Einführung in die Wirtschaftsinformatik I

WS 2025/26

Rechnersysteme

Prof. Dr. Rainer Wieching

Gliederung

1. Arten von Rechnern

2. Zentraleinheit

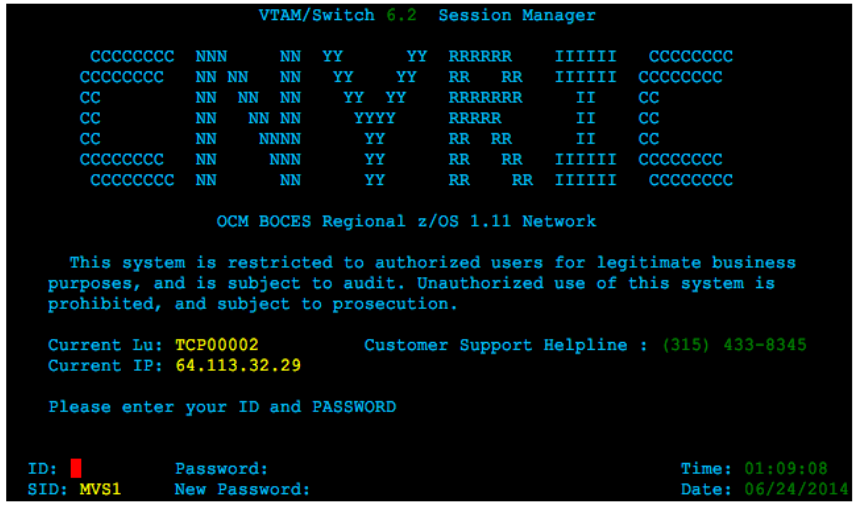
3. Speicher

4. Eingabe und Ausgabe

Großrechner (Mainframes) und Minicomputer

Großrechner: 1955–1985
Kosten: 250 Tsd. € bis 10 Mio. €
100+ Nutzer, 5–7 Jahre Nutzung

Minicomputer: ab 1960
Kosten: ein Zehntel d. Großrechner 10+
Nutzer, 4+ Jahre Nutzung





http://www.technikum29.de/shared/photos/rechnertechnik/univac/panorama-rechts.jpg, http://mainframesproject.tumblr.com/

Personal Computer: Arbeitsplatz-PCs und tragbare Rechner

Stationärer PC:
Blütezeit 1980 bis etwa 2010

Tragbarer PC:
Notebooks/Laptops, ab ca. 1980
Massenfertigung seit ca. 2000

Typische Nutzerzahl: 1+
Typische Nutzungszeit: 2+ Jahre



IBM PC 5150 (1981)

Bild: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/3f/IMB_PC-IMG_7271.jpg

Rückläufige Marktentwicklung:

Weniger Notebooks und Desktops werden verkauft
Mehr Smartphones und Tablets werden verkauft

Computergestützte Geräte (sog. eingebettete Systeme)

Internet of Things: vernetzte Gebrauchsgegenstände des täglichen Lebens (z.B. Glühbirnen, Kühlschränke, Thermostate)

Fahrassistenzsysteme im Auto

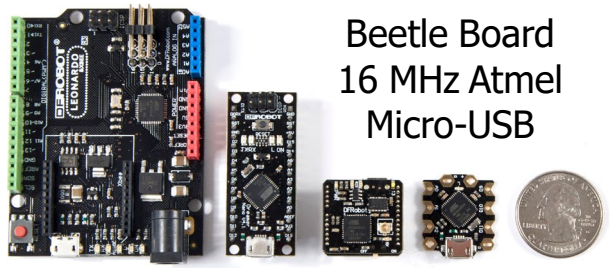
Industrieanlagen

Einplatinencomputer:
Raspberry Pi oder Intel Arduino

Ein-Chip-Computer:
System-on-a-Chip (SoC)
z.B. Intel Edison







Bilder: http://www.digitalstrategyconsulting.com/netimperative/news/nest%20labs.jpg, http://www.dfrobot.com/image/data/DFR0282/_DSC06042.jpg

Hochleistungsrechner

Workstation: v.a. für gestalterische Anwendungen mit hohem Rechenaufwand, etwa Grafikdesign sowie Musik-/Videobearbeitung



Supercomputer: für wissenschaftliche Anwendungen, z.B. die Berechnung von Klimamodellen, Wetterprognose oder die Modellierung chemischer und physikalischer Prozesse



Bilder: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c4/Jade_CINES.jpg

Supercomputer



https://res.cloudinary.com/wired-de/iu/s--uMbPiFTa--/c_fill,f_auto,g_auto,h_450,q_auto:good,w_900/v1/0/summitjpg.jpg

Supercomputer 2025

1.800.000.000.000.000.000

1. El Capitan des Lawrence Livermore National Laboratory mit 1,809 EFLOPS
2. Frontier des Oak Ridge National Laboratory mit 1,353 EFLOPS
3. Aurora des Argonne National Laboratory mit 1,012 EFLOPS
4. JUPITER Booster (EuroHPC) des Forschungszentrum Jülich mit 1,0 EFLOPS
5. Eagle der Microsoft Corporation mit 561,2 PFLOPS
6. HPC6 (Eni S.p.A.): 477,9 PFLOPS
7. Fugaku des RIKEN Center for Computational Science mit 442,0 PFLOPS
8. Alps des CSCS mit 434,9 PFLOPS
9. LUMI des EuroHPC mit 379,7 PFLOPS
10. Leonardo des EuroHPC mit 241,2 PFLOPS

Land	Leistung PFLOPS	Anzahl
Vereinigte Staaten	6961,3	171
Europäische Union	*3874,1*	*135*
Japan	1426,0	43
Deutschland	1396,1	40
Italien	888,8	18
Schweiz	450,2	3
Finnland	391,4	3
Vereinigtes Königreich	378,1	9
Südkorea	323,1	15
Frankreich	320,5	22
Niederlande	291,3	7
Spanien	221,9	3
Saudi-Arabien	216,5	7
Taiwan	208,6	10
Volksrepublik China	204,9	40

https://www.heise.de/newsticker/meldung/Supercomputer-erste-ARM-und-Epyc-Rechner-in-der-Top500-Liste-4218568.html

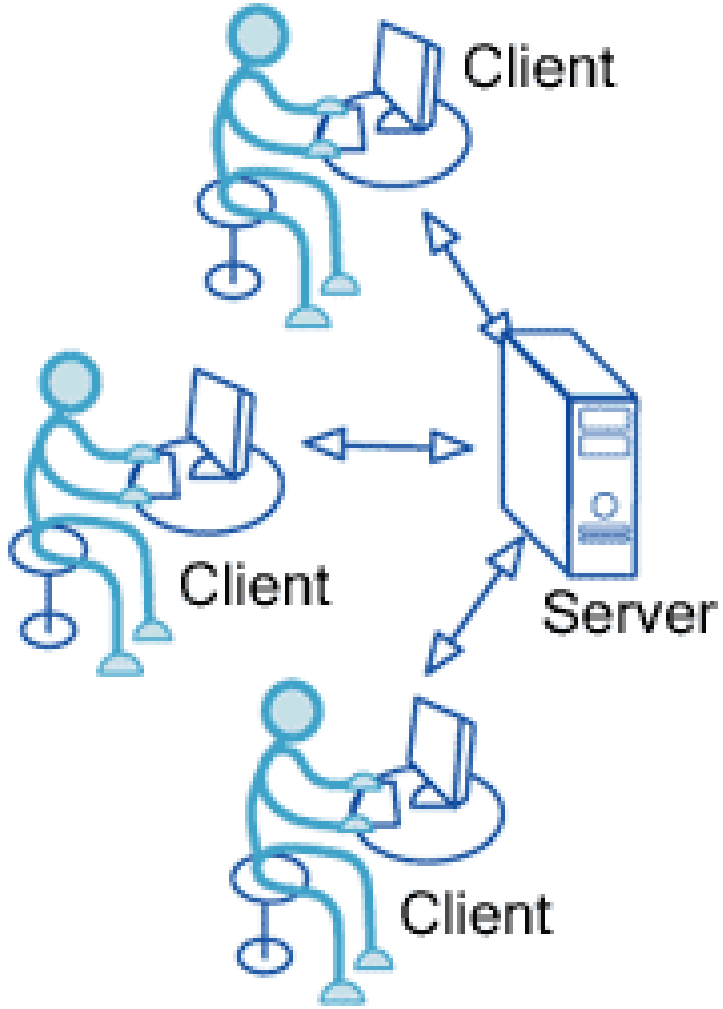
Unterscheidung nach Nutzungsmustern

Arbeitsplatzrechner stehen am Arbeitsplatz eines Nutzers, Bedienung mit Maus, Tastatur, Bildschirm (**Client**)

Rechner, die mehreren Nutzern einen Dienst anbieten (**Server**)

Hohe Anforderungen an die Verfügbarkeit:

- zusätzliche Absicherung,
- klimatisierter Serverraum und
- unterbrechungsfreie Stromversorgung (USV)



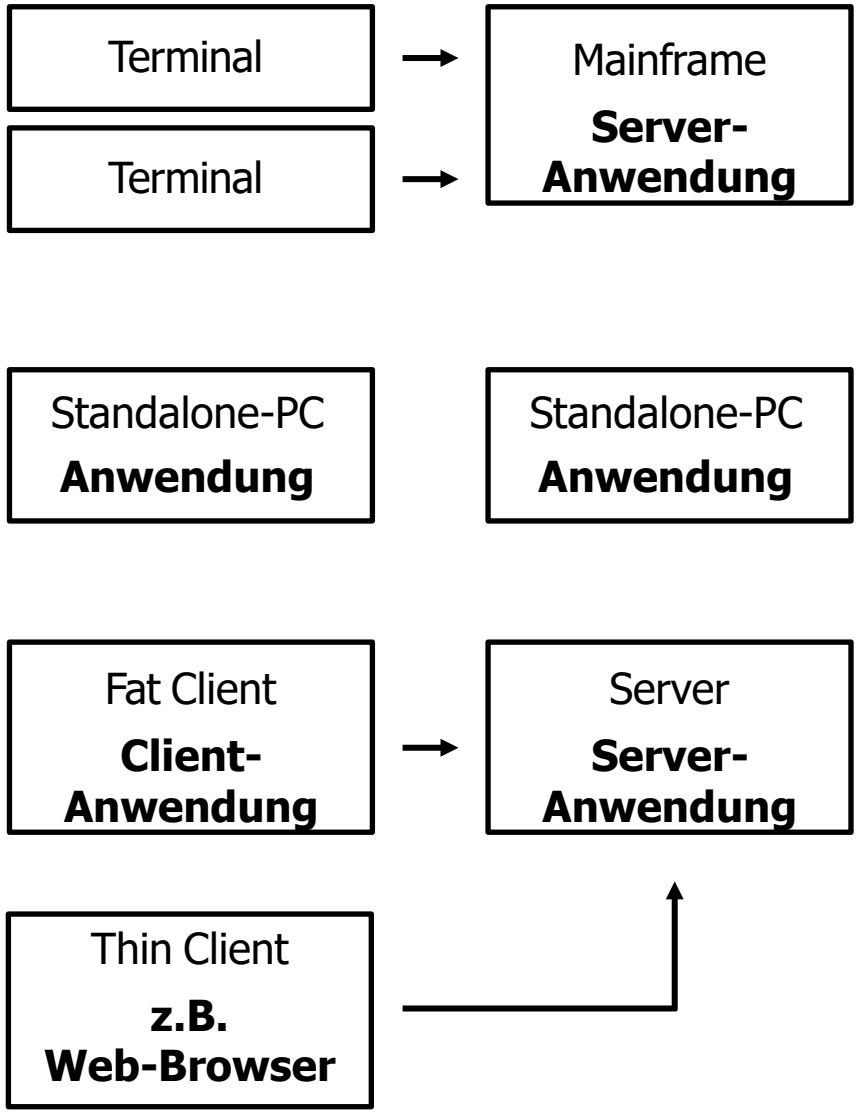
https://www.e-teaching.org/technik/vernetzung/architektur/client-server

Unterschiedliche Ausprägung der Arbeitsaufteilung zwischen Client und Server

Terminalbetrieb:
gesamte Datenverarbeitung auf dem Server, nur Ein- und Ausgabe auf dem Client

Standalone-PC:
gesamte Datenverarbeitung auf dem Client

Fat Client und Thin Client:
Datenverarbeitung teilweise auf dem Server, teilweise auf dem Client



Server

Heutige **Server** nutzen ähnliche Komponenten wie PCs, die jedoch zuverlässiger und für höhere Belastung ausgelegt sind.

Sie werden platzsparend in Server-Schränken montiert (19"-**Racks**).

Typische Schränke bieten Platz für 42 Höheneinheiten, d.h. 42 Server mit 1 HE (1,75")

Bladesysteme ermöglichen noch höhere Dichte: z.B. 180 Server pro Bladesystem, 8 Bladesysteme/Rack





Bilder: http://www.storagereview.com/images/StorageReview-Supermicro-SuperServer-1027R-WC1NRT-Inside.jpg, http://www.cisco.com/c/en/us/products/servers-unified-computing/r-series- racks/index/_jcr_content/series_data_hero/data-hero-image/data-hero-image-trigger/parsys-for-c26v4/frameworkimage.img.jpg/r_series_rack_large.jpg

Virtuelle Maschinen

Server und Clients müssen heute nicht mehr unbedingt auf genau einem physischen Rechner laufen.

Die Funktionen der Hardware lassen sich mit **Virtualisierungstechniken** in Software simulieren.

Vorteile: Einrichtung von Testumgebungen möglich, bessere Ausnutzung von Ressourcen

Cloud-Computing (Details später)

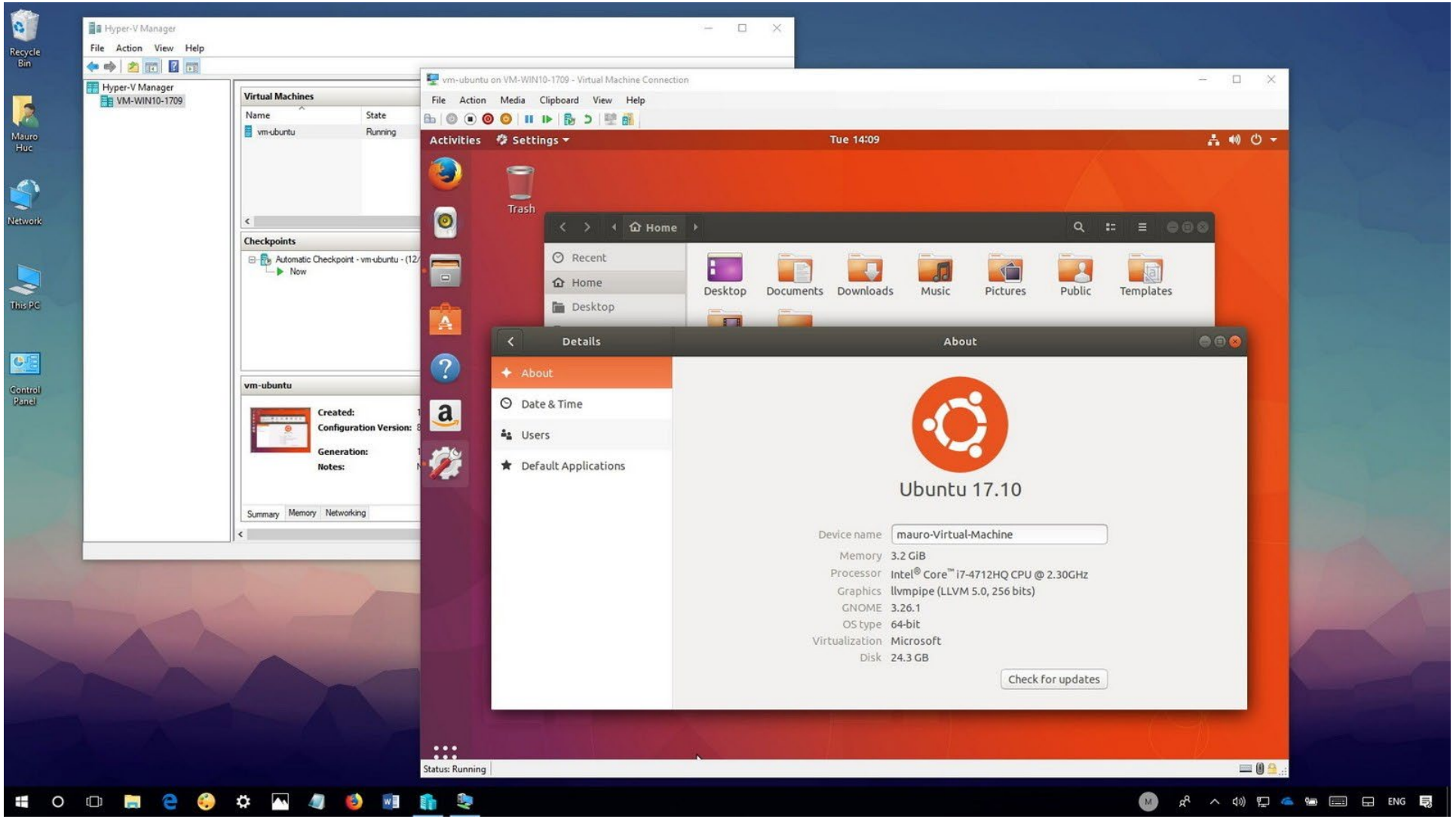
Beispiel: ein Linux-Betriebssystem oder MacOS auf einem Windows- PC „im Fenster“ laufen lassen.

