 1945 fertig gestellt und über abenteuerliche Wege vor der Zerstörung nach Hinterstein im Allgäu gerettet
 - die Vorläufer Z1, Z2 und Z3 wurden alle im Schutt begraben
-

Der Plankalkül:

- in den Nachkriegsjahren hatte Zuse wenig Zeit für wissenschaftliche Arbeiten; auch seine angestrebte Promotion unterblieb
 - später entwickelte er den Plankalkül, Grundzüge einer formalen höheren Programmiersprache
 - diese konnte sich allerdings nicht gegen die späteren amerikanischen Konkurrenten COBOL, ALGOL und FORTRAN durchsetzen
 - noch während des Krieges strebte Zuse die Patentierung einiger seiner Entwicklungen an (u.a. Z3) → wurde 1967 nach langjährigen Verfahren vom Bundespatentgericht abgelehnt
 - Gründe waren vor allem die nahezu zeitgleich in den USA von Professor Howard H. Aiken entwickelte MARK 1 und die fortschreitende Amerikanisierung der damaligen BRD
 - heute gilt als sicher, daß Zuses Z3 etwa 3 Jahre vor der MARK 1 fertiggestellt war und Aiken selbst bestätigte dies in einem persönlichen Brief an Zuse
-

Die Z4 geht ins Ausland:

- zurück zum chronologischen Ablauf:
 - 1947 gründete Zuse das "Zuse Ingenieurbüro, Hopferau bei Füssen"
 - es bahnen sich erste Auslandskontakte an
 - so gelangte 1949 die Z4 an die Eidgenössische Technische Hochschule Zürich und arbeitete dort so zuverlässig, daß sie die Nächte ohne Überwachung durchlaufen konnte
 - Z5 wurde letzte große Relaisrechner → wurde wie auch zahlreiche Folgemodelle in der optischen Industrie verwendet
 - Erfolge der Firma brachten mehrere Umzüge mit sich: erst nach Neukirchen (Hessen) und anschließend nach Bad Hersfeld
-

Die Z64:

- 1956 begann Serienproduktion der Z22
 - bald folgte die Transistortechnik
 - eine weitere bemerkenswerte Entwicklung war die Z64, ein vollautomatischer Zeichentisch, der seiner Zeit weit voraus war → ließ Lochstreifen oder -karten ein und zeichnete diese darauf gespeicherten Informationen in hoher Genauigkeit auf Papier
-

Das Ausscheiden Zuses:

- mit zunehmender Weiterentwicklung der Computer führte der hohe Aufwand der Programmerstellung zu erheblichen Problemen
 - dieses und zusätzliche wirtschaftliche Schwierigkeiten waren 1962 verantwortlich für das Zurückziehen Zuses aus der Wirtschaft
 - Unternehmen ging vollständig in den Besitz von Siemens über
 - nun hatte Zuse wieder Zeit für seine wissenschaftlichen Arbeiten
 - er überarbeitete den Plankalkül, der sich trotz Anerkennung in Fachkreisen in der Praxis nicht durchsetzen konnte
 - eine weitere Überlegung galt der Idee des sogenannten "Rechnenden Raumes" → Zuse führte Arbeiten zu diesem Thema an der Technischen Universität Braunschweig durch
 - er beschäftigte sich mit der Automatisierung technischer Abläufe
 - er erhielt vom Ministerium für Forschung und Technologie den Auftrag zur Erstellung einer Durchführbarkeitsstudie für das von ihm erdachte "Sich selbst reproduzierende System" → auch hier blieben seine Gedanken im wesentlichen nur auf dem Papier
 - Zuse bekam, zwar recht spät, aber dennoch die ihm gebührenden Ehrungen für seine Erfindungen
 - o 1957 Verleihung der Ehrendoktorwürde der Technischen Universität Berlin
 - o 1972 Verleihung des Großen Verdienstkreuzes des Verdienstordens der BRD
 - o 1975 Verleihung der Ehrenbürgerschaft der Stadt Hünfeld
 - o 1978 Berufsfachschule in Hünfeld erhält Namen Konrad-Zuse-Schule
-

