

# 1. Foliensatz Betriebssysteme

Prof. Dr. Christian Baun

Frankfurt University of Applied Sciences  
(1971–2014: Fachhochschule Frankfurt am Main)  
Fachbereich Informatik und Ingenieurwissenschaften  
[christianbaun@fb2.fra-uas.de](mailto:christianbaun@fb2.fra-uas.de)

# Organisatorisches zur Vorlesung und Übung

- **E-Mail:** christianbaun@fb2.fra-uas.de

!!! Sagen Sie mir frühzeitig wenn es Probleme gibt !!!

- **Homepage:** <http://www.christianbaun.de>

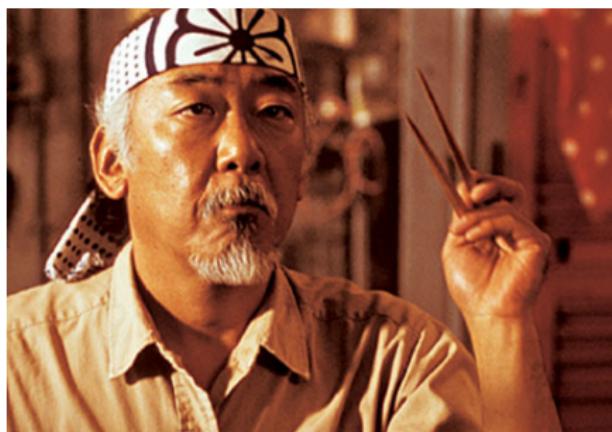
!!! Schauen Sie regelmäßig auf die Vorlesungsseite !!!

- Die Homepage enthält u.a. die **Vorlesungsunterlagen**
  - **Präsentationsfolien** in deutscher und englischer Sprache
  - **Übungsblätter** in deutscher und englischer Sprache
  - **Musterlösungen** der Übungsblätter
  - Alte **Klausuren** und deren **Musterlösungen**
- Die Übungsteilnahme ist keine Voraussetzung zur Klausurteilnahme
  - Die Teilnahme an den Übungen wird aber empfohlen

Der Inhalt der englischen und deutschen Vorlesungsfolien ist identisch, aber verwenden Sie bitte die englischen Folien für die Prüfungsvorbereitung, um sich mit den Fachbegriffen vertraut zu machen

# Wie gute Vorlesungen ablaufen. . .

Bildquelle: Google Bildersuche



- 
  - Nehmen Sie aktiv an der Vorlesung teil!
  - Zitat von Mr. Miyagi:  
*„Nicht nur der Schüler lernt von seinem Meister; auch der Meister lernt von seinem Schüler.“*

## Dinge, die in Vorlesungen schlecht sind. . .

#### (Regelmäßiges!) Zuspätkommen



⇒ nervig und respektlos

## Lautes Essen während der Vorlesung



⇒ nervig

Riechendes Essen während der Vorlesung



⇒ wiederlich

#### **Lautes Begrüßen von/durch Zuspätkommer**



⇒ peinlich und respektlos

## Gruppenarbeit am Laptop in der Vorlesung



⇒ nervig für die Reihen dahinter

Filmen oder Fotografieren der Vorlesung



⇒ peinlich und respektlos

## Literatur



- **Betriebssysteme kompakt**, Christian Baun, Springer Vieweg (2017)
    - Meine Vorlesungsunterlagen waren die Grundlage für das Buch
    - Der Download ist kostenfrei aus dem Intranet über die Bibliothek der FRA-UAS möglich
  - **Betriebssysteme**, Carsten Vogt, Spektrum Verlag (2001)
  - **Moderne Betriebssysteme**, Andrew S. Tanenbaum, Herbert Bos, Pearson, 4. Auflage (2016)
  - **Betriebssysteme**, William Stallings, Pearson, 4. Auflage (2003)

Die Bücher von Andrew S. Tanenbaum und William Stallings sind in deutscher und englischer Sprache verfügbar

# Lernziele dieses Foliensatzes

- Am Ende dieses Foliensatzes kennen/verstehen Sie...
  - wie die **Betriebssysteme** in die Informatik eingeordnet sind
  - wie die Entwicklungen der Hardware die **Entwicklung der Betriebssysteme** beeinflusst hat
    - Stapelverarbeitung
    - Einzelprogrammbetrieb (Singletasking)
    - Mehrprogrammbetrieb (Multitasking)
    - Dialogbetrieb (Time Sharing)
  - die **Kernfunktionalitäten** der Betriebssysteme:
    - Speicherverwaltung
    - Dateisysteme
    - Systemaufrufe um Zugriffe auf die Hardware zu verwalten
    - Prozessverwaltung
    - Interprozesskommunikation
    - Prozesssynchronisation

Übungsblatt 1 wiederholt die für die Lernziele relevanten Inhalte dieses Foliensatzes

# Einordnung der Betriebssysteme in die Informatik (1/2)

**Praktische  
Informatik**

**Technische  
Informatik**

**Theoretische  
Informatik**

**Mathematik**

**Neben-  
fach**

Wo würden Sie die Betriebssysteme einordnen?

