

# MAS: Betriebssysteme

## Entwicklung von Betriebssystemen

T. Pospíšek

# Gesamtüberblick

---

1. Einführung in Computersysteme
- 2. Entwicklung von Betriebssystemen**
3. Architekturansätze
4. Interruptverarbeitung in Betriebssystemen
5. Prozesse und Threads
6. CPU-Scheduling
7. Synchronisation und Kommunikation
8. Speicherverwaltung
9. Geräte- und Dateiverwaltung
10. Betriebssystemvirtualisierung

# Überblick

---

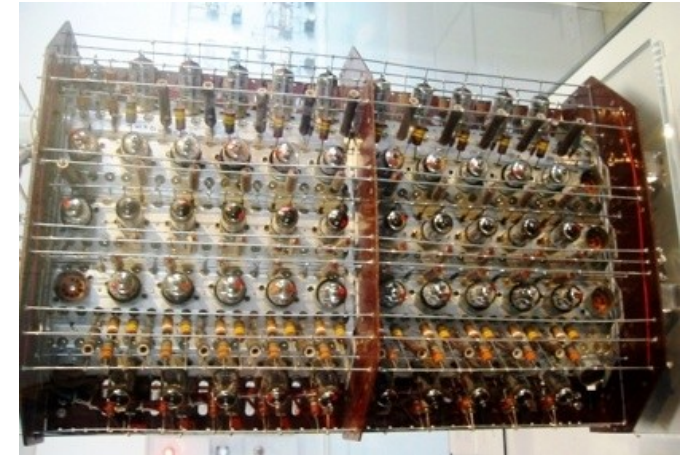
1. **Geschichtliches**
2. Klassische Großrechnerbetriebsarten
3. Fallstudien



# Historische Entwicklung von Rechnern und Betriebssystemen

## 1. Generation (1945 – 1955)

- Minimale Betriebssysteme
- Röhrencomputer (ca. 20'000 Röhren)
- Maschinensprache, kein Assembler
- Lochkarten ab 1950



Röhrencomputer der Rechanlage ORACLE  
Deutsches Museum

## 2. Generation (1955 – 1965)



Lochkartenleser von Control Data  
Quelle: Wikipedia

## 3. Generation (1965 – 1980)

## 4. Generation (1980 – ...)



Röhren als aktive elektronische Bauelemente  
Quelle: [www.wikipedia.de](http://www.wikipedia.de)

### Weitere Rechanlagen: (Gewicht: Tonnen)

- ZUSE Z22 (BRD)
- D1/D2 (DDR)
- Colossus (GB)
- ENIAC (USA)
- IBM 305 RAMAC



# Historische Entwicklung von Rechnern und Betriebssystemen

## 1. Generation (1945 – 1955)



## 2. Generation (1955 – 1965)

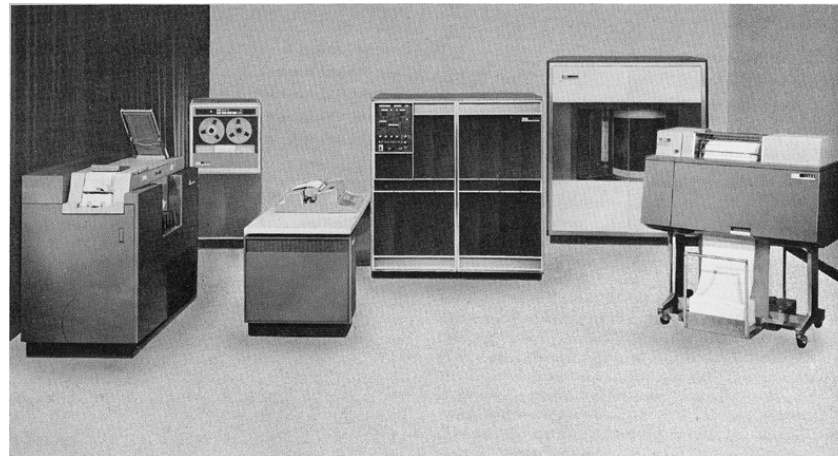


## 3. Generation (1965 – 1980)



## 4. Generation (1980 – ...)

- Transistoren werden verwendet
- Assemblersprachen
- Mainframes
- Etwas komplexere, aber immer noch einfache Betriebssysteme
- **Stapelverarbeitung** (Batch-Verarbeitung): IBM 1401, 7094
- Jobs werden von Lochkarte auf Magnetband eingelesen und dann hintereinander abgearbeitet
- Ein Programm nach dem anderen wird ausgeführt, die Ergebnisse auf Band gespeichert und am Ende ausgedruckt



IBM-1401-Anlage  
Quelle: IBM

- Fotos der Innereien eines IBM 1401 Rechners: <http://ibm-1401.info/1401EraPhotos.html>



# Historische Entwicklung von Rechnern und Betriebssystemen

## 1. Generation (1945 – 1955)



## 2. Generation (1955 – 1965)



## 3. Generation (1965 – 1980)



## 4. Generation (1980 – ...)

- Integrated Circuits (ICs)
- IBM System/360 (Serie von Rechnern), IBM System/370, 3080, 3090, ...
- Umfangreiche Betriebssysteme wie OS/360, BS1000, ...
- Hochsprachen
- Einführung von **Multiprogramming** (Mehrprogrammbetrieb, Multitasking):
  - Während I/O-Wartezeit wurde CPU für neuen Job vergeben
- **Spooling**: Jobs von Platte übernehmen und Ergebnisse auf Platte schreiben
- Später **Timesharing** (mit Mehrbenutzerbetrieb) als Variante des Multiprogramming:
  - Online-Zugang über Terminal, CPU wird aufgeteilt
  - Am MIT entwickelt: Betriebssystem CTSS, MULTICS
  - Minicomputer DEC PDP-1, PDP-11: Unix



