

Technische Informatik 1

Klaus von der Heide, WS02/03

Inhalt und Zeitplan

1. Einführung: Geschichte, Grundbegriffe	24.10.02
2. Repräsentation von Zahlen	31.10.02
3. Gleitkommazahlen	07.11.02
4. Codierung	14.11.02
5. Quellen- und Kanalcodierung	21.11.02
6. Algebra	28.11.02
7. Schaltfunktionen	05.12.02
8. Schaltnetze, Zeitverhalten	12.12.02
9. Schaltwerke	19.12.02
10. Flipflops	09.01.03
11. Getaktete Schaltwerke	16.01.03
12. Grundbausteine der Register-Transfer-Ebene	23.01.03
13. Von-Neumann-Architektur	30.01.03
14. Maschinen- und Assembler-Programme	06.01.03

1. Einführung

1.1 Was ist Informatik?

1.2 Geschichte der Informatik

1.3 Grundbegriffe:

Information, Repräsentation,
Informationstreue

1.1 Was ist Informatik ?

Die automatische Verarbeitung von Information ist erst vor wenigen Jahrzehnten so bedeutsam geworden, dass die Herausbildung als eigenständiges Gebiet nicht abgeschlossen ist
=> noch nicht allgemein akzeptierte Grenzziehung

Computer Science

Wissenschaft von der Konstruktion von Rechnern und Rechenprogrammen

Der europäische Begriff **Informatik** wird umfassender verstanden.
=> Übergriffe in kontroverser Weise auf andere Gebiete

Zunächst im folgenden eine allgemeine Definition versuchen,
dann das besondere der Informatik hervorheben,
schließlich Abgrenzung

INFORMATIK

ist die

Wissenschaft von der

regelhaften Verarbeitung

von Information

Wissenschaft , regelhaft , Verarbeitung :

ausreichende Einigkeit über Bedeutung

aber: *Information ?*

"Die Lufttemperatur in diesem Hörsaal liegt zwischen
10°C und 30°C"

deutsch, 65 Zeichen, lateinisches Alphabet

Beim Hören empfinden wir eine Bedeutung, die genauso
auch in anderer Sprache / Schrift möglich wäre

Anderes Beispiel:

**fünfundzwanzig
fiefentwintig**

**femogtyve
tjugofem**

**twentyfive
kaksikymäntävisi**

25 XXV ∩∩||||

••— — — ••••• 11001₂ 221₃ \$0019

Information: abstrakte Zahl

**Repräsentation: gesprochenes Wort
 geschriebene Zahl**

darunter: physikalische Realisierung

Hinweis: In völlig anderer Bedeutung benutzt man den Begriff Information in der Informationstheorie, die Teilgebiet von Informatik und Nachrichtentechnik ist.

Dort wird ganz von der Bedeutung abstrahiert und nur die Wahrscheinlichkeit des Vorkommens der Information betrachtet.

Dies wird kurz im Kapitel T1-5-1 behandelt

Verarbeiten kann man nur Repräsentationen.

Mit *Informationsverarbeitung* meint man also die stellvertretende Verarbeitung von Repräsentationen.

Mit *Datenverarbeitung* ist meist die Verarbeitung schon als Zahlen vorliegender Information gemeint.

Die Suche nach geeigneten Repräsentationen soll zur Informatik gehören, das Verstehen aber nicht.

„Die Informatik ist die Wissenschaft, Technik und Anwendung der maschinellen Verarbeitung, Speicherung und Übertragung von Information.

Sie befaßt sich mit der schematischen, "formalisierten" Darstellung (Repräsentation) von Information, deren Verarbeitung sowie Verarbeitungsvorschriften und informationsverarbeitenden Maschinen.

Dies schließt Fragen der Analyse und Modellierung von Zusammenhängen und Strukturen in den unterschiedlichsten Anwendungsgebieten ein.

Ziel ist die Erarbeitung von Lösungen für Informationsverarbeitungsaufgaben auf Rechenanlagen sowie die Gestaltung, die Organisation und den Betrieb von Rechensystemen.“

„Gerade der Zugriff auf reale Arbeitsprozesse zeigt, daß es sich bei der Arbeit der Informatiker nicht nur um eine Strukturierung von Informationsströmen handelt, sondern daß die Inhalte der zu analysierenden und zu maschinisierenden Prozesse eine wesentliche Rolle neben ihren formalen Strukturen spielen.“

W. Coy, Informatik-Spektrum 12, 256 - 266 (1989)

Dies bedeutet nicht, daß das Modellieren der Zusammenhänge, die maschinell zu bearbeiten sind, - auch dann wenn dies der Informatiker tut - zum Wissenschaftsgebiet Informatik gehört.

**Wenn ein Physiker Zusammenhänge durch ein System von Differentialgleichungen darstellt, betreibt er Physik.
Wenn er dieses System zu lösen versucht, betreibt er Mathematik.
Wenn er ein Verfahren zur maschinellen Lösung entwirft, treibt er Informatik.**

**Wenn ein Informatiker einen biologischen Zusammenhang neu formuliert, arbeitet er im Wissenschaftsgebiet Biologie.
Erst wenn er nach Repräsentationen für Daten sucht und Verfahren zu deren maschineller Bearbeitung realisiert, begibt er sich in das Gebiet Informatik.**

Ein Informatiker, der für das Wissensgebiet X ein informations-verarbeitendes System entwirft, muß sich in diesem Gebiet X gut auskennen, damit das System nicht seinen Sinn verfehlt.

Aus diesem Grund ist es häufig besser, das System wird von einem Fachmann des Gebietes X realisiert, der die wesentlichen Prinzipien der Informatik kennt.

Dies führt zu besonderen Studiengängen:

Wirtschafts-Informatik, Rechts-Informatik, Bio-Informatik, Medien-Informatik.

Fazit:

Ein Informatiker sollte sich um eine breite und fundierte Allgemeinbildung bemühen, um entsprechend breit eingesetzt werden zu können.

**Die Informatik ist ein abgegrenztes Gebiet der
Ingenieurwissenschaften**

**Zur Arbeit eines Informatikers gehört aber viel mehr als die
Informatik allein**

Der Informatiker ist der Architekt, der das System entwirft

Der Programmierer ist der Maurer, der das System realisiert

Was unterscheidet die Informatik von anderen Gebieten?

Der Maschinenbauer hat während seiner Konstruktion im Blick, welches Zahnrad in welches greift und wie es gelagert ist.

Bei Informationsverarbeitenden Systemen können dagegen häufig Millionen von Daten und Programmteile miteinander agieren und die Interaktion kann ausserordentlich kompliziert sein im Vergleich zu mechanischen Antrieben. Auch elektronische Schaltungen werden bewusst so ausgelegt, dass das Zusammenspiel der Komponenten überschaubar bleibt. Möglicherweise mangelt es in der Informatik nur an der erforderlichen Selbstbeschränkung.

**Was dem Maschinenbauer nicht passiert,
weil er mit lang erprobten Methoden konstruiert und
weil er sein Produkt im eigentlichen Sinn des Wortes begreifen
und das Ganze als System von Komponenten erkennen kann,**

**das schafft der Informatiker mit einem flüchtigen Bit,
welches er bei der Konstruktion nicht im Blick hatte,
weil seine Konstruktionsmethode der Komplexität des
Problems überhaupt nicht gewachsen war.**

Beispiel: Erster Ariane 5 – Start

**Aus gutem Grund benutzte man zur Steuerung der neuen Rakete
ein sehr bewährtes Programm ohne jede Änderung. Man versäumte
allerdings einen Testlauf mit den neuen Bahndaten.**

INFORMATIK

ist die Kunst,

Komplexität zu meistern

Dijkstra's Definition von Informatik

1.2 Geschichte der Informatik

**Die Länge der Erden-Jahres von $365 \frac{1}{4}$ Tagen war
bekannt vor über 6200 Jahren. Für solch eine
Messung muss es nicht nur Messverfahren geben
sondern auch Möglichkeiten der sprachlichen
Bezeichnung und der schriftlichen Fixierung von
Zahlen der Größenordnung 10000.**



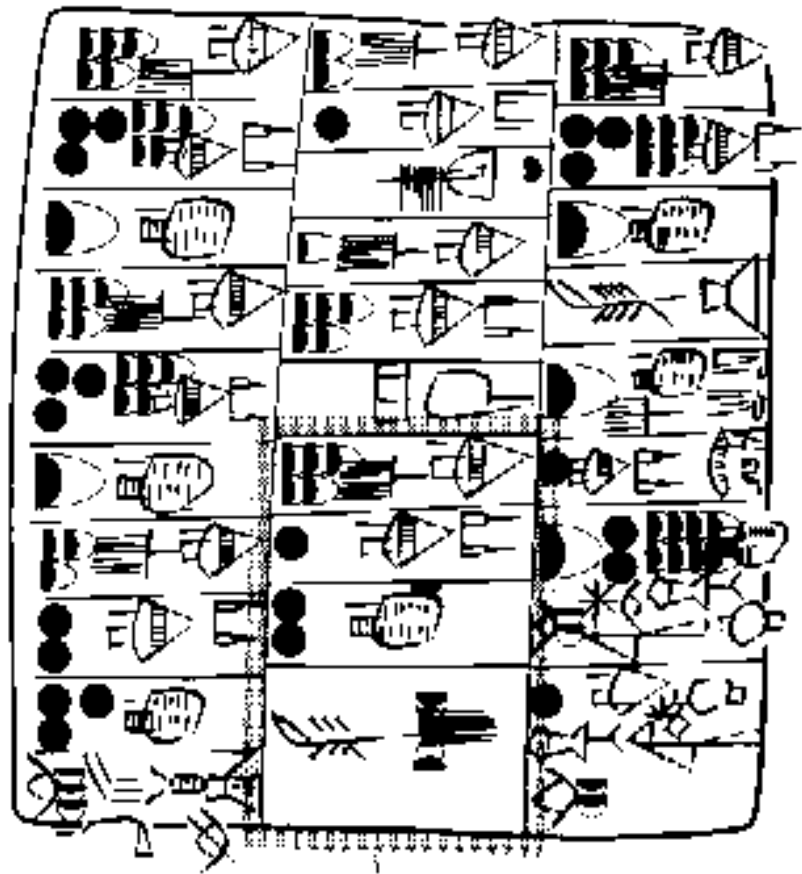
Gesiegelte Tonkugel aus Susa mit Zählsymbolen und Markierungen dieser Symbole auf der Aussenseite der Kugel



Kat. Nr. 4.11 Vs.

