

Die erste digitale Rechenmaschine

Die erste *digitale* (aber mechanische) Rechenmaschine wurde vom Engländer Charles Babbage (1792–1871) entworfen. Herr Babbage hat sein Leben lang versucht seine *analytical engine* zu bauen: es war ihm nicht möglich die benötigten mechanischen Elemente in der notwendigen Präzision zu beschaffen. Babbages Maschine hatte kein Betriebssystem. Der Grund wieso dieser Rechner hier trotzdem erwähnt werden soll ist, dass Babbage erkannt hatte, dass seine Maschine - falls sie denn mal gelaufen wäre - eine Programmierung gebraucht hätte. Dazu stellte er Frau Ada Lovelace (1815–1852) ein die die Programmierung der Maschine in der Theorie beschrieb. Konkret stellte sie den Entwurf vor wie man Bernoulli-Zahlen mit der *analytical engine* berechnen könnte. Frau Lovelace gilt somit als erste Programmiererin. Sie hatte erkannt, dass eine Rechenmaschine nur eine fixe Berechnung durchführen kann und auf die manuelle Eingabe durchzuführender Operationen angewiesen ist. Mit einer Programmierung hingegen kann man beliebige Algorithmen beschreiben und in einer Maschine automatisiert ablaufen lassen. Sie erkannte auch, dass solche Rechenmaschinen auch auf andere Dinge als Zahlen angewandt werden können wenn man Objekte findet deren Wechselwirkungen durch abstrakte Operationen dargestellt werden können.

Die Erste Generation von Computern

Nach Herrn Babbages Misserfolg gab es lange Zeit wenig Fortschritt auf dem Gebiet der Computertechnik und erst um die Zeit des Zweiten Weltkriegs gab es erste Erfolge. Mitte der Vierziger Jahre bauten Howard Aiken in Harvard, John von Neumann am Institute for Advanced Study in Princeton, J. Presper Eckert und William Mauchley an der Universität von Pennsylvania, und Konrad Zuse in Deutschland erste Rechenmaschinen. Die ersten Anlagen funktionierten mit mechanischen Relais und waren sehr langsam. Bald darauf wurden die Relais durch Vakuumröhren ersetzt. Diese Rechner waren zwar etwas schneller aber immer noch millionenfach langsamer als moderne Computer. Außerdem waren diese Maschinen riesig und füllten ganze Räume, brauchten Unmengen an Strom und hatten kurze Laufzeiten bis einzelne Teile kaputt gingen und repariert werden mussten. Man benötigte hochspezialisierte Mitarbeiter die die Kolosse am Laufen hielten, sie warteten und auch programmierten. Programmiersprachen gab es nicht, selbst maschinennahe Instruktionscodes wie Assembler gab es nicht. Programme wurden Bit für Bit an Schalttafeln eingegeben oder auf Schaltbrettern fest verdrahtet und als Steckkarten eingeschoben. Auch Betriebssysteme waren unbekannt. Jeder der eine Berechnung anstellen wollte musste sein „Programm“ vorbereiten, Zeit für die Berechnung reservieren und hoffen, dass die tausenden an Vakuumröhren die Stunden in denen das Programm dann lief auch durchhalten würden. Man beschränkte sich auf numerische Operationen, generierte Tabellen von Logarithmen, Sinussen und ähnlichen und war weit davon entfernt nichtmathematische Probleme lösen zu können.

In den 50er Jahren gab es dann Lochkarten. Anstatt die Anweisungen auf einem Schaltbrett zu verdrahten konnte man nun seine „Programme“ in Papier stanzen. Betriebssysteme gab es nach wie vor nicht und ein Anwender war auf den Operateur angewiesen der die Lochkarten entgegennahm, sie auf einen Stapel legte der dann Karte für Karte abgearbeitet wurde, und irgendwann die Lochkarten mit dem Ergebnis wieder dem Anwender übergab.

Der erste funktionstüchtige Digitalrechner, die Zuse Z3, wurde 1941 von Konrad Zuse in Berlin gebaut. Die Z3 bestand aus 600 Relais für das Rechenwerk und 1600 Relais für das Speicherwerk und war der Nachfolger der vollmechanischen Z1. Die Z2 war ein erster Prototyp für Relais-technik. In Bletchley Park in England ging 1943 Colossus in Betrieb, welcher speziell für die Dechiffrierung von geheimen Nachrichten des deutschen Militärs gebaut und erfolgreich eingesetzt wurde. 1946 ging dann an der Universität von Pennsylvania der erste rein elektronische Universalrechner ENIAC (Electronic Numerical Integrator and

Computer) in Betrieb. Besonders an ENIAC zeigte sich das Problem der Zuverlässigkeit: von den 17.468 Röhren gingen regelmäßig einige kaputt und das Auffinden und Austauschen war zeitaufwändig und kostspielig.

Die zweite Generation - Transistoren und Batch Prozesse

Mitte der 50er Jahre wurde der Transistor entwickelt der in vielen Bereichen einen enormen Fortschritt bedeutete. In der IT war es nun möglich Rechner zu bauen die viel zuverlässiger liefen als deren Vakuumröhrenbetriebene Vorgänger. Die Rechner wurden kleiner und billiger und es gab nun eine Trennung zwischen den Entwicklern eines Computers, den Technikern für die Wartung, den Programmierern und den Operateuren. Damit war auch der Betrieb einer Computeranlage billiger da man weniger spezialisiertes Personal brauchte: die Anlagen gingen seltener kaputt, man konnte anfällige Teile auf Lager vorhalten und konnte kleinere Wartungen selbst vornehmen. Auch wenn diese *Mainframes* in größeren Stückzahlen produziert wurden waren sie aber immer noch sehr teuer. Nur große Firmen, Universitäten und Regierungen konnten sie sich leisten. Ein Beispiel für so eine Computeranlage ist die Zuse Z23 die man sich - funktionstüchtig - in der Informatik Sammlung Erlangen (ISER) ansehen kann. An dieser Stelle vielleicht der Hinweis, dass die ISER jeden zweiten Donnerstag zwischen 14 und 16 Uhr die Zuse Z23 live vorführt.

Programme wurden nun in Programmiersprachen wie FORTRAN oder Assembler geschrieben und per Lochstreifen oder Lochkarten eingelesen. Man gab den Lochstreifen oder die Lochkarten mit seinem Programm dem Operateur. Mittels Lochstreifenleser oder Lochkartenlesegerät wurden die Programme dann eingelesen und ausgeführt. Das Ergebnis wurde auf einem Fernschreiber ausgegeben. Der Operateur legte dann die Karten oder Streifen zusammen mit dem Ausdruck des Ergebnisses zur Abholung bereit, holte das nächste Programm ab und die Berechnung ging von vorne los.

Später dann wurden die Kartenstapel (Jobs) von verschiedenen Benutzern zu einem großen Job zusammengefasst und über einen Kleinrechner auf Magnetstreifen geschrieben welcher dann wiederum in das eigentliche Rechenwerk gefüttert wurde. Durch dieses „Batch Processing“ wurde die Zeit gespart die es benötigte jeden Kartenstapel einzeln abzuholen, einzulegen, die Berechnung abzuwarten, den Ausdruck abzuholen und den nächsten Stapel einzulegen.

Diese Generation von Computern hatten bereits eine Art Betriebssystem, das *Grundprogramm*. Man hatte feste Programmteile die immer wieder benötigt wurden, so etwa Ein/Ausgabe Routinen zum Einlesen der Lochstreifen oder Lochkarten und zur Ausgabe auf dem Fernschreiber, Zugriff auf Trommelspeicher und ganz allgemein die Möglichkeit auf bestimmte Adressen mit bestimmten Routinen zu springen. Feste Programmbibliotheken wie wir sie heute kennen gab es nicht. Benötigte man bestimmte Routinen, etwa um einen Sinus oder die Quadratwurzel eines Wertes zu berechnen, musste man entsprechende Subroutinen zum eigenen Programm dazu laden. Am Beispiel unserer Zuse Z23 gibt es ein Schränkchen mit lauter Lochstreifen für immer wieder benötigte Routinen die bei Bedarf zum eigentlichen Programm dazugeladen wurden. Damit ist auch klar woher der Begriff „Library“ - „Bibliothek“ kommt der auch heute noch verwendet wird.

1-2 (tanenbaum_mod01_02.gif). It started out with a \$JOB card, specifying the maximum run time in minutes, the account number to be charged, and the programmer's name. Then came a \$FORTRAN card, telling the operating system to load the FORTRAN compiler from the system tape. It was followed by the program to be compiled, and then a \$LOAD card, directing the operating system to load the object program just compiled. (Compiled programs were often written on scratch tapes and had to be loaded explicitly.) Next came the \$RUN card, telling the operating system to run the program with the data following it. Finally, the \$END card marked the end of the job. These primitive control cards were the forerunners of modern job control languages and command interpreters.

Large second-generation computers were used mostly for scientific and engineering calculations, such as

solving the partial differential equations that often occur in physics and engineering. They were largely programmed in FOR-TRAN and assembly language. Typical operating systems were FMS (the Fortran Monitor System) and IBSYS, IBM's operating system for the 7094.

Die dritte Generation - ICs und Multiprogramme

- Computer für die Massen weil billiger
- 1961 stellte Digital Equipment Corporation (DEC) die PDP-1 vor
- sie war viel billiger (ca. 200.000\$ vs. > 1.000.000\$)
- MIT entwickelt 1962 das „Compatible Time Sharing System“ (CTSS)
- lief u.A. auf der IBM 7094
- erstes Mehrbenutzer System, wurde bis 1973 genutzt
- Vorläufer von MULTICS
- 1964 IBM System/360 Großrechner
 - Vielseitiger Verwendungszweck. kaufmännische / naturwissenschaftlich-technische Zwecke (revolutionär)
 - 8 Bit Zeichengröße, sonst 6-Bit-üblich, Bytes zu 8 Bits verwendet.
 - 32- oder 64-Bit-Gleitkommaworte mit hexadezimaler Basis.
 - drei Betriebssysteme: TOS/360 für Installationen ohne Festplatten, DOS/360 für kleinere und OS/360 für größere Installationen mit Festplatten
 - spätere Modelle konnten Time Sharing
 - Job Processing wird langsam eingeführt (Jobs laufen parallel, jeder hat seinen eigenen Speicherbereich)
- MULTICS (MULTIplexed Information and Computing Service) wird auf der GE-645 entwickelt, soll aber auch auf anderen Systemen laufen, war aber gemischt erfolgreich
- hunderte Benutzer sollten auf HW der Leistung eines Intel 386 arbeiten können, damals realistisch. Man konnte programmieren
- geschrieben in PL/I (heillos veraltet), zu ambitioniert für die Zeit, hochkomplex, schwer zu programmieren
- Bell Labs stiegen aus, MIT bekam irgendwann MULTICS zu laufen -> kommerzialisiert von Honeywell (welche GE Comp. übernahm)
- Es gab wenige aber loyale Installationen die bis in die 90er Jahre MULTICS am Laufen hatten
- Die Idee einen zentralen Großrechner mit kleinen, relativ dummen Terminals blieb erhalten
- Auch sonst beeinflussten die Konzepte von MULTICS nachfolgende OSse, vor allem Unix
- DEC PDP-11
 - 16-Bit Minicomputer-Serie von DEC
 - viele Betriebssysteme liefen darauf, OS Design beeinflusste stark CP/M und MS DOS
 - erfolgreichster Minicomputer, sein Design beeinflusste die Rechnertechnik der 70er Jahre, auch Prozessordesign Motorola 68000 und des Intel x86
 - kleinstes System auf dem damals Unix lief
 - Unibus (Universal Bus System) - deshalb Auf- und Umrüstung einfach, auch Peripherie von Fremdanbietern
 - PDP-11 Rechner werden aktuell noch in GE Kernkraftwerken bis 2050 eingesetzt