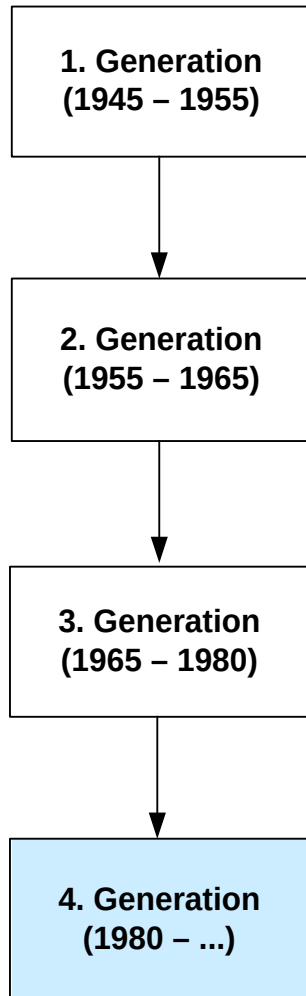
S/360-System  
Quelle: Wikipedia



PDP-11 von digital  
Quelle: Wikipedia



# Historische Entwicklung von Rechnern und Betriebssystemen



IBM PC, Modell IBM 5150  
Quelle: IBM



IBM zSeries  
Quelle: IBM



Enterprise Server von Sun  
Quelle: Sun Microsystems

- Personal Computer (PCs), Workstations, Server, Mainframes, Verteilte Systeme
- Large Scale Integration (LSI), Millionen von Transistoren auf einem Silizium-Chip (Si, Halbleiter)
- Komplexe Betriebssysteme:
  - IBM OS/390, z/OS, OS/2, MS-DOS, Windows, Unix (BSD, System V, SunOS), Linux, Android
  - Netzwerkbetriebssysteme, verteilte Betriebssysteme
- grafische User Interfaces (X11, Motif, OS/2 Presentation Manager, Windows, ...)
- Objektorientierte Sprachen

# Überblick

---

1. Geschichtliches
2. **Klassische Großrechnerbetriebsarten**
3. Fallstudien



# Mehrprozessorsysteme

- Mehrkernsysteme (früher: Mehrprozessorsysteme) sind die Basis für echte Parallelverarbeitung
- Für Betriebssysteme wird Synchronisation der Zugriffe auf Ressourcen erforderlich
  - Hauptspeicherzugriff
  - Kernel-interne Datenstrukturen
  - Ein-/Ausgabesystem
  - ...

# Singletasking und Multitasking

## ■ Einprogrammbetrieb (singletasking)

- Nur ein (Teil-)Programm ist aktiv, das bearbeitete Programm erhält sämtliche Betriebsmittel zugeteilt

## ■ Mehrprogrammbetrieb (multitasking)

- Mehrere Programme sind aktiv, z.B. für Dialogverarbeitung
- Für die Ausführung benötigten Betriebsmittel werden abwechselnd zugeteilt nach Prioritäten oder Zeitscheibenverfahren
  - Zuordnung des Prozessors zu verschiedenen Programmen nach Zeitintervallen → **time sharing**

- Mehrprogrammbetrieb erfordert **nicht** unbedingt Mehrkernsysteme

# Stapelverarbeitung versus interaktive Verarbeitung

---

- **Stapelverarbeitung (Batchprocessing)**
  - Zu bearbeitender Auftrag (Job) muss für die Bearbeitung vollständig sein
  - Aufträge werden in einer Warteschlange verwaltet und nach definierter Strategie abgearbeitet
- **Interaktive Verarbeitung**
  - Auftrag muss vor der Bearbeitung nicht vollständig definiert sein
  - Permanente Kommunikation des Nutzers mit dem Betriebssystem über User Interface

# Betriebsarten nach der Programmnutzung

## ■ **Teilhhaberbetrieb (transaction mode)**

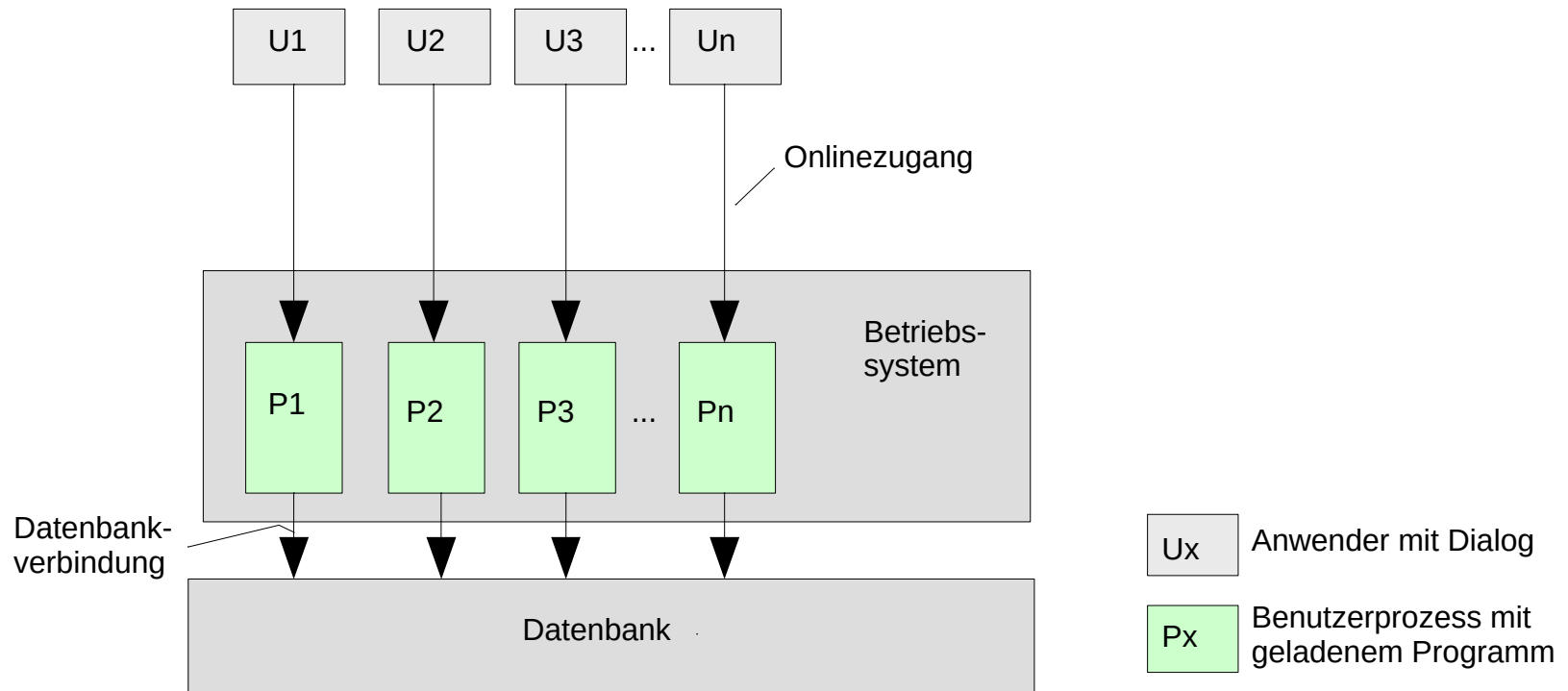
- Mehrere Anwender arbeiten mit einem **Transaktionsmonitor** (IBM CICS, BS2000 openUTM), d.h. mehrere Anwender arbeiten gleichzeitig an demselben Rechner mit demselben Programm
- Das System führt die Anforderungen der Anwender in sog. **Transaktionen** aus
- Transaktionen werden komplett oder gar nicht bearbeitet
- Beispiel: Zentrale Buchungssysteme

