

# Informatik—Skript für die E-Phase

[Jarek Mycan]

6. November 2025



# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einführung</b>	<b>1</b>
1.1	Der Begriff Informatik . . . . .	1
1.1.1	Information . . . . .	1
1.1.2	Automatik . . . . .	1
1.2	Bedeutung der Informatik . . . . .	1
1.3	Was tun eigentlich Computer? . . . . .	2
1.3.1	Von Information zu Daten: Repräsentation . . . . .	2
1.3.2	Von Daten zu Information: Abstraktion . . . . .	2
1.4	Bits und Bytes . . . . .	3
1.4.1	Wer bestimmt die Lesegruppen? . . . . .	3
1.5	Größe der Daten . . . . .	4
1.6	Textdarstellung . . . . .	4
<b>2</b>	<b>Mensch und Computer</b>	<b>7</b>
2.1	Worum geht es? . . . . .	7
2.2	Was ist Datenverarbeitung? . . . . .	7
2.3	Wie verarbeitet der Mensch Daten? . . . . .	7
2.4	Wie verarbeitet der Computer Daten? . . . . .	8
2.5	Mensch vs. Computer – ein Vergleich . . . . .	8
2.6	Warum braucht ein Computer ein Programm? . . . . .	8
2.7	Wichtige Einsicht: „Garbage in, garbage out“ . . . . .	9
2.8	Ein einfaches Gesamtbild . . . . .	9
2.9	Merksätze . . . . .	9
<b>3</b>	<b>Zahlensysteme</b>	<b>11</b>
3.1	Was ist ein Zahlensystem? . . . . .	11
3.2	Dezimalsystem ( $b = 10$ ) . . . . .	11
3.3	Andere Zahlensysteme in der Welt . . . . .	11
3.4	Binär, Oktal, Hexadezimal – warum in der Informatik? . . . . .	12
3.5	Umrechnungen zwischen Basen . . . . .	12
3.6	Beispiele . . . . .	13
3.7	Die Zweierkomplementdarstellung . . . . .	13
3.7.1	Worum geht es? . . . . .	13
3.7.2	Warum verwendet man das Zweierkomplement? . . . . .	13
3.7.3	So bildet man das Zweierkomplement (aus einer positiven Zahl $x$ ) . . . . .	14

<b>4</b>	<b>Hardwarearchitektur</b>	<b>17</b>
4.1	Worum geht es? . . . . .	17
4.2	John von Neumann und die Grundidee . . . . .	17
4.3	Der Befehlszyklus (Fetch–Decode–Execute) . . . . .	19
4.4	Warum ist das so erfolgreich? . . . . .	19
4.5	Grenzen: der Von-Neumann-Flaschenhals . . . . .	19
4.6	Harvard vs. Von Neumann (und was man heute wirklich baut) . . .	20
4.7	Erweiterte Von-Neumann-Rechner: die wichtigsten Ideen . . . . .	20
4.8	Vom Quellcode zur Ausführung . . . . .	21
4.8.1	Compiler-Weg (z. B. C, C++, Rust) . . . . .	21
4.8.2	Interpreter und JIT (z. B. Python, JavaScript, Java) . . . . .	22
4.8.3	Befehlssatz (ISA) und Assembler-Mnemonics . . . . .	22
4.8.4	Mini-Beispiel: $a = b + c$ . . . . .	22
4.8.5	Warum läuft dasselbe Programm auf Intel <i>und</i> AMD? . . . . .	23
<b>5</b>	<b>Modellrechner mit Pseudoassembler – MOPS</b>	<b>25</b>
5.1	Was ist und was macht MOPS? . . . . .	25
5.1.1	Idee in Kürze . . . . .	25
5.1.2	Bezug zum Von-Neumann-Modell . . . . .	25
5.1.3	Technische Eckdaten (als Modell) . . . . .	25
<b>6</b>	<b>Rechnernetze</b>	<b>27</b>
6.1	Netzwerke . . . . .	27
6.1.1	Übertragungsmedien und typische Geschwindigkeiten . . . .	30
6.2	Netzwerktopologien . . . . .	31
6.3	Verbindungsarten in Netzwerken . . . . .	33
6.3.1	Client–Server . . . . .	34
6.3.2	Peer-to-Peer (P2P) . . . . .	34
6.3.3	Übertragungsarten (Adressierung der Nachrichten) . . . . .	35
6.4	Protokolle . . . . .	35
<b>Anhang</b>		<b>37</b>
.1	Arbeitsblatt 1: Einführung (Bezug: Kapitel 1 — Einführung) . . . . .	38
.2	Lösungsvorschlag 1: Einführung (Bezug: Kapitel 1 — Einführung) .	40
.3	Arbeitsblatt 3.0: Zahlendarstellungen & Zweierkomplement (Bezug: Kapitel 3 — Zahlensysteme) . . . . .	42
.4	Lösungsvorschlag 3.0: Zahlendarstellungen & Zweierkomplement (Bezug: Kapitel 3 — Zahlensysteme) . . . . .	44
.5	Arbeitsblatt 3.1: Zahlensysteme – Umwandeln & schriftlich Rechnen (Bezug: Kapitel 3 — Zahlensysteme) . . . . .	46
.6	Lösungsvorschlag 3.1: Zahlendarstellungen & Zweierkomplement (Bezug: Kapitel 3 — Zahlensysteme) . . . . .	47
.7	Arbeitsblatt 4: Hardwarearchitektur (Bezug: Kapitel 4 — Hardwarearchitektur) . . . . .	49
.8	Arbeitsblatt 5: MOPS (Bezug: Kapitel 5 — Modellrechner mit Pseudoassembler – MOPS) . . . . .	51
.9	Lösungsvorschlag 5: Einführung (Bezug: Kapitel 1 — Einführung) .	53
.10	Arbeitsblatt 5.1: MOPS (Bezug: Kapitel 5 — Modellrechner mit Pseudoassembler – MOPS) . . . . .	57

.11	Arbeitsblatt 5.2: MOPS (Bezug: Kapitel 5 — Modellrechner mit Pseudoassembler – MOPS) . . . . .	59
.12	Arbeitsblatt 5.3: MOPS (Bezug: Kapitel 5 — Modellrechner mit Pseudoassembler – MOPS) . . . . .	61



# Kapitel 1

## Einführung

### 1.1 Der Begriff Informatik

Das Wort **Informatik** setzt sich aus zwei Teilen zusammen: *Information* und *Automatik*. Ursprünglich wurde der Begriff in den 1950er Jahren in Frankreich geprägt („informatique“) und fand später auch im deutschsprachigen Raum Verbreitung. In anderen Sprachen wird der Bereich meist „Computer Science“ genannt, was die technische Seite stärker betont.

#### 1.1.1 Information

Der erste Bestandteil, *Information*, bezieht sich auf Daten, die eine Bedeutung tragen. Information ist also nicht einfach nur eine Ansammlung von Zeichen oder Zahlen, sondern sie entsteht erst durch die *Interpretation* von Daten in einem bestimmten Kontext. Beispielsweise ist die Zahl „42“ zunächst nur ein einzelner Wert. Wird sie jedoch im Zusammenhang mit einer Temperaturangabe, einem Alter oder einem Ergebnis verstanden, wird daraus eine Information. Die Informatik beschäftigt sich also damit, Informationen *darzustellen*, *zu speichern*, *zu übertragen* und *zu verarbeiten*.

#### 1.1.2 Automatik

Der zweite Bestandteil, *Matik* (von Automatik), bedeutet, dass diese Informationsverarbeitung durch Maschinen – insbesondere Computer – automatisiert geschieht. Ein zentrales Ziel der Informatik ist es, Verfahren zu entwickeln, die es ermöglichen, Informationen mithilfe von Computern effizient und zuverlässig zu verarbeiten. Dazu gehören das Erstellen von Programmen, das Entwerfen von Algorithmen sowie die Entwicklung von Systemen, die Informationen ohne manuelle Eingriffe verarbeiten können.

### 1.2 Bedeutung der Informatik

Die Informatik kann somit als *Wissenschaft von der systematischen Verarbeitung von Informationen, insbesondere mit Hilfe von Computern*, verstanden werden.

Sie ist nicht nur eine technische Disziplin, sondern verbindet Elemente aus Mathematik, Ingenieurwissenschaften, Logik und zunehmend auch Sozial- und Geisteswissenschaften. Heute prägt die Informatik nahezu alle Bereiche des täglichen Lebens: von Smartphones und dem Internet über moderne Autos bis hin zu Medizin, Wirtschaft und Wissenschaft.

## 1.3 Was tun eigentlich Computer?

Computer *verarbeiten Daten*. Sie führen Berechnungen aus, speichern, übertragen und strukturieren Daten — aber sie „verstehen“ keine Bedeutung im menschlichen Sinn. Bedeutung (Information) entsteht erst beim Menschen (oder in einem Modell), wenn Daten in *Kontext* gesetzt werden. Der Kernprozess ist daher zweistufig:

1. **Repräsentation:** Aus *Information* werden *Daten*, indem wir festlegen, wie etwas als Zeichen/Zahlen (Bits) dargestellt wird.
2. **Abstraktion:** Aus *Daten* wird (wieder) *Information*, indem wir Details weglassen, strukturieren und die Daten in einem Modell deuten.

### 1.3.1 Von Information zu Daten: Repräsentation

*Repräsentation* bedeutet: Wir legen eine **Abbildung** fest, die etwas Bedeutungsvolles (Information) in ein **Datenformat** überführt, das der Computer verarbeiten kann. Formal kann man das als Funktion auffassen:

$$\text{rep} : \text{Information} \times \text{Kontext} \rightarrow \text{Daten (Bits)}.$$

### 1.3.2 Von Daten zu Information: Abstraktion

*Abstraktion* bedeutet: Wir **interpretieren** Daten in einem passenden Modell und **lassen Details weg**, die für die Fragestellung nicht nötig sind. So entsteht Bedeutung. Formal:

$$\text{abs} : \text{Daten (Bits)} \times \text{Modell/Kontext} \rightarrow \text{Information}.$$

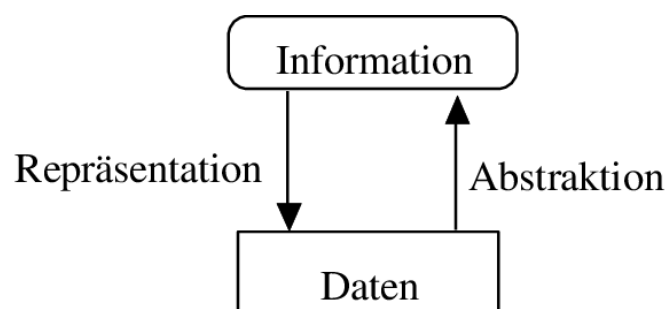


Abbildung 1.1: Wechselspiel zwischen Repräsentation (Information  $\rightarrow$  Daten) und Abstraktion (Daten  $\rightarrow$  Information).



## 1.4 Bits und Bytes

Ein **Bit** (binary digit) ist die kleinste Informationseinheit im Rechner: Es kann genau zwei Zustände annehmen, meist als 0 und 1 notiert. Physikalisch werden Bits z. B. durch zwei Spannungsniveaus, magnetische Ausrichtungen oder Lichtimpulse realisiert.

Einzelne Bits sind für die Verarbeitung jedoch zu fein. Deshalb werden Bits zu **Gruppen** zusammengefasst und *gruppenweise* gelesen/geschrieben:

- **Byte** = 8 Bit (heute die gebräuchlichste Grundeinheit; in den meisten Architekturen zugleich die *kleinste adressierbare Einheit*).
- **Nibble** = 4 Bit (halbes Byte; nützlich z. B. bei Hexadezimaldarstellungen).
- **Wort (Word)** = *architekturabhängige* Arbeitsbreite der CPU (typisch 16, 32 oder 64 Bit).
- **Doppelwort/Quadwort** = Vielfache der Wortbreite (z. B. 32/64/128 Bit).

### 1.4.1 Wer bestimmt die Lesegruppen?

**Hardware:** Die *Register- und ALU-Breite* eines Prozessors legt fest, wie viele Bits er in einem Schritt besonders effizient verarbeiten kann (z. B. 32-Bit oder 64-Bit). Auch *Datenbus* und *Cache-Zeilengrößen* begünstigen das Holen/Speichern ganzer Bytes-, Wort- oder Mehrfach-Wort-Blöcke. Moderne CPUs können zusätzlich mit Vektor/SIMD-Einheiten noch größere Pakete (z. B. 128/256/512 Bit) auf einmal verarbeiten.

**Software/Betriebssystem:** Damit die Hardwarebreite genutzt werden kann, muss das *Betriebssystem* die Architektur unterstützen (32-Bit- oder 64-Bit-Modus, Treiber, Systembibliotheken, ABI). Ein 64-Bit-Prozessor entfaltet seine Vorteile erst vollständig mit einem 64-Bit-Betriebssystem und passenden Programmen; andernfalls arbeitet er im 32-Bit-Kompatibilitätsmodus.

#### Beispiele.

- **32-Bit-System:** Die CPU arbeitet effizient mit 32-Bit-Wörtern (z. B. `int32`); Zeiger/Adressen sind 32 Bit breit. Daten werden häufig in 32-Bit-Schritten geladen/geschrieben, obwohl der Speicher byteweise adressiert wird.
- **64-Bit-System:** Register und Zeiger sind 64 Bit breit. Das System kann größere Zahlenbereiche adressieren und pro Schritt breitere Daten verarbeiten; trotzdem bleiben Bytes (8 Bit) die kleinste adressierbare Einheit.

## 1.5 Größe der Daten

1 k	=	1024 Bit	=	$2^{10}$	(k = Kilo)
1 M	=	$1024 \times 1024$ Bit	=	$2^{20}$	(M = Mega)
1 G	=	$1024 \times 1024 \times 1024$ Bit	=	$2^{30}$	(G = Giga)
1 T	=	$1024 \times 1024 \times 1024 \times 1024$ Bit	=	$2^{40}$	(T = Tera)
1 P	=	$1024 \times 1024 \times 1024 \times 1024 \times 1024$ Bit	=	$2^{50}$	(P = Peta)
1 E	=	$1024 \times 1024 \times 1024 \times 1024 \times 1024 \times 1024$ Bit	=	$2^{60}$	(E = Exa)
1 Z	=	$1024 \times 1024 \times 1024 \times 1024 \times 1024 \times 1024 \times 1024$ Bit	=	$2^{70}$	(Z = Zetta)
1 Y	=	$1024 \times 1024 \times 1024 \times 1024 \times 1024 \times 1024 \times 1024 \times 1024$ Bit	=	$2^{80}$	(Y = Yotta)

## 1.6 Textdarstellung

### Von ASCII zu Unicode — warum überhaupt?

Frühe Computersysteme nutzten **ASCII** (American Standard Code for Information Interchange, 1960er Jahre). ASCII ist ein 7-Bit-Zeichensatz mit 128 Zeichen: lateinische Grundbuchstaben A–Z/a–z, Ziffern, Satzzeichen und Steuerzeichen (z. B. Zeilenumbruch). Für englischen Text genügte das, *aber*: Umlaute (ä, ö, ü), Akzente (é), das Euro-Zeichen (€), kyrillisch (Ж), griechisch (Ω), arabisch (ﻡ), asiatische Schriften (日), Emojis (😊) *fehlten*. „é“ (NFC) vs. „é“ (NFD) bzw. „e + ◌“ *fehlten*.

Als Übergang entstanden viele „**erweiterte ASCII**“-**Codepages** (8-Bit, 256 Zeichen), z. B. ISO-8859-1, Windows-1252, KOI8-R. Jede deckte *einen* Sprachraum ab. Ergebnis: Inkompatibilitäten (sogenanntes *Mojibake*), weil dieselben Bytewerte je nach Codepage andere Zeichen bedeuten.

**Unicode** (seit 1991) löst dieses Grundproblem: *ein* weltweiter Zeichensatz für *alle* Schriftsysteme, Symbole, technische Zeichen und Emojis. Ziel: „*Jedem Zeichen ein eindeutiger Codepunkt*“ — unabhängig von Sprache, Plattform oder Anwendung.

### Begriffe sauber trennen

- **Codepunkt** (Unicode): eine Nummer in der Form U+XXXX (z. B. U+00E4 = „ä“, U+20AC = „€“, U+1F60A = „😊“).
- **Kodierung** (Encoding): konkrete Regel, wie Codepunkte in *Bytes* umgesetzt werden (z. B. UTF-8, UTF-16, UTF-32).
- **Graphem-Cluster**: was der Mensch als „ein Zeichen“ wahrnimmt (z. B. „é“ + kombinierender Akzent U+0301 → „é“, oder Familien-Emoji aus mehreren Codepunkten).

### Wichtige Unicode-Kodierungen

- **UTF-8** (variabel, 1–4 Byte pro Codepunkt): ASCII-Zeichen bleiben 1 Byte (abwärtskompatibel), alle anderen werden als 2–4 Byte kodiert. Heutzutage Standard im Web, in Dateien und Schnittstellen.

- **UTF-16** (variabel, 2 oder 4 Byte): Basis-Mehrsprachige Ebene (BMP) meist 2 Byte; Supplementärzeichen (z. B. viele Emojis) als Surrogatpaare (4 Byte). Achtung auf Byte-Reihenfolge (*Endianness*) und optionales *BOM*.
- **UTF-32** (fix 4 Byte): einfacher, aber speicherintensiv; praktisch v. a. intern in manchen Systemen.