Die vierte Generation - Personal Computer

- Vierte Generation geprägt von Mikroprozessoren
- Integration der Schaltkreise wird immer höher, Chips immer kleiner
- Ursprünglich Microcomputer, später dann Personal Computer
- Architektonisch kein so großer Unterschied etwa zu PDP-11 aber viel billiger und kleiner
- 1974 Intel 8080 erster universal einsetzbarer Mikroprozessor, 8-Bit
- Dafür wurde im selben Jahr CP/M von Digital Research entwickelt
- CP/M
 - bedeutet Control Program for Microprocessors
 - CP/M war (neben Unix für größere Rechner) das erste plattformunabhängige OS
 - Es gab Varianten für den Intel 8080, 8086, 80888, Zilog Z80 und dem Motorola 68000
 - CP/M führte als Hardware Abstraktionsschicht BIOS ein. Lediglich dieses ist Hardwareabhängig
 - die nächste Ebene ist BDOS (Basic Disk Operating System) welches Kern bildet, für Disk- und Fileoperationen zuständig, Zugriff auf Hardware über BIOS
 - Die oberste Schicht ist der CCP (Console Command Processor), Kommandozeileninterpreter
 - Programme in 95% der Fälle in Assembler geschrieben deshalb nicht Plattformunabhängig wenn andere Prozessorarchitektur
 - MS-DOS hat viel übernommen, statt BIOS IO.SYS, statt BDOS MSDOS.SYS, statt CCP COMMAND.COM. Dateisystem in MS-DOS (FAT) aber verbessert
- MOS 6502 1972
- sehr niedriger Preis im Vergleich zum Intel 8080 oder Motorola
- verwendet in vielen Heimcomputern (etwa Commodore VIC-20) und im Apple I, II
- sein Nachfolger, der 6510 ebenfalls erfolgreich, etwa im Commodore C64
- Konkurrent: Zilog Z80. Z80 wird bis heute produziert

MSX - Versuch einer Standardisierung von Homecomputern

- Am 16. Juni 1983 von Microsoft Japan angekündigt, bis 1995 in vier Generationen
- Populär hauptsächlich in Japan, Mittlerer Osten (arabische Länder, Kuwait, Irak, ...), Brasilien, UDSSR, den Niederlanden, Spanien aber weniger in den USA und Deutschland
- MSX war der Versuch den Homecomputermarkt zu standardisieren
- MicroSoft eXtended (BASIC)
- Technische Spezifikation der ersten Generation:
 - Zilog Z80 mit 3.58 MHz
 - ROM 32kB (daon 16kB BIOS und 16kB MSX BASIC)
 - RAM 8kB minimum, 32kB oder 64kB eher üblich, bis zu 128kB

- Videosystem:
 - Texas Instruments TMS9918
 - Video RAM 16kB
 - 40x24 bzw. 32x24 Zeichen Textauflösung
 - 256x192 Pixel Auflösung bei 16 Farben
 - 32 Sprites, einfarbig, maximal 4 pro horizontale Zeile
- Soundchip General Instrument AY-3-8910
- 1 bis 2 Cartridge Slots, Floppy Drives unüblich, kamen dann als Cartridge welches das BIOS erweitern

ZX Spectrum

- 1982 von Sinclair Research
- 8-Bit Heimcomputer
- Zilog Z80 mit 3,5 MHz
- 16KB ROM
- 16KB (oder 48KB) RAM
- 32x24 Textauflösung
- 256x192 Pixel Auflösung
- 15 Farben (7 Farben mit jeweils 2 Abstufungen plus Schwarz)
- OS: Sinclair BASIC
- Video Ausgang über RF Modulator an Antenneneingang handelsüblicher Fernseher
- Compact Kassete als Speichermedium (1500 bits/sec)

Commodore Amiga

- gebaut von 1985 bis 1996
- OS besteht aus zwei Teilen: *Kickstart* und *Workbench*
- Motorola 68000

Kickstart

- Bootstrap Firmware
- der erste Amiga, der A1000 musste das Kickstart von Diskette laden
- von Floppy wurden 256KB in einen wcs (writable control store) genannten Speicherbereich geladen
- spätere Modelle hatten Kickstart auf ROM
- Funktion:
 - Hardware testen
 - Chipset zurücksetzen (Amiga hatte eine ganze Reihe Spezialchips)
 - Check für verbundene Boot Devices

- Wenn keines vorhanden -> Zeige Workbench-Diskettensymbol und warte auf Floppy Disk
- Folgendes war Teil von Kickstart:
 - Exec - Amigas multi-tasking Kern
 - 256KB groß
 - Multi-Tasking (präemptiv) (task scheduling)
 - Speicherverwaltung (memory management)
 - Interrupt Handling
 - dynamic shared libraries
 - läuft nicht privilegiert (also im Supervisor Mode des Motorola 68K)
 - Multitasking konnte durch Programme versehentlich oder absichtlich „ausgeschaltet“ werden indem die Datenstrukturen des Kerns verändert wurden
 - Es gab spezielle Befehle (`Exec()` und `Disable()`) mit denen man das Interrupt Handling beeinflussen kann und damit das Programm als single-task laufen lassen kann. Wenn ein Programm diese Befehle aufrief ohne im Anschluss `Permit()` oder `Enable()` aufzurufen stand das System still.
 - *Intuition* - Amigas Fenster Manager
 - *Autoconfig* - Konfigurationsprotokoll für Erweiterungs-Hardware. In etwa mit dem PCI Protokoll vergleichbar
 - Treiber für Diskettenlaufwerke und Festplatten
 - DOS Bibliothek für Dateihandling (hat nix mit MS-DOS zu tun)
 - *AmigaDOS Command Line Interface (cli)* Kommandozeile
 - Bibliotheken mit APIs zum Zugriff auf Graphik- und Audiochips
 - Treiber für Tastatur und Joysticks

Workbench

- *Workbench* ist die graphische Oberfläche (Dateimanager)
- bis Version 3.5 hiess das gesamte Betriebssystem *Workbench* und wurde später in *AmigaOS* umbenannt
- Besonderheiten:
 - erste graphische Oberfläche mit geschachtelten Menueinträgen
 - Einen festen Menueintrag für *Einstellungen* (damals war nur „Bearbeiten“ und „Datei“ standard)
 - Schattenwurf um 3D Effekt zu simulieren
 - Standard Dialog Boxen etwa für *Speichern*, *Abbrechen*, usw
 - Systemweite Möglichkeit der Sprach- und Zeit(zonen)einstellung

BIOS

- BIOS steht für „basic input/output system“
- kommt bei x86 PC Architektur zum Einsatz
- erledigt folgende Aufgaben:
 - POST (Power On Self Test)
 - Hardware initialisieren

- Darstellung Startbildschirm mit Informationen
- Aufruf von BIOS Erweiterungen auf Steckkarten (Netzwerkkarten, Graphikkarten, SCSI oder RAID Controller)
- Definition von welchem Laufwerk gebootet werden soll
- Laden des Bootsektors mit Übergabe an den Bootloader

Commodore VIC-20 und Commodore 64

- 8-Bit Heimcomputer

Commodore VIC-20

- gebaut von 1980–1985
- CPU MOS Technology 6502
- Taktfrequenz abhängig vom Stromnetz, deshalb (1.108404 MHz PAL und 1.02 MHz NTS)
- 5KB RAM (mit Expander Karten erweiterbar bis 32KB), davon 3.5KB für BASIC Programme verfügbar (30.5KB mit Karte)
- Videochip MOS Technology VIC
- 176x183 Pixel Auflösung
- Sound: 3 x Rechtecksynthesizer, 1 x rauschen, Mono
- Datasette mit Compact Cassetten als Speichermedium
- OS: Commodore KERNAL / Commodore BASIC 2.0

Commodore 64

- gebaut von 1982 bis 1994
- 64KB RAM
- OS: Commodore KERNAL / Commodore BASIC 2.0

Commodore BASIC 2.0

- Basiert auf *6502 Microsoft BASIC*
- Zeilenbasierte Programmierung, jede Zeile hat eine Nummer
- BASIC auch als Schnittstelle zu KERNAL
- liegt im Adressbereich von \$A000-\$C000
- Aufruf von Systemroutinen (oder Maschinenprogrammen) mit SYS <Speicheradresse> (0–65535 beim C64)

- Beispiel C64: `SYS 64738`
- Solche Routinen werden bis zu einem `RTS` ausgeführt und kehren dann ins BASIC zurück
- `POKE` zum beschreiben beliebiger 8-Bittigen Speicheradressen (C64 Beispiel: `POKE 53280,1` Rahemnbildschirmfarbe auf weiß setzen)
- `PEEK` zum Auslesen einer Speicheradresse

KERNAL

- steht vermutlich für Keyboard Entry Read, Network, And Link,
- belegt die letzten adressierbaren 8KB der 8-Bit CPUs (`$E0000-$FFFF`)
- ist mit Unix und Plan 9 verwandt: dort „alles ist eine Datei“, in KERNAL: alles ist ein GPIB (General Purpose Interface Bus = IEC-625-BUS) Gerät
- damit eine gerätunabhängige API zum Zugriff auf I/O
- Geräte hatten Device IDs von 0–16:
 - 0 Keyboard
 - 1 Datasette
 - 3 Display
 - 4 und 5 Drucker
 - 8 Floppy Disk
- um die erste Datei von Datasette zu laden genügte ein `LOAD`
- um ein Directory Listing (\$) auf Floppy Disk (Device ID 8) zu laden `LOAD "$",8`
- `LOAD "*" ,8` lädt ein Programm an die erste Adresse im BASIC Speicher (`$A000`) und ist dann als BASIC Programm ausführbar
- `LOAD "*" ,8,1` lädt - meistens Maschinencode - an die Adresse an die der Programmzeiger aktuell zeigt. Damit kann man Maschinencode nachladen ohne das BASIC Programm welches dieses aufruft zu überschreiben

Multitasking

Kooperatives Multitasking

Beim „kooperativen Multitasking“ wird das Multitasking durch eine zentrale Prozessverwaltung im Systemkernel realisiert: ein einfacher, sogenannter Scheduler. Der Scheduler sichert den Prozesskontext der gerade unterbrochenen Task, wählt den nächsten Prozess aus, der Rechenzeit erhalten soll, stellt dessen Prozesskontext her und gibt den Prozessor dann an diesen neuen Prozess ab. Der Scheduler kann Listen mit verschiedenen priorisierten Tasks führen, und niedrig priorisierte entsprechend selten aufrufen. Dabei kann auch die bereits verbrauchte Rechenzeit einer Task berücksichtigt werden. In der Regel werden Betriebssystem-interne Aufgaben zuerst erledigt, bevor eine neue Task den Prozessor erhält. Es ist jedem Prozess selbst überlassen, wann er die Kontrolle an den Kern zurückgibt; in der Regel wird zumindest jede Dienst-Anforderung an das Betriebssystem mit einem Taskwechsel verbunden. Vorteil dieser Methode ist, dass viele Systemfunktionen (z. B. die Ausgabe) nicht wiedereintrittsfähig sein

müssen und daher nicht synchronisiert sein müssen, was eine erhebliche Vereinfachung für den Hersteller bedeutet. (Unterbrechungsroutrinen müssen jedoch stets dieses Problem lösen.) Diese Form des Multitasking hat wie auch das TSR-Konzept den Nachteil, dass Programme, die nicht kooperieren, das restliche System zum Stillstand bringen. Gründe für solches Programmverhalten können sein:

- * im Programm enthaltene Fehler;
- * durch den Programmierer gewollte Fehlfunktion eines Systems;
- * gewollte (vorteilhafte) „Alleinherrschaft“ des Programms, zum Beispiel für eine zeitkritische Anwendung wie ein Computerspiel.