## ■ **Teilnehmerbetrieb (time sharing)**

- Mehrere Anwender arbeiten mit einem zentralen Rechner, aber mit unterschiedlichen, von einander unabhängigen Programmen und Daten
- Rechner sieht für jeden Anwender wie *eigener Rechner* aus

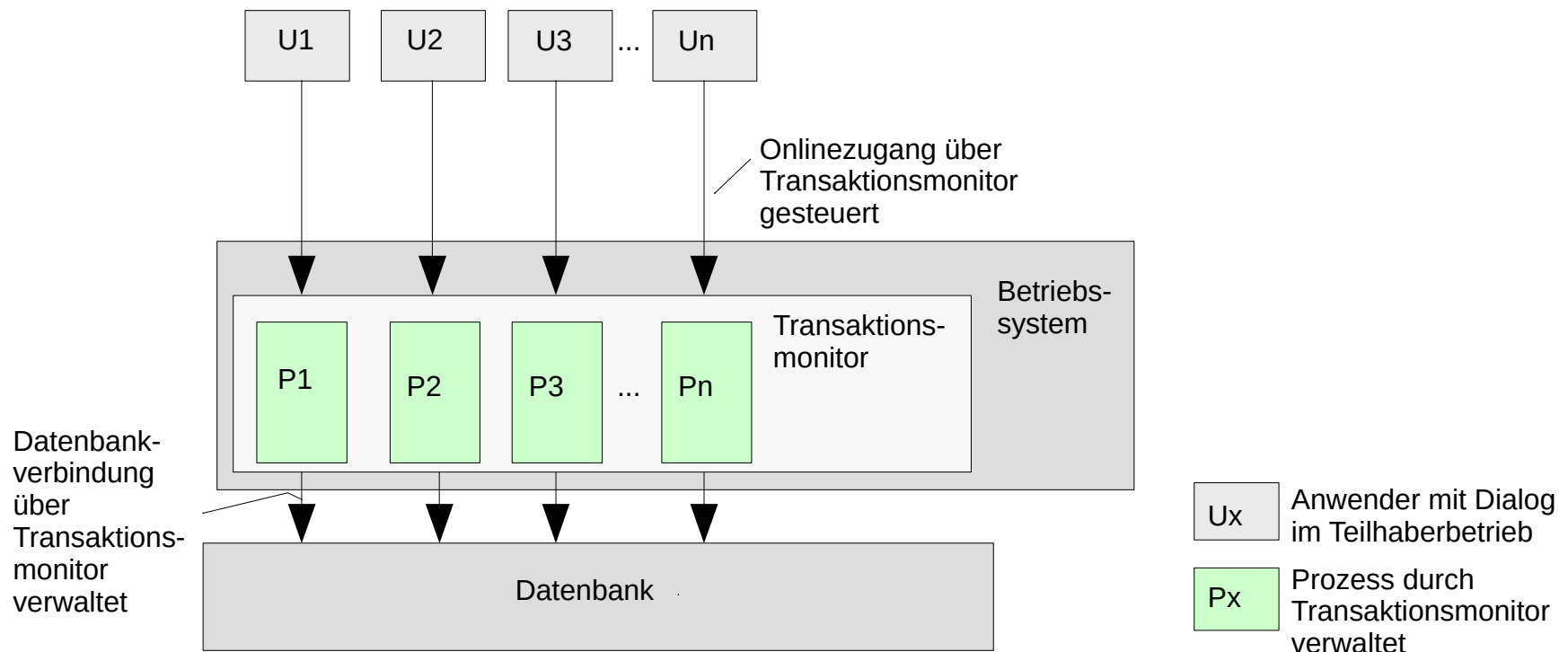
# Teilnehmerbetrieb (time sharing)

- Im Teilnehmerbetrieb erhält jeder Anwender einen eigenen Prozess und sonstige Betriebsmittel vom Betriebssystem zugeteilt