# Einordnung der Betriebssysteme in die Informatik (2/2)

## Praktische Informatik

Programmieren  
(SW-Engineering, Modellierung)

Verteilte Systeme

Datenbanken

Compilerbau

Formale Sprachen

Berechenbarkeitstheorie

Logik

Automatentheorie

## Theoretische Informatik

## Technische Informatik

Robotik                      Sensorik

Echtzeitsysteme

Hardwaredesign

Eingebettete Systeme

Analysis

Stochastik

Algebra

Optimierung

## Mathematik

## Nebenfach

E-Technik

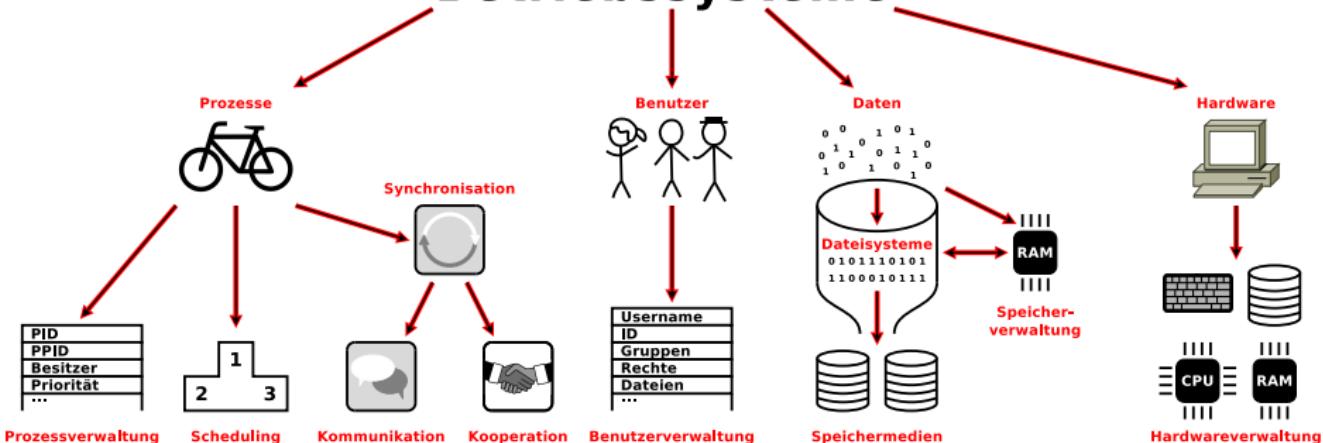
BWL/VWL

Medizin

Betriebssysteme gehören zur praktischen Informatik und technischen Informatik

# Kernfunktionalitäten von Betriebssystemen

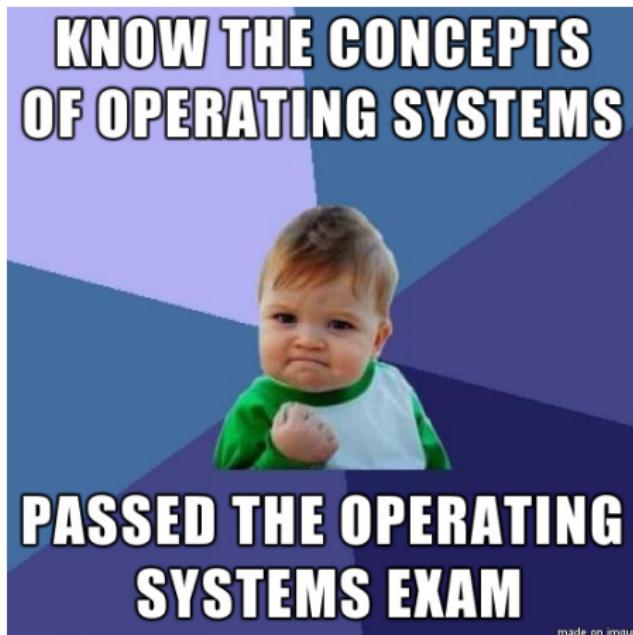
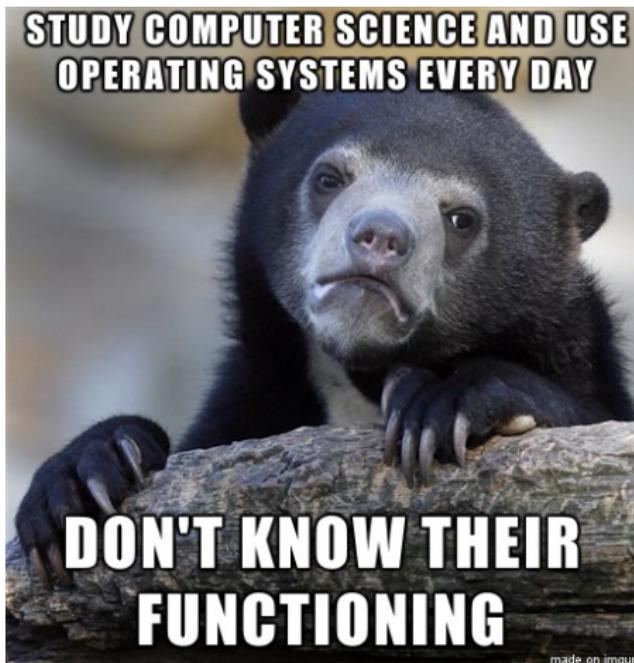
## Betriebssysteme



Am Ende des Semesters...