Virtuelle Maschinen



http://internettricks.de/wp-content/uploads/2014/08/Parallels-Desktop-f-r-Mac-5-f630x378-ffffff-C-2a062ba1-76059126.jpg

Virtuelle Maschinen



https://www.windowscentral.com/how-run-linux-distros-windows-10-using-hyper-v

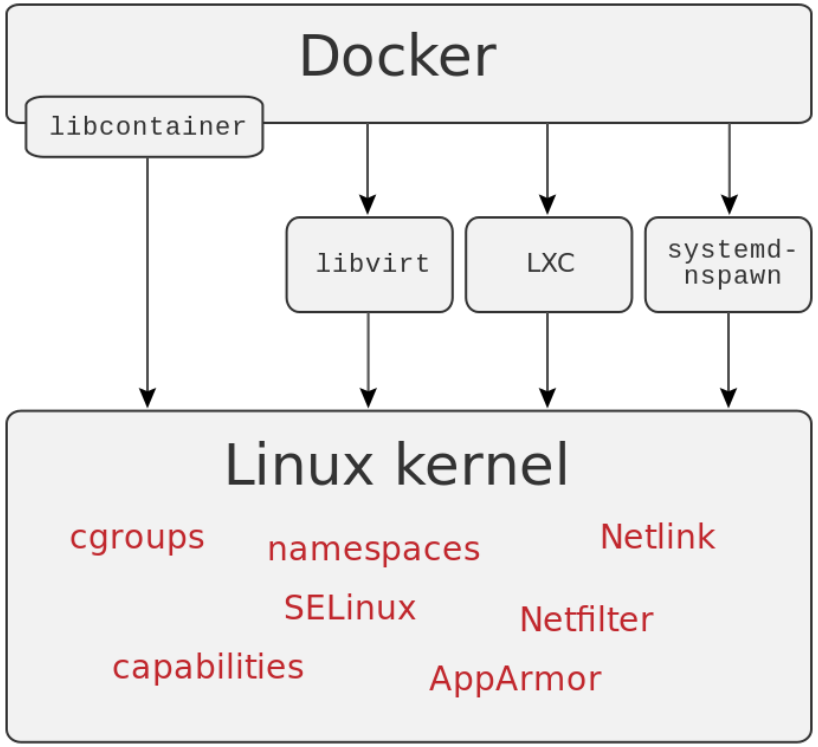
Container

Isolierung von Anwendungen mittels Betriebssystemvirtualisierung in sog. Containern (z.B. Docker).

Zugriff über verschiedene Schnittstellen auf **Virtualisierungsfunktionen des Hosts** (meist Linux Kernel).

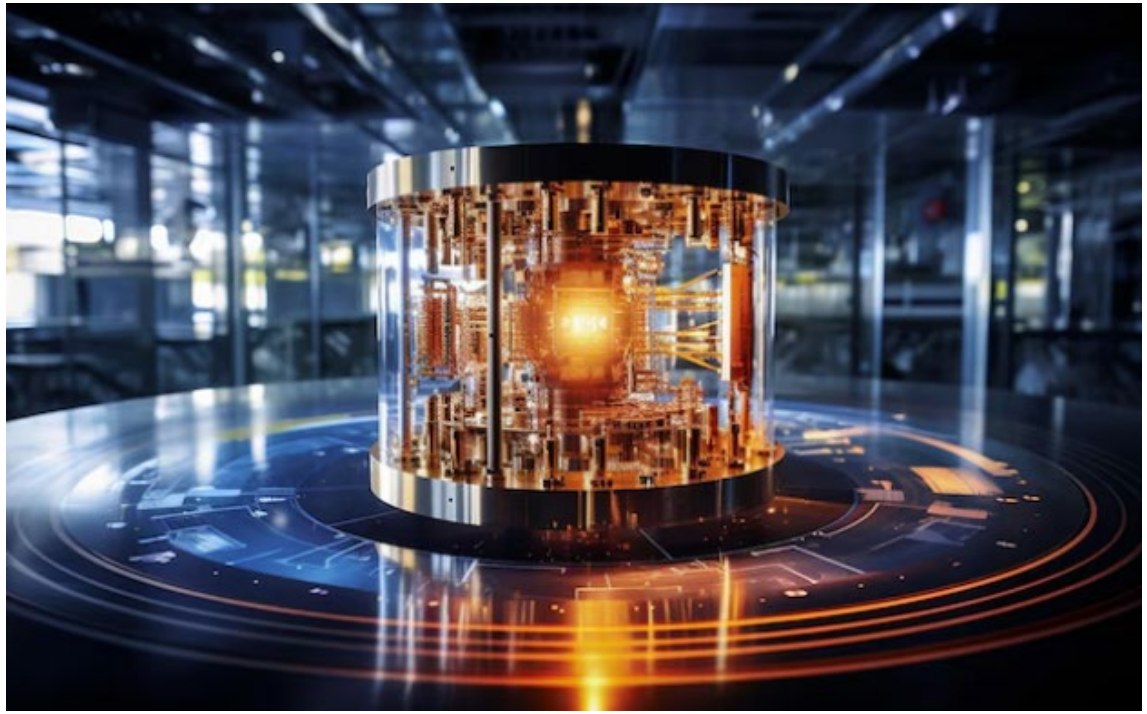
Vereinfacht Transport und Installation von komplexen Anwendungen.

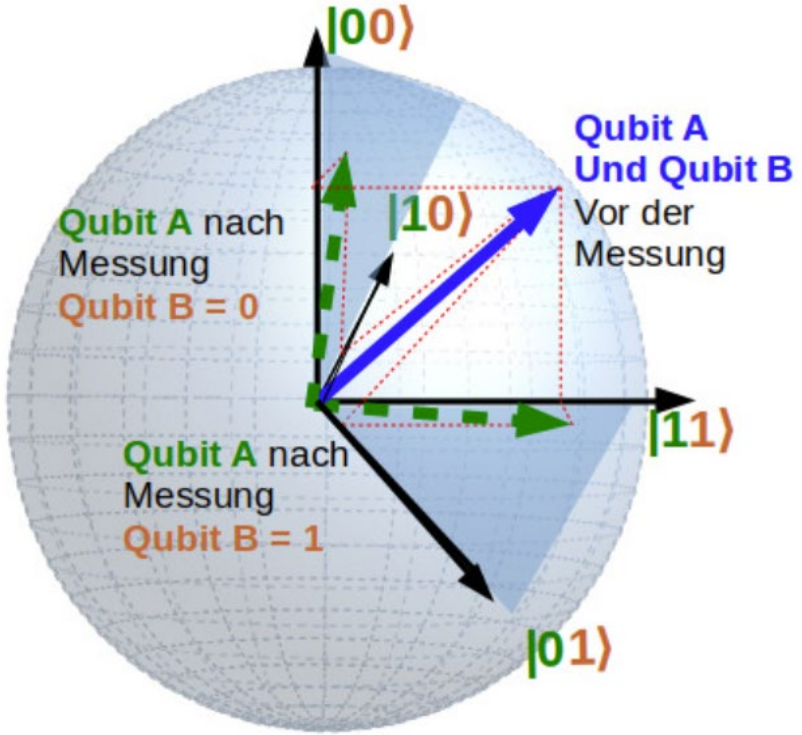
Oft Sicherheitsfunktionen mittels **Sandboxing**.



https://de.wikipedia.org/wiki/Docker_(Software)#/media/File:Docker-linux-interfaces.svg

Quanten Computer





[Ein freies Online-Buch über Quantencomputer für Neugierige]

Gliederung

1. Arten von Rechnern

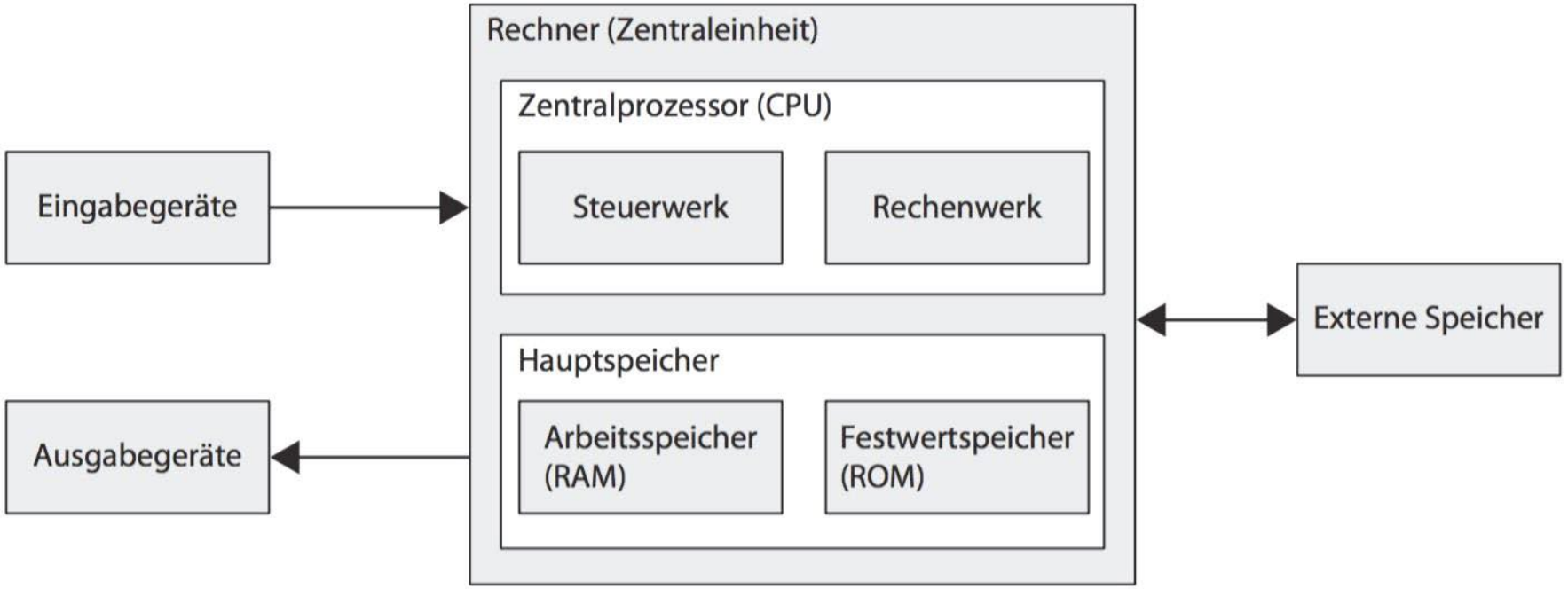
2. Zentraleinheit

3. Speicher

4. Eingabe und Ausgabe

Heutige Rechner basieren auf der von-Neumann-Architektur

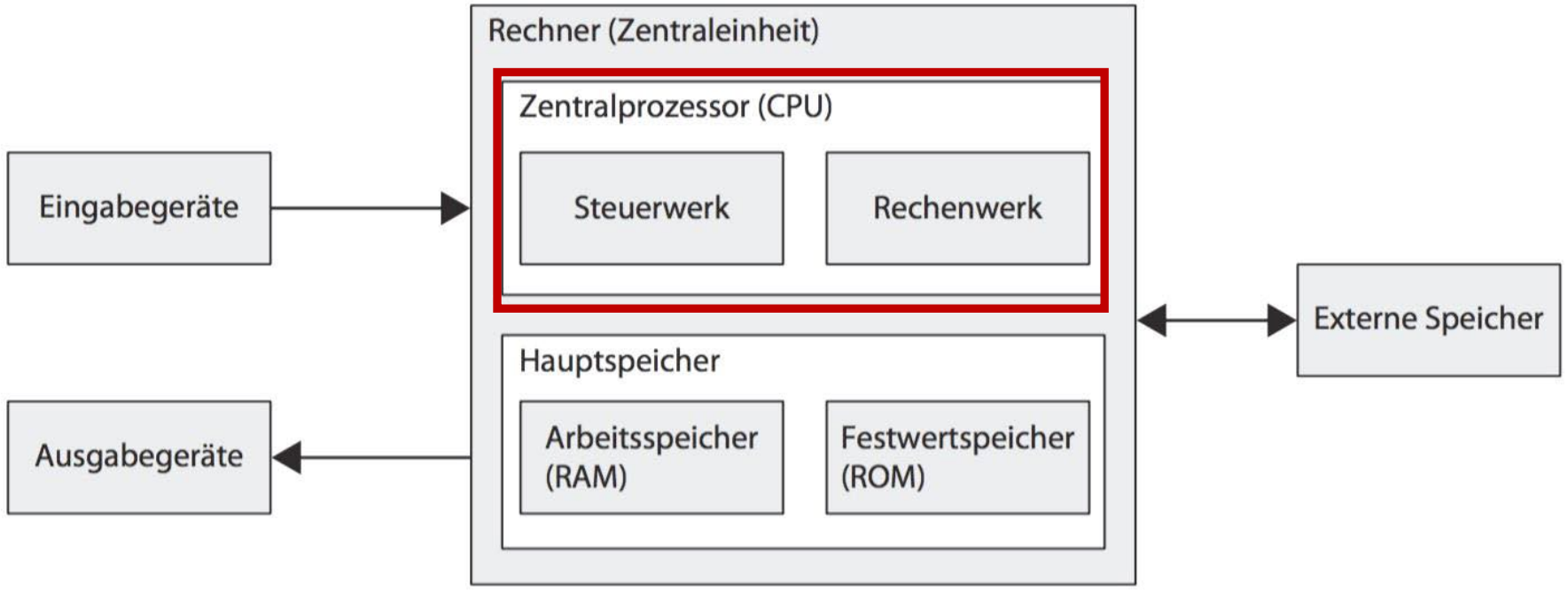
Revolutionäre Idee: Hauptspeicher enthält Daten **und** Programmcode,
d.h. Übergang von Einzweckrechner zur universellen Rechenmaschine



Leimeister, S. 39; Hansen, S. 504

Heutige Rechner basieren auf der von-Neumann-Architektur

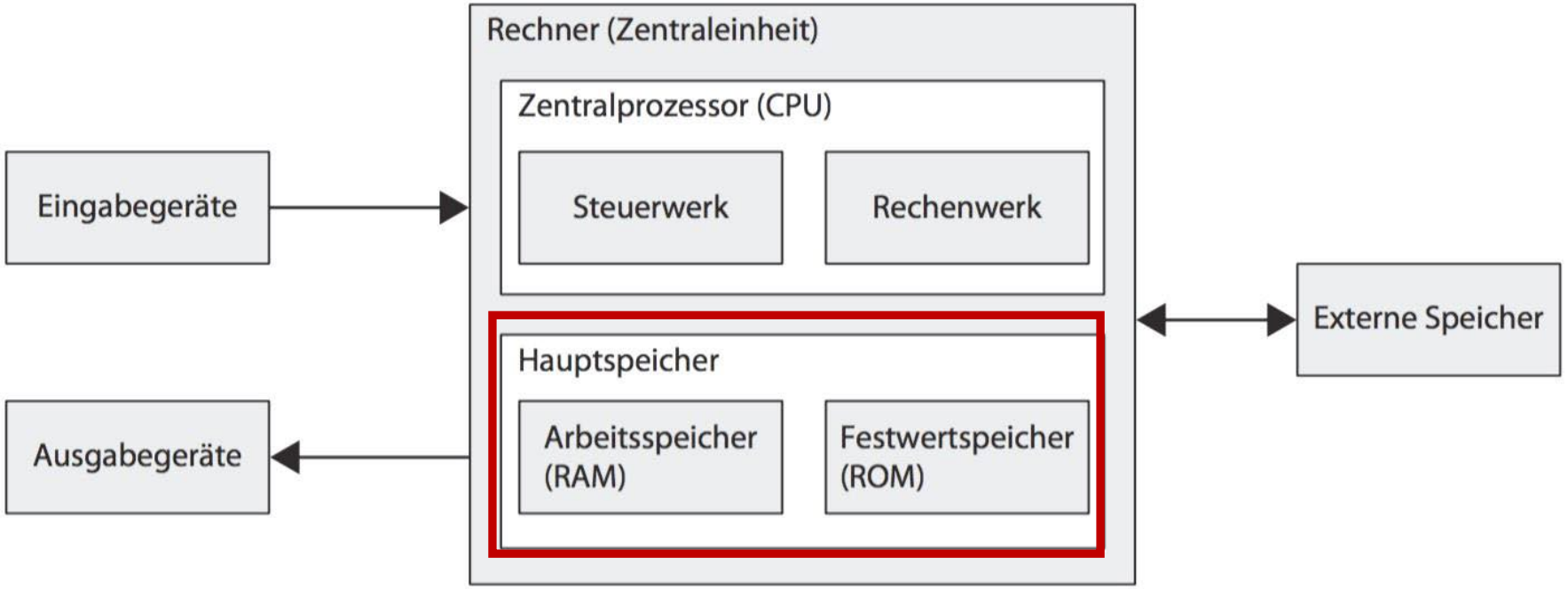
Revolutionäre Idee: Hauptspeicher enthält Daten **und** Programmcode,
d.h. Übergang von Einzweckrechner zur universellen Rechenmaschine



Leimeister, S. 39; Hansen, S. 504

Heutige Rechner basieren auf der von-Neumann-Architektur

Revolutionäre Idee: Hauptspeicher enthält Daten **und** Programmcode,
d.h. Übergang von Einzweckrechner zur universellen Rechenmaschine



Leimeister, S. 39; Hansen, S. 504

Das Pipeline-Prinzip erlaubt die teilweise Parallelisierung der Verarbeitung aufeinanderfolgender Befehle.

