

03-05-H
-709.53

Informatik für Nichtinformatiker (6)

Prof. Dr. Udo Frese
Tobias Hammer

Schlaglicht: Geschichte der Informatik I
bis kurz vor dem ersten Computer

Geschichte der Informatik

Quellen

- ▶ Für die allgemeine Information:
Friedrich Naumann: Vom Abakus zum Internet, Primus Verlag, 2001
- ▶ Für die Bilder (sofern nicht anders angegeben):
www.wikipedia.com

Erinnerung

- ▶ Informatik ist die Disziplin der systematischen, automatisierten Verarbeitung von symbolischer Information.
- ▶ Computer sind Maschinen zur Verarbeitung von Symbolen.





Rechnen im Stellenwertsystem

Zahlenzeichen

Römisch

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI	XVII	XVIII	XIX	XX

Maya

0	1	2	3	4
	•	••	•••	••••
5	6	7	8	9
	•	••	•••	••••
10	11	12	13	14
	•	••	•••	••••
15	16	17	18	19
	•	••	•••	••••

Babylon

1	𐀀	11	𐀀𐀀	21	𐀀𐀀𐀀	31	𐀀𐀀𐀀𐀀	41	𐀀𐀀𐀀𐀀𐀀	51	𐀀𐀀𐀀𐀀𐀀𐀀
2	𐀁	12	𐀀𐀁	22	𐀀𐀁𐀀	32	𐀀𐀁𐀀𐀀	42	𐀀𐀁𐀀𐀀𐀀	52	𐀀𐀁𐀀𐀀𐀀𐀀
3	𐀂	13	𐀀𐀂	23	𐀀𐀂𐀀	33	𐀀𐀂𐀀𐀀	43	𐀀𐀂𐀀𐀀𐀀	53	𐀀𐀂𐀀𐀀𐀀𐀀
4	𐀃	14	𐀀𐀃	24	𐀀𐀃𐀀	34	𐀀𐀃𐀀𐀀	44	𐀀𐀃𐀀𐀀𐀀	54	𐀀𐀃𐀀𐀀𐀀𐀀
5	𐀄	15	𐀀𐀄	25	𐀀𐀄𐀀	35	𐀀𐀄𐀀𐀀	45	𐀀𐀄𐀀𐀀𐀀	55	𐀀𐀄𐀀𐀀𐀀𐀀
6	𐀅	16	𐀀𐀅	26	𐀀𐀅𐀀	36	𐀀𐀅𐀀𐀀	46	𐀀𐀅𐀀𐀀𐀀	56	𐀀𐀅𐀀𐀀𐀀𐀀
7	𐀆	17	𐀀𐀆	27	𐀀𐀆𐀀	37	𐀀𐀆𐀀𐀀	47	𐀀𐀆𐀀𐀀𐀀	57	𐀀𐀆𐀀𐀀𐀀𐀀
8	𐀇	18	𐀀𐀇	28	𐀀𐀇𐀀	38	𐀀𐀇𐀀𐀀	48	𐀀𐀇𐀀𐀀𐀀	58	𐀀𐀇𐀀𐀀𐀀𐀀
9	𐀈	19	𐀀𐀈	29	𐀀𐀈𐀀	39	𐀀𐀈𐀀𐀀	49	𐀀𐀈𐀀𐀀𐀀	59	𐀀𐀈𐀀𐀀𐀀𐀀
10	𐀉	20	𐀀𐀉	30	𐀀𐀉	40	𐀀𐀉	50	𐀀𐀉		

Rechnen im Stellenwertsystem

- ▶ **Begriff für Zahlen entstand, ca. 23000-28000 v. Chr (Cro-Magnon-Phase)**
- ▶ **Additionssysteme (3500 v. Chr., Arappa, heutiges Pakistan)**
 - ▶ Z.B. römische Zahlen
 - ▶ Vielfachheit durch Wiederholung eines Symbols
 - ▶ Wertigkeit (für große Zahlen) durch neue Symbole (z.B. V, X, L, ...)
 - ▶ dargestellte Zahl ist Summe der aufgeführten Symbole (z.B. LXXIII = $50+10+10+1+1+1$)
 - ▶ wie man einen Betrag aus Scheinen und Münzen zusammenstückelt
- ▶ **„Aber du hast alles nach Maß, Zahl und Gewicht geordnet.“, Buch der Weisheit, 80-30 v. Chr.**
 - ▶ beschreibt das Gefühl durch Zählen und Messen die Welt im Griff zu haben

Rechnen im Stellenwertsystem

- ▶ **Stellenwertsysteme (200 v. Chr., Indien)**
 - ▶ feste Anzahl Ziffernzeichen 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9
 - ▶ Vielfachheit durch die Ziffer
 - ▶ Wertigkeit (für große Zahlen) durch Position der Ziffer
 - ▶ dargestellte Zahl ist Summe der Ziffern mal Stellenwert (z.B. $125 = 1 \cdot 100 + 2 \cdot 10 + 5 \cdot 1$)
- ▶ **verbreitete sich bald nach Arabien,**
- ▶ **aber spät nach Europa (spätes 13. Jh.)**
 - ▶ bis dahin römische Zahlen
 - ▶ Fibonacci, „Das Buch vom Abakus“, 1202, (Abakus \Rightarrow indische Arithmetik)
 - ▶ Verbot der indische Arithmetik in Florenz 1299
 - ▶ Widerstand der Kirche („Werk von Nichtchristen“)
- ▶ **Beispiel: $23 \cdot 47 = 1081$, $XXIII \cdot XLVII = MLXXXI$**

Rechnen im Stellenwertsystem



Rechnen im Stellenwertsystem

▶ **Abakus**

- ▶ Kugel auf eine Stange (oder Linie)
- ▶ Stange ergibt Wertigkeit
- ▶ Anzahl Kugeln ergibt Vielfachheit