Die "neue" Z1:

- 1986 realisierte der 78jährige Zuse die Rekonstruktion der Z1 mit Unterstützung der deutschen informationstechnischen Industrie
- wurde 1988 zum 50. Geburtstag des Computers fertiggestellt
- am 18.12.1995 starb Konrad Zuse im Alter von 85 Jahren

3. Die Zuse Z1

Titelbild:

- rechts Speicherwerk
 - links daneben Speichersteuerung, dann Multiplikator/Quotient
 - ganz links Addierwerk
 - im Hintergrund Lochstreifenleser
-

Zahlendarstellung:

- Z1 nutzt Dualsystem ($26d = 0011010b$)
 - halblogarithmische Schreibweise (heutige Gleitkommadarstellung) mit $y = B^e \cdot m$
 - normalisierte Mantisse m wird in 2 Speicherblöcken à 8 Bit gespeichert
 - Exponent e in Zweierkomplement-Darstellung bekommt 7 Bit
 - Vorzeichen der Mantisse v 1 Bit (0 = positiv, 1 = negativ)
-

Funktionen:

- 4 Grundrechenarten: Addition, Subtraktion, Multiplikation und Division
 - Umrechnung von Dual- in Dezimalsystem und umgekehrt
 - Logische Grundoperationen (Konjunktion AND, Disjunktion OR, Negation NOT, Äquivalenz (beide 0 oder beide 1), Disvalenz (= Antivalenz) XOR, Implikation ($a \rightarrow b$) "wenn a dann b")
-

Die mechanische Schaltgliedtechnik:

- alle Schaltglieder haben denselben prinzipiellen Aufbau: Festblech (dient als Maske), Steuerblech, bewegendes Blech (aktive Teil), bewegtes Blech (passive Teil)
 - in den definierten Blechausschnitten sitzt ein Schaltstift
 - dieser liegt auf Grundblech auf und läßt sich nur in horizontaler Richtung bewegen
 - läßt sich vom belegenden Blech verschieben und nimmt – je nach Stellung des Steuerblechs – das bewegte Blech mit
 - es gibt 3 Grundtypen von Schaltgliedern: einfaches, Verteiler- und Speicherschaltglied
-

Das einfache Schaltglied:

- es kann 2 definierte Positionen einnehmen (Zustand 0 oder 1)
 - je nach Stellung des Steuerblechs wird das bewegte Blech bei Veränderungen des bewegenden Blechs mitbewegt (Zustand 1) oder eben nicht, also sind beide Bleche voneinander entkoppelt (Zustand 0)
 - Bleche sind bei allen Schaltgliedern so gelagert, daß sie sich nur in eine horizontale Richtung verschieben lassen; außerdem sich sie nicht drehbar
-

Aufbau des einfachen Schaltgliedes:

- **das gezeigte Schaltglied befindet sich gerade in Schaltstellung, d.h. das steuernde Blech hat den Schaltstift in eine Stellung gebracht, die es dem bewegenden Blech ermöglicht, bei einer Veränderung seiner Lage in negative x-Richtung das bewegte Blech mitzunehmen (Schaltstellung "1")**
 - **eine Stellungsänderung des steuernden Bleches in positiver y-Richtung hat eine Entkopplung des bewegenden und des bewegten Bleches zur Folge (Schaltstellung "0")**
 - **das Festblech dient zur Führung des Schaltstiftes und gibt gleichzeitig mit seinem Ausschnitt die Bewegungsmöglichkeiten des Schaltstiftes an**
-

Das Verteiler-Schaltglied:

- findet Anwendung in der Umlenkung oder Taktverzögerung eines Schaltimpulses sowie dem Verteilen eines Schaltimpulses auf verschiedene Schaltglieder
-