1. Befehl aus Hauptspeicher holen (entsprechend dem aktuellen Befehlszähler, der die Speicheradresse des aktuellen Befehls bereithält)
2. Befehl decodieren, Operanden-Adressen oder Sprungziel errechnen
3. Operanden holen
4. Befehl ausführen, d.h. Operanden verarbeiten, ggf. Ergebnis speichern
5. Befehlszähler erhöhen.

Steuerwerk

Hauptspeicher

Adresse	Inhalt
→ 140	compare 10 with [1344]
144	jump to 152 if unequal
148	multiply [1344] and [1348]
	⋮
1344	10
1348	20

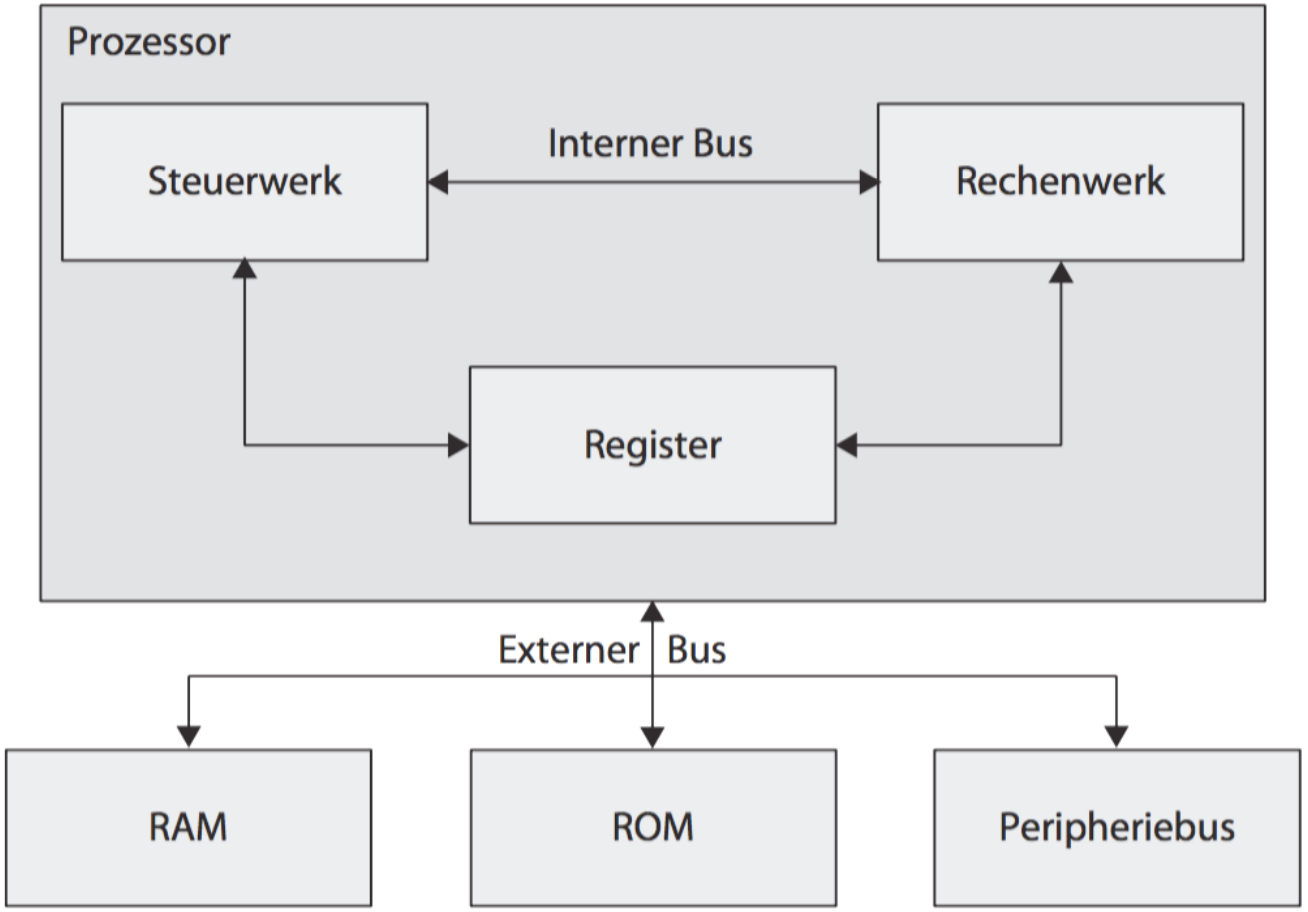
Das Pipeline-Prinzip erlaubt die teilweise Parallelisierung der Verarbeitung aufeinanderfolgender Befehle.

Instr No.	Pipeline Stage						
1	IF	ID	EX	MEM	WB		
2		IF	ID	EX	MEM	WB	
3			IF	ID	EX	MEM	WB
4				IF	ID	EX	MEM
5					IF	ID	EX
Clock Cycle	1	2	3	4	5	6	7

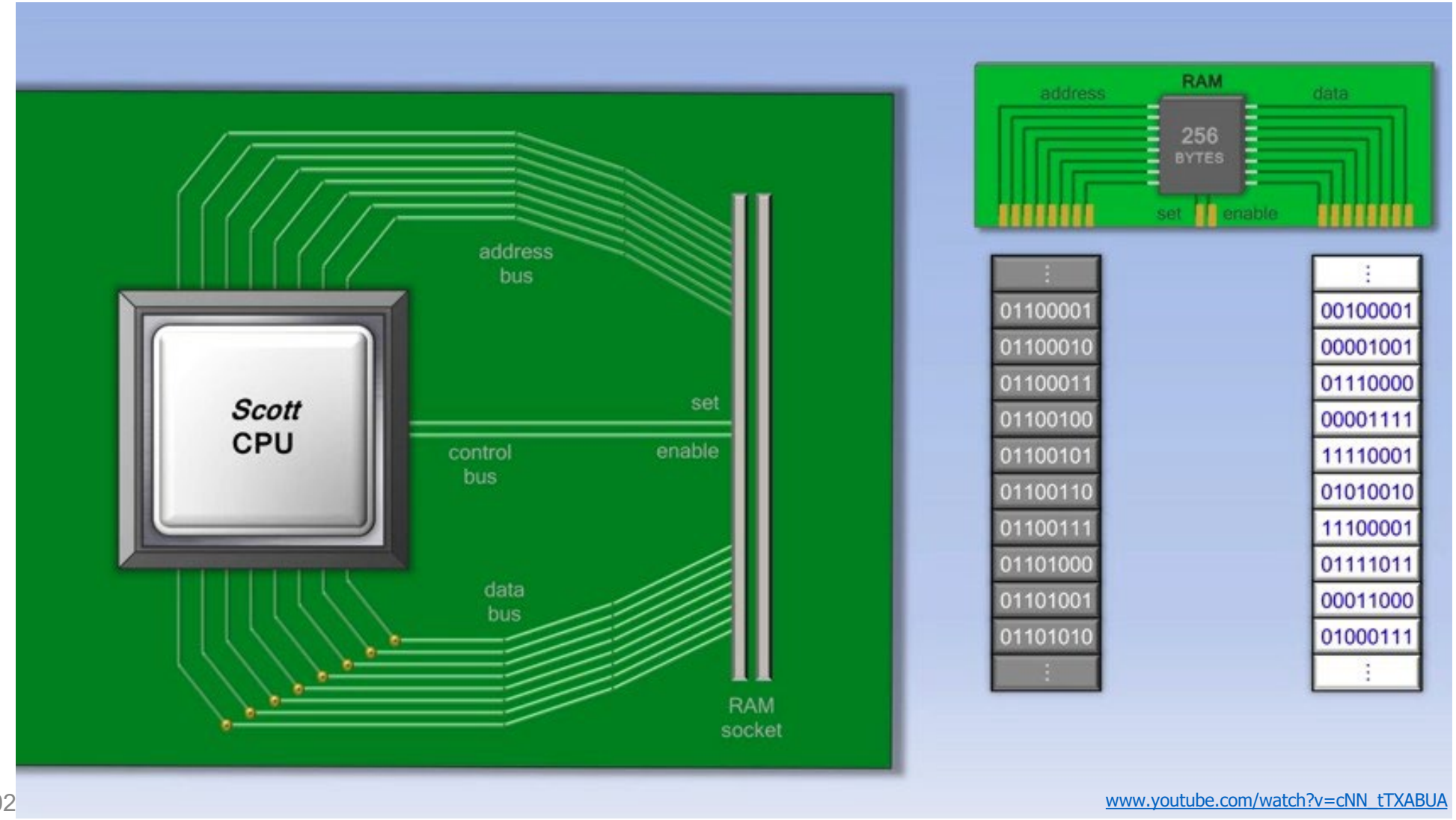
IF: Instruction fetch, **ID:** Instruction decode, **EX:** Execute,
MEM: Memory access, **WB:** Write back

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:5_Stage_Pipeline.svg

Die Zentraleinheit nutzt Bus-Systeme, um Speicher und Peripherie anzusprechen. Register dienen als Zwischenspeicher.

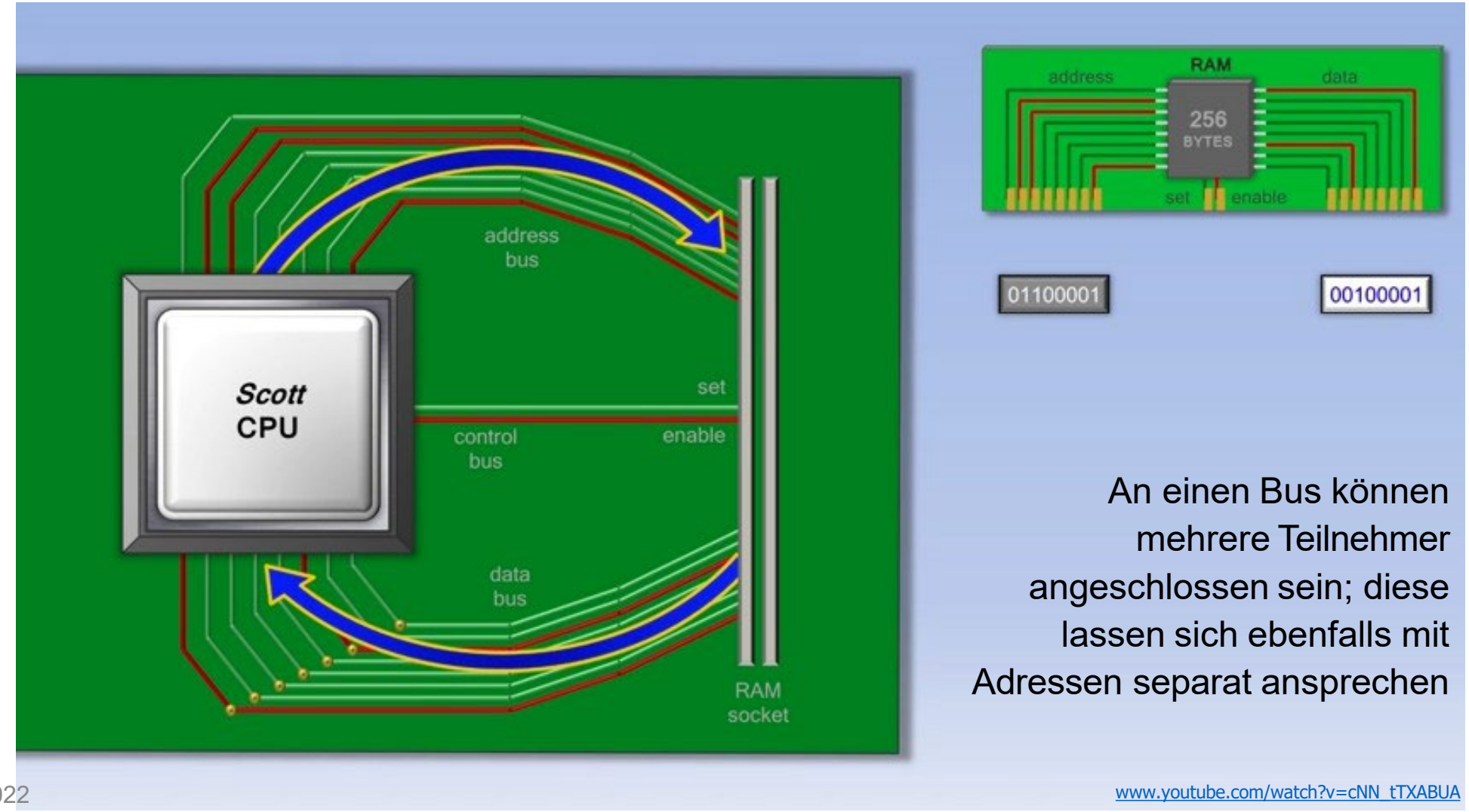


Ein Bus besteht schematisch aus Adress-, Steuer- und Datenleitungen.



www.youtube.com/watch?v=cNN_tTXABUA

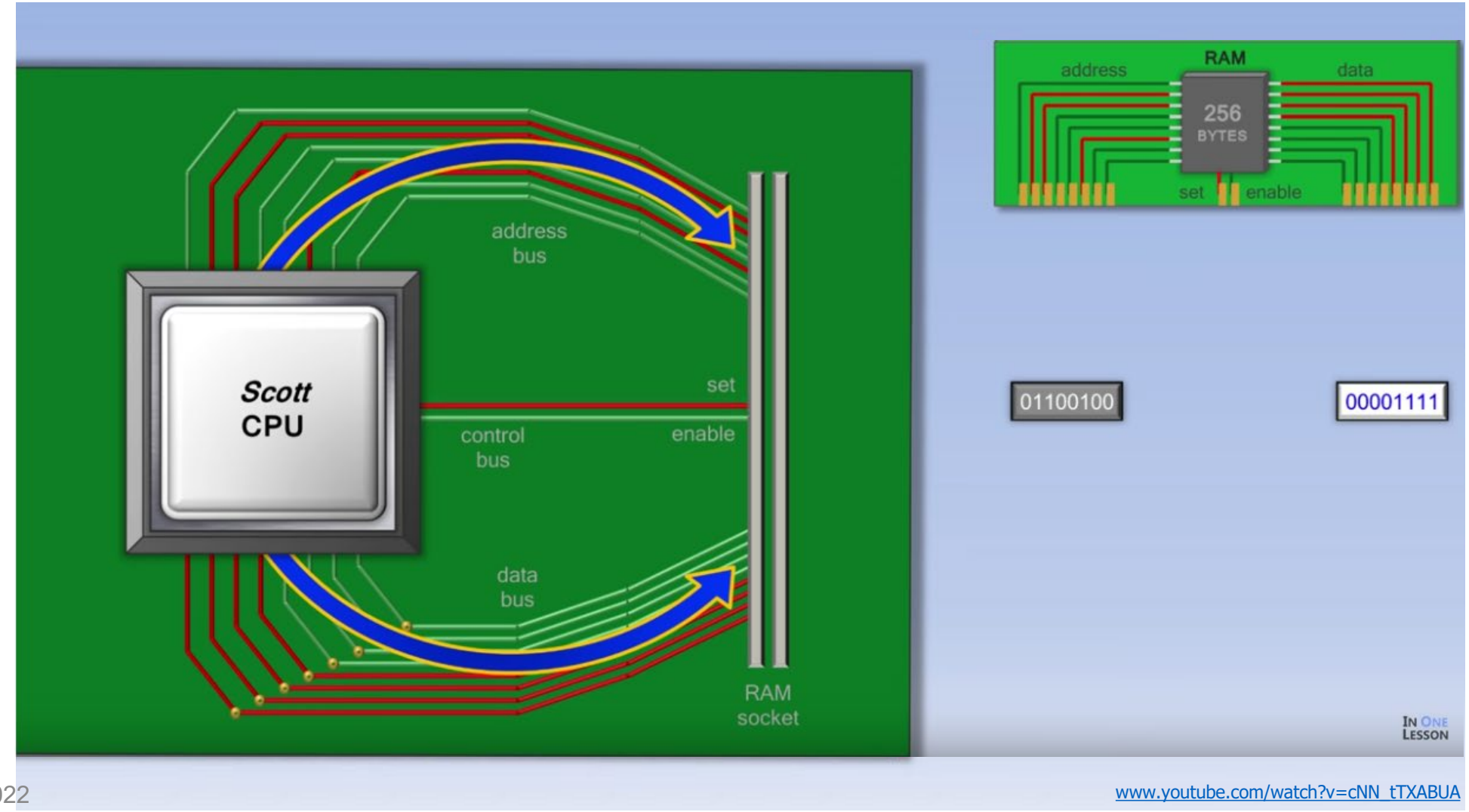
Die CPU legt die gew. Adresse (1 Byte) auf den Adressbus, aktiviert die „enable“-Leitung; liest 1 Byte auf den Datenleitungen.