▶ **Verbreitung**

- ▶ Indien (1100 v. Chr.)
- ▶ antikes Rom, Europa
- ▶ verbreitet lange vor dem indischen Stellenwertsystem
- ▶ heute noch in Russland, China, Japan

▶ **eigentlich: Gerät zum Speichern einer Zahl im Stellenwertsystem**

Rechnen im Stellenwertsystem

- ▶ **John Napier (Merchington Castle, 1550-1617)**
- ▶ **Napier Stäbe**
- ▶ **Einmaleins nach linkem Faktor geordnet auf Stäben**
- ▶ **Teilprodukte ablesen und addieren**

	4	7
1	0/4	0/7
2	0/8	1/4
3	1/2	2/1
4	1/6	2/8
5	2/0	3/5
6	2/4	4/2
7	2/8	4/9
8	3/2	5/6
9	3/6	6/3
10	4/0	7/0



Die Vierspeciesmaschine

- ▶ **Ziel:** Eine Maschine für die vier Grundrechenarten: +, -, *, /, die „*Vierspeciesmaschine*“
- ▶ **modern:** „Taschenrechner“
- ▶ **Technologie:**
 - ▶ Mechanik, Kurbeln, Zahnräder, Hebel, etc.
 - ▶ größtes Problem: die Fertigung
- ▶ **Motivation:**
 - ▶ wissenschaftliche Berechnungen in Geodäsie und Astronomie erfordern große Rechnungen von Hand
 - ▶ „*Es ist einen ausgezeichneten Menschen unwürdig, gleich Sklaven seine Zeit mit Berechnungen zu verbringen.*“,
Gottfried Wilhelm Leibniz (1646-1716)

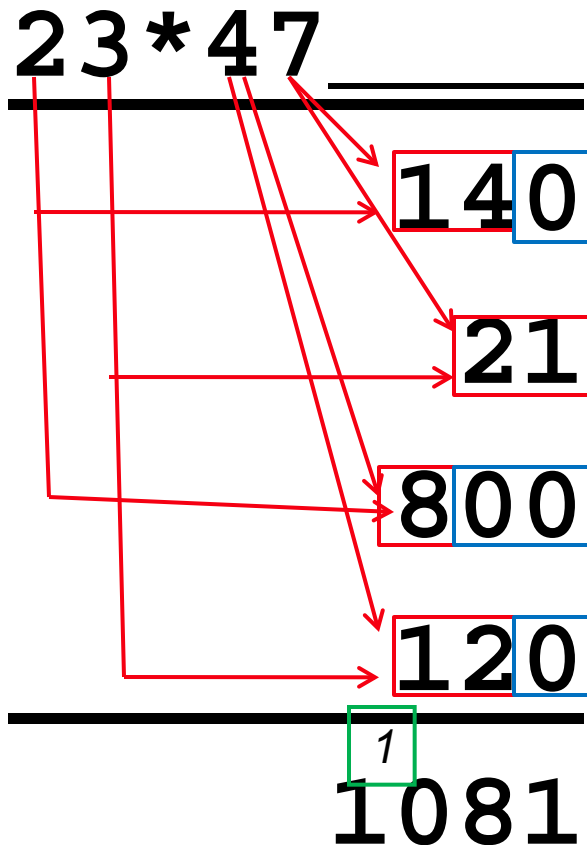
Die Vierspeciesmaschine

- ▶ **Teilprobleme der Multiplikation**

- ▶ Multiplikation einzelner Ziffern (kleines Einmaleins)
- ▶ Verschieben um Zehnerstellen
- ▶ Addieren mit Übertrag

$$\begin{array}{r} 23 * 47 \\ \hline 161 \\ 920 \\ \hline 1081 \end{array}$$

Die Vierspeciesmaschine



- ▶ **Teilprobleme der Multiplikation**
 - ▶ Multiplikation einzelner Ziffern, das kleine Einmaleins (rote Pfeile / Kästchen)
 - ▶ Verschieben um Zehnerstellen (blaue Kästchen)
 - ▶ Addieren
 - ▶ Übertrag (grün)
 - ▶ Ablaufsteuerung: Das alle Teillösungen zusammenwirken.

Die Vierspeciesmaschine

- ▶ **Rechenmaschine von Wilhelm Schickard (1592-1635), gebaut 1623**
- ▶ **Einmaleins:**
 - ▶ auf drehbare Stäbe geschrieben
 - ▶ nach Lord John Napier, 1617
- ▶ **Verschieben:**
 - ▶ manuell
- ▶ **Addieren:**
 - ▶ Räder mit Ziffern drehen
- ▶ **Übertrag**
 - ▶ Mitnehmestift an Rädern
 - ▶ Problem: Dominoübertrag $999999+1$
- ▶ **Ablaufsteuerung:**
 - ▶ manuell





Demo

(www.henked.de/begriffe/algorithmus.htm)

Die Vierspeciesmaschine

- ▶ **Rechenmaschine von Gottfried Wilhelm Leibniz (1646-1716), gebaut 1694**
- ▶ **Einmaleins:**
 - ▶ Mehrfachaddition
- ▶ **Verschieben:**
 - ▶ Schlitten
- ▶ **Addieren:**
 - ▶ Räder mit Ziffern drehen
- ▶ **Übertrag**
 - ▶ Feder
- ▶ **Ablaufsteuerung:**
 - ▶ (halb) automatisch