- kennen und verstehen Sie die **Arbeitsweise** der **Kernfunktionalitäten** von Betriebssystemen
- verstehen Sie die **Arbeitsweise** der wichtigsten Hardwarekomponenten
- haben Sie grundlegende Kenntnisse im Umgang mit **Linux**
- haben Sie grundlegende Kenntnisse in **Shell-Programmierung**

# Situation heute und Ziel für dieses Semester



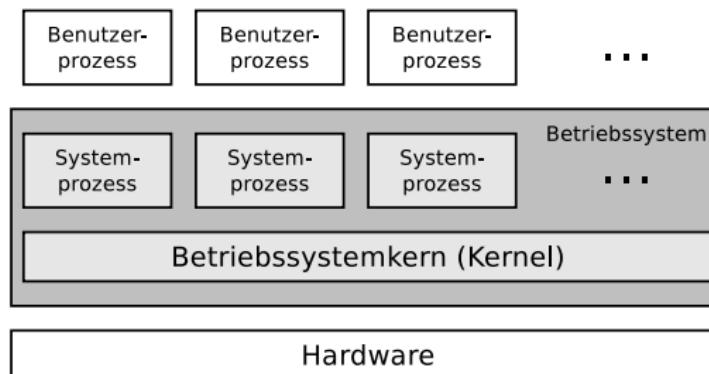
# Es gibt viel zu tun bis zum Ende des Semesters

- Die Vorlesung umfasst > 500 Folien
  - Man muss nicht alle Folien für die Prüfung auswendig kennen!
- Zu jedem Foliensatz gibt es ein Übungsblatt
  - Die Übungsblätter wiederholen die wichtigen Inhalte der Vorlesung und dienen zur Klausurvorbereitung



Bildquelle: unbekannt

# Prinzipieller Aufbau eines Betriebssystems



- Benutzerprozesse arbeiten die Aufträge der Benutzer ab
- Systemprozesse erbringen Dienstleistungen des Betriebssystems
- Alle nicht als Systemprozesse realisierten Komponenten enthält der Betriebssystemkern (⇒ Kernel)

Betriebssysteme sind ein Teil der Systemsoftware

Systemsoftware steuert den Betrieb eines Rechners, stellt eine Verbindung zur Hardware her und steuert die Verwendung und Zuteilung der Hardwareressourcen

# Generationen von Computern und Betriebssystemen

Fragen, die die folgenden Folien klären sollen...

- Was für Betriebssysteme gibt es?
- Seit wann gibt es Betriebssysteme?
- Wie hat die Entwicklung der Hardware die Entwicklung der Betriebssysteme beeinflusst?

Generation	Zeitraum	Technologischer Fortschritt
0	bis 1940	(Elektro-)mechanische Rechenmaschinen $\Rightarrow$ keine Software!
1	1940 – 1955	Elektronenröhren, Relais, Klinkenfelder
2	1955 – 1965	Transistoren, Stapelverarbeitung
3	1965 – 1980	Integrierte Schaltungen, Dialogbetrieb
4	1980 – 2000	Hoch-integrierte Schaltungen, Mikroprozessoren, PCs/Workstations
5	2000 bis ?	Verteilte Systeme, <i>Das Netz ist der Computer.</i> Virtualisierung

Aus der Zeitschrift *Populäre Mechanik* (1949)

„Computer der Zukunft werden nicht mehr als 1,5 Tonnen wiegen.“

# 0. Generation (bis 1940)

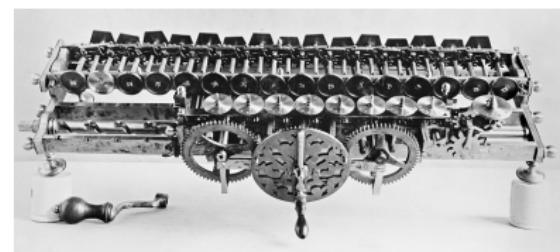
- Mechanische/elektromechanische Rechenmaschinen
- Beispiele:
  - Rechenmaschine von Wilhelm Schickard (1623)
    - Bietet Addition, Subtraktion und Zehnerübertragung
  - Rechenmaschine Pascaline von Blaise Pascal (1643)
    - Bietet Addition, Subtraktion,  $\leq 8$  Stellen und Zehnerübertragung
  - Leibniz'sche Rechenmaschine von Gottfried Wilhelm Leibniz (1673)
    - Bietet alle 4 Grundrechenarten,  $\leq 6$  Stellen und Zehnerübertragung



