



# Vorlesung Betriebssysteme

---

## **Abschnitt 1 – Einführung**

Inhalt: Einführung und Motivation / Geschichte der Betriebssysteme

M.Sc. Patrick Eberle

Symbol	Bedeutung
	Übung
	Beispiel
	Kommentar
	Definition

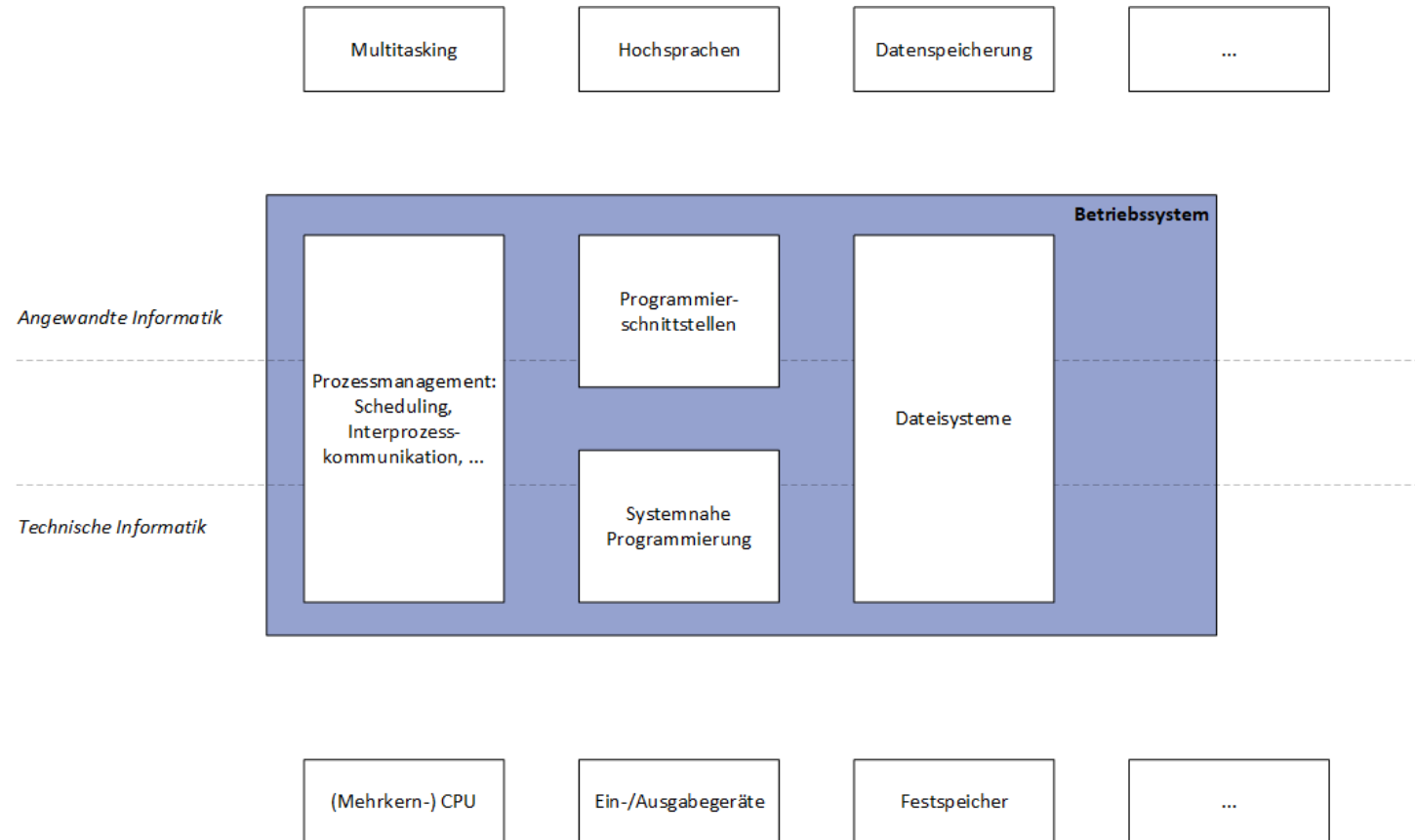
- Sie sind in der Lage, das Themengebiet der Betriebssysteme innerhalb der Informatik einzuordnen und kennen angrenzende Themenbereiche
- Sie können grob die Entwicklung der Betriebssysteme über die letzten Jahrzehnte wiedergeben und zusammenhängende Entwicklungen erfassen
- Sie kennen die besonderen Anforderungen bei der Entwicklung von und auf mobilen Betriebssystemen und können Unterschiede zu Desktop- und Serverbetriebssystemen herausstellen



# Kapitel I

---

## Einführung und Motivation

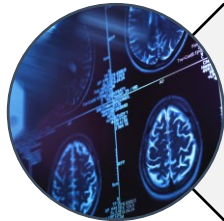


- Systemnahe Hardware-Programmierung in der Praxis komplex und aufwändig
- Betriebssysteme ermöglichen Abstraktion von Rechnerarchitektur und Hardware  
→ Einmalige Softwareentwicklung für (fast) alle Rechnerkonfigurationen
- Multitasking heutzutage von hohem Interesse und Aufgabe des Betriebssystems
- Kenntnisse über Betriebssysteme ermöglichen „bewusstere“ Anwendungsentwicklung in Bezug auf:
  - Performance
  - Stabilität
  - Sicherheit
  - Insbesondere moderne, mobile Betriebssysteme mit neuartigen Herausforderungen für Entwickler

- Digitalisierung und digitale Transformation erhöhen Nachfrage an (Smart) Devices, die über speziell angepasste, vernetzungsfähige Betriebssysteme verfügen (Auswahl):



Wearables, z. B.  
Smartwatches, Smart Glasses, ...



Medizingeräte, z. B. Blutdruckmessung,  
Beatmung, ...



Handhelds in der Logistik, z. B.  
Paketzusteller, Logistikzentrum, ...