Die Vierspeciesmaschine

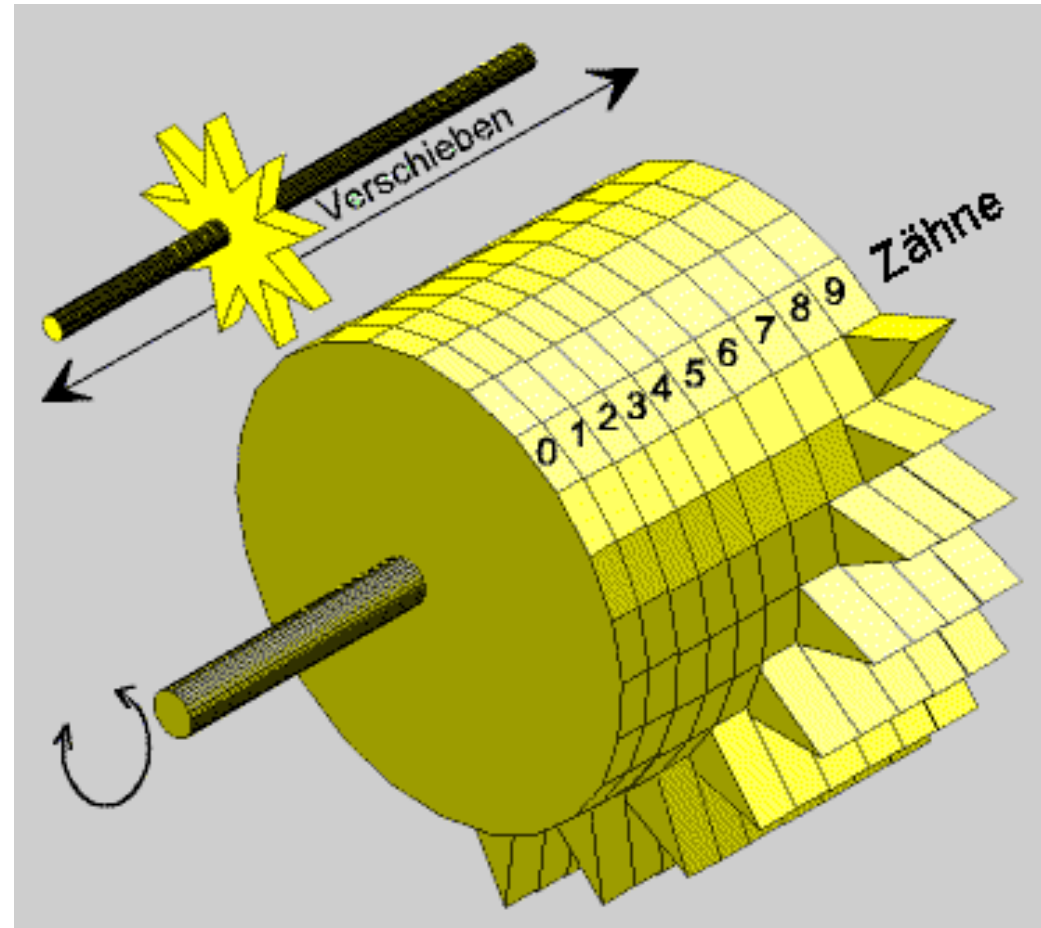
23*47
23
23
23
23
23
23
23
230
230
230
230
230
1081

- ▶ Rechenmaschine von Gottfried Wilhelm Leibniz (1646-1716), gebaut 1694
- ▶ mehrfache Addition des linken Faktors
- ▶ jeweils um Stellen verschoben
- ▶ Problem: Wie dreht man ein Rad mehrfach um die selbe einstellbare Anzahl weiter?



Die Vierspeciesmaschine

- ▶ Lösung: Staffelwalze
- ▶ Große Kurbel dreht die Staffelwalze
- ▶ Zahnrad befindet sich, je nach Ziffer, an verschiedenen axialen Positionen
- ▶ wird bei 9 von neun Zähnen mitgenommen
- ▶ bei 8 von acht Zähnen
- ▶ Usw.



... die ...
... die ...
... die ...
... die ...
... die ...
... die ...
... die ...
... die ...
... die ...
... die ...

Die von ...
... die ...
... die ...
... die ...
... die ...
... die ...
... die ...
... die ...
... die ...
... die ...



Die Vierspeciesmaschine

- ▶ Rechenmaschine „Curta“ von Curt Herzstark (1902-1988), gebaut 1945-72
- ▶ 150000 Exemplare



Die Vierspeciesmaschine

- ▶ rund, formschön, elegant zu handhaben, einhändig
- ▶ einzelne zentrale Staffelwalze in der Mitte
- ▶ bedient alle Stellen
- ▶ einstellen durch auf/abschieben der Knöpfe am Zylinderumfang
- ▶ www.curta.de
- ▶ 3D Demo von Olaf Olaf Veenstra siehe unten (sehr empfehlenswert)

Demo

(http://members.chello.nl/o.veenstra3/vrml/curta_info/curta_demo.html)



Die Differenzmaschine

- ▶ **Die Differenzmaschine von Charles Babbage (1791-1871, London), gebaut 1847, unvollendet**
- ▶ **Motivation:**
 - ▶ Tabellentafeln für höhere Funktionen (sin, cos, log, exp, ...)
 - ▶ Tabelle waren oft sehr fehlerhaft
 - ▶ automatisches Berechnen der Tabellen besteht aus immer den selben Additionen von Differenzen
 - ▶ \Rightarrow Maschine, die die Additionen der Differenzen ausführt



Die Differenzmaschine

- ▶ Höhere Funktionen sind als Potenzreihe (unendliche Summe von Potenzen von x) darstellbar
- ▶ In gewissen Bereichen näherungsweise durch endlich viele Summanden, also ein Polynom.
- ▶ Beispiel