An einen Bus können mehrere Teilnehmer angeschlossen sein; diese lassen sich ebenfalls mit Adressen separat ansprechen

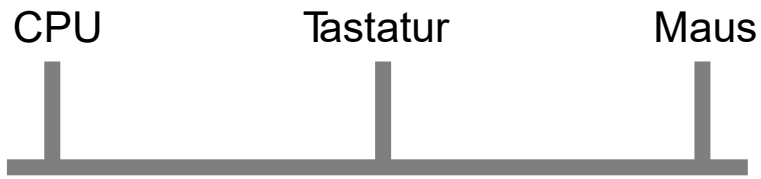
www.youtube.com/watch?v=cNN_tTXABUA

Die CPU legt die gew. Adresse (1 Byte) auf den Adressbus, legt 1 Byte auf die Datenleitung und aktiviert die „set“-Leitung;



www.youtube.com/watch?v=cNN_tTXABUA

Alle Peripherie-Geräte und Massenspeicher werden über Bus-Systeme angesprochen.



Paralleler Bus:

Mehrere Adress- und Datenleitungen, auf denen mehrere Bits gleichzeitig übertragen werden.

Serieller Bus:

Eine Leitung, auf der Adress- und Datenbits direkt nacheinander übertragen werden (höherer Takt).

Interner Bus

- PCI (133 MB/s @ 32Bit 33MHz)
- AGP (2133 MB/s @ 32Bit)
- PCI Express (31GB/s @ 16 Lanes)
- ATA (133 MB/s), SCSI
  SATA (16 Gbit/s = 1969 MB/s)

Externer Bus

- USB 2.0 (480 Mbit/s = 60MB/s)
  USB 3.0 (5 Gbit/s = 625 MB/s) 3.1 (10Gbit/s)
  USB 4.0 (bis zu 500 Gbit/s ??)
- Firewire, Thunderbolt

Jeder Prozessor hat einen festgelegten Befehlssatz (ca. 50-900 Maschinenbefehle), der einer von vier Architekturen folgt.

arithmetische Befehle:
Addieren, Subtrahieren, …

logische Befehle:
Vergleichen, Verknüpfen, …

Datentransferbefehle:
Übertragen, Verschieben, …

Ein- und Ausgabebefehle:
Lesen, Schreiben, …

Single Instruction Single Data:
ein Befehl betrifft immer nur einen Operanden

Single Instruction Multiple Data:
derselbe Befehl wird auf eine (große) Menge von Daten angewendet (z.B. in GPUs)

Multiple Instruction Multiple Data:
Mehrkernprozessoren

Multiple Instruction Single Data:
Fehlertoleranz (z.B. Raumfahrt)

Prozessoren verarbeiten Daten und Code in Form von Dualzahlen, da ihre Transistoren lediglich zwei Zustände verarbeiten können.

System mit zwei Zeichen: „binär“, Spezialfall für 0 und 1: „dual“. Das **Dualsystem** ist ein Stellenwert-system mit der Basis 2.

Ein **Bit** ist ein Zeichen, das den Wert 0 oder 1 annehmen kann.

Übersichtlicher ist Darstellung im **Hexadezimalsystem** (Basis 16), Zeichen 0 … 9 A B C D E F

8 Bits werden zu einem **Byte** zusammengefasst, das Werte von 0x00 bis 0xFF annehmen kann.

Im Dezimalsystem:

$409_{10} = 4 \cdot 10^2 + 0 \cdot 10^1 + 9 \cdot 10^0$

Im Dualsystem:

$409 = 1 \cdot 2^8 +$
$1 \cdot 2^7 + 0 \cdot 2^6 + 0 \cdot 2^5 + 1 \cdot 2^4 +$
$1 \cdot 2^3 + 0 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0 =$
$1\ 1001\ 1001_2$

Im Hexadezimalsystem:

$409 = 199_{16}$ oder 0x199

Zur Speicherung von Text kommt z.B. die ASCII-Tabelle zum Einsatz (Auszug), die jedes Zeichen mit 8 Bits kodiert.

00100000	20		00110000	30	0	01000000	40	@	01010000	50	P
00100001	21	!	00110001	31	1	01000001	41	A	01010001	51	Q
00100010	22	"	00110010	32	2	01000010	42	B	01010010	52	R
00100011	23	#	00110011	33	3	01000011	43	C	01010011	53	S
00100100	24	$	00110100	34	4	01000100	44	D	01010100	54	T
00100101	25	%	00110101	35	5	01000101	45	E	01010101	55	U
00100110	26	&	00110110	36	6	01000110	46	F	01010110	56	V
00100111	27	'	00110111	37	7	01000111	47	G	01010111	57	W
00101000	28	(	00111000	38	8	01001000	48	H	01011000	58	X
00101001	29	)	00111001	39	9	01001001	49	I	01011001	59	Y
00101010	2A	*	00111010	3A	:	01001010	4A	J	01011010	5A	Z

W I R T S C H A F T S I N F O R M A T I K

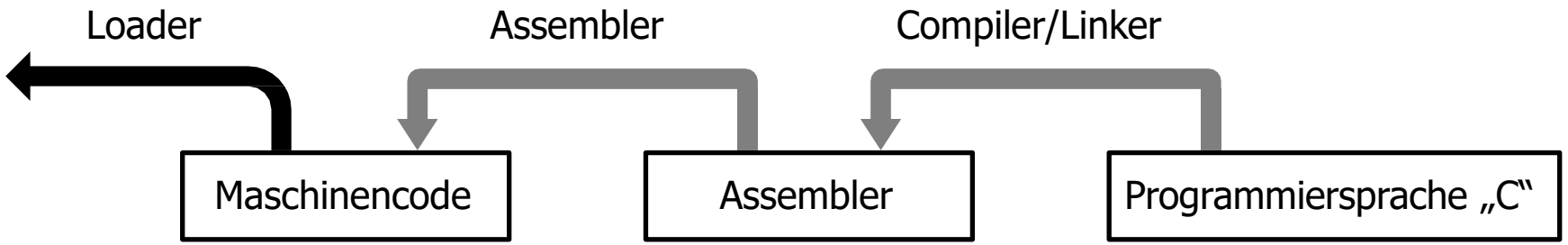
57 49 52 54 53 43 48 41 46 54 53 49 4e 46 4f 52 4d 41 54 49 4b 00

```
01010111  01001001  01010010  01010100  01010011  01000011
01001000  01000001  01000110  01010100  01010011  01001001
01001110  01000110  01001111  01010010  01001101  01000001
01010100  01001001  01001011  00000000  (= Markierung f. Ende d. Strings)
```

Zum Kodieren von Dezimalzahlen mit Nachkommastellen gibt es drei Möglichkeiten.

	Beispiel: **15,99**
Als Text-String (ASCII)	0x31 0x35 0x2C 0x39 0x39
Als **Festkommazahl** mit vorher vereinbarter fester Anzahl von Nachkommastellen	1599 = 0x63F = $0110\ 0011\ 1111_2$
Als **Gleitkommazahl** mit variabler Anzahl von Nachkommastellen	$1{,}99874997138977705 \cdot 2^3$ = 0x417FD70A

Die Operationen werden anhand einer Tabelle als Binärzahlen kodiert, Operanden folgen darauf.



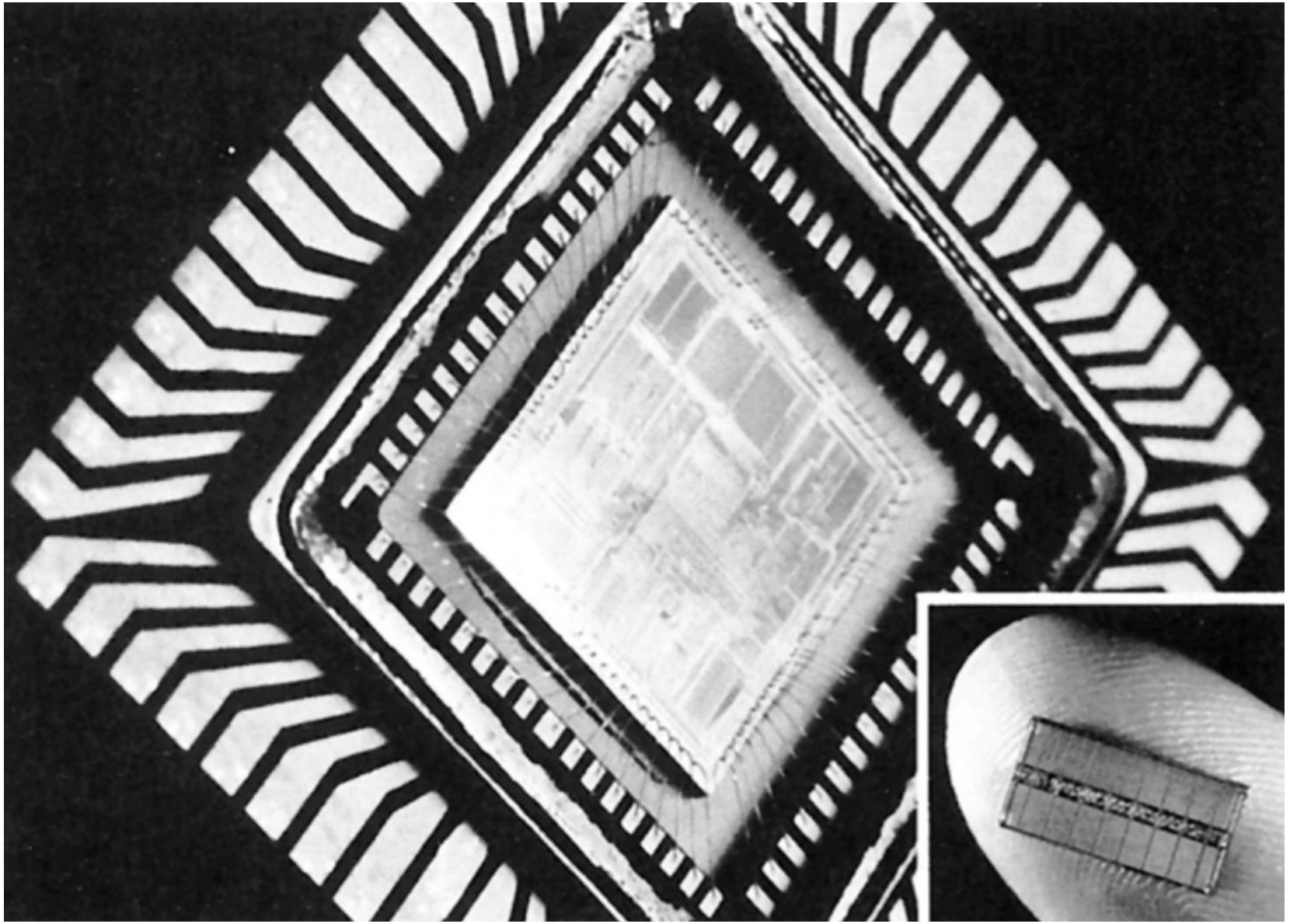
C7 45 FC 02	`mov DWORD PTR [rbp-4], 2`	`int a = 2;`
C7 45 F8 03	`mov DWORD PTR [rbp-8], 3`	`int b = 3;`

8B 45 F8
8B 55 FC
01 D0
89 45 F4
	`mov eax, DWORD PTR [rbp-8]`
	`mov edx, DWORD PTR [rbp-4]`
	`add eax, edx`
	`mov DWORD PTR [rbp-12], eax`
		`int c = a + b;`

8B 45 F4	`mov eax, DWORD PTR [rbp-12]`	`return c;`

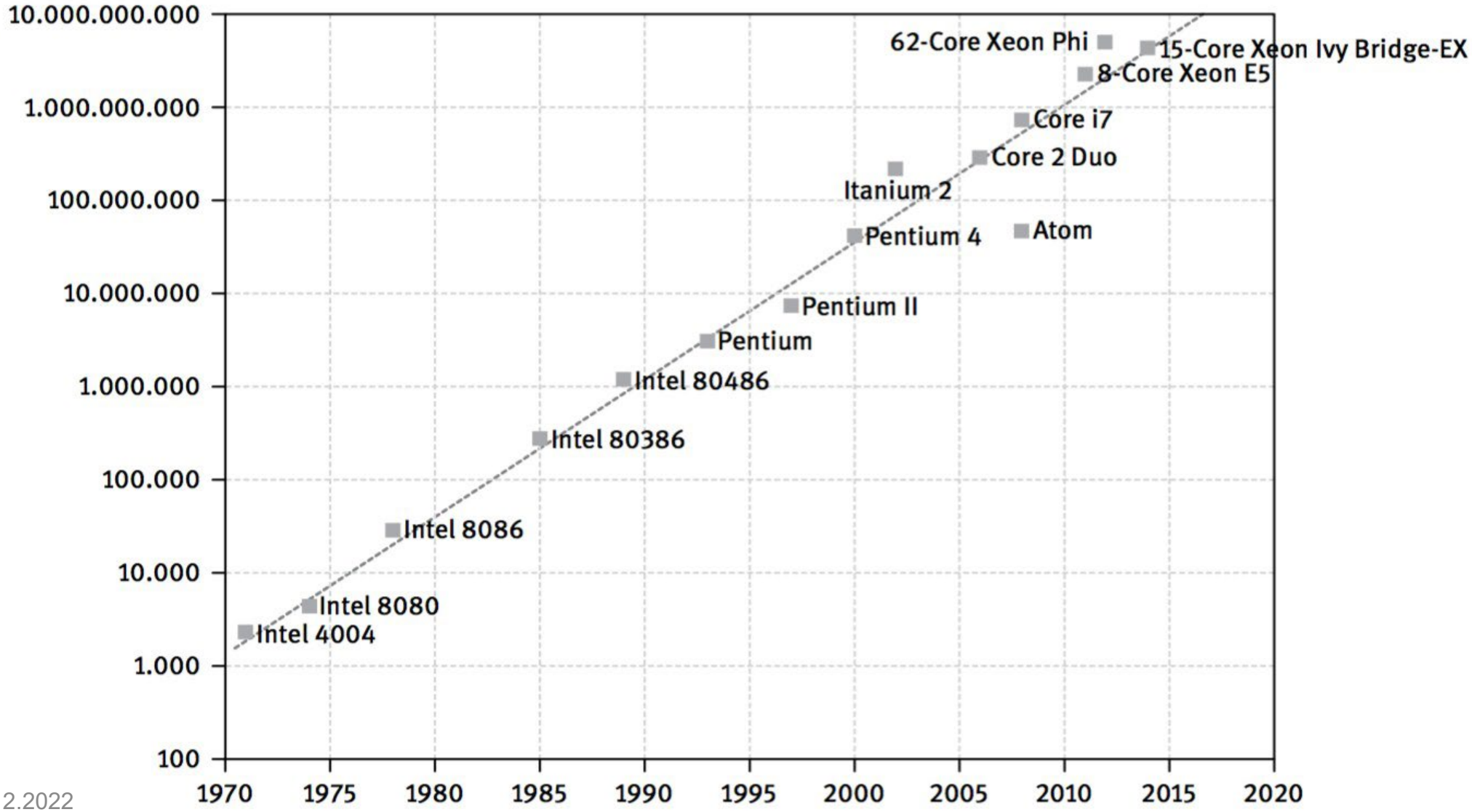
https://de.wikipedia.org/wiki/Maschinensprache

Makro-Aufnahme eines Prozessors (Chip, Mikrochip)



Hansem, 508

Moore‘s Law (1965) sagt hervor, dass sich die Anzahl der Transistoren in Mikrochips alle zwei Jahre verdoppeln wird.



