

1. Einführung

1.1 Eigenschaften eines Mainframes

1.1.1 Was ist Enterprise Computing ?

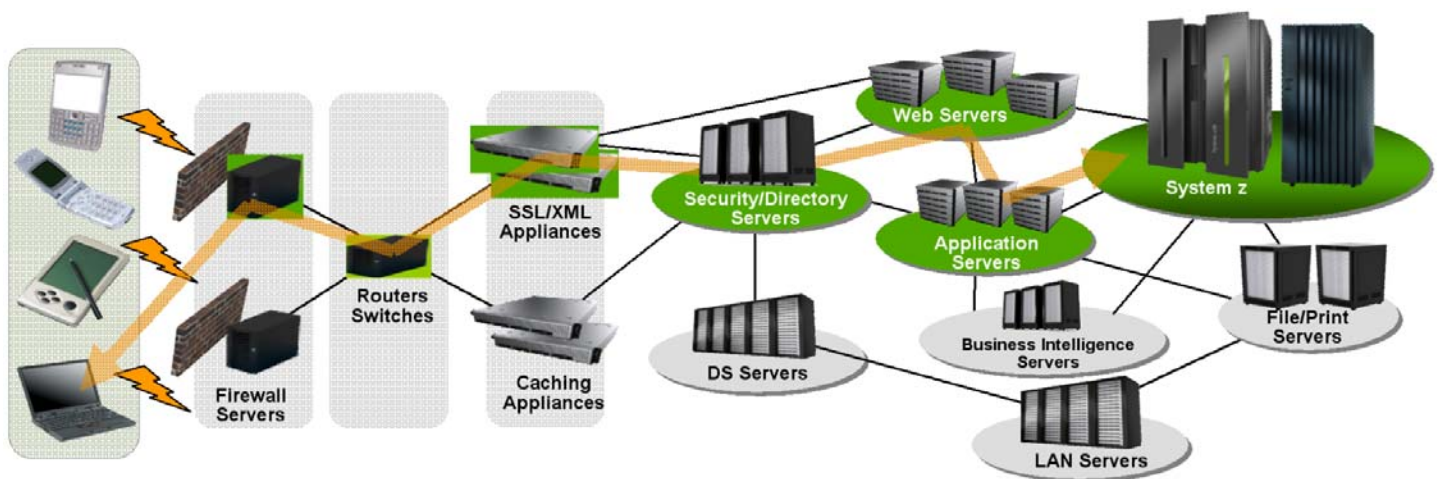


Abb. 1.1.1
IT Infrastruktur eines großen Unternehmens

Große Wirtschaftsunternehmen (Beispiele VW, Daimler, Deutsche Bank, Allianz, Bausparkasse Wüstenrot) und große staatliche Organisationen (Beispiele Rentenversicherung, Oberfinanzdirektion) benötigen eine umfangreiche IT-Infrastruktur für ihren täglichen Betrieb. Diese Infrastruktur besteht aus bis zu mehreren 100 000 Klienten, zahlreichen Abteilungsservern, einer Netz Infrastruktur und einem (oder mehreren) zentralen Mainframe Rechnern.

Bei den Tausenden, Zehntausenden oder Hundertausenden von Klienten handelt es sich um Bildschirm-Arbeitsplätze, Tablets, Mobiltelefone, Registrierkassen, Geldausgabeautomaten, Kreditkarten Terminals, Industrieelektronik und anderen Geräten. Die dezentralen Abteilungsserver benutzen Betriebssysteme wie Windows, Linux, Mac OS, AIX, HP-UX, Solaris und andere. Häufig sind alle Hersteller und alle Betriebssysteme vertreten, die derzeit auf dem Markt verfügbar sind oder in der Vergangenheit verfügbar waren. Dazu kommen die verschiedenen Kommunikationsnetze, (Lokal Area Netzwerke, häufig Ethernet, Internet sowie drahtlose Netze) mit den entsprechenden Routern, Switchen, Controllern usw. Schließlich existiert ein zentrales Rechenzentrum, welches u.a. für die Speicherung und Konsistenz unternehmenskritischer Daten zuständig ist.

Es besteht ein deutlicher Trend, die dezentralen Abteilungsserver zu zentralisieren, und viele kleine Server durch wenige große Server zu ersetzen.

Als zentraler Rechenzentrumsserver wird bei großen Unternehmen und staatlichen Organisationen fast immer ein „Mainframe“ eingesetzt.

Das Zusammenspiel all dieser Elemente wird als Enterprise Computing bezeichnet. Wegen seiner Größe erfordert Enterprise Computing spezielle Einrichtungen.

1.1.2 Was ist ein Mainframe ?

Ein Mainframe ist der zentrale Server in großen Wirtschaftsunternehmen und staatlichen Organisationen. Von den 200 größten deutschen Unternehmen setzen 95 % einen Mainframe als ihren zentralen Server ein.

Mainframes werden (fast) ausschließlich von IBM hergestellt. Sie verwenden die **System z** Hardware und Architektur. In den allermeisten Fällen läuft auf einem Mainframe das **z/OS** Betriebssystem (andere Bezeichnungen OS/390, MVS). Neben z/OS gewinnt zLinux (Linux für Mainframes) an Bedeutung.

Rechner für maximale Rechenleistung werden als Supercomputer bezeichnet. Bei Mainframes spielen andere Faktoren als die reine Rechenleistung eine dominierende Rolle:

- Ein/Ausgabeleistung
- Leistungsverhalten bei Transaktions- und Datenbankanwendungen.
- Zuverlässigkeit/Verfügbarkeit
- Sicherheit

Neben IBM stellt Fujitsu/Siemens Hardware-kompatible Mainframes her, auf denen neben z/OS das hauseigene BS2000 Betriebssystem läuft. Inkompatible Großrechner von Unternehmen wie Bull und Unisys sowie Unix Großrechner von Hewlett Packard (HP) und Oracle/Sun können (mit Abstrichen) ähnliche Aufgaben wie Mainframes übernehmen.

Heutige Technologie ermöglicht es, eine bestimmte Hardware Architektur auf einer anderen Plattform zu emulieren, z.B. die System z Architektur auf einem x86 (Intel, AMD) Rechner.

Das IBM System z Personal Development Tool (zPDT) besteht aus einem Dongle (USB Stick). Dieser kann mit einem regulären x86 (Intel, AMD) Rechner betrieben werden. Hiermit ist es möglich, z/OS auf einem x86-Rechner laufen zu lassen, allerdings mit stark verringerter Leistung. Siehe <http://www.redbooks.ibm.com/redbooks/pdfs/sg247721.pdf> .

Ähnliches leistet der Public Domain Hercules Emulator, der aber von IBM (im Gegensatz zu zPDT) nicht unterstützt wird. Siehe <http://www.conmicro.cx/hercules/> .

Die Fujitsu Siemens SX Serie Systeme emulieren auf SPARC oder Intel Prozessoren das hauseigene BS2000 Betriebssystem.

1.1.3 Terminologie

IBM bezeichnet seine Hardware als System z, zSeries oder S/390 und das am meisten eingesetzte Betriebssystem als z/OS oder OS/390. Die früheren Rechner wurden als S/360 und S/370 bezeichnet, die Betriebssysteme als OS/360, OS/370 und MVS. Das heutige z/OS Betriebssystem wird immer noch häufig als MVS bezeichnet.

System z und z/OS weisen gegenüber S/390 und OS/390 eine zusätzliche 64 Bit-Unterstützung und andere Erweiterungen (z.B. Kryptografie) auf.

IBM garantiert, dass alle seit 1965 entwickelte S/360 Software unmodifiziert und ohne Recompilation auf den heutigen System z Rechnern läuft !!!

x86 ist die Abkürzung für eine Mikroprozessor-Architektur und der damit verbundenen Befehlssätze, welche unter anderem von den Chip-Herstellern Intel und AMD entwickelt werden. Wir benutzen den Begriff sowohl für die 32 Bit als auch für die 64 Bit Version.

1.1.4 Der Dinosaurier Mythos

Über viele Jahre (Jahrzehnte) wurden Mainframes als technologisch veraltete Dinosaurier betrachtet, die vermutlich bald von der Bildfläche verschwinden würden. In Wirklichkeit ist genau das Gegenteil der Fall.

The Death of the Mainframe

A fairly well accepted notion in computing is that the mainframe is going the way of the dinosaur.

Forbes, March 20, 1989

The mainframe computer is rapidly being turned into a technological Dinosaur...

New York Times, April 4, 1989

On March 15, 1996, an InfoWorld Reader will unplug the last mainframe.

Stewart Alsop, InfoWorld 1991

...the mainframe seems to be hurtling toward extinction.

New York Times, Feb. 9, 1993

Its the end of the end for the mainframes

George Colony, Forrester Research,
Business Week, Jan. 10, 1994

Abb. 1.1.2

Diese Liste reproduziert Aussagen von „IT Experten“



Abb. 1.1.3
The Hype

Die Anzeige in Abb. 1.1.3 wurde auf der CEBIT, Hannover, vom 13. bis 20. März 2002 gezeigt. Sie stellte den Sun Fire 15K Server als den "schnellsten kommerziellen Computer" dar.

Das Bild zeigt eine alte kranke Frau vor einem durch einen Ölteppich verschmutzten Strand.

Dies ist eine hervorragende Anzeige, welche die Botschaft auf eine sehr kraftvolle Art Weise herüberbringt. Leider war die Botschaft falsch.

Unternehmen, denen der Rechner verkauft wurde, erlebten anschließend in eine böse Überraschung. Der Sun Fire Linie von Systemen hatte viele Zuverlässigkeits- und Verfügbarkeitsprobleme, von denen einige auf den fehlenden Error Correction Code (ECC) im L1 und L2-Cache zurückzuführen waren. Die Reputation litt und Marktanteile gingen verloren. Sun Microsystems brauchte viele Jahre, um sich von dem Rückschlag zu erholen.

Peter Baston: "Unsafe At Any Speed?"

<http://www.sparcproductdirectory.com/artic-2002-jan-pb.html> oder als Mirror
<http://www.cedix.de/VorlesMirror/Band1/UnsafeAtAnySpeed.pdf>

1.1.5 Die Wirklichkeit

Nach wie vor werden zwischen 70 und 90 Prozent des weltweiten Datenbestands von Mainframe-Installationen verwaltet.

Abb. 1.1.4
Computerwoche 9/2006, 3. März 2006, S. 26

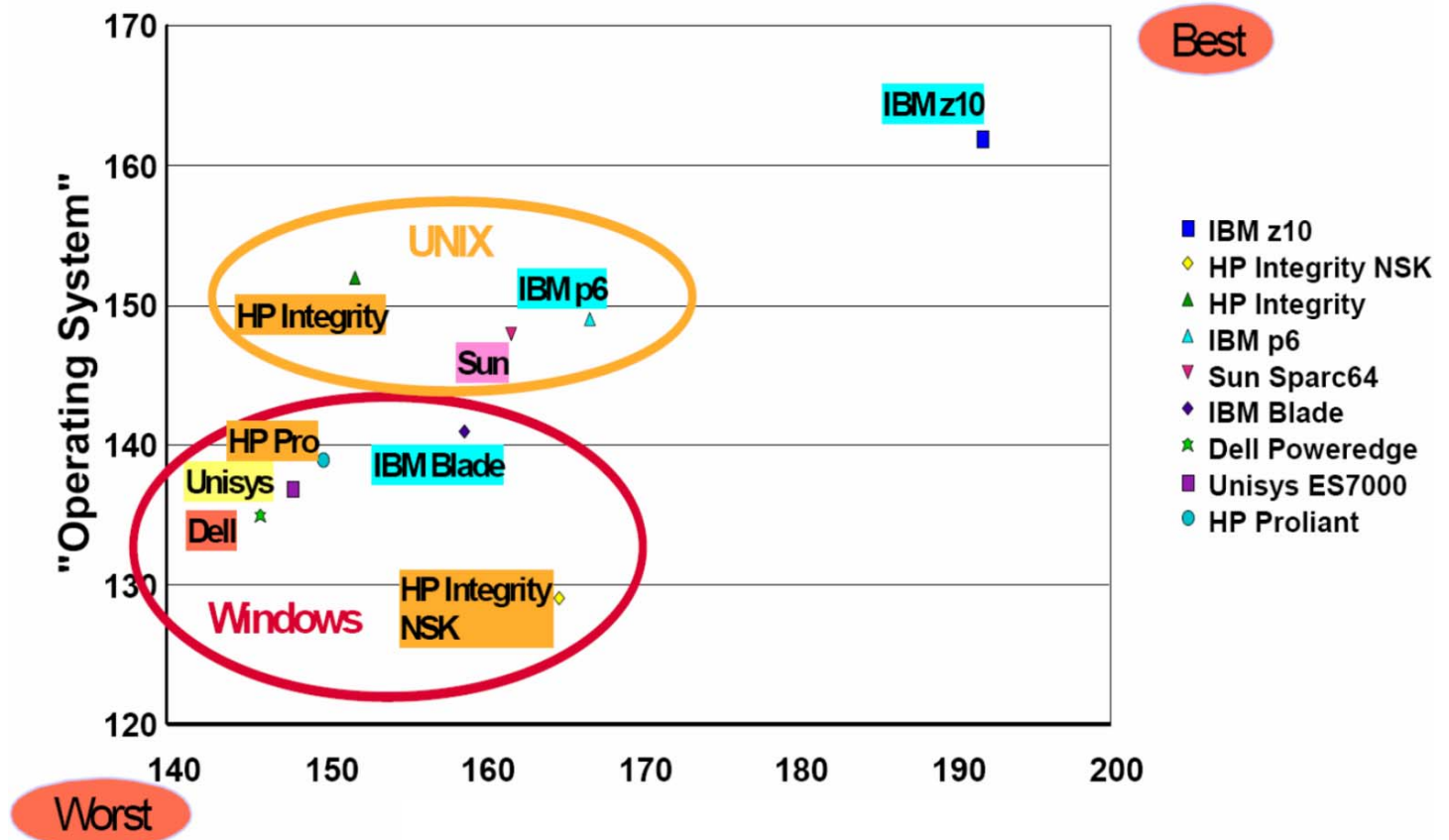


Abb. 1.1.5
Gartner, Server Scorecard Evaluation Model Version 5, 4Q08

Gartner Research definiert als „Commercial large Systems“ Rechner mit einem Listenpreis von mehr als \$ 250 000.

Für viele Jahre hat Gartner einen Jahresbericht (Server Scorecard Auswertung Model) publiziert, welcher die Merkmale von großen Systemen evaluiert. Mainframes waren immer Nr. 1, sowohl in der Gesamtwertung als auch in nahezu allen individuellen Merkmalen.