Abrechnung über
Bierzuteilungen an
verschiedene Personen
für bestimmte
Veranstaltungen

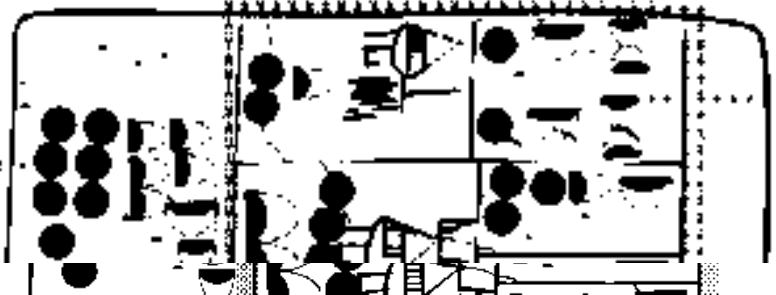
(Übersetzung auf der nächsten
Seite, fast 5000 Jahre alt)


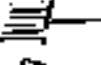








Vordersseite von Text 4,11

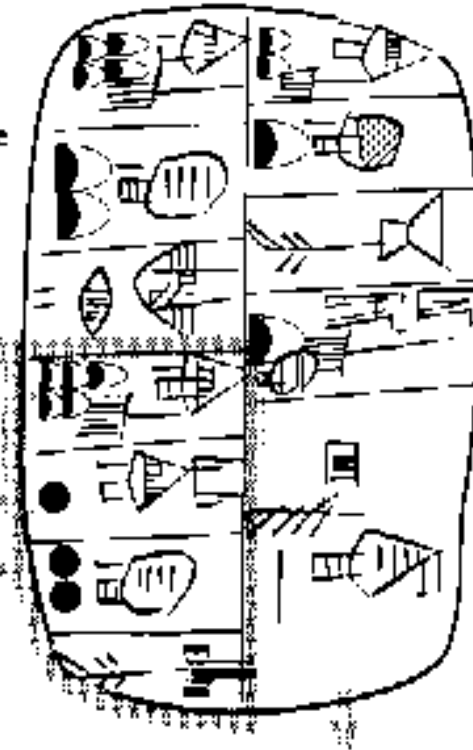
Eintragungen über die gleiche Bierzuteilung an dieselbe Person mit der Bezeichnung:

Gesamtmenge des erforderlichen Gerstenschrots



-  = 5
-  = große
-  = Krüge mit einer bestimmten Biersorte
-  = 10
-  = kleine
-  = Krüge mit der gleichen Biersorte
-  = 20
-  = Krüge mit einer anderen Biersorte

Vordersseite von Text 4,6



Unterzeichnender Beamter

Für jede Biersorte wurde hier jeweils in getrennten Rändern die errechnete Menge für Gerstenschrot und Malz eingetragen



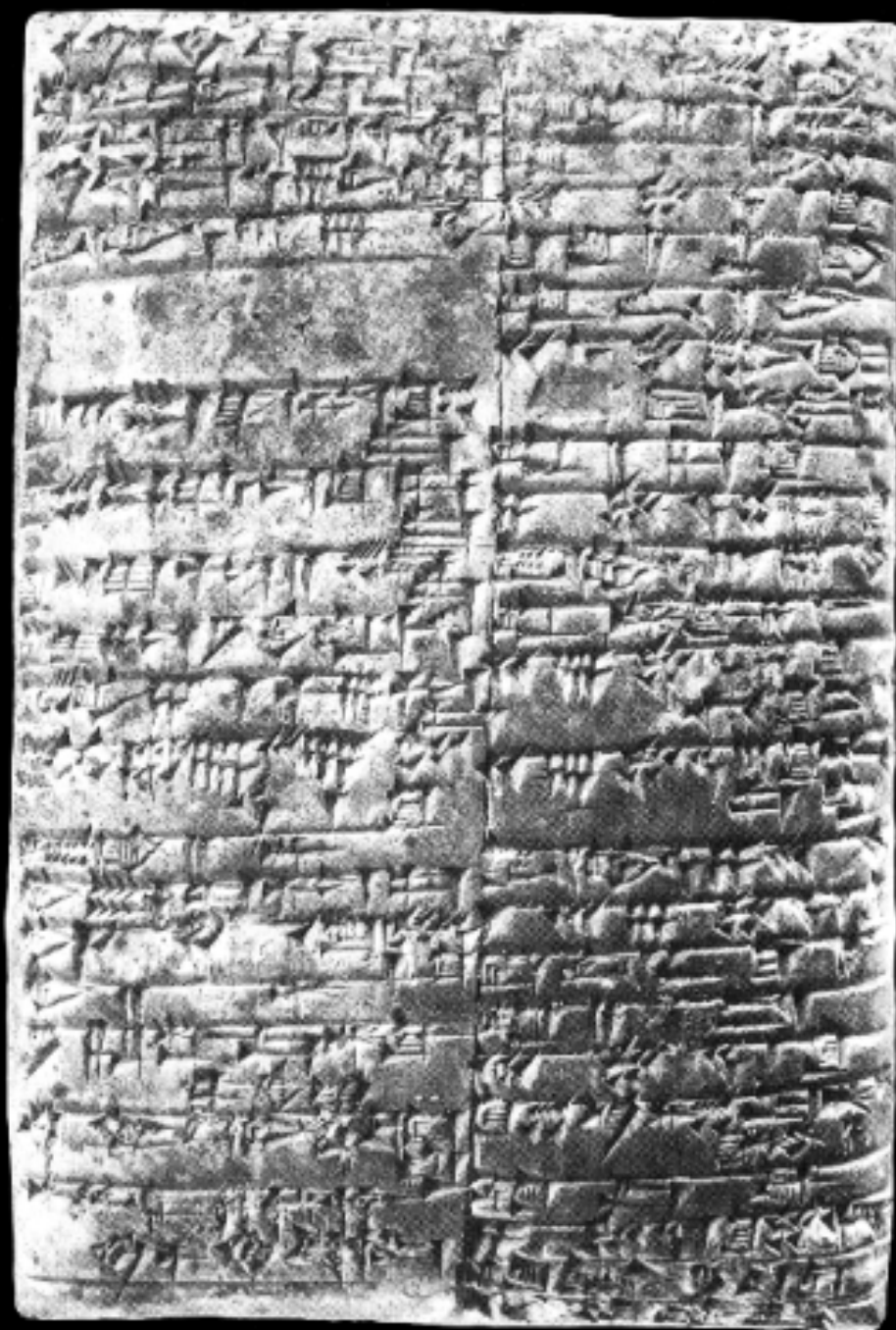
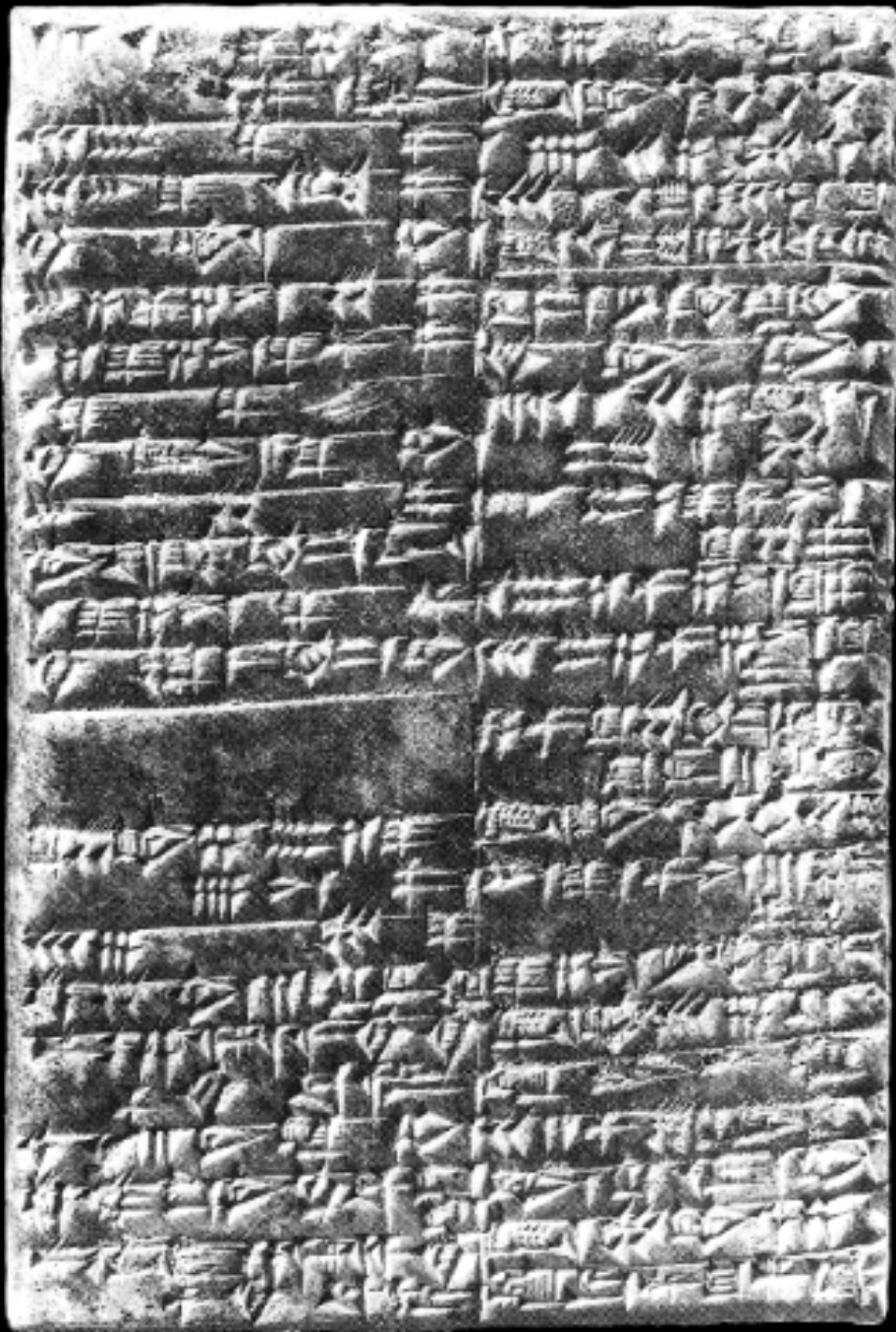
Diese Tafel aus Schuruppak hat 104 Eintragungen über die Grösse von Feldern und die Namen und Berufe der Eigentümer. Die Tafel stammt aus der Zeit um 2600 v.Chr.