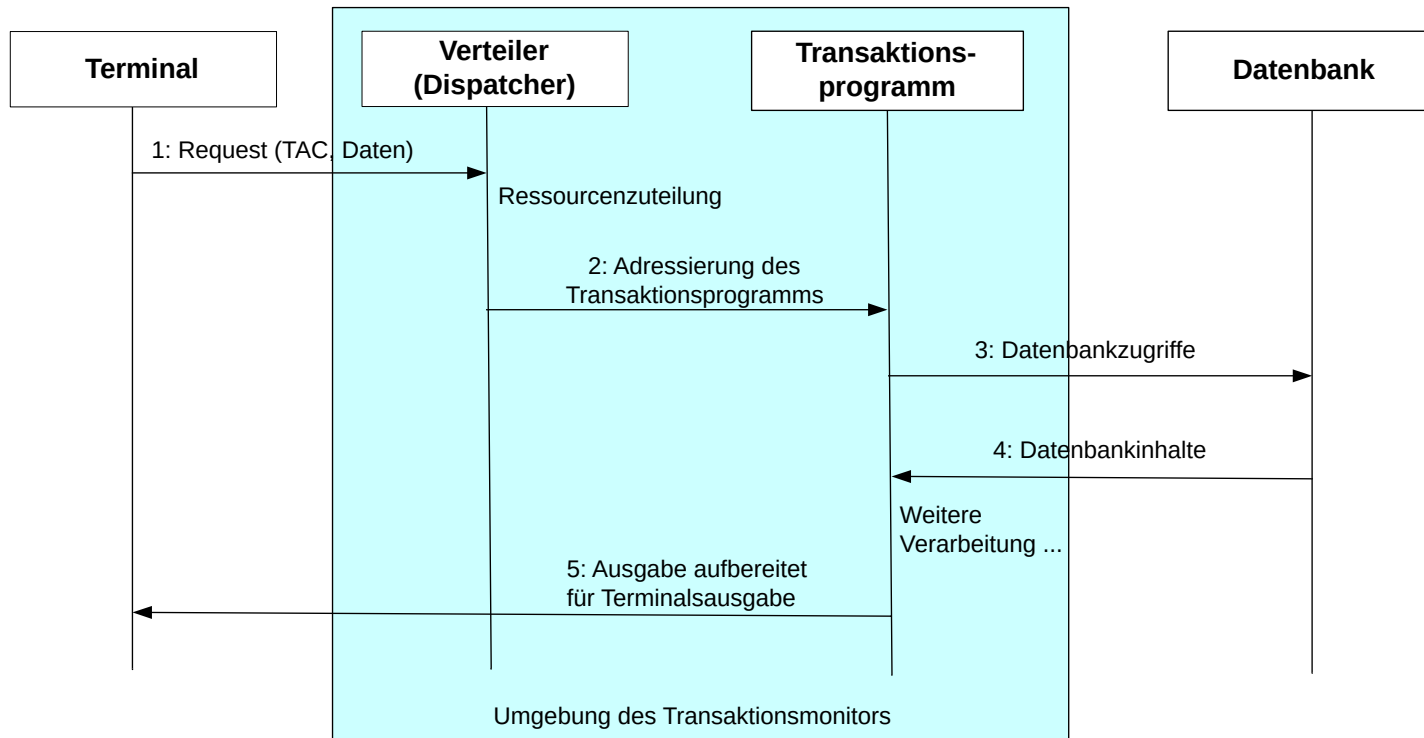
## Teilhhaberbetrieb (transaction mode)

- Teilnehmerbetrieb mit Transaktionsmonitor (CICS, UTM,...), auch DB/DC-Systeme genannt
- Prozesse und sonstige Betriebsmittel werden vom Transaktionsmonitor zugeteilt



# Teilhaberbetrieb: Ablauf

- Typischer Ablauf beim Aufruf eines Transaktionsprogramms



# Überblick

---

1. Geschichtliches
2. Klassische Großrechnerbetriebsarten
- 3. Fallstudien**



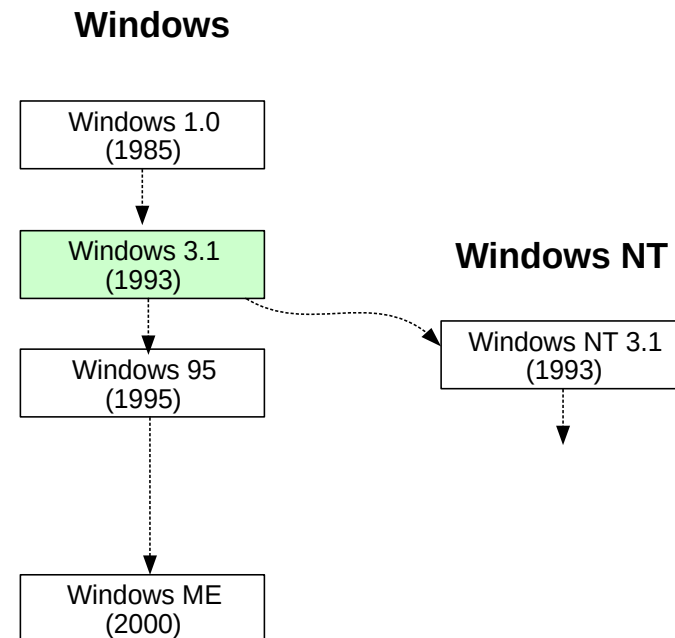
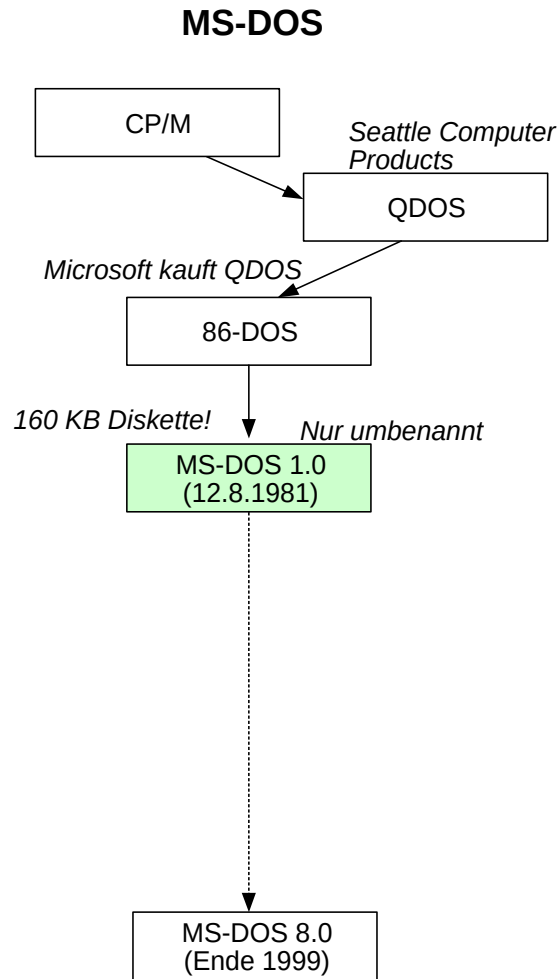
# Typische Betriebssysteme heute