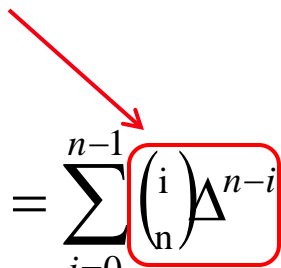
$$\exp x = \sum_{i=0}^{\infty} \frac{1}{i!} x^i \quad 0.75 \leq x \leq 1.5 \quad \approx \quad \sum_{i=0}^5 \frac{1}{i!} x^i = 1 + x + \frac{1}{2} x^2 + \frac{1}{6} x^3 + \frac{1}{24} x^4 + \frac{1}{120} x^5$$

- ▶ Beobachtung, wird x um Δ (z.B. 0.001) erhöht, ändert sich x^n um

$$(x + \Delta)^n - x^n = \sum_{i=0}^n \binom{n}{i} \Delta^{n-i} x^i - x^n = \sum_{i=0}^{n-1} \binom{n}{i} \Delta^{n-i} x^i$$

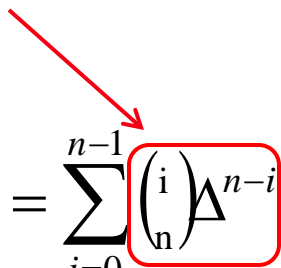
Die Differenzmaschine

- ▶ Frage an das Auditorium: Wir wollen Wertetabelle eines Polynoms berechnen. Was bringt uns die Formel dafür?
- ▶ Tipp: Konstante, d.h. unabhängig von x

$$(x + \Delta)^n - x^n = \sum_{i=0}^n \binom{i}{n} \Delta^{n-i} x^i - x^n = \sum_{i=0}^{n-1} \binom{i}{n} \Delta^{n-i} x^i$$


Die Differenzmaschine

- ▶ Frage an das Auditorium: Wir wollen Wertetabelle eines Polynoms berechnen. Was bringt uns die Formel dafür?
- ▶ Tipp: Konstante, d.h. unabhängig von x

$$(x + \Delta)^n - x^n = \sum_{i=0}^n \binom{i}{n} \Delta^{n-i} x^i - x^n = \sum_{i=0}^{n-1} \binom{i}{n} \Delta^{n-i} x^i$$


- ▶ Um ein Polynom vom Grad n zu tabellieren müssen wir in jedem Schritt ein Polynom vom Grad $n-1$ addieren
- ▶ Polynom vom Grad 0 ist konstant

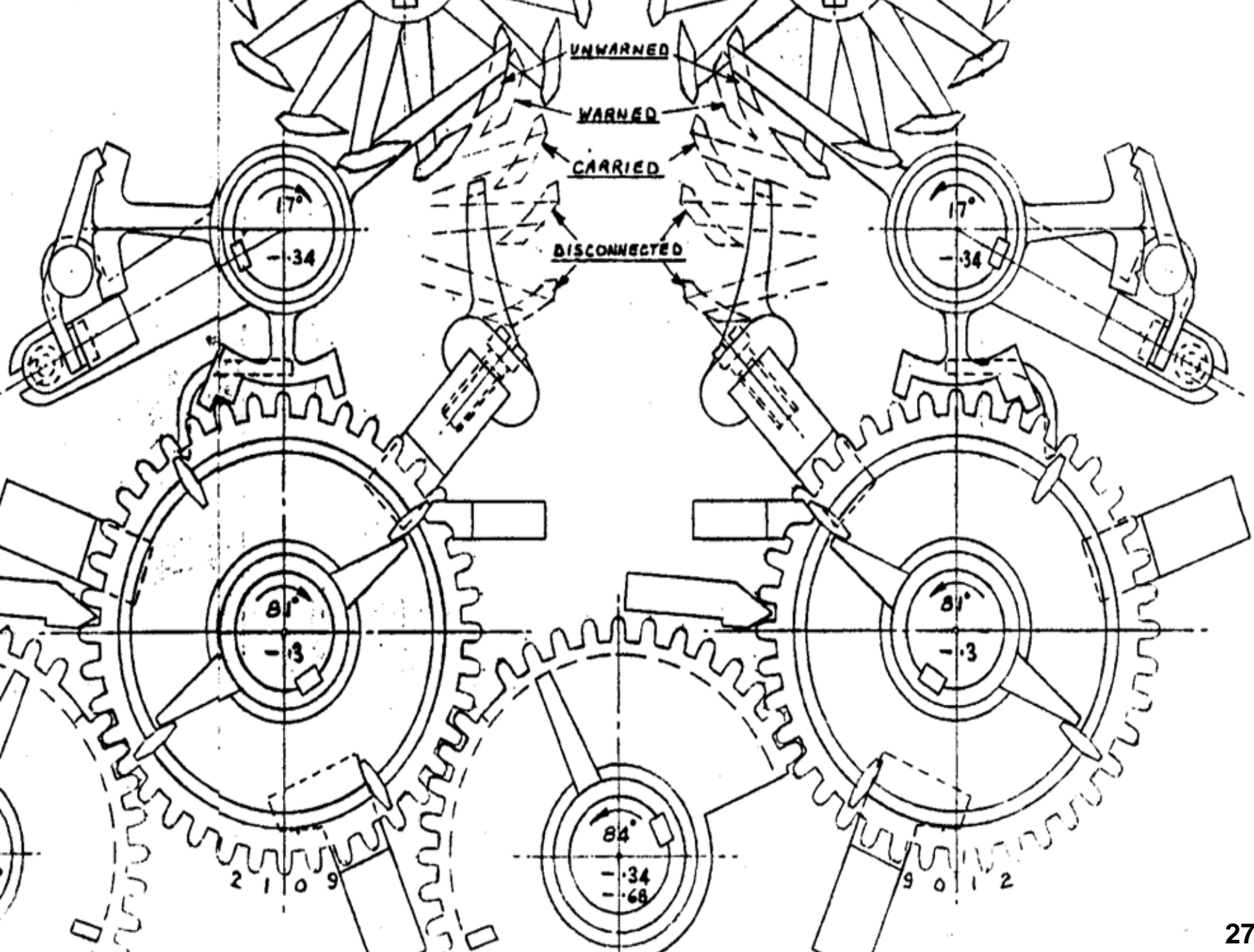
Die Differenzmaschine

- ▶ Frage an das Auditorium: Wir wollen Wertetabelle eines Polynoms berechnen. Was bringt uns die Erkenntnis dafür?
- ▶ Um ein Polynom vom Grad n zu tabellieren müssen wir in jedem Schritt ein Polynom vom Grad $n-1$ addieren
- ▶ Polynom vom Grad 0 ist konstant