Das Konzept wurde zum Beispiel eingesetzt

- * bei Windows 3.x: Unter diesem System wird Multitasking nur teilweise unterstützt, da nur die jeweiligen Speicherbereiche nebeneinander existieren und die Anwendungen im Hintergrund zugunsten des aktiven Programms einfach angehalten werden.
- * bei vielen Heimcomputern wie zum Beispiel dem Atari ST.
- * in grafischen Oberflächen für MS-DOS und Kompatible.
- * (eingeschränkt) in erweiterten TSR-Programmen für MS-DOS.

Diese Form des Multitasking ist prinzipiell schnell und ressourcenschonend, sowie technisch verhältnismäßig einfach realisierbar. Für multiuserfähige Großrechner war es nie eine praktikable Alternative und wurde z. B. unter Unix nie eingesetzt, da ja ein Benutzer mittels unkooperativem Programm alle anderen blockieren könnte. Auch in den neueren Windows-Betriebssystemen der NT-Linie und in Mac OS X wird diese inzwischen als veraltet geltende Technik nicht eingesetzt. Teilweise unterstützen sie ähnliche Funktionalität begrenzt zum Beispiel als User Mode Threads, jedoch in jedem Fall nur eingebettet in präemptivem Multitasking.

(Wikipedia)

Präemptives Multitasking

Basis der heutzutage standardmäßig angewendete Methode ist das präemptive Multitasking. Die Abarbeitung der einzelnen Prozesse wird ebenfalls gesteuert durch den Scheduler, ein Bestandteil des Betriebssystemkerns (siehe unten). Jeder Prozess wird nach einer bestimmten Abarbeitungszeit unterbrochen. Dabei spricht man auch von so genannten Zeitschlitzen (bzw. Zeitscheiben, engl. time slices). Dann „schläft“ der Prozess (ist inaktiv) und andere Prozesse werden bearbeitet. Erhält er wieder eine Prozessorzuteilung, so setzt er seine Arbeit fort (ist aktiv). Meist wird jedem Prozess eine „absolute“ Zeitscheibe zugewiesen (alle Zeitscheiben haben die gleiche, feste Dauer); alternativ wird ihm pro definierter Zeiteinheit ein bestimmter Prozentteil dieser Zeiteinheit zugewiesen (z. B. abhängig von seiner Priorität), den er höchstens nutzen kann (die Länge der Zeitscheibe wird also jedes Mal neu bestimmt). Endet seine Zeitscheibe („seine Prozessorzuteilung ist zu Ende“), dann unterbricht ihn ein Hardware-Timer, er wird wieder „schlafen gelegt“ und das Betriebssystem erlangt wieder Kontrolle. Sollte er bereits vor Ablauf seiner Zeitscheibe eine Funktion des Betriebssystems benötigen, so wird er sogleich angehalten und als „nicht rechenbereit“ markiert, bis das Betriebssystem den gewünschten Dienst erbracht hat. Nur als „rechenbereit“ markierte Prozesse erhalten Prozessorzeit-Zuteilungen.

Eine beliebte Umsetzung des präemptiven Multitaskings ist die Verwendung einer Vorrangwarteschlange in Verbindung mit der Round-Robin-Scheduling-Strategie. Es gibt auch die Prozessorzuteilung abhängig von der Taskpriorität, vor allem bei Echtzeitsystemen z. B. MicroC/OS-II. Für das Multitasking spielt das nur eine untergeordnete Rolle, da präemptives Multitasking die Kernel- bzw. Prozessorkontrolle über die Prozesse beschreibt.

Hardwareseitig benötigt präemptives Multitasking im Gegensatz zur kooperativen Variante (vergl. TSR-Programm als Vorläufer) zwingend einen Interrupterzeuger (meist ein Zeitgeber) im geeigneten Prozessor, da das System softwareseitig keine Möglichkeit hat, Prozessen die Kontrolle über den Prozessor zu entziehen. Der Zeitgeber sendet regelmäßig oder nach Ablauf einer eingestellten Zeit ein Signal (Interrupt) an die CPU, was sie zur Unterbrechung der aktuell laufenden Task und zur Ausführung des Schedulers veranlasst. Dieser speichert den gerade unterbrochenen Prozesskontext, übernimmt nötige

Verwaltungsaufgaben und aktiviert dann wieder einen (anderen) Prozess.

Moderne Betriebssysteme arbeiten darüber hinaus mit einem Speicherschutz, der verhindert, dass verschiedene Prozesse sich im Speicher gegenseitig beeinflussen oder gar überschreiben. Diese Schutzfunktion übernimmt im PC die Memory Management Unit (MMU), welche die Virtualisierung des Hauptspeichers und verschiedene Berechtigungslevel (Ringe) oder auch Modi (Kernel-Mode versus User-Mode) ermöglicht und so dem Betriebssystem erlaubt, verschiedene parallele Prozesse innerhalb des Rechners voneinander strikt abzukapseln. Im PC kam die MMU erstmals in Rechnern mit i286-Prozessoren von Intel zum Einsatz. Diese Technik ist aber für Multitasking im engeren Sinne nicht zwingend notwendig.

Die ersten weit verbreiteten Computersysteme, die präemptives Multitasking beherrschten, waren der Sinclair QL (1984) und der Commodore Amiga (1985) im Heimbereich (beim Amiga ohne Speicherschutz/Privilegierung und somit „aushebelbar“), sowie zuvor die unter Unix betriebenen Großrechenanlagen. Windows beherrscht erstmals in den 3.x-Versionen teilweise präemptives Multitasking, dort allerdings nur für DOS-Programme und das auch nur dann, wenn sie auf einem System mit einem i386-kompatiblen Prozessor ausgeführt werden, da dieser in solchen Fällen hardwareseitige Virtualisierung ermöglicht. Moderne Betriebssysteme, die präemptives Multitasking vollständig unterstützen, sind Windows NT (und alle Nachfolger), QNX, BeOS und alle auf Unix basierenden Systeme wie Linux, HP-UX, Solaris, Mac OS X u.v.m.

Außerdem muss man zwischen Time slicing (Zeitscheiben-Verfahren) und Time-Sharing unterscheiden, letzteres gestattet mehreren Benutzern bzw. deren Prozessen (z. B. auf Datenbankservern oder Großrechnern mit Terminalzugriff) sich automatisch anteilig die verfügbare Rechenzeit zu teilen.

Präemptibles Multitasking

Eine Sonderform des präemptiven Multitasking ist das weniger bekannte Präemptible Multitasking (englische Schreibweise Preemptible Multitasking), das erstmals im Betriebssystem OS/2 implementiert wurde. Viele Betriebssystem-eigene Kernel-Routinen werden als Scheduler-Threads geführt; somit können Anwendungsprozesse auch Zeitschlitz erhalten, während eigentlich eine Betriebssystem-Aktion ausgeführt wird (mit Ausnahmen für atomare OS-Prozesse). Das Konzept ermöglicht schnellere Reaktionszeiten. Mit Version 2.6 hat es auch in den Linux-Kernel Eingang gefunden.

(Wikipedia)

Unix

- Multitasking und Multibenutzer Betriebssystem
- 1969 an den Bell Labs entwickelt
- Ken Thompson, Dennis Ritchie, Brian Kernighan, Douglas McIlroy und Joe Ossanna
- komplett in C entwickelt, C wurde dafür geschrieben
- entwickelt auf einer DEC PDP-11 (16-Bit)
- Unix Philosophie:
 - kleine modulare Programme die jeweils nur eine Aufgabe aber diese gut erfüllen: *Do One Thing and Do It Well*
 - Programme sollen Textströme (Pipes) verwenden. Damit können sowohl Ein- als auch Ausgaben in anderen Programmen verwendet werden.
 - daraus folgt: Programme sollen zusammenarbeiten
 - die Programme sollen klein, leicht wiederverwendbar und portabel sein
- Unix sollte eine leicht zu prototypierende, universelle Arbeitsumgebung für Entwickler sein und wurde erst nach und nach zu einem kompletten Betriebssystem

- MultiBenutzer:
- Mitte der 60er Jahre wurde ein OS namens MULTICS entwickelt welches jedoch hochkomplex und schwer zu benutzen und programmieren war.
- Der Name den Unix bekommen sollte lautete ursprünglich UNICS (UNiplexed Information and Computing Service) (in Anlehnung auf MULTICS (Multiplexed Information and Computer Services))
- Ende der 70er, Anfang der 80er Jahre war Unix in akademischen Kreisen sehr bekannt, besonders die an der Universität Berkeley entwickelte Variante *BSD* (Berkeley Software Distribution) die noch bis 1995 weiterentwickelt wurde. Einige, auch kommerzielle, Unix Varianten basieren darauf, etwa HP-UX, SunOs, DEC ULTRIX, Apples OS X und iOS. Mittlerweile gibt es einige Open Source BSD Projekte von denen FreeBSD, OpenBSD, Darwin und NetBSD die bekanntesten sind.

BSD Unix

1BSD und 2BSD (1979) liefen auf der PDP-11, 3BSD (1979) war die erste Variante die eine Virtual Memory Architektur (auf einer VAX) unterstützte. Daher stammt auch der in manchen Unixes immer noch geläufige Name `/vmunix` für den Kern

* Virtual Memory Management:

* Die MMU (Memory Management Unit) in CPUs kümmern sich um das Mapping des Speichers auf den tatsächlichen physikalischen Speicher

* für Prozesse erscheint der Speicher als ein fortlaufender Adressbereich oder als fortlaufende Speicherblöcke

* Damit muss sich die Applikation nicht um Speicherfragmentierung kümmern

- 4BSD (1981) als Weiterentwicklung von 3BSD führte Job Kontrolle, die `csd`, `delivermail` (Vorgänger von `sendmail`), `Unix signals` (etwa `kill -9 PID`) und die `curses` Programmibliothek für Textausgaben ein.
- 4.1BSD (1983) war ein Rewrite um das System schneller zu machen und gegen VMS auf den VAXen konkurrieren zu können. Ursprünglich sollte es 5BSD heißen, AT&T hatte aber Bedenken wegen der Namensähnlichkeit der eigenen kommerziellen System V Variante
- 4.2BSD (1983) eine erste Variante des TCP/IP Stacks wurde eingeführt, ebenso das neue *Berkeley Fast File System*, heute als UFS (Unix File System) bekannt. Mit dieser Variante bekam BSD sein Maskottchen, den BSD Daemon.
- 4.3BSD (1986) brachte weitere performance-Verbesserungen
- 4.3BSD-Net/1 (1989) stellte DARPA's TCP/IP Referenzimplementierung dar
- 4.3BSD-Reno (1990) Implementierung von Sun's NFS Netzwerk-Dateisystem
- 4.3BSD-Lite (oder 4.3BSD-Net/2) (1991) weiterentwicklung des Netzwerk Stacks
- 4.4BSD-Lite (1994) Erste vollständig von AT&T-Quelltext freie Version
- 4.4BSD-Lite2 (1995) ist die letzte Version der Berkeley Software Distribution
- auf 4.4BSD-Lite2 basieren alle modernen OpenSource BSD Unix Varianten wie NetBSD, OpenBSD, FreeBSD, Darwin oder DragonFly BSD.
- Da die BSD Lizenz sehr großzügig ist haben auch kommerzielle Betriebssysteme Teile übernommen, etwa Microsoft seit Windows 2000 für den Netzwerk Stack, Apple mit OS X und iOS sowie Solaris welches mittlerweile auch kein reines SystemV Unix mehr ist.