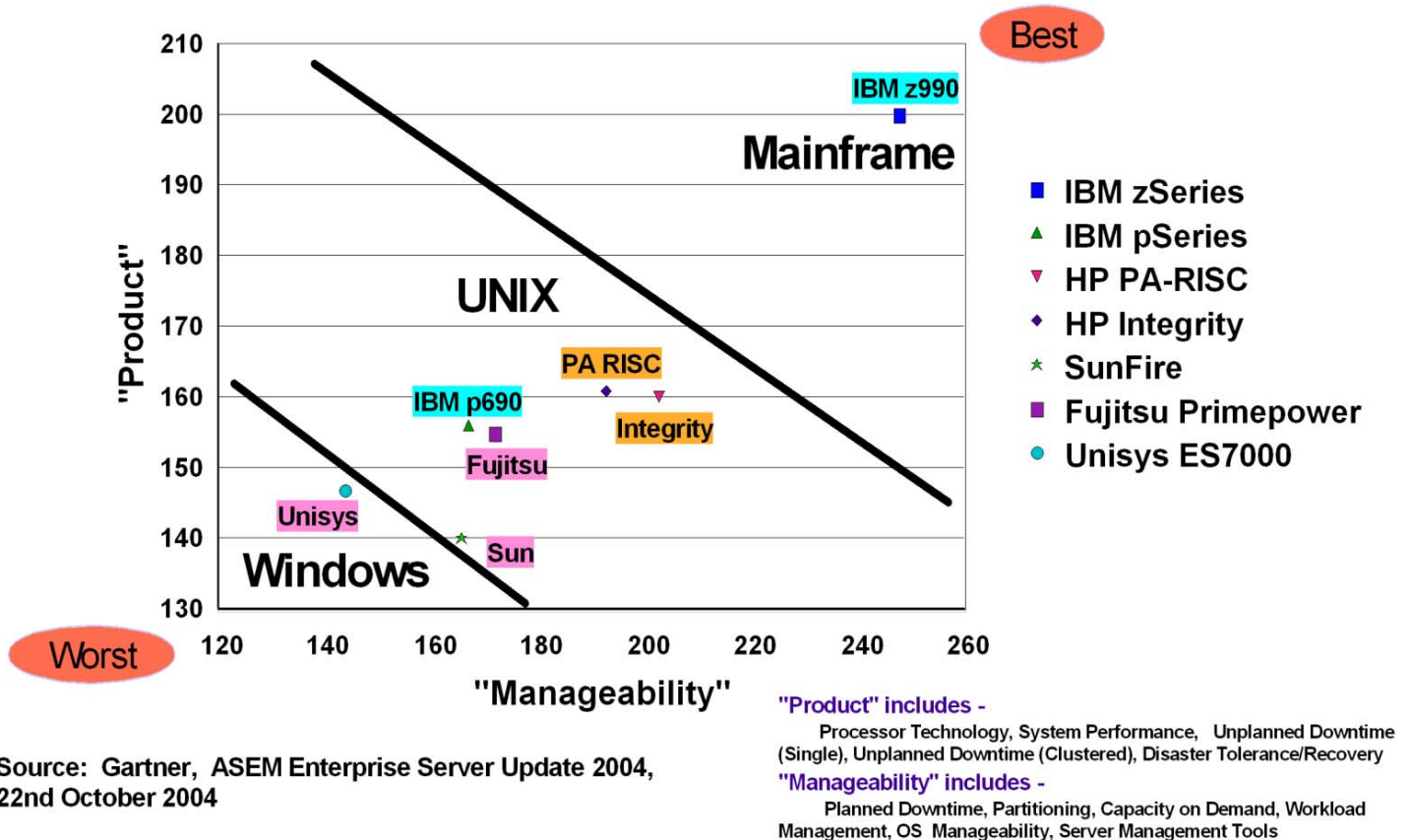


Abb. 1.1.6
Gartner, Server Model, 4Q04

Wie man sieht, hat sich in den vorhergehenden 4 Jahren nicht viel verändert.

Einer der wichtigsten Gründe ist Spitzentechnologie. Mainframes bieten viele Software- und Hardware-Eigenschaften, die auf anderen Server-Plattformen nicht verfügbar sind. Auf der anderen Seite kennen wir keine Unix- oder Windows-Server-Eigenschaften, die nicht auch auf Mainframes verfügbar sind.

1.1.6 Technologische Führungsposition

Nach wie vor werden Mainframes häufig mit veralteter Technologie assoziiert.

Überraschenderweise ist genau das Gegenteil der Fall. Mainframes verfügen über viele Hardware, Software und System Integrations-Eigenschaften, die entweder gar nicht, oder nur in rudimentärer Form, auf anderen Großrechnern verfügbar sind.

Der Bericht "System z and z/OS unique Characteristics" *) erläutert 40 führende technologische Hardware- und Software-Eigenschaften, die nur auf Mainframes zu finden sind. Im Gegensatz dazu sind keine führenden technologischen Eigenschaften auf anderen Großrechnern bekannt, die nicht auch auf Mainframes zu finden sind.

Gartner Research ist das weltweit führende Marktforschungsunternehmen auf dem Gebiet Informatik. Seit den 90er Jahren veröffentlicht Gartner einen Bericht, in dem die wichtigsten Großrechner für den betriebswirtschaftlichen Einsatz miteinander verglichen werden. Hierbei werden sehr viele Einzelbewertungen zu einer Gesamtbewertung zusammengefasst.

Seitdem diese Untersuchungen veröffentlicht werden, nehmen Mainframes immer die Nr. 1 Position ein. Dies gilt nicht nur für die Gesamtbewertung, sondern in nahezu allen Fällen auch für Einzelbewertungen.

Mit der wichtigste Grund hierfür ist, dass Mainframes über viele führenden technologische Eigenschaften verfügen, die auf anderen Plattformen nicht verfügbar sind. Dies war in den letzten Jahrzehnten so, ist auch heute der Fall und wird voraussichtlich auch in Zukunft so bleiben.

Der Bericht "System z and z/OS unique Characteristics" *) erläutert 40 führende technologische Hardware- und Software-Eigenschaften, die nur auf Mainframes zu finden sind. Im Gegensatz dazu sind keine führenden technologischen Eigenschaften auf anderen Großrechnern bekannt, die nicht auch auf Mainframes zu finden sind.

*) Wilhelm G. Spruth: System z and z/OS unique Characteristics.
Universität Tübingen, Wilhelm Schickard Institut für Informatik
Technical Report WSI-2010-03, ISSN 0946-3852, April 2010, download at
<http://www.cedix.de/Publication/Mirror/report.pdf>

Dies sind einige Beispiele aus dem Bericht „System z and z/OS unique Characteristics“ :

- Architektur, z.B. Hardware Protection verhindert Buffer overflows
- Hardware-Technologie, z.B. MLC Multi-Chip Module
- Ein-/Ausgabe-Architektur (siehe Veröffentlichung)
- Clustering, Sysplex
- Skalierung mit Hilfe der Coupling Facility (siehe Veröffentlichung)
- Stapelverarbeitung (Job Entry Subsystem)
- Partitionierung und PR/SM LPAR Mode (siehe Veröffentlichung)
- Hipersockets (z/OS – zLinux Integration)
- Goal-orientierter Workload Manager (siehe Veröffentlichung)
- CICS Transaction Server
- WebSphere Web Application Server und MQSeries
- Persistent Reusable Java Virtual Machine (siehe Veröffentlichung)

Veröffentlichungen siehe www.cedix.de/Publication/publish.html

1.1.7 Verfügbarkeit Classes of 9s

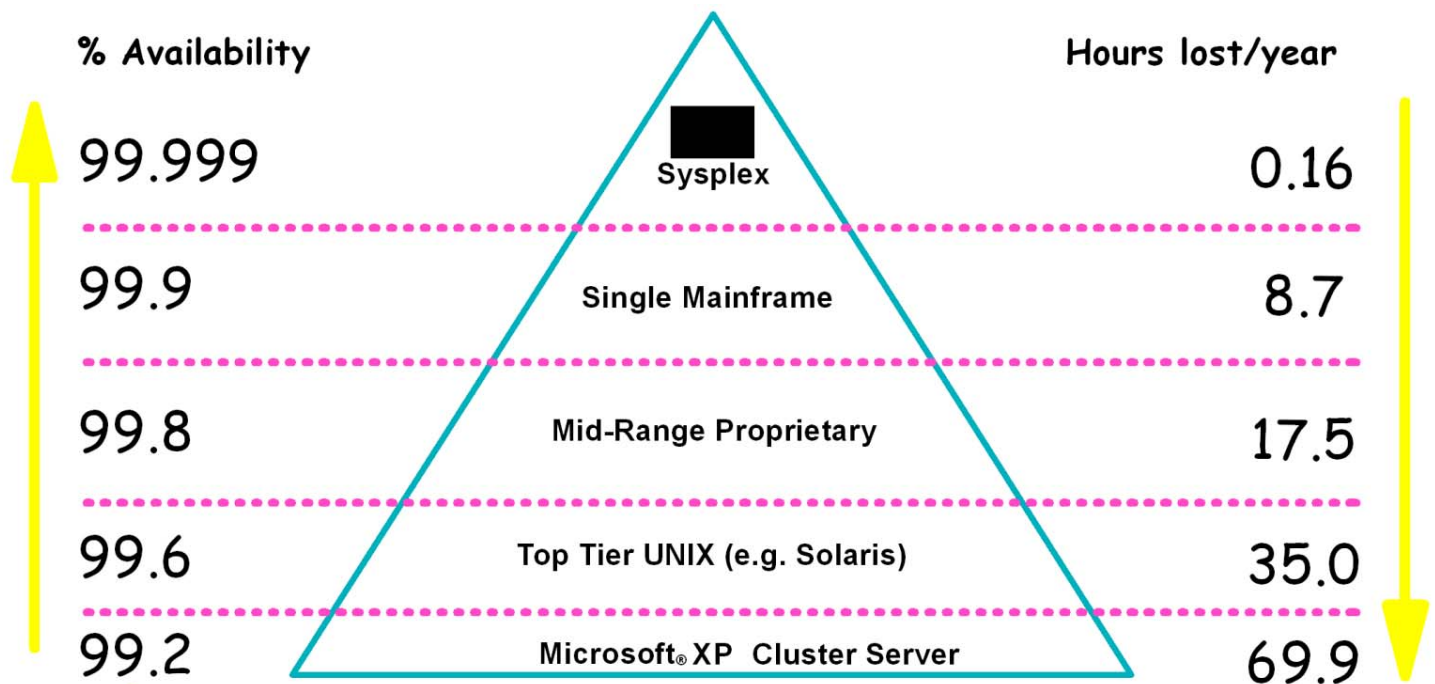


Abb. 1.1.7
Die Verfügbarkeitspyramide

Verfügbarkeit bedeutet, wenn ich auf den Rechner zugreifen will, ist er da. 99,999 % Verfügbarkeit bedeutet, der Rechner ist pro Jahr bis auf 0,16 Stunden, oder etwa 10 Minuten, erreichbar. Dies wird mit einer Sysplex Konfiguration erreicht. Näheres hierzu später.

amazon.com

\$4000/minute



\$16,667/minute

Wall Street On-line Brokerage



\$108,000/minute



\$1M/minute

Source: SmartPartner Mag Sep18, 2000
CIO FedEx

Abb. 1.1.8
Kosten eines Rechner Ausfalls

Die Darstellung in Abb. 1.1.7 stammt aus einem Bericht der Firma Federal Express, dem größten Paketzustellungsunternehmen in den USA. Dies ist die Botschaft: Eine Minute Rechnerausfall kostet die Firma Amazon 4000 \$. Bei Federal Express sind es 1 Million \$ pro Minute.

Stellen Sie sich ein Logistik Zentrum von Federal Express vor. Mittels des voll automatischen Hochregal Lagers werden Lastwagen im 3 Minuten Takt be/entladen und abgefertigt. Fällt der zentrale Rechner aus, bilden sich in Bruchteilen einer Stunde kilometerlange Staus auf den Zufahrtstraßen und Autobahnen. Luftfracht-Anschlüsse werden verpasst und die Flugzeuge fliegen ohne Ladung.

Beispiel Toll Collect

Für das LKW Maut System der Bundesrepublik (Toll Collect) hat der Staat mit der Betreibergesellschaft eine Konventionalstrafe von 30 Mill. Euro für jede 60 Minuten Ausfallzeit vereinbart.

And in an independent survey of 520 CIOs interviewed on behalf of vendor Compuware, 71 percent were worried about a skills shortage and 80 percent said **mainframe outages were a major business risk**. It put the cost of a mainframe application outage at \$13,931 per minute.

Abb. 1.18
Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit sind kritische Mainframe Eigenschaften

<http://www.itbusinessedge.com/cm/blogs/hall/ibm-works-to-cultivate-mainframe-talent/?cs=49295>
28.12.2011

Unternehmen und staatliche Organisationen sind bereit, sehr viel Geld für eine maximale Verfügbarkeit zu bezahlen.

1.1.8 Fehlerursachen

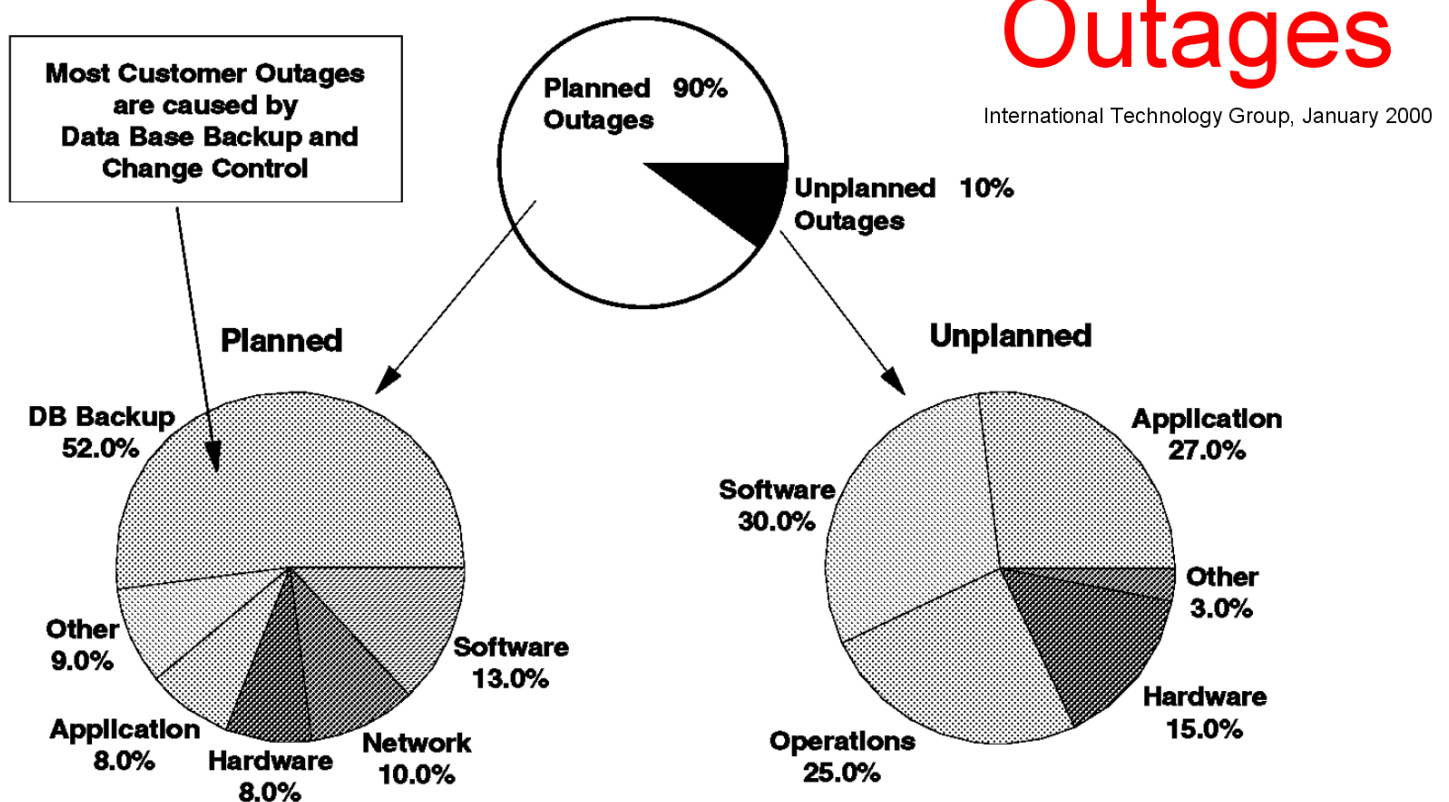


Abb. 1.1.10
Outage Ursachen

Als Outage (Non-availability, Nicht-Verfügbarkeit) bezeichnet man die Zeit, in der ein System für den Endbenutzer nicht verfügbar ist.

<http://www.cedix.de/VorlesMirror/Band1/Outage.pdf>

Outages können geplant oder ungeplant auftreten. Beispiele für geplante Outages sind:

- Datenbank Backup
- Datenbank Reorganisation
- Release Wechsel, (z. B. Datenbank Versions-Upgrade)
- Hardware Erweiterung oder -Rekonfiguration
- Netzwerk Rekonfiguration

Datenbank Backups (und Reorganisation) können den größten Beitrag zur Non-Availability von Mainframe Systemen leisten.