3400 Jahre alte Wandmalerei in Abd-el-
Qurna:
Vom Zählen zum Messen



3400 Jahre alte Wandmalerei in Abd-el-Qurna:
Vom Zählen zum Messen



Jahresabrechnung über die Tätigkeit von 36 Arbeiterinnen zum Mahlen von Mehl
Gesamtgenauigkeit: $\frac{1}{6}$ Arbeitstag; ca. $\frac{1}{2}$ Liter Mehl

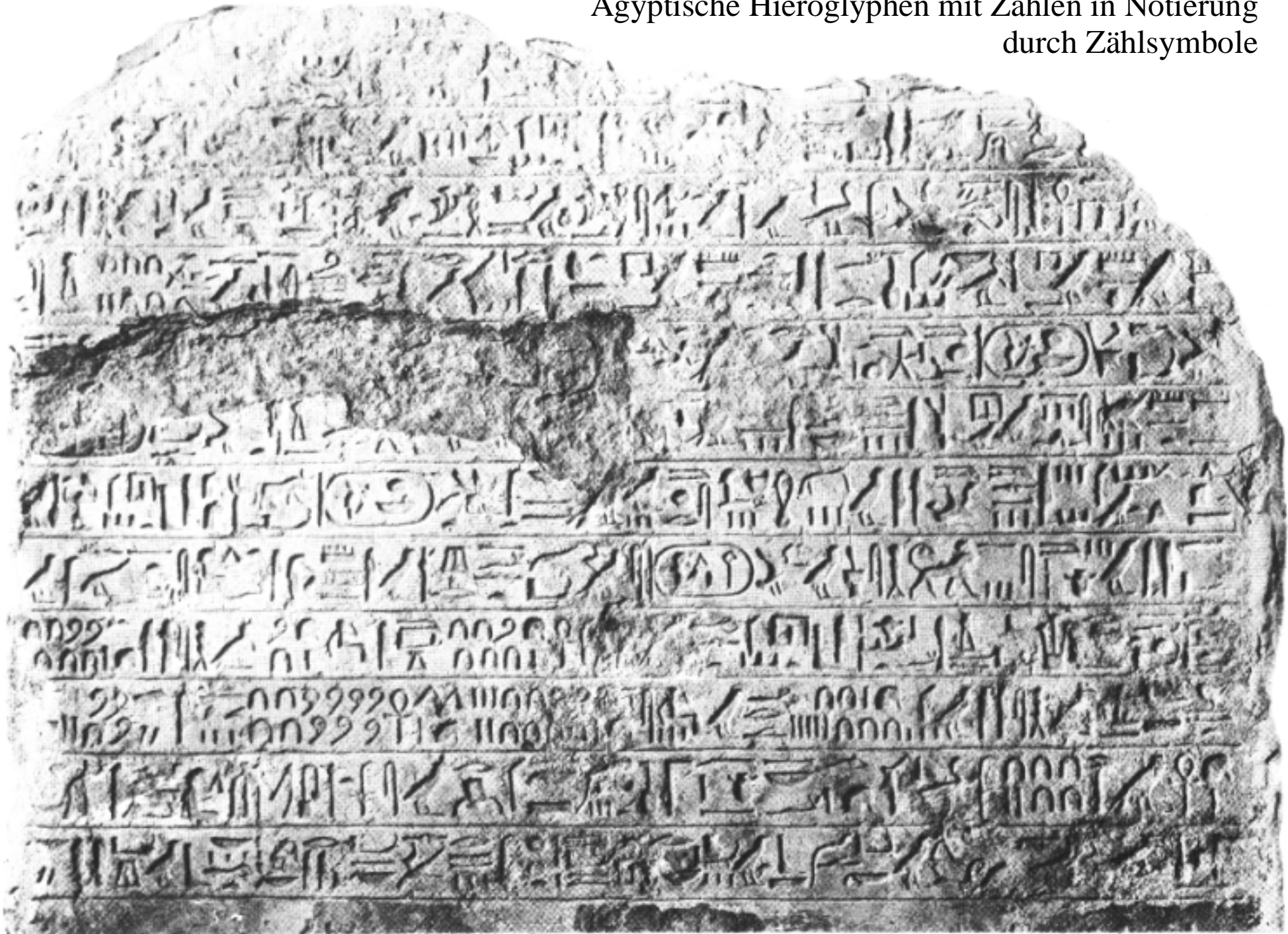


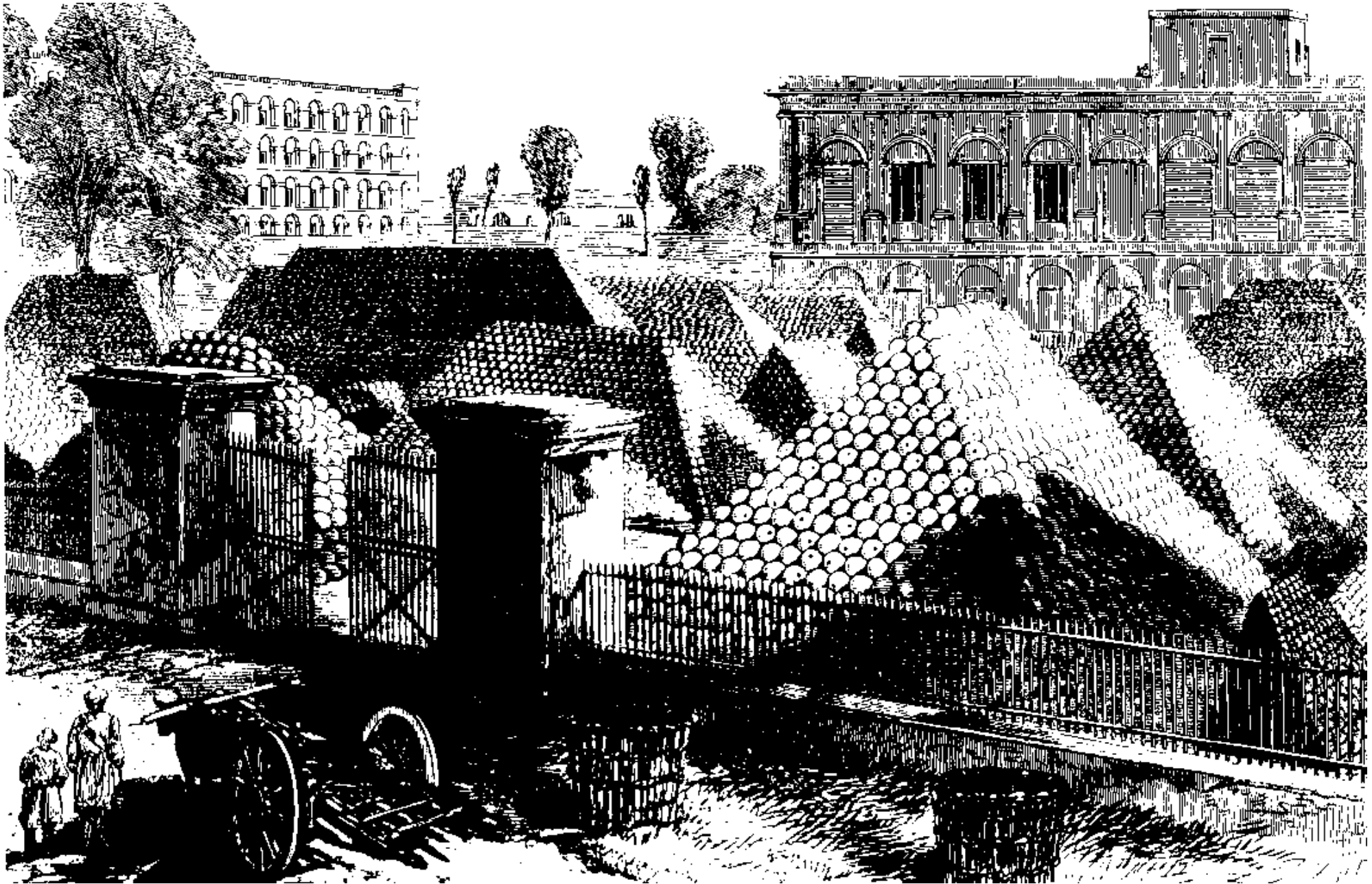
Schulübung vor
4600 Jahren:

Zahlendarstellung
und Arithmetik

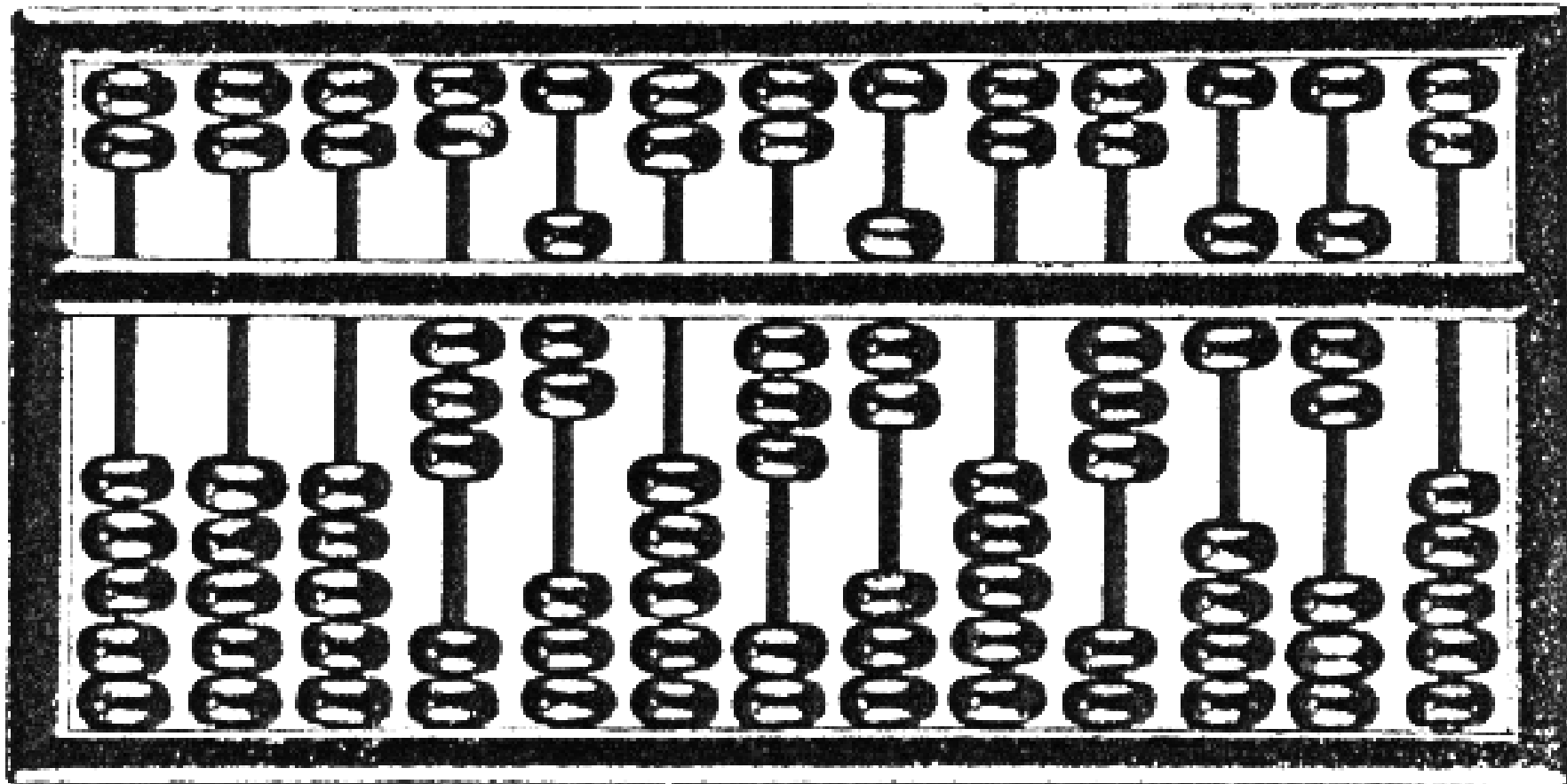
(bislang ältestes
Dokument dieser
Art)

Ägyptische Hieroglyphen mit Zahlen in Notierung
durch Zählensymbole

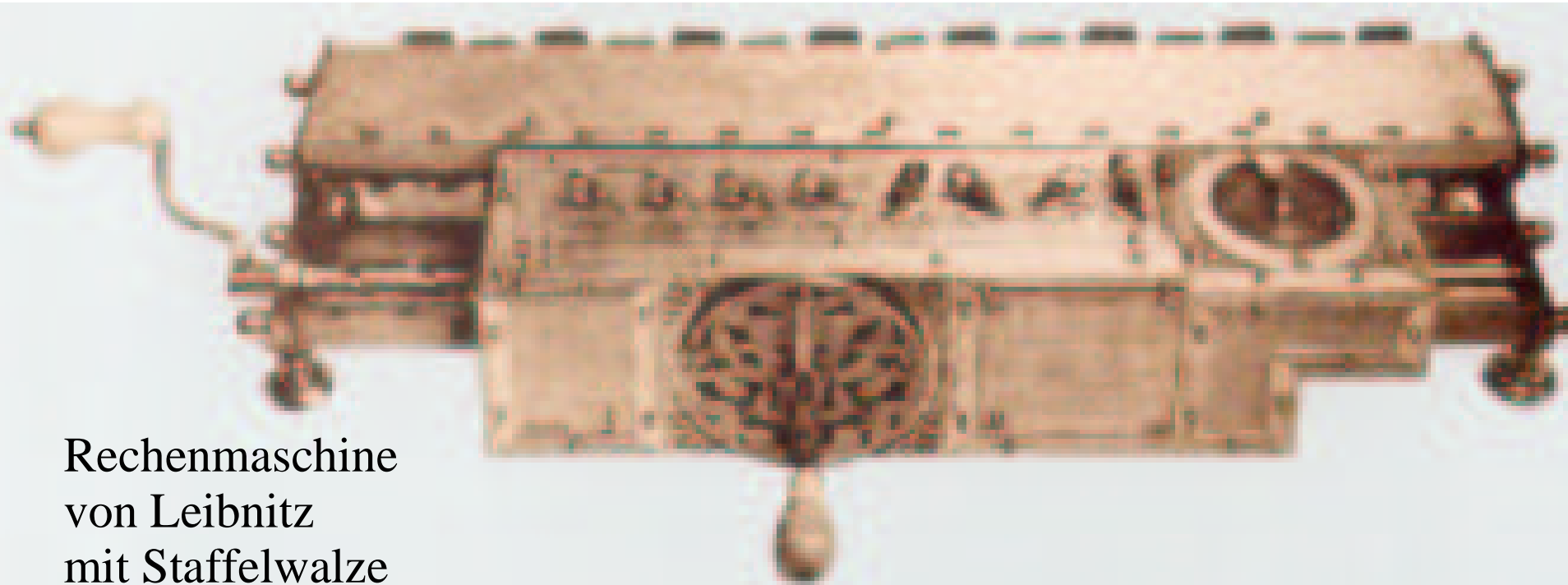




Munitionslager in Kalkutta (Mitte des 19. Jahrhunderts)



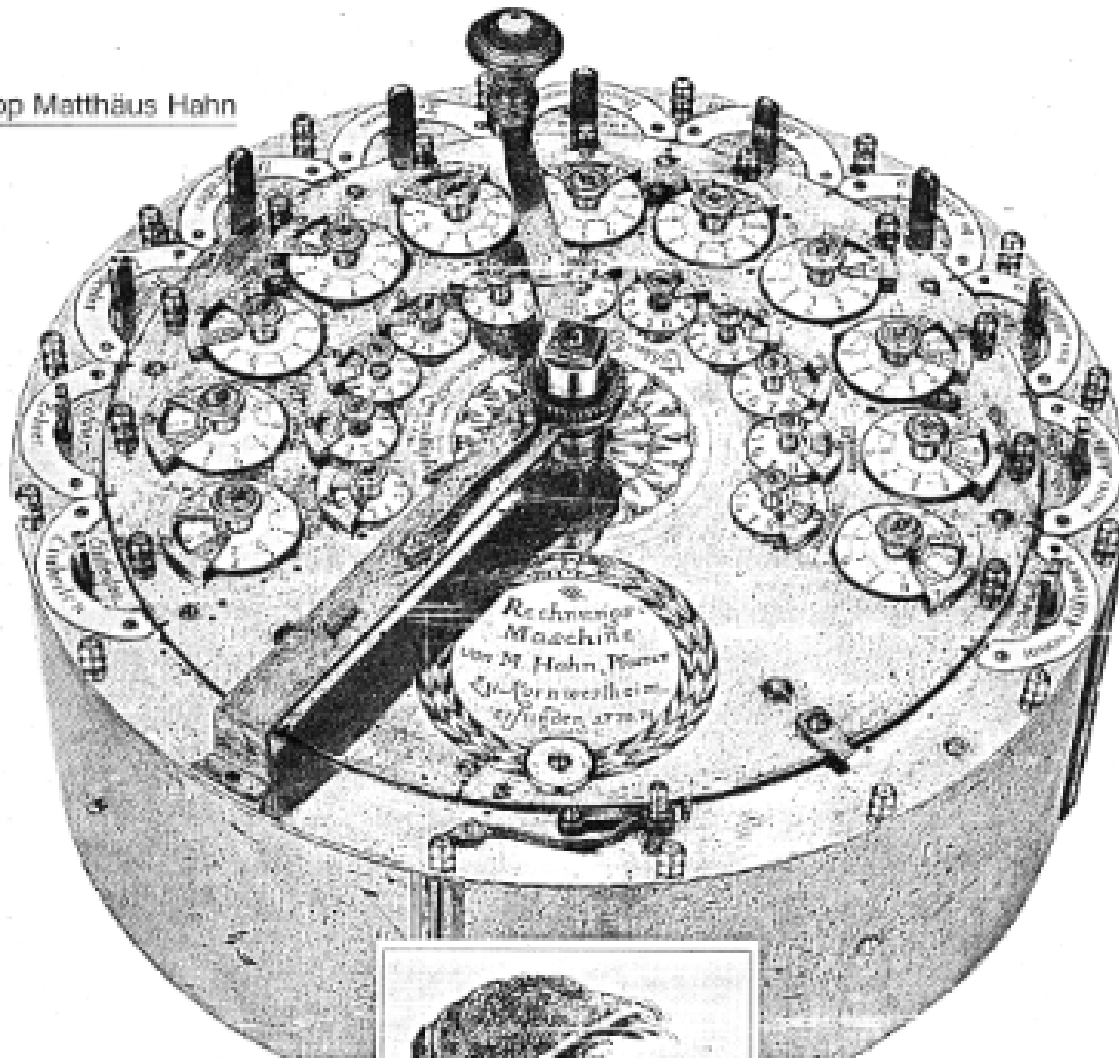
Japanischer Abakus
eingestellt ist die Zahl 0003703703670