System V Unix

- Zusammen mit Sun entwickelte AT&T die erste kommerzielle Unix Variante UNIX System V („System Five“).
- Die Spaltung zwischen System V und BSD erregte Besorgnis in der Unix Community. Eric S. Raymond bezeichnete sie als Spaltung zwischen Langhaar-Programmierern und Technikern die eher auf der BSD Seite waren und den Kurzhaar-Business Typen die zu SystemV tendierten.
- 1983 – System V
- 1984 – SVR2
- 1987 – SVR3 – (SGI Irix)
- 1988 – SVR3.2 (SCO OpenServer)
- 1989 – SVR4 (integrierte einige BSD-Bestandteile; durch Angabe eines entsprechenden Pfades können die Programme der jeweiligen Variante ausgeführt werden)
- 1992 – SVR4.2
- 1993 – SVR4.2MP (UnixWare 2, Sun Solaris)
- 1997 – SVR5 (SCO UnixWare 7)

Apple Macintosh

- erster Macintosh 1984
- Seit 1998 als *Mac* bezeichnet
- erster Massenmarkt-Computer mit graphischer Oberfläche und Maus
- in direkter Konkurrenz mit dem IBM PC und dem Commodore 64
- das erste Modell war sehr teuer
- anfangs trotzdem erfolgreich, in den 90er Jahren allerdings von der Wintel Konkurrenz stark gebeutelt
- der Motorola 68xxx war war leistungsfähiger als die Intel x86 Serie. Erst mit dem Intel Pentium drehte sich das um
- Ab 1994 Umstieg auf PowerPC Prozessorarchitektur
- Original Mac:
 - Motorola 68000 mit 8MHz
 - 64kB ROM
 - 128kB RAM
 - 9 Zoll 512x323 Schwarz-Weiss Display
- 1984 und 1985 portierte Microsoft *Multiplan* und *Word* auf den Macintosh
- MacOS war ein Single-User System
- 1985 gab es ein Programm namens *Switcher* welches man käuflich erwerben konnte. Switcher aktivierte kooperatives Multitasking und erlaubte es dem Benutzer zwischen mehreren Programmen hin- und her zu wechseln
- System 5 und System 6 (1988) hatten ein Feature namens *MultiFinder* an Bord.
 - Mit einem reboot konnte er ein- oder ausgeschaltet werden.
 - war *MultiFinder* ausgeschaltet beendete sich der Finder bei dem Start eines Programms um Ressourcen zu sparen
 - mit eingeschaltetem *MultiFinder* liefen die Programme mehr oder weniger parallel
- Erst mit System 7 (Mac OS 7 - 1991) bekam das Betriebssystem virtuelles Speichermanagement

- Ab 1994 Umstieg auf PowerPC Prozessorarchitektur
- System 7 war mit der neuen PowerPC Architektur kompatibel
- Mac OS 8 kam 1997 heraus
 - Finder war nun Multithreaded
 - aufpolierte Oberfläche, mehr Farbe
 - Einführung des Dateisystems HFS+ (welches immer noch in Verwendung ist!)
 - lief ausschließlich auf PowerPC
 - Einführung von AFP (Apple Filing Protocol) over IP
- Mac OS 9 - 1999
 - letzte Version von Apples „Classic“ Betriebssystemen
 - erste Version die multi-user fähig war
 - präemptives Multitasking noch immer nicht vollständig implementiert
 - kein protected memory
 - Automatisches Software Update möglich
- 1996 Apple kauft NeXT
- Seit 1998 als *Mac* bezeichnet
- Mac OS X - 2001 (10.0 Cheetah)
 - Unix Betriebssystem (seit Version 10.5 bis heute UNIX 03 zertifiziert)
 - Multitasking und Multiuser fähig
 - im Prinzip ein vollständiges Unix unter einer benutzerfreundlichen graphischen Oberfläche
 - Basiert auf NeXTSTEP
 - Unix-like OS
 - basiert auf dem CMU Mach Kernel
 - Treiber und Userland sind BSD Derivate
 - Graphische Oberfläche basiert auf einem objektorientierten Toolkit
 - OpenStep Objektorientierte Spezifizierung für graphische Oberflächen, von NeXT zusammen mit Sun Microsystems entwickelt
 - Von OpenStep gab es eine Version die unter Windows NT lief
- Mac OS X lief ursprünglich auf PowerPC Hardware
- Für den Übergang von Mac OS auf Mac OS X wurde eine API (*Carbon*) eingeführt die es Programmen ermöglichte auf beiden OSsen zu laufen
- *Carbon* wurde nach und nach durch *Cocoa* als API abgelöst
- In der Anfangszeit propagierte Apple *Java* als Programmiersprache um auf Mac OS X zu programmieren,
- letztendlich lief es jedoch auf Objective-C mit den *Cocoa* Bibliotheken hinaus
- 2005 stieg Apple von PowerPC basierten Systemen auf Intel x86 um, mit Mac OS X 10.6 Snow Leopard (2008) wurde der Support für PowerPC eingestellt
- In der Umstiegszeit wurde *Rosetta* eingeführt welches eine Art binär-übersetzer war um für PowerPC compilierte Programme auf Intel Hardware laufen zu lassen.
- Außerdem wurde das Konzept der *Universal Binaries* eingeführt: jedes Programm hatte sowohl eine PowerPC als auch ein Intel kompatibles Executable
- Seit OS X 10.8 Mountain Lion (2012) wurde das „Mac“ im Namen weggelassen
- Aktuell ist Version OS X 10.10.3

Linux

- Erstes Release 5.10.1991 von Linus Torvalds
- Unix-artiges Betriebssystem, fast vollständig POSIX kompatibel
- Bitte *Linux* nicht mit *Unix* gleichsetzen!
- Linux ist *eigentlich* nur der Kern, das vollständige Betriebssystem inklusive GNU Tools wird oft als GNU/Linux bezeichnet
- Mittlerweile ist *Linux* aber geläufig
- Ein Linux System wird von einem Distributor paketierte. Gruppierungen wie Debian oder Firmen wie SuSE oder RedHat schnüren und pflegen ein Paket aus Kern, GNU Tools und zusätzlicher Software.
- Die Linux Community bietet mittlerweile ein Zuhause für viele weitere Projekte, wie etwa die graphischen Benutzeroberflächen KDE oder Gnome, die Entwicklung des verteilten Versionsverwaltungssystems git, Implementierungen für Embedded Devices, WLAN Routern und vieles mehr
- Linux will zwar ein Unix sein, hat aber oft Probleme mit der Unix Philosophie: Kompatibilität ist nicht immer oberstes Ziel, „hauptsache es läuft auf Linux“
- Böse Zungen behaupten, dass es unter manchen Entwicklern eine Art *not invented here* Syndrom gibt. Software, Treiber und Konzepte die in anderen Systemen entwickelt wurden werden unter Linux manchmal von Null auf neu entwickelt.
- Linux wurde sehr schnell zum Allweits-Unix und fand im Gegensatz zu den *BSD Varianten regen Zuspruch auch von Firmen
- Stabiles und zuverlässiges Betriebssystem für Server Dienste
- Auf dem Desktop kommt Linux auch so langsam an
- Selbst Spiele werden mittlerweile immer öfter auch auf Linux portiert
- Linux Distributoren tun ihr möglichstes um auch nicht-IT-affinen Menschen Linux nahe zu bringen und den Umgang zu vereinfachen
- Weiteres zu Linux dann nächste Woche

Das GNU Projekt

- 1983 von Richard Stallman ins Leben gerufen
- GNU bedeutet „GNU's Not Unix“
- Ziel: ein vollständiges Unix-kompatibles Betriebssystem entwickeln
- In den 90er Jahren waren die meisten Userland Programme fertig (GNU Tools), es gab Compiler für nahezu jede Sprache (die gcc Suite), Editoren (Emacs, vim), Shells (bash), Bibliotheken und es gab graphische Frontends (X11, Window Manager).
- Lediglich der Kern und die Treiber kamen in der Entwicklung nicht weiter
- GNU Hurd (oder: the Hurd) ist ein seit 1990 für GNU geschriebener Microkern der nach wie vor nicht vollständig implementiert ist
- Aus diesem Grund verwendet das GNU Projekt aktuell den Linux Kern.

Windows

Ende der sechziger in den USA ARPA-Netz (American Research Project Agency), vernetzt Hochschulen und anderen Forschungseinrichtungen in den USA.

Daraus in den Siebzigern mit einigen Änderungen in den Protokollen und organisatorischer Restrukturierungen das Internet.

Ende der Siebziger Post-Unternehmen stellen ISO/OSI-Basisreferenzmodell vor (Konzept zur öffentlichen Datenkommunikation mit X.25 Protokoll mit DATEX-P in Deutschland). Zeitgleich weltweit Einführung von ISDN (Integrated Services Digital Network), digitales Telefonsystem, seit den neunziger Jahren Basis für „Rechnerkommunikation“.

Für den normalen Menschen gibt es in den 70ern keine Rechner nur Schreibmaschinen.

Anfang der 70er wurden die ersten Mikroprozessoren entwickelt und damit die Grundlage für kleinere Rechner geschaffen.

Dass jeder daheim einen PC haben wollen würde, konnten sich bis Ende der 70er Jahre wenige Leute vorstellen. Firmenchefs von IBM, Texas Instruments, Fairchild, und DEC machten dementsprechende Äußerungen.

Computer Clubs waren für die Entwicklung von PCs mit verantwortlich.

1968

HP bringt ersten in der Werbung als „Personal Computer“ bezeichneten Rechner auf den Markt, der ein Jahresgehalt kostet und ein programmierbarer Rechner ist.

1973

Firma Xerox PARC bringt Rechner Xerox Alto (kühlschrankgroß) mit einer Tastatur, einer 3-Tasten-Maus, einer zusätzlichen kleinen 5-Tasten-Akkordtastatur für besondere Befehle, einem Bildschirm mit grafischer Benutzeroberfläche (graphical user interface, GUI) und einer Ethernet-Schnittstelle auf den Markt. Keine Massenware, für Wissenschaftlichen Einsatz.

1975

- Gates und Allen gründen Microsoft.

- Firma MITS bringt PC Altair 8800 (Serienproduktion) auf den Markt, mit einem Bus-Stecksystem für Erweiterungskarten nach dem S-100-Bus-Standard. Kippschaltern als Eingabeeinheit und Leuchtdioden als Ausgabeeeinheit wohl eher kein PC im Heutigen Sinne. (Bausatz 397 US-Dollar, Komplettgerät 695 US-Dollar)

1976

Steve Wozniak (The Woz), entwickelte erstes Gerät der Welt was einem heutigem PC gleichkommt und mit 666 US-Dollar für Privathaushalte erschwinglich war. Der PC hatte eine schreibmaschinenähnliche Tastatur als Eingabeeinheit und einen Bildschirm (zunächst in Form eines umfunktionierten Fernsehgerätes) als Ausgabeeeinheit. Letzter Computer der nur von einer Person entwickelt wurde. Dieser wurde dann unter den Namen Apple I verkauft.