Beispiele für ungeplante Outages sind:

- Permanente Hardware Fehler
- Permanente Software Fehler
- Datenprobleme (z.B. festgestellte Inkonsistenzen).

Von den erwähnten 10 Minuten/Jahr Outage einer großen Mainframe Installation sind nur etwa 10 % (oder 1 Minute) nicht geplant. Dies ist ein statistischer Durchschnittswert; in der Praxis tritt eine unvorhergesehenes Aussetzen während der Lebensdauer des Systems nie auf.

Die restlichen 90 % (oder 9 Minuten) bedeuten, dass ein Datenbank Backup, eine Datenbank Reorganisation, ein Release Wechsel, eine Hardware Erweiterung oder –Rekonfiguration oder eine Netzwerk Rekonfiguration in den allermeisten Fällen während des laufenden Betriebs und unbemerkt für alle Benutzer erfolgen.

1.1.9 Wartung

Ein Mainframe verfügt über umfangreiche interne Diagnose und Selbst-Heilungseigenschaften. Die allermeisten Fehler repariert ein Mainframe von alleine.

Wird beispielsweise bei einer internen Datenübertragung ein Paritätsfehler entdeckt, veranlasst das System automatisch eine erneute Übertragung, in der Hoffnung, dass der Fehler nicht mehr auftaucht (automatic retry). In der Praxis stellt sich heraus, dass die allermeisten Hardware Fehler sog. transient errors sind, also bei einer Wiederholung nicht mehr auftreten.

Die meisten Register und Cache Speicher verwenden eine automatische Hamming Code Fehlerkorrektur. Die Hauptspeicher SIMMs verwenden neben der Hamming Code Fehlerkorrektur ein RAIM 5 Verfahren, ähnlich dem Plattenspeicher RAID 5 oder RAID 6. Es wird geschätzt, dass 30 – 40 % aller Schaltkreise auf einem CPU Chip der Fehlerdiagnose und automatische Fehlerkorrektur dienen.

Über alle transienten Fehler wird Buch geführt. Der Rechner ist über das Internet permanent mit einem IBM Diagnose Zentrum verbunden. Für die allermeisten Mainframe Rechner existiert ein Wartungsvertrag mit der IBM. Wenn die Anzahl der transienten Fehler einen Schwellwert überschreitet, wird ein Alarm ausgelöst. Als Folge kann es sein, dass ein IBM Außendiensttechniker unangemeldet auftaucht, um ein Problem zu beseitigen, von dem der Betreiber des Mainframes nicht weiß, dass es überhaupt existiert.

1.1.10 Die kommende Revolution

Im Juli 2010 kündigte IBM die z196 Mainframe Modellreihe unter dem Namen zEnterprise an. Hierzu gehören die „zEnterprise BladeCenter Extension (zBX)“ und der „zEnterprise Unified Resource Manager (zManager)“.

Damit sind weitgreifende Änderungen in der Enterprise Computing Landschaft zu erwarten. Näheres hierzu in Band 2, Abschnitt 14.3 .

1.2 Total Cost of Ownership

1.2.1 Der zentrale Unternehmensserver

Sun Fire E25K Server

The new flagship of the industry.

Get It From \$1.023.047,00 (US)

» Upgrade now and get over 5x performance gains within the same chassis.

A large, blue, rack-mounted server unit with multiple horizontal slots and the Sun Microsystems logo on the front. The server is shown from a three-quarter perspective, highlighting its depth and the multiple bays available for components.

<http://www.serverwatch.com/news/article.php/1400741>

Abb. 1.2.1

Betriebswirtschaftliche Großrechner benötigen Funktionen, die Geld kosten.

Betriebswirtschaftliche Großrechner werden von Unternehmen wie Hewlett Packard (HP), Sun (Tochtergesellschaft von Oracle) und IBM hergestellt. IBM vertreibt neben den Mainframes noch die System p Linie (auch als „Power“ bezeichnet) mit dem AIX Betriebssystem.

Derartige Großrechner haben bis zu 256 CPU Cores, und Hauptspeicher Größen im Terabyte Bereich. Mainframes ausgenommen, benutzen sie in der Regel die gleichen Komponenten, die auch für individuelle Workstations mit einem Verkaufspreis von wenigen 1 000 \$ eingesetzt werden. Als Großrechner enthalten sie aber viele zusätzliche Einrichtungen, die den Preis in die Höhe treiben.

Gezeigt ist ein Großrechner der Firma Sun. Das Unternehmen verkündet stolz, dass der Preis für eine Minimalversion nur wenig mehr als 1 Million \$ beträgt. Voll ausgerüstete Systeme können auch 10 Millionen \$ oder mehr kosten.

<http://www.serverwatch.com/news/article.php/1400741> oder als Mirror
<http://www.cedix.de/VorlesMirror/Band1/SunFire15ka.pdf>

1.2.2 Total Cost of Ownership

Der Begriff “Total Cost of Ownership” (TCO) wurde in den 90er Jahren von der Firma Gartner generiert. Gartner stellte die Frage: Wenn ich einen Arbeitsplatz, der bisher keinen Computer hatte, mit einem PC ausstatte, was sind die Gesamtkosten.

Gartners Rechnung sah ganz grob so aus: 1 000 \$ für die PC Hardware, 1 000 \$ für Software Lizenzen, und weitere 8 000 \$ für die Administration. Nachdem dieses Ergebnis ursprünglich angezweifelt wurde, wurde es in den Folgejahren mehr oder weniger akzeptiert. Seitdem ist TCO eine akzeptierte Messgröße in den Budget Diskussionen der Unternehmen.

Was fällt unter den Begriff Administration ? Dazu gehört die Existenz eines Support Centers, welches ein Mitarbeiter anrufen kann, wenn er ein Problem hat. Eine Faustformel besagt, dass ein Mitarbeiter im Support Center zwischen 30 und 150 PC Arbeitsplätze betreuen kann. Das Support Center deckt einen weiten Bereich unterschiedlicher Aufgaben ab, zum Beispiel Einspielen von Security Patches, Upgrades, Analyse und Beseitigung von Hardware- oder Software Problemen, Passwortverwaltung, Firewall Updates, Beseitigung von Netzwerkproblemen

Ein signifikanter Anteil der TCO wird durch das folgende Szenario beschreiben: „Hallo Fritz, kannst Du mal rüberkommen, ich habe ein Problem mit meinem PC“. Als Folge sind Fritz und sein Kollege 2 Stunden damit beschäftigt, irgend etwas auf dem PC umzustrukturieren.

Das Unternehmen interessieren vor allem die Kosten, die dadurch entstehen, dass 2 + 2 Stunden produktive Arbeit nicht geleistet werden.

1.2.3 Betriebskosten Vergleich Mainframe versus Unix

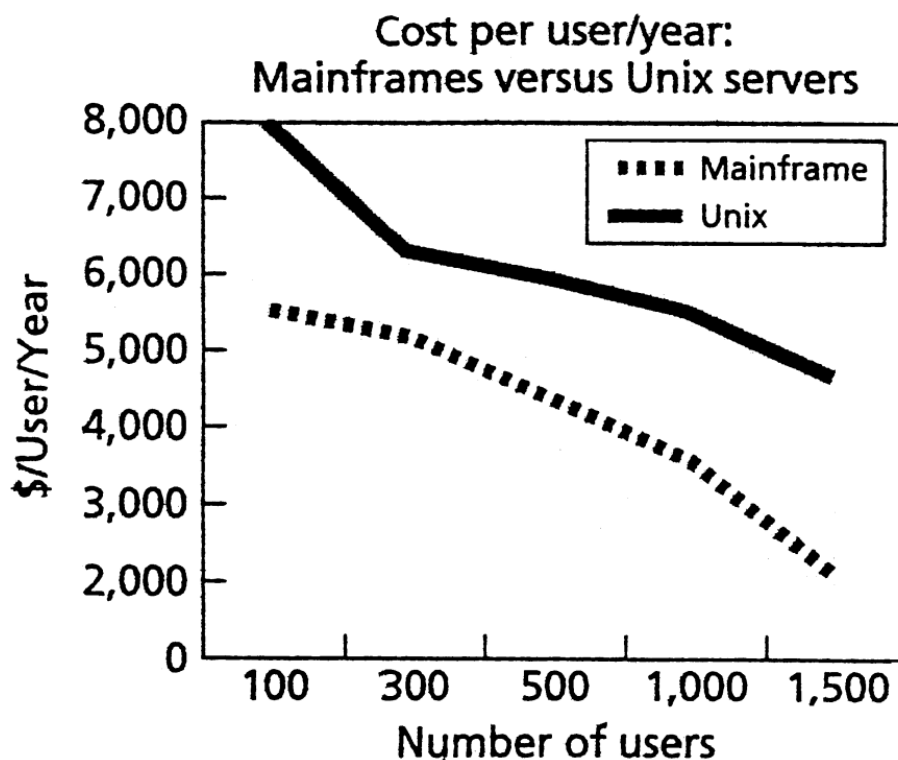


Abb. 1.2.2

Die TCO sinkt mit der Anzahl der an den Rechner angeschlossenen Benutzer

Ted Lewis: „Mainframes are dead, long live Mainframes.“ IEEE Computer, Aug. 1999, p. 104.

Die hier wiedergegebene Darstellung zeigt die TCO Kosten pro angeschlossenen Benutzer große Unix Rechner und für Mainframes. Allgemein kann gesagt werden, dass die TCO umso günstiger wird, je größer der Server, und je mehr Benutzer er bedient.

Die hier wiedergegebene Grafik stammt aus der Zeitschrift IEEE Computer und hat damit einen Spitzenwert an Glaubwürdigkeit. Sie stammt aus dem Jahre 1999; die Zahlen haben sich geändert, aber die Botschaft ist geblieben: Von allen großen Servern haben Mainframes mit Abstand die günstigste TCO:

Zahllose Untersuchungen bestätigen diese Aussagen.

Unternehmen können die TCO senken, wenn sie die Funktionen des Arbeitsplatz PCs einschränken und auf zentrale Server verlagern. Die erheblichen zusätzlichen Kosten für Server Hardware und Software werden in der Regel überproportional durch einen sinkenden Aufwand für die Administration kompensiert. Im Extremfall werden minimale PCs ohne Festplatte, nur mit einem Netzanschluss eingesetzt, wobei auf dem PC ein Browser als einzige Software läuft (sogenannte thin PCs). In Deutschland liefert die Firma IGEL Technology GmbH, <https://www.igel.com/de/> derartige Geräte. Diese Rezentralisierung der IT Infrastruktur ist ein stark ausgeprägter Trend in allen großen Unternehmen und staatlichen Organisationen.

Als zentrale Server werden Windows, Linux, Unix und eben Mainframe Server eingesetzt. Die Hardware- und Software Kosten sind für große Windows Server am geringsten, Linux und Unix Server liegen in der Mitte, und Mainframe Server sind am teuersten.

Aber, Mainframes haben die mit Abstand besten und am weitesten entwickelten Werkzeuge für die System-Administration. Daher sind von allen großen Servern die Administrationskosten bei den Mainframes am Geringsten.

1.2.4 Das Problem der Skalierung

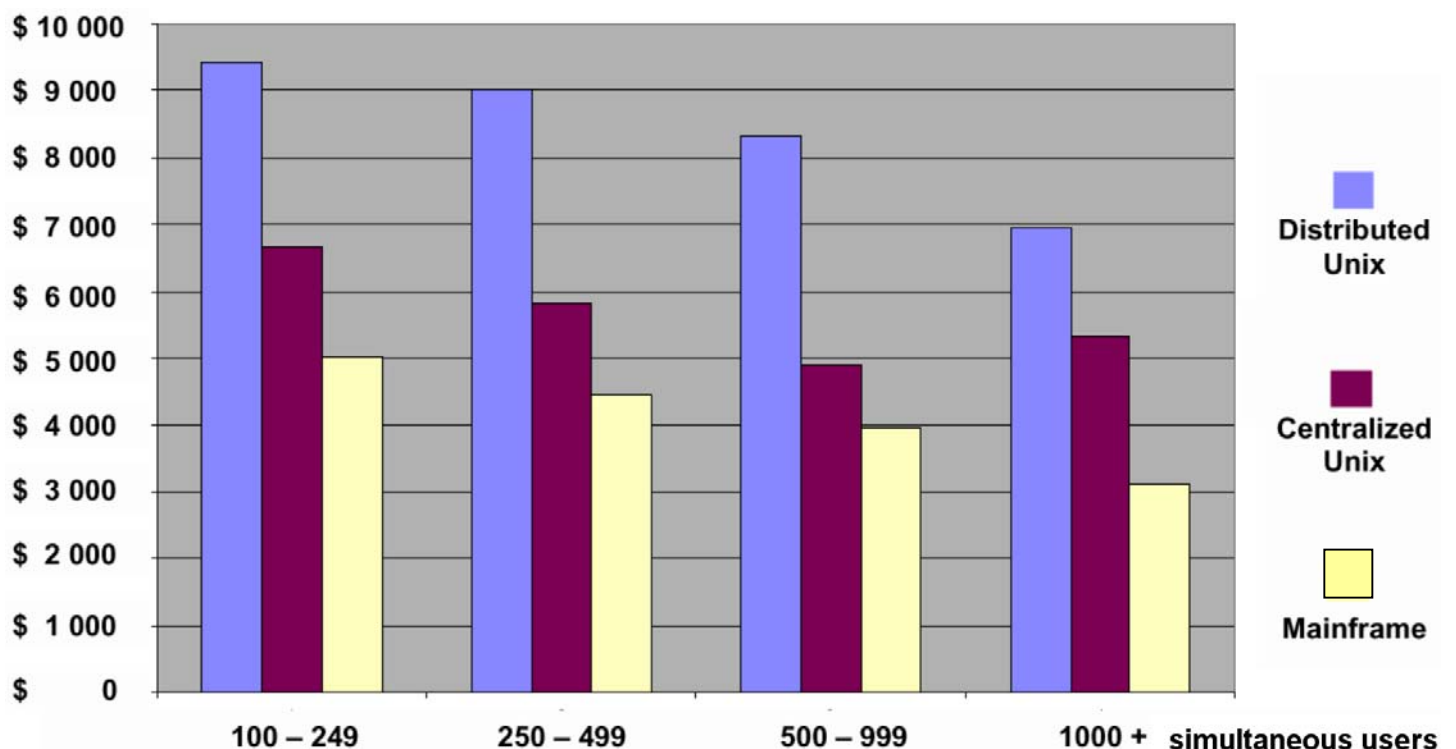


Abb. 1.2.3
Unix Rechner skalieren schlecht
IDC, Feb. 1999

In den Unternehmen existieren neben dem zentralen Mainframe zahlreiche kleinere Unix (und Windows) Server, die geografisch über das Unternehmen verstreut in den einzelnen Fachabteilungen zu finden sind. Es stellt sich heraus, dass eine Zentralisierung aller dezentralen Server im Rechenzentrum deutlich Kosten sparen konnte. Dies ist in der hier wiedergegebenen Grafik zu sehen. Aber

Nehmen wir an, Sie haben einen Server mit unzureichender Rechenleistung. Was machen Sie: Sie verdoppeln die Anzahl der CPUs, die Größe des Hauptspeichers, die Anzahl der Plattenspeicheranschlüsse usw.

Als Skalierung bezeichnet man die Eigenschaft eines Rechners, bei doppelt soviel Hardware Ressourcen die doppelte Leistung zu bringen. Manche Rechner skalieren überproportional: Doppelt soviel Hardware bringt mehr als doppelt soviel Leistung.

Die meisten Rechner skalieren unterproportional: Doppelt soviel Hardware bringt weniger als doppelt soviel Leistung.

Die Skalierungseigenschaften eines Rechners hängen von vielen Faktoren ab, z.B. Architektur, Hardware, Betriebssystem, Platten- und Bandspeicheranschlüsse (I/O Verhalten), Anwendungsprogrammen und vielen anderen Faktoren.

In der Abb. 1.2.3 ist zu sehen, dass bei zentralen Unix Servern für 1000 und mehr Benutzer die TCO wieder schlechter wird. Der Grund sind die schlechten Skalierungseigenschaften großer Unix Rechner. Mainframes besitzen dagegen hervorragende Skalierungseigenschaften.