Rechenmaschine
von Leibnitz
mit Staffelwalze



Philipp Matthäus Hahn

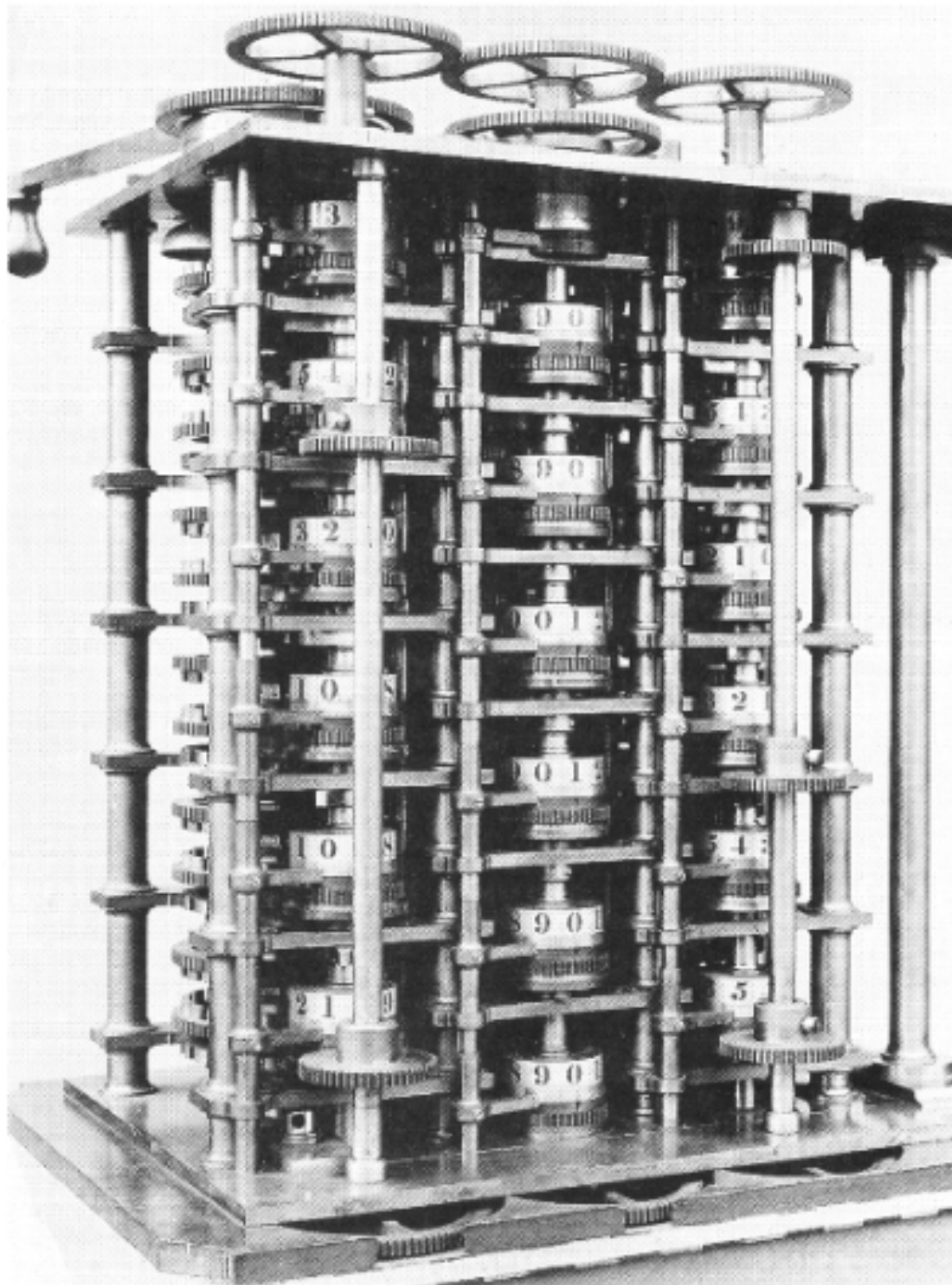


Pfarrat erhielt. Die Stadt feiert Hahn als ihren „großen Sohn“ und greift mit einer dreiviertel Million tief ins Haushaltssäckel, um die kunstvollen Sonnenuhren, Weltmaschinen und die filigranen Rechenmaschinen in historischem Umfeld zu zeigen.

Der Hobby-Wissenschaftler war zu seiner Zeit ein angesehenes, durchaus auch berühmter Mann. Manch hochgestellte Persönlichkeit kam dadurch in das kleine Kornwestheim. So besuchte ihn etwa Johann Wolfgang von Goethe und immer wieder Herzog Carl Eugen von Württemberg, sein besonderer Gönner sein konnte.

eine betont unorthodoxe Sichtweise an den Tag. Zwei divergierende Theorien über die Welt und die Gesetzmäßigkeit ihrer Bewegung vereint er in einem Modell, stellt die damals vorherrschenden kosmologischen Systeme ausgewogen nebeneinander: das geozentrische, für den Theologen maßgebende Weltbild mit der Erde als festem Bezugspunkt und eine heliozentrische Sichtweise, in der sich der damals astronomische Kenntnisstand von der Erde widerspiegelt, die sich mit dem Mond um die Sonne dreht. Seine Globusuhren bestehen deshalb meist aus zwei Kugeln – dem Tellurium und dem Himmelskugelstern.

Philipp Matthäus Hahn Pfarrer, Ingenieur und Unternehmer: Bau von Uhren und Rechenmaschinen