Bildquelle: Herbert Klaeren



Bildquelle: Heinz Nixdorf Museum



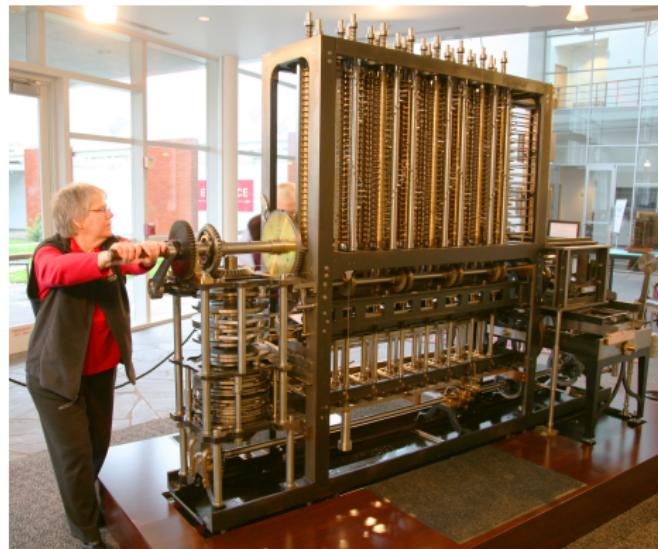
Bildquelle: Deutsches Museum

Keine Software in dieser Generation  $\Rightarrow$  Keine Betriebssysteme

# 0. Generation (bis 1940)

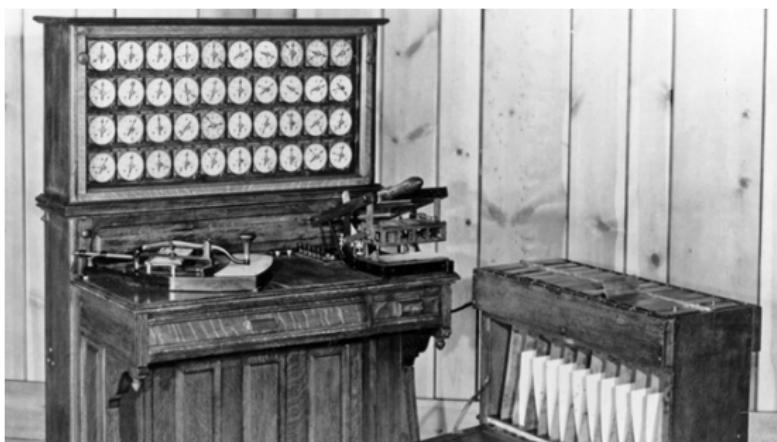
Bildquelle: flickr.com (Jitze Couperus, CC-BY-2.0)

- Weiteres Beispiel:
  - Differenzmaschine Nr.1 zum Lösen polynomialer Funktionen von Charles Babbage (1832)

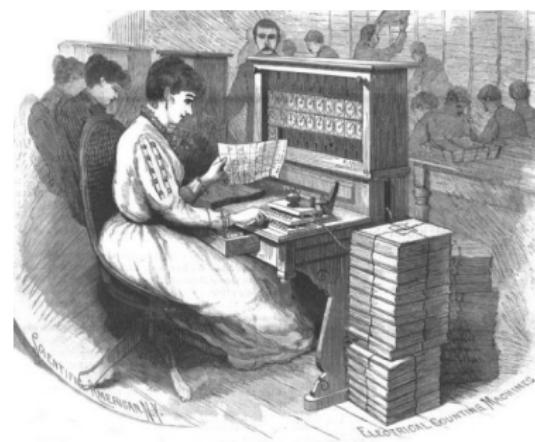


# 0. Generation (bis 1940)

- Weiteres Beispiel:
  - Hollerithmaschine von Herman Hollerith (1888)
    - Besteht aus: Tabelliermaschine, Lochkartensortierer, Lochkartenlocher und Lochkartenleser
    - 1890: Einsatz bei der amerikanischen Volkszählung
    - 1924: Die Firma von Hollerith wird in International Business Machines Corporation (IBM) umbenannt



Bildquelle: IBM



Bildquelle: United States Census Bureau

# 1. Generation (1940 bis 1955)

- Die 1. Generation Computersysteme entstand während des 2. Weltkriegs  
    ⇒ Konrad Zuse, John von Neumann
- Anforderungen an einen universellen Computer:
  - Gespeichertes Programm
  - Bedingte Sprünge
  - Trennung von Speicher und Prozessor
- Rechner waren Maschinen mit teilweise > 10.000 Röhren oder Relais, die langsam und fehleranfällig arbeiteten
- Programme wurden über Steckfelder gesteckt
  - Der Benutzer/Programmierer startet **ein** Programm, dass direkt auf die Hardware zugreift