Die Differenzmaschine

- ▶ **Frage an das Auditorium: Wir wollen Wertetabelle eines Polynoms berechnen. Was bringt uns die Erkenntnis dafür?**
- ▶ **Um ein Polynom vom Grad n zu tabellieren müssen wir in jedem Schritt ein Polynom vom Grad $n-1$ addieren**
- ▶ **Polynom vom Grad 0 ist konstant**
- ▶ **Wir können schrittweise den Grad des Polynoms reduzieren, bis wir bei Grad 0 sind.**
- ▶ **Z.B. für ein beliebiges Polynom vom Grad 5 zu tabellieren reicht:**
 - ▶ $a_5 += a_4$
 - ▶ $a_4 += a_3$
 - ▶ $a_3 += a_2$
 - ▶ $a_2 += a_1$
 - ▶ $a_1 += a_0$
- ▶ **Eine Addition pro Grad in sehr schematischer Weise.**







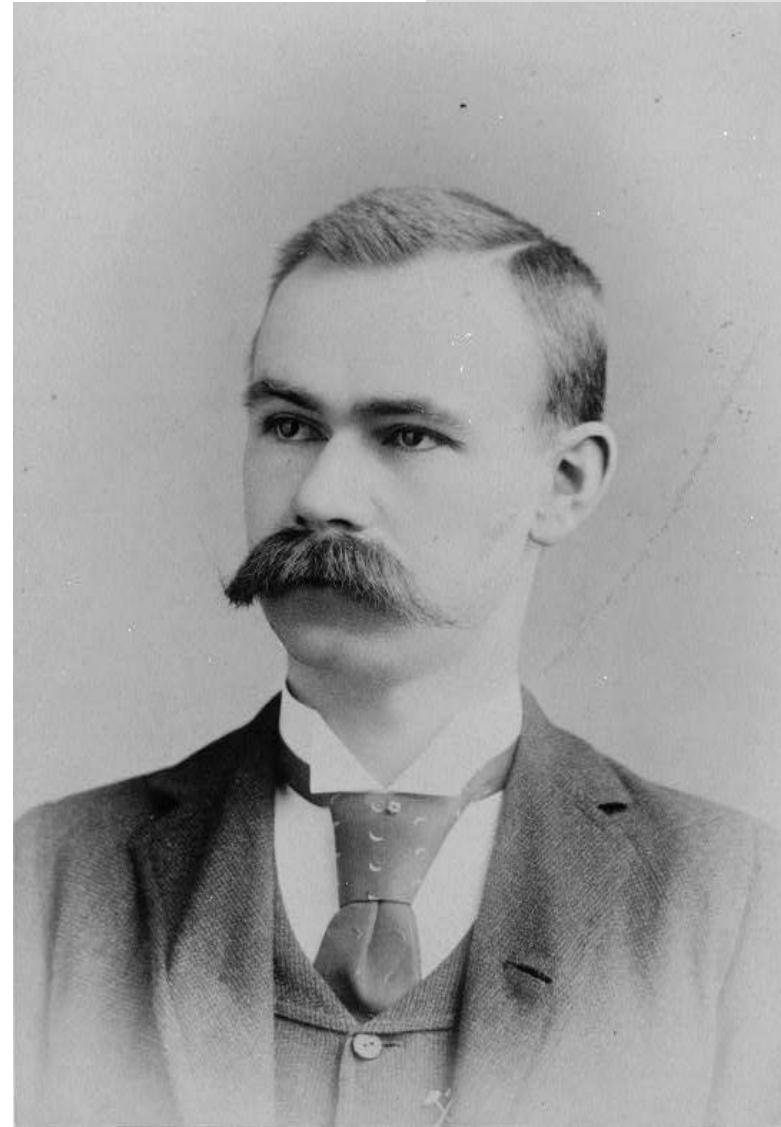
Video 1
(Computer Museum, California)

Die Differenzmaschine

- ▶ **Differenzmaschine hat festes Rechenschema**
- ▶ **Analytische Maschine**
- ▶ **Konzept für einen allgemeinen Computer**
 - ▶ zentrale Einheit die Rechnungen ausführt (+, -, *, /, $\sqrt{\quad}$)
 - ▶ Speicher für Daten und Zwischenergebnisse
 - ▶ Programmsteuerung über Lochkarte (Jacquard'scher Webstuhl)
- ▶ **Architektur eines modernen Computers**
- ▶ **bahnbrechendes Konzept, stark gelobt, aber nie vollendet**
- ▶ **„Sketch of the Analytical Engine“, Ada Byron, Countess of Lovelace, 1842**
 - ▶ Diskutierte die Maschine
 - ▶ Und wie man mit ihr rechnen kann
 - ▶ Ada Byron gilt als erste Programmiererin der Welt