Die Difference Engine
von Charles Babbage

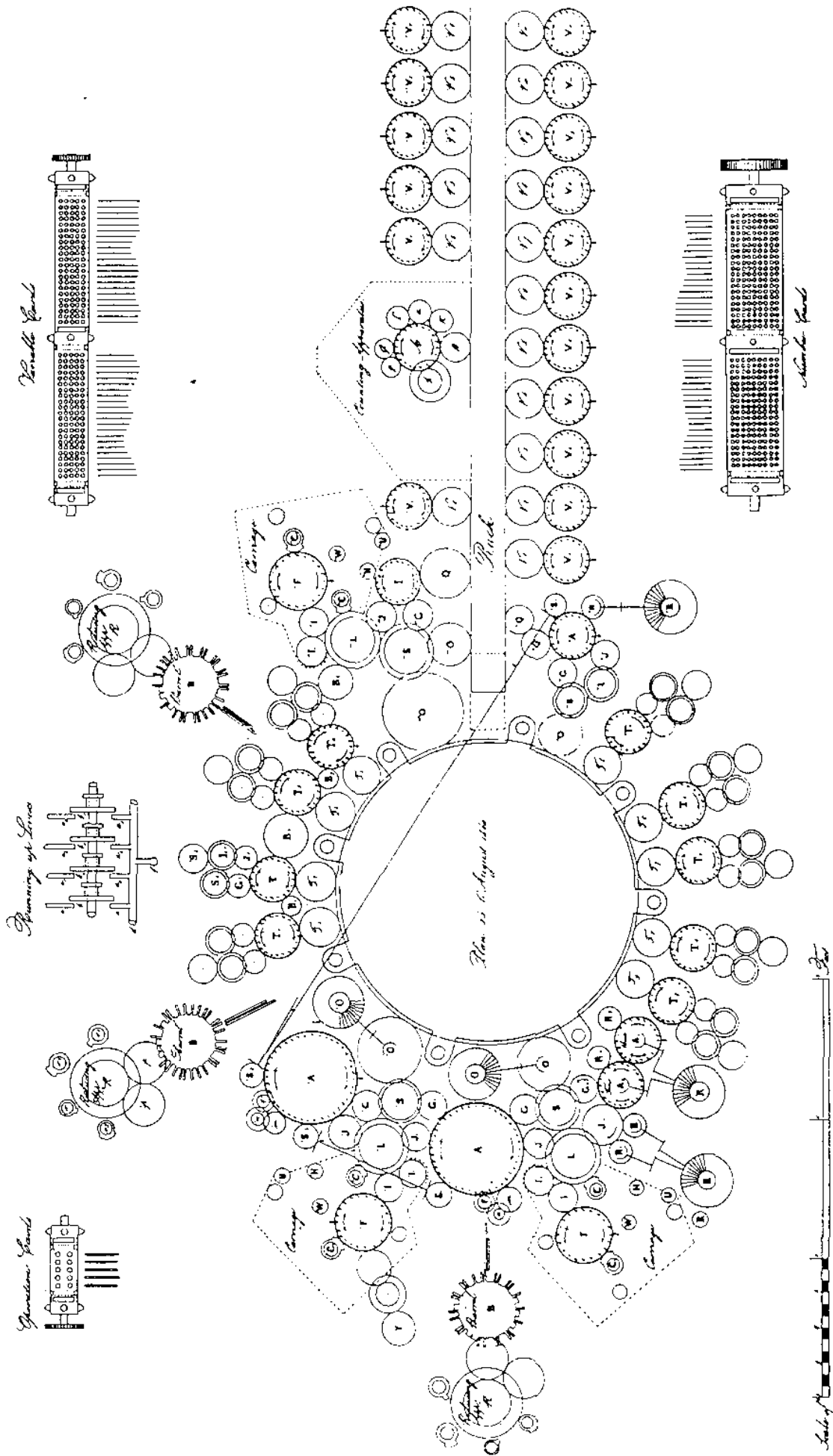
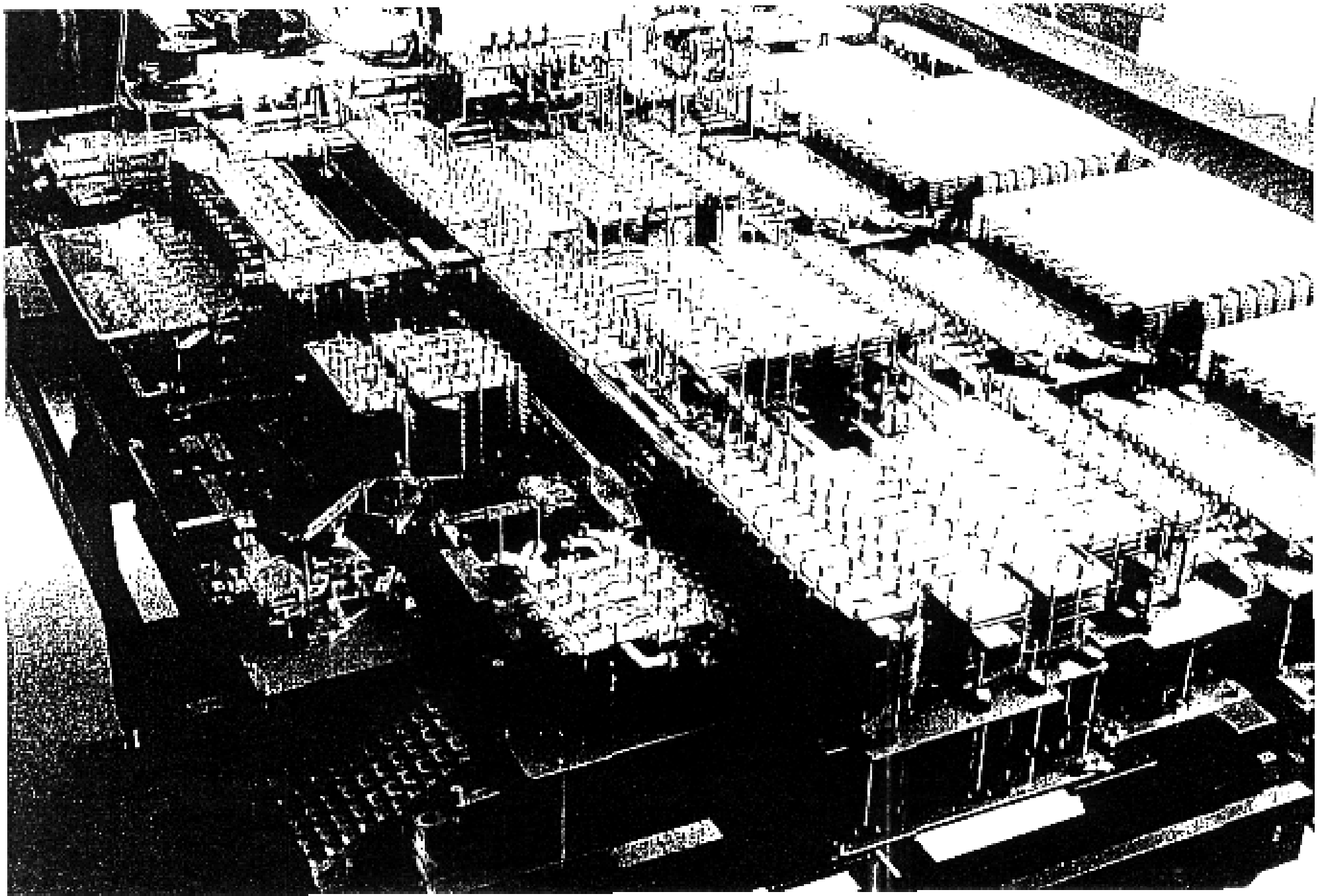
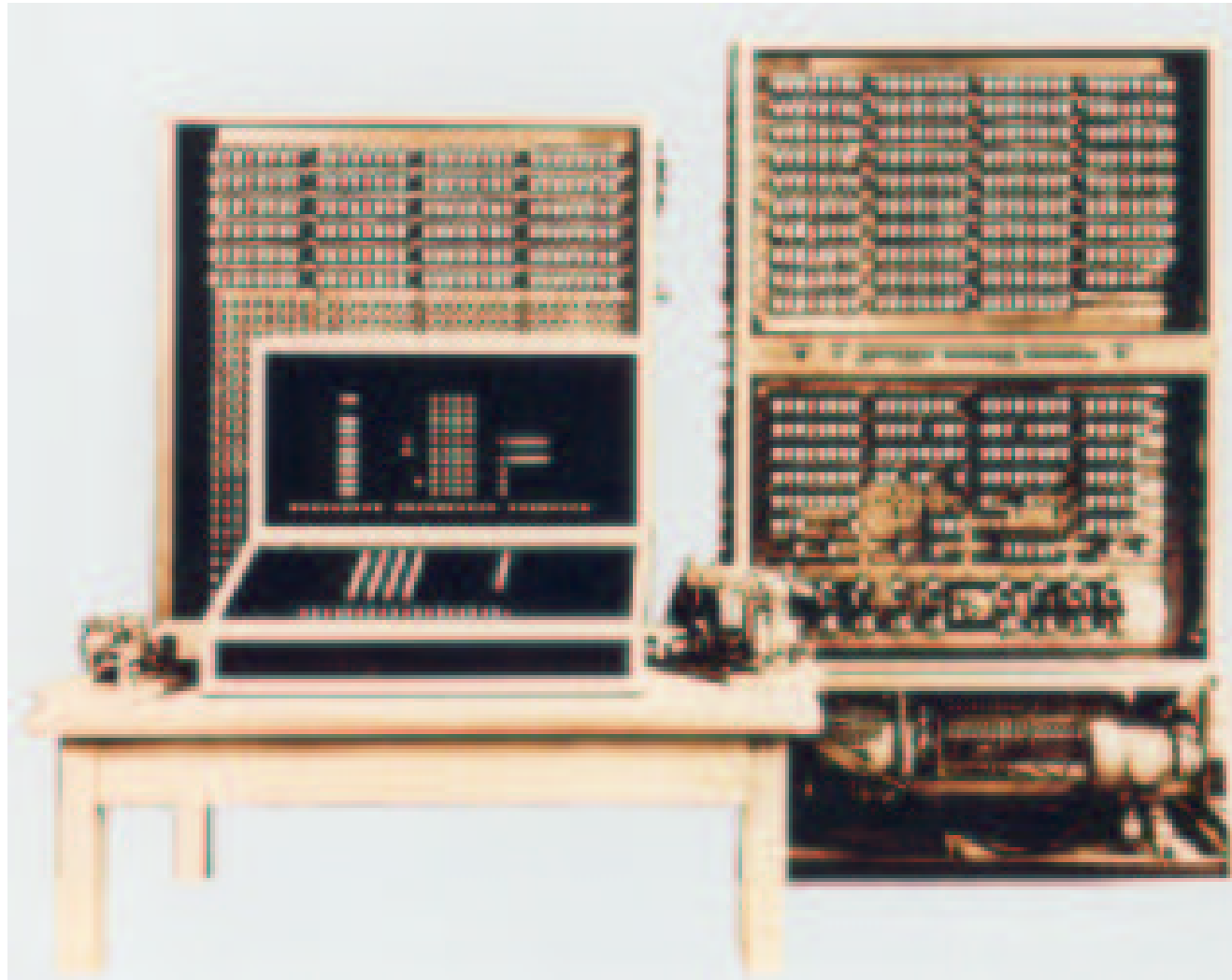


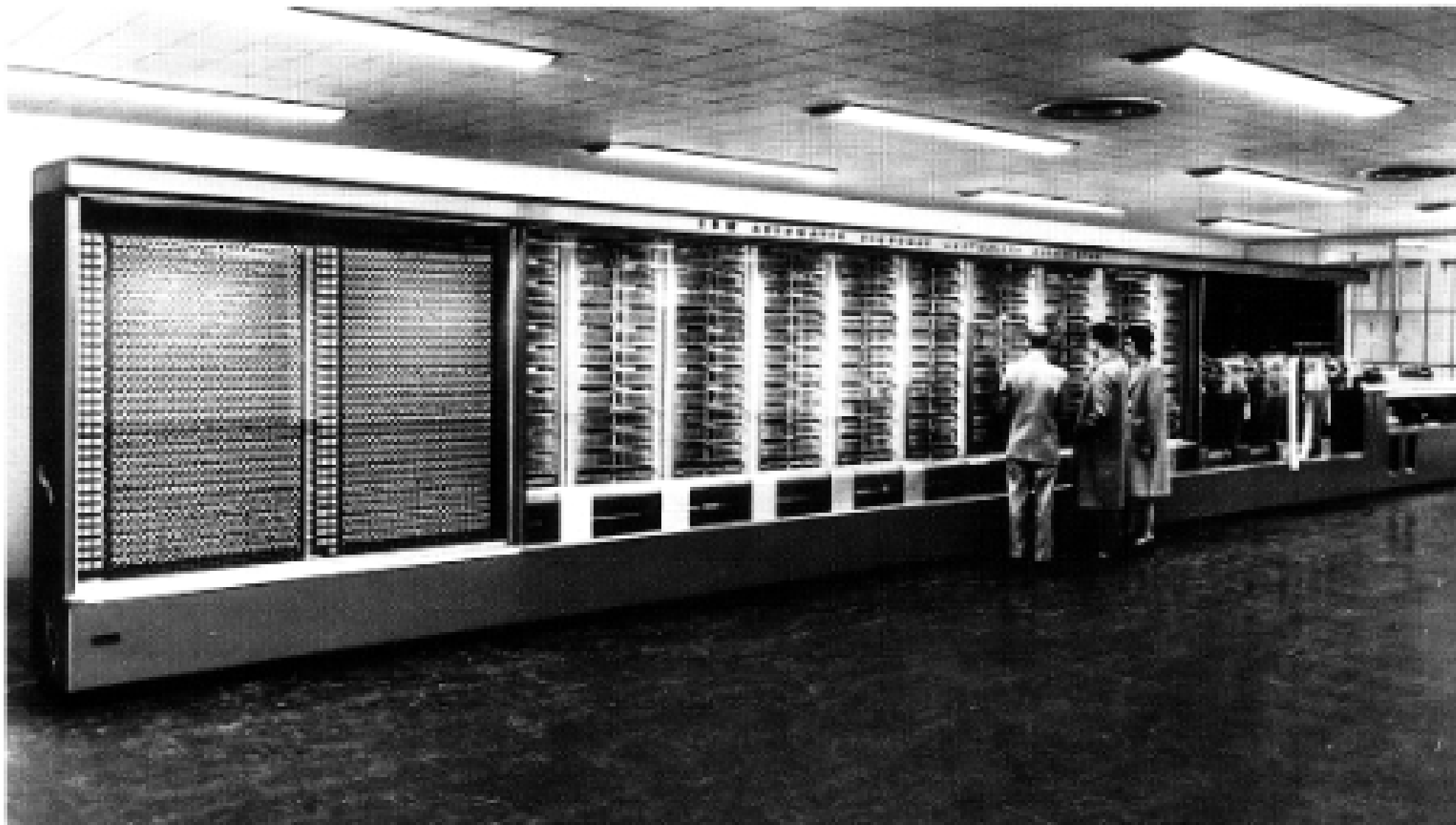
Abb.17: Gesamtplan für die Analytical Engine. Die Originalzeichnung ist vom 6. 8. 1840. Die im Text beschriebene Version von 1838 weicht nur minimal von diesem Plan ab [Camp89, S.255].



