



# **Enterprise Computing**

## **Einführung**

**Prof. Dr.-Ing. Wilhelm G. Spruth**  
**Dipl. Inf. Gerald Kreißig**

**WS2016/17**

## **Erklärungen zur Ausdrucksweise von Begriffen**

### **„Daitsch sein sehr schwer Sprach“**

Die Informatik ist geprägt durch die Verwendung von zahlreichen englischen Fachbegriffen.

Wir werden sehr zurückhaltend beim Gebrauch von deutschen Übersetzungen an Stelle der englischen Fachbegriffe sein. Die zwischenmenschliche Kommunikation ist schwierig genug und sollte nicht mit zusätzlichen, nicht allgemein akzeptierten Übersetzungen belastet werden. Dies gilt auch für Lehrtexte wie das vorliegende Vorlesungskript.

Besondere Schwierigkeiten treten auch bei der Schreibweise auf. Beispiele Klient oder Client, Transaktion oder Transaction. Tutorium oder Tutorial?

Wo man in der Umgangssprache die englische Aussprache benutzt (Beispiel: Java Transaction API) wird die englische Schreibweise benutzt, andernfalls die deutsche. Dies hat zur Folge, dass im Text die englischen und die deutschen Schreibweisen nebeneinander auftreten können. (Beispiel Client/Server aber „Anzahl der Klienten“).

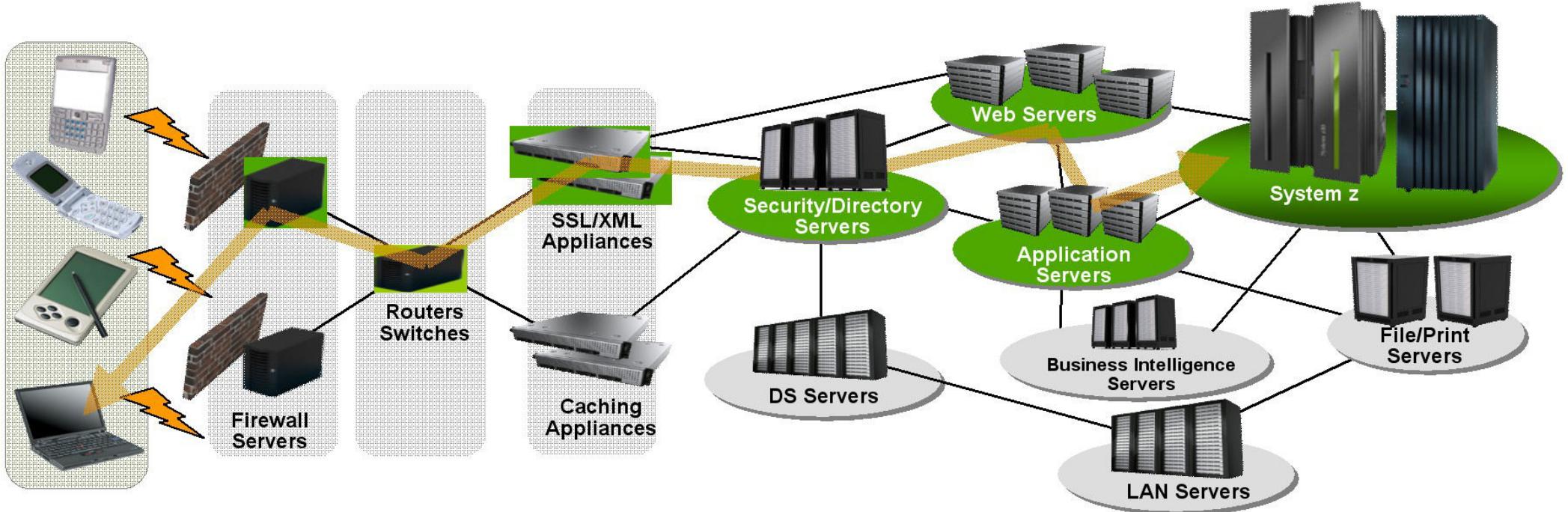
Für manche Begriffe existiert keine eindeutige Übersetzung. So drückt der englische Begriff „Performance“ etwas anderes aus als das deutsche „Leistungsverhalten“.

In einigen Fällen wirkt die deutsche Schreibweise gekünstelt. So verwenden wir durchgängig die englische Schreibweise Platform statt Plattform.

# **Einführung Teil 1**

# **Eigenschaften eines Mainframes**

# Was ist Enterprise Computing?



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.

# Was ist Enterprise Computing?

Bei den tausenden, zehntausenden oder hunderttausenden von Klienten handelt es sich um Bildschirm-Arbeitsplätze, Tablets, Mobiltelefone, Registrierkassen, Geldausgabeautomaten, Kreditkarten Terminals, Industrielektronik 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 derzeitig auf dem Markt verfügbar sind oder in der Vergangenheit verfügbar waren. Dazu kommen die verschiedenen Kommunikationsnetze (Local Area Network, 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.

# 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, „Linux on System z“ offiziell) 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.

# 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 aktuellen zSeries läuft!

Bereits vor langer Zeit wurden Mainframes als technologische Dinosaurier bezeichnet.

Hier einige Zitate von Vorher- und Aussagen einiger „Industrieexperten“:

## 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

**CeBIT**  
HANNOVER  
13. – 20. 3. 2002

Wir wollen aus:  
Halle 1, Stand 8a2



Vor dreißig Jahren lag sie  
voll im Trend.  
Genau wie Ihr Mainframe.

**Sun Fire 15K Server: Der schnellste kommerzielle Computer**  
**CEBIT, Hannover, 13. – 20.3. 2002**

## The Hype

Die obige Anzeige 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 und Weise herüberbringt. Leider war die Botschaft falsch.

Unternehmen, denen der Rechner verkauft wurde, erlebten anschließend eine böse Überraschung. Die Sun Fire Linie von Systemen hatte viele Zuverlässigkeit- 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://jedi.informatik.uni-leipzig.de/de/VorlesMirror/es/Vorles/UnsafeAtAnySpeed.pdf>

## Und was ist passiert?

***“A decade after pundits declared the mainframe dead, more than 70% of the world's digital information resides on these machines. And last year (2003), IBM's sales of big iron actually increased 6%, to \$4.2 billion.”***

Quelle: BusinessWeek April 2004

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

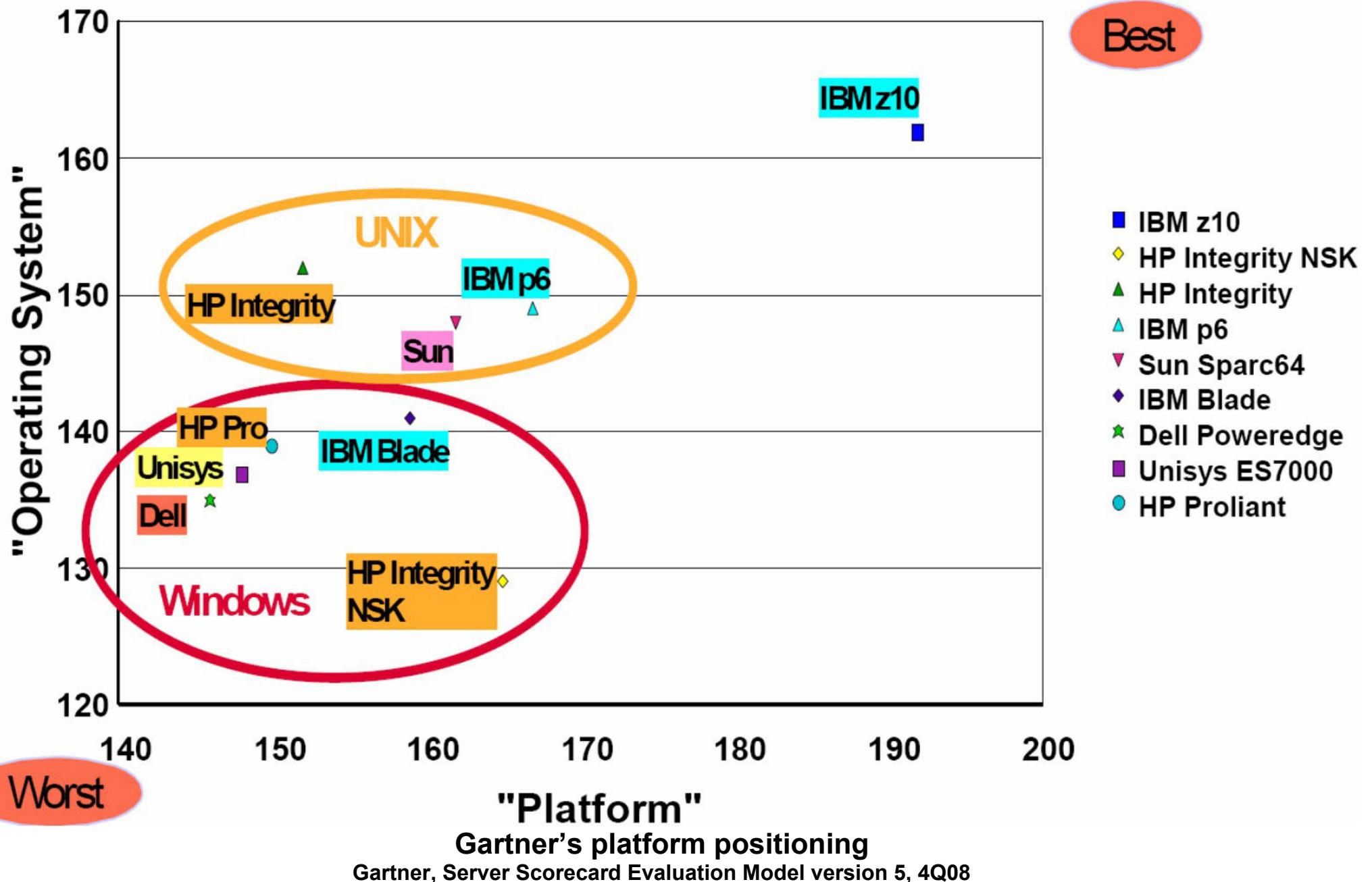
Computerwoche 9/2006, 3. März 2006, S. 26

## The Reality

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 Evaluation Model) publiziert, welcher die Merkmale von großen Systemen evaluiert. Mainframes waren immer die Nr. 1, sowohl in der Gesamtwertung als auch in nahezu allen individuellen Merkmalen.

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.



## **Gartner's Platform Positioning**

### **Gartner, Server Scorecard Evaluation Model version 5, 4Q08**

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.

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 Position Nr. 1 ein. Dies gilt nicht nur für die Gesamtwertung, sondern in nahezu allen Fällen auch für Einzelbewertungen.

Der mit 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.informatik.uni-leipzig.de/cs/Literature/Features/report.pdf>

# **System z, S/390, z/OS, OS/390**

## **Technologische Führungsposition**

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. Multi Layer Ceramic (MLC), Multi-Chip Module (MCM)
- 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-Transaktionsmanager
- WebSphere Web Application Server und MQSeries
- Persistent Reusable Java Virtual Machine ([siehe Veröffentlichung](#))

Veröffentlichungen unter <http://www-ti.informatik.uni-tuebingen.de/~spruth/publish.html>

# **Einführung Teil 2**

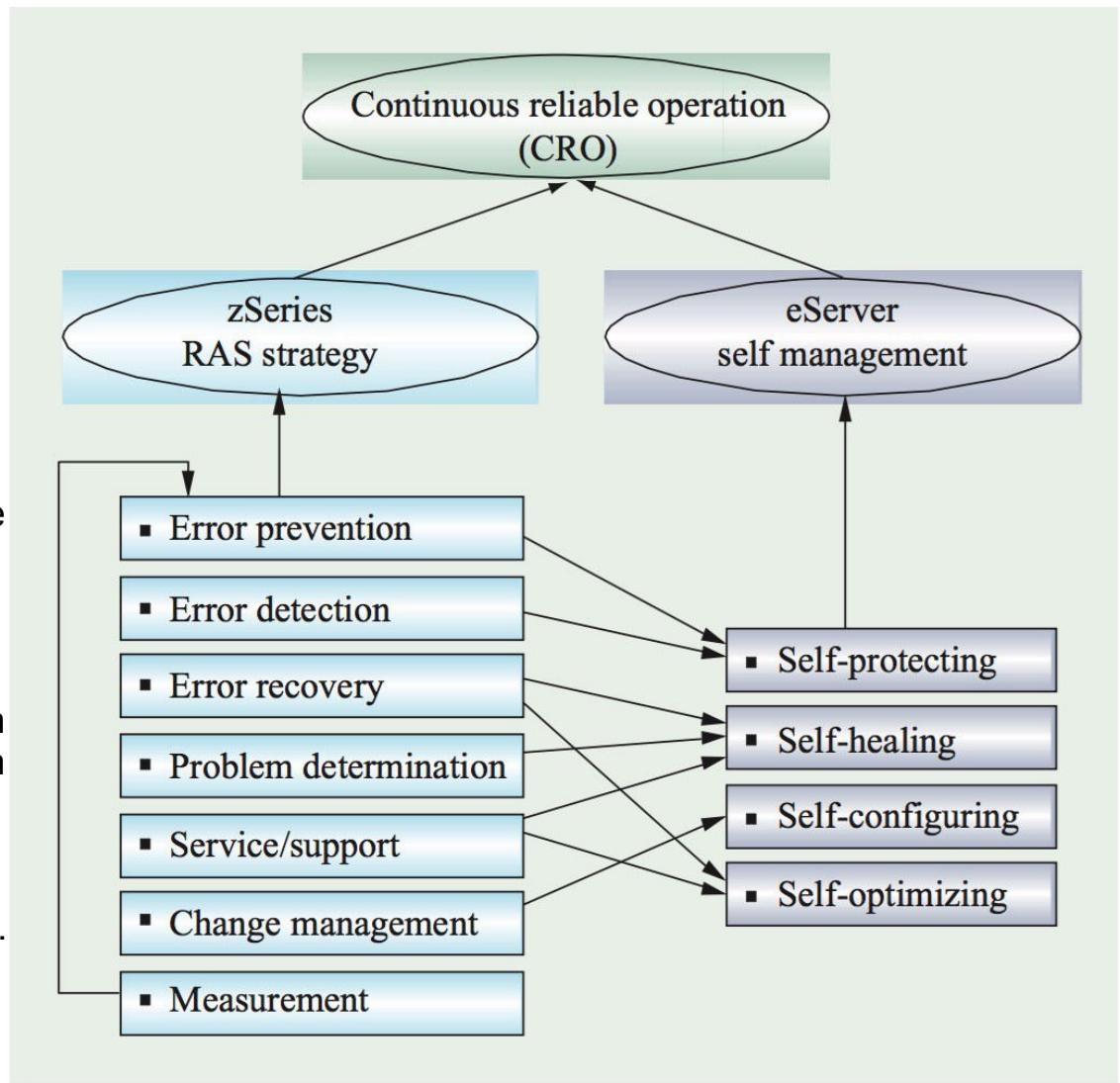
# **RAS – Reliability, Availability, Serviceability**

# Kontinuierlicher und zuverlässiger Betrieb

Einer der Hauptansprüche eines Mainframes ist seine kontinuierliche und zuverlässige Verfügbarkeit. Diese Ziele – **continuous and reliable** – verlangen von dem System, dass die Kundenanwendungen ohne Unterbrechungen von Fehlern, Wartung oder Änderungen der Hardware oder Software ausgeführt werden und dabei fehlerfreie Programmausführungen und Datenintegrität gewährleisten.

Um diese Ziele zu erreichen, sind in einem System eine Reihe von Funktionen schon beim Design der Chips, der Boards, des Frames und der Systemsoftware (Firmware) architekturell implementiert worden.

Diese Funktionen implementieren eine **RAS Strategie** mit verschiedenen Building Blocks, die unabhängig vom Betriebssystem sind und damit jedem System, e.g. auch Linux auf z, zu Gute kommen. Diese Funktionen werden ergänzt durch Eigenschaften, die es dem System die Fähigkeit geben, sich selbst zu managen und dabei durch entsprechende Serviceanwendungen sich selbst zu reparieren und wenn notwendig neu zu konfigurieren.



# RAS – Reliability, Availability, Serviceability

Die **funktionalen Eigenschaften** eines Computers werden durch die Anwendungen wie z.B. Datenabfragen, Bankgeschäfte, Maschinensteuerung, Warenverkehr, Personalverwaltung, etc. beschrieben und stellen für die Kunden bzw. den Benutzern dar, **was** der Rechner zu leisten hat.

Die **nicht-funktionalen Eigenschaften** von Computern sind alle Faktoren, die bestimmen, **wie** die Anwendungen ausgeführt werden. Dazu gehören die Geschwindigkeit, mit der eine Aufgabe gelöst werden kann, sowie die Verfügbarkeit und die Zuverlässigkeit des Systems. Letztere werden bei Großsystemen unter dem Begriff **RAS** zusammengefaßt.

Unter RAS versteht man:

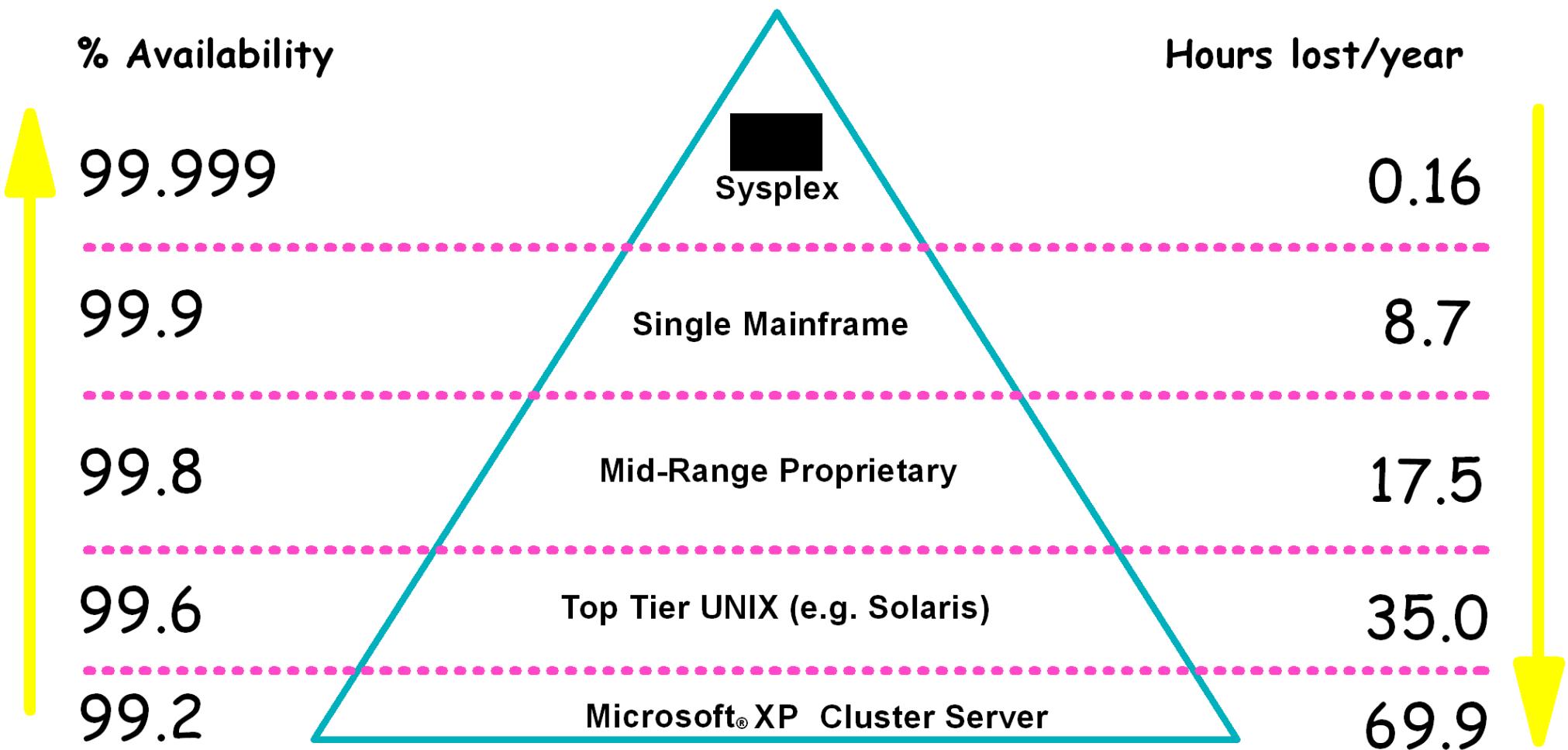
- **Reliability** – Zuverlässigkeit, die gewünschte Funktion deterministisch auszuführen
- **Availability** – Verfügbarkeit des Systems
- **Serviceability** – das System mit minimaler Unterbrechung zu warten

Weitere nicht-funktionalen Eigenschaften sind:

- **Recoverability** – im Fall eines Fehlers kann das System weiter ausführbar sein
- **Integrity** – die Daten im System haben immer einen wohldefinierten und konsistenten Stand
- **Scalability** – das System kann sich der Workload anpassen
- **Manageability** – der Betreiber des Systems hat das System in jeder Situation unter Kontrolle
- **Security** – in das System kann nicht eingedrungen werden und es kann keine Schadsoftware installiert werden
- **Adaptability** – das System kann neue Anwendungen ausführen

Das **z** in **System z** steht für "Zero Downtime"

# Verfügbarkeit



## Classes of 9s:

99,999% Verfügbarkeit bedeutet, dass der Rechner pro Jahr bis auf 0,16 Stunden (etwa 10 Minuten) erreichbar ist. Dies wird bei einem IBM Mainframe mit einer Sysplex Konfiguration erreicht.



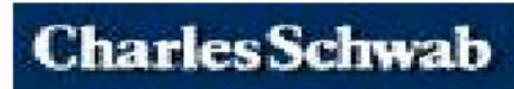
\$4000/minute

### Semiconductor Hersteller



\$16,667/minute

### Wall Street On-line Brokerage



\$108,000/minute



\$1M/minute

Source: SmartPartner Mag Sep18, 2000  
CIO FedEx

Diese Folie 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 Dollar pro Minute.

## **Federal Express**

Stellen Sie sich ein Logistik Zentrum von Federal Express vor. Mittels des voll automatischen Hochregal Lagers werden Lastwagen im 3 Minuten Takt beladen, 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.