---

- Windows, Windows Server, OSX, Linux, Android, Minix
- Gründe für weite Verbreitung:
  - nicht unbedingt Qualität des BS
  - Beliebtheit der Anwenderprogramme (Lock-In)
  - Trägheit
  - Netzwerk-Effekt
  - Preis
  - Erweiterbarkeit

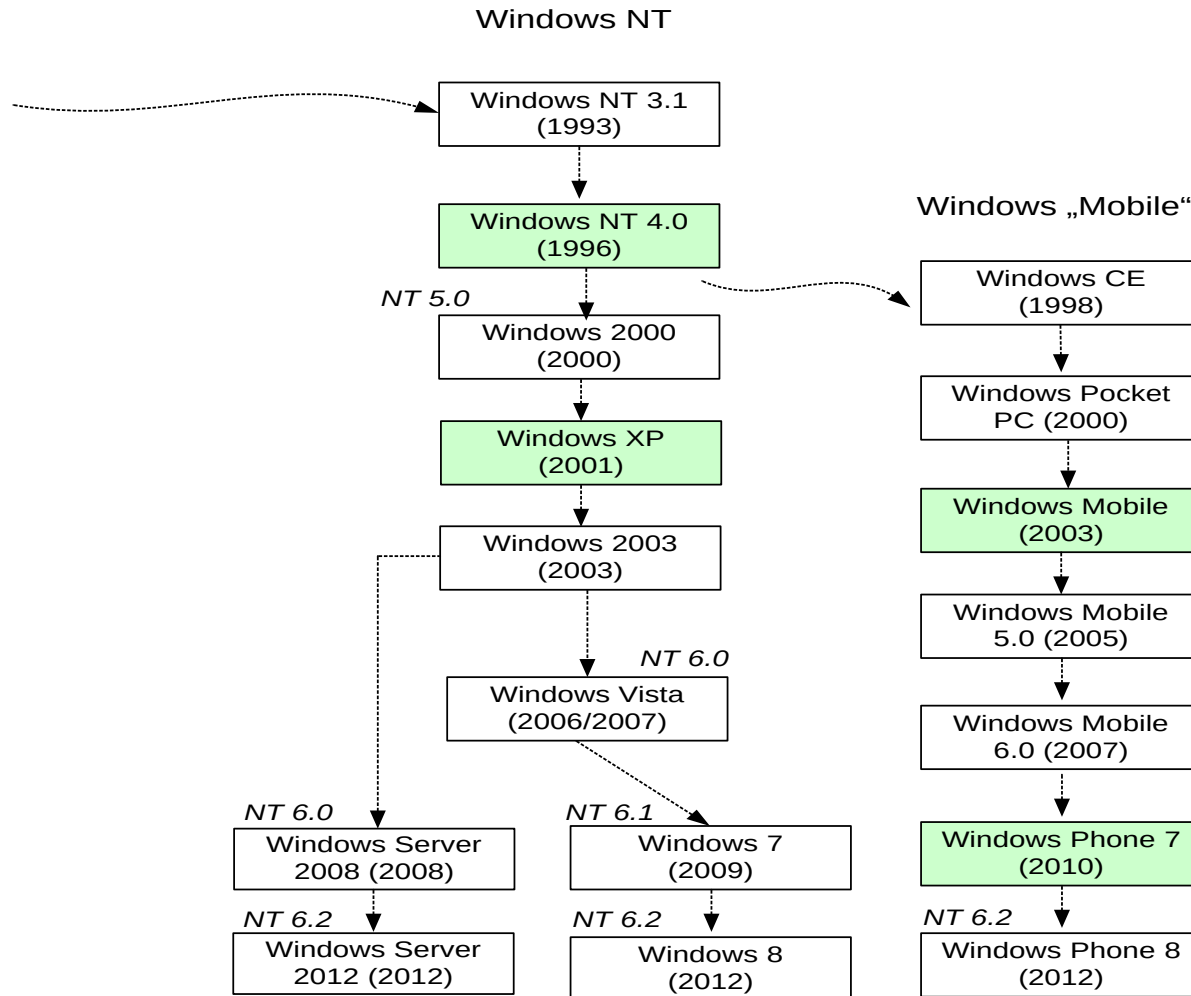


# Historische Entwicklung: Windows (1)



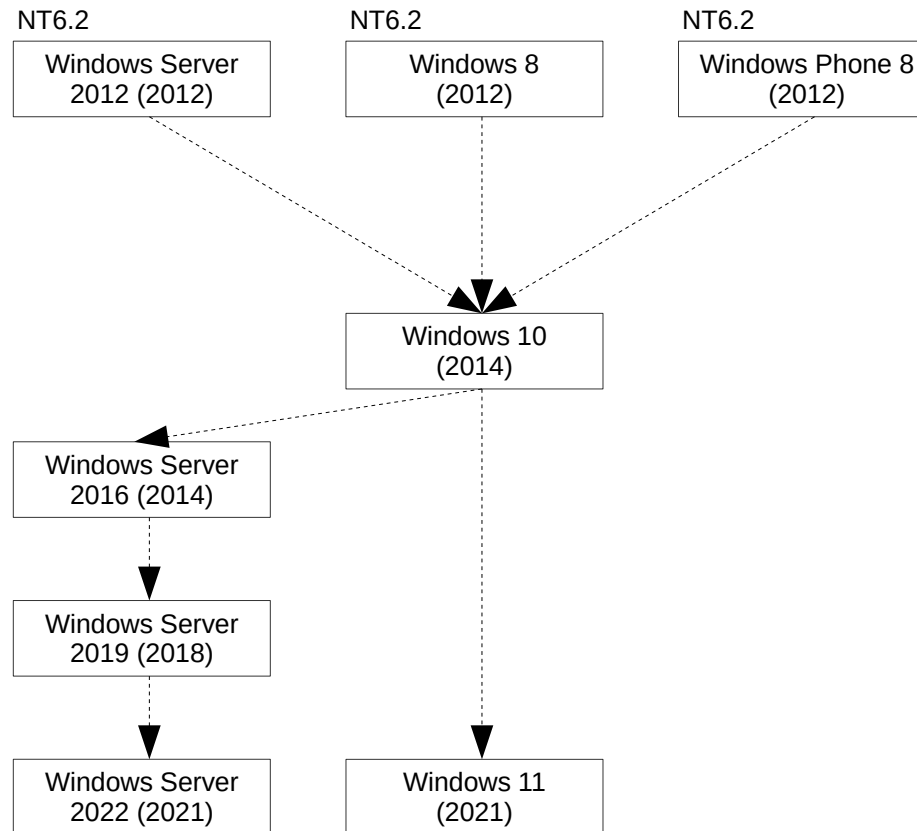


# Historische Entwicklung: Windows (2)





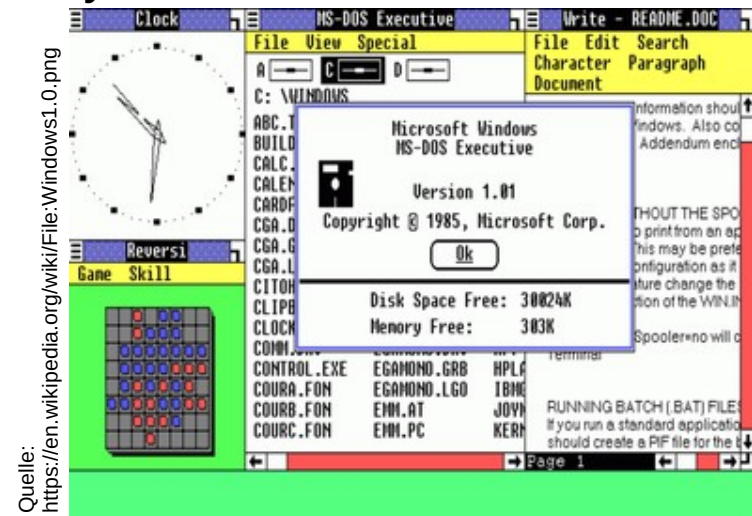
# Historische Entwicklung: Windows (3)





## Kurze Geschichte von Windows (1)

- **MS-DOS V1.0** (Microsoft, Startup) wurde 1981 von IBM mit einem 8088-basierten IBM PC herausgegeben
  - Real-Mode-System und Single-User-System
  - Kommandozeilen-orientiert (von Unix abgeschaut)
  - 8-Bit-Betriebssystem
  - Einfaches Filesystem



- Später kam **MS-DOS V3.0** mit dem **PC/AT** heraus mit
  - 80286-Unterstützung
  - 16 MB realen Adressraum
  - Weiterhin Kommandozeilen-orientiert



## Kurze Geschichte von Windows (2)

---

- **Windows 1.0** (1985) war das erste graphische User-Interface für MS-DOS