- Cloud Computing als „großes Betriebssystem“:  
→ Konzeptioneller Aufbau und Organisation ähneln einem klassischen Betriebssystem



**„Unendlich“ Rechenressourcen**,  
welche gebündelt zur Verfügung  
gestellt werden müssen



Anforderung an (automatische)  
**Skalierbarkeit** der Cloud-Dienste



**Self-Service Portale** zur  
Anforderung, Nutzung und  
Verwaltung von Cloud-Diensten

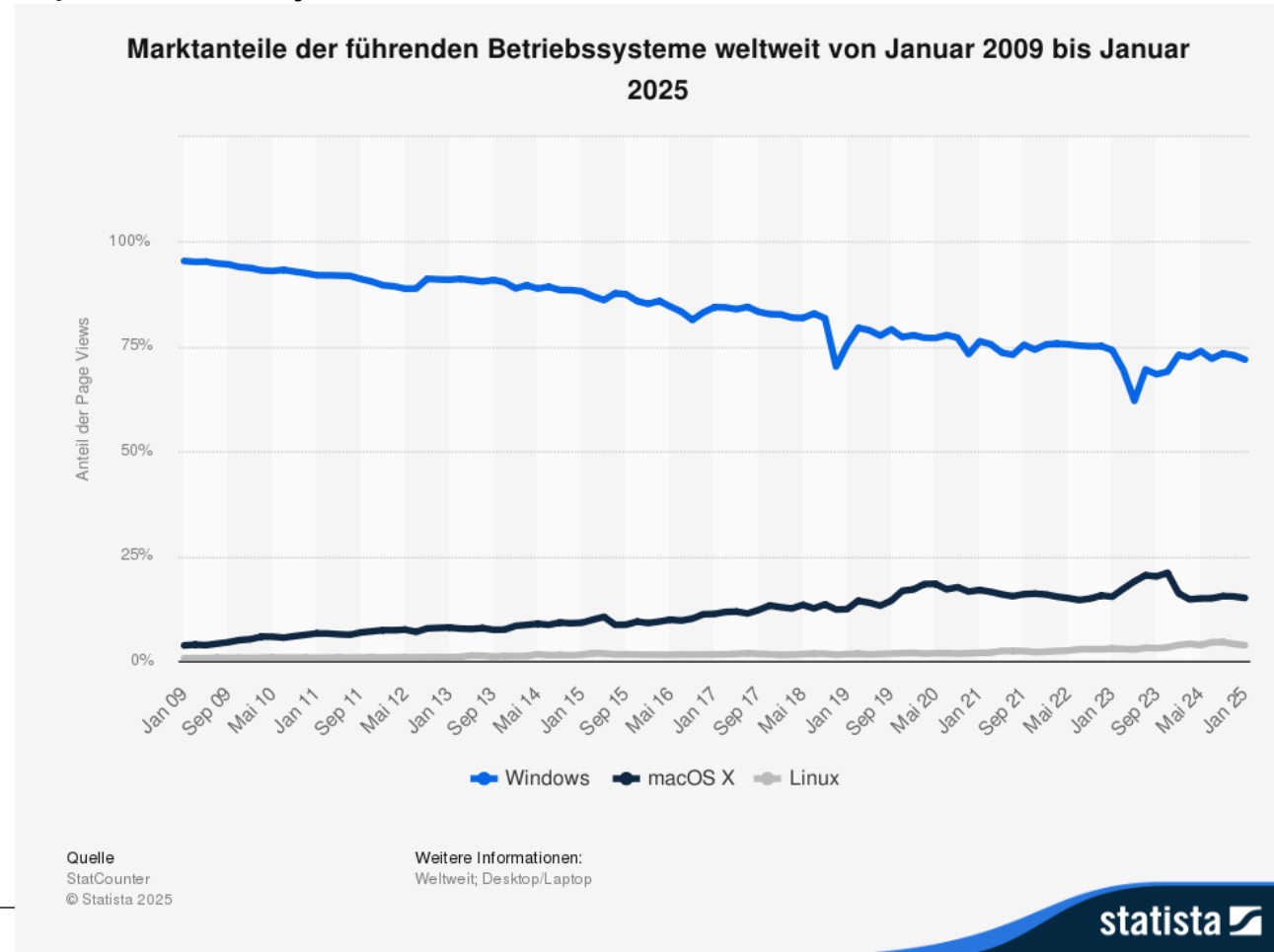


**Bedarfsgerechte (On-Demand)**  
**Bereitstellung** von Diensten /  
**Bedarfsorientierte Abrechnung**  
derselben

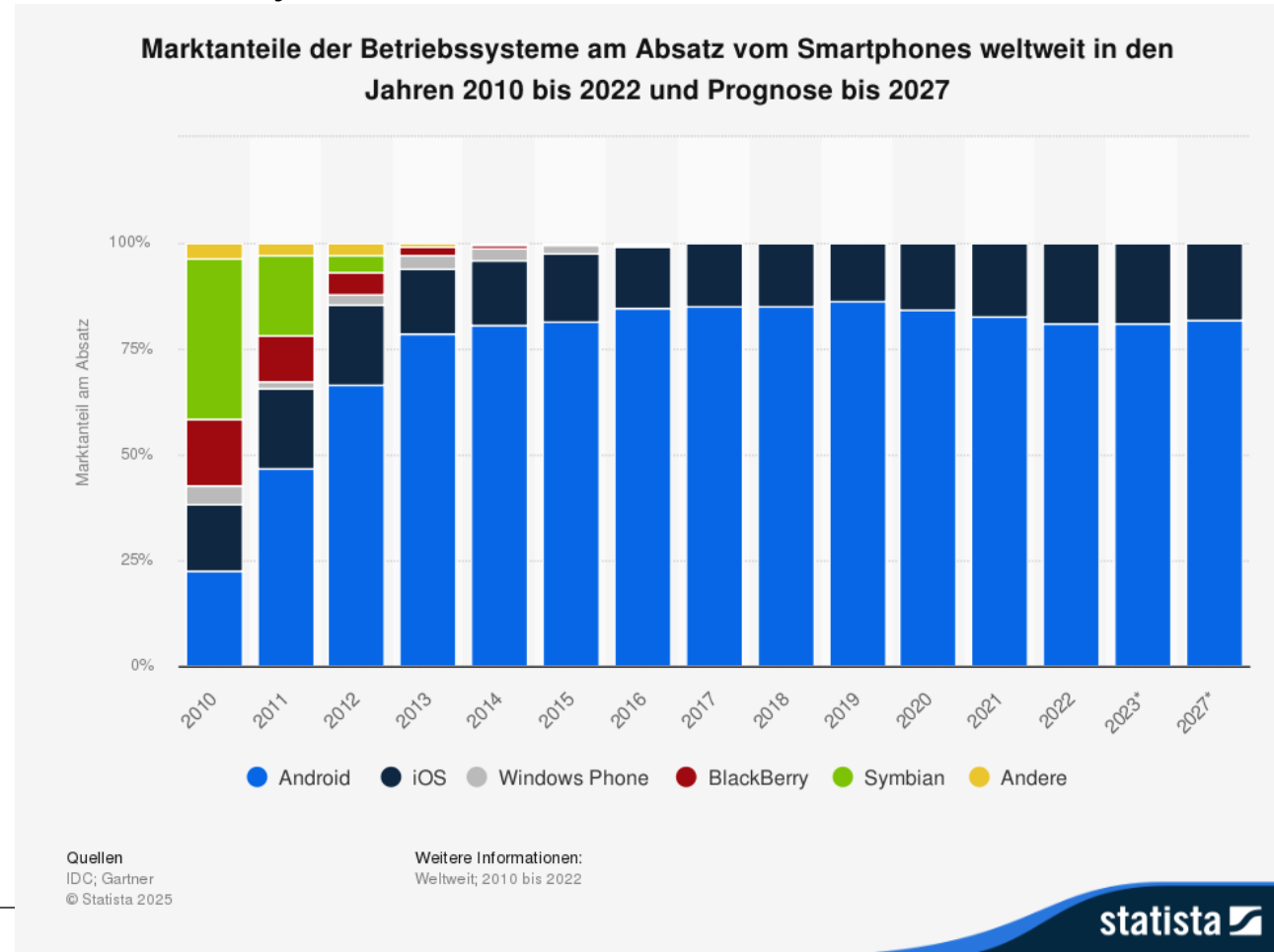


- Branchenübergreifender Einsatz von Betriebssystemen aller Art
- Seit vielen Jahren: mobile Betriebssysteme am Markt
- Mobile Betriebssysteme und App-Entwicklung erfordern erweiterte Kenntnisse über Betriebssystem-Internia seitens der App-Entwickler (Power-Management, Anruf-Interrupt, ... → dazu später mehr)