### Historische Entwicklung in Kürze

**1963** ASCII (7-Bit) standardisiert Grundzeichen und Steuerzeichen.

**1980er** Viele 8-Bit-Codepages (ISO-8859-x, Windows-125x) — regionale Lösungen, wenig kompatibel.

**1991+** Unicode-Projekt: *ein* universeller Zeichensatz; Trennung von *Zeichen* (Codepunkte) und *Kodierung* (UTFs).

**2000er+** UTF-8 setzt sich global durch (Internet, Linux/Unix, moderne Apps und Protokolle).

### Wie wird Unicode praktisch genutzt?

- **Dateien und Protokolle:** Textdateien, JSON, HTML, E-Mails, Datenbanken — fast überall ist UTF-8 üblich. Wichtig: *Encoding angeben* (z. B. HTTP Content-Type, HTML `<meta charset=utf-8>`, DB-Kollation).
- **Betriebssysteme:** Dateinamen und Konsolen sind (je nach System) Unicode-fähig; moderne Terminals verstehen UTF-8.
- **Programmiersprachen:** Python, Java, JavaScript, C# u. a. arbeiten intern mit Unicode-Zeichenketten; I/O nutzt meist UTF-8.



# Kapitel 2

## Mensch und Computer

### 2.1 Worum geht es?

Seit Jahrtausenden nutzt der Mensch Technik, um Arbeit zu erleichtern. Computer sind die logische Fortsetzung: Sie verarbeiten Daten in einer Geschwindigkeit und Zuverlässigkeit, die für Menschen unerreichbar ist. Aber: Computer „verstehen“ nichts – sie führen *Programme* aus. Dieses Kapitel vergleicht verständlich, wie *Menschen* und *Computer* mit Daten umgehen.

### 2.2 Was ist Datenverarbeitung?

*Daten* sind Zeichen bzw. Messwerte; *Information* entsteht erst durch *Deutung* im Kontext (vgl. Repräsentation/Abstraktion, siehe Abbildung 1.1 in Kap. Kapitel 1).

- **Eingabe:** Daten aufnehmen (Sinnesorgane, Sensoren, Tastatur ...)
- **Verarbeitung:** Ordnen, Vergleichen, Rechnen, Entscheiden
- **Speicherung:** Merken (Gedächtnis) bzw. Speichermedien
- **Ausgabe:** Handeln, Sprechen, Anzeigen, Drucken

### 2.3 Wie verarbeitet der Mensch Daten?

Menschen nehmen Daten z. B. über *Augen* und *Ohren* auf. Im Gehirn laufen typische Denkopoperationen:

- **Ordnen & Prüfen:** Passt das zu Bekanntem? Ist eine Schreibweise „richtig“?
- **Vergleichen & Kontrollieren:** Stimmen Werte überein? Ist ein Ergebnis plausibel?
- **Kombinieren & Schlussfolgern:** Aus Bekanntem Neues ableiten.

Menschen speichern intern (*Gedächtnis*) und extern (*Notizen, Bücher*). Externe Speicherung entlastet, ist teilbar und dauerhaft.

## 2.4 Wie verarbeitet der Computer Daten?

Computer sind *datenverarbeitende Maschinen*. Ihre Grundteile:

- **Eingabe** (z. B. Tastatur, Maus, Sensoren, Scanner)
- **Zentraleinheit (CPU)** mit *Steuerwerk* und *Rechenwerk (ALU)*; arbeitet streng nach dem *Fetch–Decode–Execute*-Zyklus
- **Speicher** (intern: Register, RAM; extern: Massenspeicher)
- **Ausgabe** (z. B. Bildschirm, Lautsprecher, Drucker)

Historisch sprach man von *EDV* (Elektronische Datenverarbeitung). Heute sind die Prinzipien gleich geblieben – nur viel schneller und mit größerem Speicher.

## 2.5 Mensch vs. Computer – ein Vergleich

Aspekt	Mensch	Computer
Aufnahme	Sinne (sehen, hören)	Geräte/Sensoren, Schnittstellen
Tempo/Genauigkeit	langsam, fehleranfällig, aber flexibel	extrem schnell, exakt, wiederholgenau
Deutung	versteht Bedeutung, kann Kontext herstellen	versteht nicht; verarbeitet Bitmuster
Kreativität/Lernen	kreativ, lernt aus Erfahrungen	braucht Programm/Trainingsdaten
Speicherung	Gedächtnis (vergesslich) + Notizen	Speicherhierarchie (Cache–RAM–SSD)
Energie	effizient, benötigt Pausen	dauerhaft, braucht Strom

## 2.6 Warum braucht ein Computer ein Programm?

Ein Computer „weiß“ nicht, was mit Daten zu tun ist. Erst ein *Programm* (Rezept aus Befehlen) sagt: *Welche Daten? In welcher Reihenfolge? Mit welchen Operationen?* Beispiel Lohnabrechnung:

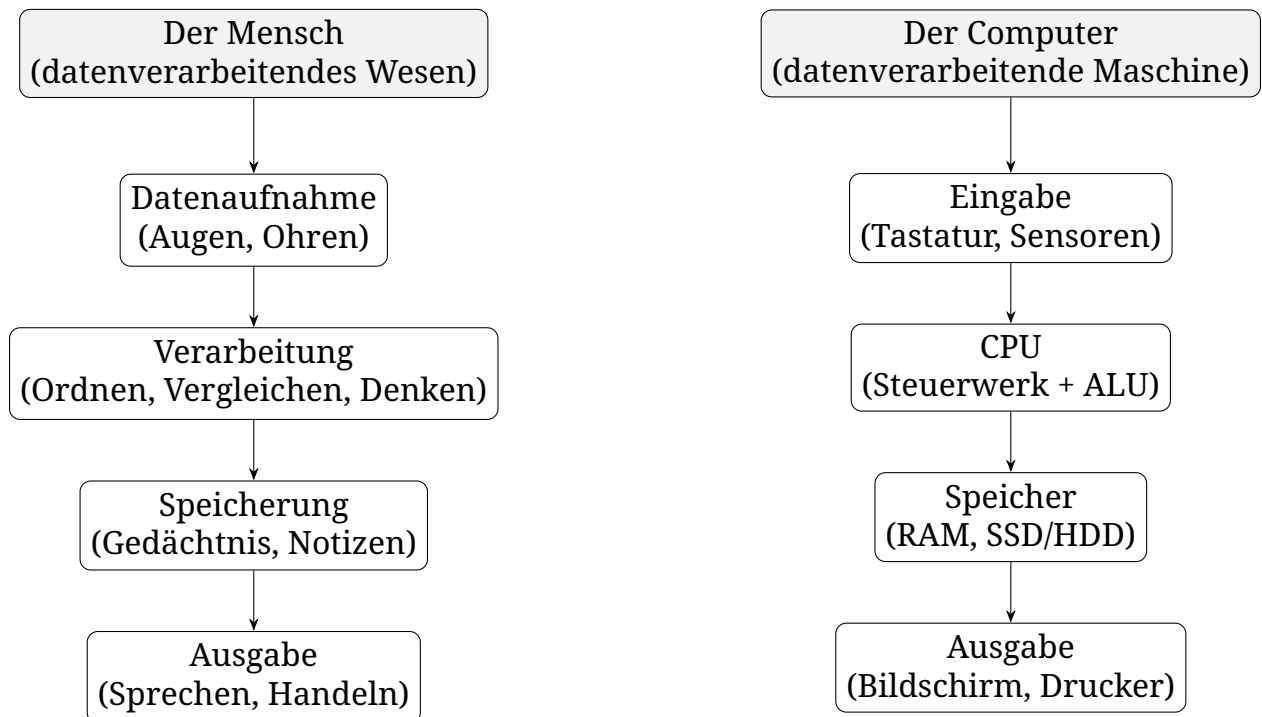
1. **Daten** bereitstellen (Namen, Stunden, Sätze, Abzüge).
2. **Programm** laden (Vorschrift, wie zu rechnen ist).
3. **Ablauf** (vereinfacht): LOAD Daten → RECHNE → STORE Ergebnis.

Ohne Programm passiert nichts – oder das Falsche.

## 2.7 Wichtige Einsicht: „Garbage in, garbage out“

Fehlen Daten oder sind sie falsch, ist auch das Ergebnis falsch – egal wie schnell der Rechner ist. Beispiel aus dem Alltagstext: Eine Mausefalle „arbeitet nach Programm“, aber wenn *wichtige Information fehlt* (z. B. Ort), bleibt der Erfolg aus.

## 2.8 Ein einfaches Gesamtbild



## 2.9 Merksätze

- Menschen *deuten* Daten zu Information; Computer *verarbeiten* Daten nach Programm.
- Ohne Programm keine Verarbeitung; ohne passende Daten kein sinnvolles Ergebnis.
- Externe Speicherung (Notizen/Dateien) erweitert, was intern gemerkt werden kann.





# Kapitel 3

## Zahlensysteme

### 3.1 Was ist ein Zahlensystem?

Ein **Zahlensystem** legt fest, wie Zahlen durch *Ziffern* und deren *Stellenwert* dargestellt werden. In *Stellenwertsystemen* (positionalen Systemen) hat jede Stelle einen Wert, der von der *Basis*  $b$  abhängt:

$$(d_k d_{k-1} \dots d_1 d_0)_b = d_k \cdot b^k + d_{k-1} \cdot b^{k-1} + \dots + d_1 \cdot b^1 + d_0 \cdot b^0,$$

wobei  $0 \leq d_i < b$  gilt. Beispiele: Dezimal ( $b = 10$ ), Binär ( $b = 2$ ), Oktal ( $b = 8$ ), Hexadezimal ( $b = 16$ ). Nicht-positionale Systeme (z. B. römische Zahlen) kennen keinen einheitlichen Stellenwert und sind für Rechenalgorithmen unpraktisch.

### 3.2 Dezimalsystem ( $b = 10$ )

Das **Dezimalsystem** nutzt die Ziffern 0–9. Es ist heute *weltweit das dominante System für den Alltag und das schulische Rechnen*. Historisch hängt das vermutlich mit dem Zählen an zehn Fingern zusammen. Beispiel:

$$(5073)_{10} = 5 \cdot 10^3 + 0 \cdot 10^2 + 7 \cdot 10^1 + 3 \cdot 10^0.$$

### 3.3 Andere Zahlensysteme in der Welt

#### Sexagesimalsystem ( $b = 60$ )

Das **Babylonische Sexagesimalsystem** prägt uns bis heute: *Zeitmessung* (60 s = 1 min, 60 min = 1 h) und *Winkelmaße* (Grad–Bogenmaß mit Minuten und Sekunden). Rechnen erfolgt im Alltag dennoch meist dezimal; die Einteilung selbst ist aber sexagesimal.

#### Vigesimalsystem ( $b = 20$ )

In Teilen der Welt gab und gibt es **Zwanzigersysteme** (Basis 20). Sprachliche Spuren finden sich z. B. in Zahlwörtern einiger Sprachen (Restbestände wie „viermal-zwanzig“ für 80). Auch hier wird formal in der Schule und in modernen Anwendungen überwiegend dezimal gerechnet.

### Duodezimalsystem ( $b = 12$ )

Das **Zwölfersystem** hat gute Teilbarkeit (2,3,4,6). Reste davon sieht man bei Dutzend/Groß, Uhren (12 Stunden), Maßeinheiten aus der Geschichte. Für maschinelles oder schulisches Rechnen dominiert aber 10.

### Fazit zur Frage: „Rechnet man irgendwo ernsthaft nicht-dezimal?“

**Menschen** rechnen heute fast überall *dezimal*, mit kulturellen Resten anderer Basen in speziellen Domänen (Zeit, Winkel, Maße). **Maschinen** (Computer) *rechnen binär*. Darauf basiert die Notwendigkeit weiterer Basen in der Informatik (Oktal/Hex als kompakte Binärdarstellung).

## 3.4 Binär, Oktal, Hexadezimal – warum in der Informatik?

### Binärsystem ( $b = 2$ )

Digitale Schaltungen kennen zwei stabile Zustände (z. B. „aus“/„ein“). Deshalb arbeitet Hardware *binär*.

$$(101010)_2 = 1 \cdot 2^5 + 0 \cdot 2^4 + 1 \cdot 2^3 + 0 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^1 + 0 \cdot 2^0 = 42.$$

### Oktalsystem ( $b = 8$ ) und Hexadezimalsystem ( $b = 16$ )

Beide sind für Menschen *kompakte Schreibweisen* von Binärzahlen:

- 1 **Oktal-Ziffer** entspricht **3 Bit** (weil  $8 = 2^3$ ).
- 1 **Hex-Ziffer** entspricht **4 Bit** (weil  $16 = 2^4$ ).

Darum lassen sich Binärzahlen leicht gruppieren:

$$\underbrace{1010}_A \underbrace{1010}_A = (AA)_{16} = (10101010)_2.$$

Hex ist heute Standard in Programmierung, Speicher-Dumps, Farbwerten (#FF00AA), Adressen usw. Oktal sieht man u. a. noch bei UNIX-Rechten (z. B. 0755).

## 3.5 Umrechnungen zwischen Basen

### Von Dezimal in eine Basis $b$ (Divisionsrest-Methode)

Beispiel:  $93_{10}$  nach Binär.

$$\begin{array}{l|l} 93 : 2 = 46 \text{ Rest } 1 & \\ 46 : 2 = 23 \text{ Rest } 0 & \\ 23 : 2 = 11 \text{ Rest } 1 & \\ 11 : 2 = 5 \text{ Rest } 1 & \\ 5 : 2 = 2 \text{ Rest } 1 & \\ 2 : 2 = 1 \text{ Rest } 0 & \\ 1 : 2 = 0 \text{ Rest } 1 & \end{array} \Rightarrow (93)_{10} = (1011101)_2.$$

### Von Basis $b$ nach Dezimal (Horner-Schema)

Beispiel:  $(2A)_{16}$  mit  $A = 10$ :

$$(2A)_{16} = 2 \cdot 16^1 + 10 \cdot 16^0 = 32 + 10 = 42.$$

### Direkt zwischen Binär, Oktal, Hex

Gruppieren in 3er- bzw. 4er-Blöcke (von rechts):

$$(110\ 010\ 111)_2 = (627)_8, \quad (1010\ 1111)_2 = (AF)_{16}.$$

## 3.6 Beispiele

Dezimal	Binär	Oktal	Hex
10	1010	12	A
26	11010	32	1A
42	101010	52	2A
64	1000000	100	40
100	1100100	144	64

## 3.7 Die Zweierkomplementdarstellung

### 3.7.1 Worum geht es?

Computer speichern Zahlen als Bitmuster. Für *positive* ganze Zahlen ist das einfach (normale Binärdarstellung). Aber wie speichern wir *negative* Zahlen so, dass Addieren und Subtrahieren trotzdem mit der *gleichen Hardware* funktionieren? Die Antwort ist die **Zweierkomplementdarstellung**.

### 3.7.2 Warum verwendet man das Zweierkomplement?

- **Ein Addierwerk für alles:** Dieselbe Schaltung addiert sowohl positive als auch negative Zahlen; Subtraktion wird als „Addiere das Zweierkomplement“ ausgeführt.
- **Eindeutige Null:** Es gibt nur *eine* Null (anders als bei Vorzeichen-&-Betrag oder Einerkomplement).
- **Einfache Regeln:** Vorzeichenverlängerung (Sign Extension) ist trivial: führende Einsen bei negativen Zahlen, Nullen bei positiven.
- **Sortier-/Vergleichsfreundlich:** Bei festem Wortbreite-Vergleich funktioniert das wie erwartet.
- **Mathematisch sauber:** Der Wertebereich ist genau  $-2^{n-1}, \dots, 0, \dots, 2^{n-1} - 1$  für  $n$  Bit.

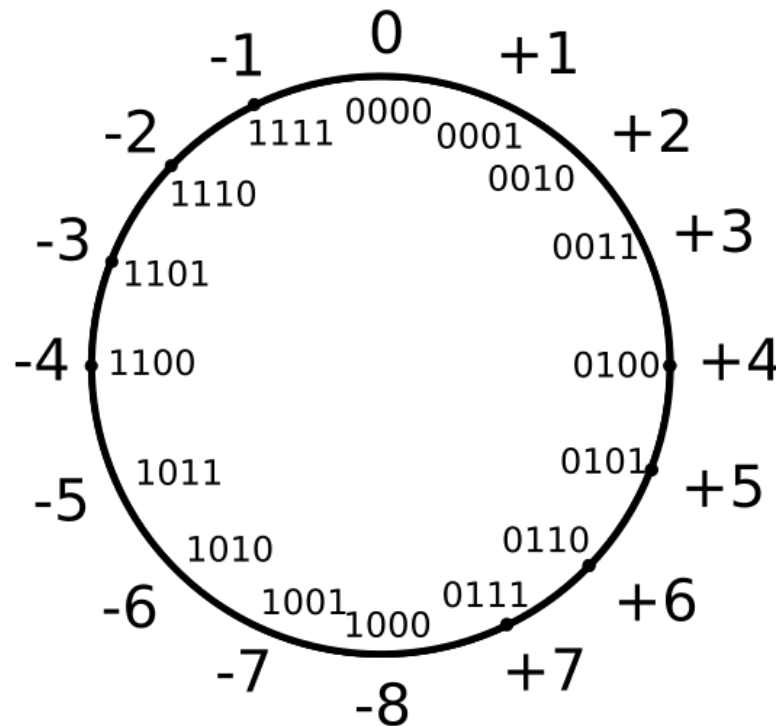


Abbildung 3.1: 4-Bit-Zweierkomplement: Zuordnung der Bitmuster zu Dezimalwerten und Bildung der negativen Werte (+1 nach Bitinvertierung).

### 3.7.3 So bildet man das Zweierkomplement (aus einer positiven Zahl $x$ )

Für eine feste Wortbreite (z. B. 8 Bit):

1. Schreibe  $x$  binär mit führenden Nullen.
2. **Alle Bits invertieren** ( $0 \leftrightarrow 1$ ).
3. **+1 addieren.**

Beispiel:  $-5$  als 8-Bit-Zahl.

$+5 = 0000101 \Rightarrow$  invertiert  $1111010 \Rightarrow +1 \Rightarrow \boxed{1111011}$ .