Wir werden uns die Gründe hierfür später noch genauer ansehen.

1.2.5 Management Kosten

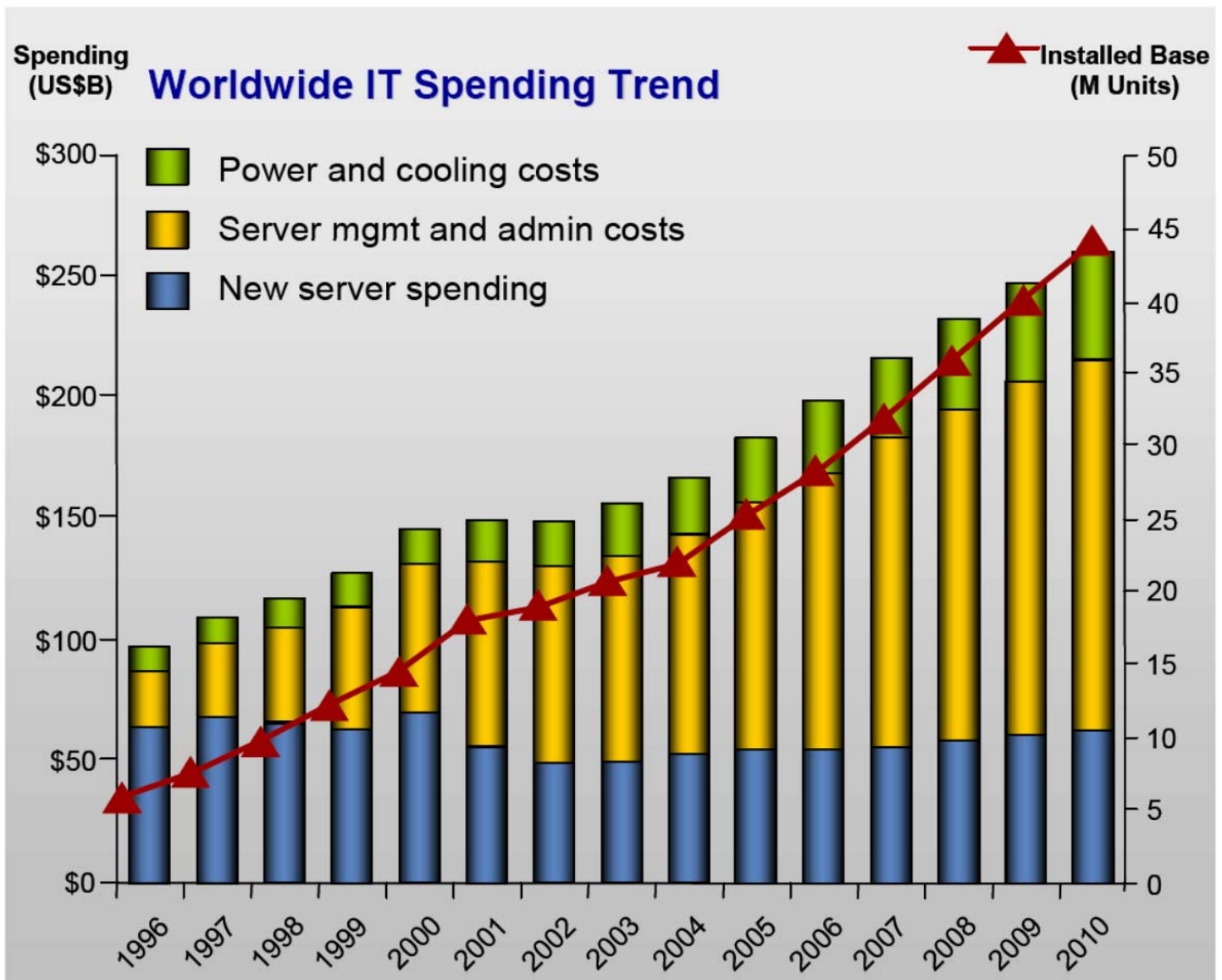


Abb. 1.2.4
Kostenentwicklung in den letzten 15 Jahren

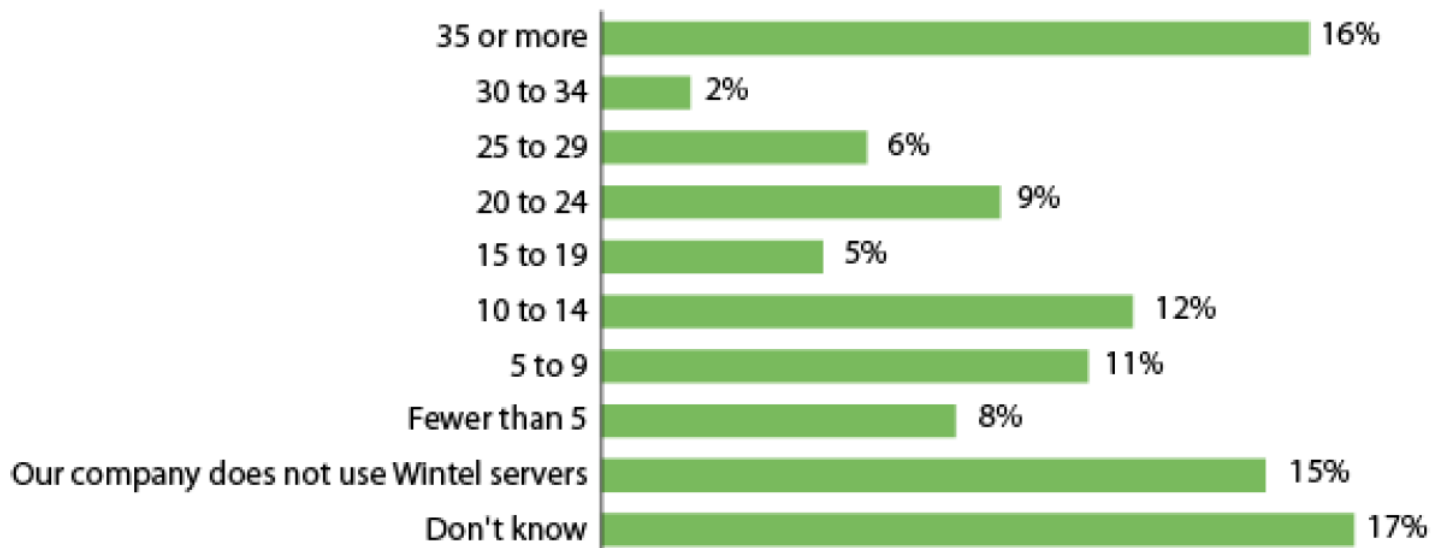
Abb. 1.2.4 zeigt, dass die Anzahl der weltweit installierten Server in den letzten 15 Jahren stark gestiegen ist. Wegen der immer günstiger werdenden Kosten sind die Ausgaben für Softwarelizenzen und Hardware aber mehr oder weniger konstant geblieben. Die Administrations- und Management-Kosten (Kosten für Mitarbeiter, die den laufenden Betrieb der IT Infrastruktur aufrecht erhalten), sind in den letzten 15 Jahren überproportional gewachsen und sind heute sehr viel höher als die Kosten für die Hardware und Software.

Die Kosten für Energie und Klimatisierung steigen ebenfalls überproportional.

Dies erklärt, warum der Einsatz von Mainframes in den letzten Jahren trotz sehr hoher Hardware- und Softwarekosten ansteigt.

Eine Untersuchung der Firma Forrester Consulting bestätigt diese Aussage:

"How many Wintel servers is each support staff member responsible for?"



"How many Unix/Linux servers is each support staff member responsible for?"

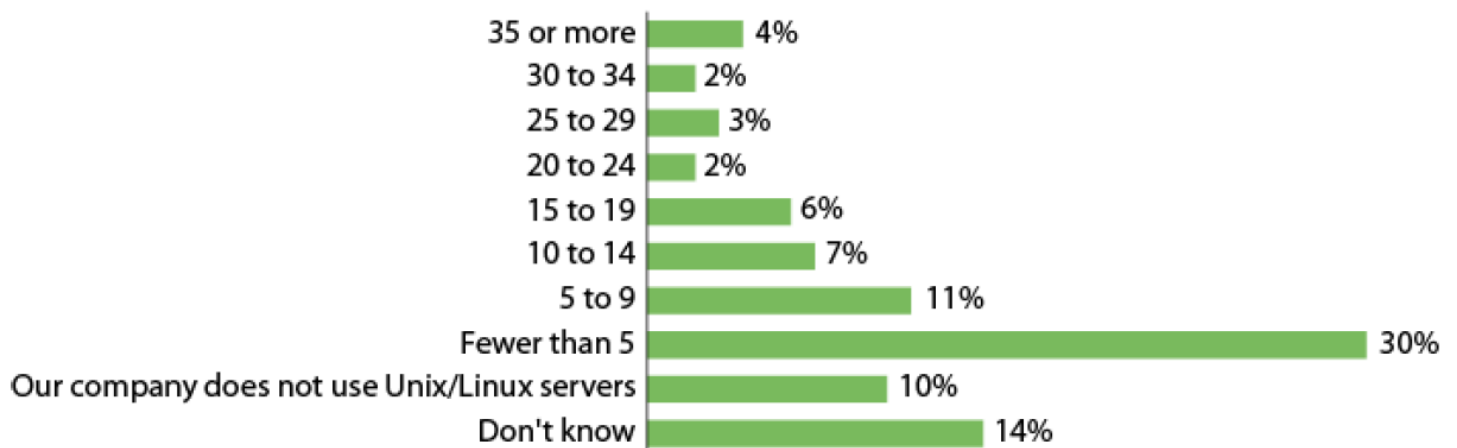


Abb. 1.2.5
Administrationskosten für distributed Server

The high degree of automation in mainframe administration means that one person can sometimes administer several systems. In the case of server virtualization on mainframe Linux, it really means that one person can administer hundreds and sometimes thousands of virtual servers. This compares very favorably with either Windows or Unix servers. Even at their highest possible score of 35 servers per support person, Unix-x/Linux and Wintel servers cannot approach the administration efficiency of the mainframe.

http://www.cpsigroup.com/White_Papers/forrestertlpmainframe.pdf, oder Mirror unter <http://www.cedix.de/VorlesMirror/Band1/Forrester01.pdf>

New HW / SW
spending

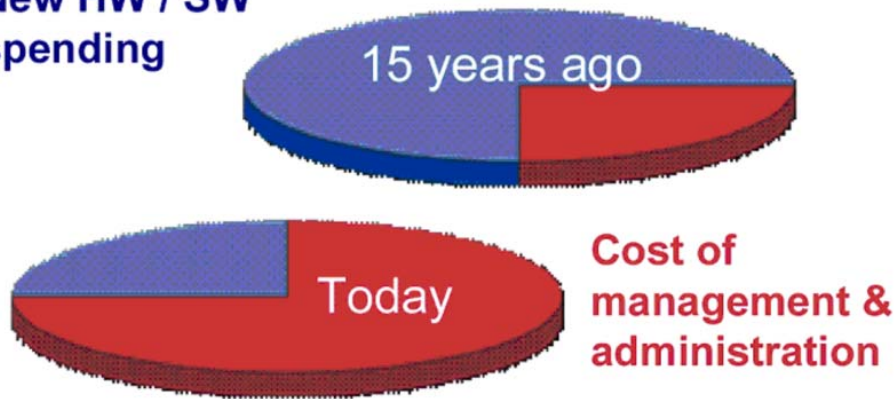


Abb. 1.2.6

Die Kostenentwicklung in den letzten 15 Jahren wird von anderen Quellen bestätigt

Die Grafik in Abb. 1.2.5 stammt von Tony Picardi, vom Marktforschungsunternehmen IDC. Sie wurde reproduziert in der Wochenzeitschrift The Economist, 28. Oktober 2004. Die Grafik bestätigt den stark anwachsenden Anteil der Personalkosten.

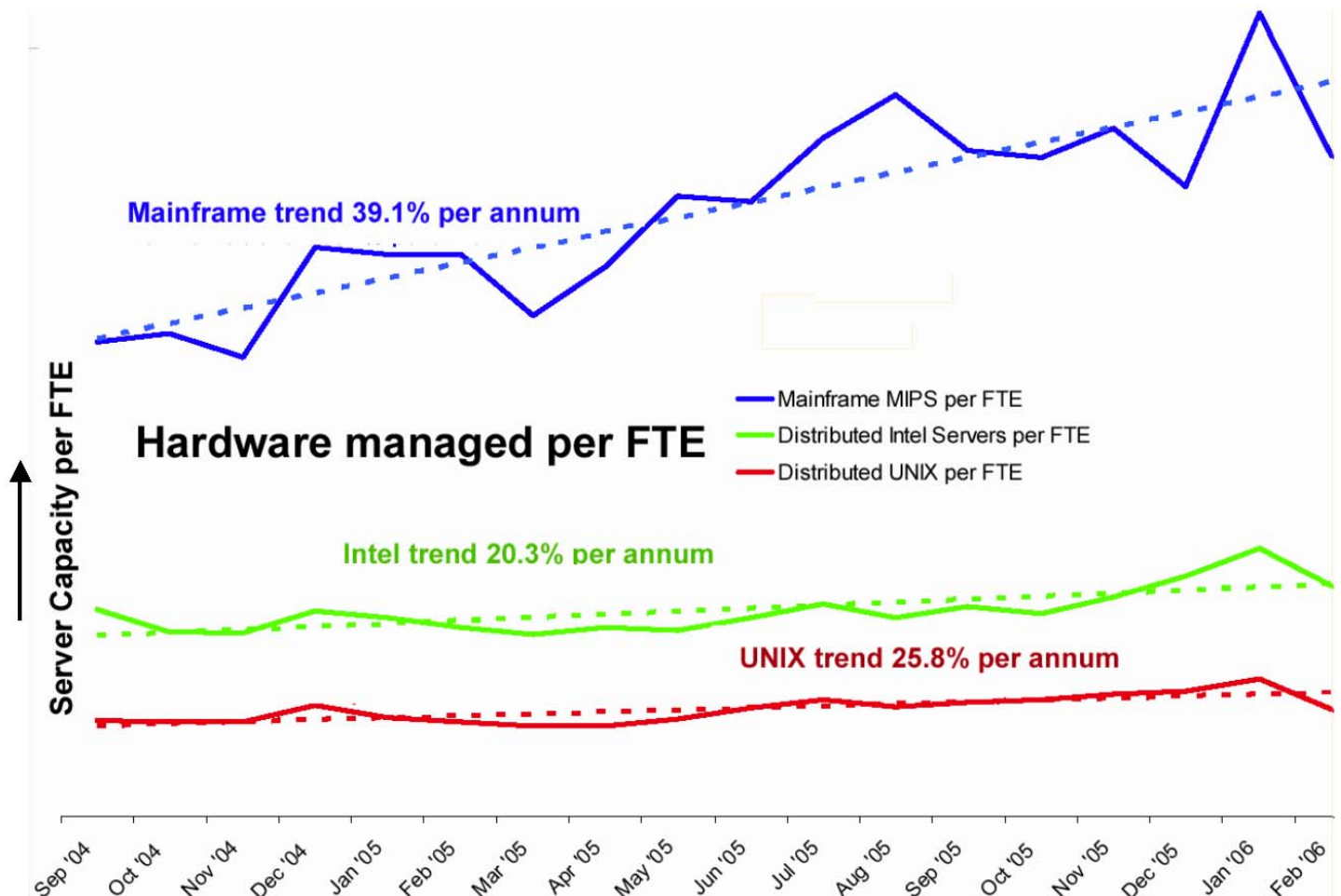


Abb. 1.2.7

Produktivitätswachstum der Mainframe Administration

Als "Full-Time Equivalent" (FTE) bezeichnet man den Prozentsatz an Zeit, in dem ein Mitarbeiter nützliche Arbeit leistet. Ein Vollzeit Job ist 1,0 und ein 50 % Teilzeit Job ist 0,5.