Hansem, 509

Gliederung

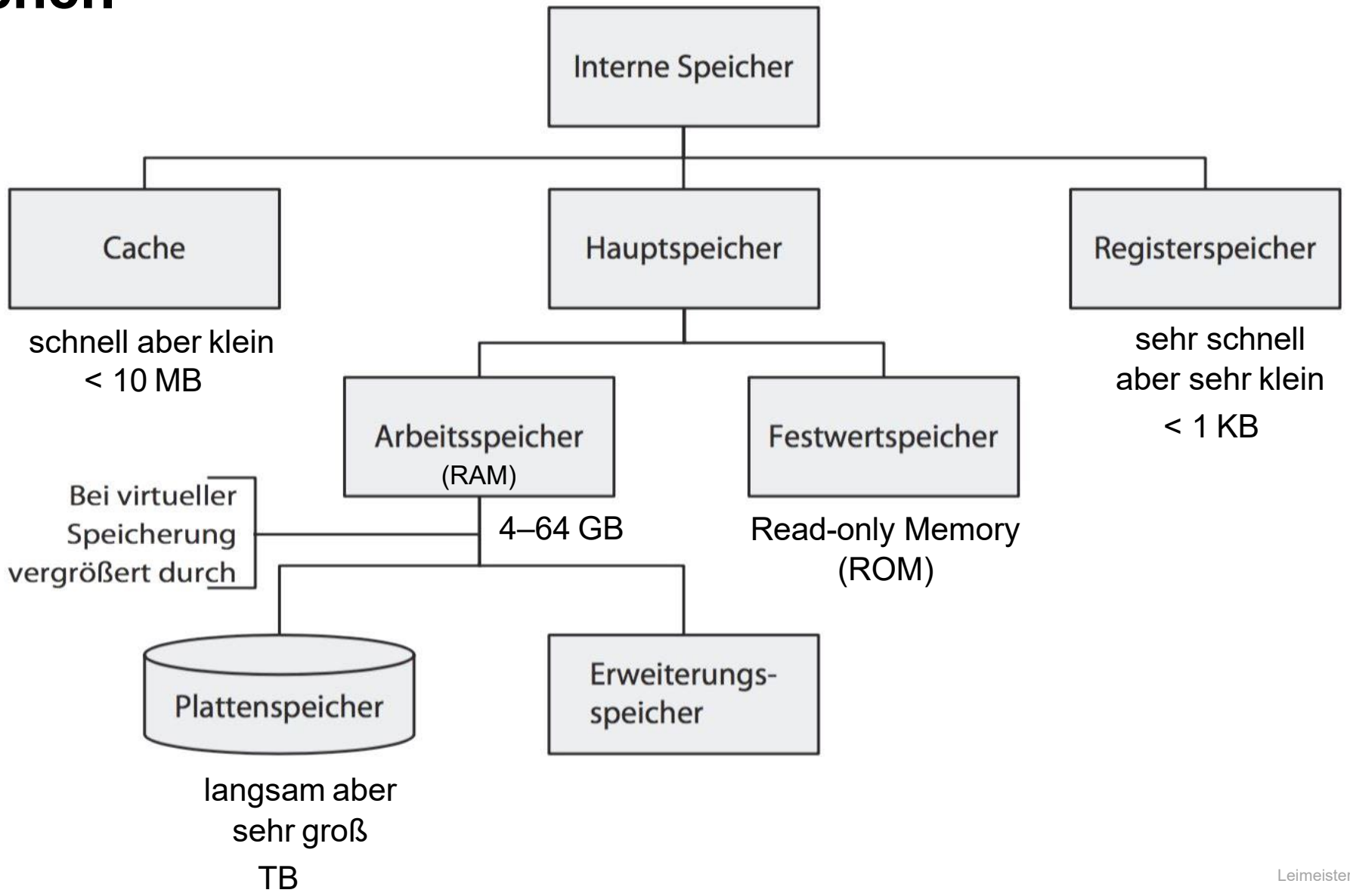
1. Arten von Rechnern

2. Zentraleinheit

3. Speicher

4. Eingabe und Ausgabe

Jeder Rechner verfügt über einen oder mehrere interne Speicher.



Das internationale Einheitensystem (SI) kennt folgende Präfixe.

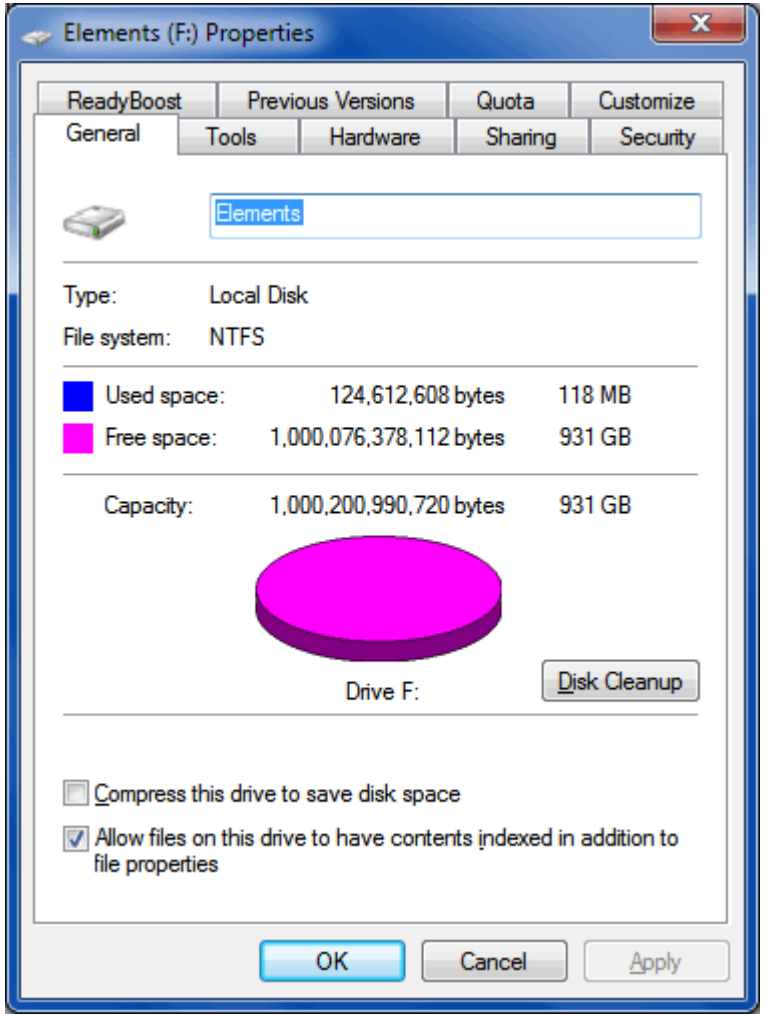
Symbol	Name	Ursprung	Wert
Y	Yotta	gr. ὀκτώ *oktṓ* und daraus ital. *otto* = acht	10^{24}
Z	Zetta	ital. sette = sieben	10^{21}
E	Exa	gr. ἕξ *héx* = sechs	10^{18}
P	Peta	gr. πέντε *pénte* = fünf	10^{15}
T	Tera	τετράκις *tetrákis* = viermal	10^{12}
G	Giga	gr. γίγας *gígas* = Riese	10^{9}
M	Mega	gr. μέγα *méga* = groß	10^{6}
k	Kilo	gr. χίλιοι *chílioi* = tausend	10^{3}

Das internationale Einheitensystem (SI) kennt folgende Präfixe.

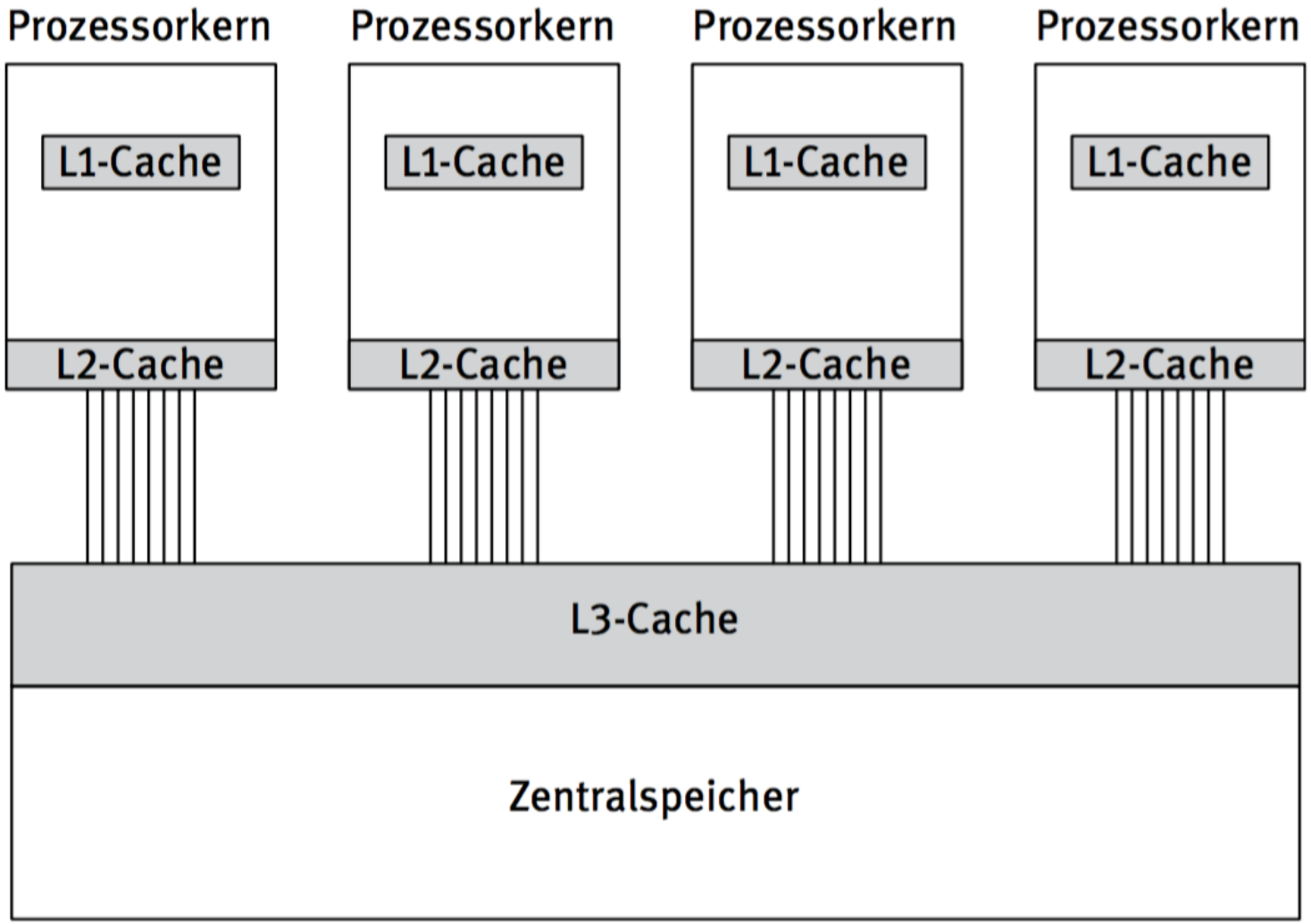
Symbol	Name	Ursprung	Wert
m	Milli	lat. *millesimus* = tausendster	10^{-3}
µ	Mikro	gr. μικρός *mikrós* = klein	10^{-6}
n	Nano	gr. νάνος *nános* = "Zwerg"	10^{-9}
p	Piko	ital. *piccolo* = klein	10^{-12}
f	Femto	skand. *femton/femten* = fünfzehn	10^{-15}
a	Atto	skand. *arton/atten* = achtzehn	10^{-18}
z	Zepto	lat. *septem* = sieben	10^{-21}
y	Yokto	gr. ὀκτώ *oktṓ* und daraus ital. *otto* = acht	10^{-24}

Die Präfixe werden leider nicht konsequent verwendet, was zu verwirrenden Diskrepanzen führt.

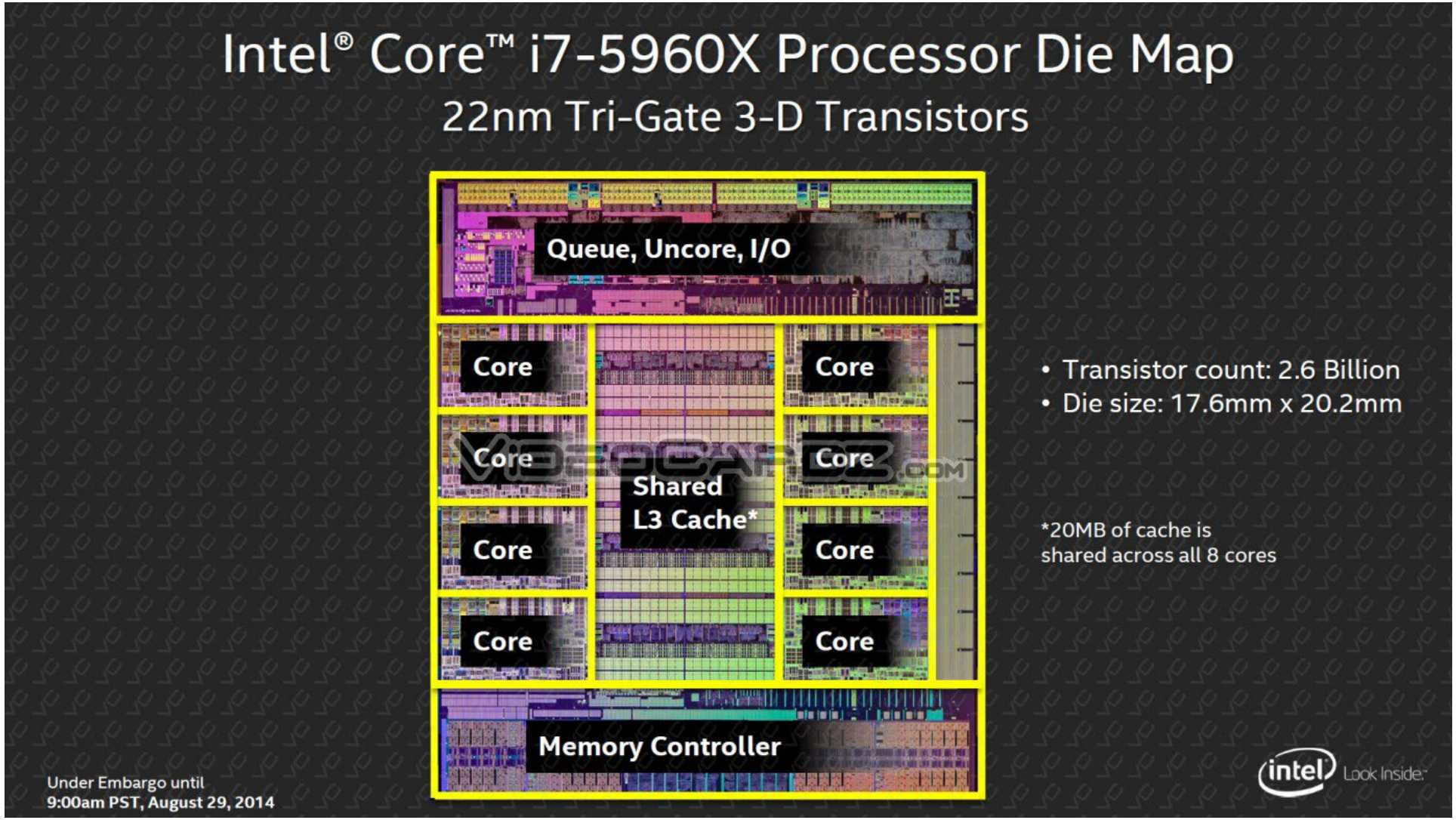




Mehrere Cache-Speicher werden hintereinandergeschaltet.