- Betriebssystemhersteller passen sich dem „End of the Software Release Cycle“ an
- Betriebssysteme implementieren neuartige Features:  
Sprachsteuerung, Gesichtserkennung, Touch-Optimierung

## ▪ Marktanteile Desktop-Betriebssysteme



## ▪ Marktanteile mobiler Betriebssysteme





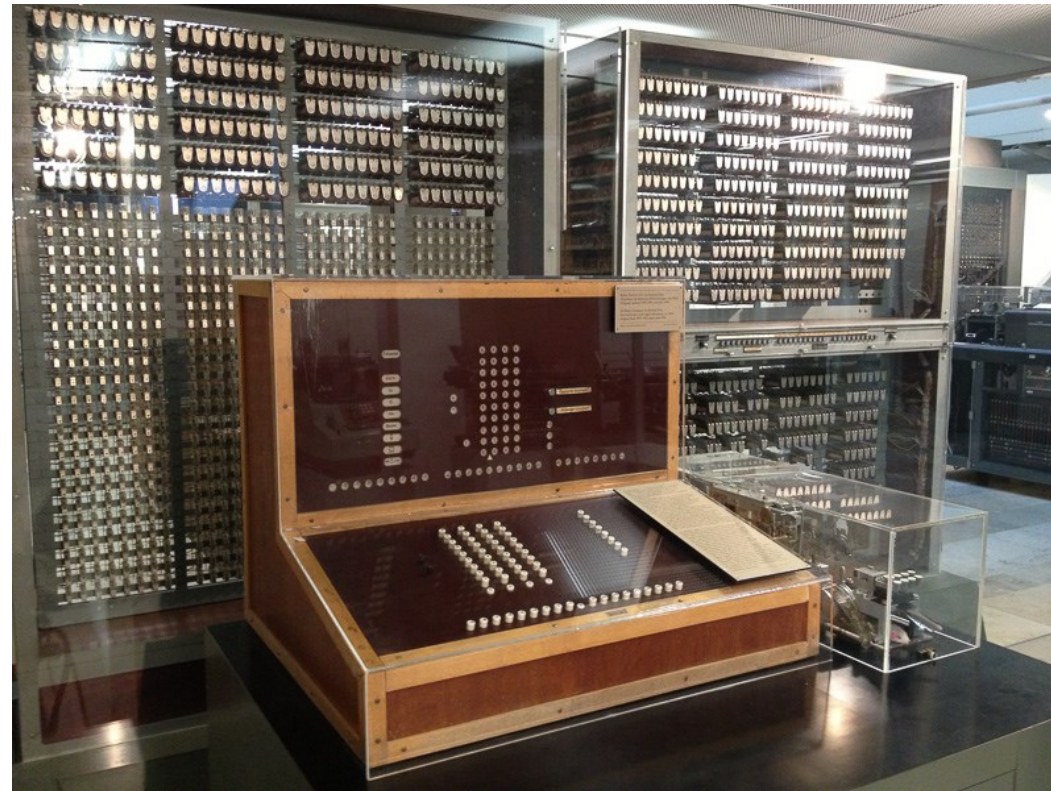
# Kapitel II

---

## Geschichte der Betriebssysteme

- Verschiedenste Wissenschaftler entwerfen und programmieren erste Maschinen, die später als Computer dienen. Darunter u. a. Konrad Zuse und Alan Turing
- Der heute als erster funktionierend angesehene digitale Computer besteht aus 300 Elektronenröhren
- Z3 von Zuse basiert auf elektromechanischen Relais
- Rechner unterscheiden sich in dieser Zeit wie folgt:
  - Manche sind binär, andere benutzen Elektronenröhren
  - Manche sind programmierbar
- Gemeinsamkeit aller Rechner:
  - Primitive Ausgestaltung und lange Rechenzeiten für einfachste Berechnungen