Die Produktivität eines FTE ist bei Mainframes stark gestiegen, während sie sich bei Windows und Linux/Unix Rechnern nur wenig verbesserte.

Abb. 1.2.7 zeigt, dass ein Mainframe Administrator heute wesentlich mehr Hardware betreuen kann als früher. Die Produktivität ist deutlich gestiegen. Bei Unix und Windows Administratoren ist ein sehr viel geringerer Produktivitätsgewinn festzustellen.

Der Grund ist, IBM gibt jährlich sehr viel Geld für die Verbesserung der Mainframe Wartungs- und Administrations-Infrastruktur aus.

IBM investiert jährlich etwa 1,2 Milliarden \$ in die Entwicklung des „System z Stack“, eingeschlossen Hardware, Software, und Services.

Da die Software etwa 65 % des Mainframe Umsatzes generiert, wird etwa 65 % der 1,2 Milliarden Investition in die Weiterentwicklung der Software investiert.

1.2.6 Distributed Processing Kosten

Beispiel: Große Bank in der Schweiz 2Q2011.

In der IT Infrastruktur des Unternehmens wird der WebSphere Application Server eingesetzt. Das WebSphere Software Produkt ist für verschiedene Plattformen verfügbar.

In dem vorliegenden Fall wird WebSphere sowohl auf AIX (PowerPC Unix) als auch auf z/OS eingesetzt. Etwa 2/3 der Work Load läuft unter AIX, etwa 1/3 unter z/OS.

Etwa 7 Mitarbeiter werden für die Administration und Wartung der WebSphere AIX Installation benötigt. Die Administration und Wartung der WebSphere z/OS Installation wird von einem Mitarbeiter nebenbei (etwa 20% seiner Arbeitszeit) mit erledigt.

Auch wenn man Sonderfaktoren unterstellt, ist der Unterschied in den Administrationskosten erheblich.

Es existieren allerdings eine Reihe von Schwierigkeiten, einen durch eine TCO Analyse ermittelten potentiellen Kostenvorteil umzusetzen. Hierfür existieren mehrere Gründe:

- Eine distributed Computing Infrastruktur bietet Flexibilitätsvorteile. Führungskräfte auf der mittleren Management Ebene wollen hierauf nur ungern verzichten
- Betroffene Fachkräfte werden überflüssig und müssen umgeschult werden. Betriebsrat und Gewerkschaft müssen konsultiert und beteiligt werden.
- Es fehlen Mainframe Spezialisten.
- Weitere Schwierigkeiten beim Umsetzen der Kostenvorteile sind in <http://www.cedix.de/VorlesMirror/Band1/TCO01.pdf> beschrieben.

All dies bedeutet, dass die Rezentralisierung in Richtung Mainframe ein langwieriger Prozess ist, der sich über viele Jahre erstrecken wird.

1.2.7 Mainframe Auslastung

... und was für Anwendungen laufen auf einem Mainframe ?

Die Auslastung für ein typisches zSeries System besteht aus:

- 55% „Legacy „ Anwendungen (Anwendungen, die vor längerer Zeit entstanden sind)
- 35 % Anwendungen, die in den letzten 1 - 2 Jahren geschrieben wurden
- 10% Anwendungen, die im Rahmen von Konsolidierungsmaßnahmen von anderen Servern übernommen wurden, davon viele von Unix Rechnern

Die große Mehrzahl der neu geschriebenen Anwendungen verwenden die Programmiersprache Cobol. Die Firma IBM übt starken Druck auf ihre Mainframe-Kunden aus, neue Anwendungen bevorzugt in Java zu schreiben, ist damit aber nur mäßig erfolgreich. Viele Führungskräfte in den Unternehmen glauben, dass für unternehmenskritische Anwendungen Cobol eine höhere Produktivität ermöglicht als Java.

Es existieren viele Meinungen, aber kaum wissenschaftliche Untersuchungen bezüglich eines Produktivitätsvergleiches Cobol versus Java. Vorhandene Indizien deuten darauf hin, dass die Produktivität von Cobol tatsächlich recht gut ist.

Die Firma Microfocus berichtet über steigende Umsätze für ihre Windows und Unix Cobol Compiler.

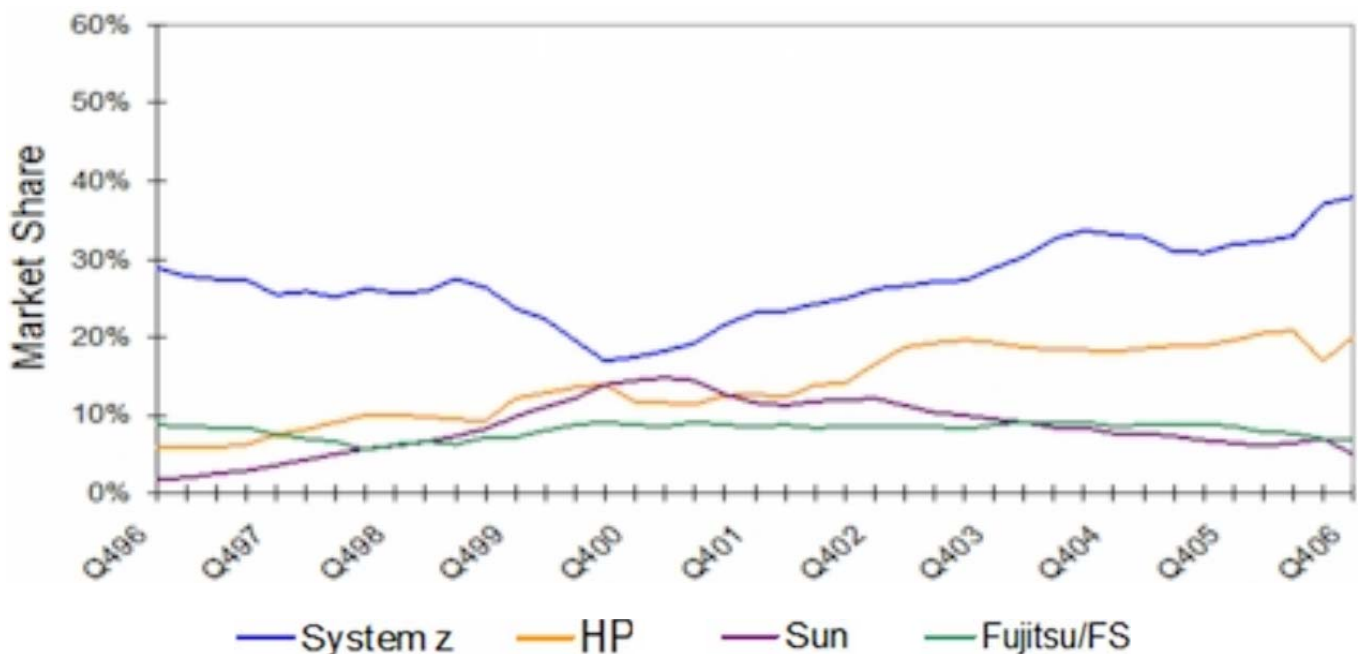


Abb. 1.2.8
Entwicklung der Marktanteile

Diese Investitionen erklären die wachsende Bedeutung von System z und z/OS. Der hier gezeigte Trend hat sich bis heute fortgesetzt.

<http://www.cedix.de/VorlesMirror/Band1/Marketshare.pdf>

1.2.8 Neue Installationen

Neue Mainframe Installationen bei Unternehmen, die bisher noch keinen Mainframe hatten, sind selten, da fast alle großen Firmen bereits seit vielen Jahren einen Mainframe als zentralen Server einsetzen. Neue Mainframe Installationen finden deshalb besonders in Entwicklungsländern wie z.B. China, Indien oder Russland statt.

Versucht man in solchen Ländern die veraltete IT-Infrastruktur eines Unternehmens zu modernisieren, existieren in vielen Fällen zum Mainframe keine Alternativen.

Trotzdem finden auch in Europa und den USA Neuinstallationen statt. Ein Grund ist, dass Mainframes über zahlreiche Funktionseigenschaften verfügen, die auf anderen großen Systemen nicht erhältlich sind.

1.2.9 Altersverteilung der Spezialisten

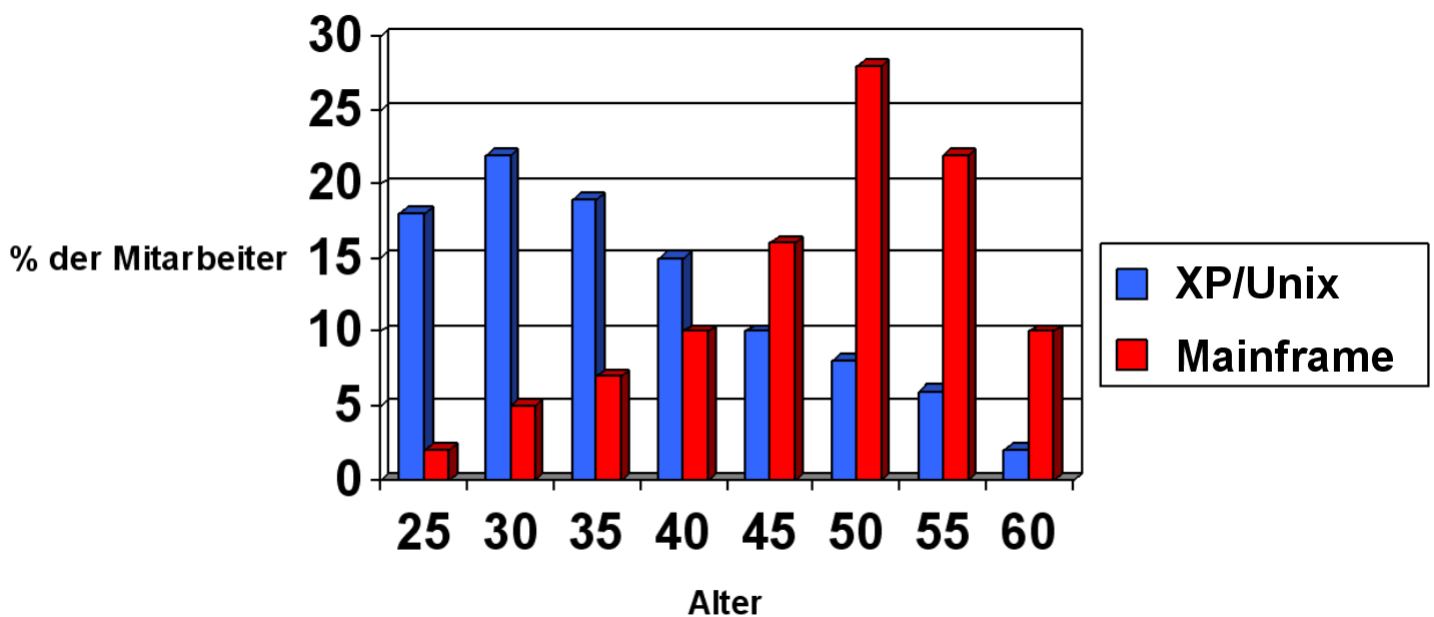


Abb. 1.2.9
Altersstruktur der Mainframe Spezialisten

Dies ist das größte Problem für die Zukunft der Mainframes. Die Unternehmen haben in den letzten 10 – 20 Jahren hauptsächlich Unix und Windows Spezialisten, aber kaum Mainframe Spezialisten eingestellt. Da Mainframes an den Hochschulen als veraltet gelten, wird kaum Mainframe Nachwuchs ausgebildet.

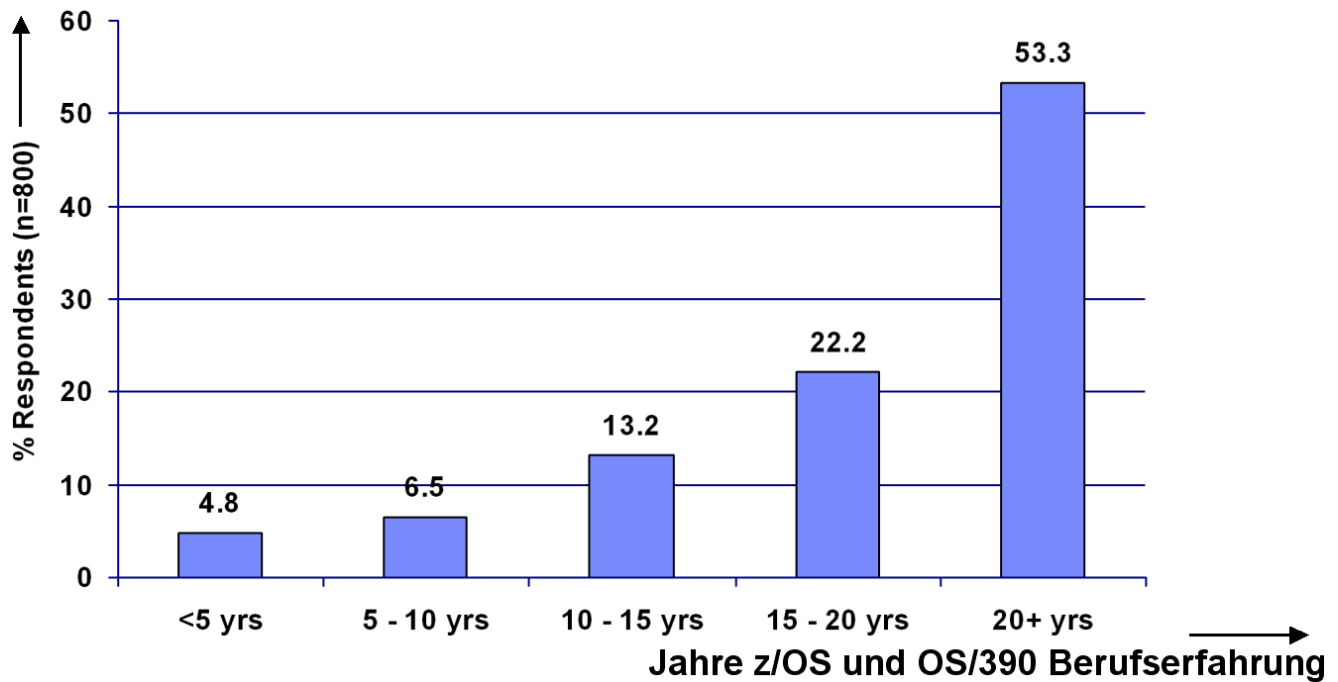


Abb. 1.2.10
Berufserfahrung der Mainframe Spezialisten

Abb. 1.2.9 bestätigt das Bild. Hochschulabsolventen mit Mainframe Kenntnissen haben hervorragende Berufsaussichten.

Dies wird durch die folgenden Beispiele untermauert.

Arbeitsmarkt Großrechnerexperten

Wer Mainframe und Java kombiniert, ist Gold wert

Datum: 07.06.2010
 Autor(en): Gabi Visintin
 URL: <http://www.computerwoche.de/1937465>

Großrechnerexperten mit Kenntnissen moderner Programmiersprachen haben auf dem Arbeitsmarkt gute Chancen.

Wer im IT-Bereich auf **Stellensuche** ist, stößt auch auf dieses Angebot: "Diese Perspektive bieten wir Ihnen: Sie sind für den Betrieb und die Optimierung von IT-Systemen und zugehöriger Prozessabläufe im **Großrechenzentrum** und im Produktionsbetrieb zuständig. Neue Konzepte für Ablaufprozesse und Produktionssystem setzen Sie um und achten dabei besonders auf Effizienz, **Sicherheit** und Verfügbarkeit." In der **Stellenanzeige** der **Datev**, eines Softwarehauses und IT-Dienstleisters aus Nürnberg, sind die letztgenannten drei Begriffe die Synonyme für die wichtigsten Eigenschaften eines Großrechners: Effizienz, Sicherheit und Verfügbarkeit.

Sichere Großrechner

Diese drei Stichworte sind der Grund dafür, warum die "Dinosaurier der Rechnerwelt" immer noch überall dort stehen, wo betriebskritische Daten und hohe Transaktionsvolumina verarbeitet werden: in Finanzinstituten und Versicherungen, bei Behörden und in Web-Zentren. Nach **IBM**-Angaben arbeiten die 50 weltweit führenden Banken mit **Mainframes**. 22 der Top-25-Einzelhändler in den USA zählt der IT-Konzern zum Anwenderkreis seines Großrechnersystems z.