Apple war eine der Firmen, die aus dem Homebrew Computer Club hervorgingen, (Steve Wozniak, Steve Jobs und Ronald Wayne (Firmengründer)).

1977

Comodore baut erste industriell hergestellte komplett PCs für 800/600 US-Dollar. Leistung ähnlich wie Apple II aber ohne Steckplätze für Erweiterungskarten, keine Tonausgabe und keine Farbdarstellung.

1980

- Ballmer kommt zu Microsoft.
- IBM wacht auf und will auch PCs anbieten. Verwendet als erste Firma erfolgreich den Begriff „Personal Computer“ massiv in der Werbung.
- IBM erteilt Microsoft Auftrag Projekt „Chess“ ein neues Betriebssystem zu entwickeln (Betriebssysteme sind Software, um Computerhardware zu verwalten und zu nutzen, dienen als Verbindung zwischen Hardware und Programmen).

1981

- MS-DOS (Microsoft Disk Operating System) erscheint.
- Die Benutzung von MS-DOS ist für den normalen User nicht so leicht zu verstehen.

- PARC von Xerox bietet Computer „Star“ mit Maus an, verkauft sich aber schlecht da sehr teuer.
- Der erste IBM-PC wird im August vorgestellt. Preislich an der Obergrenze der handelsüblichen PCs, Grundausstattung für 3.005 US-Dollar oder 1.565 US-Dollar (ohne Laufwerke und Monitor, dafür mit TV-Anschluss), maximalen Ausbaustufe mit mehr Speicher und Farbgrafik 6.000 US-Dollar. IBM nutzte ihre damalige Marktführung für (Großrechner-) Datenverarbeitungsanlagen und schaffte es, dass ihr IBM-PC als Arbeitsplatzcomputer in zahlreichen Unternehmen eingesetzt wurde. Intel-8088-Prozessor (4,77–9,5 MHz Takt, interne CPU-Wortbreite 16 Bit, System-Datenbus 8 Bit), 8-Bit-ISA-Bussystem
- 8086-Prozessor (6–12 MHz Takt; CPU-Wortbreite 16 Bit; System-Bus 16 Bit) sorgte dafür, dass für die Serie Abkürzung „x86-Architektur“ entsteht.
- Der IBM-PC wurde von 1981 bis 1995 ausschließlich mit dem Betriebssystem von IBM, PC-DOS, vertrieben, das von Microsoft an IBM lizenziert worden war.
- Computern, die in der Bauweise den von IBM entsprechen, „IBM-PC-kompatiblen Computern“.
- Desktop-Computer da zu dem Zeitpunkt die Rechner auf dem Tisch standen und darauf der Monitor. Tower kamen erst später, wegen Ergonomie und frei positionierbaren Monitoren.

1982

Microsoft beginnt neues grafisches Betriebssystem „Interface Manager“ zu entwickeln, da bereits grafische Konkurrenz zu MS-DOS existiert.

1983

Gates kündigt neues grafisches Betriebssystem „Windows“ (Name kommt von Computerfenster) an (Werbung in Las Vegas auf 20.000 Kopfkissen).

1984

- Macintosh erscheint, Gates fordert Anpassung von Windows an dessen Aussehen.
- Da Windows auf unterschiedlicher Hardware laufen soll, ist anders als bei Macintosh, die Entwicklung vieler Treiber notwendig, was die Erscheinung verzögert.
- Tragbare Version des C64 der SX-64 erscheint (10kg), Preis 1000 US-Dollar.
- Echte Laptops waren wegen der Bildröhren die als Monitor verwendet wurden noch nicht möglich, da sie zu viel Strom brauchten. Erst LCD-Anzeige ermöglichte dies.

1985

- Zusammenarbeit von IBM und Microsoft endet, beide achteten jedoch auf gegenseitige Kompatibilität.
- Windows 1.01 erscheint im November (Windows 1.02, 1.03, 1.04)
 - 16 Bit für Intel 8086 Prozessor
 - Installation (testbasiert) von Diskette auf Festplatte oder weitere Diskette (zwei Diskettenlaufwerke), Installateur muss vorhandene Zusatzhardware angeben (keine automatische Hardwareerkennung).
 - Hardwareänderung erforderte Neuinstallation (da nur die jeweils notwendigen Treiber auf die Platte kopiert wurden).
 - Min. 256 KB, empfohlen 512 KB RAM, MS-DOS 2.0 bis MS-DOS 5.0
 - Preis ca. 260€
 - Grafische Benutzeroberfläche (im eigentlichen Sinn kein Betriebssystem). GUI ist der Desktop mit Sinnbildern und wenn aufgerufen den geöffneten Fenstern der Programme.
 - Benutzerfreundlicher da keine „kryptischen“ MS-DOS Befehle notwendig sind, und die Maus genutzt werden kann. Ziel von Windows das tägliche Arbeiten soll erleichtert werden.
 - Mehrere Programme können parallel laufen (kooperatives Multitasking) Windows läuft im Hintergrund weiter aktives Programm erhält Rechenzeit.
 - Einheitliche Oberfläche für Programme und ihre Bedienung eingeführt. Die Steuerung für Dialoge, Fenster und Datenmanipulation (Copy&Paste) war bei DOS-Programmen je nach Hersteller sehr unterschiedlich.
 - Einheitliches System für Treiber entwickelt, so dass nicht jedes Programm eine eigene Unterstützung für die verwendete Hardware mitbringen musste.
 - Geöffnete Fenster liegen gleichberechtigt nebeneinander, kein Überlappen möglich, können aber um positioniert werden oder in Vollbild- und Minimalmodus geschaltet werden. Mit ALT+TAB kann zwischen den Fenstern gewechselt werden (heute noch so). Fenster besteht aus Titelleiste, Rahmen und Fensterfläche, teilweise Scroll- und Befehlsleiste (Dropdown).
 - Menüs werden mit dauerhaftem Drücken der linken Maustaste offen gehalten, per Tastatur bleiben sie von selbst offen.
 - Standardmäßig startet nach dem Windows hochfahren die MS-DOS Dateiverwaltung.
 - Windows enthält bereits Programme (Textverarbeitung, Uhr, Taschenrechner, Malprogramm und ein Spiel). Windowsprogramm Write war eine zu dem Zeitpunkt sehr gute Textverarbeitung, da leicht zu bedienen (what you see is what you get – war bei DOS-Programmen nicht so – einer der Erfolgsgründe). Windowsprogramm Paint kann nur s/w.
 - Wird die letzte Instanz geschlossen landet man auf dem MS-DOS Prompt.
 - MS-DOS ist vor allem für die Dateiverwaltung nötig.

- Grafische Betriebssysteme wie (VisiOn, DESQ) sind zu diesem Zeitpunkt nicht sehr beliebt, auch Windows hatte es schwer, da es kaum extra Programme dafür gab (In-A-Vision (Grafikanwendung) von Micrografix ist eines der wenigen extra Programme).
- Auch Macintosh leidet unter fehlender Software.
- Microsoft entwickelt Excel für Macintosh (2 Jahre exklusiv), darf im Gegenzug die Technik der grafischen Oberfläche verwenden.
- Festplatten sind noch selten.
- Monochrome Monitore verbreitet, Farbmonitore selten (TV).

1987/88

- Windows 2.0 erscheint im Dezember 1987 (später Windows 2.03, /286)
 - 16 Bit OS für Intel 286 Prozessor, auf 10 Stück 5.25 Zoll DD Disketten
 - Preis ca. 204 € (/286) ca. 320 € (/386)
 - Ab Windows 2.1 kann nur noch auf eine Festplatte installiert werden, 2 MB frei nötig.
 - 512 KB RAM (/286), 2 MByte RAM (/386).
 - DOS 3.0 (/286) bzw. DOS 3.1 (/386) oder höher.
 - Die „Microsoft“ Mouse kann verwendet werden (teuer 180 US-Dollar).
 - Starten von Windows durch Eingabe von win (Windows /286), bzw. win86 (Windows /386) oder win386 (Windows /386 im 8086 kompatiblen Modus).
 - Überlappende Fenster sind jetzt möglich (Presentation Manager) „echter Schreibtisch“.
 - Systemsteuerung wird eingeführt.
 - Tastenkombinationen werden etabliert (bis heute identisch) z. B. ALT+F4 (Fenster schließen).
 - Office Programme Excel 2.0 und Word 1.0 sind inklusive.
 - Mehr externe Programme (AMI Textverarbeitung, SuperBase Datenbank, CorelDraw Zeichenprogramm).
 - Programme können im Vordergrund, im Hintergrund oder Exklusiv ausgeführt werden.
 - Apple verklagt MS erfolglos wegen „geklauter“ grafischer Oberfläche.
 - OS/2 erhält höhere Priorität als Windows bei Microsoft (Gemeinschaftsprojekt mit IBM), hat die gleiche Oberfläche wie Windows 2, setzt sich aber nicht durch.
- Windows /386, 2.11 (Windows wird wegen 386 Prozessor umbenannt)
 - Virtual-8086-Mode vom Intel 8086 nutzbar. Jede DOS-Anwendung eigener simulierter 8086 Prozessor mit eigenem Speicherbereich bis 640 KB. Damit können Programme störungsfrei nebeneinander laufen.
 - Highmem.sys Treiber für Nutzung des oberen Speicherbereichs über der 640 KB Grenze.
 - Weniger Treiber als Windows /286
- Microsoft weltweit größte Firma für PC-Software
- Computer werden immer mehr Bestandteil des Büroarbeitsalltags

- OEM Geschäft wird immer wichtiger, Compaq bietet Windows für 25 DM zusätzlich an, Rechnerpreis ab 16.000 DM.

1989

- Zwei Millionen verkaufte Windowsexemplare (50.000/Monat)
- Ein PC braucht ca. 50 W bis Intel-Pentium-III-Prozessor Ende der 1990er. Danach steigen die Werte auf weit über 100 W alleine für den Prozessor und teilweise über 200 W für den kompletten Rechner. Trendwende 2004, AMD Athlon 64 (bisher nur bei Notebooks Funktionen zur dynamischen Änderung des Prozessortaktes). Heute in sämtlichen Prozessoren Stromverbrauch ohne Grafikkarte und aufwändige Berechnungen gesunken.