- Zuse Z3



Quelle: [http://www.thorsten-butz.de/wp-content/uploads/2013/01/z3b\\_muc\\_800px-0076.jpg](http://www.thorsten-butz.de/wp-content/uploads/2013/01/z3b_muc_800px-0076.jpg)

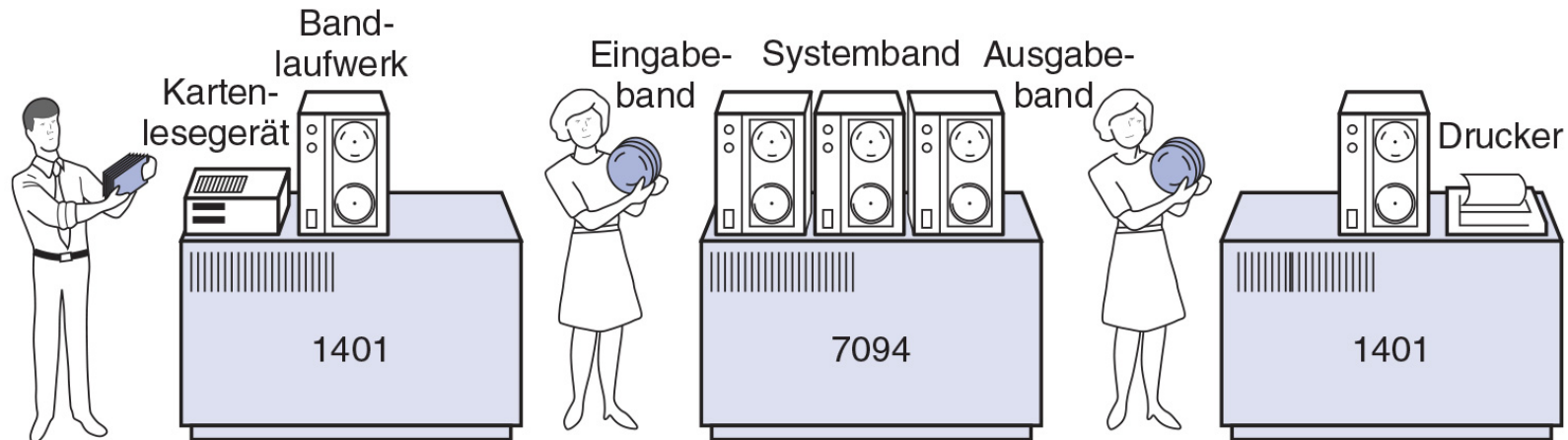
- In dieser Zeit: Ein- und dieselben Menschen kümmern sich um Entwurf, Bau, Programmierung, Betrieb und Wartung der Rechner
- Programmierung ausschließlich in Maschinensprache oder durch Verdrahtung von Stromkreisen  
→ Programmiersprachen damals quasi nicht existent
- Ein Betriebssystem existiert zu dieser Zeit nicht / wird nicht benötigt
- Ab den frühen 1950er Jahren: Einführung von Lochkarten, auf die Programme niedergeschrieben werden können  
→ Lochkarten werden anstelle der verdrahteten Steckkarten verwendet

- Einführung von Transistoren Mitte der 1950er Jahre sorgt für große Veränderung:
  - Rechner werden zuverlässiger
  - Serienfertigung
  - Erstmals klare Trennung der Zuständigkeiten zwischen Entwicklern, Herstellern, Operatoren und Wartungspersonal
- Einführung der Großrechner (Mainframe genannt), die in großen klimatisierten Räumen betrieben werden
- Programmierung in FORTRAN oder Assembler
- Erste Betriebssysteme: FMS (FORTRAN Monitor System) und IBSYS von IBM

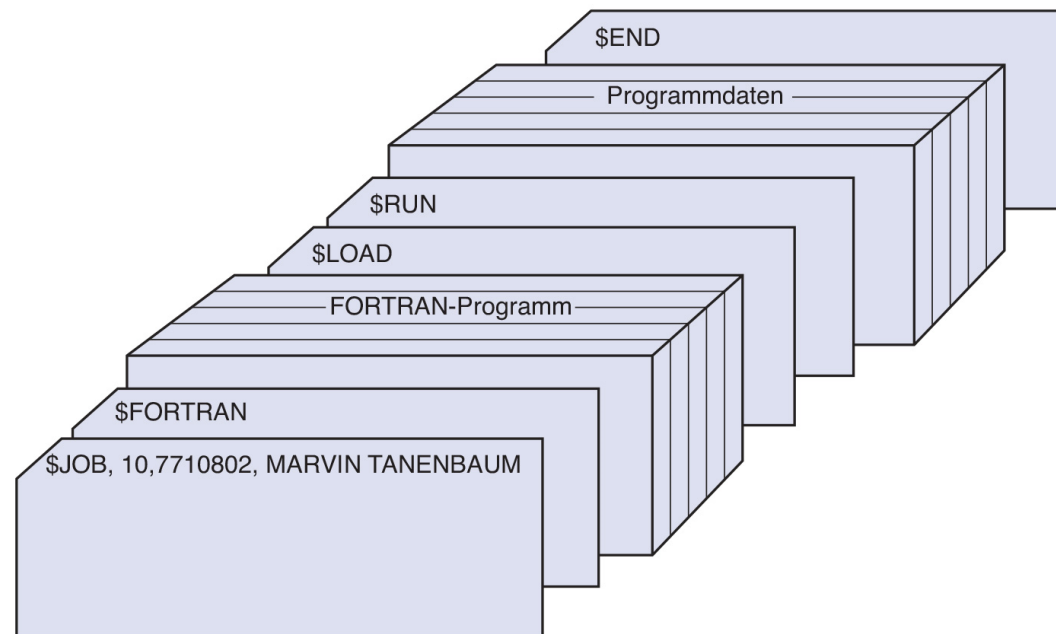


- Verarbeitung eines Programms:
  1. Programmierer entwickeln zunächst in FORTRAN oder Assembler auf Papier
  2. Im nächsten Schritt wird Programm auch Lochkarten gestanzt
  3. Zur Ausführung: Weitergabe der Lochkarten an den Operator zur Verarbeitung im Großrechner
  4. Abschließend gibt Operator ausgedrucktes Ergebnis an Programmierer zurück und beginnt mit nächstem Programm von vorne
- Später zur Optimierung der Verarbeitung: Einsatz von Stapelverarbeitungssystemen (Batch):
  - Lochkarten werden auf Ablage im Eingaberaum gesammelt und automatisiert mit Hilfe eines zusätzlichen (günstigen) Rechners auf Magnetband eingelesen
  - Für eigentliche Berechnung werden teure Rechner eingesetzt