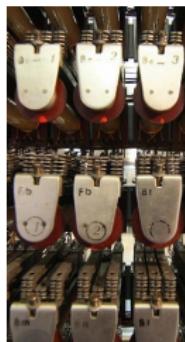
Keine Betriebssysteme und Programmiersprachen in dieser Generation

# Bekannte Vertreter der 1. Generation

Bildquelle: Eigenes Werk (12.12.2008)

Maschine	Entwicklung	Speicher/CPU	bedingte Sprünge	Programmierung	interne Kodierung	Zahlen-darstellung	Technologie
Z1 / Z3	1936-1941	getrennt	ja	SW	binär	Gleitkomma	Mechanisch (Relais)
ABC	1938-1942		ja	HW	binär	Festkomma	Elektronisch
Harvard Mark 1	1939-1944		nein	nein	SW	dezimal	Elektronisch
ENIAC	1943-1945		nein	teilweise	HW	dezimal	Elektronisch
Manchester	1946-1948		ja	ja	SW	binär	Elektronisch
EDSAC	1946-1948		ja	ja	SW	binär	Elektronisch

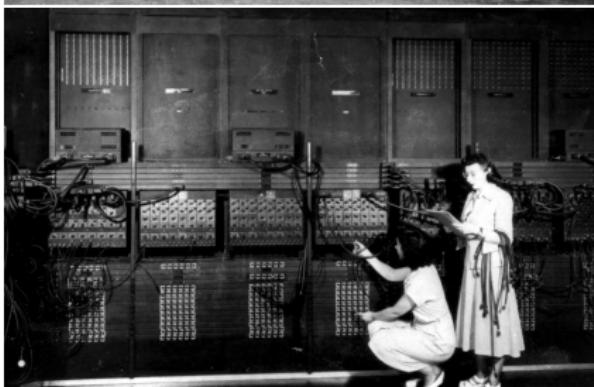
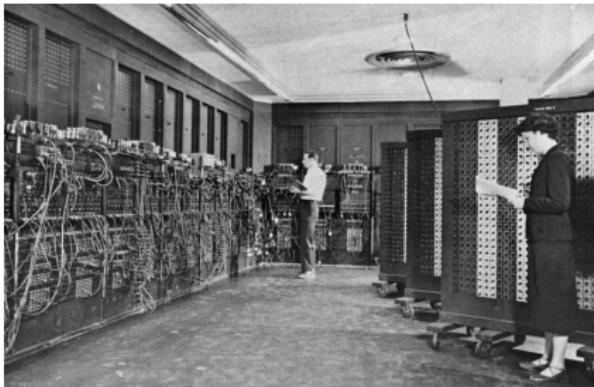
Computer, die intern nach dem Dezimalsystem arbeiten?

Detaillierte Beschreibung des Aufbaus: <http://computer-modell-katalog.de/eniac.htm>

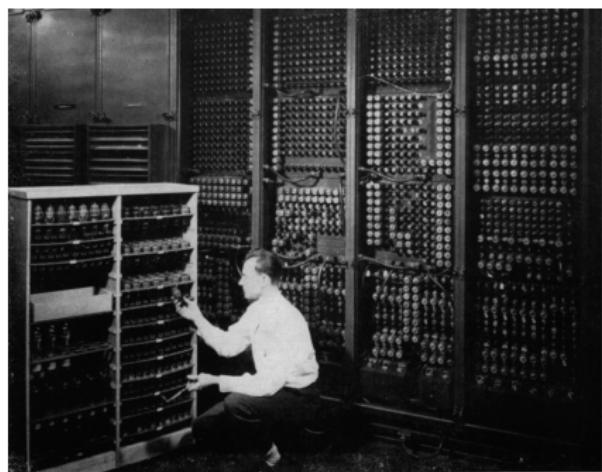
- Bild: Zuse Z3 (1941)
- Erster programmierbarer Digitalrechner der Welt (basiert auf Relaistechnik)
- Erstmals Verwendung des Dualsystems

# 1. Generation: ENIAC (1944)

Bildquelle: US Army



- Electronic Numerical Integrator and Computer (ENIAC)
- Erster elektronischer Universalrechner (mit Elektronenröhren)



## 2. Generation (1955 bis 1965)

Bildquelle: Flickr (born1945, CC-BY-2.0)

- Anfang der 1950er Jahre: Lochkarten lösen die Steckfelder ab
- Mitte der 1950er Jahre: Einführung der Transistoren  
⇒ Rechnersysteme werden zuverlässiger
- FORTTRAN- oder COBOL-Programme wurden...
  - vom Programmierer auf Formblätter aufgeschrieben,
  - vom Eingeber bzw. Codierer in Lochkarten gestanzt
  - und dem Operator übergeben
- Der Operator...
  - koordiniert die Reihenfolge der Programme (Jobs)
  - bestückt den Rechner mit den Lochkarten
  - lädt den Compiler vom Magnetband
  - übergibt das Rechenergebnis als Ausdruck

⇒ Ineffiziente Arbeitsweise
- Später wurden aus Effizienzgründen die Programme gesammelt, auf Magnetbänder eingelesen und dann im Maschinenraum verarbeitet