1991/92

- Windows 3.0
 - 16 Bit OS mit Vollständige Unterersetzung des 386-Prozessors
 - 7 Disketten
 - Aussehen von Windows bis heute „ähnlich“.
 - Grafik jetzt 16 Farben.
 - Preis Vollversion ca. 280 €, Updateversion 70 €
 - Automatische Hardwareerkennung bei der Installation, Änderungen durch User möglich.
 - Installation am Anfang textbasiert, danach grafisch mit Maus und Abfragen. Disketten Wechsel vor und rückwärts notwendig (Diskjockey).
 - Programm-, Datei- und Druckmanager werden eingeführt.
 - Programmmanager, kein suchen von Programmen mehr im Dateisystem, Programmgruppen (Fenster) können erstellt werden. Wird Programmmanager beendet wird Windows beendet. Feld für Kommandozeile vorhanden.
 - Dateimanager bietet Baumstruktur des Dateisystems (Ordner und Unterordner) + signalisiert das Unterordner existiert.
 - Windows SDK (Software Developer Kit) wird veröffentlicht und ermöglicht Softwareentwicklern sich auf Programmentwicklung zu konzentrieren und nicht mehr auf die Hardwaretreiber.
 - Weiterentwickelte Benutzeroberfläche machte es komfortabler als seine Vorgänger. 386'er haben jetzt genug Rechenleistung dafür.
 - Hardwarekonfiguration kann ohne Neuinstallation geändert werden.
 - Programme: Taschenrechner (mit wissenschaftlichem Modus). Paintbrush (farbig nutzt Bitmap-Format) ersetzt Paint. Neu ist der Recorder (Tasten- und Mausabläufe aufzeichnenbar (Macro)), Windows Hilfe (Onlinehilfe) und Spiele (Solitaire, Hearts, Minesweeper).
 - Drei Modi von Windows möglich

- Realmodus (Kompatibilität zu Windows 2 Programmen) Arbeitsspeicher über 1 MB nur als EMM Speicher per Treiber ansprechbar. Bei weniger als 1 MB wählt Windows ebenfalls diesen Modus automatisch.
 - Standardmodus mindestens Prozessor 80286. Arbeitsspeicher über 640 KB Grenze direkt ansprechbar.
 - Erweiterte Modus für 386-PCs Prozessor 80386 und 1024 KB Erweiterungsspeicher. Nutzung der virtuellen Speicherverwaltung des Prozessors, Verwendung von mehr Speicher als vorhanden, Auslagerung von Speicherbestandteilen auf die Festplatte. DOS-Programme erhalten jeweils einen eigenen Speicherbereich dadurch ist es möglich sie parallel auszuführen.
- 3 Millionen US Dollar für Promotion vor Markteinführung, danach noch ca. 7 Millionen.
 - Microsoft hat einen Jahresumsatz mit Software von 1 Milliarde US Dollar.
 - Am Ende wurden ca. 10 Millionen Windows 3.0 verkauft.

1992

- Windows 3.00a für Multimedia PCs, kann digitale Töne wiedergeben, wird mit Mediaplayer ausgeliefert braucht 10 MHz 286er, 2 MB RAM, Soundkarte mit Midi Schnittstelle, eine 30 MB Festplatte und ein CD-ROM-Laufwerk.
- Windows 3.1
 - 16 Bit OS für nicht vernetzte Einzelplatzrechner
 - MS-DOS 3.1 oder höher
 - Preis Vollversion ca. 120 €, Updateversion 80 €
 - Auf dem Desktop können noch immer keine weiteren Objekte (Dateien oder Ordner) liegen. Hauptoberfläche ist der Programm Manager, es gibt eine Reihe alternativer Shells (Norton Desktop) die mehr konnten.
 - Optionaler Dateimanager (Winfile) wickelt Dateioperationen für den Benutzer über die DOS-Funktionen ab. Besitzt zweigeteiltes Fenster, links Baumstruktur der Verzeichnisse, rechts den Inhalt des Ordners (ähnelt dem heutigen Explorer).
 - Mediaplayer integriert, die Ära des Windows Startsounds beginnt.
 - Laufzeitumgebung für Windows 3.1 um 32-Bit Programme unter dieser 16-Bit Oberfläche nutzbar zu machen (Spiel Freecell).
 - Lernprogramm beim ersten Systemstart nach der Installation.
 - DOS-Treiber ermöglichen nach wie vor den Zugriff auf die Hardware, werden beim Systemstart geladen (DLL-Dateien (Dynamic Link Libraries)), bei Verwendung durch mehrere Programme idealerweise nur einmal in den Speicher geladen.
 - Mit neuen Grafiktreibern erst mals höhere Auflösungen und Farbtiefen größer 256 Farben möglich.
 - TrueType Schriftarten eingeführt. Die Schriftsätze beinhalten keine Pixelgenauen Muster, sondern eine Konturbeschreibung in Vektorgrafik. Hierdurch lassen sich die Schriften relativ frei skalieren.

- Durch geänderte Speicherverwaltung mehr erweiterte Speicher nutzbar, Grenze bis 16 MB überwunden, bis zu 64 MB benutzbar.
- Object Linking & Embedding (OLE) Technologie. Trennung zwischen Daten und Dateien aufgeweicht, Objekte konnten beliebig umherkopiert werden. Beispiele Excel Diagramme in Worddokumente.
- Einführung von Drag & Drop (Verschieben von Objekten mit der Maus) ändert die Arbeitsweise zwischen Programmen und Fenstern beträchtlich.
- Keine Unterstützung mehr von Prozessoren 8088/8086.
- Patch ww0981.exe kostenlos Update zu Windows 3.11.
- Einführung des Certificate of Authenticity „Blatt mit Siegel“.
- Nur wenige Spiele erschienen, wenn Strategiespiele (Simcity (2000), Civilization, SimTower, Monopoly). Die meisten Spiele zu dem Zeitpunkt waren direkt für DOS geschrieben. Jeder hatte DOS, nicht jeder aber Windows, Arbeitsspeicher war knapp, Spiele versuchten den Speicher exklusiv zu nutzen, ohne Windows im Hintergrund.
- Windows 3.1 sehr lange populär, selbst Windows 95 konnte es nicht sofort verdrängen, deswegen wurden lange Zeit noch 16-Bit Programme entwickelt.
- 13 Millionen verkauft
- Rasantes Wachstum des PC-Marktes auch durch die fallenden Preise des harten Wettbewerbs.
- Windows für Pencomputer 1.0
 - Mobilgeräte ähnlich einem heutigem Tablet, nur deutlich schwerer und dicker. Bedienung mit Stiften (Digitizer) der Elektronik enthielt (deswegen der Name). Add-On für Windows 3.1 zusätzlich Treiber der Hardware, ermöglicht die Bedienung.
 - Stift als Mausersatz und Zeichenstift (Notizbuch) schreiben wie auf Papier möglich und durch Texterkennung in andere Programme integrierbar.

1993

- Windows für Workgroups 3.1
 - 16 Bit OS für vernetzte Rechner
 - Preis Vollversion ca. 190 €, Updateversion von normalem Windows 80 €
 - Enthält Netzwerkteil für Peer-zu-Peer-Arbeitsgruppen ohne Dritthersteller mittels Protokoll NetBeui.
 - Datei-Manager mit Adressleiste Anzeige der verbundenen Netzwerkadresse und Schaltfläche für Freigabe und Trennen von Netzwerklaufwerken.
 - Netzwerkfähiger Terminplaner (Schedule+)
 - Chatclient (Telefon)
 - Intranet E-Mailsystem (Mail), ein Client wird zu E-Mail Server.
 - WinPopup bei Windows 3.11
 - Netzwerkspiel (Harts) mit vier echten Teilnehmern.

- Kostenersparnis trotz hoher Kosten für Netzwerke (LAN) selbst (Ethernet, Tokenring), durch Teilen der Ressourcen wie Dateien und Drucker. Übertragungsraten anfangs 10 MB/s.
- Turnschuhnetzwerk entfällt (für die Jüngeren: zu Fuß Disketten zwischen den PCs austauschen).
- WAN noch selten, privat Modem.
- Netze zur drahtlosen Datenkommunikation, die sich nur langsam durchsetzen, WLAN Standard 1996.
- Windows für Workgroups 3.11
 - 32 Bit Dateihandling für Lokal- und Netzwerkdaten, NWLink Treiber für IPX-Protokoll, NDIS 3.0 Netzwerktreiber
 - Admincfg, Programm zur Feineinstellung der Sicherheits- und Freigabeeinstellungen
 - Remote Access Service (RAS) Client
 - Startmöglichkeit ohne Netzwerkfunktion
 - Faxunterstützung
- Windows NT 3.1
 - 32 Bit Betriebssystem für Firmennetzwerke Domänennetzwerke (Client/Server).
 - Komplettes neues Betriebssystem ohne DOS.
 - 386 Prozessor ab 25 MHz (486 oder höher empfohlen), mindestens 12 MB RAM, Festplatte 75 MB frei (läuft auch auf x86 i386er, MIPS Risc und DEC Alpha Prozessor).
 - Ein 3,5-Zoll- oder 5,25-Zoll-HD-Diskettenlaufwerk, Microsoft Windows NT-kompatibles CD-ROM-Laufwerk.
 - Installation mittels Bootdiskette und nicht bootfähiger CD-ROM. (Minimales OS notwendig um OS zu installieren. DOS auf Bootdisketten plus minimale Treiber)
 - Noch gibt es den Begriff Windows NT Workstation nicht, Version ist aber vergleichbar.
 - Preis ca. 470 €
 - OS/2 3 war Grundlage, Abschluss der Bemühungen von MS seit den 80'ern ein fortschrittliches neues OS von Grund auf neu zu entwickeln.
 - Name NT offiziell „New Technologie“ (Gerücht Windows soll auf Intel i860 Prozessor laufen (Risc Prozessor), Microsoft benutzte Emulator „N10“ oder auch „N-Ten“ geschrieben)
 - Grafische Oberfläche von Windows 3.1.
 - Ausstattung wie Windows für Workgroups 3.11 nur mit 32 Bit Programmen.
 - Zusätzlich Systemmonitor, Ereignisanzeige löst Logdateien ab, Eingabeaufforderung für alte DOS Programme.
 - Benutzerverwaltung lokal und/oder zentral auf Server, es kann sich immer nur ein User anmelden und erhält ein eigenes Profil. Andreas als bei den Endkundenversionen hat jetzt jeder User die Möglichkeit eigene Einstellungen an seinem Profil vorzunehmen und Dateien können vor anderen Benutzern „geschützt“ werden was es zu einem für Firmen sinnvollen Betriebssystem macht.
 - Dateirechte durch NTFS möglich, zusätzlich Berechtigungen (Systemzeit ändern) die an einzelne Benutzer oder Benutzergruppen gegeben werden können.