### So liest man ein Zweierkomplement-Bitmuster

- **MSB (Most Significant Bit) = 0**  $\Rightarrow$  positive Zahl: normal als Binärzahl lesen.
- **MSB (Most Significant Bit) = 1**  $\Rightarrow$  negative Zahl: wieder positiv machen durch *invertieren* + 1 und ein Minus davor.

Beispiel:  $11101100$  (8 Bit)  $\Rightarrow$  invertieren  $00010011$ ,  $+1 \Rightarrow 00010100 = 20 \Rightarrow$  Wert ist  $-20$ .

## Wertebereich

Für  $n$  Bit gilt:

$$\boxed{-2^{n-1} \leq \text{Wert} \leq 2^{n-1} - 1} \quad (\text{z. B. 4 Bit: } -8 \text{ bis } +7).$$

Auffällig: Es gibt *kein*  $+2^{n-1}$  (bei 4 Bit also kein  $+8$ ); das Muster 1000 steht für  $-8$ .

## Rechnen mit Zweierkomplement

### Addition/Subtraktion.

- Subtraktion  $a - b$  wird als  $a +$  (Zweierkomplement von  $b$ ) gerechnet.
- *Beispiel (4 Bit):*  $7 + (-3)$ :  $0111 + 1101 = 1\ 0100 \Rightarrow 0100 = 4$  (Übertrag links fällt weg).

### Überlauf (Overflow) erkennen.

- **Regel:** Addiert man zwei *positive* Zahlen und erhält eine *negative*, oder zwei *negative* und erhält eine *positive*, dann ist Overflow aufgetreten.
- Alternativ technisch: Overflow, wenn *Carry in* das Vorzeichenbit  $\neq$  *Carry out* des Vorzeichenbits.

### Vorzeichenverlängerung (Sign Extension).

Erweitere eine Zweierkomplementzahl auf mehr Bit, indem du die *linke führende Ziffer* wiederholst:

- positiv: 0en voran (z. B.  $0010 \rightarrow 0000\ 0010$ )
- negativ: 1en voran (z. B.  $1110 \rightarrow 1111\ 1110$ )

## Vergleich zu anderen Darstellungen

**Vorzeichen & Betrag:** Einfach zu verstehen (ein Bit fürs Vorzeichen), aber zwei Nullen ( $+0$  und  $-0$ ) und Subtraktion ist umständlich.

**Einerkomplement:** Auch zwei Nullen und kompliziertere Addition (End-Around-Carry).

**Zweierkomplement:** Standard in nahezu allen modernen CPUs – schnell, eindeutig, hardwarefreundlich.

## Beispiele (4-Bit)

Bitmuster	Dezimal	Bitmuster	Dezimal
0111	+7	1001	-7
0101	+5	1011	-5
0000	0	1111	-1
1000	-8	1101	-3

## Wie rechnet ein Computer wirklich? — Ausblick

Das Umwandeln von Zahlen und das schriftliche Rechnen zeigen *wie* wir mit Binärzahlen umgehen. Ein Computer macht im Kern dasselbe — aber nicht „im Kopf“, sondern mit **logischen Operationen**, die in **elektronischen Schaltungen** realisiert sind. Grundlage ist die Boolesche Algebra: Aus einfachen Verknüpfungen wie NICHT (NOT), UND (AND), ODER (OR) und EXKLUSIV-ODER (XOR) werden Schaltungen aufgebaut, die Bits verarbeiten. Ein Addierer besteht beispielsweise aus *Halb-* und *Volladdierern*: Das *Summenbit* entsteht über XOR (gerade/ungerade Anzahl von Einsen), der *Übertrag* über AND/OR (Mehrheit der Einsen). Darum ist bei  $1 + 1$  das Summenbit 0 und der Übertrag 1 — genau wie in unseren schriftlichen Regeln.

Viele solcher Bausteine zusammen bilden die **ALU** (Arithmetic Logic Unit) einer CPU, gesteuert von einem **Takt**. **Register** und **Speicherzellen** (Flip-Flops) halten Zwischenwerte, und durch die feste Wortbreite rechnet die Hardware effektiv  $\text{mod } 2^n$  — daher kommen Phänomene wie *Übertrag* und *Overflow*. Auf höherer Ebene beschreibt **Software** die Abfolge dieser elementaren Operationen als Befehle und Algorithmen.

Mit diesen inneren Mechanismen — Logikgattern, Schaltnetzen und Schaltwerken, Transistoren und CMOS-Technik, aber auch endlichen Automaten — beschäftigen wir uns später im Kurs. Für jetzt reicht die Idee: Was wir schriftlich üben, setzt der Computer *gleichbedeutend* durch logische Funktionen und Elektronik um.

# Kapitel 4

## Hardwarearchitektur

### 4.1 Worum geht es?

Unter **Hardwarearchitektur** versteht man den grundsätzlichen Aufbau eines Rechners: Welche Bausteine gibt es (z. B. Prozessor, Speicher, Ein-/Ausgabe), wie sind sie *organisiert* und *verbunden*, und wie arbeiten sie zusammen, um Programme auszuführen? Die heute dominierende Grundidee ist die **von-Neumann-Architektur**.

### 4.2 John von Neumann und die Grundidee

In den 1940er Jahren formulierte John von Neumann (gemeinsam mit weiteren Pionieren um ENIAC/EDVAC) eine einfache, aber revolutionäre Idee: **Programm und Daten liegen im gleichen Speicher**. Das heißt, ein Programm ist selbst nur eine Folge von Zahlen (Maschinenbefehlen), die genau wie Daten im Hauptspeicher abgelegt und von der CPU geholt werden. Diese *Stored-Program-Idee* macht Rechner *flexibel* (beliebige Programme ladbar) und *universell*.

#### Bausteine im von-Neumann-Modell

- **CPU (Prozessor)** mit
  - **Steuerwerk** (kontrolliert den Ablauf, interpretiert Befehle),
  - **Rechenwerk/ALU** (führt Operationen wie Addieren, Vergleichen aus),
  - **Registern** (kleinste, sehr schnelle Speicherplätze, z. B. Akkumulator, Program Counter).
- **Hauptspeicher (RAM)**: enthält *sowohl* Daten *als auch* Befehle.
- **Ein-/Ausgabe (I/O)**: Tastatur, Bildschirm, Netz, Sensoren, Aktoren ...
- **Bus-System**: Verbindet die Bausteine (Adress-, Daten- und Steuerbus).

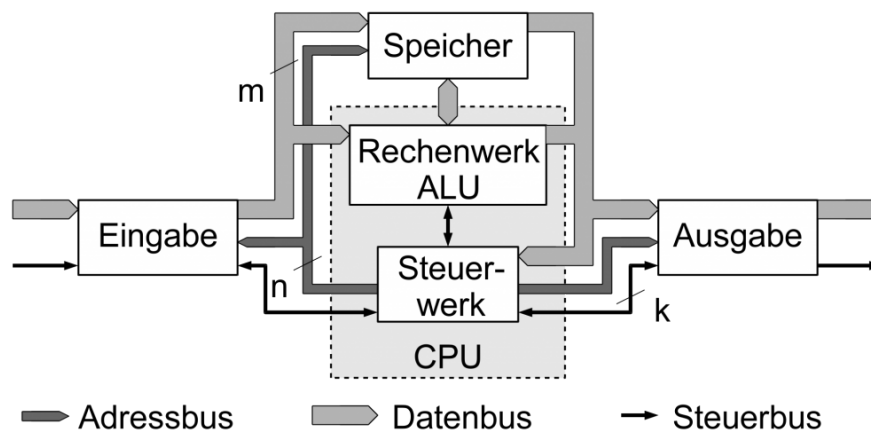


Abbildung 4.1: Architektur von Neumann Rechners.

Im Von-Neumann-Rechner steckt die „Denkarbeit“ in der CPU. Sie besteht aus zwei Hauptteilen: dem Rechenwerk (ALU), das z. B. addiert, vergleicht und logisch verknüpft, und dem Steuerwerk, das den Ablauf organisiert. Die CPU arbeitet Befehle nacheinander ab: Sie holt einen Befehl aus dem Speicher (Fetch), versteht ihn (Decode) und führt ihn aus (Execute). Sowohl Befehle als auch die dazugehörigen Daten werden aus demselben Arbeitsspeicher geholt.

Damit CPU, Speicher und Ein-/Ausgabegeräte miteinander sprechen können, gibt es gemeinsame Leitungen, das Bus-System. Über den Adressbus wird gesagt, „wo“ etwas liegt, über den Datenbus „was“ übertragen wird, und der Steuerbus regelt das „wie“ (Lesen/Schreiben, Takt, Signale).

Weil Befehle und Daten denselben Weg benutzen entsteht in dem Prozess der sogenannte Von-Neumann-Flaschenhals. Auf Grund der Tatsache, dass zur gleichen Zeit neue Befehle geholt und Daten gelesen oder geschrieben werden, kommt es zu Staus auf dem Bus: Die CPU könnte weiterrechnen, muss aber warten, bis der Bus wieder frei ist.

Alltagsbild: Stell dir eine Straße mit nur einer Spur vor. Darauf fahren sowohl „Befehls-Autos“ als auch „Daten-Laster“. Wenn viele Daten unterwegs sind, stehen die Befehle im Stau – die CPU wartet.

Kleines Beispiel: Die drei Befehle „LOAD A“, „ADD B“, „STORE A“.

1. LOAD A: Die CPU holt den Befehl, versteht ihn und fordert die Daten an Adresse A an. Während die Daten geladen werden, ist der Bus belegt.
2. Die CPU würde gern sofort den nächsten Befehl (ADD B) holen, kann aber nicht, weil der Bus noch mit dem Datentransfer für LOAD beschäftigt ist. Es entsteht ein Wartetakt.
3. Sobald die Daten aus A angekommen sind, kann die CPU weiterarbeiten: Sie holt nun den ADD-Befehl, liest die Daten von B und rechnet.
4. STORE A schreibt das Ergebnis zurück in den Speicher – wieder wird der Bus belegt.



## 4.3 Der Befehlszyklus (Fetch–Decode–Execute)

Jeder Maschinenbefehl läuft in drei Schritten durch die CPU:

1. **Fetch** (Holen): Der *Program Counter (PC)* zeigt auf die nächste Befehlsadresse. Der Befehl wird aus dem Speicher gelesen und in das *Befehlsregister (IR)* gelegt.
2. **Decode** (Dekodieren): Das Steuerwerk „versteht“, welcher Operationstyp gemeint ist (z. B. ADD, LOAD, STORE) und welche Operanden/Adressen beteiligt sind.
3. **Execute** (Ausführen): Die ALU rechnet bzw. I/O/Speicherzugriffe passieren. Der PC wird auf den nächsten Befehl gesetzt (oder bei Sprüngen angepasst).

**Mini-Beispiel (gedankliches Maschinenprogramm).**

1	LOAD R0, [x]	; lade x in Register R0
2	LOAD R1, [y]	; lade y in Register R1
3	ADD R0, R1	; R0 := R0 + R1
4	STORE R0, [z]	; speichere Ergebnis in z

Listing 4.1: Addition zweier Speicherstellen und Ablage des Ergebnisses

Hier holt die CPU nacheinander die Befehle (Fetch), dekodiert sie (Decode) und führt sie aus (Execute).

## 4.4 Warum ist das so erfolgreich?

- **Einfachheit:** Ein einheitlicher Speicher für Programme und Daten macht die Hardware und das Laden von Programmen einfach.
- **Flexibilität:** Beliebige Programme können nachgeladen werden; Selbstmodifizierender Code ist (theoretisch) möglich.
- **Universalität:** Mit genug Speicher und Zeit kann ein solcher Rechner jede berechenbare Aufgabe lösen (Church–Turing-Idee).

## 4.5 Grenzen: der Von-Neumann-Flaschenhals

Im klassischen Von-Neumann-Modell teilen sich *Programmcode* (Befehle) und *Daten* denselben Speicher und denselben Bus. Beide benutzen also die gleiche „Datenstraße“. Dadurch konkurrieren sie um Bandbreite: Die CPU könnte weiterrechnen, muss aber oft warten, bis neue Befehle *oder* Daten geliefert werden. Diesen Engpass nennt man den **Von-Neumann-Flaschenhals**.

**Kurz gefragt: Was hilft grundsätzlich?**

- **Nähere Vorräte:** *Caches* (kleine, sehr schnelle Zwischenspeicher in der CPU).
- **Früher holen:** *Prefetch* (Daten/Befehle im Voraus anfordern).

- **Mehr gleichzeitig:** Pipeline, Superskalarität, Multi-Core, Vektor/SIMD.
- **Breitere/schnellere Wege:** schnellere Speichertechniken, breitere Busse.

**Merksatz:** Wenn die CPU warten muss, helfen *nähere Vorräte, rechtzeitig holen, gleichzeitig arbeiten* und *breitere/schnellere Verbindungen*.

## 4.6 Harvard vs. Von Neumann (und was man heute wirklich baut)

Die **Harvard-Architektur** trennt *Befehls-* und *Datenspeicher* (je ein eigener Bus). Vorteil: Code und Daten können *gleichzeitig* geholt werden – der Engpass an dieser Stelle entfällt. Viele Mikrocontroller/DSPs arbeiten so.

In PCs und Laptops nutzt man meist ein *hybrides* Vorgehen: Moderne CPUs bleiben vom Speicherbild her *Von Neumann* (ein gemeinsamer Hauptspeicher), verwenden aber direkt an der CPU getrennte **Instruktions-** und **Daten-Caches** (*Modified Harvard* auf Cache-Ebene). So verbindet man die *Programmierfreundlichkeit* des Von-Neumann-Modells mit Leistungsgewinnen durch getrennte, nahe Wege.

## 4.7 Erweiterte Von-Neumann-Rechner: die wichtigsten Ideen

In der Praxis ist die CPU oft schneller als der Weg zu den Daten. Deshalb hat man das Grundmodell *weiterentwickelt* (keine völlig neue Architektur, sondern Ergänzungen):

### 1) Speicherhierarchie und Caches

Statt immer den vergleichsweise langsamen Hauptspeicher zu fragen, nutzt die CPU kleine, extrem schnelle **Caches** direkt am Kern: L1 (sehr klein, sehr schnell), dahinter L2/L3 (größer, etwas langsamer). Häufig gebrauchte Befehle und Daten liegen dann „um die Ecke“. Viele CPUs trennen den L1 in **I-Cache** (Instruktionen) und **D-Cache** (Daten), sodass Code *und* Daten parallel kommen.

### 2) Vorabruf und Vorhersage

Die CPU versucht zu erraten, was sie als Nächstes braucht: *Prefetch* holt Daten/-Befehle im Voraus. *Sprungvorhersage* (Branch Prediction) rät den nächsten Programmpfad. Treffen die Vorhersagen, spart das viele Takte; liegen sie daneben, wird zurückgerollt.

### 3) Fließbandarbeit: Pipelining und Superskalarität

Befehle werden in Stufen zerlegt (z. B. Fetch, Decode, Execute, Writeback). Mehrere Befehle können gleichzeitig in *verschiedenen* Stufen sein (**Pipeline**). **Superskalarität** startet sogar *mehr als einen* Befehl pro Takt, wenn Einheiten frei sind.

#### 4) Keine Zeit verlieren: Out-of-Order

Muss ein Befehl warten (z. B. auf Daten), arbeitet die CPU mit einem anderen, unabhängigen Befehl weiter. So bleiben Recheneinheiten ausgelastet und Wartezeiten fallen weniger ins Gewicht.

#### 5) Schnellere und breitere Verbindungen

„Die Straßen wurden ausgebaut“: breitere Datenpfade, schnellere Speicher (z. B. moderne DDR-/HBM-Verfahren), intelligente Speichercontroller und *DMA* (Direct Memory Access), damit Daten bewegt werden können, ohne die CPU zu blockieren.

#### 6) Mehr Parallelität: Multi-Core und Vektor/SIMD

Statt nur einem Kern rechnen **mehrere Kerne** gleichzeitig an verschiedenen Aufgaben. **Vektor-/SIMD-Einheiten** wenden *eine* Operation auf *viele* Daten gleichzeitig an (z. B. bei Bild-/Audioverarbeitung).

##### Wichtig zu wissen.

All diese Maßnahmen *mildern* den Von-Neumann-Flaschenhals deutlich, beseitigen ihn aber nicht ganz. Wenn Daten nicht im Cache sind oder Programme sehr sprunghaft arbeiten, muss die CPU weiterhin warten. Moderne Rechner sind daher ein Mix aus *schlauem Vorrat* (Caches), *Vorausschau* (Prefetch/Prediction), *Parallelität* (Pipeline, Multi-Core, SIMD) und *breiteren/schnelleren Wegen*, damit aus „Warten auf Daten“ so oft wie möglich „Rechnen“ wird.

## 4.8 Vom Quellcode zur Ausführung

Zwischen dem *geschriebenen Code* und der *CPU* stehen **Übersetzer**. Je nach Sprache führt der Weg über *Compiler/Assembler/Linker* oder über *Interpreter* bzw. *JIT-Compiler*.

### 4.8.1 Compiler-Weg (z. B. C, C++, Rust)

Hier wird der Quelltext im Voraus in *Maschinencode* übersetzt und als Programmdatei gespeichert.

1. **Quellcode** (Text, den Menschen lesen) wird an den **Compiler** übergeben.
2. **Compiler** prüft und übersetzt in *Objektcode* (maschinennahe, binäre Fragmente). *Optional*: Der Compiler kann als Zwischenstufe **Assembler-Text** erzeugen.
3. **Assembler** (falls Assembler-Text vorhanden) wandelt Mnemonics in *Maschinencode* (Bytes) um.
4. **Linker** setzt alle Teile zusammen (eigene Module, Bibliotheken) → **Programmdatei**.