## 2. Generation: Stapelbetrieb bzw. Batchbetrieb (1/4)

- Frühe Betriebssysteme waren **Stapelverarbeitungs-Betriebssysteme**
- Ziel: **Maximierung der Prozessorausnutzung**



- Jedes Programm muss (mit allen Eingabedaten!) **vollständig vorliegen**, bevor die Abarbeitung beginnen kann
- Stapelbetrieb eignet sich gut zur Ausführung von **Routineaufgaben**

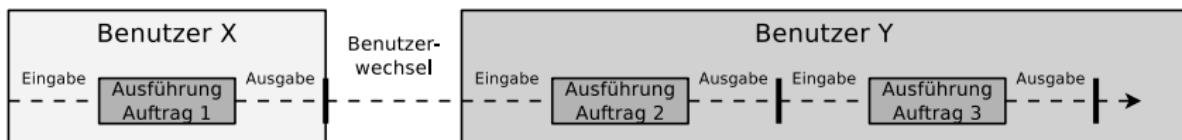
- Auch heutige Systeme ermöglichen die automatische Bearbeitung von Programmabfolgen (z.B. Batch-Dateien, Shell-Skripte, usw.)

Bildquelle: IBM (Das Bild zeigt eine IBM 7090 von 1959)

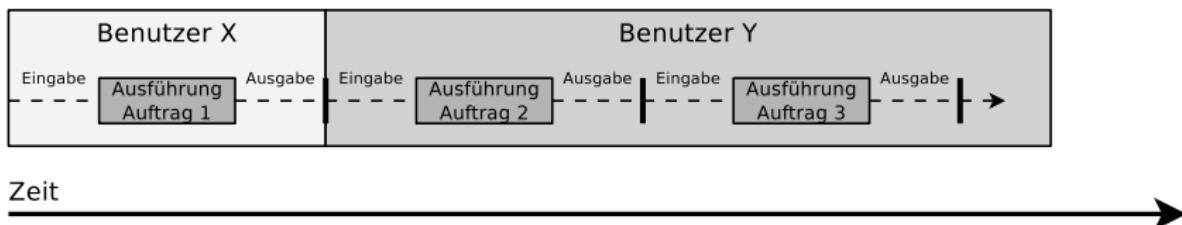
<http://www.computer-history.info/Page4.dir/pages/IBM.7090.dir/images/ibm.7090.jpg>

## 2. Generation: Stapelbetrieb bzw. Batchbetrieb (2/4)

Einbenutzerbetrieb mit Einzelprogrammbetrieb ohne Stapelbetrieb

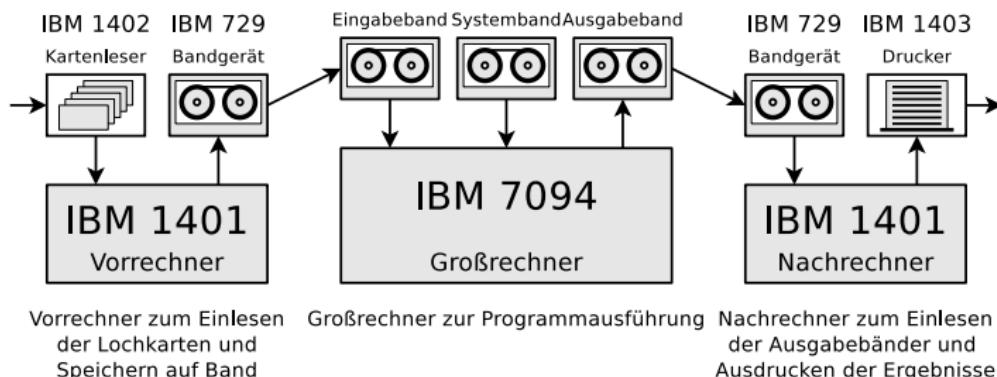


Stapelbetrieb (Batchbetrieb)



- Stapelbetrieb  $\Rightarrow$  **Beschleunigung durch Automatisierung**
- Nachteil: Der Hauptprozessor wird noch nicht optimal ausgenutzt
  - Während der Ein-/Ausgabe liegt der Prozessor brach

## 2. Generation: Stapelbetrieb bzw. Batchbetrieb (3/4)



- Vor-/Nachrechner befreien den Großrechner von langsamer I/O-Arbeit
  - Von Band kann schneller eingelesen werden, als von Lochkarten und auf Band kann schneller ausgegeben werden als auf Papier
- **Spooling** ist die Entlastung des Hauptprozessors durch zusätzliche Hardware für Ein-/Ausgabeoperationen
  - Ein-/Ausgabe geschieht nebenläufig zur Bearbeitung anderer Aufträge

Moderne Computer haben neben der CPU spezielle, DMA-fähige (*Direct Memory Access*) Ein-/Ausgabeprozessoren

Diese schreiben Daten direkt in den Hauptspeicher und holen von dort Ergebnisse

## 2. Generation: Stapelbetrieb bzw. Batchbetrieb (4/4)



Bildquelle: IBM

- Spooling ist heute noch aktuell
  - z.B. Spoolingprozesse zum Drucken
- Üblicherweise ist Stapelverarbeitung (Batchbetrieb) **interaktionslos**
  - Nach dem Start eines Programms wird dieses bis zum Ende oder Auftreten eines Fehlers ohne Interaktion mit dem Benutzer abgearbeitet

Stapelbetrieb ist heute nicht obsolet!