Aufbau des Verteiler-Schaltgliedes:

- **die bewegenden Bleche geben in ihrer "0"-Stellung den gesamten Ausschnitt des Festbleches frei, so daß der Schaltstift jede beliebige Stellung innerhalb des quadratischen Feldes einnehmen kann**
 - **im folgenden Takt kann das steuernde Blech eine Bewegung in x-Richtung durchführen**
 - **befindet es sich in seiner linken Stellung (wie hier dargestellt), so wird der Schaltstift im darauffolgenden Takt durch die Schaltkante des bewegenden Bleches (1) in negative y-Richtung verschoben**
 - **befindet sich das steuernde Blech in rechter Stellung, so erfolgt eine Verschiebung des Schaltstiftes in positive y-Richtung, ausgelöst durch die Schaltkante des bewegenden Bleches (2)**
 - **der Schaltstift nimmt bei seinem oben beschriebenen Bewegungen das bewegte Blech in die jeweilige Richtung mit**
-

Das Speicher-Schaltglied:

- diese Abbildung zeigt vier einzelne Speicher-Schaltglieder
 - jede Zelle dient der Aufnahme eines Ja-Nein-Wertes (d.h. eines Bits)
-

Funktionen eines Speicher-Schaltgliedes:

- zur besseren Übersicht ist das Festblech hier nur durch seine Schalnase angedeutet

Speichern (links):

- **die Steuerbleche werden bei einzuspeichernder Ziffer "0" nach rechts und bei Ziffer "1" nach links verschoben (a)**
- **dann wird das Zellenblech nach oben verstellt (b)**

- **daraufhin werden die Steuerbleche wieder zurück in ihre Grundstellung gebracht, so daß die Schaltnasen des Grundblechs und der steuernden Bleche einander genau gegenüber zu liegen kommen**
- **die Schaltstifte werden bei dieser Bewegung durch die Schaltnasen der Steuerbleche mitgenommen (c)**
- **abschließend ist auch das Zellenblech wieder zurück in seine Grundstellung zu bringen (d)**
- **steht der Schaltstift nach diesem gesamten Ablauf rechts neben der Schaltnase des Festbleches, so ist der Wert "1" abgespeichert, befindet er sich links von der Schaltnase, so stellt dies den Wert "0" dar**

Lesen (rechts):

- **der Schaltstift befindet sich im oberen Schaltglied links (Ziffer "0") und im unteren Schaltglied rechts (Ziffer "1") neben der Schaltnase des Festblechs (a)**
- **zunächst wird das Zellenblech wieder nach oben gezogen (b)**
- **im folgenden Arbeitstakt führt es daraufhin eine sogenannte Lesebewegung durch, wobei es im abgebildeten Fall nach links verschoben wird**
- **bei gespeicherter Ziffer "1" besteht über den Schaltstift eine Kopplung mit dem Steuerblech, welches beim Lesevorgang als bewegtes Blech dient**
- **bei gespeicherter Ziffer "0" wird sowohl der Schaltstift als auch das Steuerblech nicht von der Lesebewegung des Zellenblechs beeinflusst (c)**
- **über Schaltglieder, die an die steuernden Bleche angeschlossen sind, werden die ausgeführten Bewegungen verarbeitet**
- **im letzten Arbeitsschritt wird das Zellenblech zurück in seine Arbeitsstellung gebracht**

Bildchen vom Zuse:

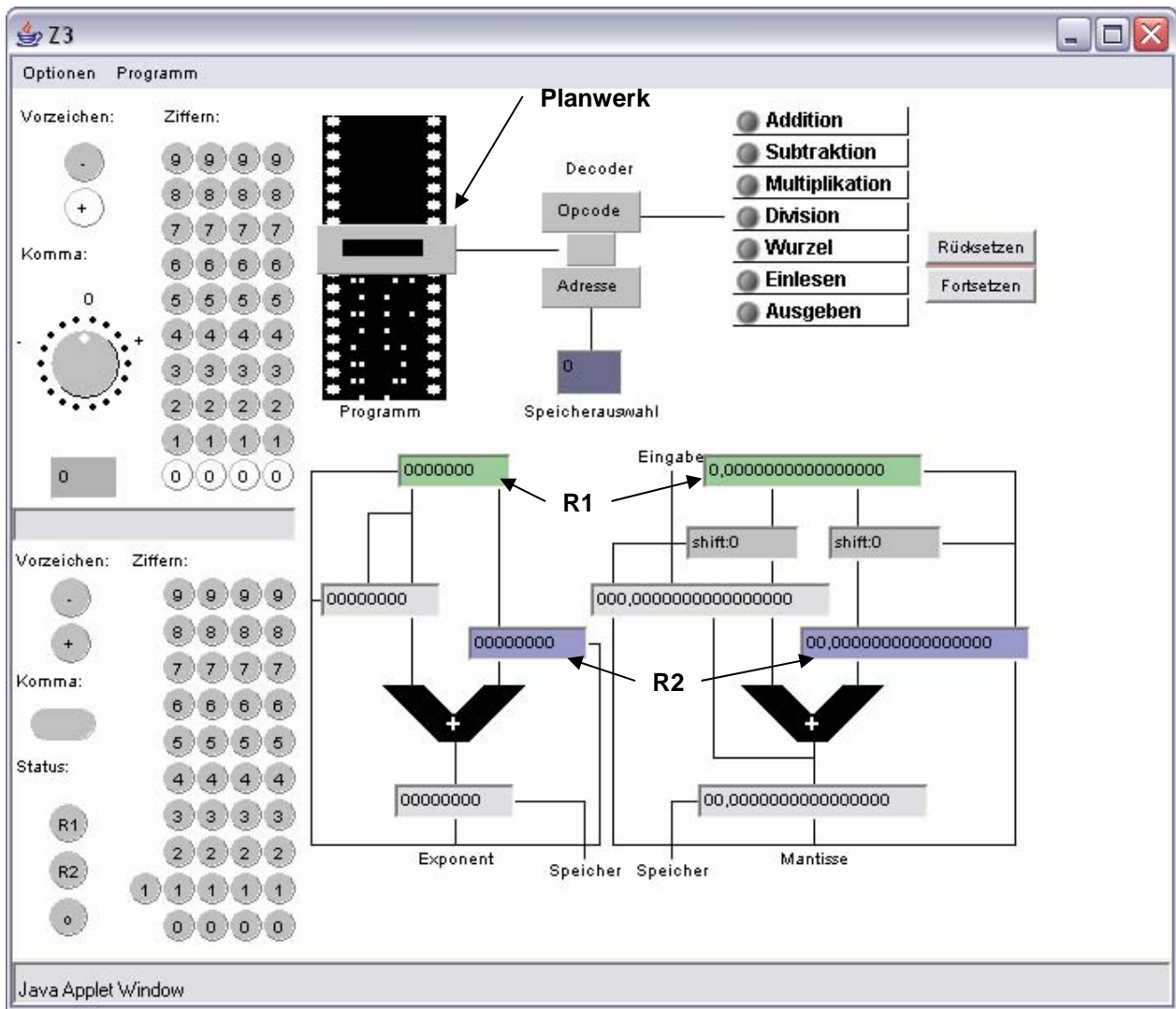
- das war nur Einblick in die Komplexität der Zuse Z1
- es gibt dann noch mechanische Disjunktion und Disvarianz.
- Speicherwerk bestehend aus mechanischen Antrieb, Impulsgeber, Programmstreifenlocher, Lochstreifenleser, Planwerk, Wählwerk, die eigentlichen Speicherblöcke und dazugehörige Speichersteuerung
- dieses mechanische Speicherwerk wurde (wie schon erwähnt) auch in der Z2 verwendet