Mehrere Cache-Speicher werden hintereinandergeschaltet.



http://cdn.wccftech.com/wp-content/uploads/2014/08/Intel-Haswell-E-Die-Diagram.png

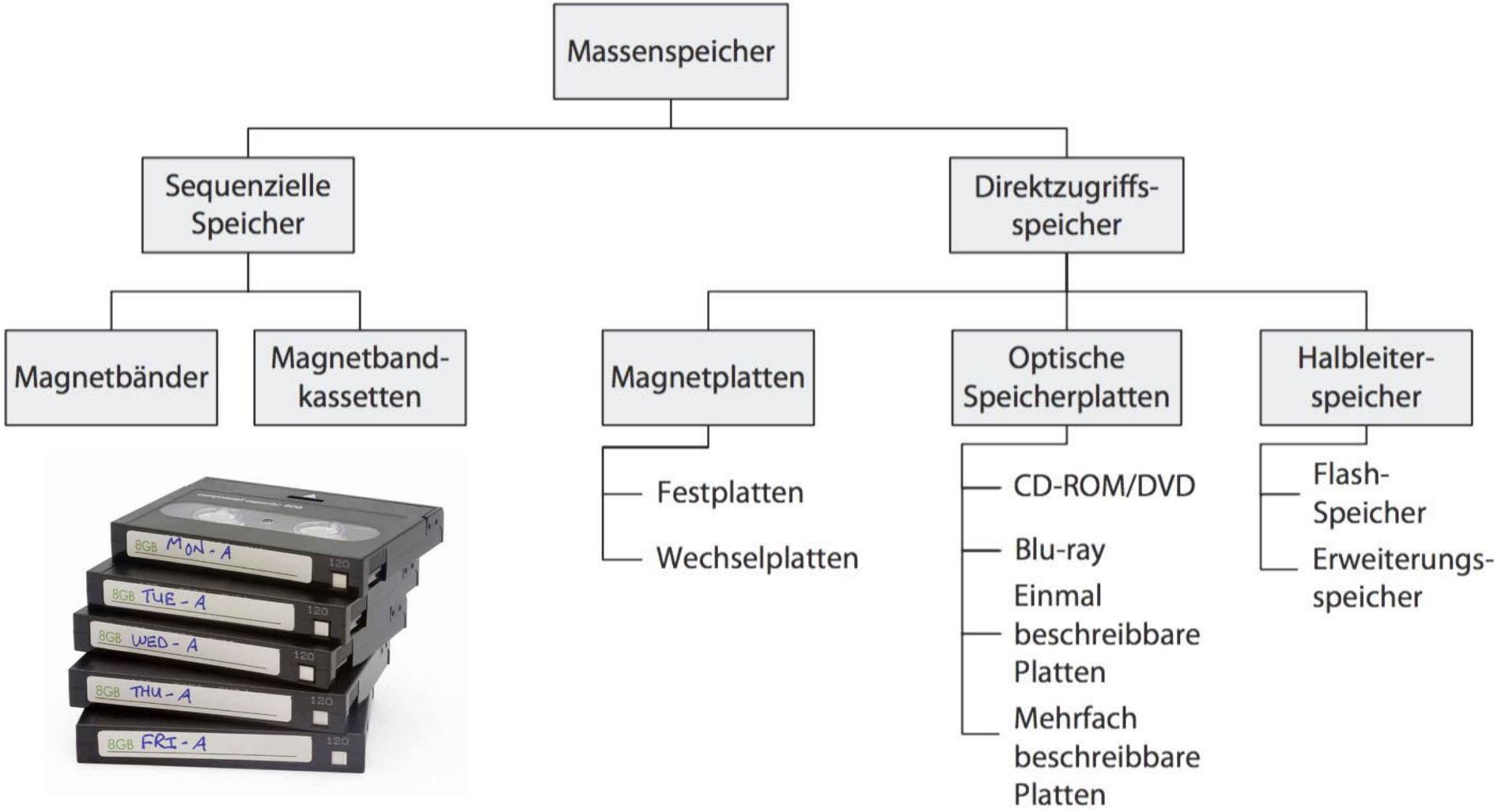
Was sind Datenträger?

Physische Objekte oder Substanzen, auf denen Daten festgehalten werden können.

Jeder Massenspeicher ist ein Datenträger, aber nicht jeder Datenträger ist ein Massenspeicher.

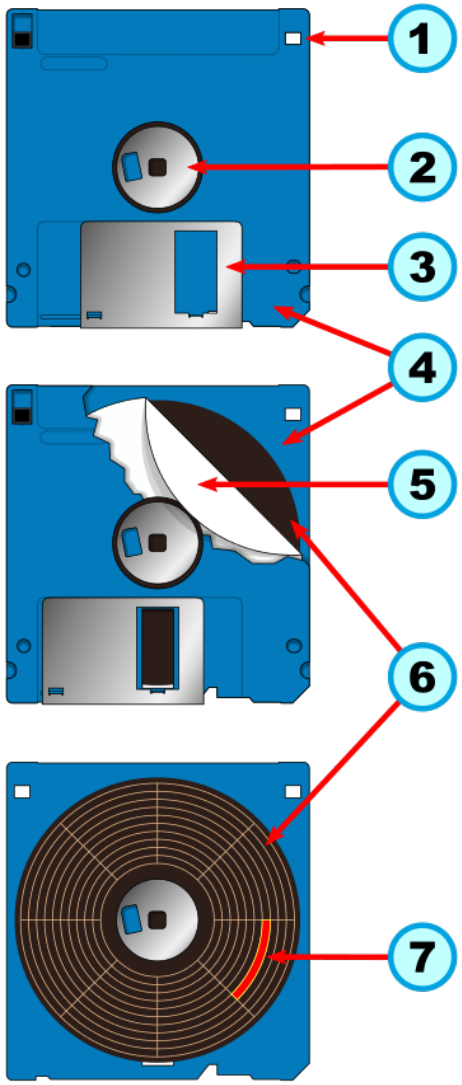
Papier, Diskette, Festplatte, CD, Magnetstreifen,

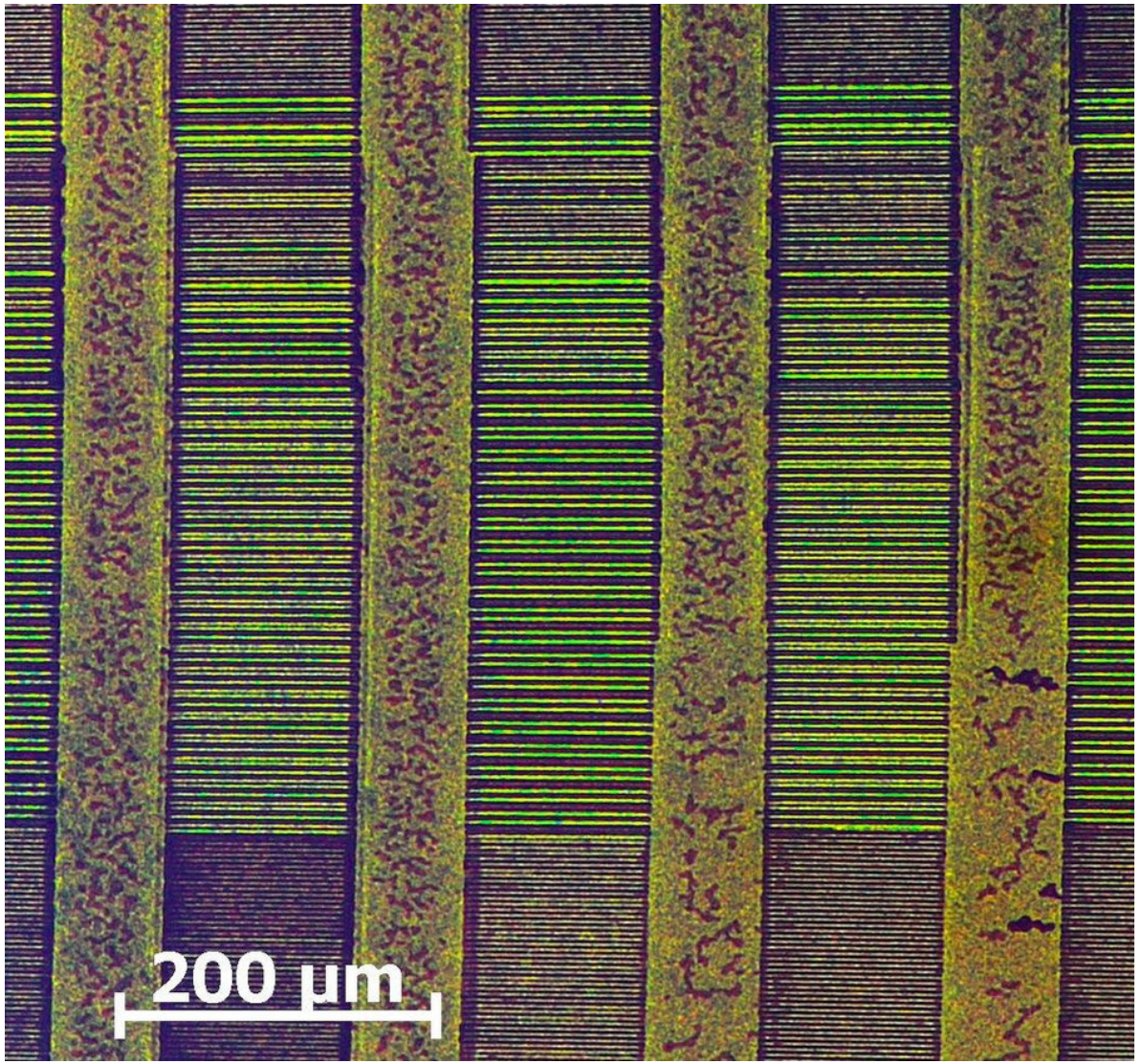
Massenspeicher



Leimeister, S. 48, http://www.alphaonetec.com/attachments/Image/images/backup-tapes-648.jpg

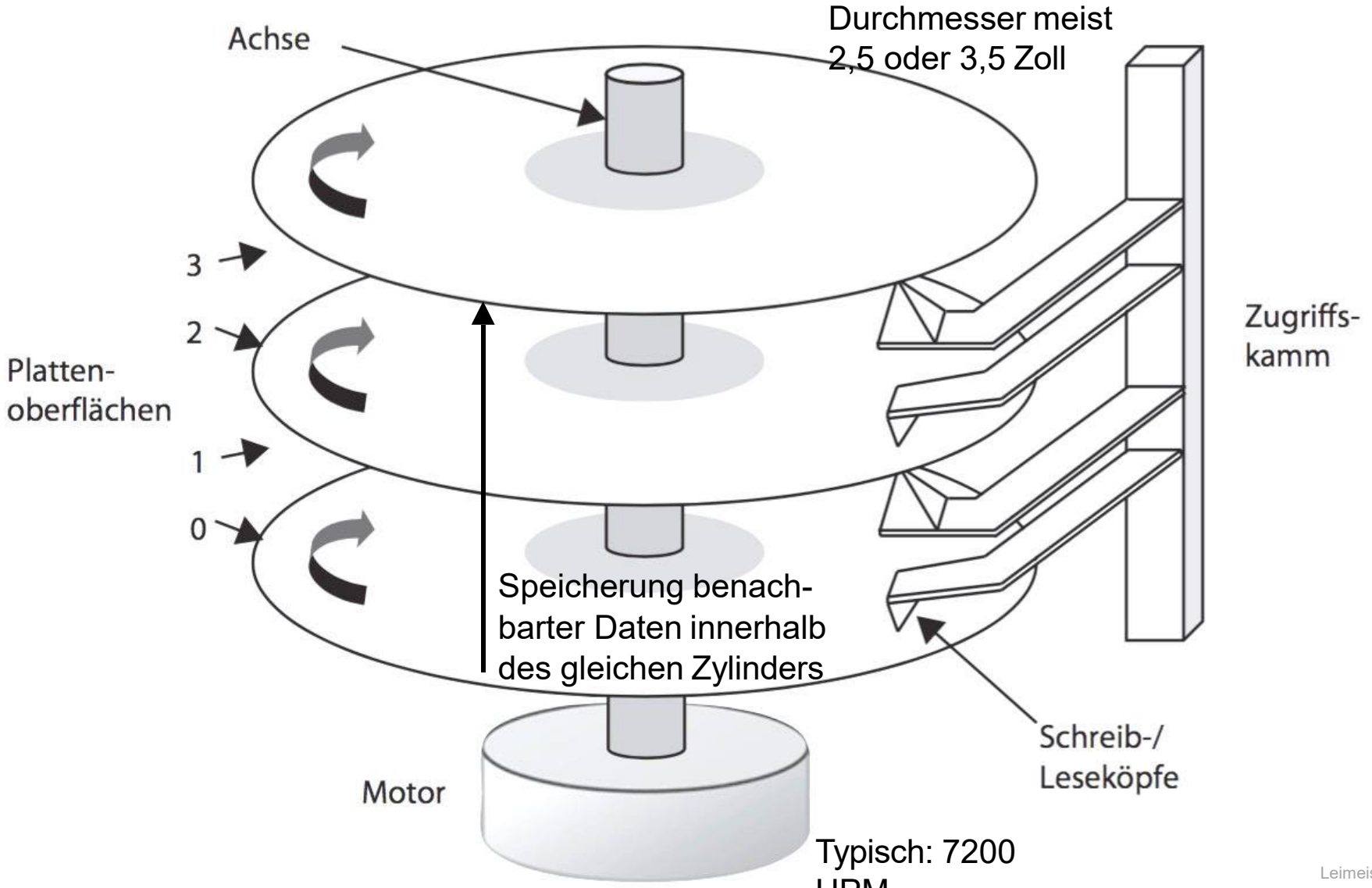
Festplatten (Hard Disk Drives, HDDs) speichern Daten wie Disketten – als magnetische Ladungen auf einer Scheibe.





https://en.wikipedia.org/wiki/Floppy_disk

Bei Festplatten hängt die Zugriffszeit primär von der Rotationsgeschwindigkeit der Platten ab.





Flash-Speicher (Solid State Disks, SSDs) vereinen die Vorzüge von Festplatten (HDDs) und EPROM-Speicherchips.

Vorteile:

- wahlfreier Zugriff
- nicht-flüchtige Speicherung
- geringe Zugriffszeit, hohe Datentransferrate (100–600 MB/s)
- widerstandsfähiger als HDDs

Nachteile:

- höherer Preis als Festplatten
- Löschen ist langsam
- Schreiben erfordert vorheriges Löschen
- nur begrenzte Anzahl von Löschvorgängen je Speicherzelle

Optische Medien bieten Vorteile beim Datentransport.

Aufzeichnung erfolgt in einer Spirale, in die „Pits“ und „Lands“ eingearbeitet werden.

einmal beschreibbar: CD-R
mehrmals beschreibbar: CD-RW

Vorteile gegenüber magnetischen und elektronischen Medien:

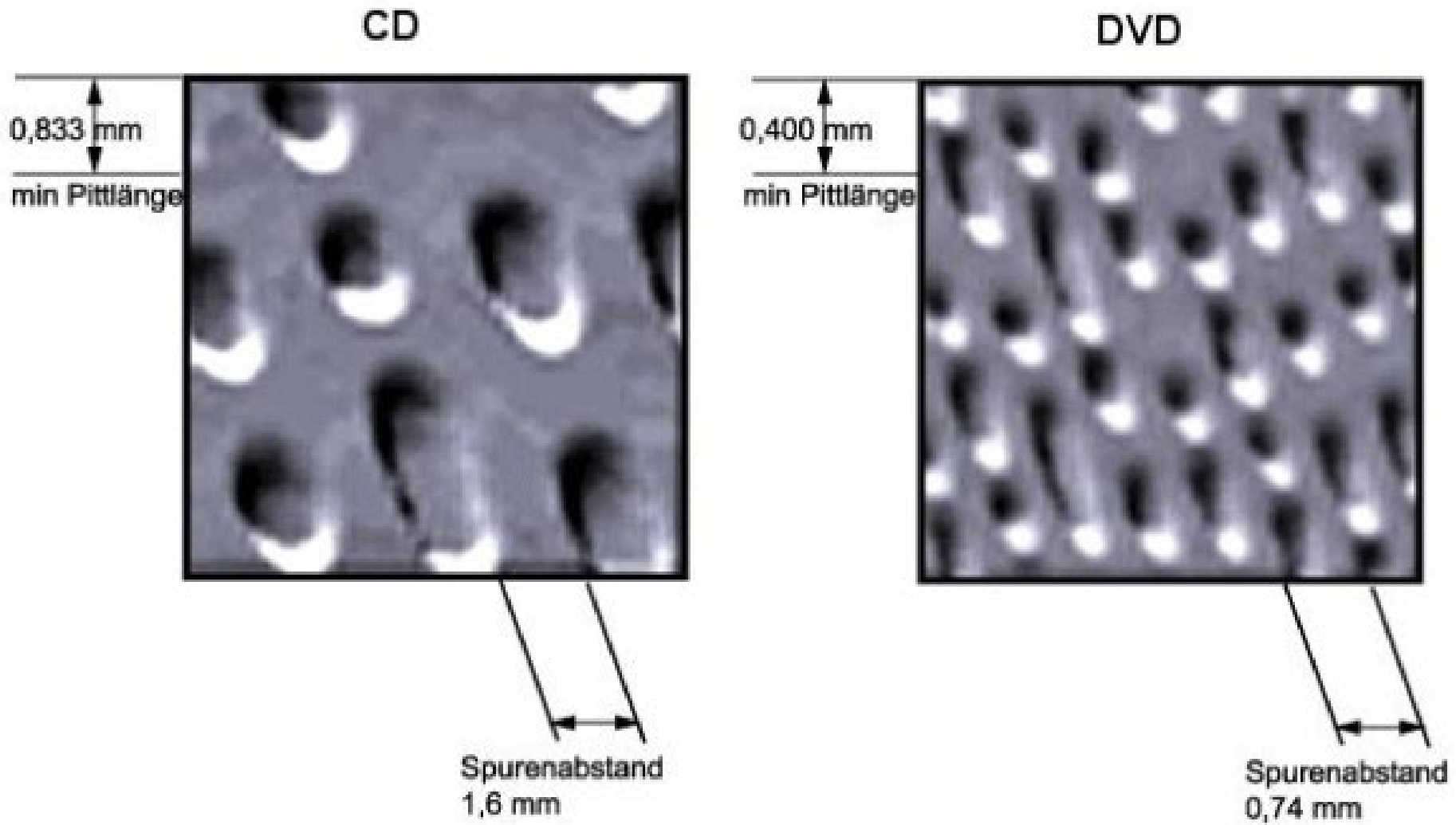
- größer als Festplatten (früher)
- robuster
- nicht überschreibbar (Archivierbarkeit)

Übliche Kapazitäten:

- CD-ROM: bis zu 700 MB
- DVD: 4,7 GB je Seite/Schicht
- Blu-ray: 25 GB je Seite

Festplatten (und Schallplatten) werden von außen nach innen befüllt, optische Medien hingegen von innen nach außen.