5. **Betriebssystem (Loader)** lädt die Programmdatei in den Speicher und startet sie.
6. **CPU** holt die *Bytes* aus dem Speicher und *führt sie aus*.

**Wichtig:** Die CPU sieht niemals den Quelltext oder Assembler-Wörter; sie verarbeitet nur **Bytemuster**.

### 4.8.2 Interpreter und JIT (z. B. Python, JavaScript, Java)

Bei interpretierten Sprachen wird der Quelltext *zur Laufzeit* gelesen und ausgeführt.

- **Interpreter** liest Anweisung für Anweisung und führt sie direkt aus (ohne vorherige Programmdatei in Maschinencode).
- **Bytecode + VM** (z. B. Java): Der Quellcode wird in *Bytecode* übersetzt, den eine *virtuelle Maschine* (VM) ausführt.
- **JIT-Compiler** (*Just-in-Time*): Abschnitte, die oft laufen (*Hotspots*), werden *während der Ausführung* in *Maschinencode* übersetzt und ab dann schneller ausgeführt.

### 4.8.3 Befehlssatz (ISA) und Assembler-Mnemonics

- **Assembler-Mnemonics** sind *lesbare Kürzel* wie `ADD R1, R2`. Das ist nur Text für uns.
- **Maschinencode** ist die *folgende Bytefolge*, die die CPU tatsächlich decodiert (0/1).
- **Befehlssatz/ISA** (*Instruction Set Architecture*) legt fest, *welche Bytemuster was bewirken* (z. B. x86-64, ARM, RISC-V). Unterschiedliche ISAs  $\Rightarrow$  unterschiedliche Bytes.

### 4.8.4 Mini-Beispiel: $a = b + c$

- **Hochsprache (Java-Ausschnitt):**

```
int a = b + c;
```

- **Assembler (lesbarer Text, beispielhaft):**

```
LOAD    R1, [b]      ; lade b
LOAD    R2, [c]      ; lade c
ADD     R3, R1, R2    ; R3 = R1 + R2
STORE   [a], R3      ; speichere nach a
```

- **Maschinencode (schematische Bytes, ISA-abhängig):**

0x13 0x02 0x00 ... 0x93 0x03 0x10 ... 0x23 0x00 0x30 ...

**Merksatz:** Menschen schreiben **Quelltext**. Übersetzer (Compiler/Assembler/-Linker, Interpreter/JIT) machen daraus **Maschinencode**. Nur Bytes erreichen die CPU.

#### 4.8.5 Warum läuft dasselbe Programm auf Intel *und* AMD?

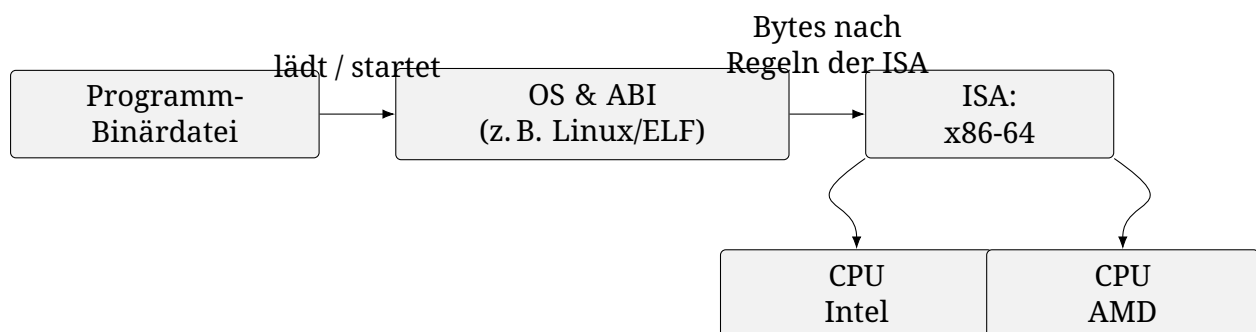
Ein Programm (als *fertige Binärdatei*) läuft auf unterschiedlichen CPUs, wenn sich alle Beteiligten auf **dieselbe Sprache** einigen. In der Informatik heißen diese „Sprachen“:

**ISA (Instruction Set Architecture)** legt fest, *welche Bytefolgen welche Befehle bedeuten*. Moderne PC-Prozessoren von Intel und AMD sprechen heute in der Regel **x86-64** auch *AMD64*, *Intel 64* genannt. *Gleiche ISA* ⇒ die **gleichen Bytes** werden auf beiden Prozessoren gleich verstanden.

**ABI (Application Binary Interface)** ist der *Binärvertrag* mit dem Betriebssystem **OS (Operating System)**: *Wie werden Funktionen aufgerufen (Register, Stack)? Wie sieht das Programmformat aus (z. B. ELF unter Linux, PE/COFF unter Windows)? Wie sind Datentypen/Strukturen angeordnet?*

**So sichert man Kompatibilität (Praxis):**

- **Gleiche ISA als Basis:** Das Programm wird für x86-64 gebaut ⇒ läuft auf Intel *und* AMD.
- **Gemeinsame „Basisstufe“ wählen:** Compiler erzeugt Code für eine *Mindest-ISA* (Baseline).
- **Feature-Erkennung:** Zur Laufzeit prüft die Software per CPUID, ob ein Befehlssatzzusatz vorhanden ist, und wählt dann *schnelle Pfade*.
- **Passendes ABI/OS:** Ein Linux-x86-64-Programm läuft auf Intel/AMD unter Linux, ein Windows-x86-64-Programm auf Intel/AMD unter Windows. *Gleiches OS/ABI* ist ebenso wichtig wie die ISA.



**Merksatz:** ISA ist die gemeinsame Befehlssprache der CPU (Herstellerübergreifend). ABI/OS ist der Vertrag mit dem System. Optionales bleibt optional: Gute Programme erkennen Features und wählen passende Codepfade.

## Programmformate: ELF (Linux) und PE/COFF (Windows)

Ein ausführbares Programm ist nicht „nur“ eine Bytefolge, sondern ein *Container* mit **Code**, **Daten** und **Metadaten**. Das Betriebssystem liest den Container, um das Programm korrekt in den Speicher zu laden. Zwei wichtige Formate:

### ELF (Executable and Linkable Format) – typisch unter Linux/Unix

- **Header:** sagt u. a. „für welche ISA“ (z. B. x86-64) und wo der *Einsprungpunkt* liegt.
- **Program Headers / Segmente:** was wird *wohin* in den Speicher gemappt (z. B. `.text` = Code, `.data` = initialisierte Daten, `.bss` = Null-Initialisierung).
- **Sections** (für Linker/Debugger): Symbole, Relokationen, dynamische Infos.
- **Dynamisch gelinkt:** Verweise auf geteilte Bibliotheken `libXYZ.so`.
- **Loader:** der Kernel lädt, der dynamische Linker (`ld-linux.so`) bindet Bibliotheken.

### PE/COFF (Portable Executable / Common Object File Format) – unter Windows

- **Header:** enthält „PE“-Signatur, Ziel-Architektur, *Entry Point*, Bildbasis u. a.
- **Section Table** mit typischen Abschnitten: `.text`, `.data`, `.rdata`, `.idata` (Import-Tabelle), `.edata` (Export), `.reloc` (Relokationen).
- **Dynamisch gelinkt:** Verweise auf `.dll`-Bibliotheken (Imports/Exports).
- **Loader:** der Windows-Loader mappt die Sections und löst DLL-Importe.

### Warum das wichtig ist

- Beide Formate legen *Anordnung* und *Metadaten* fest, damit der Loader weiß, was er *wohin* laden und *wie* starten muss.
- Das Format ist Teil des **ABI/OS**: Ein Linux-ELF-Programm läuft nicht direkt auf Windows (das erwartet PE/COFF) – auch wenn die **ISA** identisch ist.
- Beide Formate tragen ein Feld „*Maschinentyp*“ (x86-64, ARM ...): passt die ISA nicht, kann der Loader die Datei nicht starten.

### Mini-Skizzen

ELF (Linux)

-----

ELF Header

Program Headers (Segmente)

Sections (`.text/.data/...`)

...

Dynamische Infos (`.so`)

PE/COFF (Windows)

-----

DOS Stub + PE-Signatur

COFF Header

Optional Header (*EntryPoint*, Bildbasis, ...)

Section Table (`.text`, `.data`, `.rdata`, `.idata`, `.reloc`, ...)

Import/Export-Tabellen (`.dll`)

**Merksatz:** ELF und PE/COFF sind „Verpackungen“ für Code und Daten. Der **Loader** des jeweiligen Betriebssystems versteht *sein* Format und startet das Programm. Gleiche **ISA** sorgt für CPU-Kompatibilität, passendes **ABI/OS** für Lade- und Lauf-Kompatibilität.

# Kapitel 5

## Modellrechner mit Pseudoassembler – MOPS

### 5.1 Was ist und was macht MOPS?

**MOPS** ist ein *Modellrechner*: Er bildet die Arbeitsweise eines echten Computers in vereinfachter Form nach. Ziel ist, die internen Abläufe *sichtbar* und *verständlich* zu machen und eine *prozessornahe Programmierung* zu üben – ohne den Ballast echter Hardware.

#### 5.1.1 Idee in Kürze

- **Simulation statt Hardware:** MOPS läuft als Programm und stellt Register, Hauptspeicher und Steuersignale so dar, dass man den Ablauf Schritt für Schritt verfolgen kann.
- **Pseudoassembler:** Man schreibt *mnemonische Befehle* (z. B. LOAD, ADD, STORE). Es wird *kein echter Maschinencode* erzeugt; vielmehr entsteht ein *Pseudocode*, den der Modellrechner direkt ausführt.
- **Kleine IDE:** Editor, „Assemblierung“ (Überprüfung und Übersetzung in Pseudocode) und Ausführung sind in einem Werkzeug gebündelt.

#### 5.1.2 Bezug zum Von-Neumann-Modell

MOPS folgt dem klassischen Von-Neumann-Prinzip: *ein* Speicher für Befehle und Daten, eine **CPU** mit *Steuerwerk* (Ablauf) und *Rechenwerk* (ALU) sowie Eingabe/Ausgabe. Der Ablauf geschieht im bekannten *Fetch–Decode–Execute-Zyklus*: Befehl holen, verstehen, ausführen, Ergebnis ablegen, zum nächsten Befehl springen.

#### 5.1.3 Technische Eckdaten (als Modell)

- **Kein realer Takt:** Als Simulation hat MOPS keine messbare MHz/GHz-Frequenz.
- **Hauptspeicher:** 72 *Speicherzellen* (= 144 Byte). Das ist absichtlich klein, damit sich der komplette Inhalt bequem überblicken lässt.

- **Zahlenbereich:** Ganzzahlen im *Dezimalsystem* von  $-9999$  bis  $9999$ . Auch intern rechnet MOPS dezimal. Das ist didaktisch hilfreich, weil die Werte im Quelltext direkt mit den Registern und Speicherinhalten verglichen werden können (ohne binär/hex umdenken zu müssen).



# Kapitel 6

## Rechnernetze

### 6.1 Netzwerke

Ein **Netzwerk** verbindet Endgeräte (Computer, Smartphones, Server, Sensoren), damit sie *Daten austauschen* und *Dienste gemeinsam nutzen* können. Ohne Netzwerke gäbe es kein Internet, keine E-Mail und keine vernetzten Anwendungen.

In diesem Kapitel beantworten wir u. a. folgende Fragen:

- Wofür benötigen wir Netzwerke?
- Was ist ein *Protokoll* und welche Aufgaben erfüllt es?
- Wie sind Netzwerke physisch und logisch aufgebaut?

Zur Veranschaulichung nutzen wir die Lernsoftware **FILIUS**. Damit lassen sich auf anschauliche Weise *virtuelle Netzwerke* entwerfen, konfigurieren und testen – ideal, um die Konzepte Schritt für Schritt praktisch nachzuvollziehen.

#### Wofür braucht man Netzwerke?

- **Kommunikation:** Nachrichten, Videokonferenzen, Telefonie (VoIP).
- **Zusammenarbeit:** Gemeinsame Dokumente, Lernplattformen, Versionsverwaltung.
- **Ressourcen teilen:** Drucker, Speicher (NAS), Rechenleistung (Server/Cloud).
- **Zugriff von überall:** Zuhause, in der Schule, unterwegs (WLAN, Mobilfunk, VPN).
- **Skalierung und Verfügbarkeit:** Dienste für viele Nutzer, Ausfallsicherheit.

#### Welche Netzwerke gibt es? (Größenordnungen)

Oft unterscheidet man Netzwerke nach ihrer *Ausdehnung*:

**PAN** *Personal Area Network* (z. B. Bluetooth-Verbindungen eines Headsets mit dem Handy).

**LAN** *Local Area Network*: lokales Netz in einem Raum/Gebäude (Schullabor, Firma, Zuhause).

**Campus-LAN** mehrere Gebäude (z. B. Schul-Campus), oft über Glasfaser verbunden.

**MAN** *Metropolitan Area Network*: Stadtnetz/Region (z. B. städtisches Verwaltungsnetz).

**WAN** *Wide Area Network*: landesweite/überregionale Netze (Provider-Netze).

**GAN** *Global Area Network*: weltweite Netze, insbesondere das **Internet**.

Dazu kommen **WLANS** (drahtlose lokale Netze) und **Mobilfunknetze** (4G/5G), die sich in diese Größenordnungen einfügen.

## Wie kommen die Daten von A nach B?

Daten werden in *Pakete* verpackt. **Switches** leiten Pakete innerhalb eines LAN weiter, **Router** verbinden Netze miteinander (bis hin zum Internet). Für die physische Übertragung gibt es verschiedene **Medien**:

- **Kupferkabel**: historisch Koax (BNC), heute vor allem *Twisted Pair* mit 8P8C-Stecker (umgangssprachlich „RJ45“).
- **Glasfaser**: Lichtimpulse über sehr große Distanzen und hohe Datenraten.
- **Funk**: WLAN, Mobilfunk; zusätzlich **Satelliten** (GEO/LEO) für spezielle Szenarien.

### Zwischen Kontinenten - Seekabel (Glasfaser auf dem Meeresboden):

Der allergrößte Teil des weltweiten Datenverkehrs (weit über 90 %) läuft über *Untersee-Glasfaserkabel*. Man kann sie sich als sehr lange, mehrschichtige „Lichtkabel“ vorstellen, die *auf dem Meeresgrund* liegen und nahe der Küsten *eingegraben* werden, damit sie z. B. nicht von Ankern beschädigt werden.

- **Aufbau (vereinfacht)**: Im Inneren liegen mehrere *Lichtfasern* (die eigentlichen Datenkanäle). Darum herum befinden sich Schutzschichten: Gel/Isoliermaterial, ein *Kupferleiter* (für Stromversorgung der Verstärker), Stahlarmierung (gegen Druck und mechanische Belastung) und eine äußere Kunststoffhülle.
- **„Verstärker“/Repeater**: Etwa alle 50–100 km sitzt ein druckfester Zylinder im Kabel, der die Lichtsignale *optisch* verstärkt (sogenannte *optische Verstärker*). Sie bekommen ihren Strom über den im Kabel laufenden Gleichstrom, der von den *Landestationen* eingespeist wird.
- **Landestationen**: Hier kommen die Seekabel an Land. In diesen Gebäuden stehen die Stromversorgungen, die Glasfasertechnik (Multiplexing, Fehlerkorrektur) und die Router, die den Verkehr ins Terrestrik-Netz weiterleiten.

- **Verlegung:** *Kabelgeschiffe* rollen das Kabel ab; in flachen Küstenbereichen pflügen/roven sie es in den Meeresboden ein. In großen Tiefen liegt es einfach *auf* dem Grund (dort gibt es kaum Gefahren).
- **Vorteile:** Enorme *Bandbreite* (viele TBit/s pro Kabelsystem), *geringe Laufzeit* (Licht in Glas ist schnell), hohe Stabilität.

#### Funkübertragung - Satelliten):

Orbit	Höhe (grobe Ord.)	Typische Nutzung	Besonderheiten
LEO (Low Earth Orbit)	~ 500–1 500 km	Internet, Erdbeobachtung	<i>kurze Laufzeiten</i> , viele Satelliten, kleine Abdeckung pro Satellit
MEO (Medium Earth Orbit)	~ 8 000–20 000 km	Navigati-on (GPS/-Galileo), Daten-Backbones	Kompro-miss bei Abdeckun-g/Laufzeit
GEO (Geostationary Earth Orbit)	~ 35 786 km	TV, breit-flächige Datenver-sorgung	<i>steht scheinbar fest am Himmel; hohe Laufzeit</i>

- **Was heißt „geostationär“ (GEO)?** Ein GEO-Satellit kreist genau über dem Äquator in  $\approx 35,786$  km Höhe so, dass er sich *mit der Erdrotation mitdreht*. Für uns am Boden steht er *fest am Himmel*. Ein einziger Satellit deckt ein riesiges Gebiet ab (super für TV), aber: das Signal muss sehr weit fliegen  $\Rightarrow$  *spürbare Laufzeit* (Ping oft 500–700 ms).
- **Was ist LEO?** *Niedrigorbit* bedeutet viel geringere Höhe. Dadurch sind die *Laufzeiten kurz* (Ping teils  $< 50$ –70 ms). Aber ein LEO-Satellit „huscht“ über den Himmel, deckt nur eine kleine Fläche ab und ist schnell wieder weg. Deshalb braucht man *Konstellationen* aus vielen Satelliten und ein Netz von *Bodenstationen/Gateways*.
- **Vorteile/Nachteile:** *LEO* bringt kurze Laufzeiten und flexible Abdeckung, erfordert aber viele Satelliten. *GEO* ist einfach zu empfangen (feste Antenne), hat aber hohe Laufzeiten und ist wetterempfindlicher bei hohen Frequenzen (Regen dämpft das Signal).