- Bootmanager für Dualboot (DOS/NT)
 - Kann DOS Programme parallel abgeschirmt voneinander ausführen. Stürzt eines ab stürzt nicht das ganze System ab.
 - Mehrschichtarchitektur Programme können nicht mehr direkt auf Hardware zugreifen (Kompatibilitätsprobleme zu alten Programmen die das müssen), war aber Voraussetzung für erhöhte Sicherheit und Stabilität.
 - 32-Bit Registerverbreiterung erlaubte deutliche Erweiterung des Speicherraums, 4 GB RAM davon 2 GB maximal pro Programm.
 - Preemptives Multitasking, zentrale Instanz - der Scheduler - verteilt die Rechenzeit dynamisch auf alle Programme und Threads (Unterabläufe eines Programms),
 - Kooperatives Multitasking (Programme verzichten von sich aus auf Rechenzeit) bei Programmen die für 16-Bit Windows geschrieben wurden. Diese Anwendungen teilen sich eine virtuelle Maschine.
 - Windows NT 3.1 verfügt über mehrere Schichten ,bzw. Kompatibilitätsstufen, um Programme auszuführen:
 - WIN32: Programme direkt für NT geschrieben, Unterschiedliche Architekturen erfordern jeweilige Neuübersetzung (Quelltextkompatibilität).
 - OS/2 1: Reine textbasierte Konsolenprogramme können unter allen Prozessoren binärkompatible ausgeführt werden. Den Versionen für Alpha und MIPS fehlte diese Emulationsschicht.
 - POSIX: Quelltextkompatibilität, die Programme müssen für die jeweilige Architektur neu kompiliert werden.
 - WIN16: Programme für DOS-basierte Windowsversionen laufen in einer gemeinsamen virtuellen DOS Maschine (VDM), diese Funktion wird Windows-on-Windows genannt. auf Intel Plattformen laufen Sie Dank direkter CPU Unterstützung auch mit i386 Befehlen, bei RISC Systemen erfolgt eine reine softwareseitige Emulation, welche nur den 80286-Befehlssatz abdeckt.
 - DOS: Jede DOS Anwendung bekommt eine eigene VDM.
 - Unterstützte Dateisysteme: FAT (DOS), HPFS (OS/2) und neues NTFS.
 - Dateisystem NTFS erlaubte die Verwaltung von 2.000 GB Festplattenspeicher, Dateirechte Vergabe, Dateinamen mit bis zu 255 Zeichen (üblichen 8+3 bei FAT).
 - Netzwerkzugriff auf LAN Manager, Novell Netware, DEC Pathworks, Banyan Vines, Unix und SNA Networks, erstmalig mit dem TCP/IP Protokoll.
 - Entwicklungskosten 150 Millionen US Dollar
- Der Stern der großen Heimcomputermarken wie Commodore, Amiga und Atari begann zu sinken, der IBM PC / IBM PC kompatible PC wurde populär. Firmen und auch immer mehr Privatleute kaufen PCs. In Folge entstanden unzählige Computerketten (Vobis, Highscreen, Schauland).
 - Der typische Computer 4–8 MB Speicher, 486 Prozessor (33–66 MHz), Festplatte 120 MB, CD-ROM Laufwerke selten, als Bigtower.

- Das Onlinezeitalter für „jeden“ ist angebrochen.
- Erste mobile Computer (Schlepptops).
- 80 Prozent aller Computer weltweit nutzen Windows.
- Windows 95
 - 16/32 Bit-Betriebssystem
 - Noch immer DOS unter der Haube (Abwärtskompatibilität gewährleistet)
 - 386DX-Prozessor (empfohlen 486), mindestens 4 MB RAM (empfohlen 8 MB RAM)
 - Preis Vollversion ca. 200 €, Updateversion 100 €
 - Neu Startknopf, Startmenü (ehemals Programm-Manager), Taskleiste und Schaltflächen „Minimieren“, „Maximieren“ und „Schließen“ in jedem Fenster sind neu.
 - Erweiterte Multimediafunktionen, Verknüpfungen sind möglich, Papierkorb, Aktenkoffer für Dateisynchronisation.
 - Integrierte Internetunterstützung, DFÜ-Netzwerk.
 - Plug & Play-Funktionen soll Installieren von Hardware und Software vereinfachen.
 - Windows Explorer, effektiver als der Dateimanager.
 - VFAT lange Dateinamen unter FAT (255 Zeichen inklusive Pfad abwärtskompatibel).
 - Wesentliche Systembestandteile - Dateisystem, Gerätetreiber sind 32Bit Rest 16 Bit.
 - Preemptives 32 Bit Multitasking, Mehrere 32 Bit Programme können parallel laufen
 - Programme Editor, Paint, Rechner, Wordpad, Hyperterminal, Medienwiedergabe und CD-Wiedergabe, Defrag
 - Internet Explorer kommt auf den Markt und ist noch optional.
 - PC-Direkt-Verbindung, zwischen zwei Computer über Nullmodems (serielle/parallele Kabel mit verdrehten Kontakten) über das Netzwerk. Einbahn-Netzwerk nur ein PC kann auf den anderen zugreifen.
 - Installation CD beinhaltet Musik Videos.
 - Installation jetzt in grafischer Umgebung mit Maus, Lizenzschlüssel einfach zu „erzeugen“. Automatische Hardwareerkennung. Hardware Vorauswahl mit Standard, Minimal, Laptop und Benutzerdefiniert.
 - Windows 95 kann als Update installiert und damit auch wieder rückgängig gemacht werden.
 - Windowsstart mit animiertem Bootbildschirm, Leiste unten flackert um anzuzeigen dass Rechner nicht hängt.
 - Neu Abgesicherter Modus.
 - Startsound (3 1/4 Sekunden) stammt von Brian Eno der schon mit U2 oder David Bowie gearbeitet hat, er hat ihn auf einem Mac komponiert.
 - Erfolg von Windows 95 wegen geringere Hardware Anforderung: 386 DX, 4 MB RAM, 50 MB Festplatte.
 - Schnittstellen Probleme am Anfang. USB, AGP
 - Jahr 2000 sicher
 - Windows 95 mit unterschiedlichen Releases A (4.00.951) Service Release 1, Windows 95 B sollte Windows 96 werden wurde aber nur ein überarbeitetes 95.

- 7 Millionen Stück in den ersten fünf Wochen verkauft.
- Größte Werbekampagne bis dato 200 Millionen US Dollar.
- Windows NT 3.5
 - 32 Bit
 - Unterstützte CPU: x86, Alpha, MIPS, Power PC
 - Vereinigung der beiden Linien Windows und Windows NT angestrebt erst mit XP erreicht.
 - Preis Vollversion ca. 260 €, Updateversion 180 €
 - Trennung zwischen Client und Server Edition.
 - Lange Dateinamen unter FAT
 - Verbindung zu NetWare Servern möglich.
 - Sicherheit Benutzersperre nach eingestellter Anzahl von Fehlversuchen bei Passworteingabe, Anmeldung mit STRG+ALT+ENTF (nicht NT Prozesse werden so beendet ausspionieren von PW nicht möglich)
 - Neuimplementierung von TCP/IP , Drucken und RAS über TCP/IP.
 - Unterstützung von OLE 2.x
 - Volle Unterstützung von OpenGL
 - Verhalten von Windows 3.x Programmen geändert, bekommen je eigenen Adressraum.
 - Kommandozeilenprogramme überwiegend mit Unicode ausführbar
 - Anzeigeneigenschaften in der Systemsteuerung
 - NT 3.1 kann aktualisiert werden
 - Multimedia APIs aktualisiert
 - Start in mehreren Phasen, zunächst startet der Bootloader eventuell ein Bootmenü, (älteres Hardwareprofil auswählen), dann erscheint blauer Bildschirm (NT Versionsnummer, Buildstring, evtl. Servicepack, Anzahl der Prozessoren, sowie RAM). Punkte signalisieren die gestarteten Dienste.
- Windows NT 3.51
 - Installation unbeaufsichtigt mittels txt-Antwortendatei möglich.
 - Noch fehlt es an Anwendungen.

1996

- Flugsimulator für Windows
- Windows für Pencomputer 2.0 als Addon Windows 95-Geräten
- Windows NT 4.0
 - 32 Bit
 - Bekommt Oberfläche von Windows 95 inklusive Explorer, Aktenkoffer, Papierkorb, Taskleiste, Startbutton und Netzwerkumgebung
 - Preis Vollversion ca. 310 €, Updateversion 160 €
 - Telefon-API (TAPI) und Unimodem für Faxanwendungen, Exchange (EMail) und Internetexplorer
 - Unterstützung von NetWare 4 (Novell Client)
 - Peer Web-Dienste für Intranet Webserver

- Microsoft Internet Explorer integriert
 - DCOM für verteilte Anwendungen für das Internet
 - Windows Exchange für die Verwaltung von internen und externen E-Mails
 - Direkte Unterstützung von Grafik- und Audioanwendungen
 - Windows NT aktualisieren (winnt32.exe), oder parallel zu bestehenden Windows auf DOS-Basis installieren (winnt.exe).
 - Bootvorgang um VGA Modus (ähnlich dem abgesicherten Modus mit weniger Treibern) erweitert.
 - Rechner nicht nur Runterfahren sondern auch ausschalten erst mit Treiberupdate und SP4 möglich.
 - Plug & Play fehlt noch.
 - Sechs Servicepacks wurden ausgegeben.
 - Primärer und Backup Domaincontroller mit flacher Struktur.
- Vernetzte Rechner setzte sich immer mehr durch.

1999

- Windows 98
 - 16/32 Bit
 - Letzte noch auf MS-DOS basierende Version
 - Preis Vollversion ca. 200 €, Updateversion 100 €
 - Langersehnter Nachfolger von 95, drei Jahre kein neues OS für Endkunden.
 - Einfacherer Internetzugang, höhere Internetintegration (Active Desktop / Internet Channels /...)
 - IE 4.0 jetzt Teil des Betriebssystems damit gewann Microsoft den „Browserkrieg“
 - Webintegration (lokale Navigation wie im Internet, Einfachklicks zum starten)
 - Frontpage Express zum Erstellen einfacher Webseiten.
 - Schnellstartleiste, Favoriten direkt im Startmenü, leistungsfähigere Suchfunktion
 - DVD und AGP Unterstützung
 - Wartungsassistent hilft Windows zu optimieren
 - Dienstprogramm „Dr. Watson“ protokolliert Softwarefehler
 - Taskplaner
 - NetMeeting für Onlinekonferenzen
 - Outlook Express (E-Mail-Programm)
 - Mehr-Monitor Betrieb
 - USB Unterstützung
 - Verkauf mehr über neue Computer als so im Laden.
- Windows 98 SE (Second Edition) bringt nur kleine Erweiterungen
- Standard Bluetooth kommt
- Siegeszug von Windows weil auf Rechner vorinstalliert und bei PC-Kauf mit ausgeliefert wurde.

- Immer mehr Spiele werden für Windows und nicht mehr für DOS produziert.
- Immer mehr Internetcafés für User die keinen Rechner daheim haben.

2000

- Windows 2000
 - 32 Bit
 - Preis Vollversion ca. 370 €, Updateversion 170 €
 - Windows 2000 Professional direkter NT 4.0 Nachfolger mit Kernel Build NT 5.0)
 - Integration von 98 Funktionen.
 - Plug & Play-Hardware wird unterstützt.
 - Client und Server Versionen
 - Aktive Directory, neues Domänenverwaltungssystem in Baumstruktur und damit ernstzunehmende Zentrale Benutzerverwaltung (Rechner, User und erstmals Gruppenrichtlinien GPO).
 - Abgesicherter Modus und Kommandozeilenoptionen zur Fehlerbehebung
 - NTFS5 neue Dateisystemversion mit Möglichkeit der Verschlüsselung und Kontingentangabe
 - Defragmentierungswerkzeug
 - Menüleisten besser konfigurierbar
 - Unterstützung für DVD, Firewire (IEEE 1394) und USB (ab Servicepack 4 auch USB 2.0)
 - Einführung Treibermodell WDM (Windows Driver Modell)
 - ACPI Unterstützung (Unterstützung Softwaregesteuerter Energiesparmodi/-ereignisse)
 - Energiesparmodus "Ruhezustand"
 - Bootfähige CD-ROM
 - Vier Service Packs
 - Zu der Zeit größte kommerzielle Softwareprojekt der Geschichte (2 Milliarden US-Dollar Entwicklungskosten, 2.000 Programmierer)
 - Im ersten Monat rund eine Million Windows 2000 Versionen verkauft
- Windows Me
 - 16/32 Bit
 - Preis Vollversion ca. 210 €, Updateversion von 95 120 € von 98 80 €
 - Letzte extra Version für Endanwender
 - Besser bei Musik, Video und Netzwerke und zuverlässiger als Vorgänger.
 - Neu Systemwiederherstellung
 - DirectX 8.0, Media Player 7.0, Internet Explorer 5.5
 - Windows Movie Maker (Ein einfaches Filmschnittprogramm)
 - Erweiterter Explorer der mit zip-Archiven umgehen kann
 - Erweiterte Hilfefunktionen
 - Kein MS-DOS Modus mehr.