4. Die Zuse Z3

Aufbau der Z3:

- basiert vollkommen auf elektromagnetischer Relais-technik (nicht nur das Rechenwerk wie bei Vorgängermodell Z2)
- 600 Relais im Rechenwerk
- 1400 Relais im Speicherwerk → speichert 64 Worte à 22 Bit
- binäres Zahlensystem und Gleitkommadarstellung
- Steuerung über 8-Kanal-Lochstreifen
- Eingabe über Spezialtastatur und Ausgabe über Lampenstreifen
- Geschwindigkeit: ca 3 Sekunden für Multiplikation, Division oder Quadratwurzelziehen

Video abspielen!!!



Z3 ist getaktete Maschine → ein Taktzyklus grob in 2 Phasen:

Vorbereitungsphase: nächsten Befehl dekodieren, benötigte Argumente auf Register übertragen und Additionswerk auf Addition/Subtraktion einstellen

Arbeitsphase: Ausführung einer Addition/Subtraktion

Z3 besitzt 3 Gruppen von Befehlen → Arithmetik-, I/O- und Speicherbefehle

z.B. braucht Addition 3 Zyklen, Subtraktion 4-5, Multiplikation 16, Division 18, Wurzel 20, Einlesen/Ausgeben 9-41, Laden 1, Speichern 0

Bild vergrößern (Planwerk verschwindet)

Eingabe von "5" → Verlauf zeigen und erklären (Umwandlung von Dezimal- in Dualsystem)

→ 3 mal "0" aus Eingabe, dann "5" → diese kodiert im Register R1 als $m=1.01$ und $e=10$ (dez.: 2)

Eingabe von "- 12" → wieder Verlauf zeigen → obwohl eigentlich Zweierkomplement sein sollte, steht in Register R2 als $m=1.1$ und $e = 11$ (dez.: 3)

Subtraktion $R1 - R2$ → Inhalt aus R1 wird in Additionsregister geschrieben → Addition zusammen mit R2 und Ergebnis nach R1 (sollte 17 als $m=1.0001$ und $e=100$ (dez.: 4) drinstehen)

Eingabe von "2" → im R2 $m=1.0$ und $e=1$

Division R1 / R2 (17 / 2) → der mehr lange rum, um die Division in verschiedenen Additionsschritten auszuführen → als Ergebnis sollte 8.5 im R1 stehen, also m=1.0001 und e=11, weil 0.5 dezimal immer 0.1 dual ist

Eingabe von 27.5 → zeigen des Drehreglers für Vorzeichen; !!!Verfolgung vorher ausschalten!!!

Addition R1 + R2 = 8.5 + 27.5 = 36 im R1 mit m=1.001 und e=101 (dez.: 5)

Wurzel ziehen

Ausgabe: 6 → R1 und R2 wurden gelöscht

Simulator schließen und neu starten → wegen Planwerk

Programmierung am Beispiel von Satz des Pythagoras: $a^2 + b^2 = c^2$

$$c = \sqrt{a^2 + b^2}$$

Ablauf des Programms:

Einlesen	(a)
Speichern nach 1	
Einlesen	b)
Speichern nach 2	
Laden von 1	(1. a)
Laden von 1	(2. a)
Multiplizieren	
Speichern nach 3	(a ²)
Laden von 2	(1. b)
Laden von 2	(2. b)
Multiplizieren	
Speicher nach 4	(b ²)
Laden von 3	
Laden von 4	
Addieren	
Wurzel ziehen	
Speichern nach 5	(Ergebnis zur besseren Übersicht)
Laden von 5	
Ausgabe	(Endergebnis)

1. Beispiel:

3	→ quadriert	9
4	→ quadriert	16
Ergebnis:		5

2. Beispiel:

76,3	→ quadriert	5 821,69
109,5	→ quadriert	11 990,25
Ergebnis:		133,461