Abb. 1.2.11
Computerwoche 26.5.2010

Executive Summary

Forrester conducted interviews with high-level managers and CIOs/CTOs of North American and European companies with revenues of more than \$1 billion to better understand their use of the mainframe, their mainframe strategies, and their perceptions of factors that might impede the expansion of mainframe usage in their own organizations and/or the marketplace at large.

Key Findings

Forrester's study yielded four key findings:

- The mainframe is generally viewed as the most efficient, scalable, and reliable computing platform today. A majority of respondents said that they could not process a typical mainframe workload on any other platform. As the most recent mainframe platform provides a very efficient way to rationalize and consolidate their data centers, a majority of mainframe sites have started consolidation programs using Open Systems on the mainframe.
- All respondents recognized that a mainframe operation requires detailed and specialized knowledge. As the mainframe specialists are aging and as college and university graduates do not typically receive a mainframe education, there is a perceived risk of skill shortages despite education programs sponsored by several mainframe solution vendors.

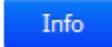
Abb. 1.2.12

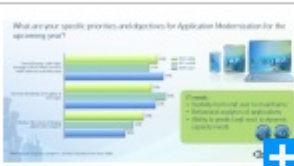
Aus einer Untersuchung des Marktforschungsunternehmens Forrester Consulting, November 2, 2009, „The Mainframe Opportunity“

Fachkräftemangel beim Mainframe

14.11.2012 | von [Werner Kurzlechner](#)

Laut einer BMC-Studie klagen Anwender über fehlende Skills, während sich der IT-Nachwuchs kaum für Mainframes begeistern kann.





So haben sich die Prioritäten im Bereich der Anwendungsentwicklung in den vergangenen Jahren entwickelt.
Foto: BMC Software

Die IT ist fraglos ein Feld mit beschleunigten Innovations- und Evolutionszyklen. Aber nicht jeder Dinosaurier stirbt dort schnell aus. Mainframes beispielsweise sind keineswegs ein Relikt aus der Vergangenheit, sondern in fast allen Unternehmen weiterhin als Zukunftsmotor eingeplant. Das geht aus einer Studie des Softwarehauses BMC hervor, für die mehr als 1200 Entscheidungsträger befragt wurden. Ein Drittel der Teilnehmer kommt aus der Region EMEA.

Das Kernergebnis der Studie: 90 Prozent der Unternehmen betrachten Mainframe als langfristige Business-Lösung. Allerdings schränken zwei Fünftel diese Zukunftsperspektive auf bestehende Anwendungen ein. Die Hälfte sieht demgegenüber auch Spielraum für Wachstum und neuen Workload.

59 Prozent rechnen mit einem MIPS-Zuwachs. Davon 15 Prozent gehen von einem Wachstum der Maschinenbefehle pro Sekunde um mehr als 10 Prozent aus. 19 Prozent schreiben das alleine ihren Legacy-Anwendungen zu, 9 Prozent ausschließlich neuen Applikationen, 31 Prozent machen beide für die Erwartung verantwortlich. Einschränkend lässt sich jedoch festhalten, dass sich hier an der Einschätzung der Befragten gegenüber den Vorjahren kaum etwas verändert hat.

Abb. 1.2.13
Computerwoche 14.11.2012

Weitere Einzelheiten zum Thema Berufsaussichten und Mainframe Kenntnisse finden sie unter <http://cedix.de/beruf/index.html> .

1.3 Mainframe Architektur

1.3.1 Was ist eine Rechner Architektur ?

Als Rechner Architektur bezeichnen wir das Erscheinungsbild eines Rechners wie ihn der Assembler (oder Maschinensprachen-) Programmierer sieht.

Heute Prozessoren verwenden nur noch wenige Rechner Architekturen. Die wichtigsten sind:

- x86 (PCs und Laptops, größtenteils von Intel und AMD hergestellt)
- ARM (Mobiltelefone, viele embedded Systems, wachsende Bedeutung)
- PowerPC (IBM Unix "System P" Rechner, Sony Playstation, CISCO Internet Router, Microsoft X-Box, Nintendo, embedded Systems in der Automobilindustrie, werden von Freescale und IBM hergestellt)
- Sparc (wird in großen Sun/Oracle und Fujitsu Rechnern eingesetzt)
- Itanium (wird in großen Hewlett Packard Unix Rechnern eingesetzt)
- System z (ausschließlich in Mainframes eingesetzt, heute fast nur noch von IBM hergestellt)

1.3.2 An Architecture to stand the Test of Time

Für die Entwicklung der Mainframes ist eine Betrachtung des historischen Hintergrundes interessant. Am 7. April 1964 kündigte IBM die S/360-Rechnerfamilie (System 360) an. Die Ziffer „360“ bezog sich dabei auf alle Richtungen eines Kompasses, um die universelle Anwendbarkeit, den weitgefächerten Bereich von Performance und Preis der Produkte sowie die Entwicklungsrichtungen des Unternehmens zu demonstrieren. Die Familie bestand ursprünglich aus 6 Zentraleinheiten und etwa 45 weiteren Ein-/Ausgabeeinheiten.

Die Existenz der S/360-Architektur ist den drei genialen Wissenschaftlern

**Gene Amdahl,
Gerry Blaauw,
Fred Brooks**

und der damaligen IBM-Entwicklungs-Organisation unter der Leitung von IBM-Vizepräsident **B.O. Evans** zu verdanken, siehe <http://www.cedix.de/Literature/History/index.html> .

Die Einführung der S/360-Architektur stellt einen Meilenstein in der Entwicklung des Computers dar. Zum damaligen Zeitpunkt waren die Unterschiede in den Rechner-Architekturen der einzelnen Hersteller sehr viel größer als dies heute der Fall ist. Viele Eigenschaften, die heute als selbstverständlich gelten, entstanden mit der Einführung der S/360-Architektur.

Einige von vielen Beispielen sind:

- Die Entscheidung, dass ein Byte eine Länge von 8 Bit hat (und nicht z.B. 6 oder 7 Bit),
- die Tatsache, dass die Einheit der Hauptspeicheradressierung das Byte ist (und nicht ein 24-, 36- oder 48-Bit langes Wort),
- die Einführung von Mehrzweckregistern, die gleichzeitig als Adressregister und als Datenregister dienen,
- der Verzicht auf die direkte Hauptspeicher-Adressierung,
- der Unterschied zwischen Kernel (Supervisor)- und User (Problem)-Status,
- die Einführung des S/360-Kanals, der noch heute in der Form der SCSI und FICON Interfaces weiterlebt.

Ein weiterer Meilenstein war die bewusste Entscheidung, die S/360-Architektur für eine sehr lange Lebenszeit auszulegen. Diesem dienten vor allem zwei Maßnahmen:

- Die Verpflichtung und Garantie, dass Maschinencode auf allen damaligen sowie zukünftigen Rechnermodellen unverändert lauffähig sein würde. Diese Strategie wurde bis zu den heutigen System z Modelle eingehalten.
- Die Einrichtung eines Architektur-Boards mit der Aufgabenstellung, die S/360-Architektur nach wissenschaftlichen Grundsätzen weiterzuentwickeln.

Diese und viele andere Entscheidungen von Amdahl, Blaauw und Brooks erwiesen sich als außerordentlich tragfähig und haben dazu geführt, dass sich die System z Architektur auch heute noch fortschrittlich und zukunftsorientiert darstellt.

Es existieren nur wenige Architektureigenschaften, die man mit dem heutigen Wissensstand anders und/oder besser machen würde. Dies ist besonders bemerkenswert, weil viele später entwickelte Rechnerarchitekturen mit neuartigen Entwicklungen versprochene Verbesserungen nicht liefern konnten, und in der Zwischenzeit wieder von der Bildfläche verschwunden sind. Ein Beispiel hierfür ist die Entwicklung der VAX-Architektur durch die Firma Digital Equipment Corporation (DEC).

DEC war in den 80er Jahren der weltweit zweitgrößte Computer Hersteller nach IBM. Im Jahre 1976 entwickelte DEC eine komplett neue Rechner-Architektur, die erheblich besser als die S/370 Architektur sein sollte. Nach größeren Anfangserfolgen musste DEC die VAX Architektur aufgeben, weil sie gegenüber S/370 schlicht nicht wettbewerbsfähig war. Die Firma Digital Equipment Corporation hat sich von diesem Desaster nie wieder erholen können.

1991 löste die Firma DEC ihre VAX-Architektur durch die Alpha-Architektur ab.

In dem Vorwort des Alpha-Architektur-Handbuches wurde explizit darauf hingewiesen, dass man die gleichen Entwurfsprinzipien angewendet habe, die von Amdahl, Blaauw und Brooks 1964 für die Einführung von S/360 entwickelt wurden:

The Alpha architecture is a RISC architecture that was designed for high performance and longevity. Following Amdahl, Blaauw, and Brooks, we distinguish between architecture and implementation:

Computer architecture is defined as the attributes of a computer seen by a machine language programmer. This definition includes the instruction set, instruction formats, operation codes, addressing modes, and all registers and memory locations that may be directly manipulated by a machine-language programmer.

Implementation is defined as the actual hardware structure, logic design, and datapath organization.

This architecture book describes the required behaviour of all Alpha implementations, as seen by the machine-language programmer.

Abb. 1.3.1

Alpha Architecture Reference Manual, Digital Press, Digital Equipment Corporation, 1992

1.3.3 Lebensdauer von Anwendungssoftware

Ein wichtiger Unterschied zwischen Enterprise Computing und anderen Einsatzgebieten der Informatik ist die erwartete Lebensdauer der damit entwickelten Anwendungen. Bei manchen Smartphones und Tablets wird akzeptiert, dass Software für ältere Modelle aufgrund deren begrenzten Langzeitsupports nicht mehr verfügbar ist. Der ideale Kunde eines Smartphone Herstellers ersetzt sein Mobiltelefon alle 24 Monate durch ein neues, verbessertes Modell, obwohl das alte Modell noch voll funktionsfähig ist. Inkompatibilitäten zwischen aufeinander folgenden Software Versionen sind in dieser Situation wegen des schnelllebigen Marktes kein gravierendes Problem.

Im Gegensatz dazu hat Enterprise Software eine Lebensdauer, die in Jahrzehnten gemessen wird. Ein Testfall waren die „Jahr 2000“ (y2k) Umstellungen von zweistelligen auf vierstellige Jahreszahlen. Obwohl der erforderliche Umstellungsaufwand von weltweit 300 Mrd. \$ ein guter Anlass gewesen wäre, veraltete Software durch neuere, moderne Versionen zu ersetzen, ist dies fast nirgendwo geschehen.

In der Vergangenheit verstand man unter dem Begriff „Legacy Software“ viele Jahre alte Anwendungen, die auf Mainframe Rechnern ausgeführt wurden. In zunehmendem Maße existieren in den Unternehmen jedoch Legacy Anwendungen, die auf Windows (in unterschiedlichen Versionen), Linux, AIX, HP_UX, Solaris, Tru64 UNIX und vielen weiteren Betriebssystemen laufen.

Es wird geschätzt, dass Unternehmen etwa 50 % ihres jährlichen Budgets für Anwendungssoftware in Neuentwicklungen und 50 % in die Administration und Pflege von Legacy Software investieren.

1.3.4 Register Architektur

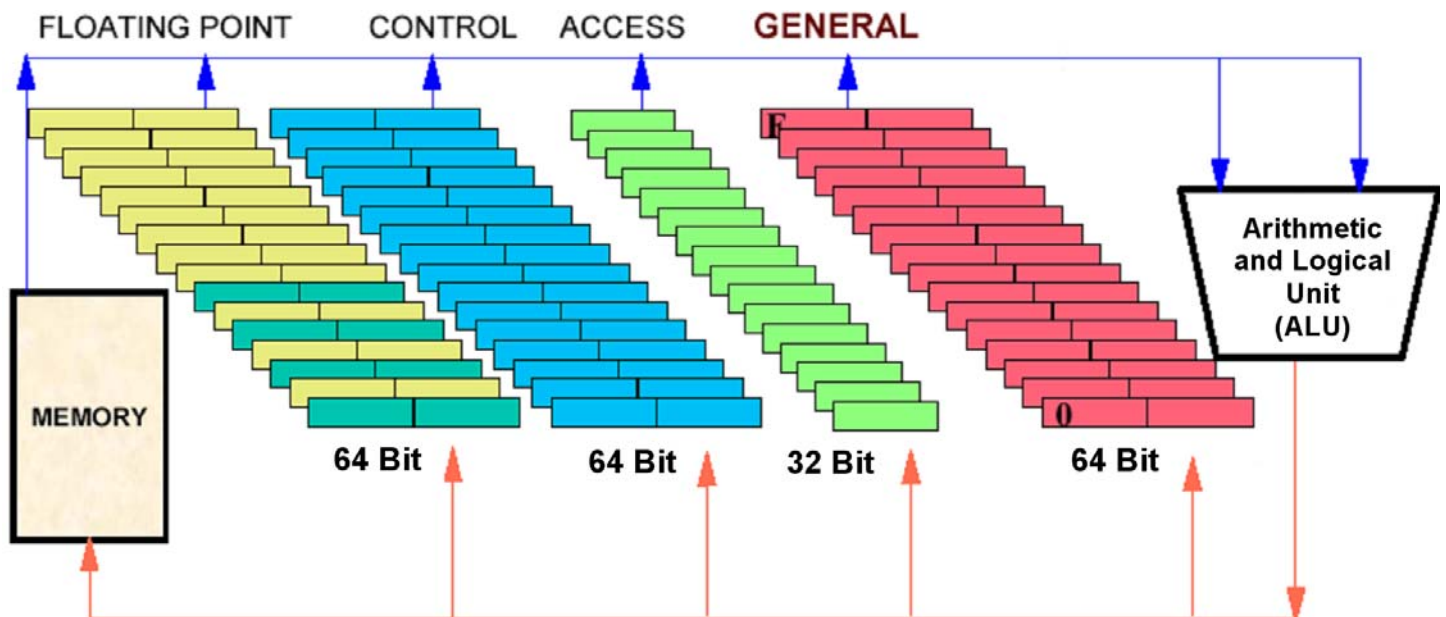


Abb. 1.3.2
System z Programmiermodell

Die System z Architektur ist eine 64 Bit Architektur und verfügt über je 16 Mehrzweckregister (General Purpose Register), Gleitkomma- und Steuerregister (Control Register) mit einer Länge von je 64 Bit, und 16 Access Registern mit einer Länge von je 32 Bit. Ähnlich wie x86, PowerPC und Sparc Architekturen ist sie aus einer ursprünglichen 32 Bit (31 Bit) Version weiterentwickelt worden. Hierbei unterstützen die System z-Rechner einen 31-Bit- und einen 64-Bit-Modus. Das Umschalten zwischen beiden Modi ist sehr einfach.

Anmerkung: der ursprüngliche System z Vorläufer benutzte 31 an Stelle von 32 Adressier-Bits.

1.3.5 Anzahl der Register mehrerer Mainstream Architekturen

Architecture	Integer registers	Double FP registers
x86	8	8
x86-64	16	16
IBM/360	16	4
Z/Architecture	16	16
Itanium	128	128
UltraSPARC	32	32
POWER	32	32
Alpha	32	32
6502	3	0
ARM	16	16

Abb. 1.3.3
Register Anzahl unterschiedlicher Architekturen

Eine zu große Anzahl von Registern verringert die Performance, weil bei jedem Prozesswechsel der Inhalt der Register abgespeichert (saved) und neue Inhalte geladen werden müssen. Optimal sind durchschnittlich 25 Register, abhängig vom Profile der bearbeiteten Anwendungen. Da 25 keine Binärziffer ist, sind 16 oder 32 Register optimal.