- Grafische Oberfläche von 2000
- Hatte es schwer sich beim Anwender zu etablieren.

2001

- Windows XP
 - 32 Bit (weit verbreitet), 64 Bit (sehr selten da nicht so gut), (Kernel Build NT 5.1)
 - 233-MHz-Mikroprozessor oder höher, Intel Pentium/Celeron-Produktfamilie, AMD K6/Athlon/Duron-Produktfamilie oder kompatibler Prozessor, 64 MB Ram oder mehr, 1,5 GB freier Festplattenspeicher
 - Preis Vollversion Home ca. 250 €, Professional 400 €; Update Home 100€, Professional 250€
 - Windowswelten endlich vereint. Endanwender (Home (kein AD Beitritt möglich), Starter (für Schwellenländer sehr billig aber nur dort zu kaufen), Media Center) und Firmen (Professional (Aktivierung mit Volumenlizenz)).
 - Firmenversion bis letztes Jahr von MS unterstützt, Support musste um Jahre wegen Druck der Firmen verlängert werden.
 - Zu den wichtigen Verbesserungen für mobile Benutzer zählen die Unterstützung für Drahtlosnetzwerke nach 802.1x, Windows Messenger und Remoteunterstützung.
 - Neuen Oberfläche (Luna) grüner Hügel und blauer Himmel, alle Fensterecken sind jetzt abgerundet, Desktop hat default nur noch Papierkorb. Windows XP ist jetzt so richtig Bunt!
 - Firewall
 - CD-Brenner Unterstützung aus dem Explorer heraus (Aber ursprünglich kein CD-Kopieren!!)
 - XP exklusiv Media Player 8
 - Internet Explorer 6
 - Backup Funktionen
 - Schnelle Benutzerumschaltung, (zwischen Benutzerkonten kann gewechselt werden, ohne dass man seine Programme beenden muss).
 - Verbesserte Systemwiederherstellung
 - Remote Zugriff (Fernsteuerung)
 - Installation mittels bootfähiger CD-ROM (Bootdisketten nur noch als Download), weiterhin unbeaufsichtigte Installation mittels txt-Antwortendatei.
 - Reparaturinstallation von CD möglich.
 - Produktaktivierung eingeführt (innerhalb von 30 Tagen bei Microsoft freischalten (Internet oder Telefon) sonst nicht mehr startbar. Firmen mit Volumenlizenz nicht nötig ein Lizenzschlüssel für alle, Probleme mit gestohlenen Schlüsseln.
 - Stabil benutzerfreundlich und schnell. Anfang 20014 laufen noch ca. 1/3 der Rechner mit XP.
 - Im ersten Jahr 67 Millionen Lizenzen verkauft, am Ende mehr Lizenzen als alle Windows Versionen zuvor.

- Von Mitte der 1970er-Jahre bis 2001 wurden weltweit ungefähr 1 Milliarde PCs verkauft.
- Schädlingswellen (“I love you”) machten Virens Scanner immer wichtiger.

2002

- Windows XP Tablet PC Edition, spezielle Version mit Unterstützung für digitalen Stift zur Handschrifterkennung und gleichzeitig können Maus und Tastatur verwendet werden.

2003

- Windows 2003 (Server) (Kernel Build NT 5.2)
 - Ab jetzt gibt es eine extra Server Version.
 - Verschiedene Versionen in 32 und 64 Bit (Standard, Enterprise, Datacenter...)
 - Jede Menge von Serverdienste können damit zur Verfügung gestellt werden (http, SMTP, POP3, DNS, DHCP, Active Directory, Terminal, Dateifreigaben (Quota-Management, File-Screening, Reporting, DFS-Management, SAN-Management), Cluster, Applications, Web, Druck)

2005

- Windows 2003 Service Pack 1
 - Firewall von XP jetzt im Server, verbesserte IPv6 Unterstützung

2006

- Windows Vista (Kernel Build NT 6.0)
 - Als 32 Bit oder 64 Bit Version erhältlich
 - Preis Vollversion Home Basic ca. 260 €, Business 420 €; Ultimate 550 € ...
 - Endanwender Versionen (Home Basic, Home Premium, Starter, Ultimate) und Firmen Versionen (Enterprises, Business).
 - Windows Vista wird öfter als 64 Bit Version als als 32 Bit Version verkauft.
 - Neue Oberfläche Aero bietet 3D Unterstützung; durchsichtige Fenster und Animationen, Menüränder halbdurchsichtig, Programme in der Taskleiste zeigen beim Überfahren mit der Maus eine kleine Vorschau

des Fensters, Flip 3D (in 3D die geöffneten Fenster hintereinander gelegt und können durchblättern werden).

- BitLocker-Laufwerkverschlüsselung bei Ultimate verfügbar
 - Installationssetup komplett grafisch. Bis dato wurden einzelne Dateien bei der Installation auf den Rechner kopiert jetzt wird eine Art Image verwendet und modifiziert, dadurch Installation schneller. Unbeaufsichtigte Installation jetzt mit XML-Dateien statt wie bisher txt-Dateien.
 - Alle Versionen sind auf dem Installationsdatenträger vorhanden, automatisch Auswahl durch Lizenzschlüssel, wird dieser nicht angegeben kann man selbst auswählen und den Schlüssel später nachtragen.
 - Für Firmen zwei Typen von Volumenlizenzschlüsseln: Der Multiple Activation Key (MAK) aktiviert PCs über eine direkte Verbindung mit Microsoft-Servern per Internet oder telefonisch. Mit dem Key Management Service (KMS) (Minium dauerhaft 25 PCs nötig keine VMS die aktiv sind, sonst arbeitet KMS nicht, es werden keine Lizenzen gezählt, Rechner muss min alle 180 Tage Kontakt haben).
 - Lizenz regelmäßig über Windows Genuine Advantage (WGA) geprüft. Schlägt die Prüfung fehl, Funktionseinschränkung von Windows.
- Windows Server 2003 R2

2008

- Windows 2008 (Server) (Kernel Build NT 6.0)
 - Verschiedene Versionen in 32 und 64 Bit (Standard, Enterprise, Datacenter...)
 - Neu Hyper-V, Windows Portable Devices, Microsoft Point of Service für .NET, RemoteApp (Bereitstellung eines Programmes als Terminalsitzung), BitLocker, Network Access Protection ...
 - Power Shell (mehr Möglichkeiten zum Skripten als cmd, aber abwärtskompatible dazu)
 - Server Core Version ohne grafische Oberfläche um weniger Angriffsfläche zu bieten.

2009

- Windows 7 (Kernel Build NT 6.1)
 - Als 32 Bit oder 64 Bit Version erhältlich
 - 1 GHz oder schnellerer Prozessor, 32-Bit (x86) oder 64-Bit (x64), 1 GB RAM (32-Bit) / 2 GB RAM (64-Bit), 16 GB (32-Bit) / 20 GB (64-Bit) freien Festplattenplatz.
 - Preis Vollversion Home Premium ca. 120 €, Professional 290 €; Ultimate 3000 € ...
 - Endanwender Versionen (Home Basic, Home Premium, Starter, Ultimate) und Firmen Versionen (Professional, Enterprises).

- Neue Taskleiste Superbar, Sidebar fehlt. Minianwendungen frei auf dem Desktop platzierbar.
- Superbar ist höher, Datum neben der Uhr jetzt für alle sichtbar, laufenden Programme und Schnellstartikons. Hintergrund dieser gesamten Änderungen sind auch die neuen Eingabemöglichkeiten per Multitouch (größer gleich besser zu treffen). Symbole lassen sich dauerhaft verankern, bei mehreren Instanzen eines Programms wird nur ein Symbol angezeigt, beim drüberfahren mit der Maus Vorschauen und Möglichkeit Programm zu schließen. Altes Verhalten aktivierbar.
- Favoriten (Verknüpfungen zu Orten auf der Festplatte)
- Bibliotheken sind eine rein virtuelle Ordnerstruktur, beliebigen Ordner können einhängen werden.
- Benutzerkontensteuerung (UAC User Account Control), selbst der Admin ist nur User und wird gefragt ob er das wirklich will. Nervig aber sicherer.
- DirectX 11 Unterstützung
- Installation wie bei Vista nur jetzt je Version einen Datenträger.
- Zwei Jahre nötig ehe Windows 7 größeren Marktanteil als Windows XP
- Windows 7 wurde für die Mobile Welt entwickelt und kommt mit Touch gut klar.
- Windows 7 deutlich beliebter als Windows Vista.
- Windows Server 2008 R2
 - Basiert auf Windows 7 und nicht wie Vorgänger auf Windows Vista
 - Verschiedene Versionen in 32 und 64 Bit (Standard, Enterprise, Datacenter...)

2012

- Windows 8 (Kernel Build 6.2)
 - Als 32 Bit oder 64 Bit Version erhältlich
 - 1 Gigahertz (GHz) Prozessor oder schneller, 1 GB RAM (32-Bit) oder 2 GB (64-Bit), 16 GB (32-Bit) oder 20 GB (64 Bit) Plattenplatz.
 - Vollversion ca. 120 €
 - Versionen Windows 8, Professional, Enterprise, RT.
 - Neue Oberfläche/Konzept Metro, vereinfachen und Blick aufs Wesentliche. Startscreen immer im Vollbildmodus. Menüs werden bis zu Ihrer Aufforderung versteckt, Aufruf durch Gesten, optimiert für Touchgeräte. Startcenter beinhaltet zwei Arten von Kacheln. Metro Kacheln (teilweise animiert und Informationen bei Bedarf aktualisieren). Kacheln normale Windows Anwendungen. Tippen bringt Programmvorschläge.
 - Metroapps verhalten sich anders als normale Programme, laufen im Vollbild und müssen durch ziehen nach unten geschlossen werden.
 - Charmsbar am rechten Rand des Bildschirms.
 - Anmeldung am Rechner mit Gesten möglich.
 - Virtualisierung Hyper-V enthalten.
 - Microsoft Store und Microsoft forciert seinen "Microsoft Account".
 - Die Geister scheiden sich zwischen toll und mag ich gar nicht.

- Windows RT (RunTime), nur mit speziellen Tablets ausgeliefert, hatte Einschränkungen und setzte sich nicht durch.
- Windows Server 2012 (Kernel Build 6.2)
- Oberfläche von Windows 8
- Verschiedene Versionen in 32 und 64 Bit (Standard, Datacenter...)

2013

- Windows 8.1 (Kernel Build 6.3)
 - Start Button kehrt zurück, etliche Mängel werden entfernt.
- Windows Server 2012 R2
 - Verschiedene Versionen in 32 und 64 Bit (Standard, Datacenter...)

2014

- Windows Phone 8 Betriebssystem für Handys hier macht Windows 8 „sinn“.

2015

- Windows 10 (Kernel Build 6.4 bzw. 10)
 - Startmenü kehrt zurück.
 - Systemsteuerung wird teilweise in Apps verlagert
 - Neu Cortana (Sprachassistent), Spartan (neuer schneller IE), Windows Hello (Anmeldung Iris-, Finger-Scan, Gesichtserkennung), Windows Passport (Anmeldedaten am PC für „alle“ anderen Dienste im Netz), Continuum (Virtuelle Desktops)
 - Erscheinungstermin Sommer