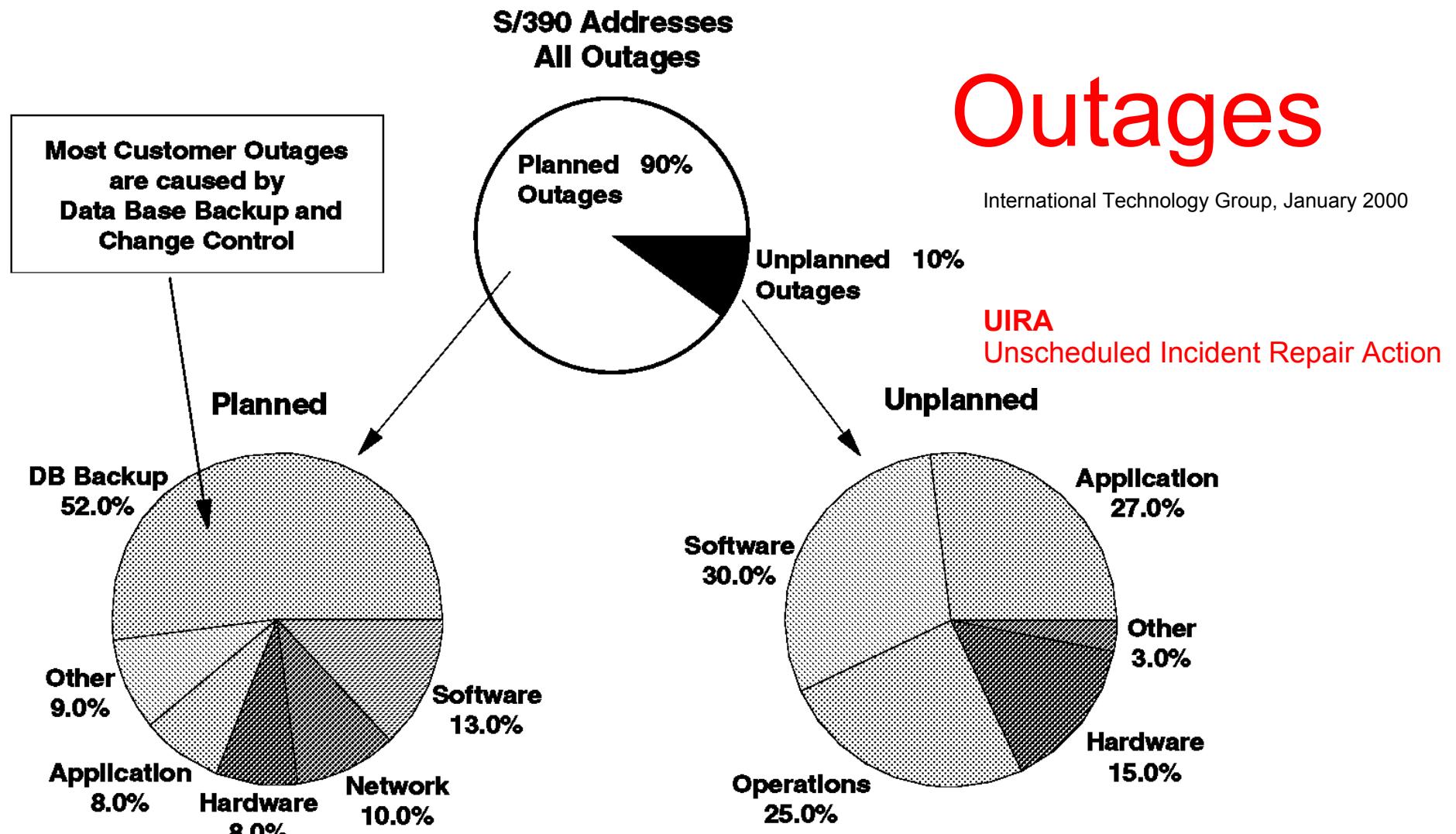
## **Toll Collect**

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.

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

# Outages

International Technology Group, January 2000



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

# Outage (Ausfall)

Outages können geplant oder ungeplant auftreten. 90 % (oder 9 Minuten) der Ausfälle sind geplant

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. In den allermeisten Fällen können die geplanten Ausfälle während des laufenden Betriebs und unbemerkt für alle Benutzer erfolgen.

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 ein unvorhergesehenes Aussetzen während der Lebensdauer des Systems nie auf.

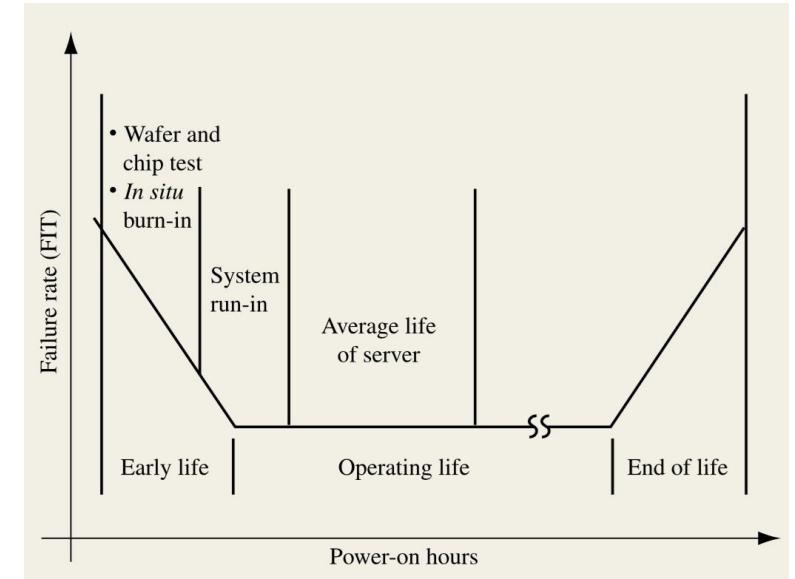
Beispiele für **ungeplante Outages** sind:

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

# Fehlerrate

Diese permanenten Fehler (Hard Errors) werden mit einer **Fehlerrate FIT (Failure In Time)**: 1 FIT = 1 part per million per thousand power-on hours) gemessen und für die Wahrscheinlichkeit des Auftretens dieser permanenten Fehler gibt es im Leben eines Systems 3 Phasen:

- Early Life: die Anzahl der Fehler sinkt drastisch.  
Diese Fehler sind bedingt durch fehlerhaftes Material bzw. falsche Prozesse
- Operating Life: die Fehlerrate ist relativ niedrig und konstant
- End of Life: die Anzahl der Fehler steigt mit der Zeit  
bedingt durch Alterung von Material bzw. Abnutzung von mechanischen Teilen



# 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 sogenannte *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 Plattspeicher RAID 5 oder RAID 6. Es wird geschätzt, dass 30 – 40 % aller Schaltkreise auf einem CPU Chip der Fehlerdiagnose und automatischen 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 Außendienst Techniker unangemeldet auftaucht, um ein Problem zu beseitigen, von dem der Betreiber des Mainframes nicht einmal weiß, dass es überhaupt existiert.

# **Einführung Teil 3**

# **Performance Metrics & Total Cost of Ownership**

# Performance Metrics

Um die Leistung von Prozessoren und Computersysteme zu vergleichen, wird eine gewisse Metrik benötigt.

Da individuelle Programme zur Leistungsmessung – sogenannte Benchmarks – zu kostspielig sind und in vielen Fällen auch nicht praktikabel, gibt es mehrere Methoden, um verschiedene Systeme zu vergleichen.

- clock rate
- instructions per seconds
- reference benchmarks

Diese Zahlen werden häufig benutzt, um die Kapazität einer CPU grob auszudrücken.

Die meisten dieser Zahlen sind aber nur sehr ungenaue Abschätzungen und die aktuelle Leistung eines Systems kann von Anwendung zu Anwendung sehr unterschiedlich sein.

# Clock Rate

Die Clock Rate eines Prozessors ist durch die Frequenz des **Oszillatorkristalls** bestimmt. Typischerweise produziert ein Oszillatorkristall eine feste Sinuskurve, das sogenannte **Frequency Reference Signal**. Dieses Signal wird durch entsprechende Schaltkreise in ein rechteckiges Taktsignal mit der selben Frequenz umgewandelt und an alle digitalen elektronischen Verbraucher des Prozessors gesendet.

Die Clock Rate ist nur einer von mehreren Faktoren, die die Leistung eines Prozessors bestimmen  
Es gibt eine Reihe von weiteren Faktoren, die man bei der Leistungsbewertung einer CPU berücksichtigen muss:

- Breite des Datenbusses
- Latenzzeit des Arbeitsspeicher
- Cache Architektur

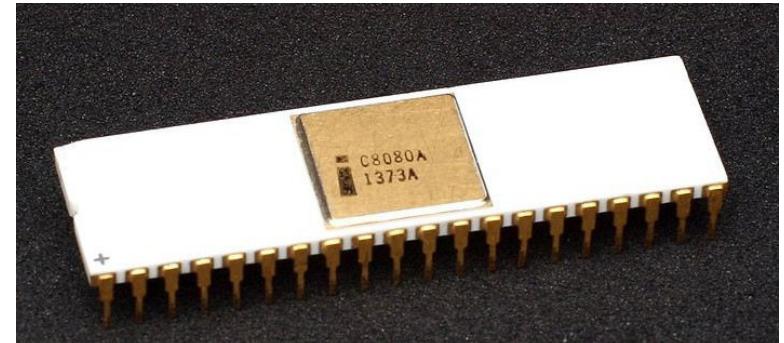
Besonders in einem Mainframe System gibt es eine ausfeilte Cache Architektur und mehrere Cache Ebenen.

Clock Rates sind auch oft irreführend, weil unterschiedliche Prozessor Architekturen verschiedene Sachen in einem Clock Cycle durchführen können. So sind z.B. **Superskalare Prozessoren** in der Lage, mehr als eine Instruktion in einem Clock Cycle auszuführen. Sogenannte RISC (Reduced Instruction Set Computer) Prozessoren benötigen immer einen Cycle pro Instruktion, während CICS (Complex Instruction Set Computer) Prozessoren mehrere Cycles für eine Instruktion brauchen.

## Examples:

- ENIAC → 100 KHz
- Intel 8080 → 2 MHz
- Intel P5 Pentium → 100 MHz
- Intel Core i7 → 3,9 GHz

Es gibt einige Versuche in den Entwicklungslabors, **Overclocked Processors** mit mehr als **8 GHz zu betreiben**.

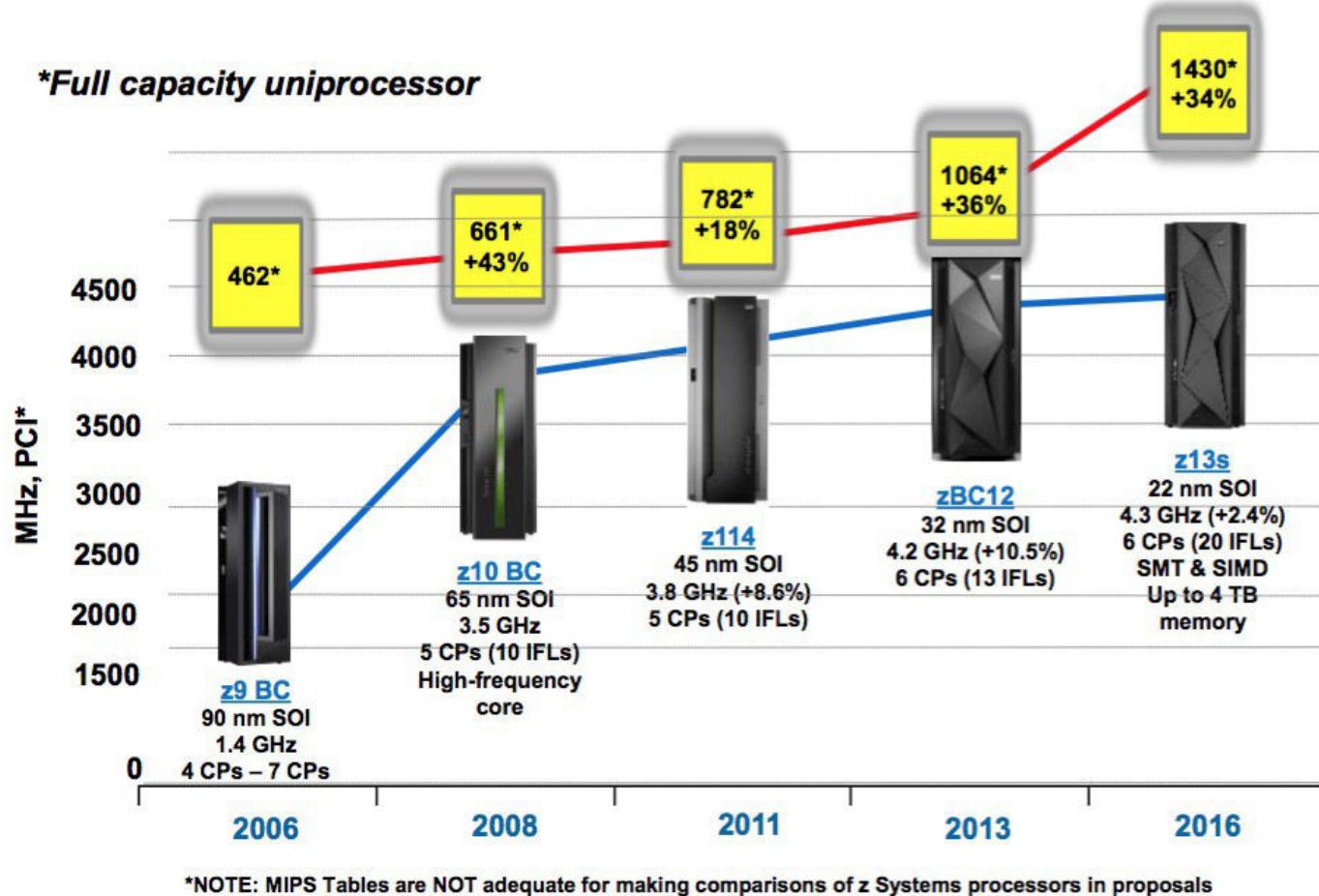


Source: [http://en.wikipedia.org/wiki/Intel\\_8080](http://en.wikipedia.org/wiki/Intel_8080)

Die höchste Clock Rate in einem **Production Processor** heute (2014): **IBM zEC12 → 5,5 GHz**.

# Instructions per Seconds

Die Leistung von Mainframes wurde seit Mitte 1960 mit Instructions per Seconds angegeben, zuerst in **KIPS** – 1000 Instruktonen per Sekunde – und später in **MIPS** – 1 000 000 Instruktionen pro Sekunde.



Die MIPS Zahl taugt wenig zum Vergleichen von Systemen mit unterschiedlicher Prozessorarchitektur, denn die Maschinenbefehle sind sehr verschieden. Insbesonders mit dem Aufkommen der RISC Architektur mit ihren einfachen und schnellen Instruktionen machte es wenig Sinn, sie mit CPUs zu vergleichen, die sehr komplexe Maschinenbefehle haben.

# Floating Point Instructions per Seconds

Die Maßeinheit **FLOPS – Floating Point Instructions per Seconds** wird für den Vergleich von technisch-wissenschaftlichen Rechnern benutzt, da die Anwendungen für diese Systeme hauptsächlich auf Gleitkommaoperationen basieren (siehe Video: [What's a Flop](#) ).

Zweimal im Jahr wird eine [TOP500 Liste](#) veröffentlicht, in der die 500 schnellsten Rechner aufgeführt werden. Dabei ist die Größenordnung von der 1. Liste 1993 bis zur aktuellen Liste  
 131 GigaFlops → TeraFlops → 125 PetaFlops

$10^9$        $10^{12}$        $10^{15}$

um 6 Zehnerpotenzen gestiegen

Da auch bei diesen Systemen die Instruktionen und besonders die Gleitkommabefehle abhängig von der Rechnerarchitektur unterschiedlich implementiert sind, gibt es ein standardisiertes Meßprogramm, den LINPACK Benchmark, mit dem die Spitzenleistung der Systeme gemessen werden kann.

Parallel zu der TOP500 Liste gibt es noch die [GREEN500](#) Liste, auf der die leistungsfähigsten Supercomputer bezogen auf ihren Verbrauch aufgelistet werden.

Green500 Rank	MFLOPS/W	Site*	Computer*	Total Power (kW)
1	6,673.84	Advanced Center for Computing and Communication, RIKEN	Shoubu - ZettaScaler-1.6, Xeon E5-2618Lv3 8C 2.3GHz, Infiniband FDR, PEZY-SCnp	149.99
2	6,195.22	Computational Astrophysics Laboratory, RIKEN	Satsumi - ZettaScaler-1.6, Xeon E5-2618Lv3 8C 2.3GHz, Infiniband FDR, PEZY-SCnp	46.89
3	6,051.30	National Supercomputing Center in Wuxi	Sunway TaihuLight - Sunway MPP, Sunway SW26010 260C 1.45GHz, Sunway	15,371.00

Rank	Site	System	Cores	Rmax [TFlop/s]	Rpeak [TFlop/s]	Power (kW)
1	National Supercomputing Center in Wuxi China	Sunway TaihuLight - Sunway MPP, Sunway SW26010 260C 1.45GHz, Sunway NRPC	10,649,600	93,014.6	125,435.9	15,371
2	National Super Computer Center in Guangzhou China	Tianhe-2 [MilkyWay-2] - TH-IVB-FEP Cluster, Intel Xeon E5-2692 12C 2.200GHz, TH Express-2, Intel Xeon Phi 31S1P NUDT	3,120,000	33,862.7	54,902.4	17,808
3	DOE/SC/Oak Ridge National Laboratory United States	Titan - Cray XK7 , Opteron 6274 16C 2.200GHz, Cray Gemini interconnect, NVIDIA K20x Cray Inc.	560,640	17,590.0	27,112.5	8,209
4	DOE/NNSA/LLNL United States	Sequoia - BlueGene/Q, Power BQC 16C 1.60 GHz, Custom IBM	1,572,864	17,173.2	20,132.7	7,890
5	RIKEN Advanced Institute for Computational Science (AICS) Japan	K computer, SPARC64 VIIIIfx 2.0GHz, Tofu interconnect Fujitsu	705,024	10,510.0	11,280.4	12,660
6	DOE/SC/Argonne National Laboratory United States	Mira - BlueGene/Q, Power BQC 16C 1.60GHz, Custom IBM	786,432	8,586.6	10,066.3	3,945
7	DOE/NNSA/LANL/SNL United States	Trinity - Cray XC40, Xeon E5-2698v3 16C 2.3GHz, Aries interconnect Cray Inc.	301,056	8,100.9	11,078.9	
8	Swiss National Supercomputing Centre (CSCS) Switzerland	Piz Daint - Cray XC30, Xeon E5-2670 8C 2.600GHz, Aries interconnect , NVIDIA K20x Cray Inc.	115,984	6,271.0	7,788.9	2,325
9	HLRS - Höchstleistungsrechenzentrum Stuttgart Germany	Hazel Hen - Cray XC40, Xeon E5-2680v3 12C 2.5GHz, Aries interconnect Cray Inc.	185,088	5,640.2	7,403.5	
10	King Abdullah University of Science and Technology Saudi Arabia	Shaheen II - Cray XC40, Xeon E5-2698v3 16C 2.3GHz, Aries interconnect Cray Inc.	196,608	5,537.0	7,235.2	2,834

# Benchmarks

Wie schon bei den MIPS und FLOPS erwähnt, eignet sich die reine Anzahl von ausgeführten Instruktionen nicht für den Vergleich von Systemen mit unterschiedlichen Architekturen. Stattdessen werden Meßprogramme definiert, die eine gewisse Workload für einen speziellen Zweck vorgeben. Diese Meßprogramme heißen **Benchmarks** und werden für die verschiedenen Rechner implementiert.

Die bekanntesten Benchmarks sind:

- Dhrystone - Integer Processing
- LINPACK - Floating Point Operations
- 3DMark - 3D Graphic Rendering for Gaming
- TPC - Transaction Processing

Der TPC ist eine spezieller Benchmark zum Bestimmen der **Internal Throughput Rate ITR**. Dies ist eine Workload-spezifische Messung, um die Fähigkeit eines Systems in bezug auf die Anzahl von Transaktionen pro CPU Sekunde zu bestimmen. Dabei spielt der Mix verschiedenen Instruktionen (Integer-, Floating-Point Arithmetik, Vergleichsoperationen, Sprungbefehle, etc.) sowie die Anzahl von Speicherzugriffen eine wesentliche Rolle.

$$\text{ITR} = \text{Number of ended Transaction} / \text{CPU Time consumed}$$

Während diese Benchmarks dazu dienen, bestimmte Fähigkeiten einer CPU zu bestimmen, sagen sie aber noch nicht viel über die Kapazität eines Systems aus, d.h. wieviele Benutzer wie schnell bearbeitet werden können. Dazu muß neben der Prozessorleistung auch die Größe und die Latenz des Arbeitsspeicher sowie die I/O Geschwindigkeit berücksichtigt werden

Dazu wird die **External Throughput Rate ETR** benutzt.

Jede Schwachstelle intern und extern zu dem System, auch **Bottleneck** genannt, beeinflußt die ETR.

Dazu gehören:

- I/O Limitationen
- Paging
- Tape Mounting Delay

$$\text{ETR} = \text{Number of ended Transaction} / \text{Elapsed Time}$$

# Was sind die tatsächlichen Kosten des Computers?

Zwei Fragen stellen sich, wenn ein Kunde ein neuen Server anschafft:

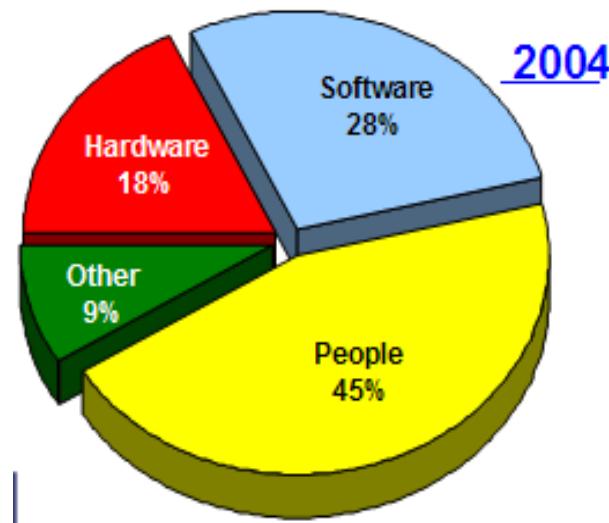
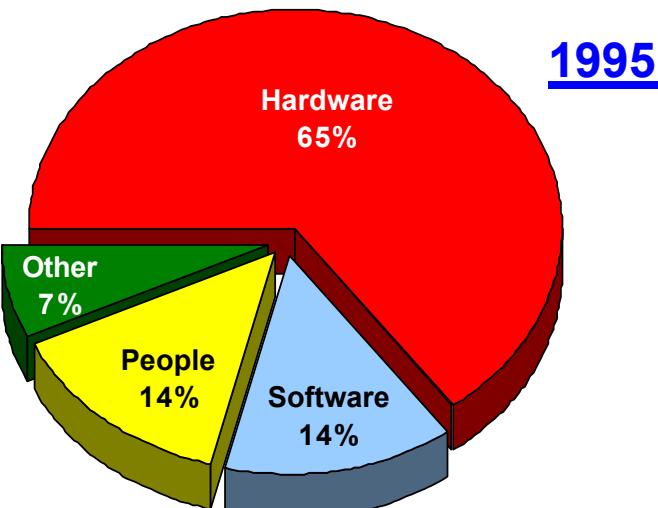
- wie groß ist die Performance und die Kapazität
- wieviel kostet das System

Die 2. Frage scheint sich eindeutig auf die Hardware beziehen. Aber bei einem Mainframe System ist diese Frage nicht so eindeutig und muss auch die Software mit einbeziehen, denn die Lizenzgebühren für die Software sind abhängig von der Leistung der Prozessoren und der Anzahl der Cores.

Deshalb gibt es bei der Anschaffung von neuen Servern 2 Kostenmodelle zu berücksichtigen:

- **TCA – Total Cost of Akquisition:** Kosten der Anschaffung
- **TCO – Total Cost of Ownership:** Kosten des laufenden Betriebs

Die TCO hat sich innerhalb von 10 Jahren drastisch verschoben:



# 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 ausstatten, 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 das Einspielen von Security Patches und Upgrades, sowie die Analyse und Beseitigung von Hardware- oder Software Problemen, Passwortverwaltung, Firewall Updates und die Beseitigung von Netzwerkproblemen.

Ein signifikanter Anteil der TCO wird durch das folgende Scenario 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, irgendetwas auf dem PC umzustruktrieren.