1.3.6 16 und 32 Bit Maschinenbefehle

Die System z Maschinenbefehle haben alle eine einheitliche Länge von entweder 16 Bit, 32 Bit oder 48 Bit. Vor allem der geschickte Entwurf der 16 Bit Maschinenbefehle führt dazu, dass ein kompiliertes Programm auf einem System z Rechner fast immer 20 – 30 % weniger Platz im Hauptspeicher benötigt, als bei fast allen anderen Rechner Architekturen. Dies gilt spezifisch auch bei einem Vergleich der System z Architektur gegenüber der x86 Architektur.

Vor allem auf Grund der reduzierten Cache Bandbreite ist dies ein Performance Vorteil.

Es ist interessant zu sehen, dass die Firma Arm Holdings mit der Einführung der Thumb Technologie Erweiterung für die ARM Architektur ein ähnliches Ziel anstrebt. Vor allem die jüngste Thumb-2 Technologie Erweiterung weist an dieser Stelle überraschende konzeptuelle Ähnlichkeiten mit der 1964 entstandenen S/360 Architektur auf.

Hiermit wiederholt sich die Frage: Wie konnte es sein, dass Amdahl, Blaauw und Brooks beim Entwurf der S/360 Architektur im Jahre 1964 alles richtig gemacht haben ?

1.3.7 Decimal Floating Point

System z unterstützt drei Gleitkommaformate: Hexadezimal, IEEE 754 und Dezimal.

Das hexadezimale Format ist ein IBM proprietärer Binär-Standard und fast nur auf Mainframe Rechnern anzutreffen. Die meisten auf Mainframes gespeicherten Gleitkommadaten verwenden das hexadezimale Format.

Das IEEE 754 Format ist international weit verbreitet, und wird u.a. von der x86 Architektur benutzt. Auf Mainframes benutzt vor allem das zLinux Betriebssystem diesen Standard.

Das Dezimale Gleitkommaformat (DFP) ist erst seit wenigen Jahren verfügbar. Im Gegensatz zu den beiden anderen Formaten werden Mantisse und Exponent mit Dezimalziffern dargestellt. Dies führt zu einer gewissen Performance- und Genauigkeitseinbuße.

Die Benutzung von Dezimal Arithmetik ist in der Wirtschaft weit verbreitet. DFP vermeidet Rundungsfehler und andere Probleme bei der Konvertierung von Dezimaldaten in Binärdaten und umgekehrt, und gewinnt deshalb an Bedeutung.

Die Gleitkomma Einheit des System z Mikroprozessors unterstützt alle drei Gleitkomma-Arten. Ebenso speichert die z/OS DB2 Datenbank Daten in allen drei Formaten.

1.3.8 ASCII- und EBCDIC

Es existieren drei weit verbreitete Standards für die Darstellung alphanumerischer (Buchstaben, Ziffern, Sonderzeichen) Daten.

Die Darstellung von alphanumerischen Zeichen geht bei allen Rechnerarchitekturen auf uralte Wurzeln zurück. Bei vielen Rechnern ist dies die 7-Bit-ASCII-Darstellung (American Standard Code for Information Interchange), die ihren Ursprung in den Lochstreifen der Teletype-Maschinen hat und nachträglich auf 8 Bit erweitert wurde. Bei den Mainframe- (und einigen anderen) Rechnern ist dies die 8-Bit-EBCDIC-Darstellung (Extended Binary Coded Decimal Interchange Code, ausgesprochen [ebsidik]), die ihren Ursprung in den Lochkarten hat. Das Ergebnis ist eine Spaltung der IT-Welt. Etwa 60 % aller geschäftlich relevanten alphanumerischen Daten sind im EBCDIC-Format gespeichert und etwa 40 % im ASCII-Format. Wenn immer ASCII - und EBCDIC-Rechner miteinander kommunizieren, sind unschöne Konvertierungsverfahren erforderlich.

Mainframes unterstützen neben dem EBCDIC- auch das ASCII-Format. Letzteres wird z.B. von dem zLinux Betriebssystem genutzt, ist aber sonst nur wenig gebräuchlich. Man kann davon ausgehen, dass alphanumerische Daten auf einem Mainframe in der Regel im EBCDIC-Format vorliegen.

ASCII-Tabelle

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
0	NUL	SOH	STX	ETX	EOT	ENQ	ACK	BEL	BS	HT	LF	VT	FF	CR	SO	SI
1	DLE	DC1	DC2	DC3	DC4	NAK	SYN	ETB	CAN	EM	SUB	ESC	FS	GS	RS	US
2	SP	!	"	#	\$	%	&	'	(	)	*	+	,	-	.	/
3	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	:	;	<	=	>	?
4	@	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
5	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	Ä	Ö	Ü	^	_
6	`	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o
7	p	q	r	s	t	u	v	w	x	y	z	ä				

EBCDIC-Tabelle

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
0	NUL	SOH	STX	ETX	PF	HT	LC	DEL			SMM	VT	FF	CR	SO	SI
1	DLE	DC1	DC2	TM	RES	NL	BS	IL	CAN	EM	CC	CU1	IFS	IGS	IRS	IUS
2	DS	SOS	FS		BYP	LF	ETB	ESC			SM	CU2		ENQ	ACK	BEL
3			SYN		PN	RS	UC	EOT				CU3	DC4	NAK		SUB
4	SP										€	.	<	(	+	
5	&										!	\$	*	)	:	~
6	-	/										,	%	_	>	?
7											:	#	@	'	=	"
8		a	b	c	d	e	f	g	h	i						
9		j	k	l	m	n	o	p	q	r						
A		~	s	t	u	v	w	x	y	z						
B										`						
C		A	B	C	D	E	F	G	H	I						
D		J	K	L	M	N	O	P	Q	R						
E	\		S	T	U	V	W	X	Y	Z						
F	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9						

Abb. 1.3.4
ASCII- und EBCDIC Code Tabellen

Beispiele: ASCII R = Hex 52 ;
 EBCDIC R = Hex D9 ;

Neben EBCDIC und ASCII können Mainframes auch Daten im UTF-8 bzw. UTF-16 Format verarbeiten. Die Java Plattform verwendet UTF16 in Character Arrays und Strings.

1.3.9 Big Endian versus Little Endian

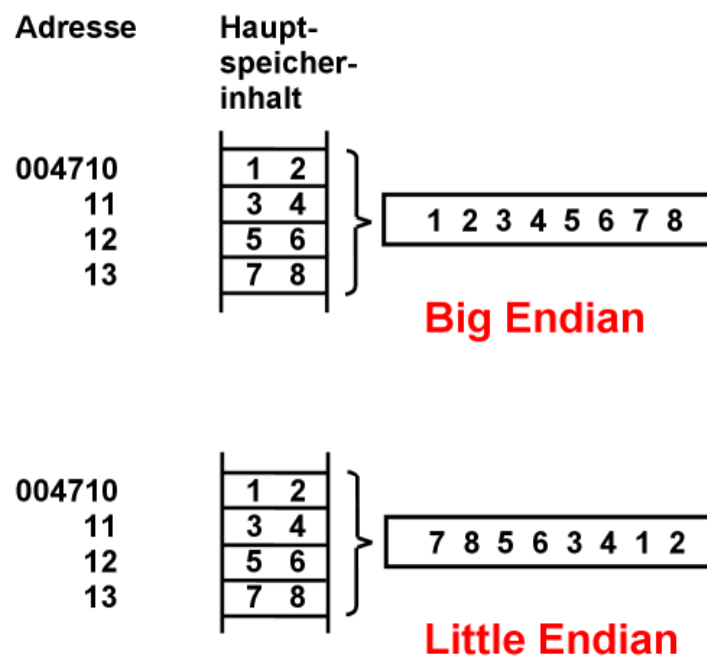


Abb. 1.3.5
a) Anordnung der Bytes im Hauptspeicher

Eine Hauptspeicheradresse adressiert ein einziges Byte im Hauptspeicher. Unter der „Endianess“ eines Rechners versteht man die Reihenfolge, in der eine Gruppe von Bytes im Hauptspeicher abgespeichert werden.

Nehmen wir einen Maschinenbefehl an, der 4 aufeinanderfolgende Bytes in ein Mehrzweckregister der Zentraleinheit ladet. Werden die Bytes in aufsteigender oder in absteigender Reihenfolge geladen ?

Wenn Halbworte oder Worte im Hauptspeicher gespeichert sind, dann befindet sich an der adressierten Hauptspeicherstelle:

- Das wertniedrigste Byte bei Little Endian Rechnern
- Das werthöchste Byte bei Big Endian Rechnern

Die Bytes eines Halbwortes oder Wortes werden bei Little Endian Rechnern in umgekehrter Reihenfolge abgespeichert wie bei Big Endian Rechnern.

Dies ist in Abb. 1.3.5 dargestellt. Es enthält die Hauptspeicheradresse 004710

- das werthöchste Byte bei der Big Endian Architektur
- das wertniedrigste Byte bei der Little Endian Architektur

Mainframes, die meisten Unix Rechner und das Internet verwenden die Big Endian Architektur. x86 und Ethernet verwenden die Little Endian Architektur.

Für Konvertierungszwecke enthält die x86 Architektur einen „Byte Swap“ Maschinenbefehl, mit dessen Hilfe die Endianess eines Feldes im Hauptspeicher umgedreht werden kann.

1.3.10 System z Speicherschutz

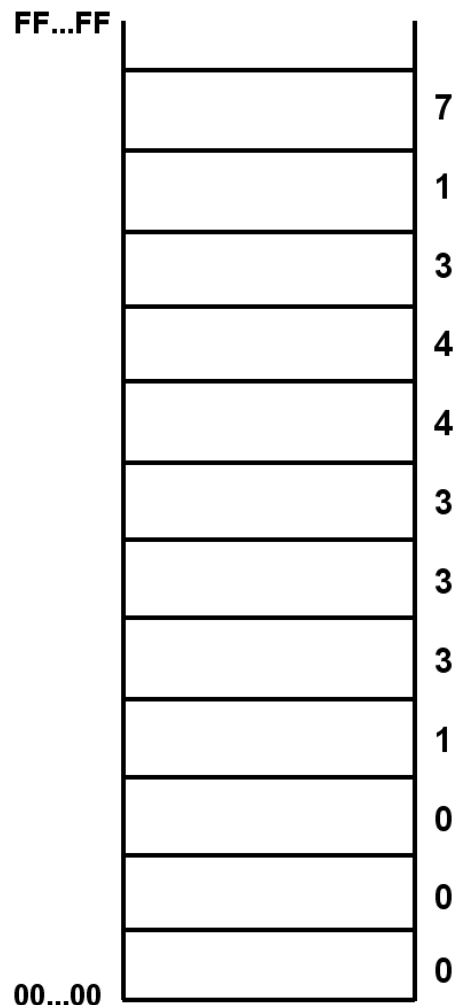


Abb. 1.3.6
Aufteilung des Hauptspeichers in 4 KByte Blöcke

Hardware-Speicherschutz (Storage Protection) ist eine einzigartige Einrichtung der Mainframes. Der Hardware-Speicherschutz teilt den Hauptspeicher in 4096 Byte große Blöcke auf und ordnet jedem dieser Blöcke einen 4 Bit Speicherschutzschlüssel (Storage Key) zwischen 0 ... 15 zu, der in einem getrennten Schnellspeicher abgespeichert wird. Der Speicherschutzschlüssel wird in einem 4-Bit-Feld des CPU Status Registers (Program Status Word, PSW) gespeichert. Bei jedem Speicherzugriff wird aus einem Schnellspeicher dieser Speicherschutzschlüssel ausgelesen und mit dem 4-Bit-Feld im PSW verglichen. Nur wenn dieser Vergleich positiv ausfällt (4-Bit-Felder sind identisch), erfolgt der Zugriff.

Die einzelnen Prozesse haben unterschiedliche Speicherschutzschlüssel. Somit wird verhindert, dass die Programme eines Prozesses auf Speicherbereiche eines anderen Prozesses zugreifen können.

Die hierfür erforderliche Logik ist in Abb. 1.3.7 dargestellt.

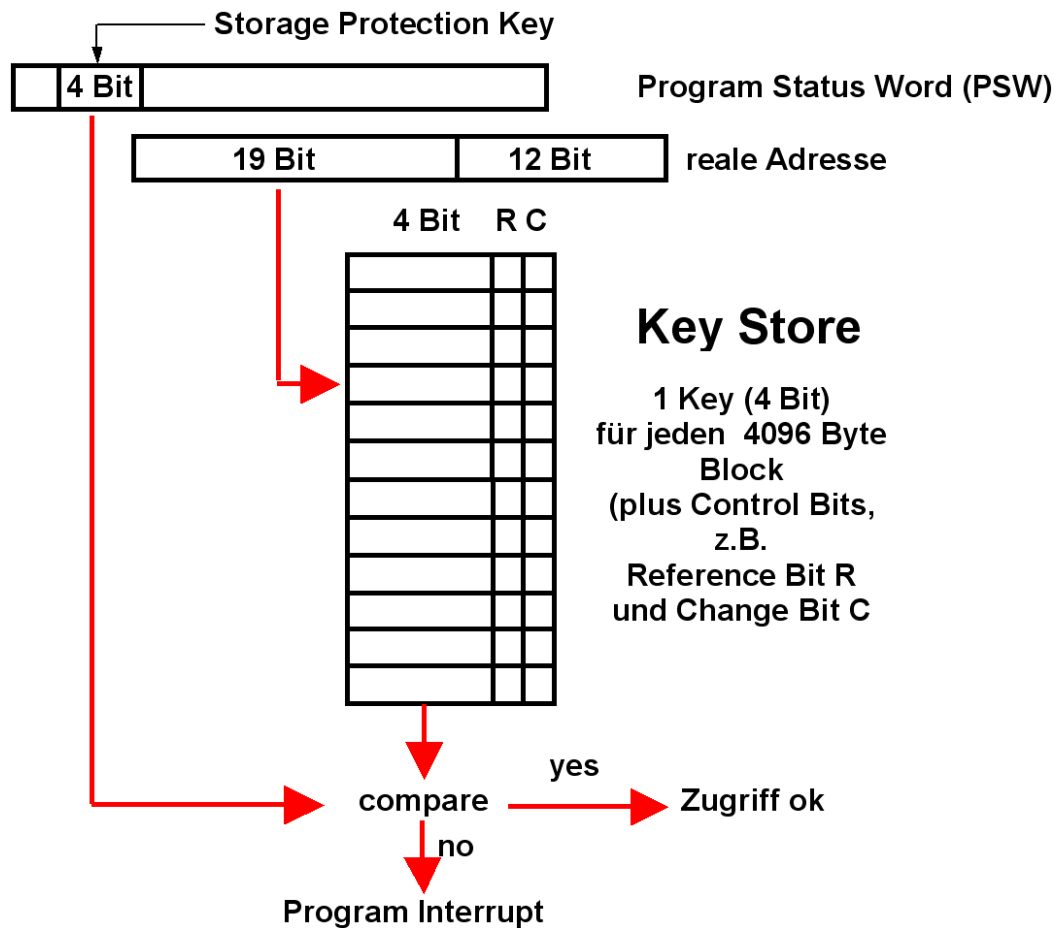


Abb. 1.3.7
Storage Keys

Bei jedem Hauptspeicher-Zugriff wird der Wert im Key Store für den adressierten 4 KByte Block mit dem Wert im PSW verglichen. Nur bei Übereinstimmung wird der Zugriff durchgeführt

Literatur: ABCs of z/OS System Programming, Volume 10, Section 1.24, S. 43
<http://www.redbooks.ibm.com/redbooks/pdfs/sg246990.pdf>

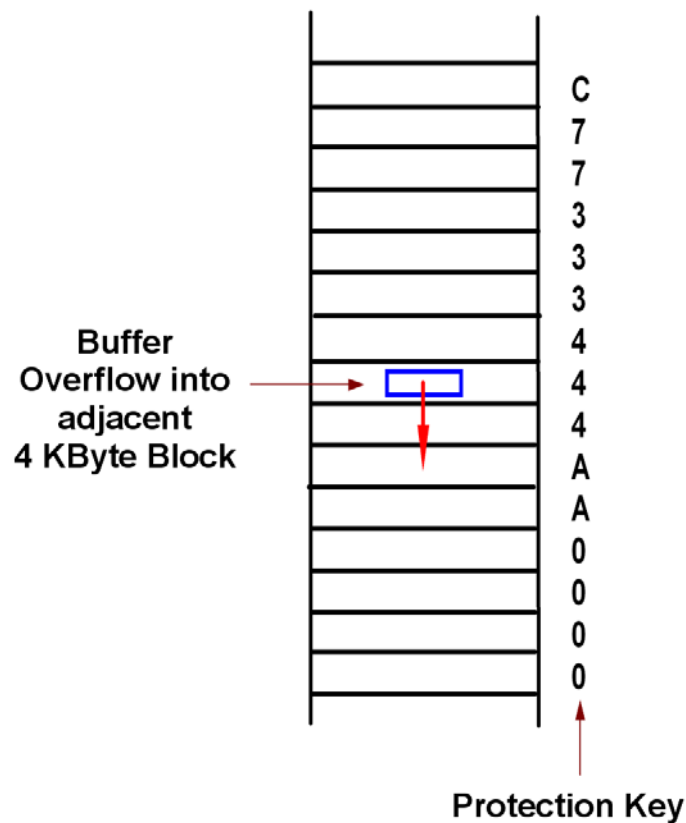


Abb. 1.3.8
Buffer Overflow Prevention

Der Hauptspeicher ist in 4 KByte große Blöcke mit unterschiedlichen Storage Keys aufgeteilt. Dies verhindert ein bekanntes Sicherheitsproblem, den Buffer-Overflow.