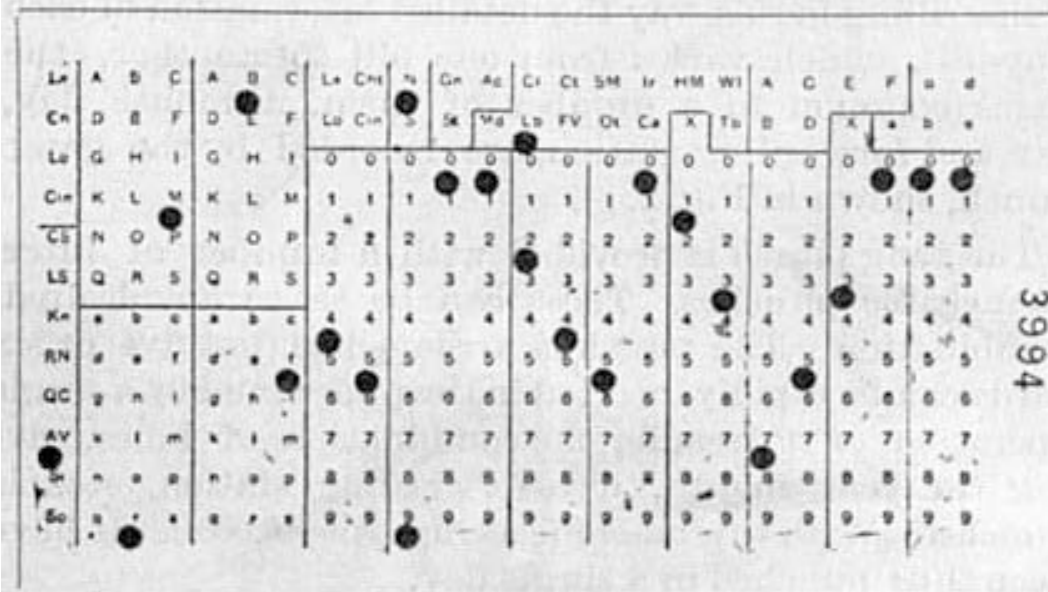
Die Hollerithmaschine

- ▶ **Tabelliermaschine und Lochkartensortierer von Herman Hollerith (1860, 1929, Washington D.C.) gebaut ab 1888**
- ▶ **Motivation**
- ▶ **Auszählen der Volkszählung ist enorm aufwendig (1880: 7 Jahre)**
- ▶ **⇒**
 - ▶ Verfahren zum Speichern der Daten
 - ▶ Maschine zum Sortieren nach Kriterien
 - ▶ Maschine zum Zählen und Summieren



Die Hollerithmaschine

- ▶ **Weniger Rechnung, mehr Daten im Vergleich zu Differenzmaschine**
- ▶ **Daten einer Person auf einer gelochten Karte**
 - ▶ Vorbild: Jacquard's Webstuhl, automatische Musikmaschinen
 - ▶ Spalten: Ziffern 0-9, Merkmale (männlich/weiblich),
 - ▶ Zeilen: Einträge, z.B. Altereiner, Alterzehner, Einkommen, etc.
- ▶ **Elektrisches Auslesen**
 - ▶ Federkontakte von oben
 - ▶ Quecksilbertöpfe unten
- ▶ **Elektrischer Kontakt löst**
 - ▶ Zähler oder Addierer aus
 - ▶ Sortierer aus
- ▶ **Zusammenhang durch Verschaltung programmierbar**

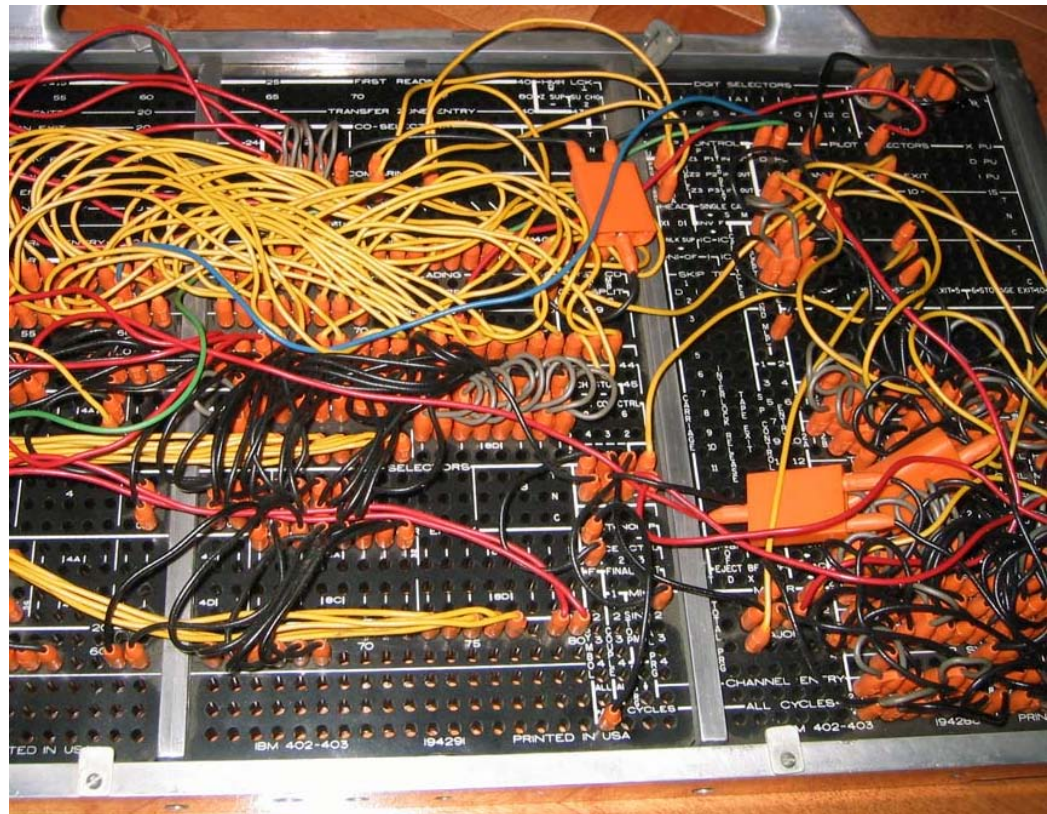


L ^a	A	B	C	A	B	C	L ^a	CH	7 ₀	G ₁	A ₂	C ₁	C ₂	SM	Ir	HM	WI	A	C	E	F	u	d
C ^a	D	E	F	D	E	F	L ^b	C ^b	5	Sk	M ₀	L ₁	FV	D ₁	Ca	X	T ₀	B	D	X	a	b	*
L ^b	G	H	I	G	H	I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C ^b	K	L	M	K	L	M	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
C ^c	N	O	P	N	O	P	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
L ^c	Q	R	S	Q	R	S	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
K ^a	*	*	*	*	*	*	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
R ^a	#	*	*	#	*	*	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Q ^c	2	n	i	2	n	i	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
AV	x	i	m	x	i	m	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
So	h	*	*	h	*	*	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
	r	*	*	r	*	*	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9