- Stapelverarbeitungssystem



- Struktur eines typischen Eingabejobs



- IBM 360 gilt als erste Computerreihe mit IC-Bausteinen, also integrierten Schaltkreisen
- Dadurch: Wesentlich besseres Preis-Leistungsverhältnis als bei Rechnern der zweiten Generation
- Die Idee, zueinander kompatible Rechner zu einer Computerreihe / Rechnerfamilie zusammenzufassen, wird zunehmend von Herstellern umgesetzt
- Damaliges Betriebssystem: OS/360
  - Hochkomplex
  - Bestehend aus Millionen Zeilen Assemblercode
  - Hohe Fehlerquote führt zu vielen neuen Versionen, in denen alte Fehler behoben und neue implementiert werden

- Bedeutende neue Features am Betriebssystem-Markt u. a.:
  - **Multiprogrammierung:**

Während auf Ein-/Ausgabeoperationen gewartet wird, kann anderer Job bearbeitet werden  
→ Erhöhung der Effizienz
  - **Spooling (Simultaneous Peripheral Operation On Line):**

Fähigkeit eines Rechnersystems, Jobs von Karten auf Platten einzulesen und von dort aus zu laden  
→ Logistischer Aufwand zur Bereitstellung eines Bands entfällt
  - **MULTICS (Multiplexed Information and Computing Service):**

Riesige Maschine, die genügend Rechenkapazität für alle Einwohner von Boston bereitstellt  
→ Heute in Form des Cloud-Computing zu sehen

- Später entwickelt Ken Thompson als einer der Entwickler von MULTICS eine abgespeckte Einbenutzer-Version von MULTICS, welche sich nachfolgend zum Betriebssystem UNIX entwickelt
- Einsatz von UNIX in dieser Zeit hauptsächlich im akademischen Umfeld / Behörden / Unternehmen
- UNIX führt aufgrund der Quelloffenheit zu unterschiedlichen, zueinander inkompatiblen Versionen verschiedenster Organisationen
- Abhilfe hierbei schafft der von der IEEE entwickelte POSIX-Standard:
  - Definition einer Systemschnittstelle, die von Systemen eingehalten werden muss
  - Auch noch heutzutage von den meisten UNIX-Systemen unterstützt

- 1987 entwickelt Andrew S. Tanenbaum kleinen UNIX-Klon namens MINIX:
  - Unterstützung des POSIX-Standard
  - Inzwischen in der dritten Version verfügbar
  - Fokus: hohe Zuverlässigkeit & Verfügbarkeit
    - Bsp.: Entdeckung fehlerhafter oder abgestürzter Module, sowie Ersetzung ohne Notwendigkeit eines Neustarts
  - Im August 2017 wird von Sicherheitsforschern bekanntgegeben, dass bei Intel Management Engine (IME) MINIX als Betriebssystem zum Einsatz kommt

- 1991 entwickelt Linus Torvalds das Betriebssystem Linux
  - Wunsch nach nicht nur für Ausbildungszwecke freiem UNIX-System ist Motivation
  - Anfangs Entwicklung mit Hilfe von MINIX, sowie Verwendung von MINIX-Mechanismen
  - Später vielseitige Weiterentwicklung durch „Community“, sodass heute lediglich einige Basisstrukturen gemeinsamer Nenner von MINIX und Linux sind



- Hochintegrierte Schaltkreise mit tausenden Transistoren auf einem Prozessor läuten Zeitalter des Personal Computer ein
- Die sogenannten LSI-Schaltungen (Large Scale Integration) eines Mikroprozessorchips sorgen für niedrigere Preise und ermöglichen PCs in Privathaushalten (zum Vergleich: heute Giant Large Scale Integration)
- Im Jahre 1974: Intel bringt mit dem 8080 eine erste Allzweck-8-Bit-CPU auf Markt
- Das Betriebssystem CP/M (Control Program for Microcomputers) für den 8080 wird von Gary Kildall entwickelt, welcher kurz später die Firma Digital Research gründet
- CP/M ist erstes Betriebssystem mit Kommandozeile und Vorbild für MS-DOS

- Das Betriebssystem CP/M



Quelle: Computerwoche, <https://www.computerwoche.de/g/geschichte-der-betriebssysteme,40338,2#galleryHeadline>

- In den frühen 1980er Jahren: IBM entwirft den IBM-PC und ist auf der Suche nach Betriebssystem-Hersteller
- Daraufhin Anfrage an Bill Gates zur Lizenzierung seines BASIC-Interpreters für den IBM-PC, sowie Nachfrage nach Betriebssystem
- Gates nimmt Kontakt zu Seattle Computer Products auf und kauft deren Disk Operating System (DOS) für angeblich 75.000 US-Dollar
- IBM kauft Paket aus DOS und BASIC von Gates, benötigt jedoch Änderungen am System
- Gates gründet Firma Microsoft, stellt den DOS-Entwickler Tim Paterson ein und gibt dem überarbeiteten System den Namen Microsoft Disk Operating System (MS-DOS)