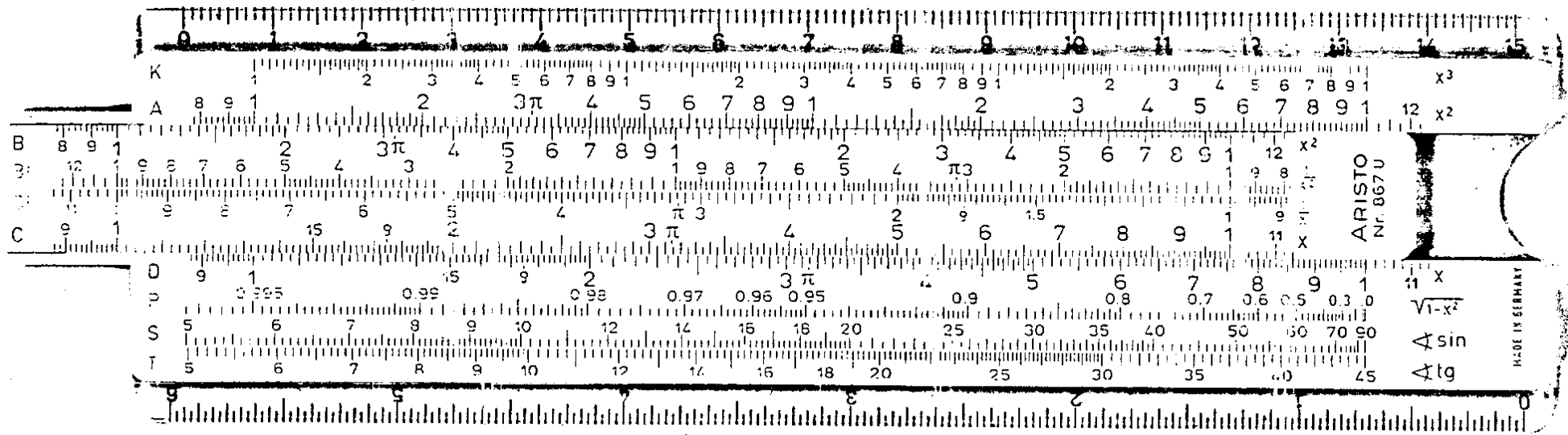
Nachbau des mechanischen Binärrechners Z1



Rekonstruktion der Z3



Harvard Mark I



Rechenschieber für technische Anwendungen

1.3 Grundbegriffe:

Information

Repräsentation

Informationstreue

Begriffsdefinitionen

Als *Information* bezeichnet man den abstrakten Gehalt einer Aussage.

Die Aussage selbst, mit der die Information übertragen wird, ist eine *Repräsentation* der Information.

Das Ermitteln der Information aus einer Repräsentation heißt *Interpretation*.

Das Verbinden einer Information mit ihrer Bedeutung in der realen Welt heißt *Verstehen*.

Beispiele für Repräsentationen der Information "25"

Mit Information "25" ist die abstrakte Zahl gemeint,
die sich aber nur durch eine Repräsentation angeben läßt.

Text deutsch: fünfundzwanzig

Text dänisch: femogtyve

Text schwedisch: tjugofem

Text englisch: twentyfive

Zahl römisch: XXV

Zahl dezimal, arabisch: 25

Zahl dezimal, ägyptisch: 

Zahl binär : 11001₂

Zahl Dreiersystem: 221₃

Zahl hexadezimal: \$0019

Morse-Schrift: •• — — — •••••

Wo auch immer Repräsentationen auftreten, meinen wir die Information, z.B.:

$$5 * (2 + 3) = 25$$

Die Information selbst kann man überhaupt nicht notieren!

Es muß immer Absprachen geben über die jeweilige Repräsentation. Es hilft z.B. nicht statt 25 hier $(25)_{10}$ zu schreiben um anzudeuten daß es sich um eine Dezimalzahl handelt. Dazu muß man schon die Dezimalziffern kennen und überdies noch sagen, daß die tiefgestellte $_{10}$ dezimal geschrieben ist.

Um solche Absprachen zu machen, muß man sich absprechen, in welcher Sprache man sich absprechen will...

Bei Texten und gesprochener Sprache wird die Sprache nicht ausdrücklich abgemacht. Die Repräsentation einer Information in Sprache X ist fast immer so, dass dies in Sprache Y keine interpretierbare Repräsentation ist. Die Interpretierbarkeit wird dann als Information über die benutzte Sprache verwendet.

Ein natürlich-sprachlicher Satz ist meistens eine so komplizierte Repräsentation, dass die Information sogar bei Fehlern in der Repräsentation noch verstanden wird. Beispiel:

*Als das Teleklingel fonte,
treppte ich die Rannte hinunter
und türte gegen die Bumms.*

In akustisch stark gestörter Umgebung wird solch ein Satz allerdings viel schwerer als ein korrekter verstanden.

Viele natürlich-sprachliche Repräsentationen sind nur im Kontext zu verstehen.

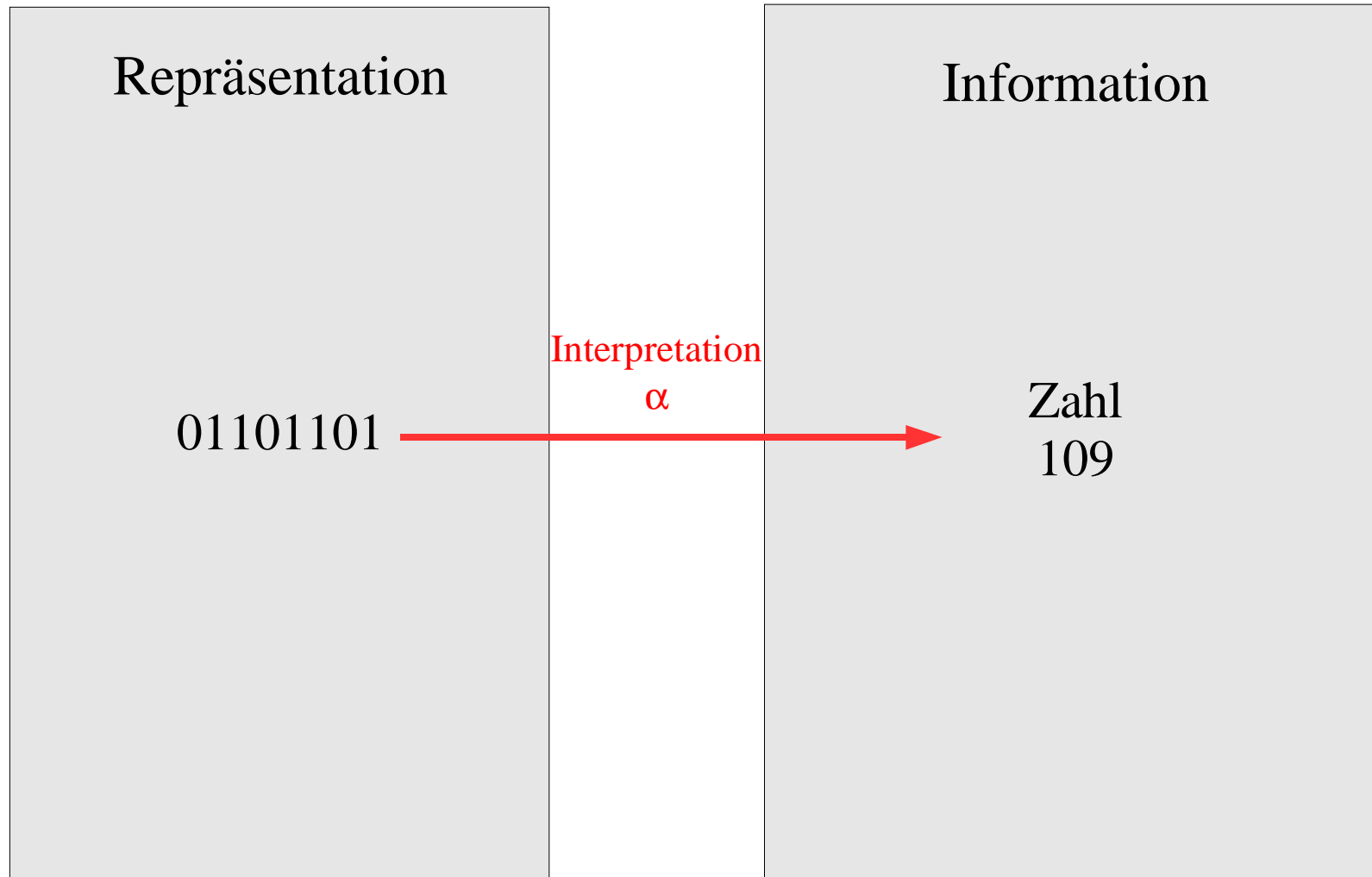
Beispiel: (gesprochen)

Obelix ist (isst) ein Schwein.