3994

Die Hollerithmaschine

- ▶ **Technisch erfolgreich**
 - ▶ Volkszählung 1890 in 1 Jahr ausgewertet
 - ▶ später Buchhaltung, Versicherung
- ▶ **Kommerziell erfolgreich**
 - ▶ Tabulating Maschine Company
 - ▶ später: International Business Machines (IBM, big blue)
- ▶ **IBM 405, 1934 erlaubte durch Steckkabel (wie bei Vermittlungszentrale) die Rechenoperationen zu konfigurieren**



Theorie der Berechenbarkeit

- ▶ Alan M. Turing (1912-1950, London)
- ▶ „On computable numbers with an application to the Entscheidungsproblem“, 1937
- ▶ Was ist das Prinzip von mechanischem („algorithmischem“) Rechnen?

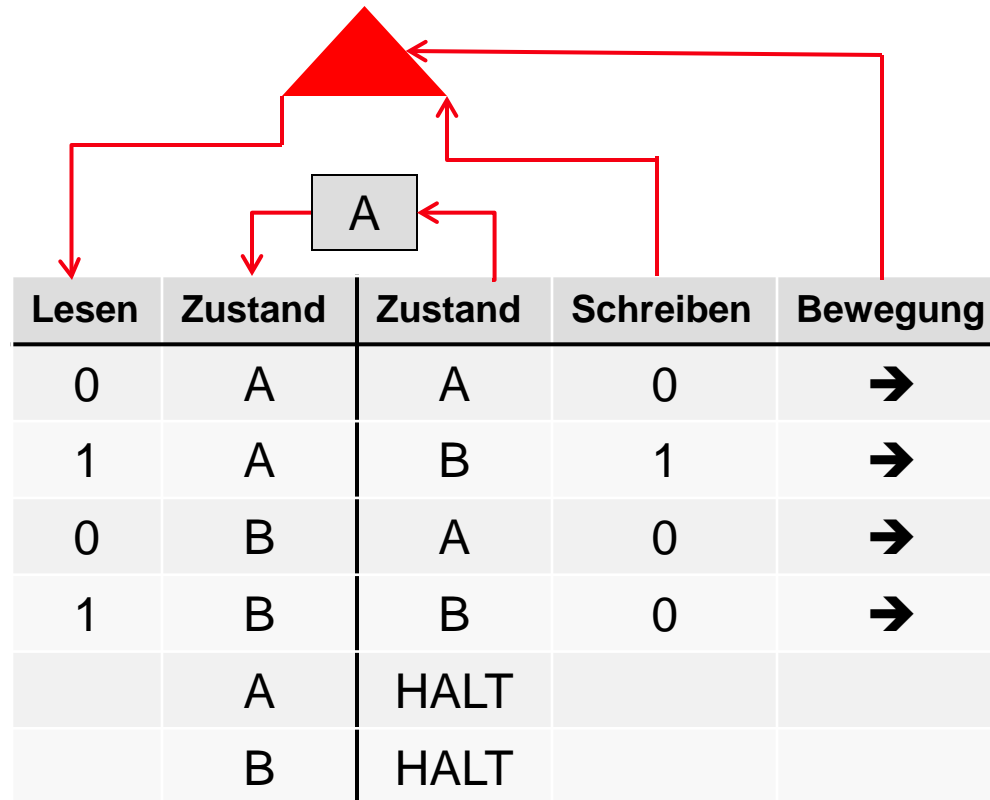
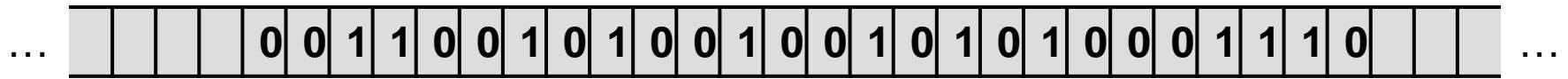


Theorie der Berechenbarkeit

- ▶ **Was ist das Prinzip von mechanischem Rechnen?**
- ▶ **Rechnung, die in vorgegebene kleinste Einzelschritte zerlegt ist**
- ▶ **Beobachtungen:**
 - ▶ ein Programm ist endlich (endliche Folge von Zeichen aus endlichem Alphabet) und fest
 - ▶ Eingabe-, Ausgabe- und Zwischendaten sind endlich (endliche Folge von Zeichen aus endlichem Alphabet) aber beliebig groß (nicht fest)
 - ▶ Speicher unendlich
 - ▶ festes Programm muss beliebig große Daten in festen Blöcken bearbeiten
- ▶ **Äquivalent:**
 - ▶ Blockweise bearbeiten
 - ▶ Zeichenweise bearbeiten
 - ▶ Bitweise bearbeiten
- ▶ **Wie greift ein endliches Programm auf unendlichen Speicher zu?**

Theorie der Berechenbarkeit

Turingmaschine (gedankliche Maschine)