- **Windows 3.0** (1990) und die Nachfolger V3.1 und V3.11 waren bereits sehr erfolgreich
  - Weiterhin kein echtes Betriebssystem, sondern mehr eine Benutzeroberfläche
  - MS-DOS war die Basis



## Kurze Geschichte von Windows (2)

---

- **Windows NT 3.1** (New Technology, 1993) wurde von Grund auf als 32-Bit-System konzipiert
  - ursprüngliches Ziel: OS/2 und POSIX Kompatibilität
  - von VMS Entwicklern mitentwickelt
  - von Microkernel Architektur inspiriert
  - anfangs nicht erfolgreich, da zu hohe Ressourcenanforderungen, langsam, daher wurde Windows 95 notwendig



## Kurze Geschichte von Windows (3)

### ■ **Windows 95** (1995) brachte dann mehr Features:

- Virtuellen Speicher und Multiprogramming
- War aber immer noch mit **MS-DOS (nun V7.0)** verbandelt
- Weiterhin viele 16-Bit-Codeelemente
- MS-DOS Filesystem weiter genutzt (8+3 Byte Filenamen)

### ■ **Windows NT 4.0** (1996)

- User-Interface von Windows 95
- Recht leistungsfähiges Server-Betriebssystem
- Neues Filesystem NTFS
- Keine 100%-MS-DOS-Kompatibilität
- Erfolgreich!!