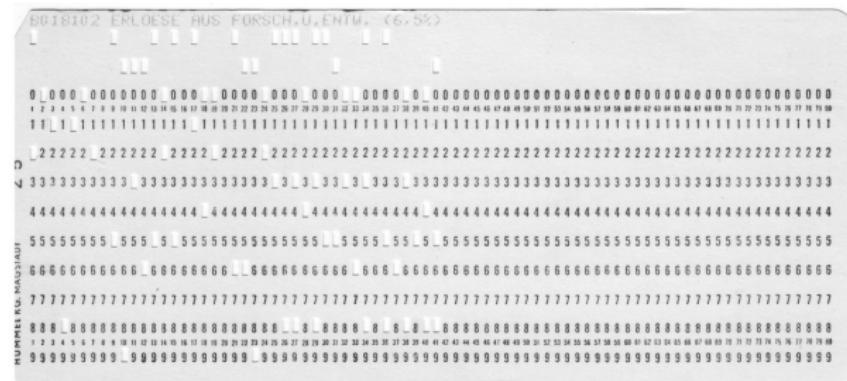
Rechenintensive Programme in verteilten Systemen sind meist interaktionslose Batchprogramme  
⇒ Distributed Computing und sog. Number Crunching

- Stapelverarbeitungs-Betriebssysteme der zweiten Generation bieten nur **Einzelprogrammbetrieb = Singletasking** (⇒ Foliensatz 2)
  - Das Betriebssyst. erlaubt nur die Ausführung eines Programms auf einmal
  - Der Start eines zweiten Programms erfordert die Beendigung des Ersten

### Einige Betriebssysteme der 2. Generation

Atlas Supervisor, GM-NAA I/O, UMES, SHARE, IBSYS

## 2. Generation: Lochkarten



- Jede Lochkarte stellt üblicherweise eine Zeile Programmtext mit 80 Zeichen oder entsprechend viele binäre Daten dar
  - Das die Zeilenlänge von E-Mails und Textdateien heute noch typischerweise 80 Zeichen beträgt, geht auf die Lochkarte zurück
- 12 Lochpositionen für die Kodierung jedes Zeichens
  - Ziffern kodiert man mit einem einzelnen Loch in der entsprechenden Zeile
  - Buchstaben und Sonderzeichen kodiert man, indem mehrere Löcher in die Spalte gestanzt werden

### 3. Generation (1960 bis 1980)

- Frühe 1960er Jahre: Integrierte Schaltungen sind verfügbar  
    ⇒ Leistungsfähigere, kleinere und billigere Computer
- 1960er Jahre:
  - Weiterentwicklung der Stapelverarbeitungssysteme um mehrere Jobs gleichzeitig abzuarbeiten ⇒ **Multitasking**
  - Erste einfache **Speicherverwaltung (Fixed Partitions)**
- 1970er Jahre: **Dialogbetrieb (Time Sharing)** bzw. Zeitteilbetrieb
  - Eine Zentraleinheit, mehrere Terminals (Dialogstationen)
  - Jeder Benutzer erhält beim Anmelden einen Benutzerprozess
- Ende der 1970er Jahre: Entwicklung des Mikroprozessors  
    ⇒ Entwicklung des Heimcomputers / Personal Computers (PC)
  - 1977: Apple II. Erster Heimcomputer
  - 1981: IBM PC. Meist verkaufte Rechnerarchitektur (Intel 80x86)

#### Einige Betriebssysteme der 3. Generation

BESYS, CTSS, OS/360, CP/CMS, Multics, Unics (später Unix), DEC DOS-11, DEC RT-11, Version 6/7 Unix, DEC CP/M, Cray Operating System, DEC VMS

# Bekannte Vertreter der 3. Generation

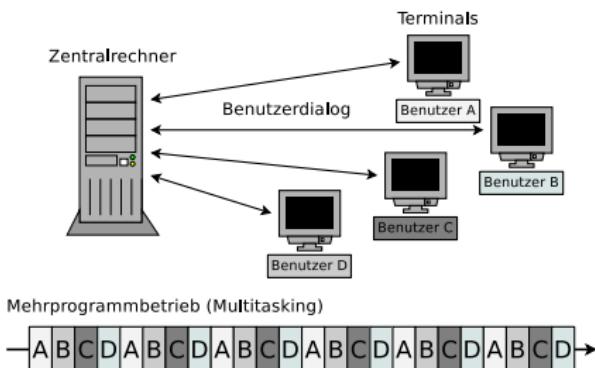
Bildquelle: tecchannel

Maschine	Entwicklung	Besonderheiten
CDC 6600	1964	Erster Supercomputer
IBM System/360	1964	8-Bit Zeichengröße. Flexible Architektur
PDP-8	1965	Erster kommerzieller Minicomputer von DEC
ILLIAC IV	1969	Erster Multiprozessor-Rechner
CRAY 1	1976	Supercomputer