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



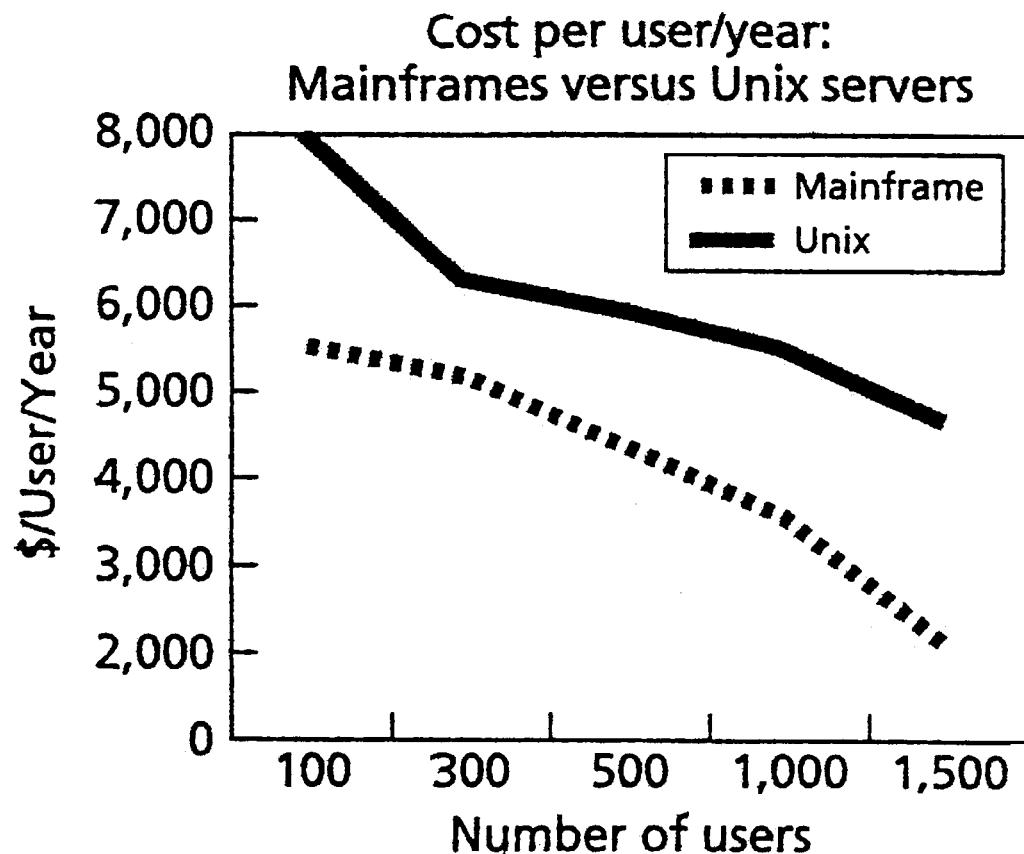
## Total Cost of Ownership, Teil 2

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 oder Thin Clients). In Deutschland liefert die Firma IGEL Technology GmbH (<https://www.igel.com/de/>) z.B. 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.

Dies ist in der folgenden Abbildung dargestellt:

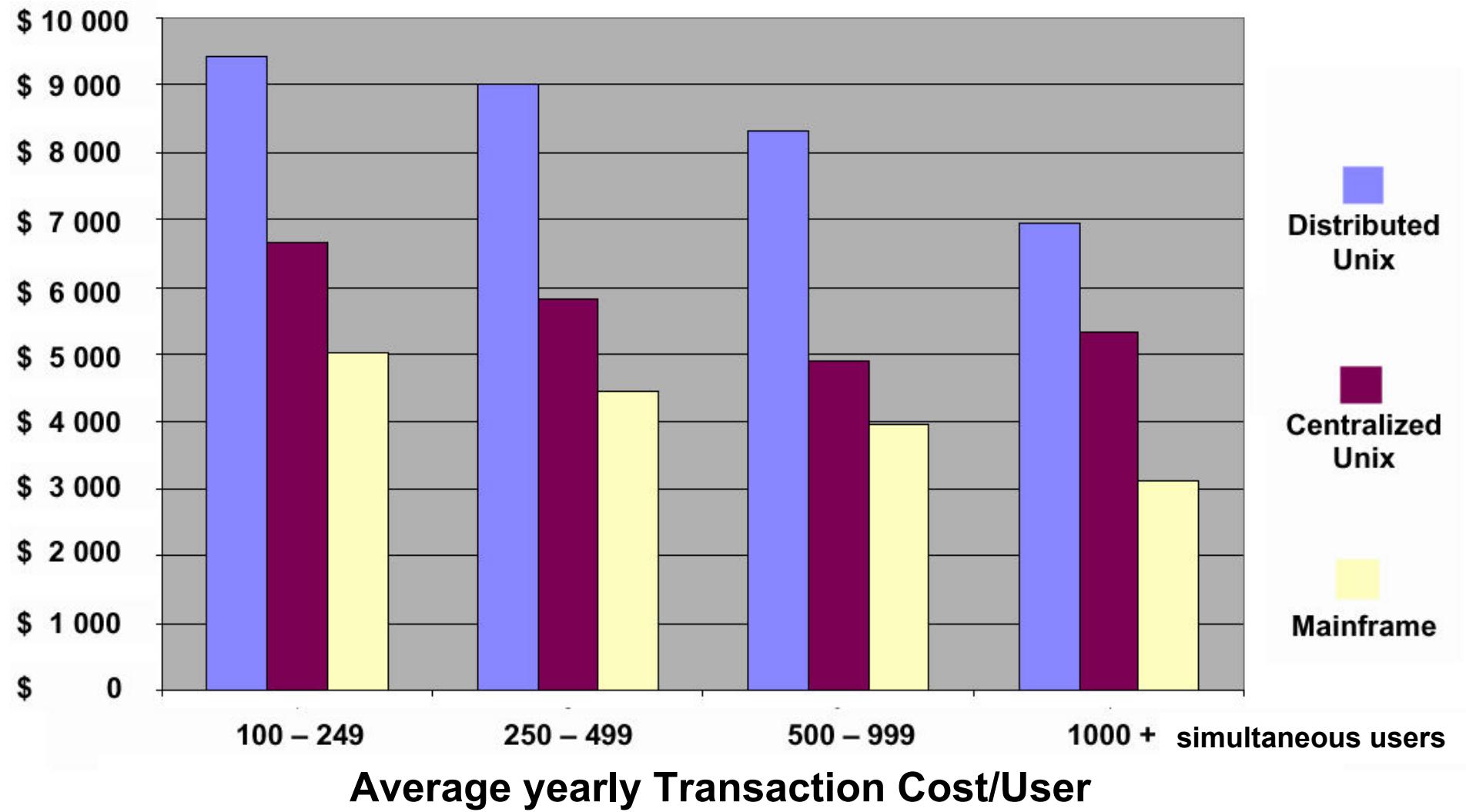


Ted Lewis: „Mainframes are dead, long live Mainframes.“  
IEEE Computer, Aug. 1999, p. 104.

Die hier wiedergegebene Darstellung zeigt die TCO Kosten pro angeschlossenen Benutzer für 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.



**Average yearly Transaction Cost/User**

IDC, 2/1999

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 ...

# **Das Problem der Skalierung**

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 Plattspeicheranschlüsse 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.

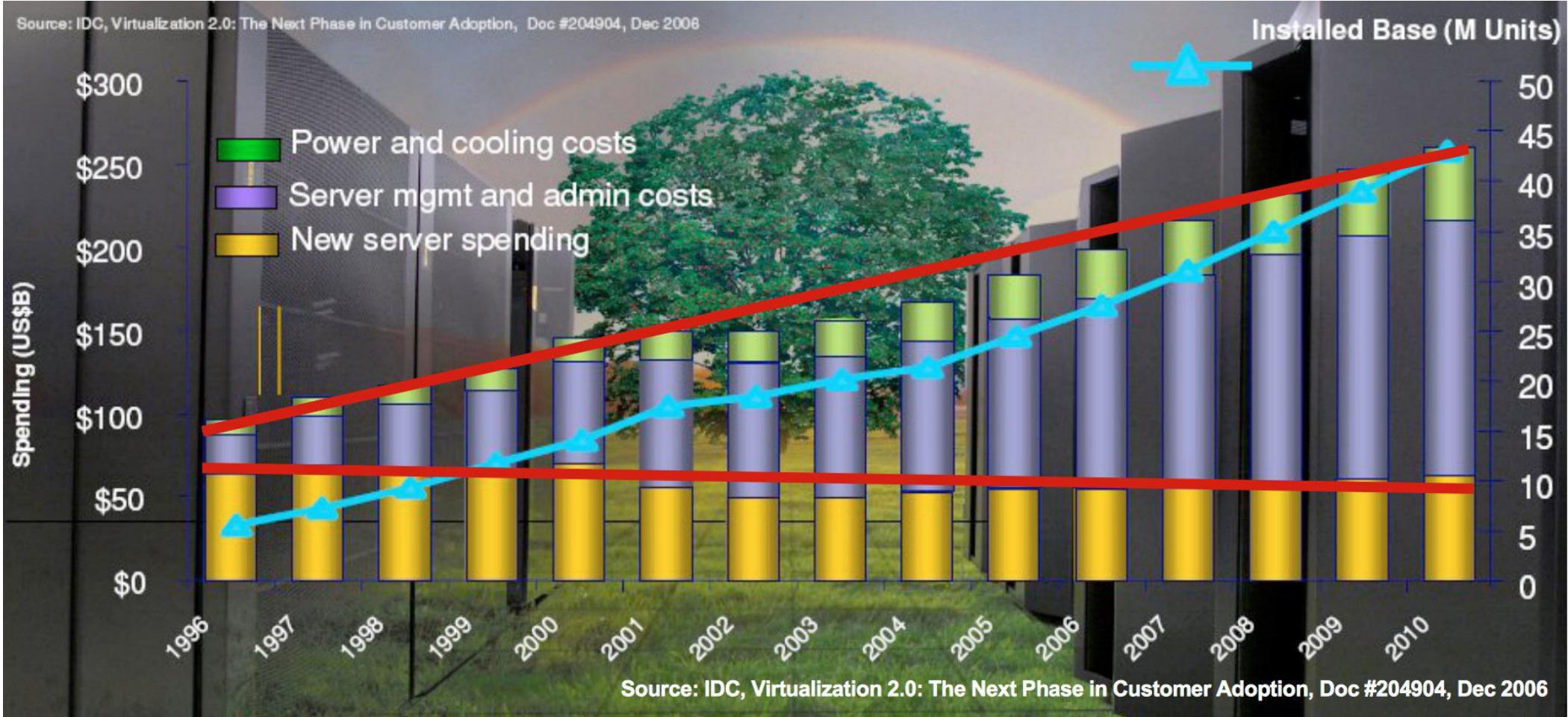
Die meisten Rechner skalieren unterproportional: Doppelt soviel Hardware bringt weniger als doppelt soviel Leistung.

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 vorherigen Grafik 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.

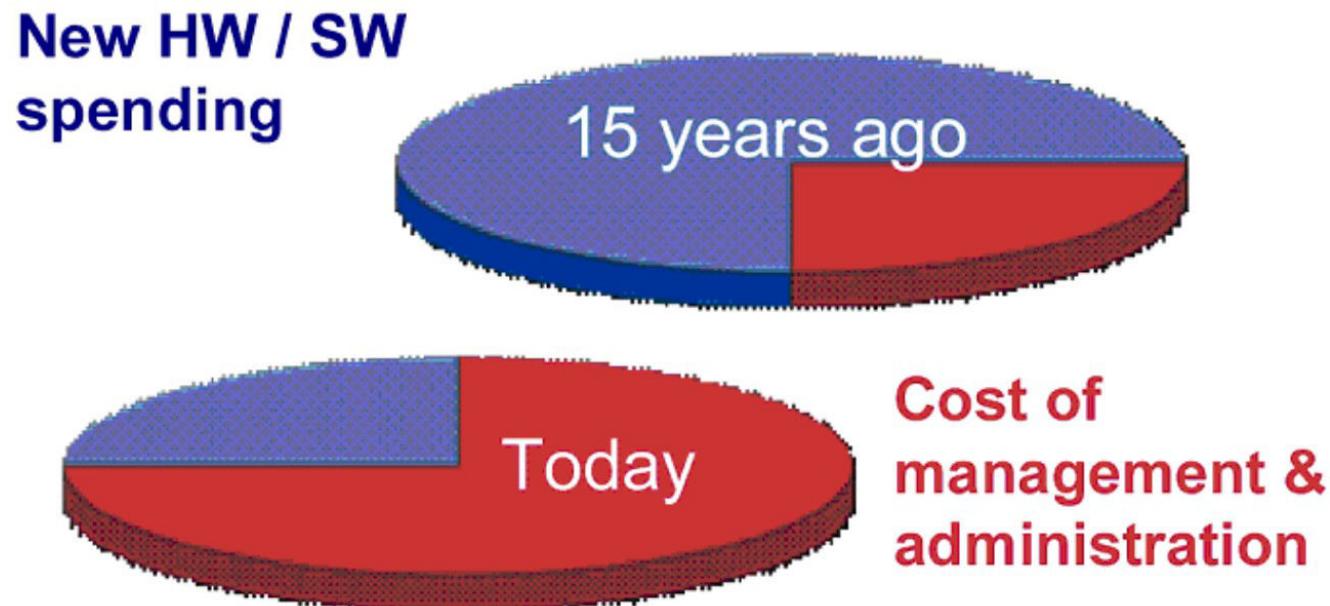
Source: IDC, Virtualization 2.0: The Next Phase in Customer Adoption, Doc #204904, Dec 2006



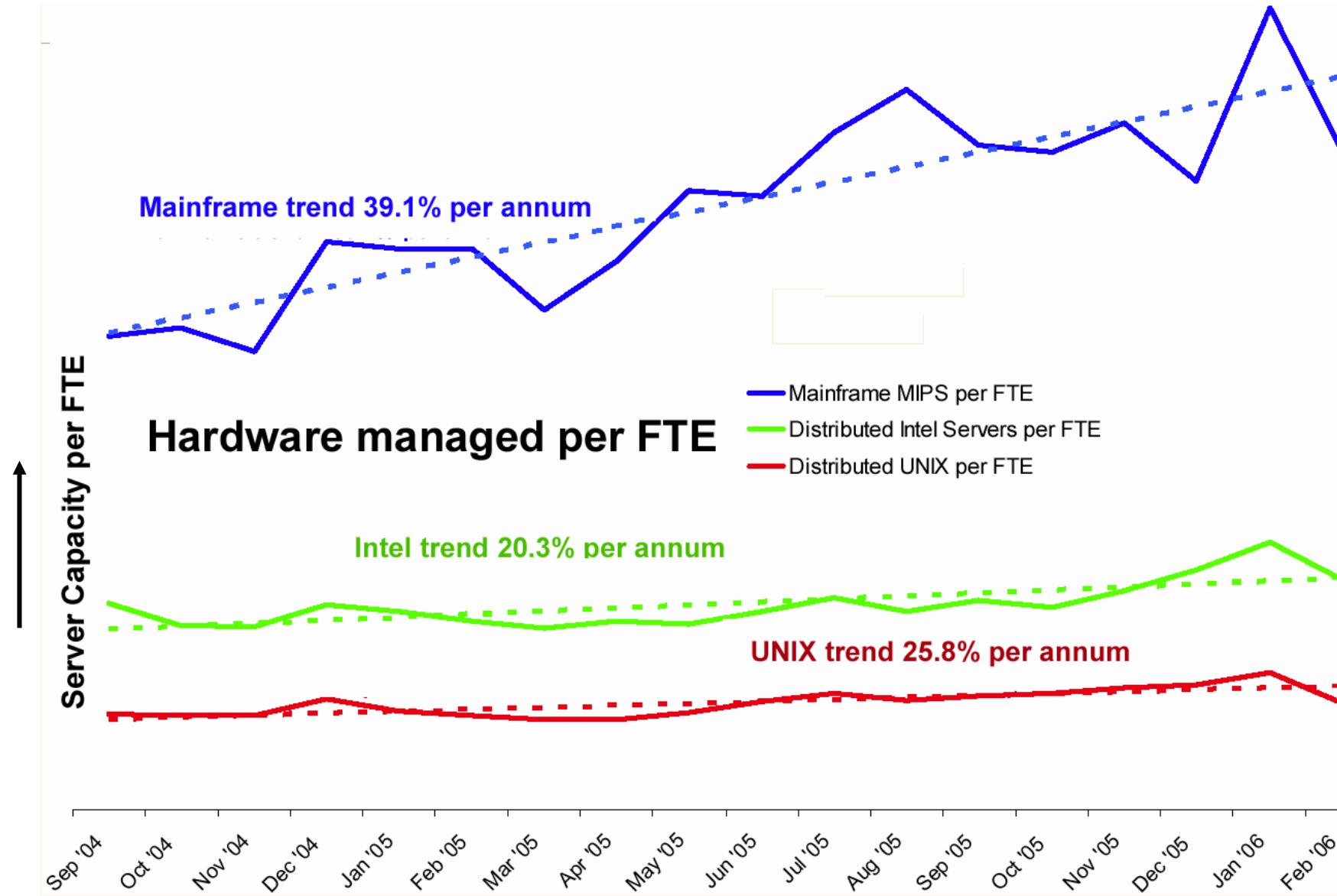
Die hier wiedergegebene Grafik zeigt, dass die Anzahl der weltweit installierten Server in den letzten 15 Jahren stark gestiegen ist. Wegen der immer günstiger werdenden Preise für Hardware und Software sind die Ausgaben dafür aber mehr oder weniger konstant geblieben. Die Administrations- und Management-Kosten (also die Kosten für Mitarbeiter, die den laufenden Betrieb der IT Infrastruktur aufrechterhalten) sind in den letzten 15 Jahren hingegen 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.



Die hier wiedergegebene Grafik 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.



Full-Time Equivalent (FTE) oder Vollzeitäquivalent stellt eine Kenngröße für Arbeitsleistung dar. Eine „Vollzeitarbeitskraft“ stellt z.B. eine 1 (100%) dar und eine „Halbtagsarbeitskraft“ demnach eine 0,5 usw.

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

## Research and Development

Die obige Grafik 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: 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.

<http://www.itjungle.com/big/big071007-story01.html>

# The Cost of distributed Processing

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 und 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 ungerne 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.

# **Einführung Teil 4**

## **Mainframe Outlook**

# Mainframe Auslastung

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

Die Auslastung für eine typische zSeries 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 verwendet die Programmiersprache Cobol. Die Firma IBM übt starken Druck auf ihre Mainframe-Kunden aus, neue Anwendungen bevorzugt in Java zu schreiben. 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.

## 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.

Es finden auch in Europa und den USA Neuinstallationen statt und zwar hauptsächlich zLinux Systeme. Ein Grund ist, dass Mainframes über zahlreiche Funktionseigenschaften verfügen, die auf anderen großen Systemen nicht erhältlich sind. Einige Beispiele sind unter

<http://www.informatik.uni-leipzig.de/cs/Literature/Features/report.pdf> aufgeführt.

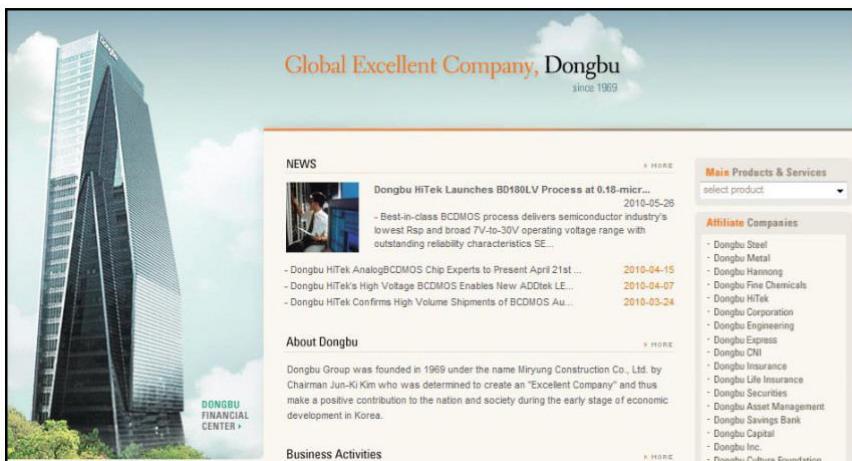
Quote from Mainframe Executive, Sept/Oct 2011

*"We are seeing a very healthy number of companies - more than 250 since the start of 2010 - migrating their workloads to System z. Whether moving your ERP system from UNIX to System z or simply bringing the Web front-end to zEnterprise, beyond simple engine growth, System z is impacting the server market.*

*In 2Q11, System z revenue grew 61 percent year-to-year and MIPS were up 86 percent.*

*Additionally, according to IDC's Worldwide Quarterly Server Tracker, during the first quarter of 2011, System z outgrew the total server market by 29 points."*

# Beispiele für neue Installationen



## Dongbu Insurance, South Korea

Zweitgrößter Versicherer in Korea

z/OS, Linux, DB2, WAS

Konsolidierung aller Anwendungen auf z10

\$60 Million IT Infrastruktur Vertrag

## Comepay, Russia & Commonwealth of Independent States

Dienstleister für Selbstbedienungsbankautomaten

10.000 – 30.000 Trans / sec

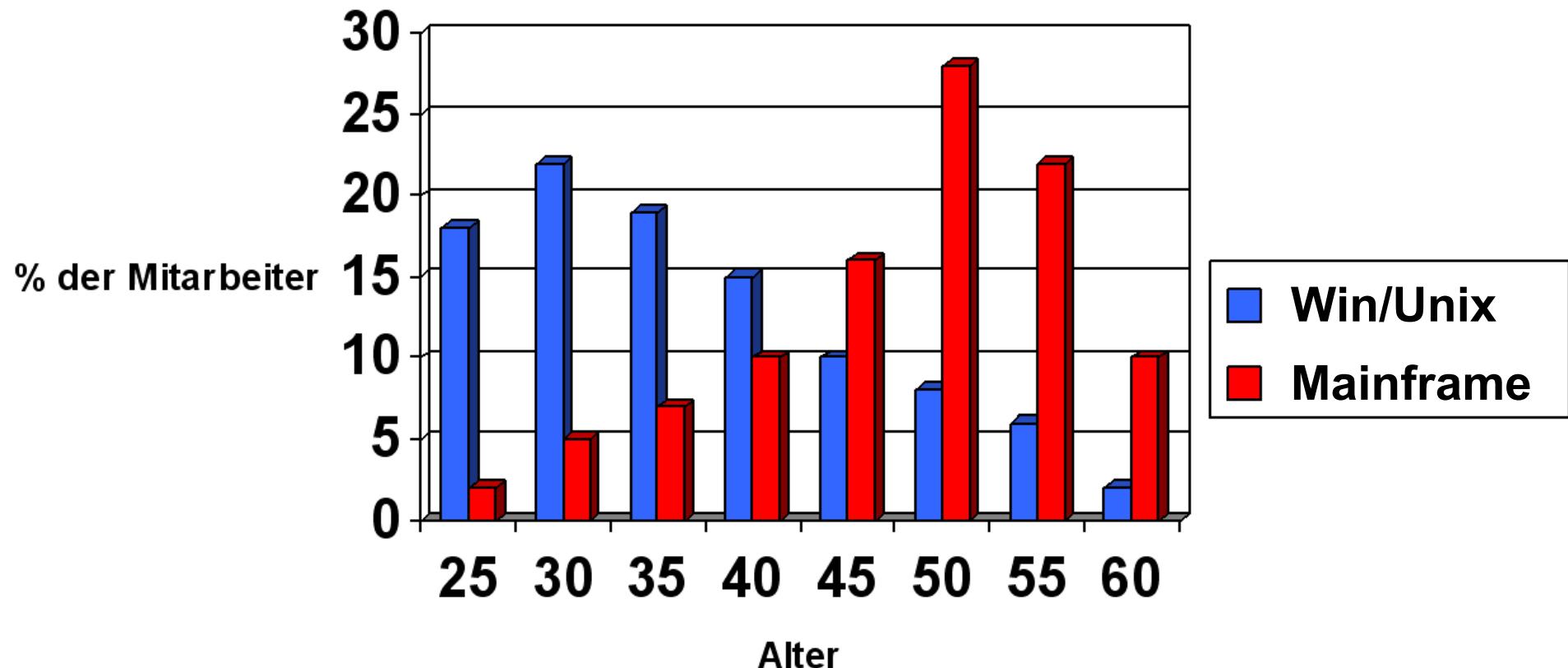
<http://www-03.ibm.com/press/us/en/pressrelease/32004.wss>

... weitere: Kookmin Bank, Korea; BC Card, Korea; Hyundai Swiss Savings Bank, Korea  
First National Bank, Namibia; Russian Railways; Government of Slovenia;  
India's Housing Development Finance Corp; Bank of China, Hongkong; ...