Optische Medien bieten Vorteile beim Datentransport.



https://www.tecchannel.de/a/grundlagen-dvd-rom,401800,14

Gliederung

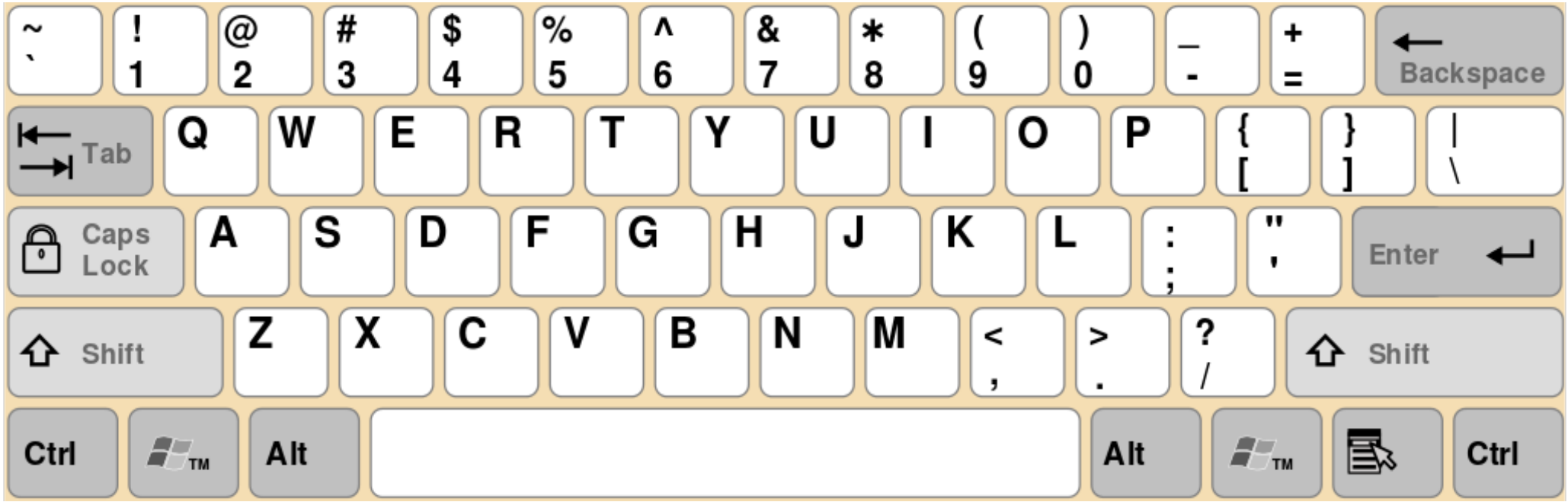
1. Arten von Rechnern

2. Zentraleinheit

3. Speicher

4. Eingabe und Ausgabe

Die Tastatur ist bislang das wichtigste Eingabegerät.



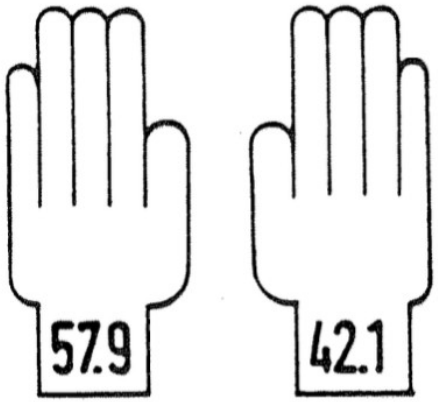
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Keyboard_heatmap_for_German_NEO.png

Wie kam es zu dieser Anordnung?

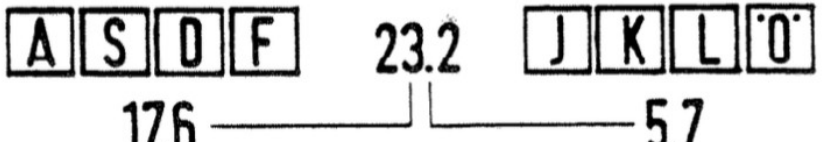
Die Ergonomie der QWERTZ-Tastatur lässt zu Wünschen übrig.

UNIVERSAL TASTATUR

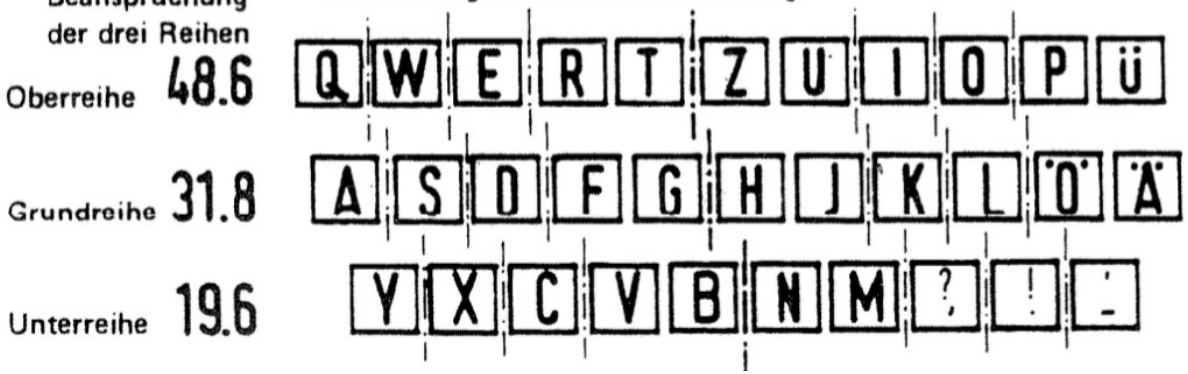
Zahlenwerte = Prozent aller Buchstabenanschläge beim Schreiben deutscher Texte



Die Beanspruchung der Hände für die Buchstabenanschläge

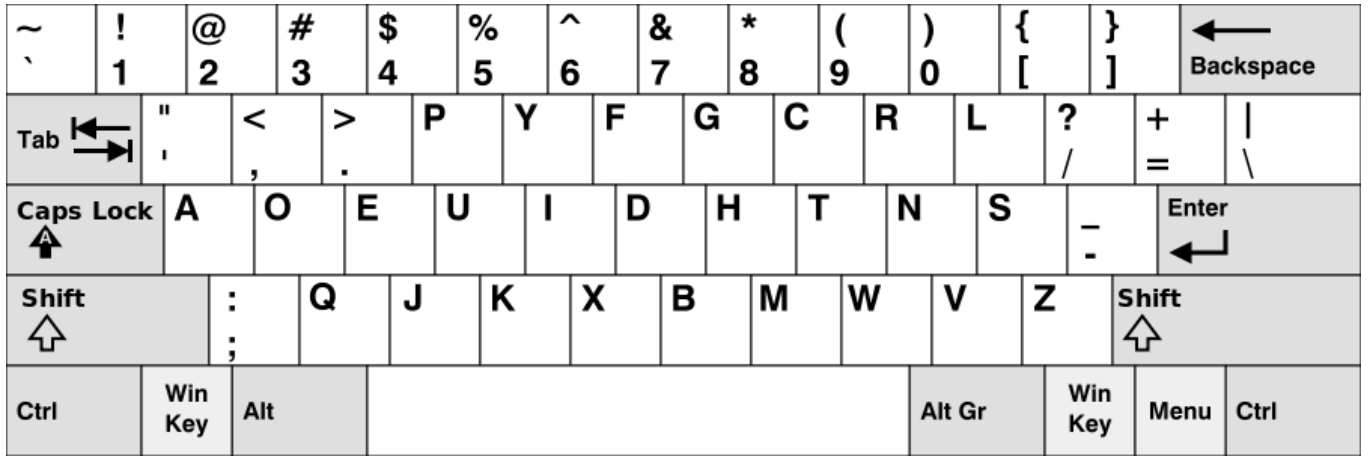


Die acht Ausgangstasten der Grundstellung und ihre Ausnützung für Buchstabenanschläge

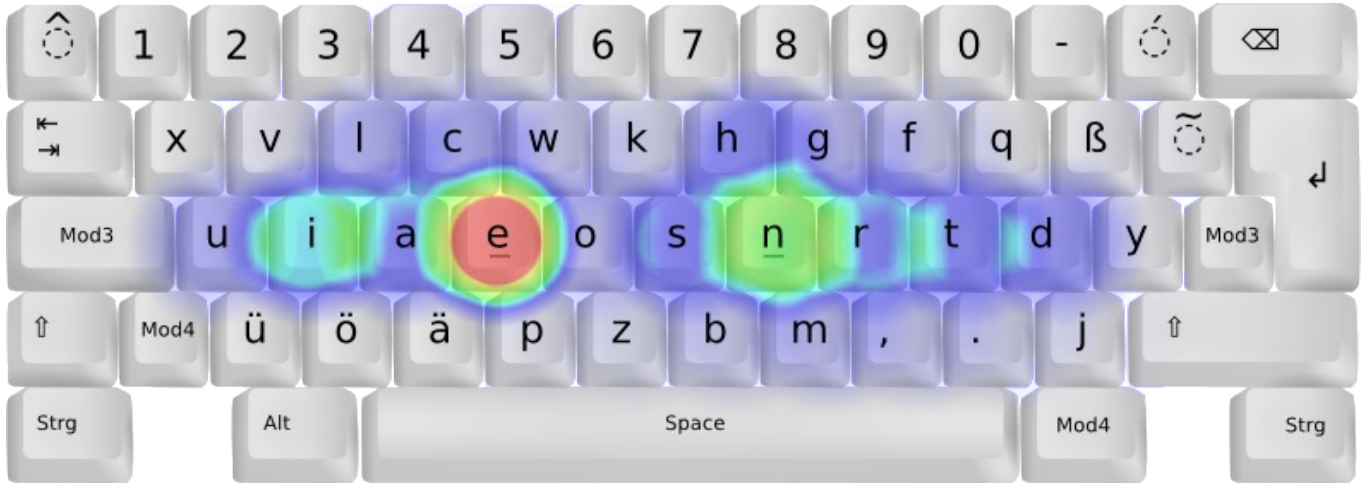


(http://forschung.goebel-consult.de/de-ergo/rohmert/Rohmert.html

Alternative Ansätze versprechen Besserung, sind jedoch schwierig zu etablieren.



Dvorak (en)

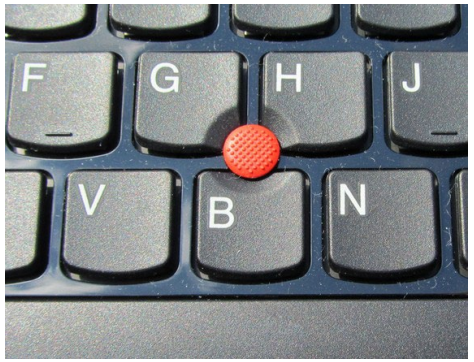


Neo (de)

Zur Steuerung des Mauszeigers gibt es hingegen zahlreiche Alternativen. Touch-Displays ersetzen die Maus teilweise.



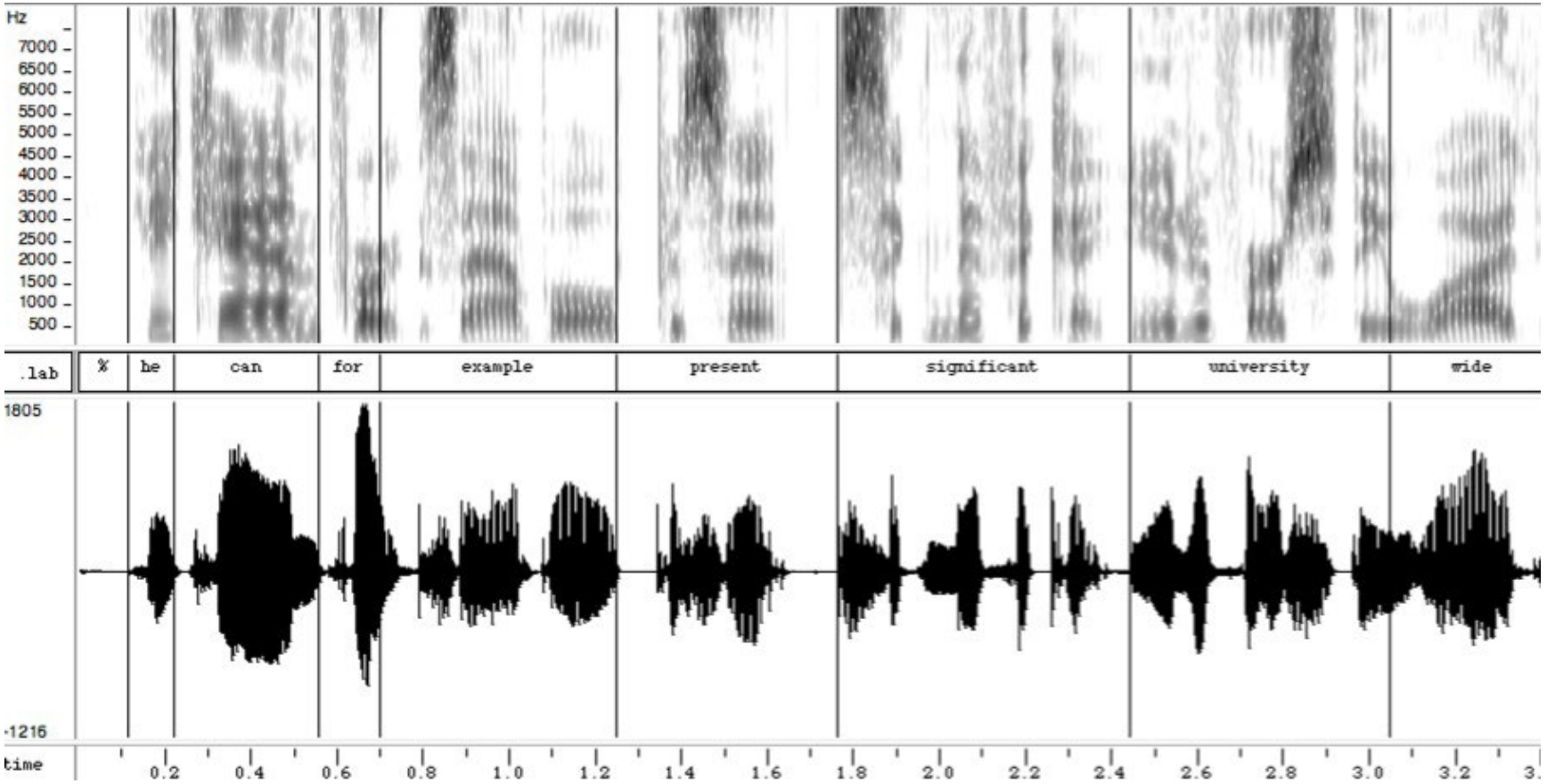








Spracheingabe, Diktiersysteme und Sprachdialogsysteme werden leistungsfähiger und praxistauglich.



Sprecherabhängig oder nicht?

Spracherkennung („zwei“ vs. „drei“) oder Sprachverstehen?

http://languagelog.ldc.upenn.edu/myl/Sl1300Spec.png

Strichcodes werden z.B. zur Darstellung von Artikelnummern verwendet

Global Trade Item Number (GTIN) nach DIN EN 797

13-stellige Nummer (bis 2009: European Article Number, EAN)

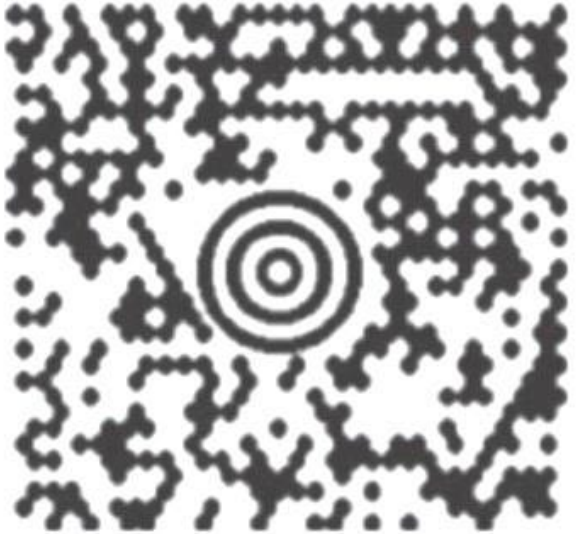


Leimeister, S. 59

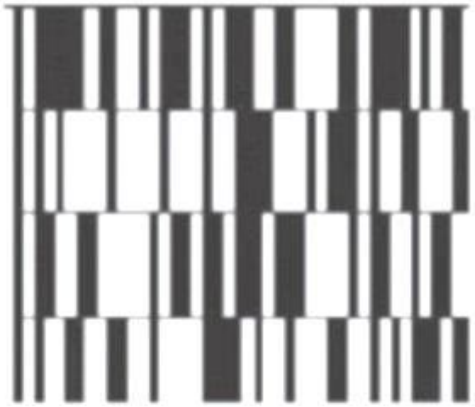
Geschichtete Strichcodes und Matrixcodes erlauben die Speicherung einer größeren Datenmenge.