### 6.1.1 Übertragungsmedien und typische Geschwindigkeiten

#### Wie Signale in der Glasfaser wirklich laufen

In Glasfasern werden Lichtwellen übertragen. Bits entstehen nicht als „Lampe an/aus“, sondern durch **Modulation** (Änderungen von *Helligkeit*, *Phase* oder *Frequenz*). Außerdem kann man mehrere *Wellenlängen* gleichzeitig senden (WD-M/DWDM). Das kannst du dir wie **mehrere Farben in ein und derselben Faser** vorstellen: *Jede Farbe ist ein eigener Datenkanal*. Am Start mischt ein *Multiplexer* die Farben zusammen, am Ziel trennt ein *Demultiplexer* sie wieder. Die „Farben“ liegen im Infraroten (typisch um 1310 nm und 1550 nm) und stören sich nicht, weil Sender und Empfänger sehr schmale Filter benutzen und so jeweils *nur ihre eine Farbe* sehen. Ergebnis: Viele unabhängige Datenströme laufen gleichzeitig durch *eine* Faser.

#### Warum ist eine Datenübertragung mit Lichtgeschwindigkeit $c$ nicht möglich?

Licht ist im *Vakuum* am schnellsten ( $c \approx 3 \cdot 10^8$  m/s). In Materialien ist es langsamer:

$$v = \frac{c}{n},$$

wobei  $n$  der *Brechungsindex* ist. Für Quarzglas gilt näherungsweise  $n \approx 1,5$ , also  $v \approx \frac{c}{1,5} \approx 2 \cdot 10^8$  m/s – das sind etwa  $\frac{2}{3}$  der Lichtgeschwindigkeit ( $\approx 200,000$  km/s). Deshalb braucht ein Signal z. B. über 100 km Glasfaser mindestens ca. 0,5 ms reine Leitungslaufzeit.

#### Anschauliche Latenzbeispiele (nur Leitungslaufzeit).

- 100 km Glasfaser:  $\approx 0,5$  ms (one-way).
- 500 km (z. B. Berlin–München):  $\approx 2,5$  ms.
- 5 600 km (z. B. Westeuropa–US-Ostküste, direkte Strecke):  $\approx 28$  ms.

Was heißt das praktisch? **Latenz** ist die Wartezeit, bis am anderen Ende *die allerersten Bits* ankommen (und bei Messungen wie *Ping* wieder zurück).

**Bandbreite  $\neq$  Latenz:** **Bandbreite** ist „wie viel pro Sekunde“ (z. B. 1 Gb/s). **Latenz** ist „wie schnell der erste Tropfen ankommt“. Beides wirkt zusammen: Eine Leitung kann sehr breit (schnell viel übertragen) sein, aber einen hohen Startweg (große Latenz) haben.

*Mini-Rechenbeispiel.* Bei 1 Gb/s lassen sich in 0,5 ms bereits  $0,0005 \text{ s} \times 10^9 \text{ bit/s} = 5 \cdot 10^5 \text{ bit} \approx 62,5 \text{ kB}$  übertragen. Die *Serialize-Zeit* eines typischen Ethernet-Frames (1 500 Byte) ist bei 1 Gb/s nur ca.  $12 \mu\text{s}$  – im Vergleich zur reinen Leitungslaufzeit über 100 km ( $\approx 0,5$  ms) sehr klein. In der Praxis kommen zusätzlich Router-/Switch-Verzögerungen und Warteschlangen dazu.

#### Grenzen und Störungen

Auch gute Leitungen sind nicht perfekt. Typische „Bremsen“ sind:

- **Dämpfung:** Das Signal wird auf dem Weg immer schwächer – egal ob in Kupfer oder Glas. *Beispiel:* Wenn du weit weg rufst, hört man dich leiser. Abhilfe: kürzere Strecken, bessere Kabel, Verstärker/Repeater (bei Glas: optische Verstärker).

- **Störeinflüsse (Kupfer & Funk):** Fremde elektrische Felder stören Kupferleitungen (*EMI*); benachbarte Adern können sich gegenseitig „anstecken“ (*Übersprechen* bei Twisted Pair). Bei WLAN/Mobilfunk kommen Funkeffekte dazu: *Multipath* (Echos an Wänden), andere Funknetze auf demselben Kanal, dicke Wände oder Regen. *Beispiel:* Im vollen Schulflur ist WLAN oft schlechter als im leeren Raum.
- **Dispersion (Glasfaser):** Verschiedene Lichtanteile kommen minimal zeitversetzt an – der Lichtpuls „zieht sich in die Länge“. *Folge:* Schnelle Bits werden schwerer unterscheidbar. Abhilfe: Singlemode-Fasern, passendes Wellenlängenfenster, Dispersion-Management.
- **Latenz & Jitter:** *Latenz* = Startverzögerung, bis die ersten Bits ankommen; *Jitter* = Schwankungen dieser Verzögerung. *Ursachen:* lange Strecken, viele Zwischenstationen (Router/Switches), Warteschlangen. *Praxis:* Bei Video-calls/Gaming merkt man Jitter als „Haken“ oder Tonversatz.
- **Satelliten-Spezifika:** *GEO*-Satelliten stehen scheinbar fest am Himmel, sind aber sehr weit weg  $\Rightarrow$  hohe Latenz (spürbare Verzögerung). Außerdem dämpft starkes Wetter (z. B. Regen im Ka-Band) das Funksignal. *LEO*-Netze haben viel geringere Latenz, brauchen dafür viele Satelliten und Bodenstationen.
- **Geteilte Bandbreite:** Nutzen viele Geräte dieselbe Leitung oder dieselbe „Funkwolke“, bekommt jedes nur einen Teil der Zeit. *Bild:* Mehr Autos auf derselben Straße  $\Rightarrow$  es wird langsamer.

## 6.2 Netzwerktopologien

Unter einer **Topologie** versteht man die *Struktur* eines Netzwerks: Wer ist mit wem verbunden und auf welchem Weg fließen die Daten? Das ist wichtig für *Leistung, Fehlertoleranz, Kosten* und *Wartung*.

Netzwerktopologien können grundsätzlich unter zwei Aspekten betrachtet werden. Physische- und Logische Topologie

- **Physische Topologie:** die *reale* Anordnung von Kabeln, Steckern, Funkstrecken und Geräten (z. B. „alle Geräte sternförmig an einem Switch“).
- **Logische Topologie:** die *Sicht der Daten* – also wie Pakete geleitet werden, welche Geräte in einer gemeinsamen Broadcast-Domain liegen, welche VLANs bestehen usw. (Ein physischer Stern kann logisch wie mehrere getrennte „Sterne“ wirken, wenn VLANs genutzt werden.)

### Typische Grundformen von Netzwerktopologien

- **Bus**  
Wird heute überhaupt nicht mehr „gebaut“. Man erwähnt diese Form aus rein historischer Entwicklung.

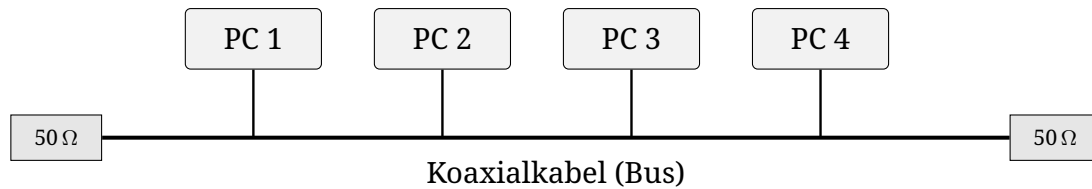


Abbildung 6.1: Bus-Topologie (historisch: Koax/10BASE2). Alle Geräte teilen sich ein gemeinsames Kabel; die Enden sind terminiert.

- Ring

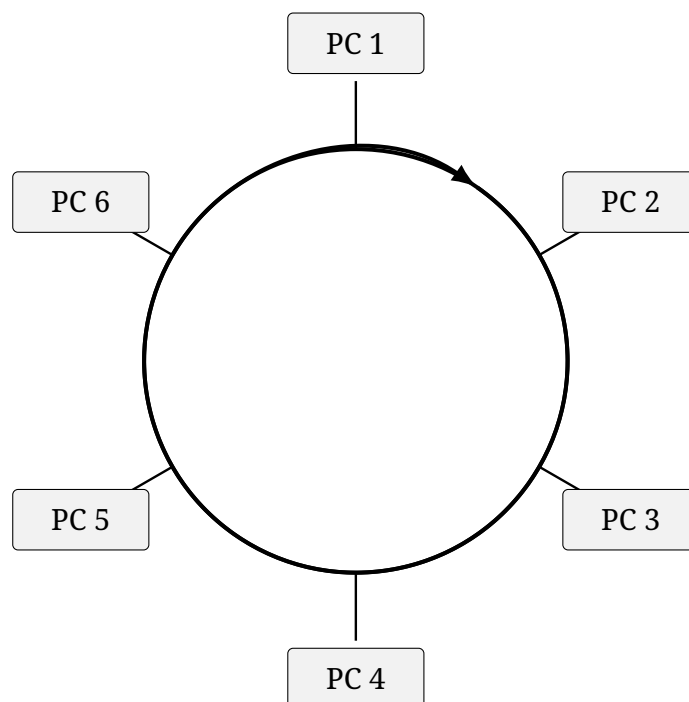


Abbildung 6.2: Ring-Topologie. Geräte sind an einen geschlossenen Ring angeschlossen; die Daten laufen im Kreis.

- Stern

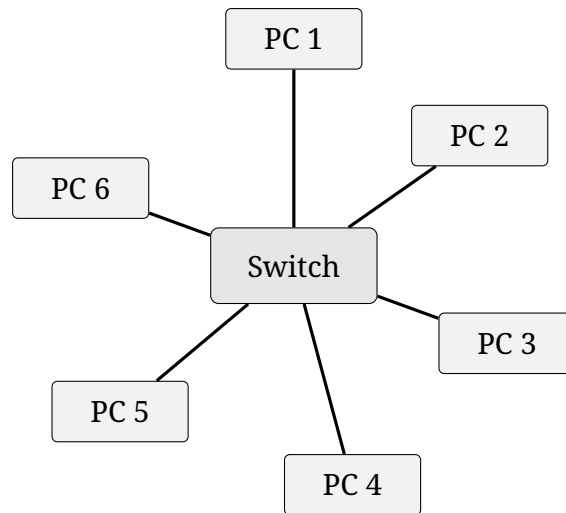


Abbildung 6.3: Stern-Topologie: Alle Endgeräte sind mit einem zentralen Switch verbunden (heute Standard im LAN).

- Vermaschte

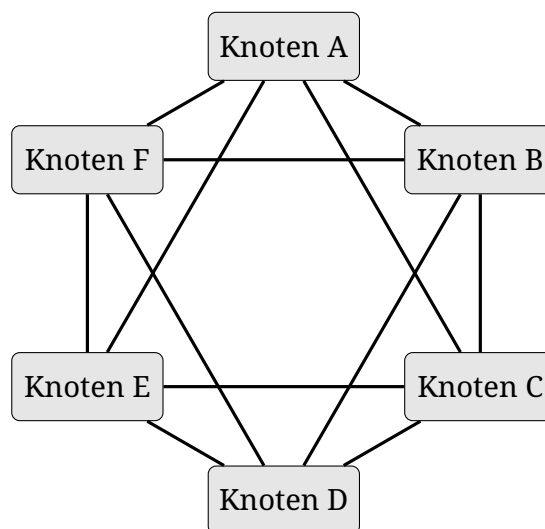


Abbildung 6.4: Vermaschte (Mesh) Topologie. Mehrere Verbindungen erhöhen Ausfallsicherheit und verteilen Last.

## 6.3 Verbindungsarten in Netzwerken

### Worum geht es?

Wenn Computer miteinander kommunizieren, folgen sie bestimmten *Modellen*, die festlegen, *wer* welche Rolle spielt und *wie* Daten fließen. Die zwei wichtigsten sind **Client-Server** und **Peer-to-Peer (P2P)**. Daneben unterscheidet man, *wie* eine Nachricht adressiert wird: **Unicast**, **Broadcast** und **Multicast**.

### 6.3.1 Client–Server

**Idee:** Ein *Server* bietet einen Dienst an (z. B. Webseiten, E-Mail, Dateien). Ein *Client* fragt diesen Dienst an und nutzt ihn.

- **Ablauf (vereinfacht):** Client → Anfrage → Server → Antwort → Client.
- **Typische Beispiele:** Web (HTTP/HTTPS), E-Mail (IMAP/SMTP), Datenbanken, Schul-Cloud.
- **Vorteile:**
  - *Zentral* verwaltbar (Updates, Backups, Zugriffsrechte).
  - *Sicherheitsregeln* an einer Stelle durchsetzbar (Firewall, Authentifizierung).
  - *Skalierbar* durch stärkere Server oder Lastverteilung (Load Balancer, mehrere Server).
- **Nachteile:**
  - *Abhängigkeit* von der Server-Verfügbarkeit (Single Point of Failure ohne Redundanz).
  - *Kosten* für Betrieb (Hardware, Strom, Wartung).

### 6.3.2 Peer-to-Peer (P2P)

**Idee:** Alle Teilnehmenden (*Peers*) sind gleichberechtigt: Jeder kann Daten *anfordern und anbieten*.

- **Ablauf (vereinfacht):** Peer ↔ Peer (direkter Austausch, oft mit vielen Peers zugleich).
- **Typische Beispiele:** Dateiverteilung (BitTorrent), lokale Spiele im LAN, einige Messenger/Telefonie (WebRTC), Blockchains.
- **Vorteile:**
  - *Dezentral* und *robust*: Fällt ein Peer aus, liefern andere weiter.
  - *Lastverteilung*: Viele kleine Beiträge ergeben zusammen hohe Datenraten.
- **Nachteile:**
  - *Auffinden/Koordination* ist schwieriger (Wer hat welche Daten?).
  - *Netzgrenzen* (NAT/Firewalls) können direkte Verbindungen erschweren.
  - *Sicherheit/Vertrauen*: Inhalte müssen geprüft/verifiziert werden.



### 6.3.3 Übertragungsarten (Adressierung der Nachrichten)

- **Unicast:** eine Quelle → *ein* Ziel (Standard im Internet; z. B. ein Browser ruft eine Webseite ab).
- **Broadcast:** eine Quelle → *alle* im lokalen Netz (z. B. ARP in einem LAN). Funktioniert nur innerhalb eines Broadcast-Bereichs.
- **Multicast:** eine Quelle → *mehrere* interessierte Empfänger (z. B. IPTV, Live-Vorlesungen). Spart Bandbreite, weil Daten auf Abzweigungen dupliziert werden.

## 6.4 Protokolle

### Worum geht es?

Ein **Protokoll** ist ein *Regelwerk für die Kommunikation* zwischen Computern: Es legt fest, *wie* Nachrichten aussehen, *in welcher Reihenfolge* sie gesendet werden und *wie* auf Fehler reagiert wird. Ohne Protokolle wäre Netzwerkverkehr wie ein Gespräch ohne gemeinsame Sprache: missverständlich, unzuverlässig, chaotisch.

### Was Protokolle festlegen (überblicksartig)

- **Format:** Aufbau einer Nachricht (Felder, Länge, Reihenfolge).
- **Ablauf:** Wer spricht zuerst? Gibt es Bestätigungen (ACK/NACK)? Wiederholungen bei Fehlern?
- **Rollen:** z. B. Client–Server oder gleichberechtigte Peers.
- **Adressierung & Portnummern:** An wen geht die Nachricht, an welchen Dienst?
- **Sicherheit:** Optional Verschlüsselung/Authentifizierung (z. B. bei HTTPS).

### Schichten-Idee (sanfte Vorwegnahme)

Protokolle arbeiten oft in *Schichten*: Jede Schicht hat klare Aufgaben und nutzt die Dienste darunter. So kann man Teile austauschen, ohne „alles neu zu bauen“. Beispielhaft: *IP* kümmert sich um das Zustellen von Paketen, *TCP* um Zuverlässigkeit, *HTTP* um Inhalte fürs Web. Details folgen in den nächsten Abschnitten.

### Alltagsbezug

Ähnlich wie beim Brief: *Umschlag* (Format), *Adresse* (Adressierung), *Postweg* (Weiterleitung), *Einschreiben* (Zuverlässigkeit), *Siegel* (Sicherheit). Im Netz heißen diese „Regeln“ *Protokolle* (z. B. DNS, DHCP, HTTP, TLS).



# Anhang

## Übersicht der Anhänge

### 1. Arbeitsblatt 1: Einführung

Bezug: Kapitel 1 — Einführung

Datei: aufgabenblatt-1.pdf Lösungsvorschlag loesungsblatt-1.pdf

### 2. Arbeitsblatt 3.0: Zahlendarstellungen & Zweierkomplement

Bezug: Kapitel 3 — Zahlensysteme

Datei: aufgabenblatt-3.0.pdf Lösungsvorschlag loesungsblatt-3.pdf

### 3. Arbeitsblatt 3.1: Zahlendarstellungen & Zweierkomplement

Bezug: Kapitel 3 — Zahlensysteme

Datei: aufgabenblatt-3.1.pdf Lösungsvorschlag loesungsblatt-3.1.pdf

### 4. Arbeitsblatt 4: Hardwarearchitektur

Bezug: Kapitel 4 — Hardwarearchitektur

Datei: aufgabenblatt-4.pdf

### 5. Arbeitsblatt 5: MOPS

Bezug: Kapitel 5 — Modellrechner mit Pseudoassembler – MOPS

Datei: aufgabenblatt-5.pdf

Lösungsvorschlag loesungsblatt-5.pdf

### 6. Arbeitsblatt 5.1: MOPS

Bezug: Kapitel 5 — Modellrechner mit Pseudoassembler – MOPS

Datei: aufgabenblatt-5.1.pdf

### 7. Arbeitsblatt 5.2: MOPS

Bezug: Kapitel 5 — Modellrechner mit Pseudoassembler – MOPS

Datei: aufgabenblatt-5.2.pdf

### 8. Arbeitsblatt 5.3: MOPS

Bezug: Kapitel 5 — Modellrechner mit Pseudoassembler – MOPS

Datei: aufgabenblatt-5.3.pdf



## Arbeitsblatt 1 — Einführung

Thema: Information, Repräsentation, Abstraktion, Bits/Bytes, Textkodierung

---

### Bearbeitungshinweise

- Antworte präzise in ganzen Sätzen, wo sinnvoll mit Skizzen/Beispielen.
- Kennzeichne Ergebnisse klar. Rechenschritte und Begründungen angeben.
- Nutze bei Bedarf Quellenangaben (URL, Zugriffstag) für Rechercheaufgaben.