## Kurze Geschichte von Windows (4)

- **Windows 98** (1998) kam mit einem besseren User-Interface mit Internet-Integration (Monopolvorwurf!)
  - Immer noch mit **MS-DOS (nun V7.1)** verbandelt, weiterhin viele 16-Bit-Codeelemente
  - Kein großer Unterschied zu Windows 95
  - Multiprogramming System, aber **nicht reentrant-fähiger Kernel** → Verwendung von Locks verlangsamte das System
  - Aus Kompatibilitätsgründen mussten MS-DOS-Programme auf den Interrupt-Vektor zugreifen und bekamen 1 MB vom Adressraum, in dem auch Kernel-Daten lagen
  - Systemabstürze durch Fehler in MS-DOS-Programmen waren die Folge



## Kurze Geschichte von Windows (5)

- **Windows Me** (Millenium Edition, 2000) brachte nichts wesentlich Neues
- Windows NT 5.0 wurde zu **Windows 2000** umbenannt
  - Vereinheitlichung der Systeme mit Windows 98 User-Interface und volles 32-Bit-System
  - Plug-and-play Devices, USB-, IrDA (Infroarot-Link) und Firewire-Support, Internationalisierung,...
  - Unterstützt bis zu 32 CPUs in symmetrischen Multiprozessorsystemen
- **Windows XP, Windows 2003, Windows Vista, Windows 2008/2012, Windows 7/8, Windows Phone 7/8**
  - Neuere Versionen basieren alle auf NT 6.2
  - 32- und 64-Bit-Systeme



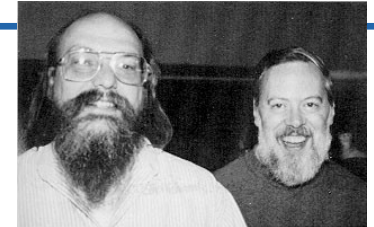
## Kurze Geschichte von Windows (5)

---

- **Windows Server 2019**
  - hat ein Linux Subsystem
  - kann als Kubernetes Node laufen



## Kurze Geschichte von Unix (1)



- Unix entstand aus **MULTICS** (Multiplexed Information and Computing Service), auch: Unics
- Erste Single-User Version von Unix in den Bell Labs auf einer PDP-7 von **Ken Thompson** und **Dennis Ritchie** entwickelt (1969)
- Zwei inkompatible Hauptversionen entstanden
  - Die Berkeley University entwickelte das **BSD** (Berkeley Software Distribution)
    - Vorbild für Sun OS von Sun Microsystems
    - Heute gibt es viele Nachfolger: FreeBSD, NetBSD, OpenBSD, DragonFly BSD, Mac OSX (sehr erfolgreich)
  - **System V** von AT&T (wechselte mehrfach den Besitzer)
- Weitere Unix-Derivate: HP UX, Sun Solaris, Sinix, Reliant Unix (Fujitsu Siemens), AIX (IBM),...



## Kurze Geschichte von Unix (3)

- IEEE entwickelte einen Standard namens **POSIX**
  - Definiert ein System Call Interface, das von einem kompatiblen Unix unterstützt werden muss
  - Wird von allen Herstellern unterstützt
- Tanenbaum entwickelte 1987 einen kleinen Unix-Clone namens **MINIX** (ca. 12.500 LOC)
  - Heute MINIX 3 als:
    - Forschungsprojekt für zuverlässige Betriebssysteme;  
Open-Source-Projekt: [www.minix3.org](http://www.minix3.org)
    - Betriebssystem für Intel's Management Engine





## Kurze Geschichte von Unix (3)

- Nach MINIX entstand **Linux** durch **Linus Torvalds** (ehemals finnischer Student) als Open Source Unix
  - Basis von Android
  - grosser Teil des Internets läuft auf Linux
  - Mischung aus System V, BSD und eigenen Erweiterungen
  - wird als „Distribution“ (Ubuntu, SUSE, Debian, Red Hat, Fedora, ...) oder als Teil von Android ausgeliefert





## Kurze Geschichte von Open Source (1)

- 1950/1960 wurde Hardware verkauft, Software „gehörte dazu“
  - SW wurde in Quellform geliefert, damit der Benutzer sie anpassen, erweitern und Fehler beheben kann
  - viele Unis unter den ersten Computernutzern, Verbesserungen an SW wurden im akademischen Geiste untereinander geteilt
  - Entwicklung von ARPANET mittels RFCs
- in den späten 1960 war SW bereits „sehr komplex“ und wurde teilweise verkauft
- Software/Sourcecode auf Tapes getauscht
- danach BBS („Bulletin Board Systems“)



## Kurze Geschichte von Open Source (2)

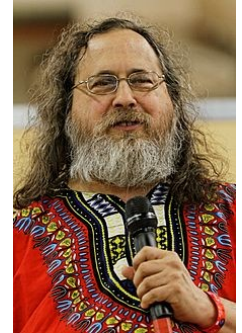
- AT&T Unix (später System V)
  - Anfangs 70er noch gratis
  - viele Weiterentwicklungen von dritten
  - Anfangs 80er verbreitet, aber Lock-In, AT&T fängt an das System zu verkaufen
- AT&T verklagt unter anderem Berkley
  - „Verletzung von Eigentumsrechten“
  - BSD – Berkeley Software Distribution
  - BSD hat AT&T Lizenz
  - Modifiziert und reimplementiert AT&Ts Unix
  - BSD Unix Familie entsteht
- Entwicklung von ARPANET mittels RFCs





## Kurze Geschichte von Open Source (3)

- 1983 GNU Manifesto von Richard Stallmann
  - prägt Begriff „Free Software“ und Philosophie
  - Motive:
    - kann Fehler von SW nicht selbst beheben
    - darf SW nicht benutzen, an welcher er selbst mitgearbeitet hatte
- 1989 GNU General Public License - GPL
  - Nutzer bekommt gleiche Rechte wie Autor
  - darf diese nicht einschränken
- Internet 1990 basiert auf Open Source
  - Linux, Bind, Apache, NTPd, WuFTP, mysql, Perl, etc.
- Cloud 2021 basiert auf Open Source
  - Kubernetes, Docker, ...