# Altersverteilung Mitarbeiter

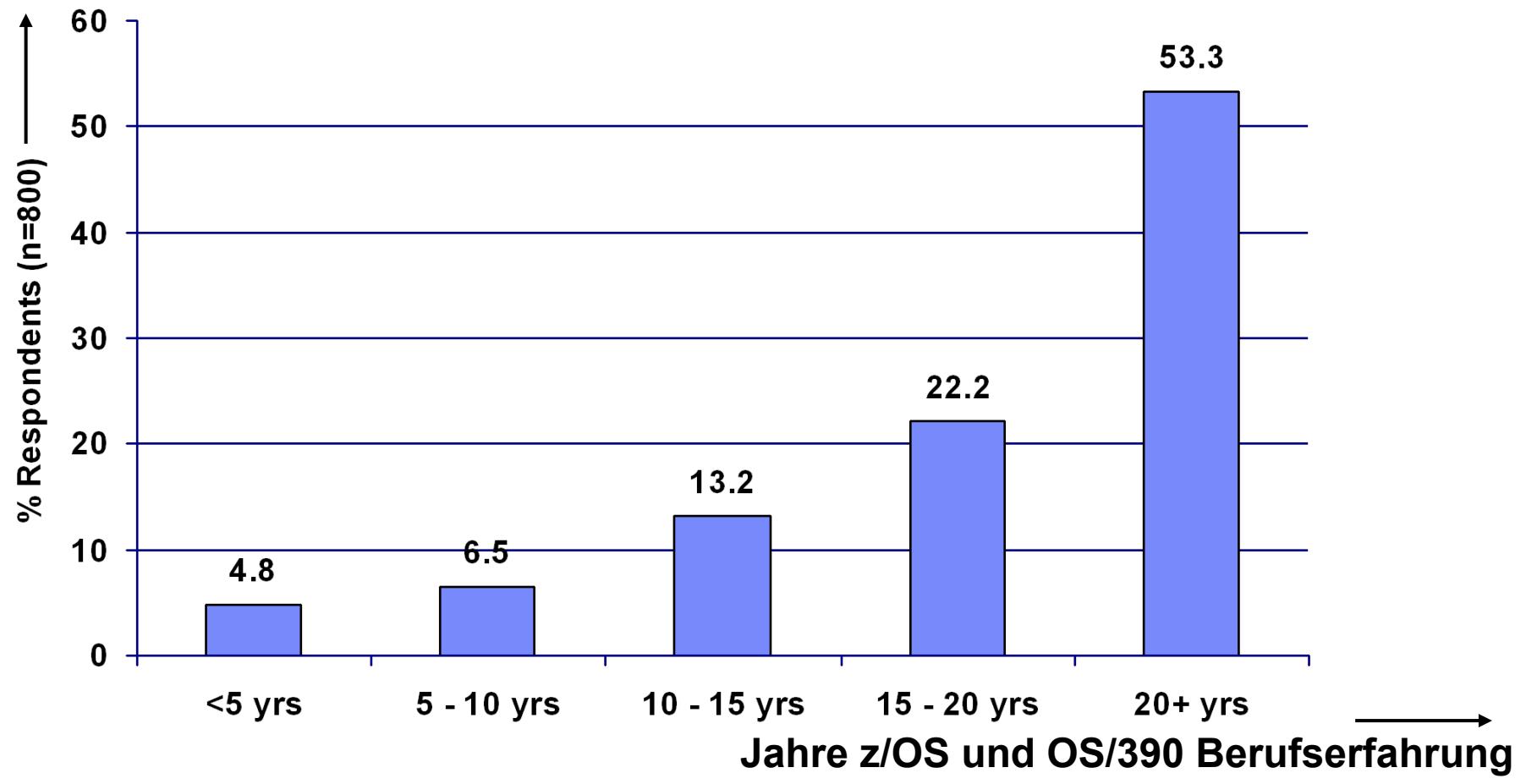
Dies ist das größte Problem für die Zukunft der Mainframes. Die Unternehmen haben in den letzten 10 – 20 Jahren hauptsächlich Unix und Windows Spezialisten, aber kaum Mainframe Spezialisten eingestellt.

(Quelle: Meta Group's Survey)



Da Mainframes an den Hochschulen als veraltet gelten, wurde kaum Mainframe Nachwuchs ausgebildet.

Dies hat sich inzwischen geändert und an vielen Universitäten auch in Deutschland gibt es dedizierte Mainframe Ausbildung, z.B. Uni Karlsruhe, Uni Leipzig, Uni Tübingen uvm..



## **53% der Mainframe Experten sind im Alter 50+**

Die hier gezeigte Grafik bestätigt das Bild. Hochschulabsolventen mit Mainframe Kenntnissen haben hervorragende Berufsaussichten.

Einzelheiten zu diesem Thema finden Sie unter  
<http://www.informatik.uni-leipzig.de/cs/beruf/index.html>

## 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.

# 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.

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

# Mainframe Skills Shortages Expose Rising Costs and Increased Business Risks

November 21, 2011

---

Compuware Corporation (Nasdaq: CPWR), the technology performance company, today released the results of an independent research study conducted by Vanson Bourne\* into mainframe use in the enterprise. Key findings from the international survey indicate that a retiring mainframe workforce is exposing enterprises to rising costs and increased business risks.

In the study of 520 CIOs, 71 percent state they are concerned that the looming mainframe skills shortage will hurt their business. Specifically, CIOs are concerned this will result in increased application risk (58 percent), reduced productivity (58 percent) and more project overruns (53 percent).

“One minute of a mainframe application outage can cost nearly \$14,000\*\* in lost revenue for the average enterprise according to this study. The research also confirms that these already high costs – and the associated business risks – are poised to increase because of looming skills shortages,” said Kris Manery, Senior Vice President and General Manager, Mainframe Solutions Business Unit, Compuware. “Experienced developers are business-critical assets, which is why nearly half (43 percent) of mainframe operational expenses goes toward their salaries. The loss of

Weitergehende Informationen zu Berufsaussichten unter  
<http://www.informatik.uni-leipzig.de/cs/beruf/demand01.pdf>

**Zu Abschluss**  
**ein Video über System z**  
**Ein Traum von einem Mainframe**

## **Einführung Teil 5**

### **Weiterführende Information**

Einige Themen unserer Moodle Vorlesungsskripte enthalten ein Kapitel mit der Überschrift „Weiterführende Information“. Hierbei handelt es sich um Information, die nicht Prüfungs-Bestandteil ist, sondern

- 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. Andere Videos aus unterschiedlichen Quellen können Sie herunterladen und mit dem VLC Media Player (<http://www.videolan.org/vlc/>) oder einem Player Ihrer Wahl betrachten.

## **Berufsaussichten für Mainframe Spezialisten**

Auf der Seite

<http://www.informatik.uni-leipzig.de/cs/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](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)

## 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=8flF9WUx5gA>

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 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. Sie kann jedoch umgangen werden, wenn die Sicherheitseinrichtungen fehlerhaft eingesetzt werden.

Die Mainframe Sicherheits-Architektur stellt einen soliden Schutzwall zur Verfügung. Mainframes haben die Reputation, dass sie immun gegen Viren, Trojaner und Hacker Angriffe sind, vorausgesetzt, der Systemadministrator hat die Sicherheitseinstellungen nicht deaktiviert. Es ist möglich, in diesem Schutzwall (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.stuhenderson.com/XBRKZTXT.PDF>

## **Einführung Teil 6**

# **Entwicklung des maschinellen Rechnens**

---

Die hier folgende Präsentation ist kein Prüfungsstoff.

Aber vielleicht interessiert Sie, wie sich die Rechentechnologie im Laufe der Jahrtausende entwickelt hat.  
Falls dies der Fall ist, blättern Sie weiter.

# **Astrolabium Computer von Antikythera**

Dies ist der älteste bekannte Computer.

Astronomisches Gerät, u.a. von Philoponus im Jahr 625 nach Christus im ägyptischen Alexandrien beschrieben.

Implementierungsbeispiel ist der "Computer von Antikythera", 82 v.Chr. gebaut, 1900 in einem Wrack in 40 Meter Tiefe vor der griechischen Insel Antikythera gefunden. Schiffsuntergang etwa 80 n. Chr.

Bronze-Mechanismus in einem 30 Zentimeter hohen Holzkasten eingebettet





# Computer von Antikythera

Vorderseiten tragen eine Skalierung, an der anhand von Schleifringen das griechisch-ägyptische Kalenderjahr mit 12 Monaten á 30 Tagen plus fünf zusätzliche Tage (= 365!) abgelesen werden kann.

Mit Hilfe bestimmter Skalenringe kann der Stand der Sonne und des Mondes eingestellt werden.

Gerät zeigt an:

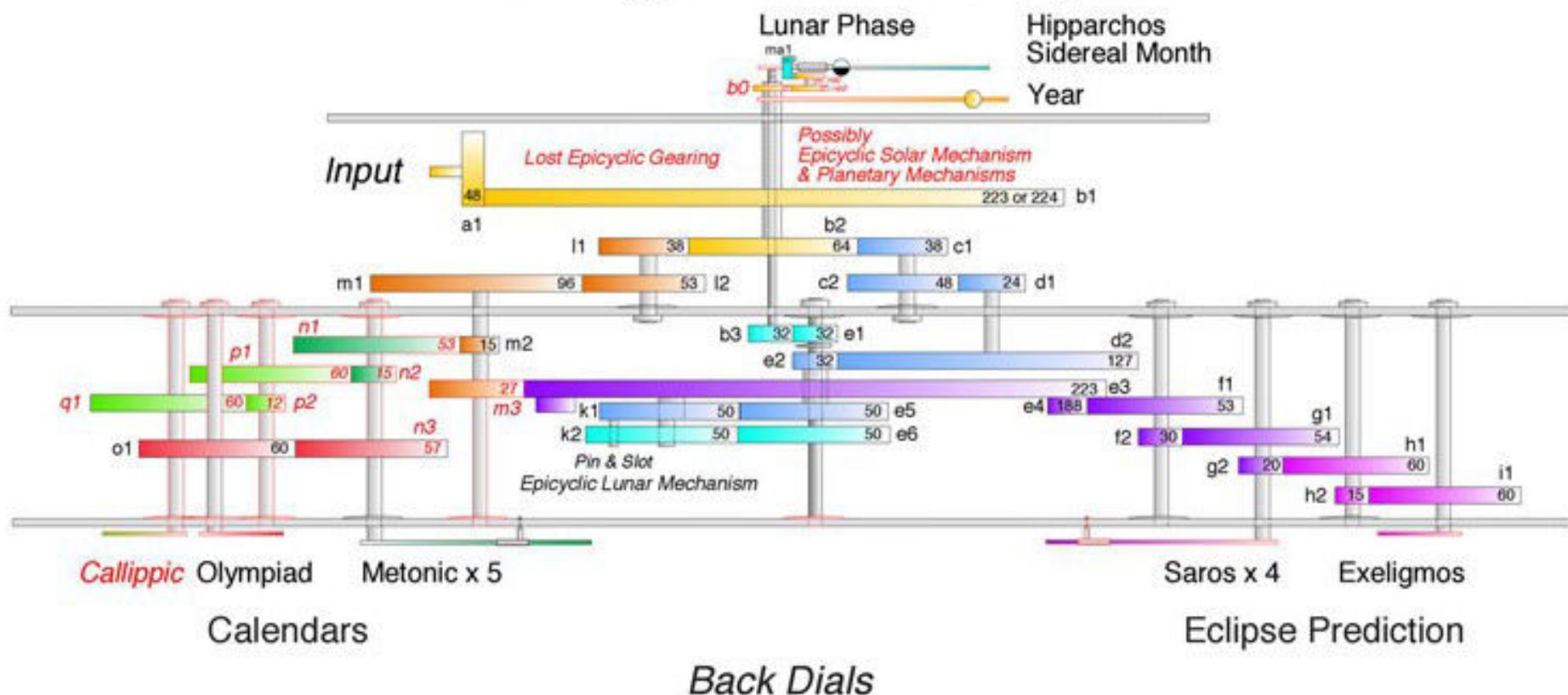
1. Sonnenaufgänge
2. die Bewegungen der damals bekannten fünf Planeten
3. verschiedene Mondphasen
4. Tagundnachtgleichen

Kann die Mondzyklen von rund 18 Jahren mit Hilfe des oberen Zifferblattes bestimmen und die 12 synodischen Monate eines Mondjahres durch einen Rädermechanismus anzeigen.

Inschriften auf dem etwa 30 x 20 x 10 cm großen Holzkasten, in dem das Räderwerk steckte, sind eine Art antike Gebrauchsanleitung.

## Front Dials

Zodiac • Egyptian Calendar • Parapegma



## Back Dials



Es existieren mehrere im 20. Jahrhundert entstandene Nachbauten. Wir zeigen einige Darstellungen.

Auf der Rückseite befanden sich Zeiger für Sonne und Mond, die unter anderem die Mondphase angaben sowie Mond- und Sonnenfinsternisse vorhersagten



Die kleine Scheibe in der Bildmitte diente zur Anzeige der Olympiaden, also der Zeitabschnitte zwischen den eigentlichen Sportwettkämpfen.



**Nachbau des  
"Computer  
von  
Antikythera"**



römisch	1 5 10 50 100 500 1000	I V X L C D M	Häufung rechtsläufig MDCCLXXXVII 1787
alt-ägyptisch	1 10 100 1000 10000 100000 1000000	፩ ፳ ፻ ፻ ፻ ፻ ፻	Häufung rechtsläufig ፩፻፻፻፻፻፻፻፻፻ 1234567
alt-sumerisch	1 10 60 600 100 3600 36000	● ● ● ● ● ●	Häufung rechtsläufig ●●●●●● 154
altindisch	1 4 10 20	x ፩ ፻	Häufung linksläufig   x x 1333 79
phönizisch/ hebräisch	1 10 20   50 100 1000	— → H ፭ ፮ ፻	Häufung linksläufig —→ H ፭ ፮ ፻ 2350
chinesisch	1 5   10 100 1000 10000	—   十 百 千 萬	Häufung vertikal
aztekisch	1 5 20 400 8000	— P ፪ ፫	Häufung rechtsläufig ፪፫፫፫፫፫፫፫ 1780

# Zahlensysteme

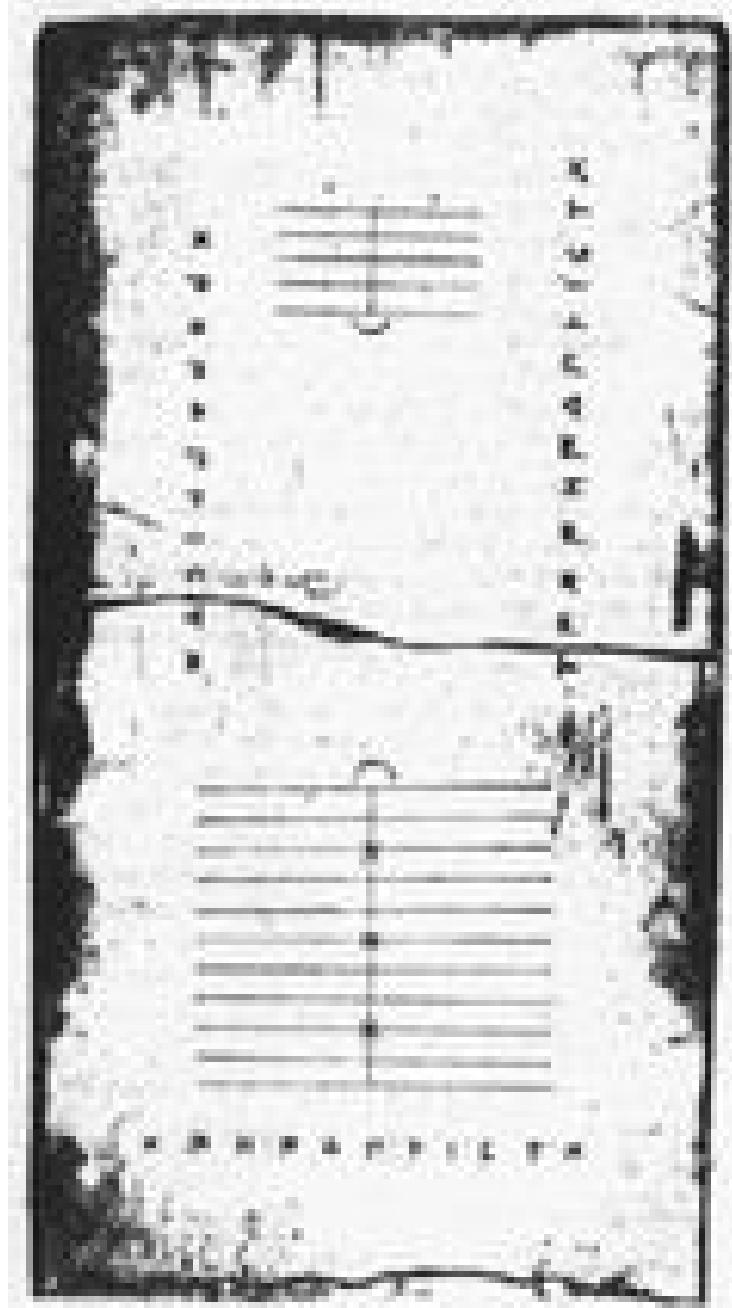
# Acrophonic Zahlensystem

Γ	Δ	Η	Χ	Μ
Pente	Deka	Hekaton	Khilioi	Murioi
Πέντε	Δέκα	Ηεκάτον	Χίλιοι	Μυριοι
5	10	100	1000	10000

Griechisches Zahlensystem aus dem 1. Jahrhundert v. Chr.

Dargestellt sind die Ziffern 1-5, 10, 100, 1000, 10000

I	II	III		Γ	ΓI	ΓII	ΓIII	ΓIV	Δ
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1 - 10 in Greek acrophonic numbers									

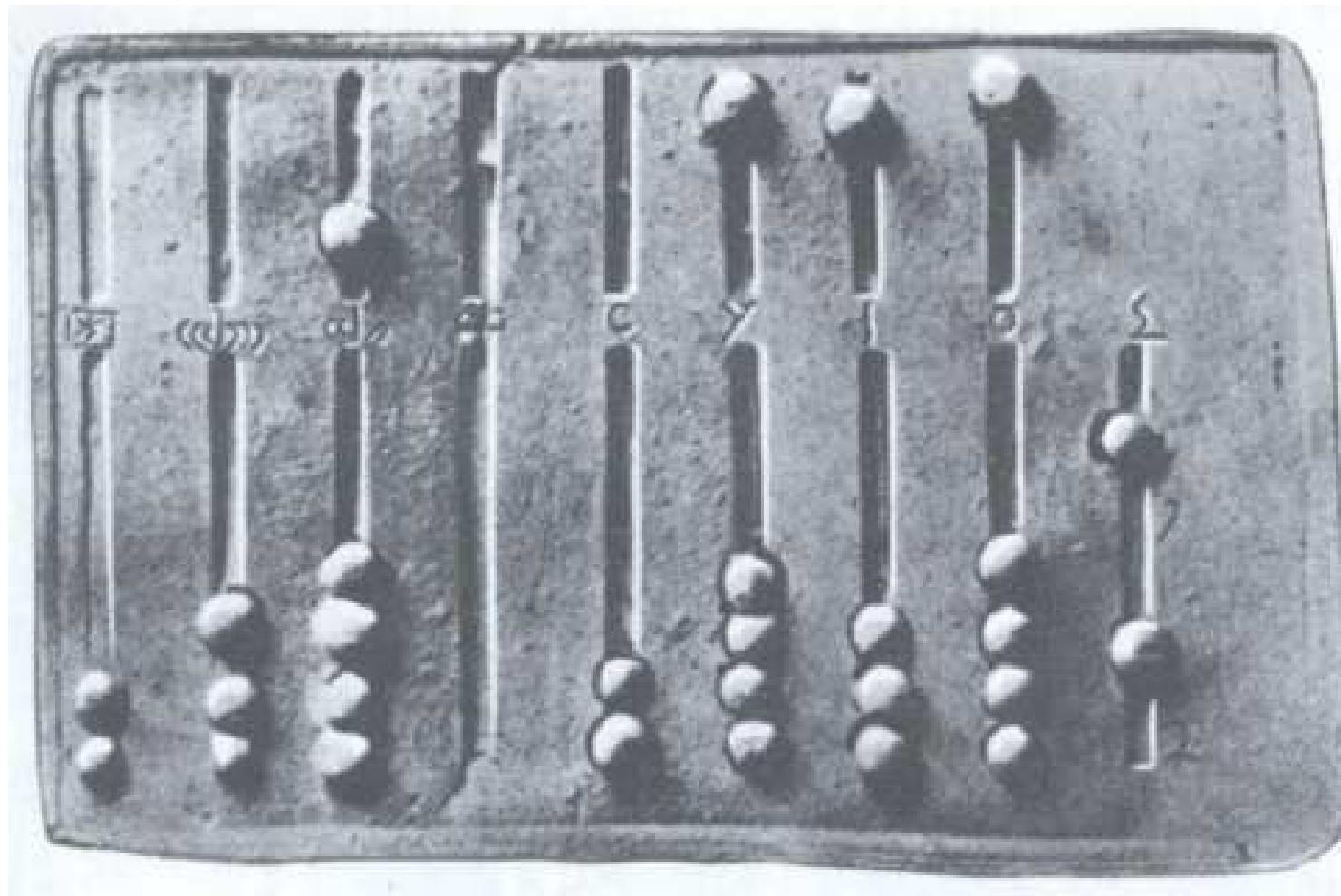


The Salamis  
Tablet

## The Salamis Tablet

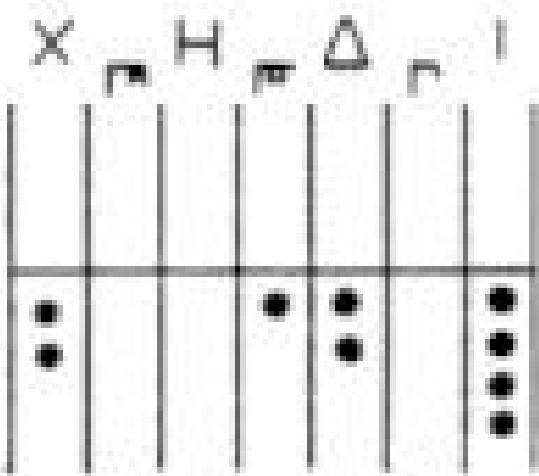
The oldest surviving counting board. It was used around 300 BC by the inhabitants of Babylonia, and was discovered in 1899 on the Island of Salamis.