- In dieser Generation gibt es auch...
  - erstes dezentrales Computernetz (Arpanet)
  - Computernetze, um Terminals mit Großrechnern über serielle Leitungen zu verbinden (z.B. IBM Systems Network Architecture)
  - proprietäre Direktverbindungsnetzwerke (z.B. DECnet)

### 3. Generation: Dialogbetrieb – Time Sharing (1/2)



- **Mehrere Benutzer** arbeiten an einem Computer **gleichzeitig und konkurrierend**, indem sie sich die verfügbare Rechenzeit des Hauptprozessors teilen
  - Ziel: Faire Verteilung der Rechenzeit
- Verteilung der Rechenzeit durch **Zeitscheiben** (*Time Slices*)
  - Die Verteilung kann nach unterschiedlichen Strategien erfolgen
- **Mehrere Benutzer** können **gleichzeitig** über Terminals am Computer **interaktiv** arbeiten ⇒ **Mehrbenutzerbetrieb** (⇒ Foliensatz 2)
- Die Programme der einzelnen Benutzer sind unabhängig voneinander
- Die quasi-parallele Programm- bzw. Prozessausführung heißt **Mehrprogrammbetrieb** oder **Multitasking** (⇒ Foliensatz 2)
  - Ziel: Minimierung der Antwortzeit

### 3. Generation: Dialogbetrieb – Time Sharing (2/2)

- Durch Dialogbetrieb wurden neue Konzepte nötig:
  - **Speicherschutz:** Der Arbeitsspeicher wird aufgeteilt und laufende Programme voneinander getrennt
    - So können Programmierfehler oder der Absturz eines Programms nicht die Stabilität anderer Programme und des Gesamtsystems beeinträchtigen

⇒ Foliensatz 5
  - **Dateisysteme**, die quasi-gleichzeitige Dateizugriffe erlauben

⇒ Foliensatz 6
  - **Swapping (Umlagerung):** Prozess des Ein- und Auslagerns von Daten in den/vom Arbeitsspeicher vom/in Auslagerungsspeicher (Festplatten/SSDs)

⇒ Foliensatz 7
  - **Scheduling:** Automatische Erstellung eines Ablaufplanes (*schedule*), der Benutzern bzw. Prozessen zeitlich begrenzte Ressourcen zuteilt

⇒ Foliensatz 8

## 4. Generation (1980 bis 2000)

- Hochintegrierte Schaltkreise und exponentiell wachsende Integrationsdichte der elektronischen Komponenten
  - Prozessoren werden immer leistungsfähiger und preiswerter
  - Speicherbausteine haben eine immer höhere Kapazität
- Hohe Rechenleistung kann an jedem Arbeitsplatz installiert werden
  - Workstations setzten sich im professionellen Umfeld durch
  - Immer größerer Erfolg von Heimcomputern und Personal Computern
    - Hauptaufgabe der Betriebssysteme: Bereitstellung **intuitiver Benutzeroberflächen** für Benutzer, die von der zu Grunde liegenden Hardware nichts wissen wollen

### Einige Betriebssysteme der 4. Generation

QDOS, Xenix, MS-DOS, PC-DOS, QNX, GNU-Projekt, SunOS, MacOS, AmigaOS, Atari TOS, Windows, IBM AIX, GEOS, SGI IRIX, MINIX, OS/2, NeXTSTEP, SCO UNIX, Linux, BeOS, Haiku, Google Fuchsia

- Etablierung von Computernetzen mit offenen Standards
  - Ethernet, Token Ring, WLAN

## 5. Generation (2000 bis ????)

- Einige Schlagworte aus der 5. Generation:
  - *Das Netz ist der Computer*
  - Verteilte Systeme ⇒ Cluster-, Cloud-, Grid-, P2P-Computing
  - Multicore-Prozessoren und parallelisierte Anwendungen
  - Virtualisierung ⇒ **VMware, XEN, KVM,...**
  - Freie Software (OpenSource) ⇒ **Linux (Android), BSD,...**
  - Kommunikation überall ⇒ mobile Systeme
  - Neue Arbeitsformen ⇒ e-Science, e-Learning, e-Business,...
  - Dienste und Services ⇒ Web Services (REST, SOAP)
  - Ressourcen nach Bedarf mieten bzw. anfordern ⇒ On Demand
  - Personal Computing vs. Parental Computing (z.B. iOS)
  - Künstliche Intelligenz = Artificial Intelligence (AI)
- Schlagworte für später:
  - Quantencomputer (wohl eher 6., 7. oder 8. Generation)