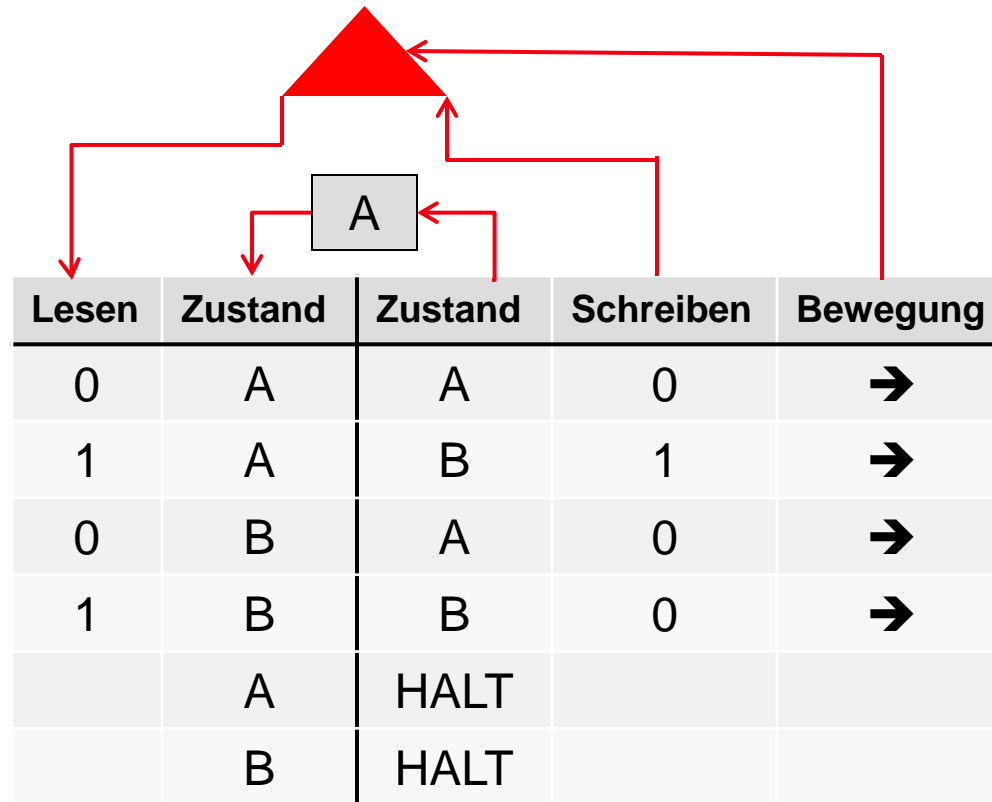
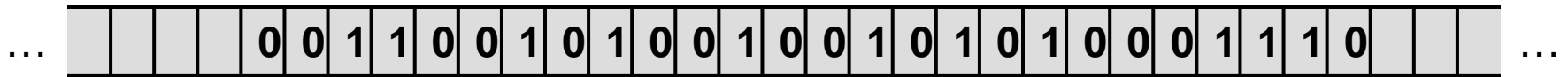
Theorie der Berechenbarkeit

Turingmaschine (gedankliche Maschine)

- ▶ **Unendliches Band von Zeichen als Speicher**
- ▶ **Schreib- / Lesekopf bewegt sich auf dem Band**
- ▶ **enthält anfangs Eingabe**
- ▶ **enthält am Ende Ausgabe**
- ▶ **endlicher interner Speicher (Zustand)**
- ▶ **Programm ist Menge von Anweisungen**
 - ▶ wenn Maschine Zeichen x liest, ...
 - ▶ und in Zustand q ist
 - ▶ schreibt sie Zeichen y ,
 - ▶ geht über in Zustand q'
 - ▶ und bewegt den Kopf nach links/rechts
- ▶ **Sonderzustand Halt**

Theorie der Berechenbarkeit

Frage an das Auditorium: Was macht diese Turingmaschine?



Theorie der Berechenbarkeit

- ▶ **Frage an das Auditorium: Was macht diese Turingmaschine?**
- ▶ **In Folgen von 1er alle bis auf die erste Löschen.**
- ▶ **Begründung:**
 - ▶ A/B heißt letztes Zeichen 0/1
 - ▶ schreiben von 0, wenn B & 1, also letzten beiden Zeichen 1 waren

Theorie der Berechenbarkeit

- ▶ **Turingmaschine ist eine Formalisierung des Begriffs mechanisches Rechnen**
- ▶ **Rechnung, die in vorgegebene kleinste (endliche) Einzelschritte zerlegt ist**
- ▶ **Formalisierung ermöglicht Beweise über was berechenbar ist**
- ▶ **Nicht berechenbar sind**
 - ▶ Halteproblem/Entscheidungsproblem: gegeben das Programm einer Turingmaschine und eine Eingabe; würde die Turingmaschine auf der Eingabe irgendwann einmal halten?
 - ▶ viele derartig selbstbezügliche Probleme
 - ▶ Postsches Korrespondenzproblem: Gegeben eine Menge von Paaren von Zeichenketten; lassen sich die Paare so aneinanderhängen, dass ein identisches Paar entsteht?

Zusammenfassung

Geschichte der Informatik bis kurz vor dem ersten Computer

- ▶ 25000 v. Chr. Bildung des Zahlbegriffs
- ▶ 3500 v. Chr. Additionssysteme für Zahlen
- ▶ 1100 v. Chr. Abakus
- ▶ 200 v. Chr. Stellenwertsysteme für Zahlen
- ▶ 1623 Schickards Rechenmaschine
- ▶ 1694 Leibniz Rechenmaschine
- ▶ 1842 Babagge: Analytische Maschine (Konzept)
- ▶ 1847 Babagge: Differenzmaschine
- ▶ 1888 Hollerithmaschine
- ▶ 1937 Turing: Theorie der Berechenbarkeit