It is a slab of white marble measuring 149cm in length, 75cm in width and 4.5cm thick, on which are 5 groups of markings. In the center of the tablet are a set of 5 parallel lines equally divided by a vertical line, capped with a semi-circle at the intersection of the bottom-most horizontal line and the single vertical line. Below these lines is a wide space with a horizontal crack dividing it. Below this crack is another group of eleven parallel lines, again divided into two sections by a line perpendicular to them but with the semi-circle at the top of the intersection; the third, sixth and ninth of these lines are marked with a cross where they intersect with the vertical line. Three sets of Greek symbols (numbers from the acrophonic system) are arranged along the left, right and bottom edges of the tablet.



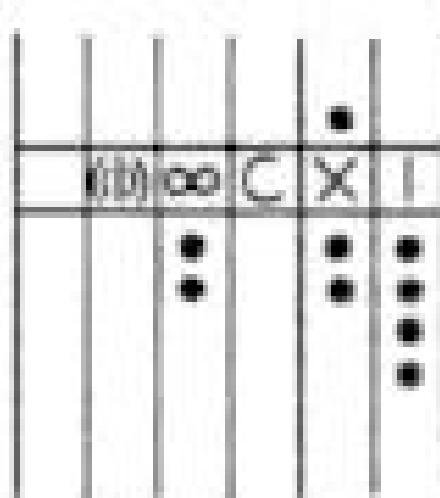
## Römischer Abacus

## Greek

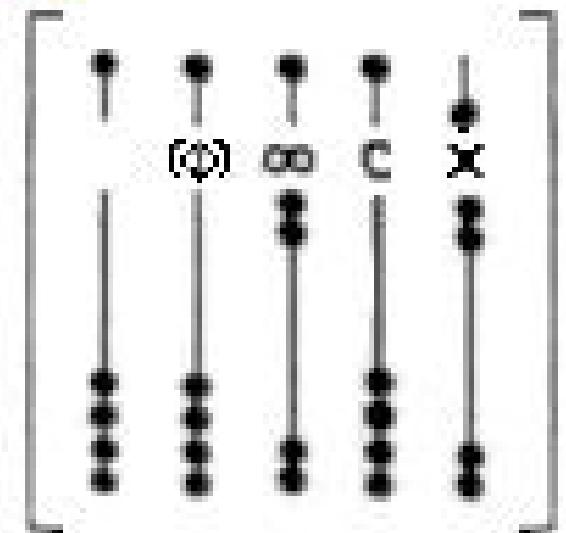


*Salamis*

## Roman



*Calcoli*

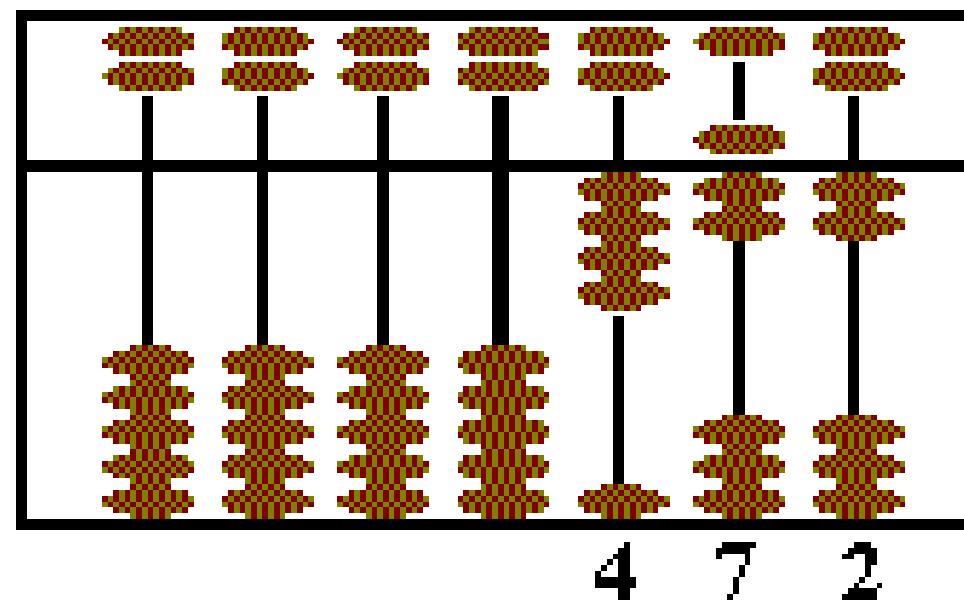
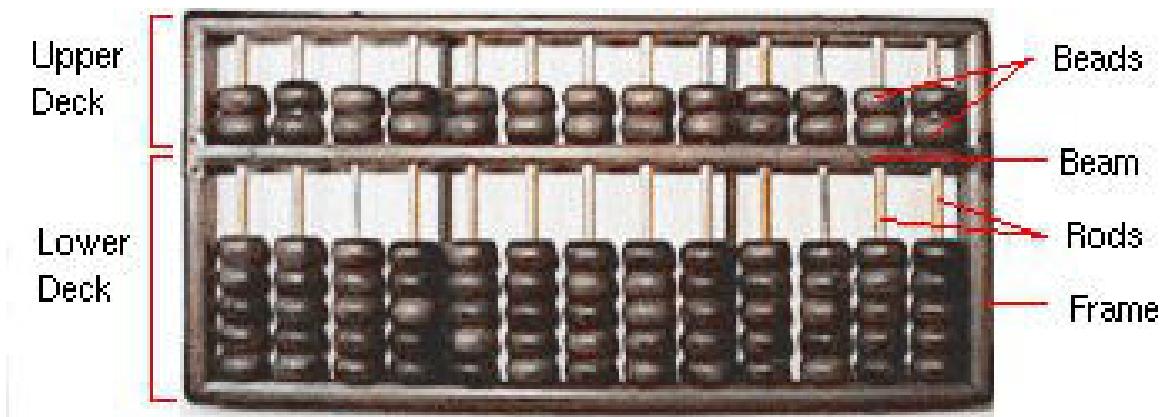


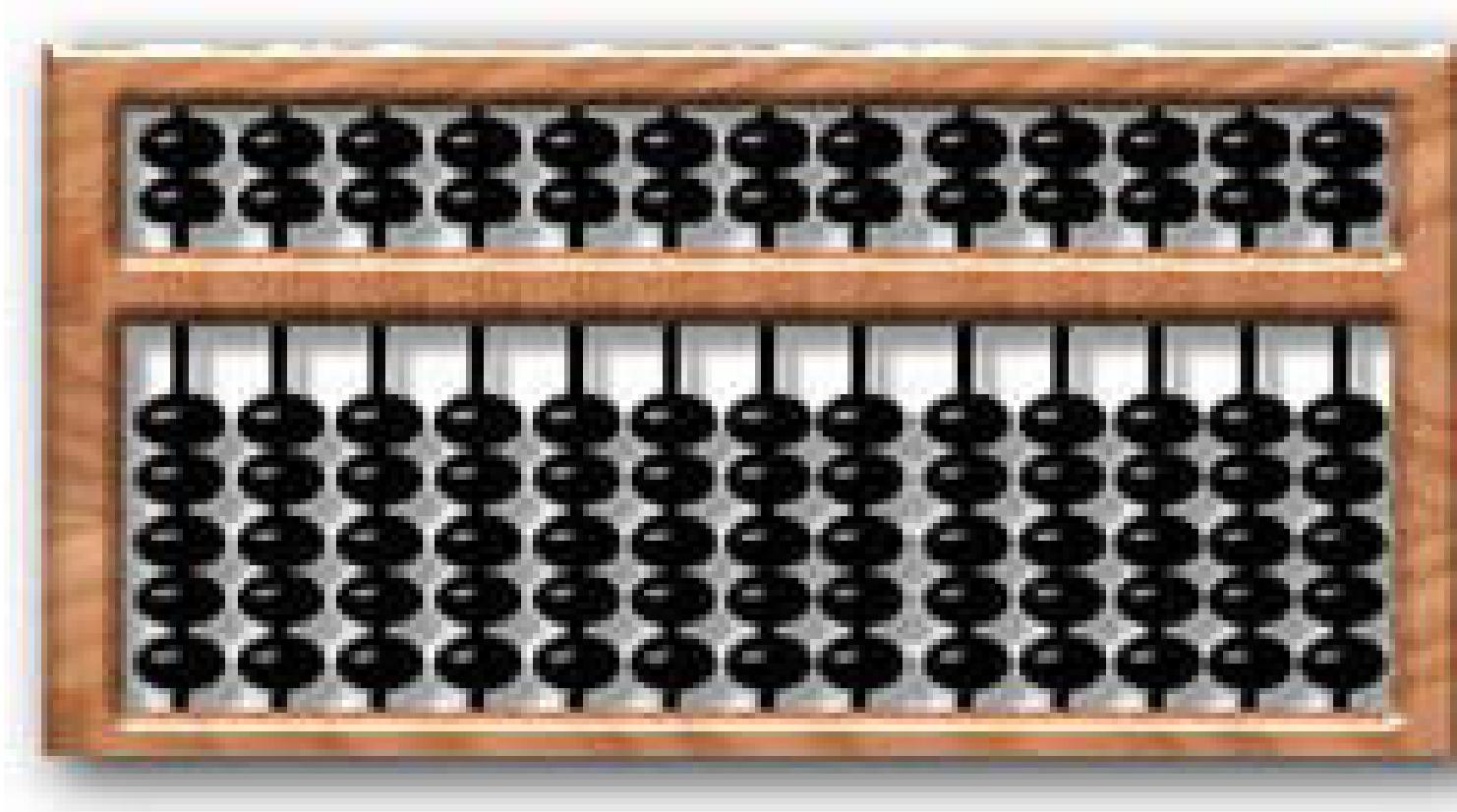
*Hand-abacus*

Abacus is a Latin word that has its origins in the Greek words abax or abakon (meaning "table" or "tablet").

In 1946, a contest held in Tokyo, and sponsored by the US army, pitted an abacus against a modern electric calculator.

The abacus won.

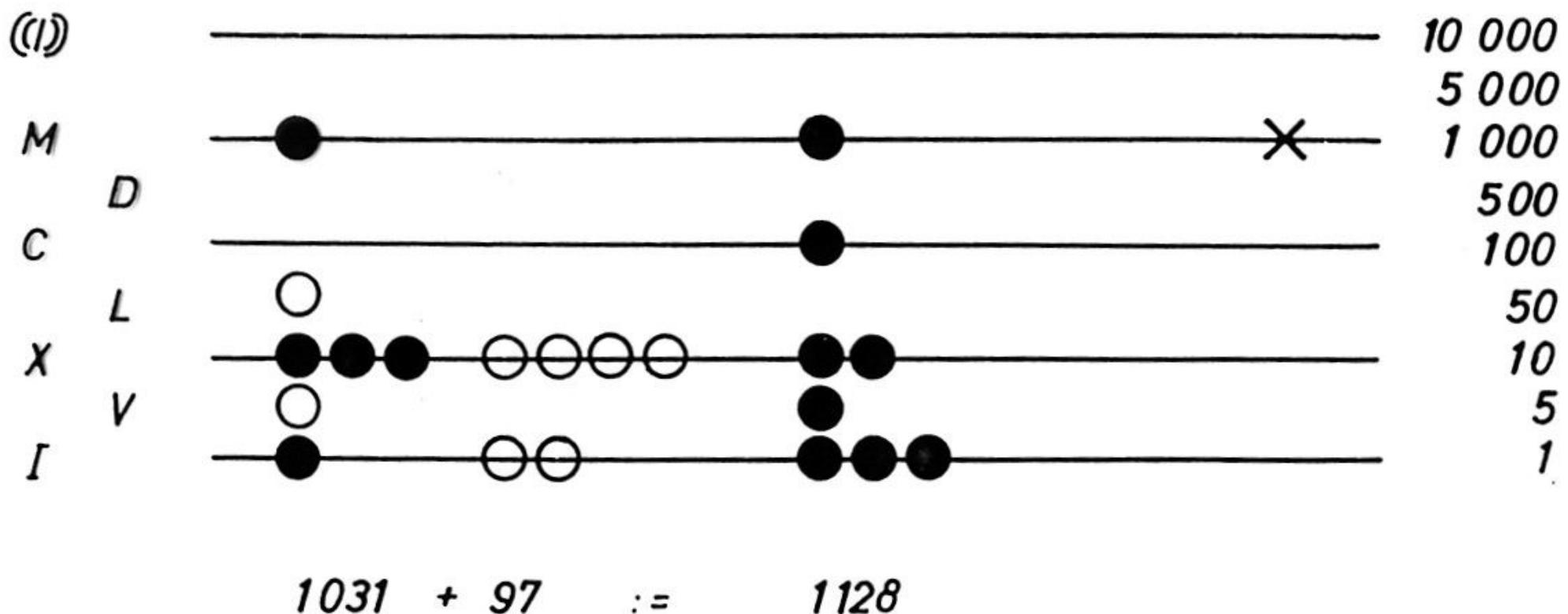




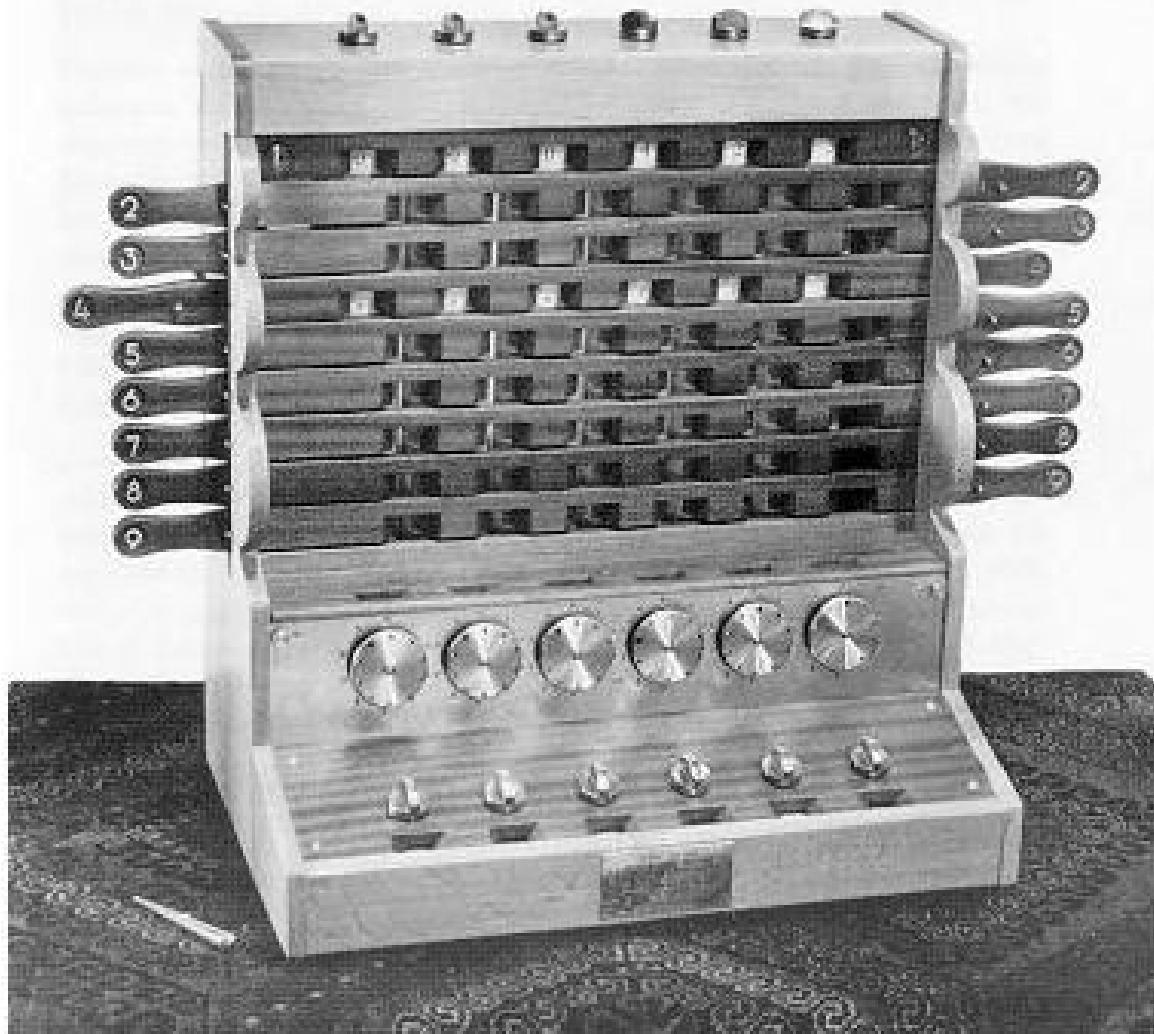
**Moderner Abacus**



*Das Rechenhilfsmittel bis zum hohen Mittelalter: Rechenbrett zum Rechnen auf den Linien. Der Kaufmann legt Rechnung auf seiner Bank mit Rechenpfennigen; der Betrag von 3161 wird gerade zum Kummer des Kunden um 10 erhöht.*



Arbeitsweise des Rechnens auf den Linien: wenn 5 Rechenpfennige auf einer Linie zusammenkommen, wird stattdessen einer in den anschließenden Zwischenraum gelegt. Die Linie für die Tausender wird stets mit einem Kreuz bezeichnet.



### Wilhelm Schickard

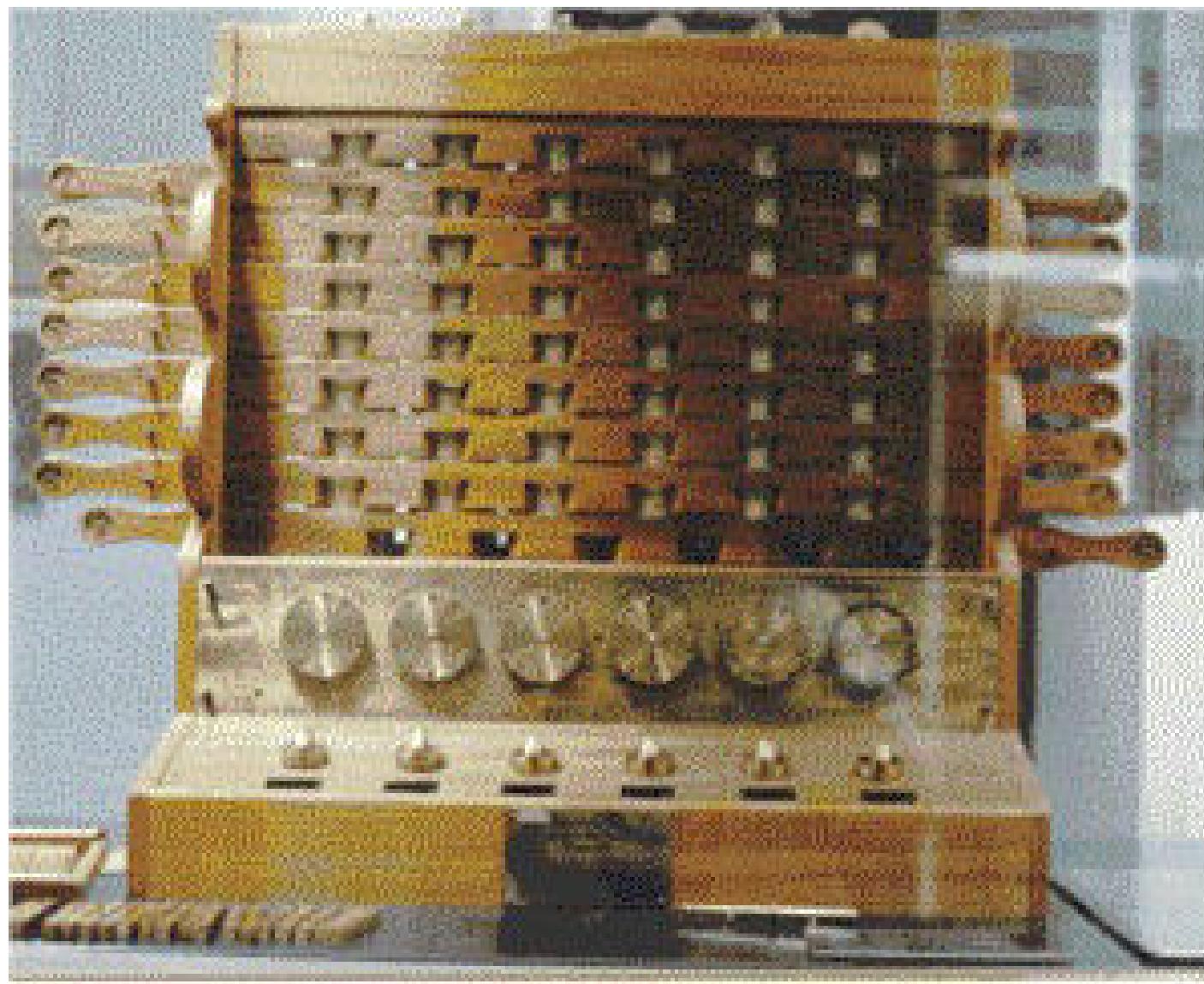
1592 in Herrenberg geboren.

1619 Professor Universität Tübingen.

Freundschaft mit Johannes Kepler

1623 konstruierte er die erste mechanische Rechenmaschine. Mit ihr konnten umfangreiche Berechnungen, wie sie z. B. Johannes Kepler benötigte, durchgeführt werden. Kepler berechnete damals die Bahn des Planeten Mars, um damit nachzuweisen, dass die Sonne (und nicht die Erde) Mittelpunkt unseres Systems ist.

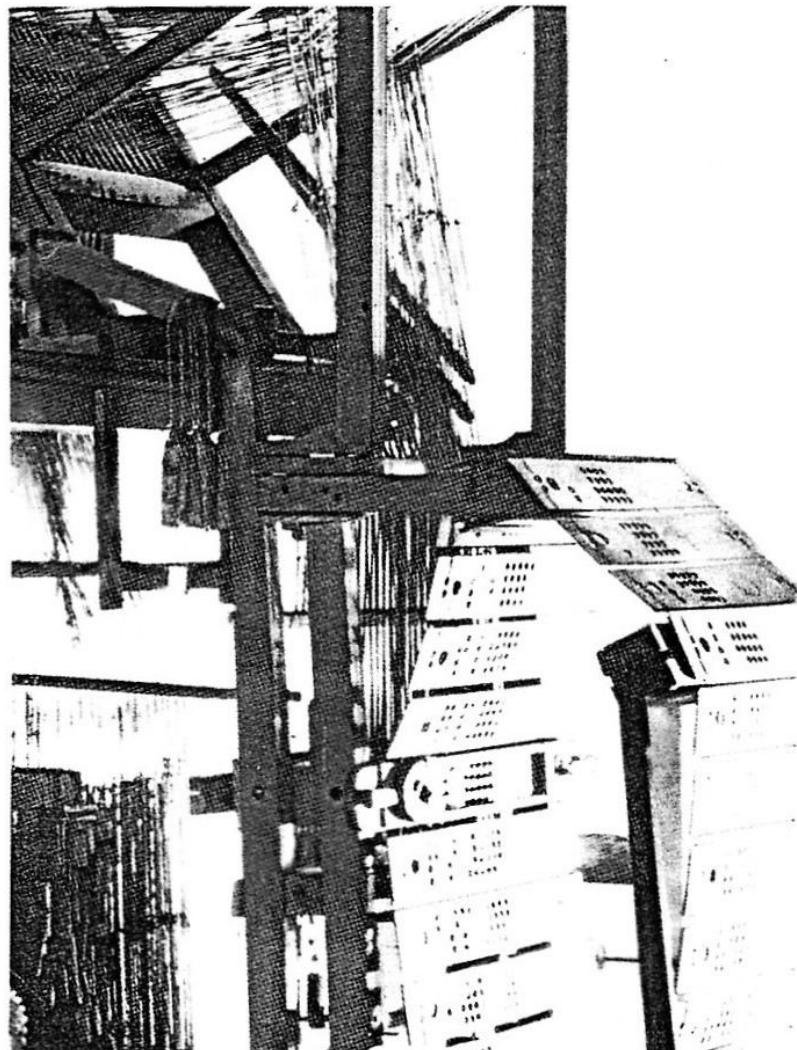
Von der Rechenmaschine wurden 2 Exemplare hergestellt.