Quelle: Wikipedia



## Kurze Geschichte von Open Source (4)

---

- 1991 Linux
- 1999 SourceForge
- 2005 Git
- 2008 GitHub
- 2013 GitLab
  
- optionaler Stoff: [optional/01-2\\_Unix\\_Normierung.pdf](#)



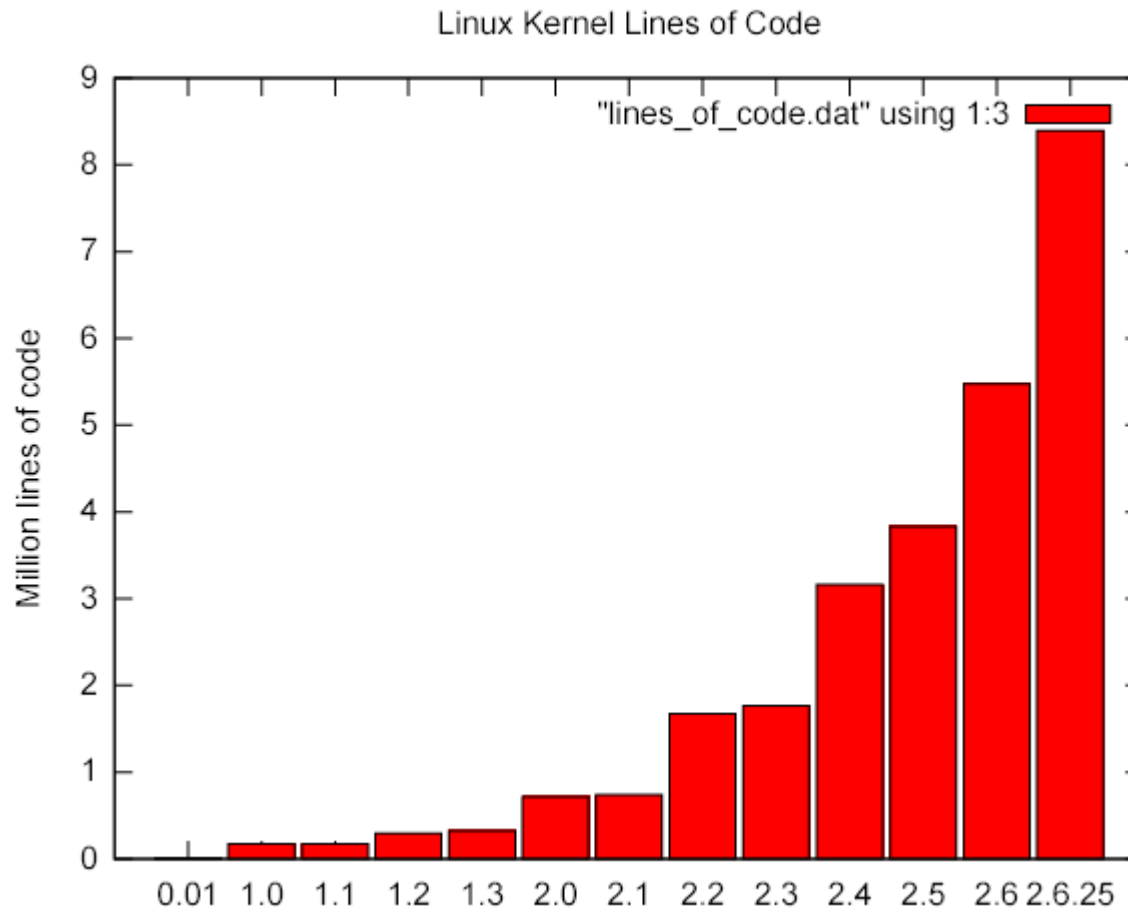
# Codeumfang einzelner Betriebssysteme

Jahr	AT&T	BSD	Minix	Linux	Solaris	Win NT
1976	V6, 9K					
1979	V7, 21K					
1980		4.1, 38 K				
1982	Sys III, 58 K	4.2, 98 K				
1984		4.3, 179 K				
1987	SVR3, 92 K		1.0 13 K			
1989	SVR4, 280 K					
1991				0.01, 10 K		
1993		Free 1.0, 235 K				3.1, 6 M
1994		4.4 Lite, 743 K		1.0, 165 K	5.3, 850 K	3.5, 10 M
1996				2.0, 470 K		4.0, 16 M
1997			2.0, 62 K		5.6, 1.4 M	
1999				2.2, 1 M		
2000		Free 4.0, 1.4 M			5.8, 2.0 M	2000, 29 M
2007						Vista, 50 M
2009						Win 7, 70 M
2013				3.10, 15M		

Vgl. auch Tanenbaum, 2002  
Lines Of Code (LOC), K = 1'000, M = 1'000'000



# Codeumfang Linux-Kernel



Stand: Feb 2016:  
Linux-Version 4.4.1:  
**25 Mio LOC**

Stand: Januar 2014, Linux-  
Version 3.13:  
**18 Mio LOC**

Stand: März 2013, Linux-  
Version 3.8:  
**16 Mio LOC**

Stand: März 2012, Linux-  
Version 3.2:  
**15 Mio LOC**

Vergleich: Linux-Version  
2.6.26  
**9 Mio LOC**

Quellen: [http://de.wikipedia.org/wiki/Linux\\_\(Kernel\)](http://de.wikipedia.org/wiki/Linux_(Kernel)),  
<http://kernel.org>  
<http://openhub.net>

# Überblick

---

- ✓ Einführung in Computersysteme
- ✓ Entwicklung von Betriebssystemen
- 3. Architekturansätze
- 4. Interruptverarbeitung in Betriebssystemen
- 5. Prozesse und Threads
- 6. CPU-Scheduling
- 7. Synchronisation und Kommunikation
- 8. Speicherverwaltung
- 9. Geräte- und Dateiverwaltung
- 10. Betriebssystemvirtualisierung