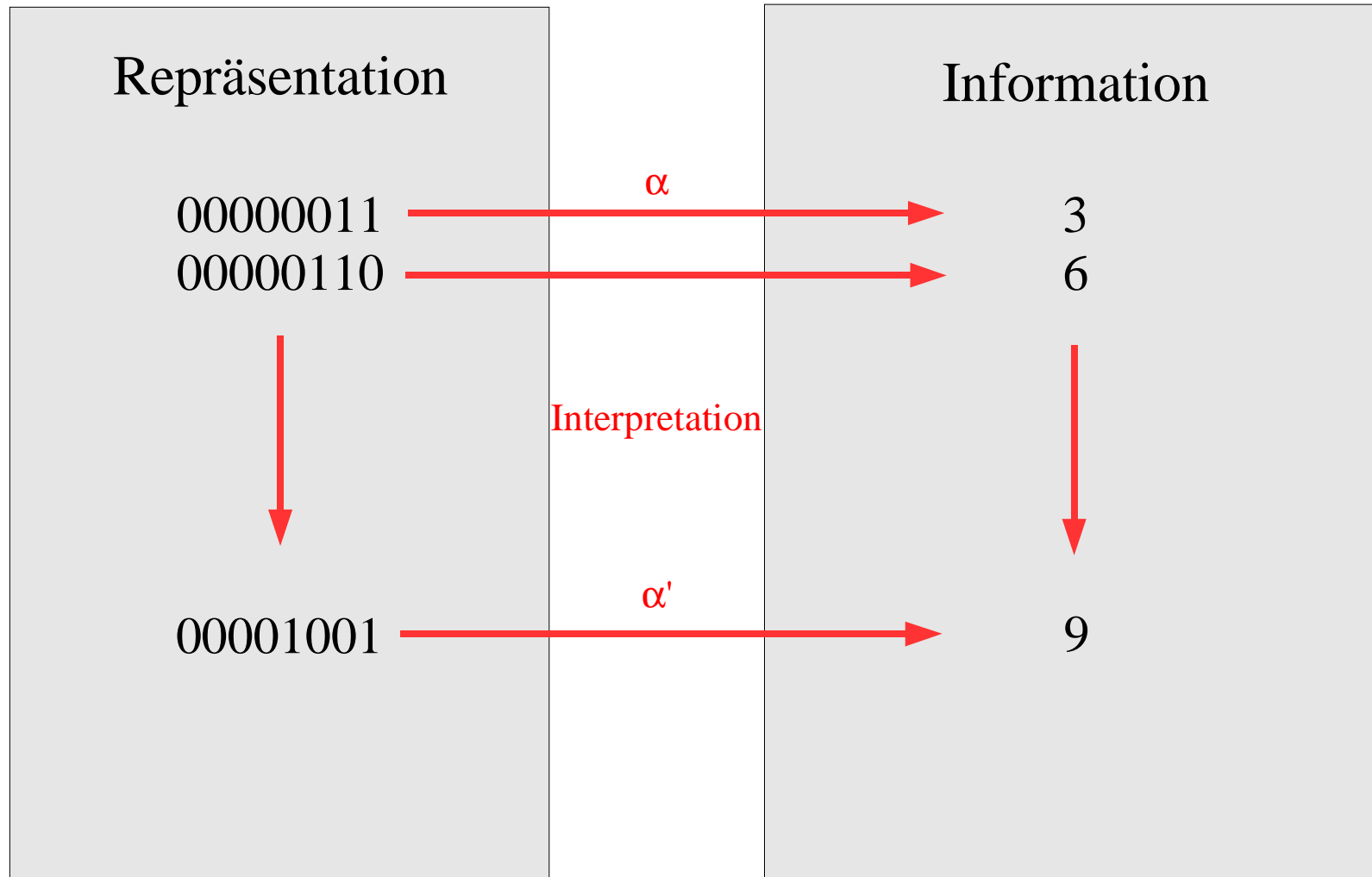
Um solch einen Satz richtig zu übersetzen muss ein automatisches Übersetzungssystem den Kontext *verstehen*.

Künstliche Sprachen für die Informationsverarbeitung dürfen Ambiguitäten dieser Art nicht enthalten.

Informationsrepräsentation



Informationsverarbeitung



Ergibt α gefolgt von σ dasselbe wie v gefolgt von α' ,
so heißt v *informationstreu*,

formal: $\sigma(\alpha(r)) = \alpha'(v(r))$.

Ist σ injektiv, so nennen wir v eine *Umschlüsselung*.
In diesem Fall geht durch die Verarbeitung σ keine
Information verloren.

Ist auch v injektiv, so nennen wir v eine *Umcodierung*.
Bei injektivem σ ist dies in den höheren Repräsentations-
ebenen häufig der Fall, bei der physikalischen Repräsen-
tation meistens nicht.

Wenn σ eine innere Verknüpfung der Menge J ist und v
eine innere Verknüpfung der Menge R , dann ist α ein
Homomorphismus der algebraischen Strukturen (J, σ) und (R, v) .

Ist überdies α bijektiv, so liegt ein *Isomorphismus* vor.

Ein Grundprinzip zur Beherrschung der Komplexität:

Einführung von *Abstraktionsebenen*

auch genannt: *Schichten, Entwurfsebenen, Hierarchie*
etc.

Jede Komponente besteht in der nächst tieferen Schicht
aus wenigen Subkomponenten mit einer festgelegten Interaktion

Repräsentationen sind meistens *mehrstufig* , genauer:

Die Repräsentation einer Information erfolgt häufig über mehrere Abstraktionsebenen. Beispiel:

Abstraktionsebene

<i>Zahl</i>		Dezimalzahl	□ abstrakte Zahl
		347	

<i>Ziffer</i>	8-Bit-Byte	□ Dezimalziffer
	01100111	3
	01101000	4
	01101110	7

<i>Bit</i>	elektrische Spannung	□ Bit
	3.5 Volt	1
	0.1 Volt	0

In jeder Ebene gibt es beliebig viele Alternativen der Repräsentation.

In Rechensystemen werden häufig mehrere Repräsentationen nebeneinander benutzt.

Die Repräsentationen der Zahl 3.1415926535 sind z.B. verschieden je nachdem, *wo* sie gespeichert ist:

im Prozessor-Register

im Hauptspeicher

auf Festplatte

auf Diskette

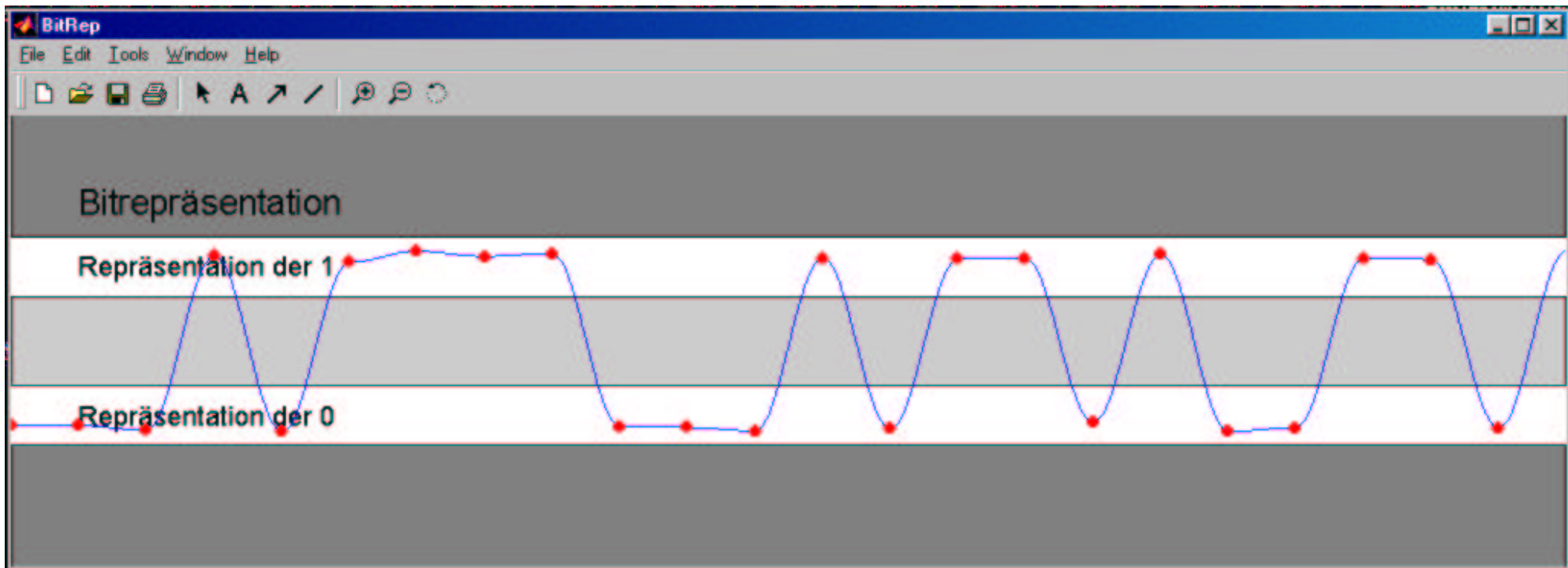
auf CD-ROM

und *als was* sie gespeichert ist:

als Datum

als Text

Die Repräsentation von Bits erfolgt in der physikalischen Ebene durch zwei Werte-Intervalle einer physikalischen Grösse (meistens der elektrischen Spannung, im Bild vertikal). Ein zwischen den Intervallen liegender Wert (grauer Bereich im Bild) kann nicht interpretiert werden, ist aber zulässig. Ausserhalb liegende Werte (dunkle Bereiche im Bild) können zu dauerhaften Schäden führen und sind deshalb unzulässig. Horizontal im Bild ist im Falle der Kommunikation die Zeit, im Falle der Speicherung z.B. der Ort in einem Speichermedium.



Analoge und digitale Systeme

In *analogen* Systemen werden abstrakte Zahlen durch je einen aktuellen Wert einer physikalischen Grösse repräsentiert.

In *digitalen* Systemen wird eine kleine Zahl von b Symbolen durch b nicht überlappende Intervalle einer physikalischen Grösse repräsentiert. Heute ist fast immer $b = 2$. Jede Information muss in den höheren Schichten durch Wörter aus den Symbolen repräsentiert werden.

Beispiele:

Analogrechner zur Addition:
Hintereinanderlegen von Zollstöcken.
Z.B. $37 \text{ cm} + 41 \text{ cm} = 78 \text{ cm}$

Digitalrechner in TTL-Technologie:
Symbol 0 wird repräsentiert durch Spannung im Bereich $[-0.5\text{V}, 0.8\text{V}]$
Symbol 1 wird repräsentiert durch Spannung im Bereich $[2.0\text{V}, 5.5\text{V}]$

Vor- und Nachteile:

Vor- und Nachteile von Analogrechnern:

Analogrechner sind sehr viel schneller als Digitalrechner, aber prinzipiell nicht informationstreu.

Analogrechner können nur mit Einschränkungen frei programmiert werden.