- Das Betriebssystem DOS 1.10 auf einem IBM PC 5150

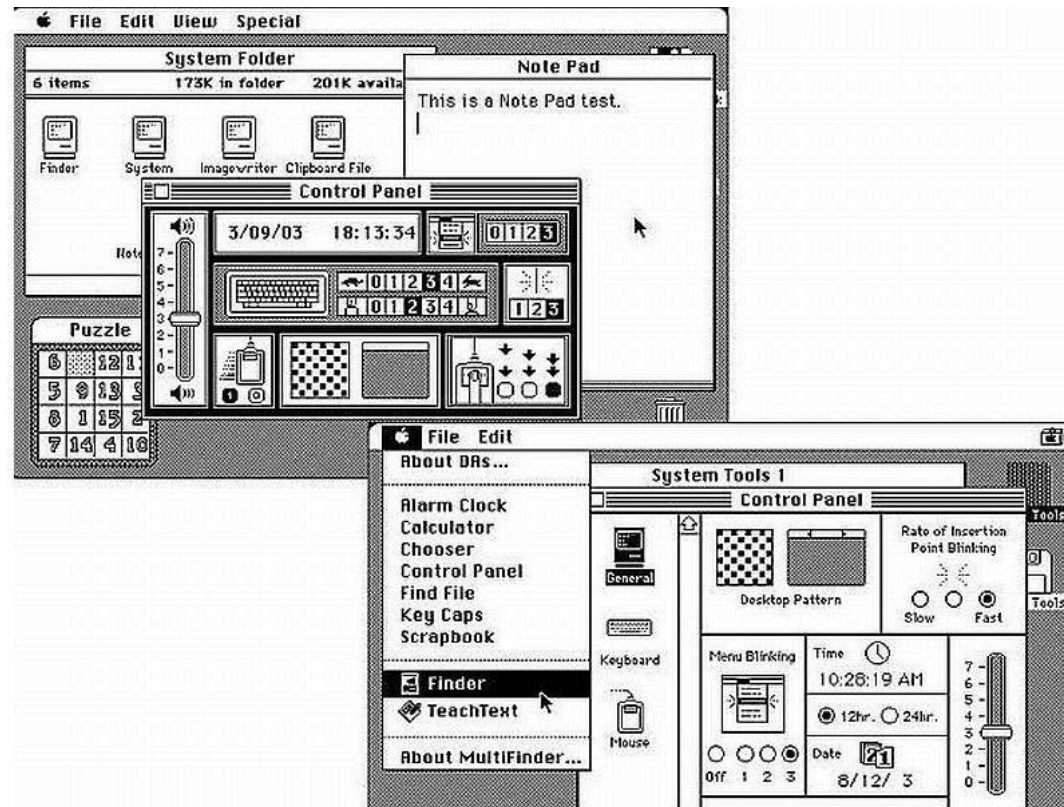


**Quelle:** Computerwoche, <https://www.computerwoche.de/g/geschichte-der-betriebssysteme,40338,3#galleryHeadline>

- Die Betriebssysteme CP/M und MS-DOS sowie weitere sind zu diesem Zeitpunkt kommandozeilenbasiert und erfordern Computer-Kenntnisse zur Bedienung
- Forschungsarbeit von Doug Engelbart aus den 1960er-Jahren wird dann Anlass zur Bereitstellung grafischer Benutzungsschnittstellen, die mit Fenstern, Icons und Menüs auch über eine Maus bedienbar sind
- Idee der Benutzeroberflächen wird von Forschern des Xerox PARC übernommen und in den dortigen Maschinen implementiert
- Steve Jobs sieht bei einem Besuch der Forschungsstätte PARC großes Potenzial in einer grafischen Benutzeroberfläche und setzt das Konzept bei der Entwicklung des Apple um
- Zunächst im Projekt Lisa fehlgeschlagen, führt die Benutzeroberfläche mit dem Apple Macintosh zu einem großen Erfolg → Schlüssel des Erfolgs: Benutzerfreundlichkeit



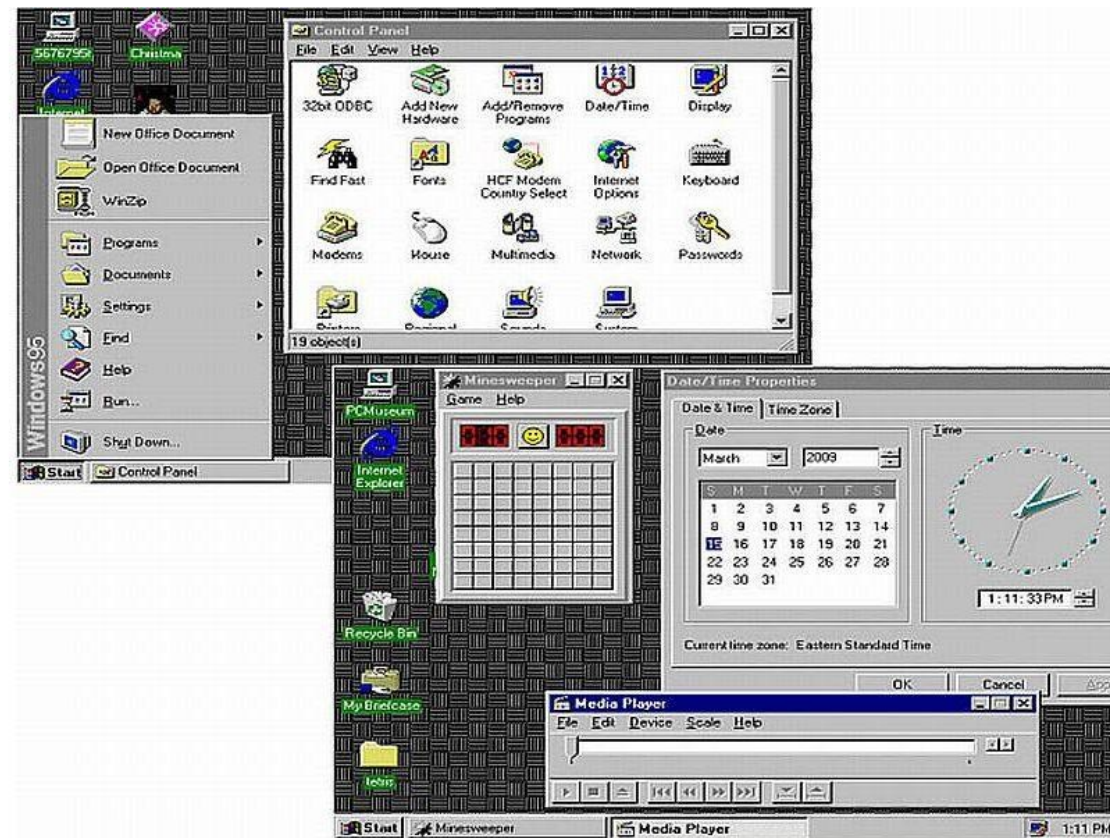
- MacOS mit den Oberflächen des „System 1.1“ bzw. „System 4.2“