QR-Code



Maxicode



Code 49



PDF 417



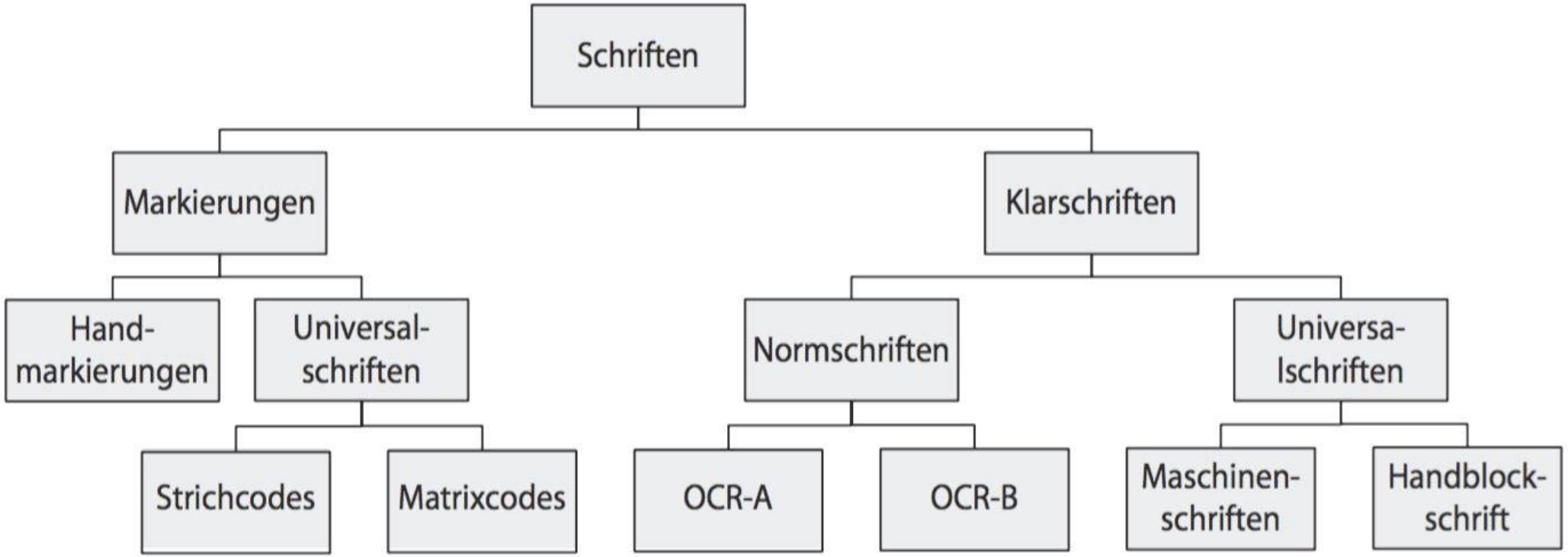
Data Matrix
ECC 200



RSS-Code

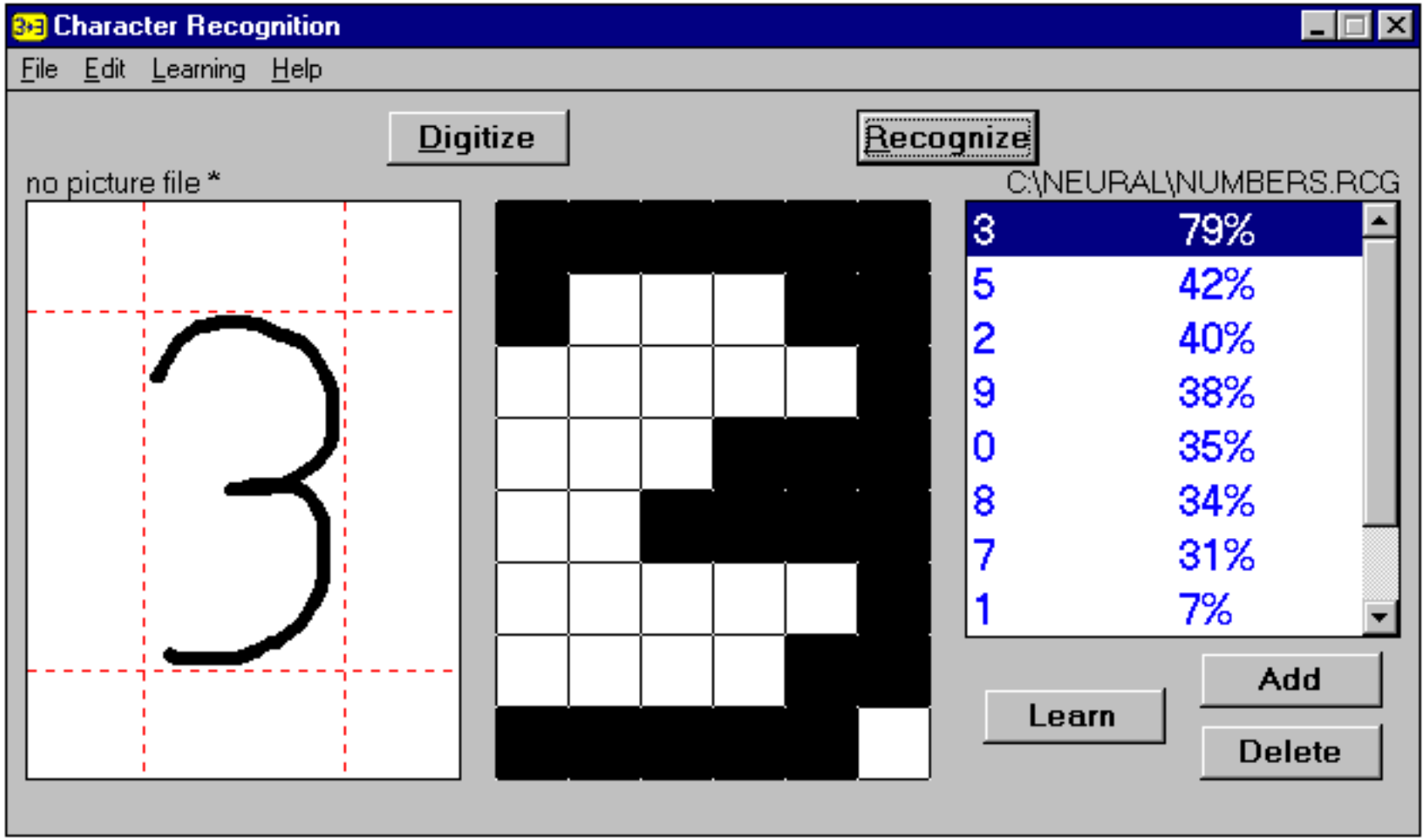
Leimeister, S. 59

Optische Eingabe, etwa bei der maschinellen Beleglesung



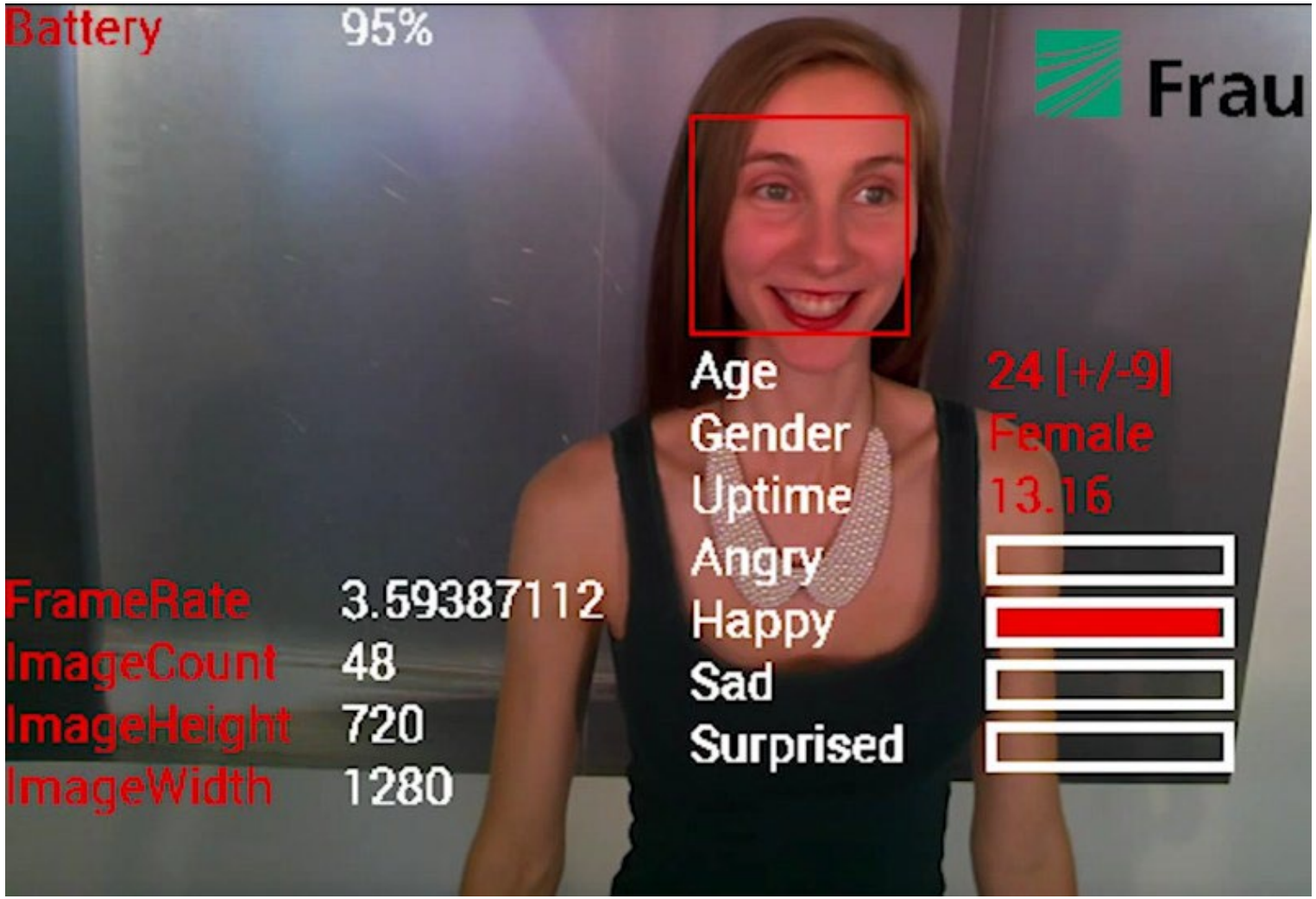
Leimeister, S. 58

Optical-Character-Recognition-Techniken (OCR) erlauben die Extraktion von Zeichen aus Bildern



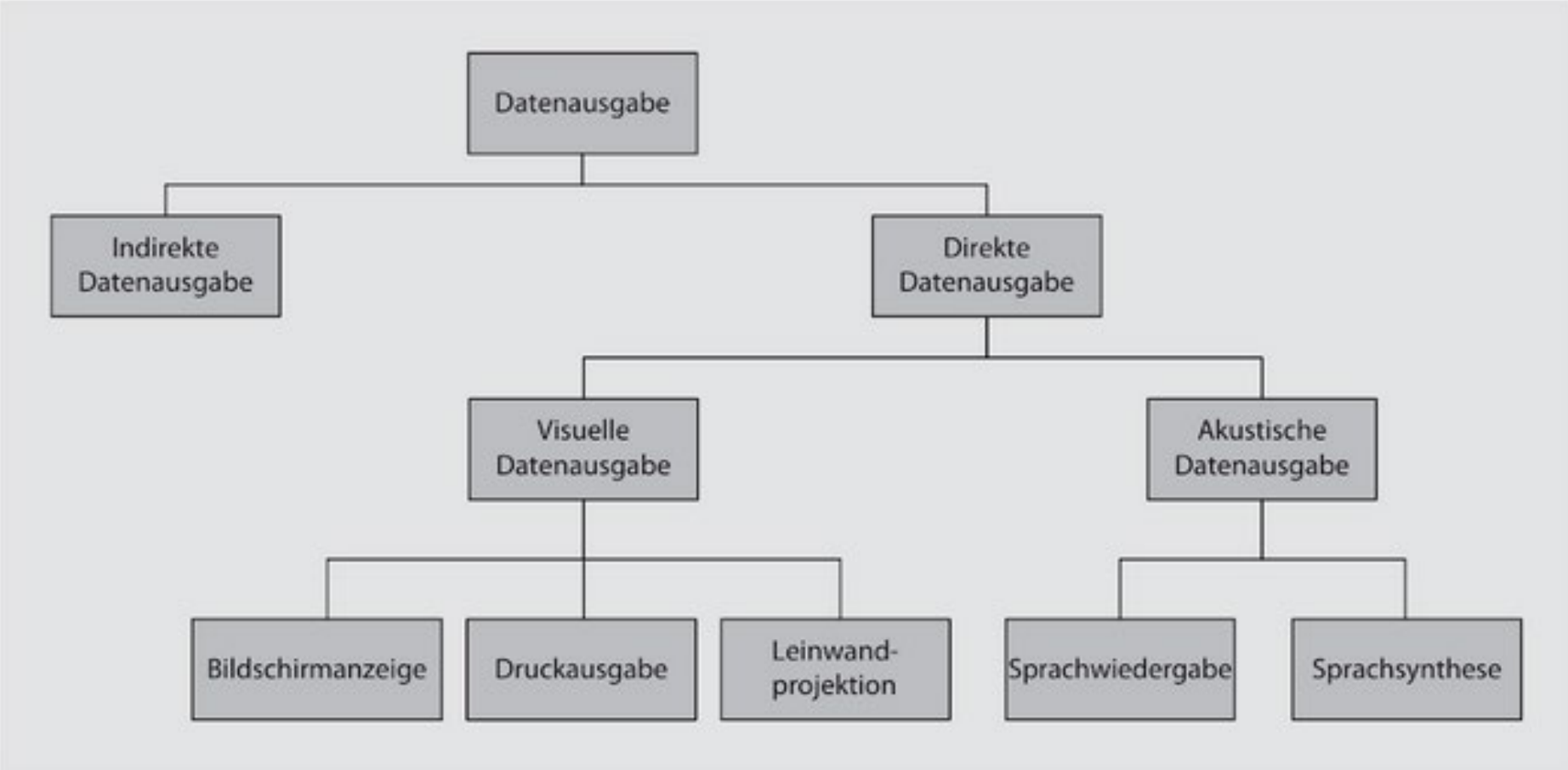
https://neil.fraser.name/software/recog/

Auf dem Gebiet der Bilderkennung wurden in den letzten Jahren große Fortschritte erzielt.



https://www.youtube.com/watch?v=Suc5B79qjfE

Es existiert mittlerweile eine Vielzahl an Möglichkeiten der Datenausgabe



Leimeister, S. 62

Komprimierung des Datenstroms wichtig

Einfaches verlustfreies Verfahren:

Lauflängenkodierung

W W W W W B B B W W W W W B

5 W 3 B 5 W 1 B (Reduktion um 43%)

Aber

W B W B W B W W W wird länger:

1 W 1 B 1 W 1 B 1 W 1 B 3 W

Variante:

W W W W W B B B W W W W W B wird zu

W W 5 B B 3 W W 5 B

W B W B W B W W W wird zu

W B W B W B W W 3

Effizientere Kompressionen sind mit Wörterbüchern möglich,
etwa wie von Lempel, Ziv und Welch (LZW) vorgeschlagen.

Zusammenfassung

Client-Server-Paradigmen

Von-Neumann-Rechner-Architektur

Befehlsverarbeitungspipeline

Bus-Systeme

Binäre Kodierung von Daten

Maschinencode

SI-Einheiten und Binärpräfixe

Speichertechnologien

Ergonomie des Tastaturlayouts

Strichcodes und Matrixcodes

Ausgabe

Nächste Termine

Nächste Übung:

???

Nächste Vorlesung:

17.12.2025