Versucht ein Prozess auf den (realen) Hauptspeicherbereich eines anderen Prozesses zuzugreifen, so verhindert die Storage Protection Einrichtung den Zugriff, wenn die Storage Keys ungleich sind.

Vor allem der Zugriff auf Betriebssystem-Kernel Funktionen wird damit ausgeschlossen.

1.3.11 Hardware Management Console

Ein PC verfügt über ein BIOS. Letzteres implementiert Maschinencode, der in einem Teil des Hauptspeichers liegt, auf den ein Benutzerprozess nicht zugreifen kann.

Eine äquivalente Mainframe-Funktion heißt Firmware, IBM intern auch als LIC (Licensed Internal Code) bezeichnet. Der Firmware-Bereich ist außerhalb des Adressbereichs der Maschinenbefehle im Hauptspeicher untergebracht. Er wird beim Hochfahren eines Rechners durch einen als IML (Initial Microcode Load) bezeichneten Vorgang in den Speicher geladen.

Firmware hat zahlreiche Funktionen. Er implementiert z.B. manche komplexe Maschineninstruktionen oder umfangreiche Diagnostik- und Fehlerbehandlungs-Funktionen. Die in Abschnitt 12.3 beschriebene PR/SM-Einrichtung wird ebenfalls mittels Firmware implementiert.

Wenn man beim Hochfahren eines PC eine Funktionstaste drückt, kann man BIOS-Funktionen aufrufen. Beim Mainframe ist diese Funktionalität sehr viel umfangreicher, während des laufenden Betriebs verfügbar, und wird als „Operator Facilities“ bezeichnet. Ein System-Administrator kommuniziert mit Hilfe der Operator Facilities mit dem Rechner. Er erledigt damit Aufgaben wie das Setzen von Datum und Zeit, das Reset von Subsystemen, Architectural Mode Selection, das Eingreifen in einen ausführenden Programmablauf oder ein Reagieren auf Maschinenfehler-Unterbrechungen. Ebenfalls dazu gehört die Funktion eines Boot-Managers, beim Mainframe als Initial Program Load (IPL) bezeichnet. Mainframe-Rechner verfügen über ein als „Hardware Management Console“ (HMC) bezeichnetes Bildschirm-Gerät, das ausschließlich der Nutzung der Operator Facilities durch den System-Administrator dient.

1.3.12 Control Unit

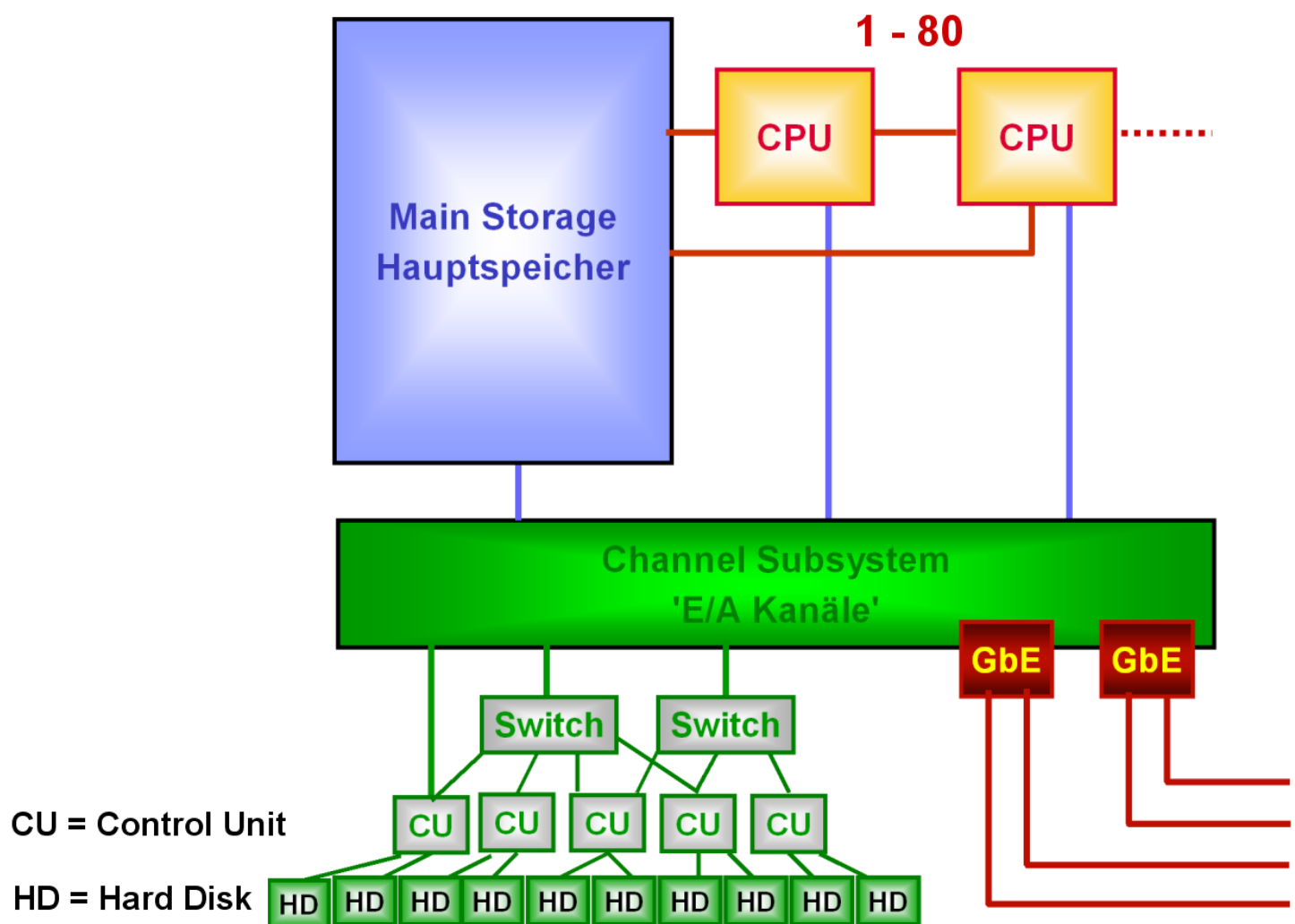


Abb. 1.3.9
Hardware Struktur eines Mainframe Systems

Ein Mainframe System besteht zumindest aus einer oder mehreren (bis zu 101) Prozessoren, einem Hauptspeicher, und Anschlüssen für Ein/Ausgabe (E/A) Geräte, besonders Festplattenspeicher (Hard Disk) und Netzwerkanschlüsse, häufig Gigabit oder 10 GBit Ethernet (GbE). Plattenspeicher und andere Input/Output Geräte (I/O) werden grundsätzlich über Control Units (CU) angeschlossen.

Bei einem PC erfolgt die Ansteuerung eines Plattenspeichers durch eine als I/O Driver bezeichnete Komponente des Betriebssystems. Die Ausführung des I/O Driver Codes benötigt CPU Zeit.

An viele PCs ist nur ein einziger Plattenspeicher angeschlossen. An einen Mainframe können Tausende, Zehntausende oder Hunderttausende von Plattenspeichern angeschlossen sein. Zur Entlastung der CPU(s) wird die I/O Driver Abarbeitung auf dezentrale Spezialrechner ausgelagert, die als Control Units bezeichnet werden. Ohne diese Auslagerung wäre ein Mainframe Rechner niemals in der Lage, die erforderliche hohe Ein/Ausgabeleistung, besonders Plattenspeicherdurchsatz, zu erbringen.

Zum Anschluss der Control Units und Plattenspeicher wird ein Netzwerk von Verbindungen benötigt, die als Kanäle (Channels) bezeichnet werden. Kanäle werden den einzelnen I/O Anforderungen dynamisch zugeordnet, was ebenfalls sehr verarbeitungsaufwendig ist. Um hiervon die CPU(s) zu entlasten, erfolgt die Ansteuerung der Kanäle durch eine getrennte Komponente, das „Channel Subsystem“.

Die Ein/Ausgabe Ansteuerung wird in Abb. 5.2.9 und in Band 2, Abschnitt 12.3 und 12.4 dargestellt.

1.3.13 Magnetbandspeicher

Fast alle Mainframe Installationen verwenden Magnetbänder um weniger häufig gebrauchte Daten zu speichern, und/oder um Daten zu archivieren.

Auf Magnetbänder (Tapes) wird mit Hilfe von Robotern zugegriffen. Diese verfügen über eigene Control Units, die von z/OS angesteuert werden. Ein Magnetband-Roboter ist in der Lage, eine Magnetbandkassette aus einem Regal zu entnehmen und in eine Magnetband Lese/Schreibstation einzulegen, um einen automatischen Zugriff zu ermöglichen. Der Umfang dieser Magnetbanddaten übertrifft den Umfang der Plattenspeicherdaten typischerweise um einen Faktor 10.

Eine typischerweise nochmals um einen Faktor 10 – 100 größere Datenmenge ist zu Archivierungszwecken ausgelagert.

Auch Magnetbandspeicher oder Magnetbandroboter werden über Control Units an den Mainframe Rechner angeschlossen.

1.3.14 Unterschiedliche Begriffe

Die Mainframe Welt benutzt häufig andere Begriffe als die PC oder Linux Welt. Hier ist ein kleiner Auszug aus meinem Wörterbuch:

z/OS, OS/390	Windows/Unix
Problem State	User Mode
Supervisor State	Kernel Mode
Region	Virtueller Adressenraum
Dataset	File
DASD	Plattenspeicher
Program Status Word	Status Register

DASD = Direct Access Storage Device

1.4 Weiterführende Information

Die meisten Kapitel dieses Buches enthalten einen Abschnitt mit der Überschrift „Weiterführende Information“. Hierbei handelt es sich um Information, die

- zur Erläuterung hilfreich ist, oder
- ganz einfach interessant ist, oder
- zur Entspannung dienen soll.

Teilweise handelt es sich dabei um YouTube Videos, mehrheitlich von der IBM Vertriebsorganisation. Videos aus anderen Quellen können Sie herunterladen und mit dem VLC Media Player (<http://www.videolan.org/vlc/>) oder einem Player Ihrer Wahl betrachten.

Das wichtigste Dokument

z/Architecture Principles of Operation:

<http://publibz.boulder.ibm.com/epubs/pdf/dz9zr001.pdf>

Dies ist die “Bibel” der Mainframe Architektur. Frühere Ausgaben gehen zurück bis in das Jahr 1964.

Berufsaussichten für Mainframe Spezialisten

Auf der Seite

<http://www.cedix.de/beruf/index.html>

finden Sie Informationen über die Berufsaussichten für junge Mainframe Nachwuchskräfte.

Ein Video zu gleichen Thema finden sie unter

http://www.linkedin.com/news?viewArticle=&articleID=799215892&gid=2196066&type=member&item=72622228&articleURL=http://www.abc.net.au/lateline/business/items/201109/s3326317.htm&urlhash=yx3e&goback=.gde_2196066_member_72622228%22

Sternstunde der Menschheit

Die Entstehung der Mainframes und der S/360 Architektur im Jahre 1964 ist eines der ganz ungewöhnlichen Ereignisse, so unwahrscheinlich, dass es eigentlich nie hätte passieren dürfen.

Die Vorgeschichte, die hierzu führte, ist in einigen Dokumenten beschrieben, die sich teilweise wie ein Kriminalroman lesen, und gut zur Entspannung eignen. Dies sind besonders

- die Erinnerungen von IBM Vizepräsident Bob O. Evans, der seinerzeit für die Entwicklung von System S360 zuständig war
<http://www.cedix.de/Literature/History/boevans.pdf> , und

- zwei Veröffentlichungen aus der Wirtschafts-Zeitung Fortune:

I.B.M.'s \$ 5,000,000,000 Gamble

<http://www.cedix.de/Literature/History/FiveMillGamble1.pdf> , und

The rocky Road to the Marketplace

<http://www.cedix.de/Literature/History/RockyRoad1.pdf>

Der wissenschaftliche Hintergrund ist beschrieben in

<http://www.cedix.de/Literature/History/Amdahl.pdf>

YouTube Videos

In YouTube existieren zahlreiche Videos zum Thema Mainframe, teilweise mit einem sehr vertriebsorientierten Hintergrund. Einige Beispiele sind:

"What is IBM zEnterprise System?"

<http://www.youtube.com/watch?v=m9rC4yYbW2E>

IBM launches "System zEC12" Mainframe

<http://www.youtube.com/watch?v=DPcM5UePTY0>

<http://vimeo.com/4586385>

Besonders faszinierend ist die Installation eines mittelständischen Unternehmens, der EFIS AG in Dreieich bei Frankfurt/M. Sie ist in einem Jahrhunderte-alten Gebäude untergebracht, und benutzt kühle Kellerluft an Stelle eines Klimagerätes. Ein Vorreiter für „grüne IT“.

<http://www.youtube.com/watch?v=8fIF9WUx5qA>

Siehe auch [http://efis.paymentgroup.de/fileadmin/files/documents/EFiS PM 30.09.08.pdf](http://efis.paymentgroup.de/fileadmin/files/documents/EFiS_PM_30.09.08.pdf)

Siehe auch www.heise.de

<http://www.heise.de/newsticker/meldung/IBMs-Mainframe-zEC12-mit-5-5-GHz-schnellen-Prozessoren-1675535.html>

How to hack a z/OS System

z/OS verfügt über eine solide Sicherheits-Architektur. Mainframes haben die Reputation, dass sie immun gegen Viren, Trojaner und Hacker Angriffe sind, vorausgesetzt, der Systemadministrator hat die Sicherheitseinstellungen nicht deaktiviert. In den 13 Jahren, in denen wir einen z/S Rechner betreiben, haben wir kein einziges Mal einen Security Patch installiert. Wir benutzen auch keinen Virenschanner.

Es ist möglich, in die Sicherheitseinrichtungen (eine begrenzte Anzahl von) Hintertürchen zu öffnen. Normalerweise würde der Sicherheitsadministrator sicherstellen, dass das nicht passiert.

Aber wenn aus Nachlässigkeit oder ähnlichen Gründen

Stuart C. Henderson zeigt in einem Referat, worauf der Systemadministrator achten muss:

<http://www.cedix.de/VorlesMirror/Band1/Henderson01.pdf>

Science Fiction

... and if you are interested to know, what Mainframes have to do with science fiction, read

Simba Wiltz: Mainframe- Beginnings,

http://www.amazon.com/Mainframe--Beginnings-Simba-Wiltz/dp/1401022871/ref=sr_1_2?s=books&ie=UTF8&qid=1328899842&sr=1-2

Well, maybe the relationship does not cover much more than the name.