Quelle: Computerwoche, <https://www.computerwoche.de/g/geschichte-der-betriebssysteme,40338,4#galleryHeadline>

- 1985 – 1995: Microsoft entwickelt inspiriert von MacOS einen Nachfolger für MS-DOS namens Windows mit grafischer Bedienoberfläche
- Windows setzt dabei zunächst auf MS-DOS auf und abstrahiert von der Kommandozeile
- Ab 1995 wird eigenständige Version von Windows verkauft  
→ Betriebssystem Windows 95
- Windows 95 besitzt eigene Betriebssystemelemente und benötigt MS-DOS lediglich zum Hochfahren sowie zur Abwärtskompatibilität mit älteren Programmen
- 1998 wird eine modifizierte Version von Windows 95 herausgegeben  
→ Betriebssystem Windows 98
- Windows 95 und 98 weisen immer noch hohen Anteil an 16-Bit-Intel-Maschinencode auf

- Das Betriebssystem Windows 95

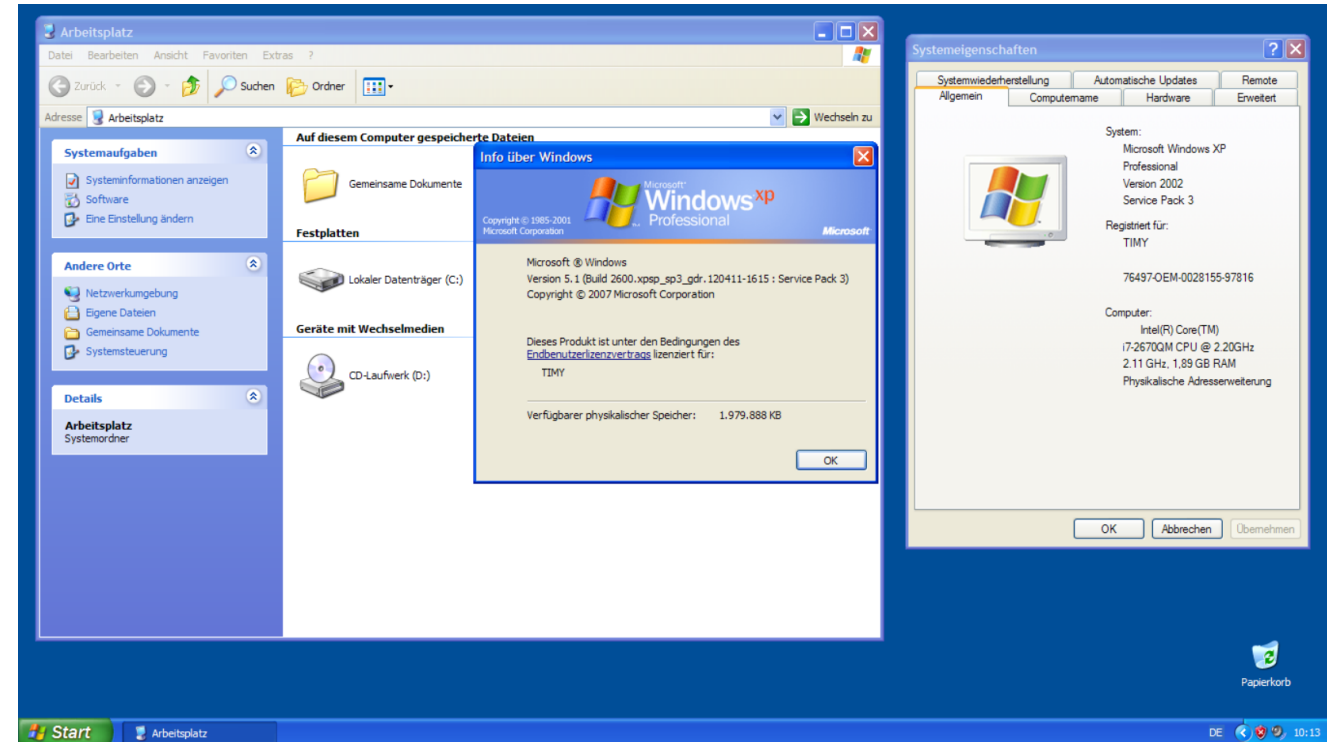
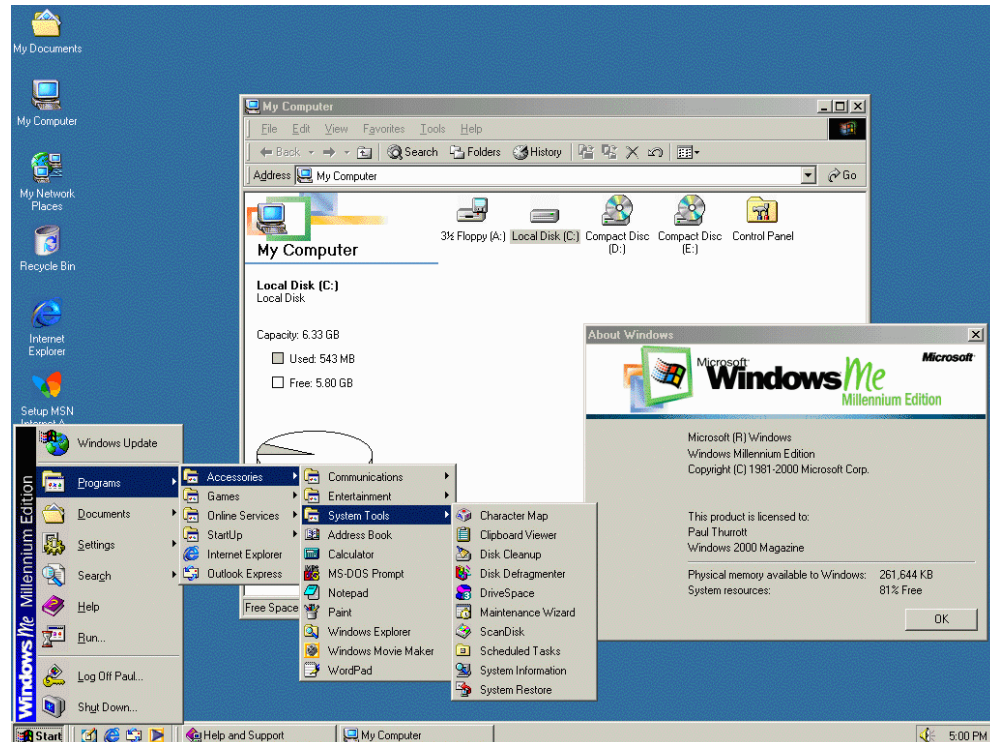