<i>Redundia</i>	
1101101	
64	
32	
8	
4	
1	
<hr/>	
109	
<i>conuenient</i>	
109	1
— 64	7
45	
32	6
13	
8	4
— 5	
4	3
— 1	
1	1

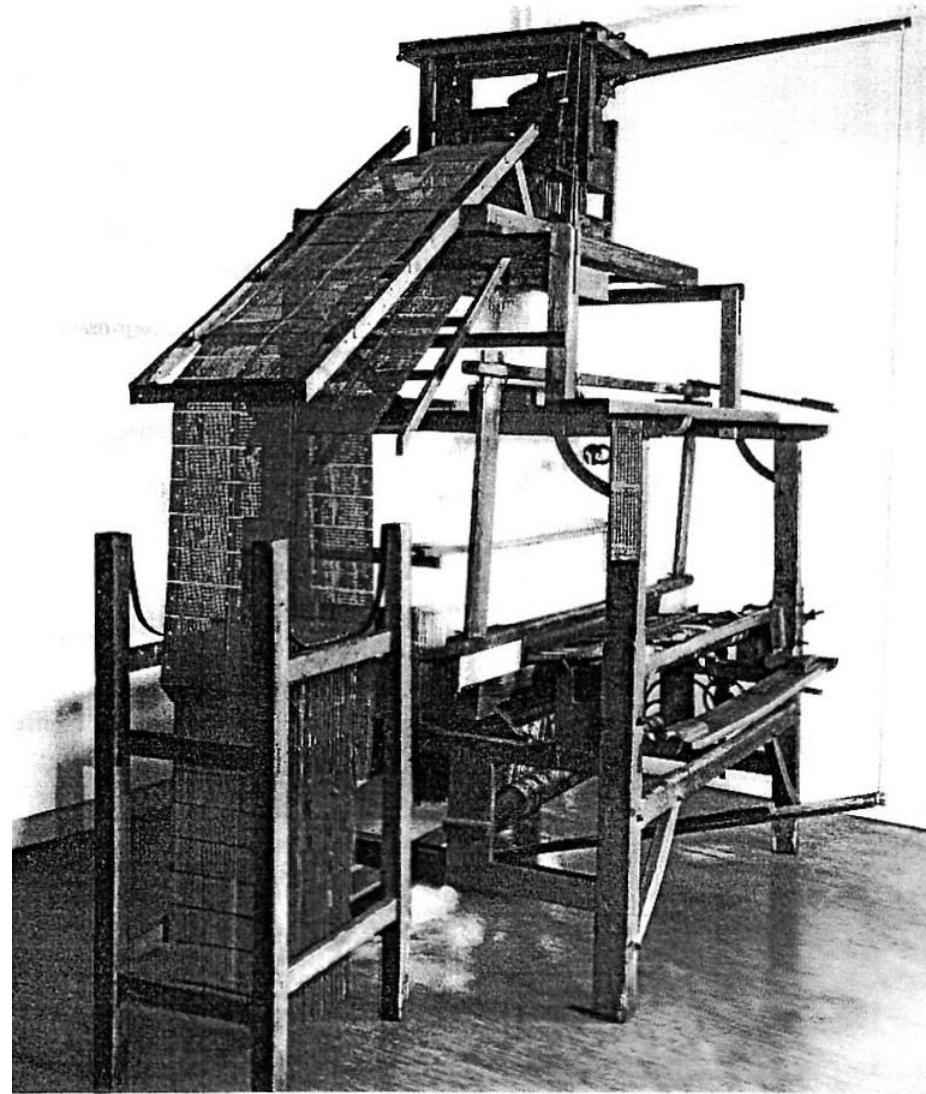
**Thomas  
Harriot  
1560 – 1631**

Erste Aufzeichnung  
von Binären Zahlen

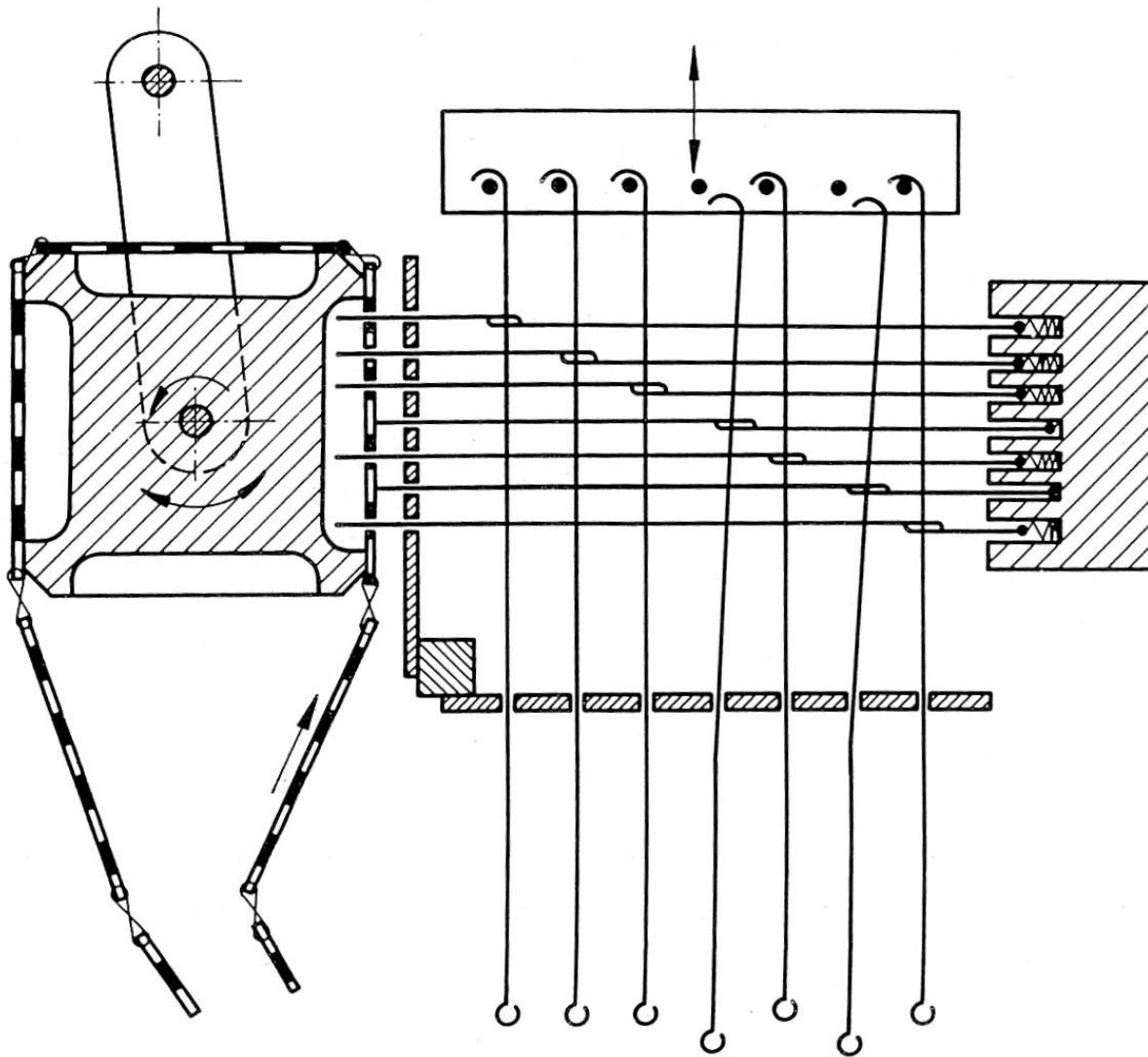


Webstuhl von Falcon (1728)

Diese Konstruktion wurde weiterentwickelt von Ch. de Vaucanson und industriell hergestellt von Joseph Marie Jacquard. Vorher hatte schon B. Bouchon in Lyon eine Lochkarten-Steuerung bei der Garnherstellung verwendet (1725).

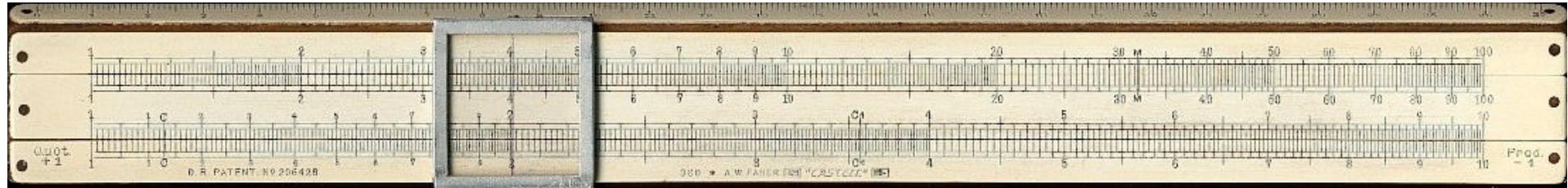


*Nördlinger Teppichwebstuhl mit Jacquard-Steuerung*



*Teppichwebstuhl mit Jacquard-Steuerung*

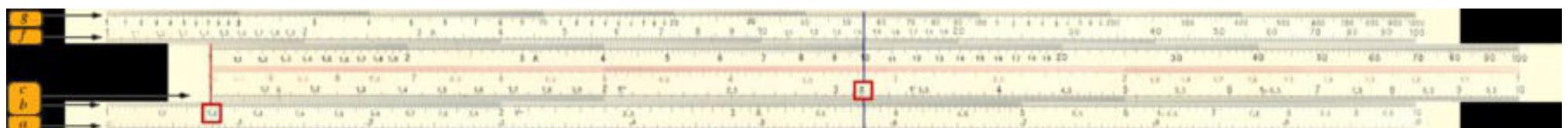
*Prinzip der Lochkarten-Steuerung des „Jacquard“-Webstuhls. Die waagrechten, gefedert gelagerten Stifte werden durch die von der vierkantigen Trommel transportierten und angedrückten Lochkarten zurückgedrückt, falls sie keine Lochung treffen, und nehmen in ihrer Öse die senkrechten Haken mit; der danach aufwärts gezogene Bügel nimmt nur die nicht derart ausgelösten Haken mit nach oben und zieht so das der Lochung entsprechende Muster von Kettfäden.*



**Rechenschieber von A.W. Faber (Typ 360) aus dem Jahre 1905; Teilungslänge 250 mm, Material: Holz mit Zelluloidbeschichtung. Skalensystem "Mannheim" mit nur zwei Skalenpaaren: oben Quadratskalen mit zwei logarithmischen Dekaden und unten Grundskalen mit einer logarithmischen Dekade. Auf der Rückseite der Zunge befinden sich Winkelfunktionsskalen.**

Aufgabe: bestimme  $1,2 * \pi$  mit Hilfe des Rechenschiebers.

Dazu wird die '1' der Skala 'c' neben die '1,2' auf der Skala b geschoben (siehe Bild 2). Anschließend wird die blaue Fadenlinie auf den Wert  $\pi$  auf der Skala 'c' verschoben und das Resultat auf der Skala 'b' abgelesen. So findet man den Wert von 3,77 (exakt 3,7699112...).



## **Dr. Herman Hollerith (1860-1929)**

Mitbegründer der Firmen Hollerith Inc. (USA) und Hollerith GmbH (Deutschland), später in IBM umbenannt.

Einführung der Lochkarte bei der 1890 Volkszählung in den USA.



Hollerith's 1890 tabulating machine. The results of a tabulation are displayed on the clock-like dials. A sorter is on the right. On the tabletop below the dials are a Pantographic card punch on left and the card reading station on the right, in which metal pins pass through the holes, making contact with little wells of mercury, completing an electrical circuit.



Die Elektrische Zahl- und Sortierapparatur von Hollerith bestand aus den folgenden Teilen:

1. einer manuellen Kartenabfühl-Vorrichtung,
2. den Zahluhren, deren „Minutenzeiger“ bis 99 zählt
3. und einen Hunderterübertrag auf dem „Stundenzeiger“, sodass mit einer Uhr bis 9999 gezählt werden kann und
4. den Relais im Innern der Apparatur.

### **Elektrisch verbunden mit der Zahlapparatur war der Sorterkasten.**

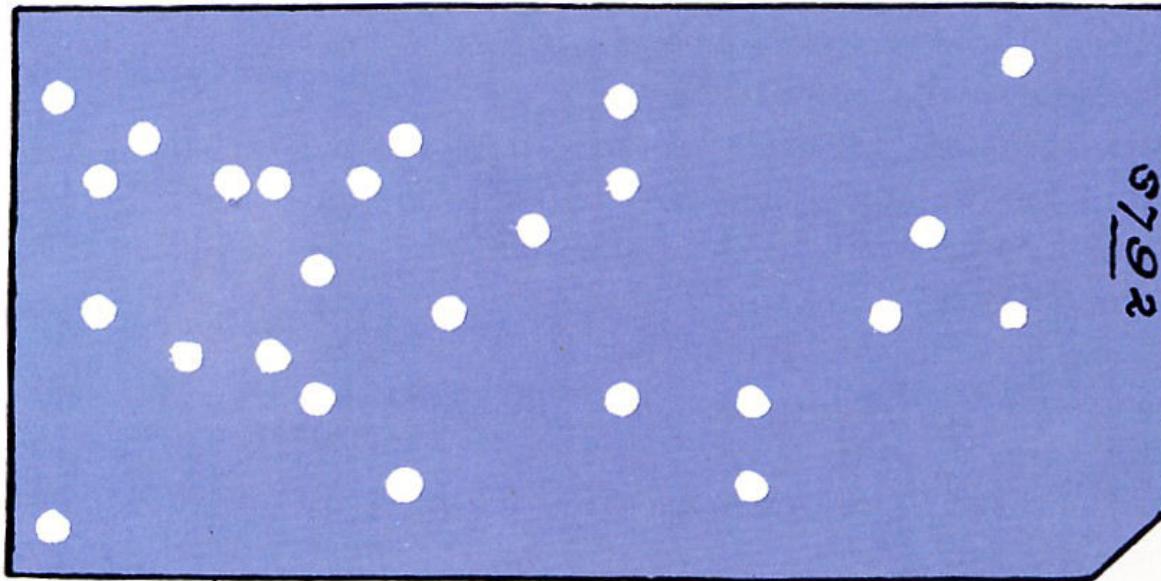
Die Hollerith-Lochkarte bildet mit ihren Lochungen in der Abfülleinrichtung einen Vielfachschalter. Die Relais stellen die Verbindung zwischen diesen Stromkontakte, den Zahluhren für die Census-Parameter, einem Sortierfach und der Batterie her. Das heißt, mit den Relais wird eine Auswertung programmiert. Und die Einbeziehung eines Sortierfaches in den Stromkreis erlaubt die gezielte Ablage der ausgewerteten Lochkarte und dadurch die Herstellung einer neuen Ordnung der Lochkarten für die nächste Auszahlung.

Man kann sich leicht vorstellen, dass die Census-Parameter so in Abhängigkeit voneinander programmierbar und komplexe Auswertungen möglich sind. Auch mehrere Auswertungen lassen sich auf diese Weise gleichzeitig pro Lochkartendurchlauf programmieren. Hinzu kommt die Zuverlässigkeit dieser von menschlicher Aufmerksamkeit unabhängigen Auswertungen.

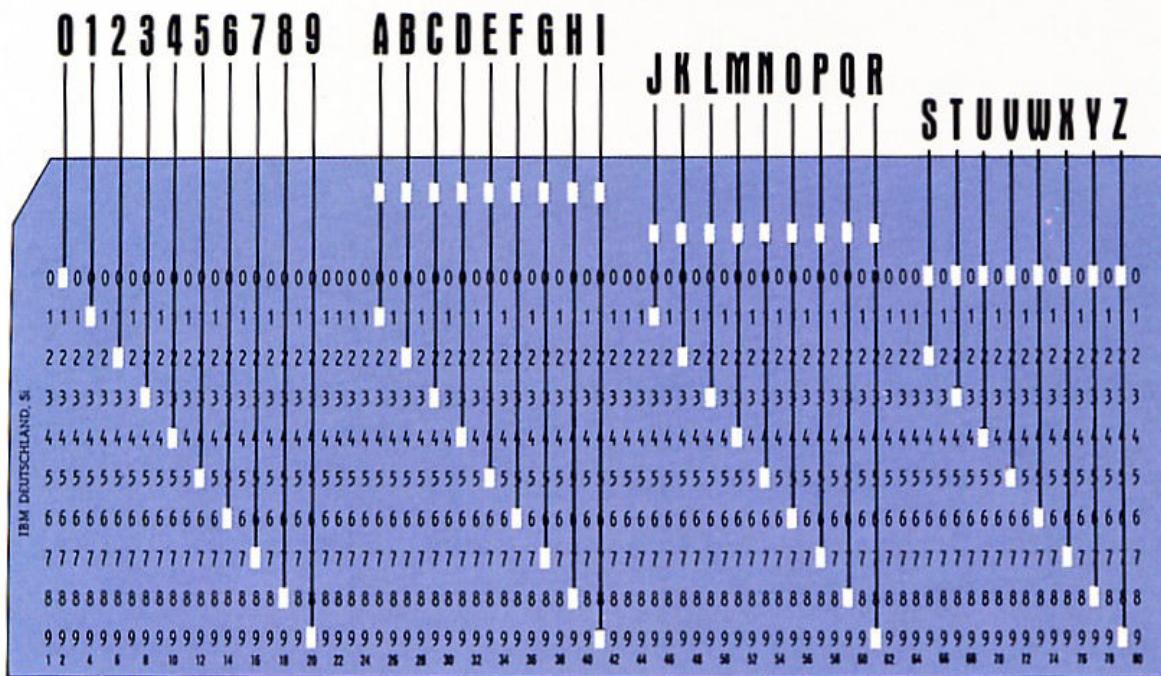
Ein dritter Aspekt ist die Arbeitsgeschwindigkeit bei den Auswertungen.

Hollerith's Erfindung wurde 1890 beim 11. US Census eingesetzt. Fast 63 Millionen Lochkarten (für jeden Bewohner eine) wurden mehrfach ausgewertet.

Natürlich wusste Hollerith, dass als Grundoperation eines Census das Zählen – also die Addition von Eins – nicht ausreicht, denn bei einer Landwirtschaftsstatistik sind z. B. auch Flächen und Erntergebnisse der Farmen auszuwerten. Das heißt als Grundoperation ist auch die Addition und Multiplikation von Werten erforderlich.



Unbedruckte Hollerith Lochkarte von der  
11. USA Volkszählung 1890



IBM Lochkarte mit 80 spalten

Die Elektrische Zähl- und Sortierapparatur von Hollerith bestand aus den folgenden Teilen:

einer manuellen Kartenabfühl-Vorrichtung,  
den Zähluhren, deren „Minutenzeiger“ bis 99 zählt  
und einen Hunderterübertrag auf dem „Stundenzeiger“  
verursacht, sodaß mit einer Uhr bis 9999 gezählt  
werden kann und den Relais im Innern der Apparatur.  
Elektrisch verbunden mit der Zählapparatur war der Sortier-  
kasten.

Die Hollerith-Lochkarte bildet mit ihren Lochungen in der Abföhleinrichtung einen Vielfachschalter. Die Relais stellen die Verbindung zwischen diesen Stromkontakteen, den Zähluhren für die Census-Parameter, einem Sortierfach und der Batterie her. Das heißt, mit den Relais wird eine Auswertung programmiert. Und die Einbeziehung eines Sortierfaches in den Stromkreis erlaubt die gezielte Ablage der ausgewerteten Lochkarte und dadurch die Herstellung einer neuen Ordnung der Lochkarten für die nächste Auszählung.

Man kann sich leicht vorstellen, daß die Census-Parameter so in Abhängigkeit voneinander programmierbar und komplexe Auswertungen möglich sind. Auch mehrere Auswertungen lassen sich auf diese Weise gleichzeitig pro Lochkarten-durchlauf programmieren. Hinzu kommt die Zuverlässigkeit dieser von menschlicher Aufmerksamkeit unabhängigen Auswertungen.

Ein dritter Aspekt ist die Arbeitsgeschwindigkeit bei den Auswertungen.

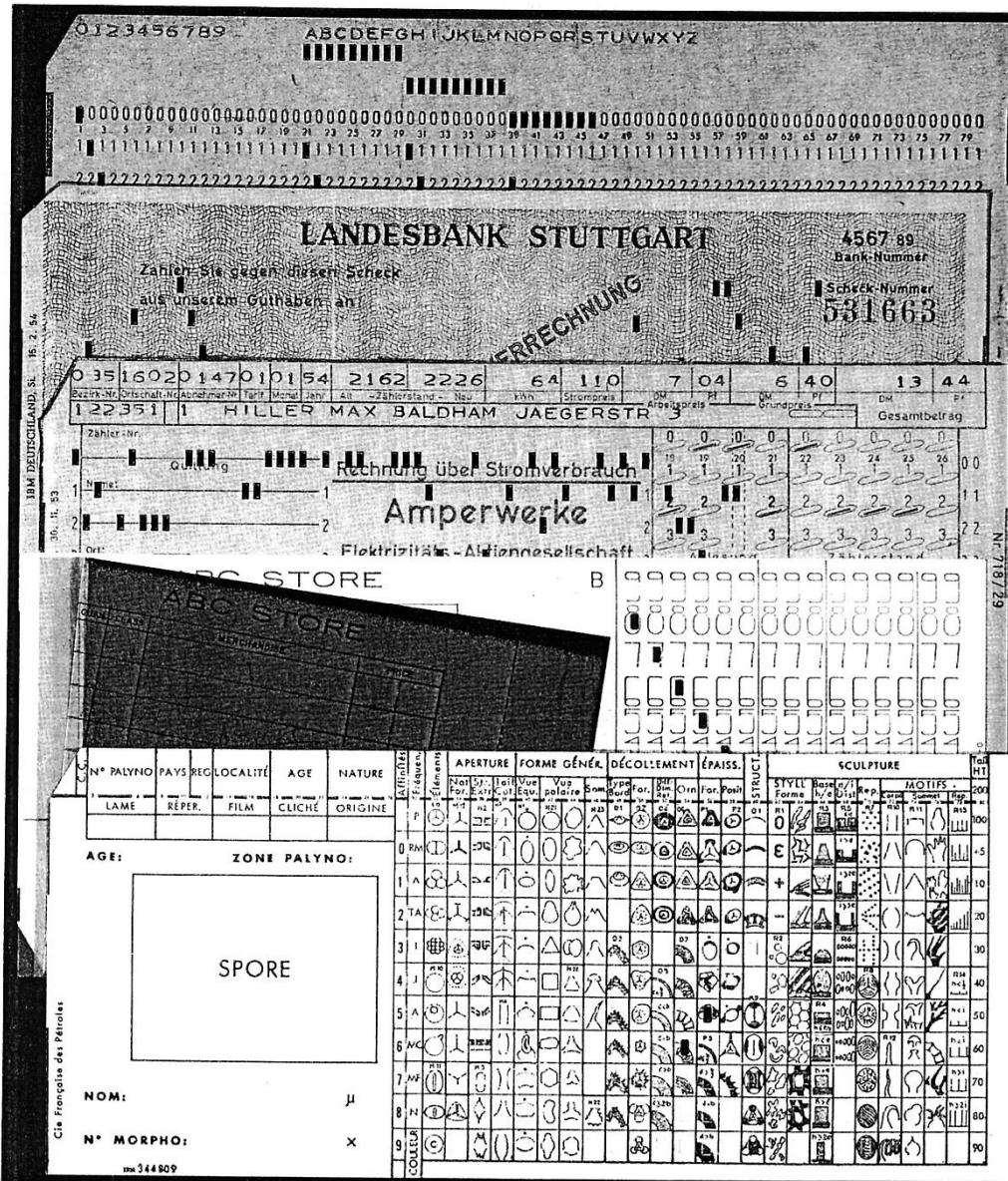
Hollerith's Erfindung wurde 1890 beim 11. US Census eingesetzt. Fast 63 Millionen Lochkarten (für jeden Bewohner eine) wurden mehrfach ausgewertet.