### Präsenzaufgaben

#### Aufgabe 1: Begriff klären: Information vs. Daten.

[6 BE]

Erkläre mit eigenen Worten den Unterschied zwischen *Daten* und *Information*. Gib **zwei** Beispiele, in denen dieselben Daten je nach Kontext *unterschiedliche* Information bedeuten.

#### Aufgabe 2: Repräsentation oder Abstraktion?

[8 BE]

Ordne die folgenden Tätigkeiten zu und begründe jeweils kurz (*Repräsentation* = Information → Daten, *Abstraktion* = Daten → Information):

**Aufgabe 2:a)** Ein Sensor wandelt Temperatur in eine Zahl in Grad Celsius um.

**Aufgabe 2:b)** Ein Bildbetrachter zeigt aus einer PNG-Datei ein Foto an.

**Aufgabe 2:c)** Ein MP3-Encoder erzeugt aus einer WAV-Datei eine komprimierte Datei.

**Aufgabe 2:d)** Ein Statistiktool erkennt in Messwerten einen Trend.

#### Aufgabe 3: Bits, Bytes, Wortbreite.

[8 BE]

**Aufgabe 3:a)** Warum liest/schreibt die Hardware Daten *gruppenweise*? Nenne zwei Gründe.

**Aufgabe 3:b)** Erkläre „Wortbreite“ und gib typische Werte an. Was ändert sich beim Übergang von 32-Bit zu 64-Bit?

**Aufgabe 3:c)** Ein System nutzt 64-Bit-Register, aber der Speicher ist *byteweise* adressierbar. Ist das ein Widerspruch? Begründe.

#### Aufgabe 4: „Pipeline“ vom Phänomen zur Information.

[8 BE]

Beschreibe für das Beispiel „Foto mit dem Smartphone“ die Schritte *Messung* → *Repräsentation* → *Verarbeitung* → *Abstraktion* stichpunktartig (Sensor, A/D-Wandlung, Dateiformat, Anzeige/Erkennung ...).

#### Aufgabe 5: Textkodierung – ASCII vs. Unicode.

[10 BE]

**Aufgabe 5:a)** Nenne **drei** Zeichen, die in ASCII fehlen, und erkläre, warum verschiedene 8-Bit-Codepages (ISO-8859-1, Windows-1252 ...) zu Problemen führten.

**Aufgabe 5:b)** Was unterscheidet *Codepunkt* und *Kodierung*? Erkläre an einem Beispiel (z.B. Buchstabe „ä“).

**Aufgabe 5:c)** Worin liegt der Vorteil von UTF-8 gegenüber einer festen 8-Bit-Kodierung?

---

## Hausaufgaben

**Aufgabe 1: Recherche: Mojibake in freier Wildbahn.** [8 BE]

Finde **zwei** reale Beispiele (Screenshot, Link oder kurze Beschreibung), in denen Text *falsch* dargestellt wurde (z. B. „Ãœ“ statt „ä“). Erkläre die Ursache in 2–3 Sätzen (*welche* Kodierung wurde vermutlich geschrieben, *welche* beim Lesen angenommen?).

**Aufgabe 2: UTF-8 zum Anfassen.** [10 BE]

Bestimme die UTF-8-Bytefolgen (hexadezimal) für die Zeichen: A, ä, €. Beschreibe jeweils in 1–2 Sätzen, warum die Länge 1, 2 bzw. 3 Bytes beträgt.

**Aufgabe 3: Datenmenge einschätzen.** [8 BE]

Ein Graustufenbild hat  $800 \times 600$  Pixel, 8 Bit pro Pixel.

**Aufgabe 3:a)** Wie groß ist die *unkomprimierte* Datei in Byte/KiB?

**Aufgabe 3:b)** Wie groß wäre dasselbe Bild als RGB (24 Bit pro Pixel)?

**Aufgabe 3:c)** Warum kann eine PNG-Datei trotzdem deutlich kleiner sein?

**Aufgabe 4: Transferaufgabe: Abstraktion bewusst wählen.** [10 BE]

Du entwickelst eine App, die Schritte zählt und „Aktivitätslevel“ anzeigt.

**Aufgabe 4:a)** Welche *Rohdaten* könnten erfasst werden? (mind. 3)

**Aufgabe 4:b)** Wie würdest du daraus ein *Modell* bauen (welche Features, welche Stufen)?

**Aufgabe 4:c)** Wo liegen Risiken falscher Abstraktionen?

---

*Bezug: Kapitel 1 „Einführung“. Dieses Blatt vertieft die Inhalte zu Information Daten, Repräsentation/Abstraktion, Bits/Bytes und Textkodierung.*

# Lösungsvorschlag

Thema: Information, Repräsentation/Abstraktion, Bits/Bytes, Textkodierung

---

## Präsenzaufgaben

### Aufgabe 1: Information vs. Daten.

**Kernidee:** *Daten* sind rohe Zeichen/Zahlen (Bits, Bytes). *Information* entsteht erst durch *Interpretation im Kontext*.

**Beispiele:**

- 42: als Temperatur  $\Rightarrow$  42°C (heiß), als Alter  $\Rightarrow$  42 Jahre, als Hausnummer  $\Rightarrow$  Adresse.
- 2025-08-23: als Datum (23. 8. 2025)  $\Rightarrow$  Zeitpunkt; als Teil einer Artikelnummer  $\Rightarrow$  ID-Fragment ohne Zeitbedeutung.

**Merke:** Dieselben Daten liefern je nach Kontext unterschiedliche Information.

### Aufgabe 2: Repräsentation oder Abstraktion? (mit Begründung)

**Aufgabe 2:a)** *Sensor misst Temperatur  $\rightarrow$  Zahl in °C*: **Repräsentation**. Ein physikalischer Zustand wird als Datenzahl dargestellt.

**Aufgabe 2:b)** *Bildbetrachter zeigt PNG als Foto an*: **Abstraktion** (Interpretation). Aus Dateidaten werden Pixel und für den Menschen „Bildinhalt“.

**Aufgabe 2:c)** *MP3-Encoder aus WAV*: **Repräsentation** (Formatwechsel & Kompression). Es bleibt dieselbe Information (Audioinhalt), nur in anderer Datenrepräsentation; formal Daten  $\rightarrow$  Daten, aber auf Repräsentationsebene.

**Aufgabe 2:d)** *Statistiktool erkennt Trend*: **Abstraktion**. Aus Messdaten wird eine inhaltliche Aussage (Trend/Modell) abgeleitet.

### Aufgabe 3: Bits, Bytes, Wortbreite.

**Aufgabe 3:a)** **Gruppenweise I/O:** (i) *Bus-/Cache-Breiten*: Speicher und Caches arbeiten in Blöcken (Cacheline, z. B. 64 B). (ii) *ALU-/Registerbreite*: CPU verarbeitet 32/64 Bit am effizientesten. (iii) *Ausrichtung/ECC*: geringere Overheads, Fehlerkorrektur auf Wortbasis.

**Aufgabe 3:b)** **Wortbreite:** Anzahl Bits pro Register/ALU-Operation (typ. 32/64 Bit). 64 Bit  $\Rightarrow$  größerer Adressraum, größere Ganzzahlen, breitere Pointer; oft mehr Durchsatz.

**Aufgabe 3:c)** **Byteadressierung vs. 64-Bit-Register:** Kein Widerspruch. Adressen verweisen auf Bytes (kleinste adressierbare Einheit), *laden/speichern* kann aber in 8/16/32/64 Bit-Paketen erfolgen.

### Aufgabe 4: Pipeline „Foto mit Smartphone“.

**Messung:** Photonen  $\rightarrow$  Sensor (Bayer-Filter).

**Repräsentation:** Analog  $\rightarrow$  Digital (A/D), Demosaicing,  $\rightarrow$  Rohdaten, dann JPEG/HEIC (Kompression, Metadaten/EXIF).

**Verarbeitung:** Weißabgleich, Rauschminderung, HDR, Schärfung.

**Abstraktion:** Anzeige fürs Auge; ggf. Objekterkennung (z. B. „Gesicht“, „Text“), also inhaltliche Information aus Pixeln.

### Aufgabe 5: Textkodierung — ASCII vs. Unicode.

**Aufgabe 5:a)** **ASCII-Lücken:** z. B. „ä“, „€“, „Ω“. Viele 8-Bit-Codepages entstanden (ISO-8859-1, Windows-1252 ...); gleiches Byte  $\Rightarrow$  anderes Zeichen  $\Rightarrow$  *Mojibake*.

**Aufgabe 5:b) Codepunkt vs. Kodierung:** *Codepunkt* (z.B. U+00E4 „ä“) ist die abstrakte Nummer; *Kodierung* ist die Bytefolge (UTF-8: C3 A4; UTF-16LE: E4 00; UTF-32LE: E4 00 00 00).

**Aufgabe 5:c) Vorteil UTF-8:** ASCII bleibt 1 Byte; weltweit alle Zeichen möglich (1–4 Byte); robust und verbreitet im Web/Dateien/APIs.

---

## Hausaufgaben

### Aufgabe 1: Recherche: Mojibake.

**Beispiel 1:** „ä“ wurde als UTF-8 C3 A4 gespeichert, aber als ISO-8859-1 gelesen  $\Rightarrow$  Anzeige „Ã¤“. **Ursache:** Leser interpretiert C3 als „Ã“ und A4 als „¤“. **Beispiel 2:** „€“ (U+20AC) in Windows-1252 ist 80. Wird als ISO-8859-1 gelesen (wo 0x80 ein Steuerzeichen ist)  $\Rightarrow$  Platzhalter „ “ oder gar nichts. **Gegenmittel:** Encoding konsequent auf UTF-8 festlegen und deklarieren (HTTP/HTML/Datei-Header/DB-Kollation).

### Aufgabe 2: UTF-8 zum Anfassen.

Zeichen	Codepunkt	UTF-8-Bytes (hex)
A	U+0041	41
ä	U+00E4	C3 A4
€	U+20AC	E2 82 AC

**Begründung:** ASCII (U+0000–U+007F)  $\Rightarrow$  1 Byte. U+0080–U+07FF  $\Rightarrow$  2 Byte (z. B. „ä“). U+0800–U+FFFF  $\Rightarrow$  3 Byte (z. B. „€“). U+10000–  $\Rightarrow$  4 Byte (z. B. viele Emojis).

### Aufgabe 3: Datenmenge einschätzen.

Bild:  $800 \times 600$  Pixel = 480 000 Pixel.

**Aufgabe 3:a)** Graustufen 8 bpp  $\Rightarrow$  480 000 Byte  $\approx$  468,75 KiB (da 1 KiB = 1024 B).

**Aufgabe 3:b)** RGB 24 bpp  $\Rightarrow$   $480\,000 \times 3 = 1\,440\,000$  B  $\approx$  1,37 MiB.

**Aufgabe 3:c)** PNG nutzt verlustfreie Kompression (u. a. Filter + Deflate) und Redundanzen (gleichförmige Flächen, Muster)  $\Rightarrow$  Datei oft deutlich kleiner als Rohdaten.

### Aufgabe 4: Transferaufgabe: Schritte-App.

**Rohdaten (Beispiele):** Beschleunigung (x/y/z), Gyro, GPS-Schritte, Zeitstempel. **Modell (Features):** Schritt-Erkennung per Schwellenwerten/Frequenzanalyse; Aggregation zu Tageszähler; Aktivitätslevel (z. B. „niedrig/normal/hoch“) per Grenzwerten. **Risiken:** Falsche Abstraktion (z. B. Fahrt im Bus als „Schritte“), Bias (Handhaltung), Datenschutz (Ortungsdaten). Gegenmaßnahmen: Glättung, Sensorfusion, Kalibrierung, lokale Verarbeitung, klare Datenschutzeinstellungen.

---

*Hinweis: Dies ist ein ausführlicher Lösungsvorschlag; alternative korrekte Begründungen/Lösungswege sind möglich.*



## Aufgabenblatt 3.0

Thema: Zahlendarstellungen & Zweierkomplement

### Bearbeitungshinweise

- Ergebnisse klar kennzeichnen. Rechenschritte nachvollziehbar darstellen.
- Verwende bei Binärzahlen den Index  $_2$ , bei Hexzahlen  $_{16}$ , bei Dezimalzahlen  $_{10}$ .

### Präsenzaufgaben

**Aufgabe 1: Zahlendarstellung I (Binär).** Wandle in die Binärdarstellung um:

a)  $55_{10}$    b)  $42_{10}$    c)  $127_{10}$    d)  $73951_{10}$ . [8 BE]

**Aufgabe 2: Zahlendarstellung II (Hex).** Wandle in die Hexadezimaldarstellung um:

a)  $224_{10}$    b)  $69_{10}$    c)  $171_{10}$    d)  $57005_{10}$ . [8 BE]

**Aufgabe 3: Zahlenbereiche.** Beantworte kurz und begründe:

**Aufgabe 3:a)** Größte darstellbare Zahl mit 5 Bit (*vorzeichenlos*).

**Aufgabe 3:b)** Wie viele verschiedene Werte lassen sich mit 32 Bit darstellen?

**Aufgabe 3:c)** Größte darstellbare Zahl mit 5 Bit in 2er-Komplement.

**Aufgabe 3:d)** Kleinste darstellbare Zahl mit 5 Bit in 2er-Komplement.

**Aufgabe 3:e)** In UNIX-Systemen wird die Zeit als Sekunden seit dem 1. 1. 1970 gezählt. Bei vorzeichenloser 32-Bit-Speicherung: In welchem Jahr tritt ein Überlaufproblem auf?

[10 BE]

**Aufgabe 4: 2er-Komplement (8 Bit).** Gib die 8-Bit-2er-Komplement-Darstellung an:

a)  $9_{10}$    b)  $-42_{10}$    c)  $127_{10}$    d)  $-128_{10}$ . [8 BE]

**Aufgabe 5: BCD.** Stelle die Dezimalzahlen als BCD dar (je Dezimalziffer 4 Bit):

a) 9   b) 42   c) 524. [6 BE]

### Hausaufgaben

**Aufgabe 1: Zahlendarstellungen – Tabelle vervollständigen.** Trage die jeweils fehlenden Darstellungen ein.

Dezimal	Binär	Hex
$12_{10}$	_____	_____
$85_{10}$	_____	_____
$3529_{10}$	_____	_____

[6 BE]

**Aufgabe 2: Addition (vorzeichenlos, Binär).** Addiere und gib die Dezimalwerte der Summanden und des Ergebnisses an. Tritt ein Overflow auf?



**Aufgabe 2:a)**  $1011_2 + 0001_2$     Overflow? ☐ ja ☐ nein

**Aufgabe 2:b)**  $10011_2 + 10100_2$     Overflow? ☐ ja ☐ nein

[8 BE]

**Aufgabe 3: Addition (2er-Komplement, 8 Bit).** Addiere die folgenden 8-Bit-2er-Komplement-Zahlen. Gib die Dezimalwerte der Summanden und des Ergebnisses an. Tritt ein Overflow auf?

**Aufgabe 3:a)**  $00101010_2 + 10000000_2$     Overflow? ☐ ja ☐ nein

**Aufgabe 3:b)**  $01000011_2 + 01000100_2$     Overflow? ☐ ja ☐ nein

[10 BE]

**Aufgabe 4: Subtraktion (2er-Komplement, 8 Bit).** Wandle zunächst in 8-Bit-2er-Komplement und berechne:

**Aufgabe 4:a)**  $10 - 63$     Ergebnis mit 8 Bit korrekt darstellbar? ☐ ja ☐ nein

**Aufgabe 4:b)**  $-50 - 80$     Ergebnis mit 8 Bit korrekt darstellbar? ☐ ja ☐ nein

[8 BE]

**Aufgabe 5: Größer oder kleiner?** Welche Zahl ist größer? Begründe durch Umrechnung ins Dezimalsystem (vorzeichenlos).

**Aufgabe 5:a)**  $1111_2$     oder     $F_{16}$

**Aufgabe 5:b)**  $10101_2$     oder     $AC_{16}$

**Aufgabe 5:c)**  $10010101_2$     oder     $8C_{16}$

[6 BE]

# Lösungsvorschlag

Thema: Zahlendarstellungen & Zweierkomplement

---

## Präsenzaufgaben

### Aufgabe 1: Zahlendarstellung I (Binär).

Aufgabe 1:a)  $55_{10} = \underline{110111}_2$  ( $32+16+4+2+1$ ).

Aufgabe 1:b)  $42_{10} = \underline{101010}_2$  ( $32+8+2$ ).

Aufgabe 1:c)  $127_{10} = \underline{1111111}_2$ .

Aufgabe 1:d)  $73951_{10} = \underline{10010000011011111}_2$ .

### Aufgabe 2: Zahlendarstellung II (Hex).

Aufgabe 2:a)  $224_{10} = \underline{E0}_{16}$ .

Aufgabe 2:b)  $69_{10} = \underline{45}_{16}$ .

Aufgabe 2:c)  $171_{10} = \underline{AB}_{16}$ .

Aufgabe 2:d)  $57005_{10} = \underline{DEAD}_{16}$ .

### Aufgabe 3: Zahlenbereiche.

Aufgabe 3:a) Größte vorzeichenlose 5-Bit-Zahl:  $2^5 - 1 = \underline{31}$ .