Quelle: Computerwoche, <https://www.computerwoche.de/g/geschichte-der-betriebssysteme,40338,10#galleryHeadline>



- Weiteres Betriebssystem von Microsoft: Windows NT (New Technology):
  - Bis zu gewissem Grad kompatibel mit Windows 95
  - Von Grund auf neu entwickelt
  - Reines 32-Bit Betriebssystem
- Windows NT wird in mehreren Versionen entwickelt, schafft den Durchbruch aber erst in Version 4.0
- Spätere Version Windows NT 5.0 wird Anfang 1999 in Windows 2000 umbenannt und ist als Nachfolger von sowohl Windows 98 als auch NT 4.0 geplant
- Nachdem die Nachfolge nur in Teilen gelingt, erscheint neue Version von Windows 98  
→ Windows 98 ME (Millenium Edition)
- 2001 erscheint mit Windows XP eine verbesserte und stabile Version von Windows 2000, die nahezu alle bisherigen Windows-Versionen ersetzt

## ■ Windows 98 Millenium Edition und Windows XP



Quelle: <https://www.fixmypcfree.com/blog/5-reasons-why-windows-me-is-viewed-as-a-failure/>

Quelle: Wikipedia

- Microsoft und Apple veröffentlichen in den folgenden Jahren weitere Betriebssysteme, die noch heute in Verwendung sind (Auswahl):
  - Windows Vista, Windows 7, Windows 8, Windows 10, Windows 11
  - macOS Mojave, macOS Catalina, macOS Ventura, macOS Sequoia
- Heutiger Hauptkontrahent zu Windows: UNIX-Systeme aller Art
  - UNIX Marktführer bei Netzwerk- und Unternehmensservern
  - Linux vermehrt in Unternehmen und bei Studenten vorzufinden
  - Mobile Abkömmlinge von UNIX bzw. Linux: Android, Apple iOS

- Seit Mitte der 1990er-Jahre: Telefon und mobiler Computer werden in Smartphones kombiniert
  - Idee dazu kam bereits seit den 1970er Jahren, wurde jedoch nicht umgesetzt
  - Erstes Gerät: Nokia N9000
  - Den Begriff „Smartphone“ prägt Ericsson 1997 für das GS88
- Anschließend folgen verschiedene Hersteller und verwenden das geschlossene Betriebssystem Symbian
- Kurz darauf beginnen Betriebssysteme wie BlackBerry OS, RIM und iOS die Marktanteile von Symbian zu verringern
- Android betritt den Markt im Jahre 2008 als neues Betriebssystem und braucht nicht lange, um seine Rivalen zu überholen
- Im Jahr 2011 wird das Betriebssystem Symbian eingestellt und Nokia beginnt, auf die Windows Phone Plattform zu setzen

- Mobile Betriebssysteme verändern den Betriebssystemmarkt, indem sie neuartige Anforderungen an Hersteller und Entwickler stellen:
  - Stromsparendes Betriebssystem erforderlich
  - Apps können jederzeit unterbrochen werden
    - Betriebssystem muss erforderliche Mechanismen bereitstellen
  - Unterstützung neuer Funktionen und Peripherie: Touch, Sensorik, ...
  - Teilweise geringer Festspeicher
  - Sicherheit
  - Usability

▪ Aktuell:

- Windows und Apple veröffentlichten in der jüngeren Vergangenheit weitere Betriebssysteme (Auswahl):
  - Windows 10 (07/2015), Windows 11 (10/2021)
  - macOS Ventura (10/2022), macOS Sonoma (09/2023), macOS Sequoia (09/2024)
- Inzwischen: neuartige Betriebssysteme am Markt, welche speziell für Smart Devices konzipiert wurden (Auswahl):
  - WearOS (Google)
  - Android XR für Extended Reality Devices wie z. B. Smart Glasses (Google)
  - WatchOS (Apple)

- Alle Abbildungen, sofern nicht anders angegeben aus [MB17]

- [BS17]            Betriebssysteme – Grundlagen und Konzepte, Rüdiger Brause, 4. Auflage  
                      Springer Vieweg Verlag, 2017  
                      ISBN: 978-3-662-54099-2
  
- [GB14]            Grundkurs Betriebssysteme, Peter Mandl, 4. Auflage  
                      Springer Vieweg Verlag, 2014  
                      ISBN: 978-3-658-06217-0
  
- [BK17]            Betriebssysteme Kompakt, Christian Baun, 1. Auflage  
                      Springer Vieweg Verlag, 2017  
                      ISBN: 978-3-662-53142-6



- [MB17]            Moderne Betriebssysteme, Andrew S. Tanenbaum & Herbert Bos, 4. Auflage  
  
Pearson Studium, 2017  
  
ISBN: 978-3-86894-270-5
  
- [MS12]            Multicore-Software, Urs Gleim & Tobias Schüle  
  
dpunkt.verlag, 2012  
  
ISBN: 978-3-89864-758-8