Natürlich wußte Hollerith, daß als Grundoperation eines Census das Zählen – also die Addition von Eins – nicht ausreicht, denn bei einer Landwirtschaftsstatistik sind z. B. auch Flächen und Ernteergebnisse der Farmen auszuwerten. Das heißt als Grundoperation ist auch die Addition von Werten und Maßzahlen erforderlich.



## Hollerith Lochkarten Sortiermaschine

Da die Lochkarten durch die Erdanziehungskraft sich im freien Fall nach unten bewegten, entfiel die Mechanik für einen Lochkarten-Antrieb.



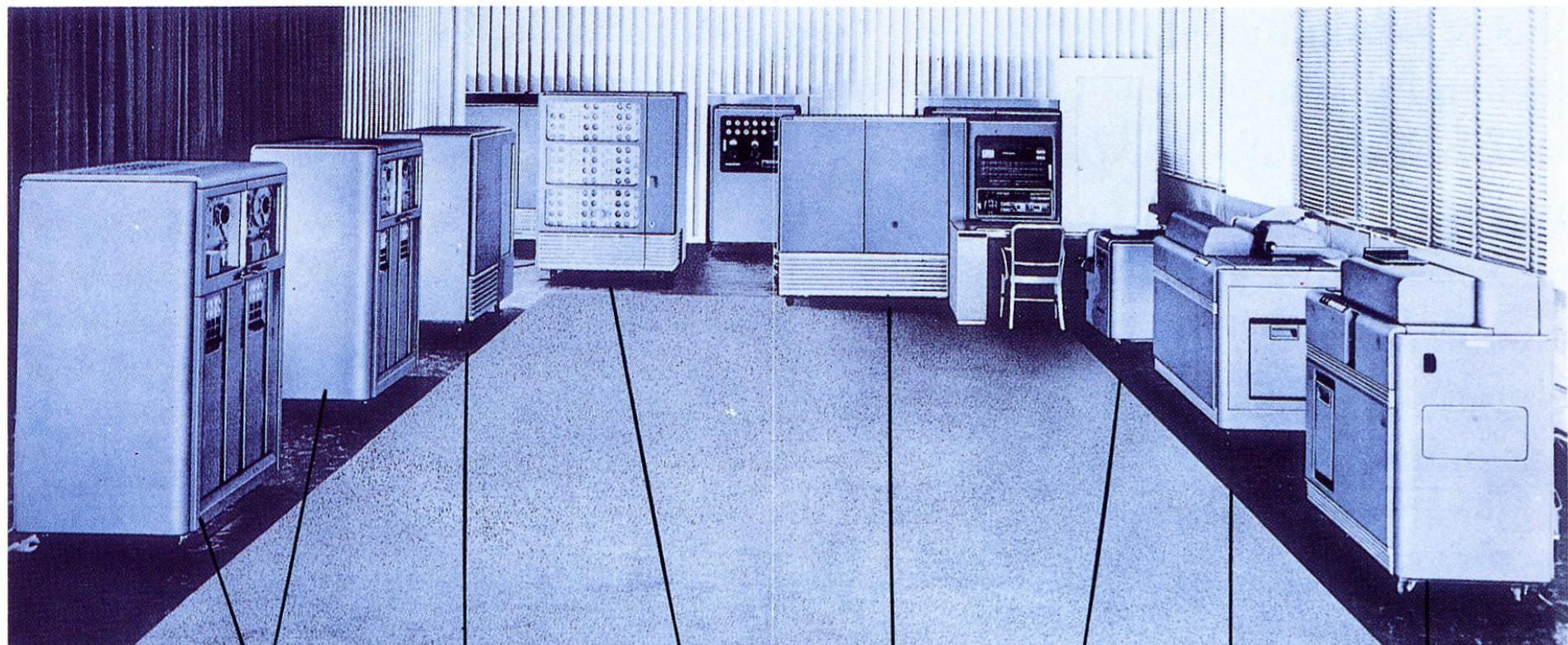
Einige Ausführungsformen heutiger Lochkarten des IBM-Systems:  
Universelle Ziffernkarte; Verbundkarte mit Text und Lochung, hier  
als Scheck; Zeichenlochkarte; die mit Graphitstift angestrichenen  
Ziffern werden automatisch in die gleiche Karte gestanzt; Vor-

gestanzte Karte mit Quittungsdurchschlag (die Lochpositionen  
werden von Hand herausgedrückt); Vorgestanzte Lochkarte zur  
statistischen Erfassung von fossilen Mikroorganismen in der Lager-  
stättenkunde.

Hollerith-Abteilung der frühen 1950er Jahre:  
in der Mitte die Tabelliermaschine D11,  
davor eine Alphabet-schreibende Tabelliermaschine.



## Computer System 700 (ca. 1958)



Magnetbandeinheit IBM 726

Magnettrommeleinheit IBM 731

Elektrostatische Speichereinheit IBM 706

Elektronische Zentraleinheit IBM 701

Lochkartenstanzer IBM 721

Alphabetdrucker IBM 716

Lochkartenleser IBM 711

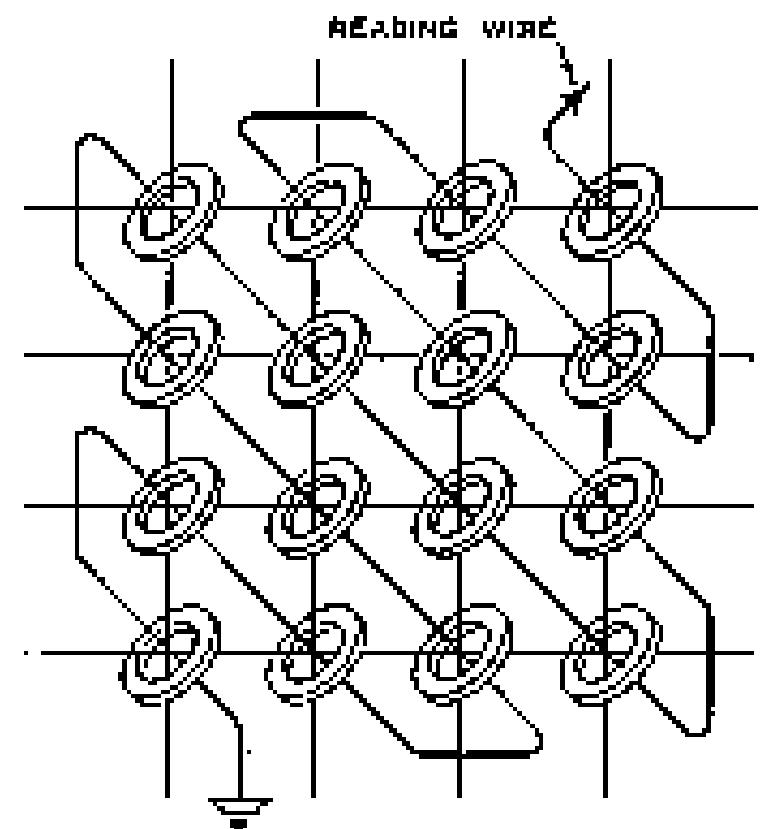
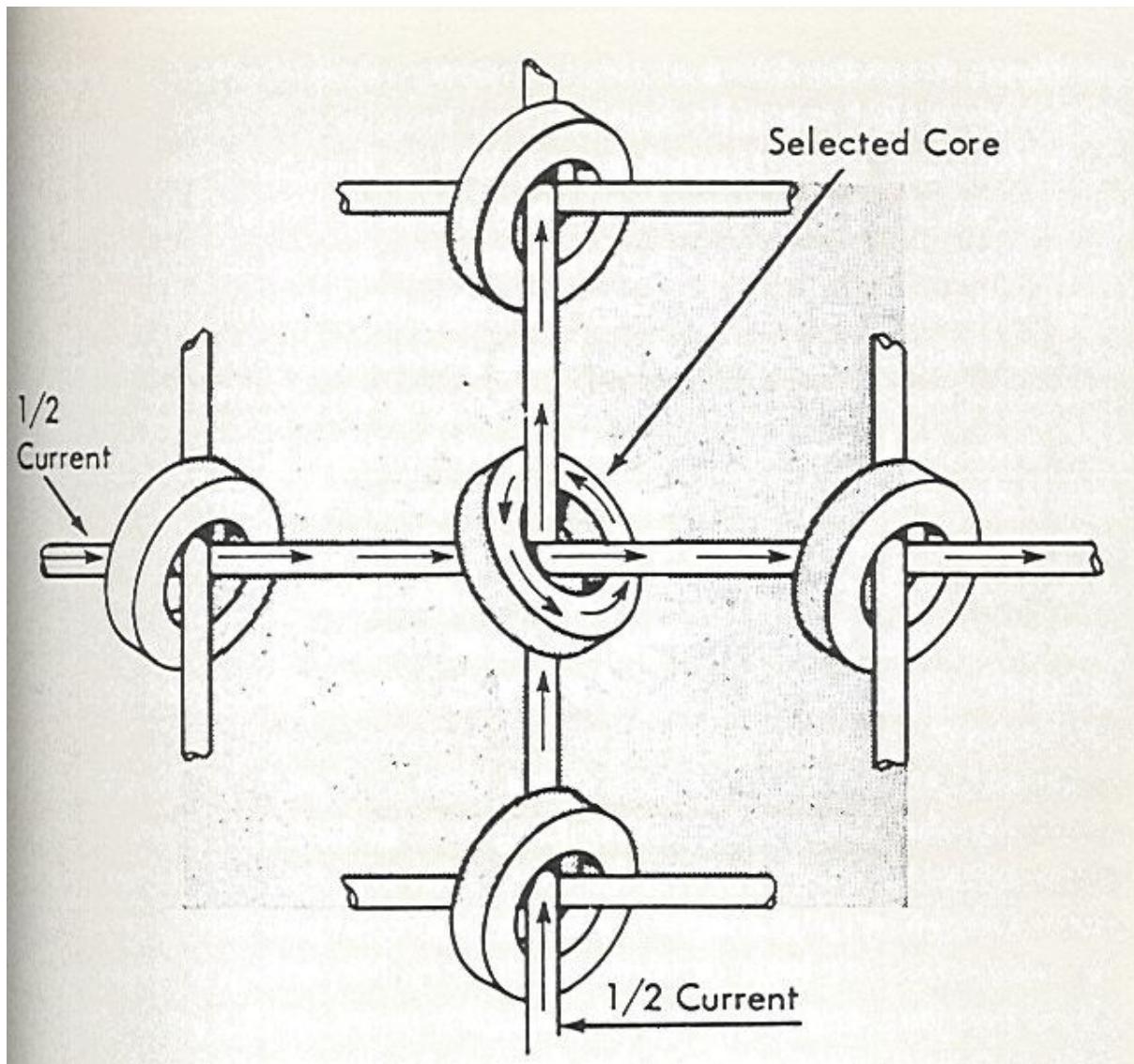
# Naval Ordnance Research Calculator (NORC)



IBM's Naval Ordnance Research Calculator (NORC) was the first supercomputer and the most powerful computer on earth from 1954 to about 1963. It remained in service until 1968. Built between 1950 and 1954 at Columbia University's Watson Scientific Computing Laboratory

- Word size: 16 decimal digits + check digit (64 + 2 bits).
- 64 three-address instructions.
- Clock: 1  $\mu$ sec.
- 15,000 operations per second with automatic error checking.
- Two universal registers, one million digits per second.
- Three address/index registers.
- Add time: 15  $\mu$ sec. Multiply: 31  $\mu$ sec. Divide: 227  $\mu$ sec.
- Random-access CRT memory: 3600 words, 8  $\mu$ sec access, provided by 264 [Williams-type CRTs](#)

# Magnetkern Speicher



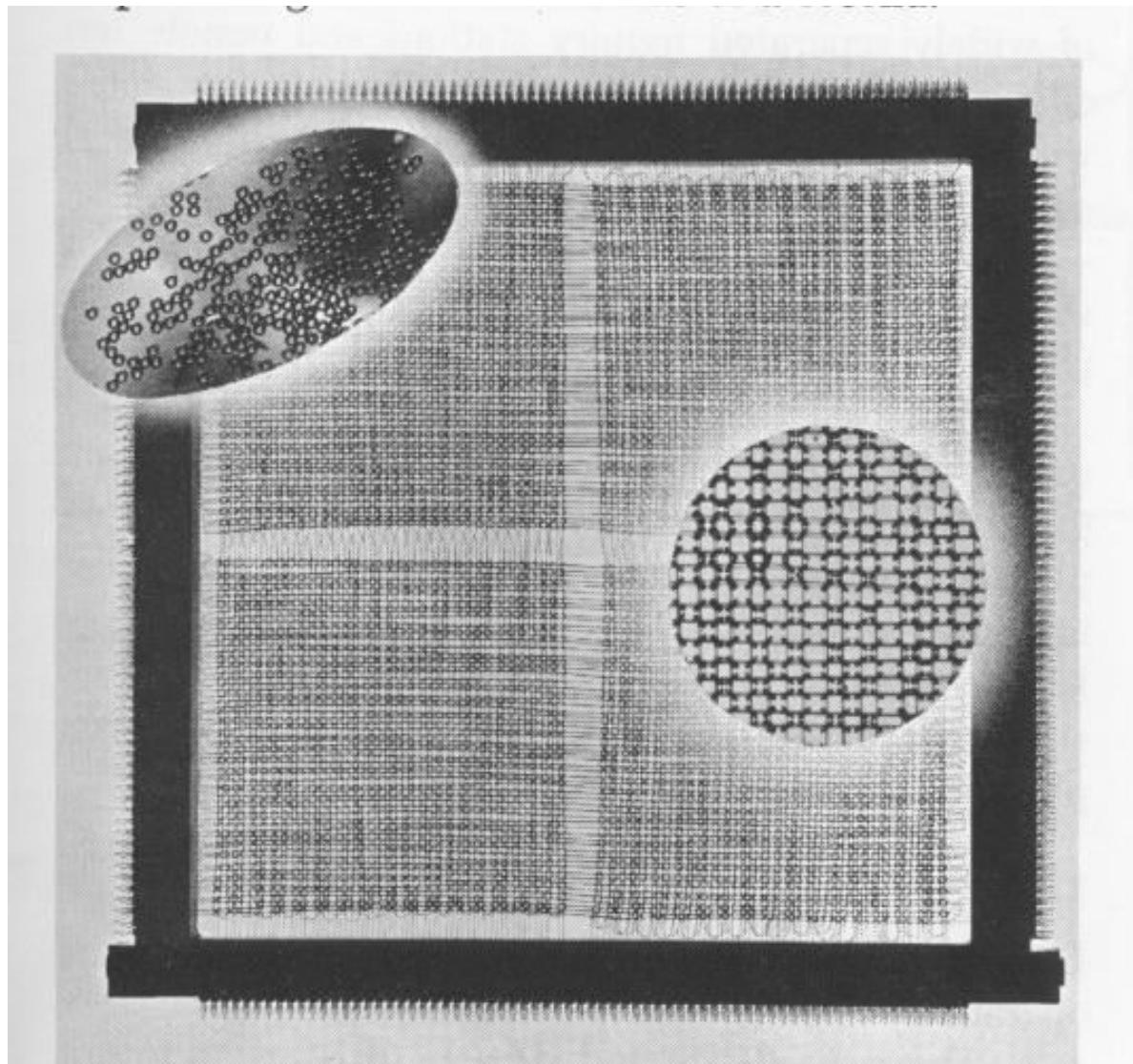


Figure 4. Magnetic core plane

# Electrostatic Storage Unit

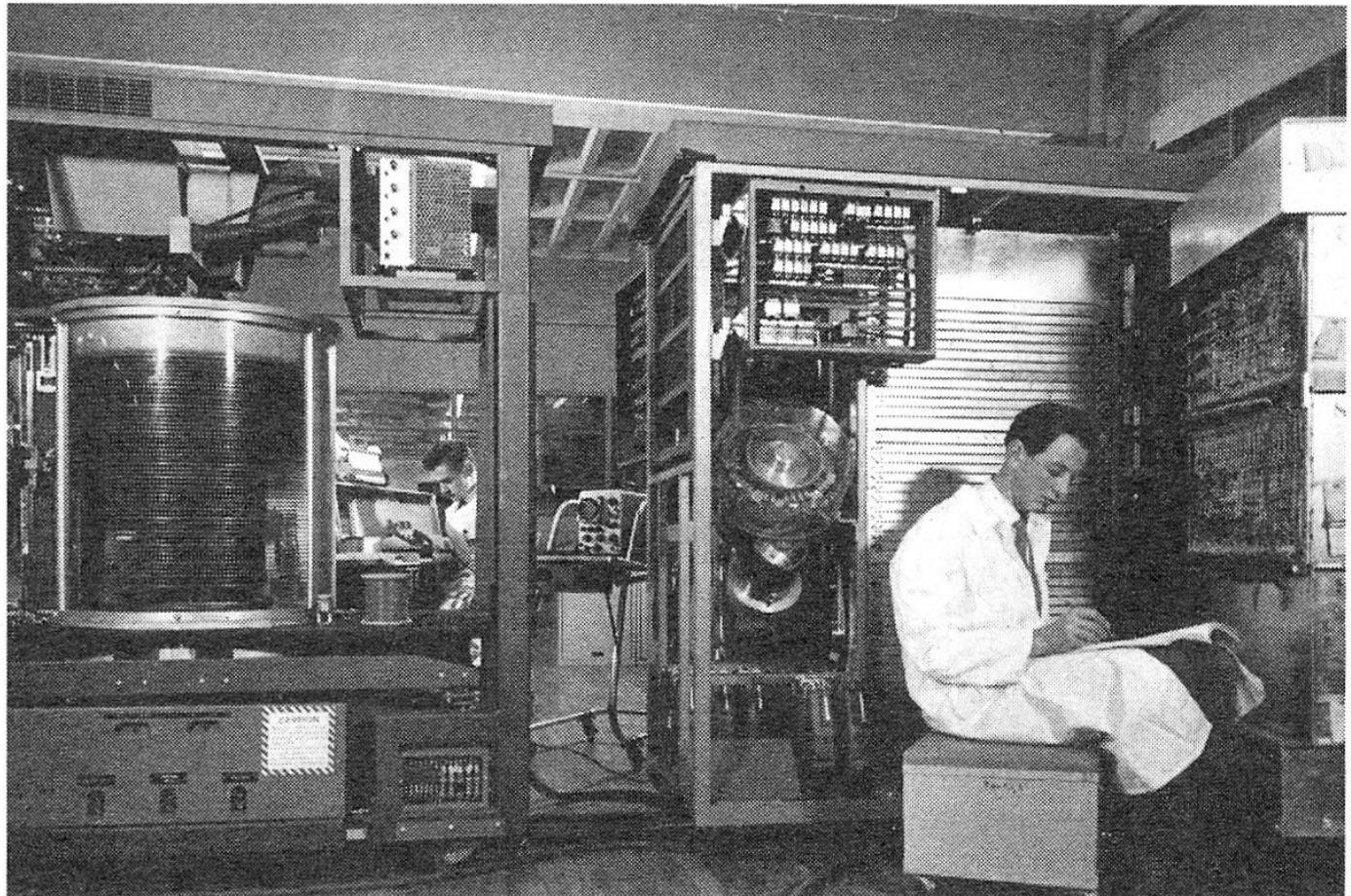
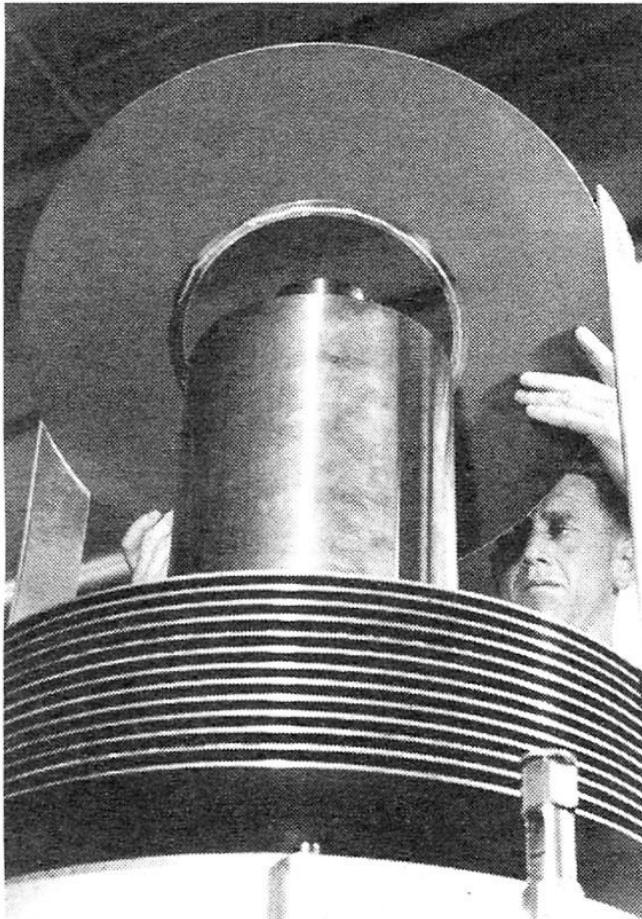


The IBM 737 was formally announced on October 1, 1954. Users of the IBM 701 Data Processing System could specify the 737 in lieu of the [IBM 706 Electrostatic Storage Unit](#) to gain the advantage of magnetic core storage, viz., the elimination of regeneration time and the reduction of processing time in many applications. For example, the 737 reduced the time needed to perform additions, including access, from 60 microseconds to 36 microseconds.

The unit was available with one capacity of 4,096 36-bit words. Customers could rent a 737 for a fee of \$6,100 a month.

The IBM 737 Magnetic Core Storage Unit also could be used with the IBM 704 and IBM 709 Data Processing Systems.

# Die Erfindung des Plattspeichers - IBM 305 RAMAC

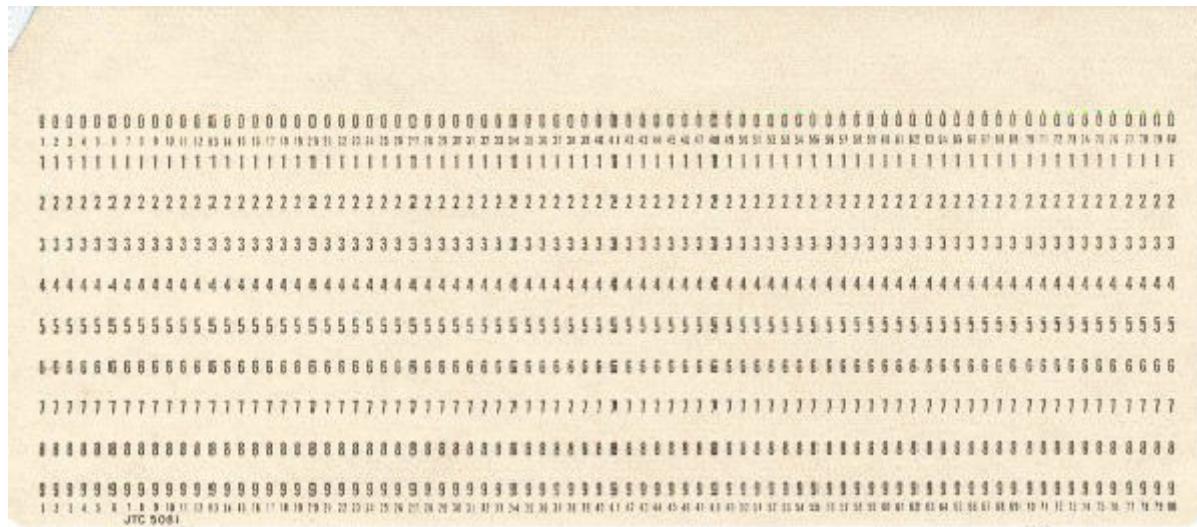


Die **IBM 305 RAMAC** Festplatte hatte eine Kapazität von 5 Millionen 7-Bit-Zeichen (entspricht 4,375 Millionen Oktetten, also 4,375 Megabyte im heutigen Sprachgebrauch). Sie hatte ein Gewicht von einer Tonne. Die Daten wurden auf 50 mit Eisenoxid beschichteten Platten mit einem Durchmesser von 24 Zoll (61,4 cm) gespeichert.