Aufgabe 3:b) Anzahl verschiedener Werte mit 32 Bit:  $2^{32} = \underline{4\,294\,967\,296}$ .

Aufgabe 3:c) Größte 5-Bit-Zahl im 2-Komplement:  $2^4 - 1 = \underline{15}$ .

Aufgabe 3:d) Kleinste 5-Bit-Zahl im 2-Komplement:  $-2^4 = \underline{-16}$ .

Aufgabe 3:e) UNIX-Zeit (vorzeichenlos 32 Bit):  $\underline{2106}$  ( $\approx 136$  Jahre nach 1970).

### Aufgabe 4: 2er-Komplement (8 Bit).

Aufgabe 4:a)  $+9 \Rightarrow \underline{00001001}$

Aufgabe 4:b)  $-42 \Rightarrow \underline{11010110}$  ( $00101010$  invertieren  $\rightarrow 11010101$ ,  $+1 \rightarrow 11010110$ )

Aufgabe 4:c)  $+127 \Rightarrow \underline{01111111}$

Aufgabe 4:d)  $-128 \Rightarrow \underline{10000000}$

### Aufgabe 5: BCD.

Aufgabe 5:a)  $9 \Rightarrow \underline{1001}$

Aufgabe 5:b)  $42 \Rightarrow \underline{0100\,0010}$

Aufgabe 5:c)  $524 \Rightarrow \underline{0101\,0010\,0100}$

---

## Hausaufgaben

### Aufgabe 1: Tabelle vervollständigen.

Aufgabe 1:a)  $12_{10} = \underline{1100}_2 = \underline{C}_{16}$

Aufgabe 1:b)  $85_{10} = \underline{1010101}_2 = \underline{55}_{16}$

Aufgabe 1:c)  $3529_{10} = \underline{110111001001}_2 = \underline{DC9}_{16}$

### Aufgabe 2: Addition (vorzeichenlos, Binär).

**Aufgabe 2:a)**  $1011_2 + 0001_2 = \underline{1100_2} = 12_{10}$ , Overflow: .

**Aufgabe 2:b)**  $10011_2 + 10100_2 = \underline{100111_2} = 39_{10}$ , Overflow:  (5-Bit-Bereich 0..31).

**Aufgabe 3: Addition (2er-Komplement, 8 Bit).**

**Aufgabe 3:a)**  $00101010_2 (= 42) + 10000000_2 (-128) = \underline{10101010_2} (-86)$ . Overflow: .

**Aufgabe 3:b)**  $01000011_2 (= 67) + 01000100_2 (= 68) = \underline{10000111_2} (-121)$ . Overflow: .

**Aufgabe 4: Subtraktion (2er-Komplement, 8 Bit).**

**Aufgabe 4:a)**  $10 - 63 = \underline{-53}$  ( $= 11001011_2$ ); mit 8 Bit darstellbar: .

**Aufgabe 4:b)**  $-50 - 80 = \underline{-130}$ ; nicht mit 8 Bit darstellbar (Bereich  $-128.. +127$ ):  (Overflow).

**Aufgabe 5: Größer oder kleiner? (vorzeichenlos)**

**Aufgabe 5:a)**  $1111_2 = 15$  vs.  $F_{16} = 15 \Rightarrow$  .

**Aufgabe 5:b)**  $10101_2 = 21$  vs.  $AC_{16} = 172 \Rightarrow$  .

**Aufgabe 5:c)**  $10010101_2 = 149$  vs.  $8C_{16} = 140 \Rightarrow$  .

---

*Hinweis: Ergebnisse gemäß offiziellem Lösungsvorschlag; Format und Begründungen didaktisch ergänzt.*



## Arbeitsblatt 3.1

Thema: Zahlensysteme – Umwandeln & schriftlich Rechnen (Binär/Hex)

### Bearbeitungshinweise

- Ergebnisse klar kennzeichnen; Rechenschritte (schriftlich) nachvollziehbar darstellen.
- Verwende bei Binärzahlen den Index  $_2$ , bei Hexzahlen  $_{16}$ , bei Dezimalzahlen  $_{10}$ .
- Bei schriftlicher Division/Multiplikation bitte wie im Tafelanschrieb zeigen (Zwischenzeilen).

### Präsenzaufgaben

**Aufgabe 1: Dual  $\rightarrow$  Dezimal.** Berechne die Dezimalwerte. [8 BE]

a)  $1101111010_2$    b)  $1010110_2$    c)  $1111111001_2$    d)  $1100110011_2$ .

**Aufgabe 2: Hex  $\rightarrow$  Dezimal.** Berechne die Dezimalwerte. [8 BE]

a)  $14F5B_{16}$    b)  $AB3D_{16}$    c)  $5EA3_{16}$    d)  $9C23_{16}$ .

**Aufgabe 3: Dezimal  $\rightarrow$  Dual und Hex.** Wandle jeweils in beide Systeme um (ohne Taschenrechner). [8 BE]

a)  $3786_{10}$    b)  $14876_{10}$    c)  $2243_{10}$    d)  $1024_{10}$ .

**Aufgabe 4: Dual  $\leftrightarrow$  Hex.** [8 BE]

a)  $1101111010_2 \rightarrow_{16}$    b)  $1010110_2 \rightarrow_{16}$    c)  $1111111001_2 \rightarrow_{16}$    d)  $1100110011_2 \rightarrow_{16}$   
e)  $14F5B_{16} \rightarrow_2$    f)  $AB3D_{16} \rightarrow_2$    g)  $5EA3_{16} \rightarrow_2$    h)  $9C23_{16} \rightarrow_2$ .

### Hausaufgaben

**Aufgabe 1: Addition (schriftlich, Binär).** Ergebnis zusätzlich in Dezimal angeben. [9 BE]

a)  $1110_2 + 1001_2$    b)  $110111_2 + 101110_2$    c)  $1010110_2 + 1100111_2$ .

**Aufgabe 2: Subtraktion (schriftlich, Binär).** Ergebnis zusätzlich in Dezimal angeben. [9 BE]

a)  $110111_2 - 11010_2$    b)  $1100110_2 - 111001_2$    c)  $10101010_2 - 1111101_2$ .

**Aufgabe 3: Multiplikation (schriftlich, Binär).** Ergebnis zusätzlich in Dezimal angeben. [9 BE]

a)  $111_2 \cdot 1011_2$    b)  $1010_2 \cdot 110011_2$    c)  $111_2 \cdot 1101_2$ .

**Aufgabe 4: Division (schriftlich, Binär).** Ergebnis (Quotient) und Rest angeben; zusätzlich Dezimalwerte. [9 BE]

a)  $10010001_2 : 101_2$    b)  $1101100110_2 : 1010_2$    c)  $1111111001_2 : 1110001_2$ .

---

*Bezug: Kapitel 2. Dieses Blatt vertieft die Inhalte zum Umwandeln von Zahlen verschiedener Basen.*

# Lösungsvorschlag

Thema: Zahlensysteme – Umwandeln & schriftlich Rechnen (Binär/Hex)

---

## Präsenzaufgaben

### Aufgabe 1: Dual $\rightarrow$ Dezimal.

Aufgabe 1:a)  $1101111010_2 = 512 + 256 + 64 + 32 + 16 + 8 + 2 = \boxed{890_{10}}$ .

Aufgabe 1:b)  $1010110_2 = 64 + 16 + 4 + 2 = \boxed{86_{10}}$ .

Aufgabe 1:c)  $1111111001_2 = 512 + 256 + 128 + 64 + 32 + 16 + 8 + 1 = \boxed{1017_{10}}$ .

Aufgabe 1:d)  $1100110011_2 = 512 + 256 + 32 + 16 + 2 + 1 = \boxed{819_{10}}$ .

### Aufgabe 2: Hex $\rightarrow$ Dezimal.

Aufgabe 2:a)  $14F5B_{16} = 1 \cdot 16^4 + 4 \cdot 16^3 + 15 \cdot 16^2 + 5 \cdot 16 + 11 = \boxed{85851_{10}}$ .

Aufgabe 2:b)  $AB3D_{16} = 10 \cdot 16^3 + 11 \cdot 16^2 + 3 \cdot 16 + 13 = \boxed{43837_{10}}$ .

Aufgabe 2:c)  $5EA3_{16} = 5 \cdot 16^3 + 14 \cdot 16^2 + 10 \cdot 16 + 3 = \boxed{24227_{10}}$ .

Aufgabe 2:d)  $9C23_{16} = 9 \cdot 16^3 + 12 \cdot 16^2 + 2 \cdot 16 + 3 = \boxed{39971_{10}}$ .

### Aufgabe 3: Dezimal $\rightarrow$ Dual und Hex.

Aufgabe 3:a)  $3786_{10} = \boxed{111011001010_2} = \boxed{ECA_{16}}$ .

Aufgabe 3:b)  $14876_{10} = \boxed{11101000011100_2} = \boxed{3A1C_{16}}$ .

Aufgabe 3:c)  $2243_{10} = \boxed{100011000011_2} = \boxed{8C3_{16}}$ .

Aufgabe 3:d)  $1024_{10} = \boxed{10000000000_2} = \boxed{400_{16}}$ .

### Aufgabe 4: Dual $\leftrightarrow$ Hex.

Aufgabe 4:a)  $1101111010_2 = 0011\ 0111\ 1010_2 = \boxed{37A_{16}}$ .

Aufgabe 4:b)  $1010110_2 = 0101\ 0110_2 = \boxed{56_{16}}$ .

Aufgabe 4:c)  $1111111001_2 = 0011\ 1111\ 1001_2 = \boxed{3F9_{16}}$ .

Aufgabe 4:d)  $1100110011_2 = 0011\ 0011\ 0011_2 = \boxed{333_{16}}$ .

Aufgabe 4:e)  $14F5B_{16} = \boxed{0001\ 0100\ 1111\ 0101\ 1011_2}$ .

Aufgabe 4:f)  $AB3D_{16} = \boxed{1010\ 1011\ 0011\ 1101_2}$ .

Aufgabe 4:g)  $5EA3_{16} = \boxed{0101\ 1110\ 1010\ 0011_2}$ .

Aufgabe 4:h)  $9C23_{16} = \boxed{1001\ 1100\ 0010\ 0011_2}$ .

---

## Hausaufgaben

### Aufgabe 1: Addition (schriftlich, Binär). (mit Dezimal-Check)

Aufgabe 1:a)  $1110_2 + 1001_2 = \boxed{10111_2}$  ( $14 + 9 = 23$ ).

Aufgabe 1:b)  $110111_2 + 101110_2 = \boxed{1100101_2}$  ( $55 + 46 = 101$ ).

Aufgabe 1:c)  $1010110_2 + 1100111_2 = \boxed{10111101_2}$  ( $86 + 103 = 189$ ).

**Aufgabe 2: Subtraktion (schriftlich, Binär).** *(mit Dezimal-Check)*

**Aufgabe 2:a)**  $110111_2 - 11010_2 = \boxed{11101_2}$  ( $55 - 26 = 29$ ).

**Aufgabe 2:b)**  $1100110_2 - 111001_2 = \boxed{101101_2}$  ( $102 - 57 = 45$ ).

**Aufgabe 2:c)**  $10101010_2 - 1111101_2 = \boxed{101101_2}$  ( $170 - 125 = 45$ ).

**Aufgabe 3: Multiplikation (schriftlich, Binär).** *(mit Dezimal-Check)*

**Aufgabe 3:a)**  $111_2 \cdot 1011_2 = \boxed{1001101_2}$  ( $7 \cdot 11 = 77$ ).

**Aufgabe 3:b)**  $1010_2 \cdot 110011_2 = \boxed{111111110_2}$  ( $10 \cdot 51 = 510$ ).

**Aufgabe 3:c)**  $111_2 \cdot 1101_2 = \boxed{1011011_2}$  ( $7 \cdot 13 = 91$ ).

**Aufgabe 4: Division (schriftlich, Binär).** *(Quotient, Rest, Dezimal)*

**Aufgabe 4:a)**  $10010001_2 : 101_2 = \boxed{11101_2}$  Rest  $\boxed{0}$  ( $145 : 5 = 29$ ).

**Aufgabe 4:b)**  $1101100110_2 : 1010_2 = \boxed{1010111_2}$  Rest  $\boxed{0}$  ( $870 : 10 = 87$ ).

**Aufgabe 4:c)**  $1111111001_2 : 1110001_2 = \boxed{1001_2}$  Rest  $\boxed{0}$  ( $1017 : 113 = 9$ ).

---

*Hinweis: Ergebnisse sind mit Stichproben schriftlich geprüft; Alternativwege (z. B. Gruppenbildung/Teilerkenntnisse) sind möglich.*



## Arbeitsblatt 4

Thema: Hardwarearchitektur — Von-Neumann-Architektur  
(Kapitel 4)

---

### Bearbeitungshinweise

- **Arbeitsform:** Gruppenarbeit (2–3 Personen).
- **Abgabe:** 1–2 Seiten Handout (Stichpunkte, Skizzen/Diagramme & Quellen).
- **Präsentation:** 7–10 Minuten pro Gruppe.
- **Quellen:** Internet/Lehrvideos/Bücher; Quellen am Ende angeben.
- **Bezug:** Inhalte zu Kapitel 3 *Hardwarearchitektur*.

### Ziel

Ihr versteht Aufbau, Komponenten und Arbeitsweise der **Von-Neumann-Architektur** und könnt Vorteile, Nachteile und Abgrenzung zur Harvard-Architektur erläutern.

### Gruppenauftrag

#### Aufgabe 1: Hintergrund.

[6 BE]

Wer war *John von Neumann*? In welchem historischen Kontext (1940er) entstand die Architektur? Nenne wichtige Projekte/Computer der Zeit.

#### Aufgabe 2: Grundidee der Von-Neumann-Architektur.

[8 BE]

Erklärt den Begriff „*Speicherprogrammiertechnik*“. Warum ist ein gemeinsamer Speicher für Programm *und* Daten so bedeutsam? Skizziert das Grundschemata (Blockdiagramm).

#### Aufgabe 3: Hauptkomponenten (präzise beschreiben).

[12 BE]

**Aufgabe 3:a) ALU (Rechenwerk):** Aufgaben, typische Operationen, Rolle des Übertrags/Flags.

**Aufgabe 3:b) Steuerwerk (Control Unit):** Befehlsholung, Dekodierung, Steuersignale.

**Aufgabe 3:c) Speicher:** Welche Arten von Informationen liegen dort? (Programm, Daten, Stack ...)

**Aufgabe 3:d) Ein-/Ausgabe (I/O):** Beispiele (Tastatur, Display, Netz), wie angebunden?

**Aufgabe 3:e) Bus-System:** Adress-, Daten- und Steuerbus – Zweck und Zusammenspiel.

#### Aufgabe 4: Arbeitsweise: Fetch–Decode–Execute.

[10 BE]

Beschreibt den Von-Neumann-Zyklus (Befehl holen → decodieren → ausführen). Veranschaulicht das an *einem* einfachen Maschinenbefehl (z. B. LOAD, ADD, STORE) mit einem Mini-Beispiel.

**Aufgabe 5: Vor- und Nachteile.**

[8 BE]

Warum war das Modell revolutionär? Welche Grenzen gibt es (z. B. *Von-Neumann-Flaschenhals*) und wodurch entstehen sie?

**Aufgabe 6: Vergleich (optional): Harvard vs. Von Neumann.**

[6 BE]

Was unterscheidet die Harvard-Architektur? Wo wird sie eingesetzt? Nenne ein konkretes Beispiel (z. B. Mikrocontroller/DSP) und begründe, warum Harvard dort sinnvoll ist.

---

## **Hausaufgaben / Vertiefung**

**Aufgabe 1: Skizze mit Legende.**

[6 BE]

Zeichne ein eigenes Blockdiagramm einer Von-Neumann-CPU (ALU, Steuerwerk, Speicher, I/O, Busse). Beschrifte alle Pfeile kurz (welche Signale/Informationen fließen?).

**Aufgabe 2: Beispielablauf.**

[6 BE]

Simuliere auf einer halben Seite den Ablauf von zwei Befehlen (z. B. `LOAD A`, `ADD B`, `STORE A`) im *Fetch-Decode-Execute*-Zyklus. Was passiert in welchem Takt? Welche Register/Busse sind beteiligt?

**Aufgabe 3: Kurzvergleich.**

[4 BE]

Erkläre in 5–6 Sätzen, wie „getrennte Instruktions-/Daten-Caches“ (I-Cache/D-Cache) das Von-Neumann-Prinzip *ergänzen* und wo trotzdem der Flaschenhals bleibt.





## Arbeitsblatt 5

Thema: Programmieren mit MOPS — Einstieg (Basics)

---

### Bearbeitungshinweise

- **Arbeitsform:** Gruppenarbeit (2–3 Personen) für die Aufgaben 1–4; Einzelarbeit/Hausaufgabe für die Aufgaben 5–7.
- **Abgabe:** Gruppen: kurzer Code-Screenshot oder Datei des MOPS-Programms mit 1–2 Stichpunkten zur Idee. Hausaufgaben: bis zur nächsten Stunde.
- **Testen:** Nutzt die angegebenen Testfälle und ergänzt 1–2 eigene Randfälle.
- **MOPS-Kurzreferenz:** `in`, `out`, `ld`, `st`, `add`, `sub`, `mul`, `div`, `mod`, `cmp`, `jmp`, `jlt`, `jeq`, `jgt`, `end`. Eine Anweisung je Zeile; Sprungmarken nach dem Befehl definieren.

### Ziel

Ihr setzt **einfache Algorithmen** im **MOPS-Befehlssatz** um (Eingabe, Verarbeitung, Ausgabe; Schleifen; Verzweigungen) und achtet auf korrekte Abbruchbedingungen.