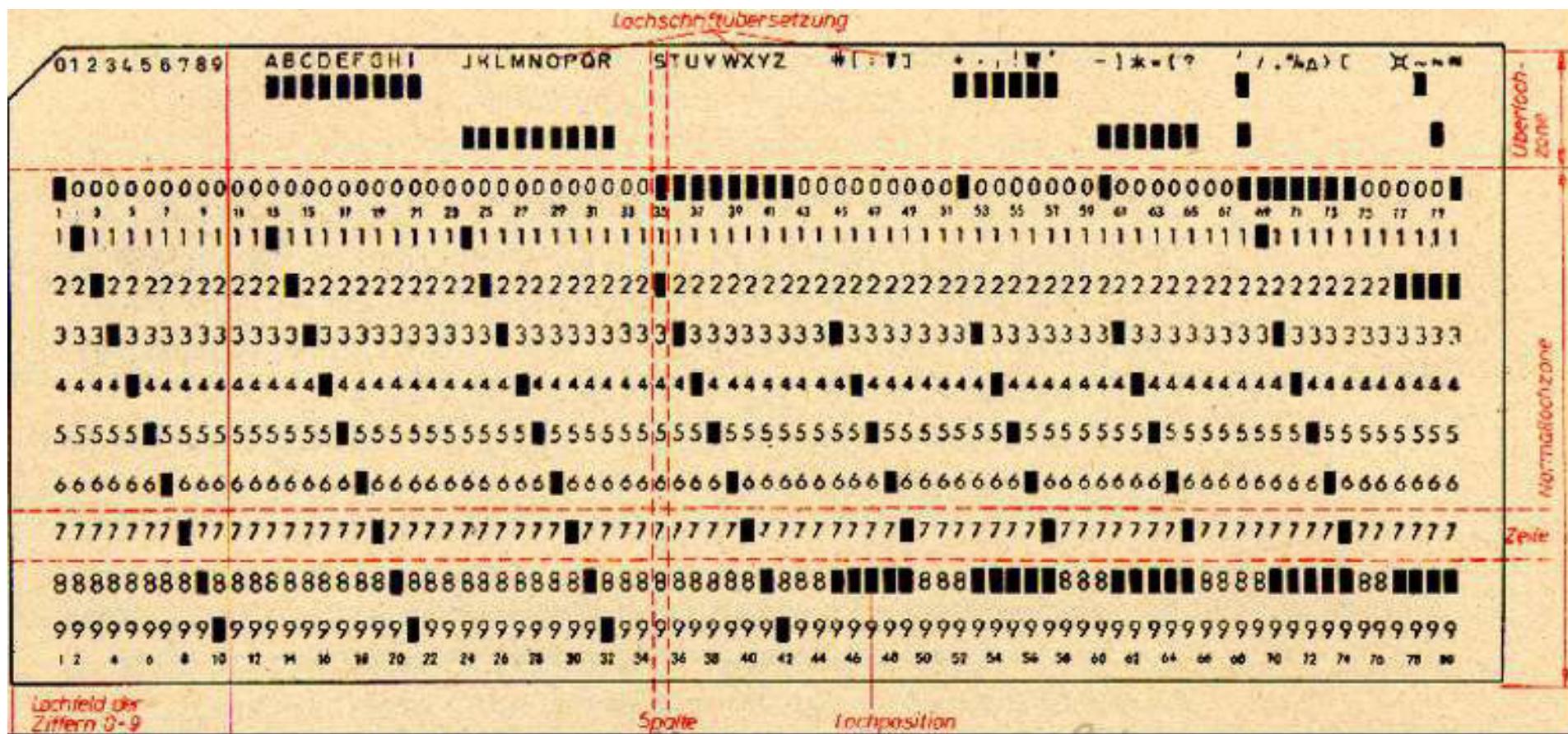


# IBM Lochkarte



The modern, standard, corner-cut, 80-column general-purpose IBM punch card, introduced in 1928, and popularly known as the "IBM card". Holes in the 80-column card are rectangular, rather than round as in earlier models. The bottom ten rows are labeled with digits; the top two rows are unlabeled and are used in an alphanumeric character code first standardized by IBM in 1931 as BCDIC, a 40-character set that included digits, uppercase A-Z, space, minus sign, asterisk, and ampersand [52], eventually expanded to a large family of 256-character Extended BCDIC (EBCDIC) codes, IBM's Country Extended Code Pages.

# **IBM Lochkarten Codierung**





IBM 026 Card Punch



**System /360  
Modell 30**



*System 360 Model 20*



## IBM System /360 Modell 20

Prozessor mit  
Steuerkonsole,  
IBM 2020

Multifunktions-  
kartenmaschine  
IBM 2560

Kartenleser  
IBM 2501

Lesestanzer  
IBM 2520

Plattenspeicher-  
einheiten (2)  
IBM 2311

Stabdrucker  
IBM 1443

Bs360M20.dsf

# IBM S /360

## Modell 30

Hauptspeicher

- Kapazität  
16 kB bis  
64 kB
- Zyklus  
1,5  $\mu$ s
- Zugriff  
ein Byte breit

E/A via  
Selektor- &  
Multiplex-  
kanäle



Frontalsicht auf die CPU (rechts), die Steuerpult-Tastatur mit Seriendrucker. Im Hintergrund (links) Plattenspeicher-Einheiten und dahinter Magnetbandeinheiten.



# IBM Niederlassung Hamburg Rechenzentrum Nord

Bild: März 1967

IBM /360 Modell 50,

Hauptspeicher 262 kB

DASD: 6 x 2311

SASD: 8 x 2401

Drucker: 2 x 1403N

Kartenleser:

1 x 2540 und

1 x 2501

DFÜ-Einrichtung

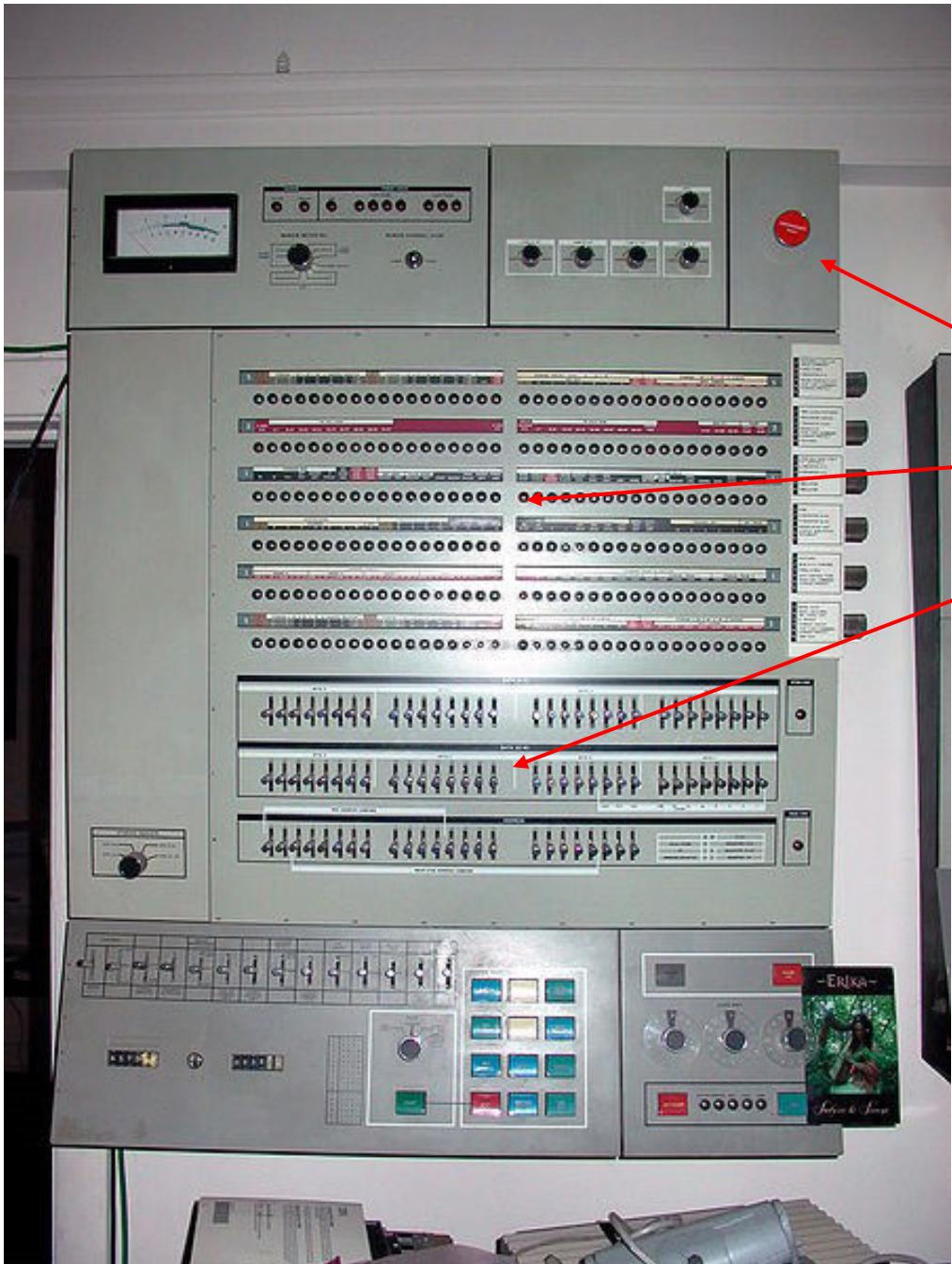
Links das Steuerpult, im  
Hintergrund M'Bandseinheiten

HS BB 2004

Bs360M50.dsf



**S/360 Rechner  
( Modell 62)  
mit Bandeinheit  
und  
Plattenspeicher,  
1966**



**Model 65  
operator's console, with  
register value lamps,  
toggle switches,  
and "emergency pull"  
switch**



**S/360 Rechner  
IBM 3214  
Plattenspeicher-  
einheiten  
1968**



**Parallel Channel Bus- and Tag Cable Connectors,  
Der Vorläufer des heutigen FICON Glasfaserkabels**



**IBM 3277 „Green Screen“ Bildschirm**

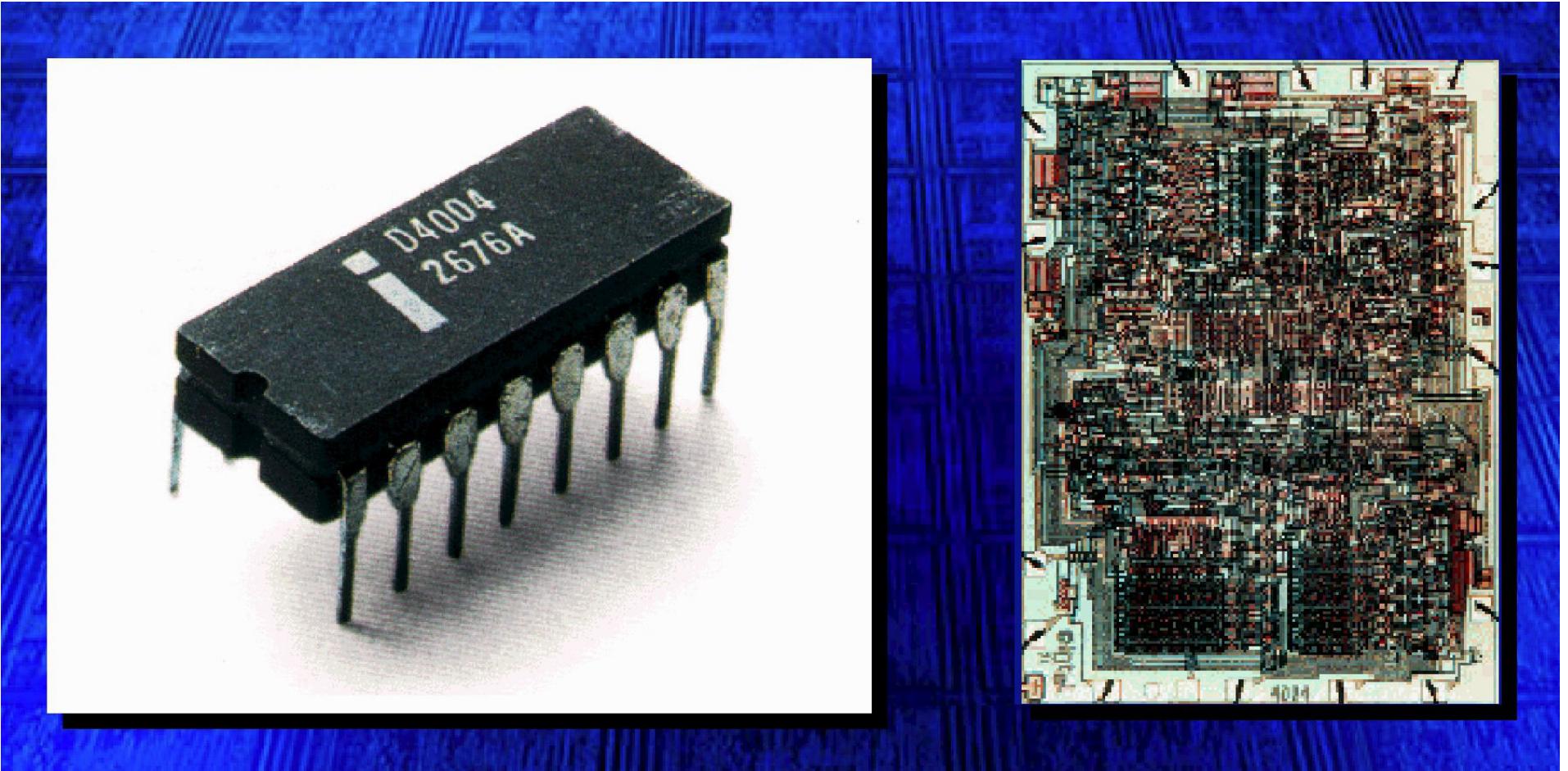
## *Alpha Architecture Reference Manual*

The Alpha architecture is a RISC architecture that was designed for high performance and longevity. Following Amdahl, Blaauw, and Brooks,<sup>1</sup> 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 data-path organization.

---

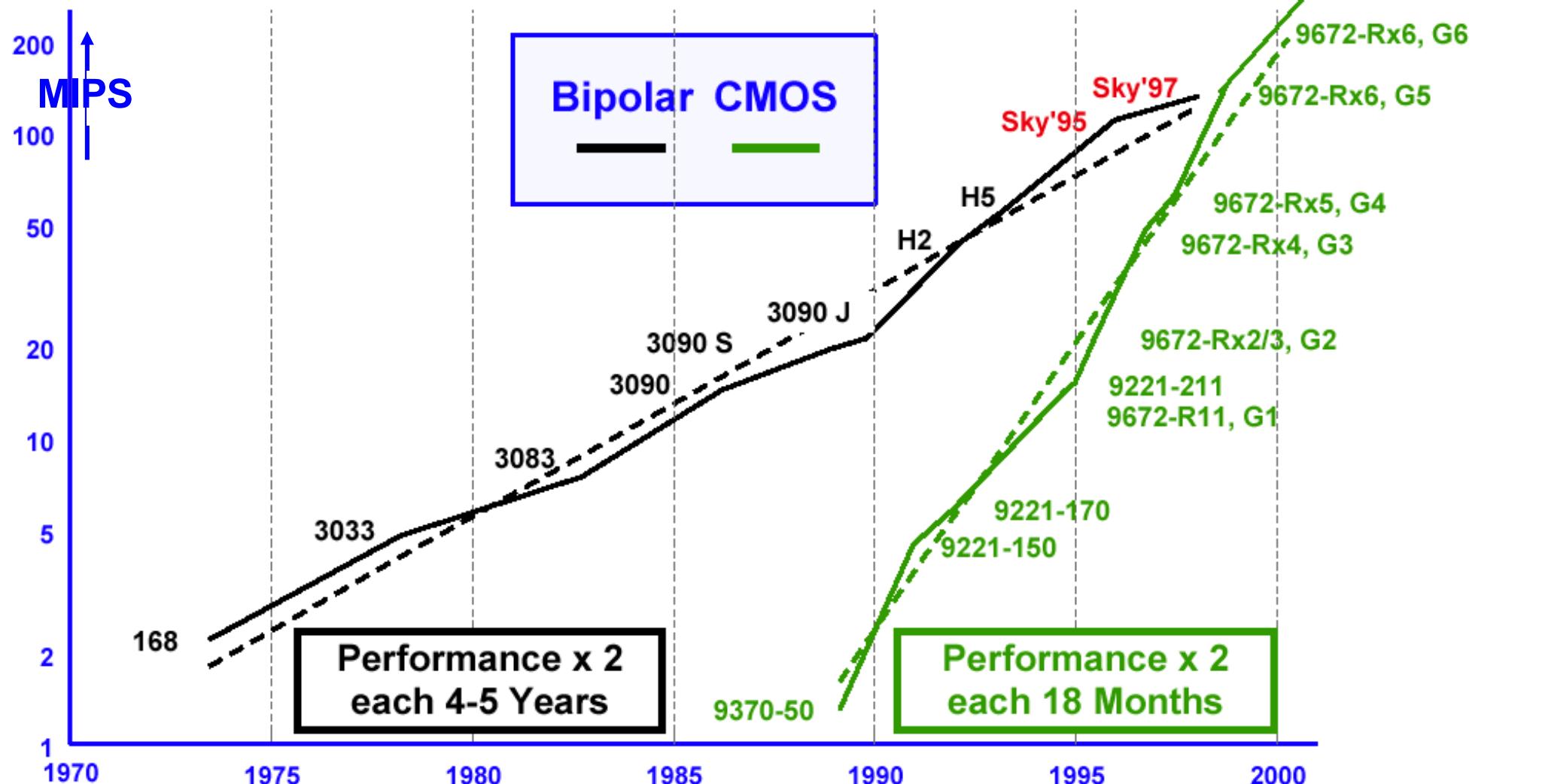
1. Amdahl, G.M., G.A. Blaauw, and F.P. Brooks, Jr. "Architecture of the IBM System/360." *IBM Journal of Research and Development*, vol. 8, no. 2 (April 1964): 87–101.



**Geburt einer Revolution, November 1971: Intel 4004 Mikroprozessor  
10 µ Prozess, 2300 Transistoren, 108 KHz Taktfrequenz**

## Bipolar to CMOS

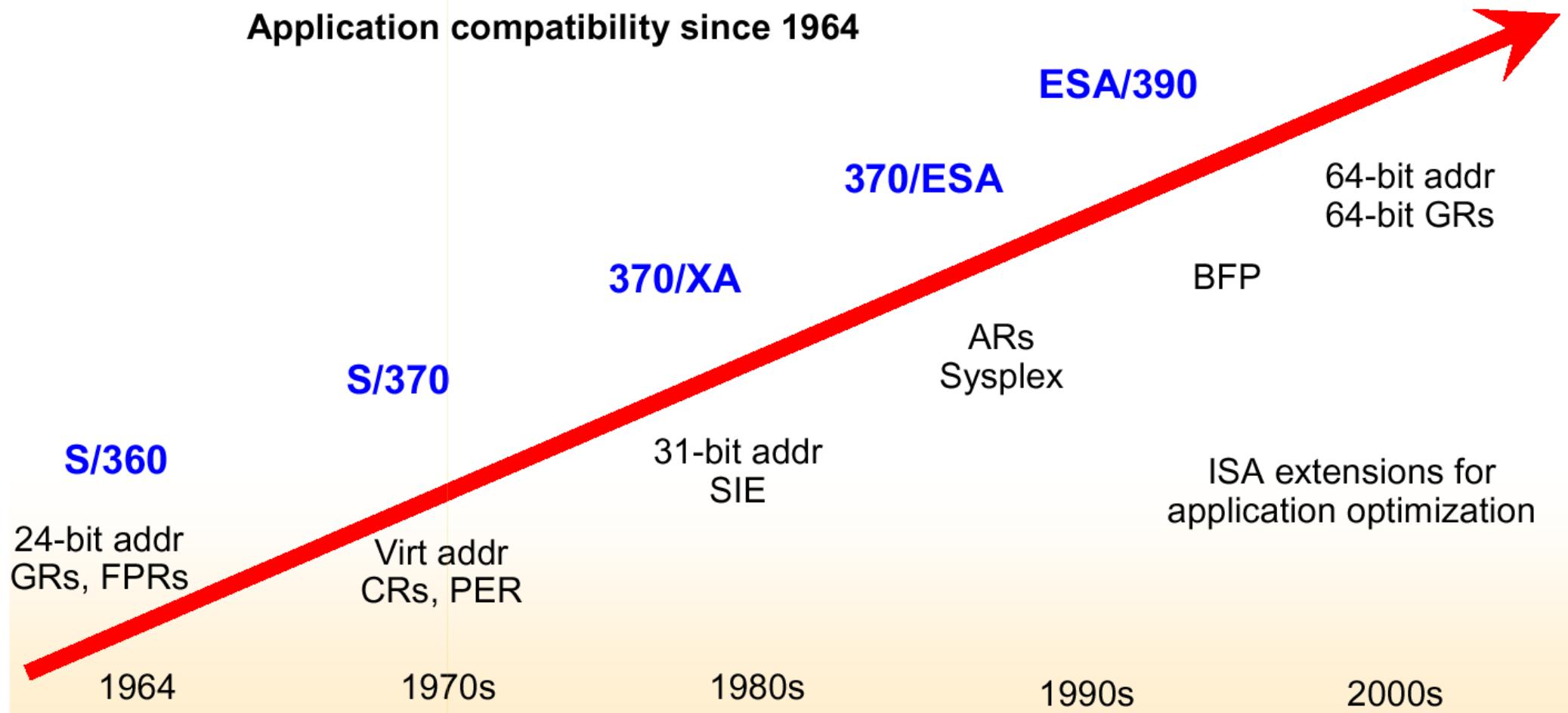
1988 entstand der erste S/370 Rechner in CMOS Technologie, damals noch recht langsam. 1997 wurde die Entwicklung von bipolaren S/390 Rechnern eingestellt, weil die CMOS Technologie sie überflügeln konnte.



# IBM

# Instruction Set Architecture

Application compatibility since 1964



<b>GR</b>	<b>General Purpose Register</b>
<b>FPR</b>	<b>Floating Point Register</b>
<b>CR</b>	<b>Control Register</b>
<b>PER</b>	<b>Program Event Recording</b>

<b>SIE</b>	<b>Start Interpretive Execution</b>
<b>AR</b>	<b>Access Register</b>
<b>BFP</b>	<b>Binary Floating Point</b>