### Gruppenauftrag

**Aufgabe 1: Gerade/ungerade.** [6 BE]

**I/O:** eine Zahl → Ausgabe „0/1“.

**Idee:** `mod 2`, `cmp 0`, `jeq/jgt`. *Erweiterung:* Negative korrekt behandeln.

**Tests:** 4 → gerade · 7 → ungerade · 0 → gerade · -3 → ungerade

**Aufgabe 2: Betrag  $|x|$ .** [6 BE]

**I/O:** eine Zahl → Betrag.

**Idee:** Falls  $x < 0$ , Vorzeichen umkehren.

**Tests:** 5 → 5 · -8 → 8 · 0 → 0

**Aufgabe 3: Min/Max von zwei Zahlen.** [8 BE]

**I/O:**  $a, b$  → min und/oder max (Ausgabeformat frei).

**Idee:** `cmp` und entsprechend speichern/ausgeben.

**Tests:** (3, 7) → min = 3, max = 7 · (5, 5) → 5

**Aufgabe 4: Dreisatz: Preis pro Stück.** [8 BE]

**I/O:** Gesamtpreis, Anzahl → Preis je Stück (ganzzahlig).

**Idee:** `div`. *Erweiterung:* Rest (Cent) zusätzlich mit `mod` ausgeben.

**Tests:** (Preis = 999, Anzahl = 4) → 249 Rest 3

---

### Hausaufgaben / Vertiefung

**Aufgabe 1: Summierer bis 0 (Sentinel).** [8 BE]

**I/O:** Folge von Eingaben; 0 beendet → Summe.

**Idee:** Schleife mit `in x`; bei  $x = 0$  Ende, sonst aufsummieren.

*Tests:*  $1, 2, 3, 0 \rightarrow 6$  ·  $5, 0 \rightarrow 5$  ·  $0 \rightarrow 0$

**Aufgabe 2: Zähle positive/negative/Nullen.**

[8 BE]

**I/O:**  $n$  Werte  $\rightarrow$  drei Zähler (positiv/negativ/Null).

**Idee:** Pro Wert `cmp 0` und die passenden Zähler erhöhen.

*Tests:*  $[2, -1, 0, 5, -3, 0] \rightarrow (pos = 2, neg = 2, zero = 2)$

**Aufgabe 3: Einmaleins-Zeile.**

[6 BE]

**I/O:** Zahl  $n \rightarrow$  Ausgabe  $1 \cdot n, 2 \cdot n, \dots, 10 \cdot n$ .

**Idee:** Zählschleife, Multiplikation mit `mul` oder wiederholtes `add`.

*Tests:*  $n = 7 \rightarrow 7, 14, 21, \dots, 70$

# Lösungsblatt 5

Thema: MOPS — Einstieg (Basics): Musterlösungen

---

## Präsenzaufgaben (Musterlösungen / Erwartungshorizont)

**Aufgabe 1: Gerade/ungerade** **Idee:** Zahl  $x$  einlesen,  $x \bmod 2$  bilden, gegen 0 vergleichen. Ausgabe hier: 0 (=gerade) bzw. 1 (=ungerade).

- *Stolpersteine:* negatives  $x$  korrekt behandeln (Modulo in MOPS ist Rest der ganzzahligen Division, funktioniert auch mit negativen Werten sinnvoll).

### MOPS-Lösungsvorschlag

```
in a
ld a
mod 2
cmp 0
jeq even
ld 1
out 1
jmp #11
ld 0 :even
out 0
end
```

**Tests:**  $4 \rightarrow 0$  (gerade),  $7 \rightarrow 1$  (ungerade),  $0 \rightarrow 0$ ,  $-3 \rightarrow 1$ .

**Aufgabe 2: Betrag  $|x|$**  **Idee:** Falls  $x < 0$ , Vorzeichen drehen ( $0 - x$ ), sonst  $x$  ausgeben.

- *Stolpersteine:* kein Overwrite der Eingabe vor dem Vergleich.

### MOPS-Lösungsvorschlag

```
in a
ld a
cmp 0
jlt neg
out a
jmp #11
ld 0 :neg
sub a
st b
out b
end
```

**Tests:**  $5 \rightarrow 5$ ,  $-8 \rightarrow 8$ ,  $0 \rightarrow 0$ .

**Aufgabe 3: Min/Max von zwei Zahlen** **Idee:**  $a$  und  $b$  vergleichen; hier Ausgabe in der Reihenfolge *min*, *max*.

- *Variante:* Bei Gleichheit einmal ausgeben.

### MOPS-Lösungsvorschlag

```
in a
in b
ld a
cmp b
jlt amin
```

```

jeq eq
jgt bmin

out a :amin
out b
jmp #16

out a :eq
out a
jmp #16

out b :bmin
out a
end

```

**Tests:**  $(3, 7) \rightarrow 3, 7$ ;  $(5, 5) \rightarrow 5, 5$ ;  $(8, 2) \rightarrow 2, 8$ .

**Aufgabe 4: Dreisatz: Preis pro Stück** **Idee:** Gesamtpreis  $P$  (z. B. in Cent) und Anzahl  $n$  einlesen; ausgeben: *Stückpreis*  $P \div n$ . Es wird nur ganzzahlige Teilung durchgeführt. Die Nachkommastellen werden abgeschnitten.

- *Stolpersteine:* Division durch 0 abfangen; Datentyp als ganze Zahl.

#### MOPS-Lösungsvorschlag

```

; a = Gesamtpreis
; b = Anzahl
in a
in b
ld b
cmp 0
jeq zero
ld a
div b
st c
out c
ld a
mod b
st d
out d
jmp #20
ld 0 :zero
out 0
out 0
end

```

**Tests:**  $(999, 4) \rightarrow 249$ ;  $(10, 3) \rightarrow 3$ ;  $(5, 0) \rightarrow 0, 0$ .

## Hausaufgaben (Lösungen / Erwartungshorizont)

**Aufgabe 5: Summierer bis 0 (Sentinel)** **Idee:** Werte nacheinander einlesen; bei 0 beenden, sonst zu sum addieren.

- *Stolpersteine:* Summe initialisieren, korrekte Abbruchbedingung.

### MOPS-Lösungsvorschlag

```
ld 0
st c
in a :loop
ld a
cmp 0
jeq done
ld c
add a
st c
jmp loop
out c :done
end
```

Tests: 1, 2, 3, 0  $\rightarrow$  6; 5, 0  $\rightarrow$  5; 0  $\rightarrow$  0.

**Aufgabe 6: Zähle positiv/negativ/Nullen I/O-Variante:** Zuerst die Anzahl  $n$  einlesen, dann  $n$  Werte; am Ende Zähler ausgeben: pos, neg, zero.

- *Stolpersteine:* Zählvariable korrekt inkrementieren und vergleichen.

### MOPS-Lösungsvorschlag

```
in c          ; c = n (Anzahl)
ld 0
st d          ; d = pos
st e          ; e = neg
st f          ; f = zero
st b          ; b = i (Start 0)

ld b :loop
cmp c
jgt done

in a          ; nächster Wert -> a
ld a
cmp 0
jgt pos
jeq zer

ld e          ; neg++
add 1
st e
jmp inc

ld d :pos     ; pos++
add 1
st d
jmp inc

ld f :zer     ; zero++
add 1
st f

ld b :inc     ; i++
```

```
add 1
st b
jmp loop
```

```
out d :done
out e
out f
end
```

**Tests:**  $n = 6$ ; Werte  $[2, -1, 0, 5, -3, 0] \rightarrow \text{pos}=2, \text{neg}=2, \text{zero}=2$ .

**Aufgabe 7: Einmaleins-Zeile** Idee: Zahl  $n$  einlesen; Zähler  $i = 1..10$ ; pro Durchlauf  $i \cdot n$  ausgeben.

- *Variante:* Ausgabe in einer Zeile oder zeilenweise; hier zeilenweise.

#### MOPS-Lösungsvorschlag

```
in a          ; a = n
ld 1
st b          ; b = i
```

```
ld b :loop
cmp 10
jgt done
```

```
ld a
mul b
st c
out c
```

```
ld b
add 1
st b
jmp loop
```

```
end :done
```

**Tests:**  $n = 7 \rightarrow 7, 14, 21, \dots, 70$  (10 Werte).



## Arbeitsblatt 5.1

Thema: Programmieren mit MOPS — Kleine Algorithmen (Kapitel 5)

### Bearbeitungshinweise

- **Arbeitsform:** Gruppenarbeit (2–3 Personen) für die Aufgaben 1–4; Einzelarbeit/Hausaufgabe für die Aufgaben 5–7.
- **Abgabe:** Gruppen: kurzer Code-Screenshot oder Datei des MOPS-Programms mit 1–2 Stichpunkten zur Idee. Hausaufgaben: bis zur nächsten Stunde.
- **Testen:** Nutzt die angegebenen Testfälle und ergänzt 1–2 eigene Randfälle.
- **MOPS-Kurzreferenz:** `in`, `out`, `ld`, `st`, `add`, `sub`, `mul`, `div`, `mod`, `cmp`, `jmp`, `jlt`, `jeq`, `jgt`, `end`. Eine Anweisung je Zeile; Sprungmarken nach dem Befehl definieren.

### Ziel

Ihr setzt kleine Algorithmen im **MOPS**-Befehlssatz um (Eingabe, Verarbeitung, Ausgabe; Schleifen; Verzweigungen) und achtet auf korrekte Abbruchbedingungen.

### Gruppenauftrag

#### Aufgabe 1: Zwei Zahlen addieren.

[6 BE]

Lies zwei Ganzzahlen ein und gib ihre **Summe** aus.

Tests:  $(7, 5) \rightarrow 12$  ·  $(-3, 8) \rightarrow 5$  ·  $(0, 0) \rightarrow 0$

#### Aufgabe 2: Zähler mit Schrittweite.

[8 BE]

Lies  $a$ ,  $b$ ,  $c$ . Gib die Folge  $a$ ,  $a+c$ ,  $a+2c$ , ... aus, solange der Wert  $\leq b$  ist. Voraussetzung:  $c > 0$ ,  $a \leq b$ .

Tests:  $(a=2, b=12, c=3) \rightarrow 2, 5, 8, 11$  ·  $(1, 5, 2) \rightarrow 1, 3, 5$

#### Aufgabe 3: Fibonacci mit freien Startwerten.

[10 BE]

Lies  $f_0$ ,  $f_1$  und  $n$  (Anzahl der auszugebenden Glieder). Gib **die beiden Startwerte** aus und danach die nächsten  $n-2$  Folgenglieder.

Tests:  $(1, 1, 7) \rightarrow 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13$  ·  $(2, 3, 6) \rightarrow 2, 3, 5, 8, 13, 21$

#### Aufgabe 4: Fakultät $n!$ .

[8 BE]

Lies  $n \geq 0$  und gib  $n!$  aus (iterativ).

Tests:  $0 \rightarrow 1$  ·  $1 \rightarrow 1$  ·  $5 \rightarrow 120$

### Hausaufgaben / Vertiefung

#### Aufgabe 1: Maximum aus drei Zahlen.

[6 BE]

Lies  $a$ ,  $b$ ,  $c$  und gib die **größte** der drei Zahlen aus.

Tests:  $(3, 9, 7) \rightarrow 9$  ·  $(5, 5, 1) \rightarrow 5$  ·  $(-2, -1, -5) \rightarrow -1$

**Aufgabe 2: Quersumme (Digitsumme).**

[6 BE]

Lies eine **nichtnegative** Zahl  $n$  und gib die Summe ihrer Dezimalziffern aus. Tipp: wiederholt  $n \bmod 10$  aufsummieren und  $n \div 10$ .

Tests:  $0 \rightarrow 0$  ·  $7 \rightarrow 7$  ·  $12345 \rightarrow 15$  ·  $1002 \rightarrow 3$

**Aufgabe 3: Größter gemeinsamer Teiler (ggT).**

[6 BE]

Lies zwei **nichtnegative** Zahlen  $x, y$  und berechne den **ggT**( $x, y$ ) mit *Euklid*: Solange  $y \neq 0$ :  $t = x \bmod y$ ;  $x = y$ ;  $y = t$ . Gib am Ende  $x$  aus.

Tests:  $(48, 18) \rightarrow 6$  ·  $(21, 14) \rightarrow 7$  ·  $(10, 0) \rightarrow 10$





## Arbeitsblatt 5.2

Thema: Programmieren mit MOPS — Mittel (Kontrollstrukturen & Rechnen)

### Bearbeitungshinweise

- **Arbeitsform:** Gruppenarbeit (2–3 Personen) für die Aufgaben 1–4; Einzelarbeit/Hausaufgabe für die Aufgaben 5–9.
- **Abgabe:** Gruppen: kurzer Code-Screenshot oder Datei des MOPS-Programms mit 1–2 Stichpunkten zur Idee. Hausaufgaben: bis zur nächsten Stunde.
- **Testen:** Nutzt die angegebenen Testfälle und ergänzt 1–2 eigene Randfälle.
- **MOPS-Kurzreferenz:** `in`, `out`, `ld`, `st`, `add`, `sub`, `mul`, `div`, `mod`, `cmp`, `jmp`, `jlt`, `jeq`, `jgt`, `end`. Eine Anweisung je Zeile; Sprungmarken nach dem Befehl definieren.

### Ziel

Ihr übt **Kontrollstrukturen und arithmetische Verfahren** im **MOPS-Befehlssatz** (Schleifen, Verzweigungen, Invarianten) und achtet auf korrekte Abbruchbedingungen.

### Gruppenauftrag

#### Aufgabe 1: Potenzieren durch wiederholte Multiplikation.

[10 BE]

**I/O:** Lies Basis  $a$  und Exponent  $b$  (nichtnegativ) und gib  $a^b$  aus.

**Idee:** Akkumulator mit 1 starten; solange  $i < b$ : Akkumulator  $\leftarrow$  Akkumulator  $\cdot a$ .

**Tests:**  $(a, b) = (2, 0) \rightarrow 1$  ·  $(2, 5) \rightarrow 32$  ·  $(5, 3) \rightarrow 125$ .

#### Aufgabe 2: Ganzzahl-Division per wiederholter Subtraktion.

[10 BE]

**I/O:** Lies Dividend  $D$  und Divisor  $d$  und gib **Quotient**  $q$  und **Rest**  $r$  aus.

**Idee:** Solange  $D \geq d$ :  $D \leftarrow D - d$ ,  $q \leftarrow q + 1$ ; am Ende  $r = D$ . *Sonderfall:*  $d = 0 \Rightarrow$  gib  $q = 0$ ,  $r = 0$  aus.

**Tests:**  $(10, 3) \rightarrow q = 3, r = 1$  ·  $(7, 7) \rightarrow q = 1, r = 0$  ·  $(5, 0) \rightarrow q = 0, r = 0$ .

#### Aufgabe 3: Digitsumme (Quersumme).

[8 BE]

**I/O:** Lies eine **nichtnegative** Zahl  $n$  und gib die Summe ihrer Dezimalziffern aus.

**Idee:** Wiederholt  $n \bmod 10$  aufsummieren und  $n \div 10$  durchführen, bis  $n = 0$ .

**Tests:**  $0 \rightarrow 0$  ·  $7 \rightarrow 7$  ·  $12345 \rightarrow 15$  ·  $1002 \rightarrow 3$ .

#### Aufgabe 4: Ziffernumkehr (Reverse).

[8 BE]

**I/O:** Lies eine **nichtnegative** Zahl  $n$  und gib die umgedrehte Zahl aus.

**Idee:**  $rev \leftarrow rev \cdot 10 + (n \bmod 10)$ ; danach  $n \leftarrow n \div 10$ ; Schleife bis  $n = 0$ .

**Tests:**  $123 \rightarrow 321$  ·  $1200 \rightarrow 21$  ·  $0 \rightarrow 0$ .

## Hausaufgaben / Vertiefung

### Aufgabe 1: Palindrom (Zahl).

[8 BE]

**I/O:** Lies  $n$  und gib 1 aus, falls  $n$  ein Palindrom ist, sonst 0.

**Idee:** Nutze die Logik aus der *Ziffernumkehr*: bilde  $rev$  und vergleiche  $rev$  mit  $n$ .

**Tests:**  $121 \rightarrow 1$  ·  $123 \rightarrow 0$  ·  $0 \rightarrow 1$ .

### Aufgabe 2: Maximum aus drei Zahlen.

[8 BE]

**I/O:** Lies  $a, b, c$  und gib die **größte** der drei Zahlen aus.

**Idee:** Starte mit  $mx \leftarrow a$ ; vergleiche nacheinander  $b$  und  $c$  mit  $mx$  und aktualisiere.

*Erweiterung (\*):* Gib zusätzlich das **Minimum** aus.

**Tests:**  $(3, 9, 7) \rightarrow 9$  ·  $(5, 5, 1) \rightarrow 5$  ·  $(-2, -1, -5) \rightarrow -1$ .

### Aufgabe 3: Median von drei.

[10 BE]

**I/O:** Lies  $a, b, c$  und gib die **mittlere** der drei Zahlen aus.

**Idee:** Kaskadierte Vergleiche mit `jlt/jgt/jeq` (z. B. Fälle  $a \leq b \leq c$ ,  $a \leq c \leq b$ , ...).

**Tests:**  $(3, 9, 7) \rightarrow 7$  ·  $(5, 5, 1) \rightarrow 5$  ·  $(2, 8, 8) \rightarrow 8$ .

### Aufgabe 4: Sortieren von drei Zahlen (aufsteigend).

[10 BE]

**I/O:** Lies  $a, b, c$  und gib sie **aufsteigend** aus.

**Idee:** Tauschlogik (swap) mit Hilfszelle: vergleiche Paare und tausche, bis  $a \leq b \leq c$  gilt.

*Erweiterung (\*):* Sortiere vier Zahlen.

**Tests:**  $(9, 3, 7) \rightarrow 3, 7, 9$  ·  $(5, 5, 1) \rightarrow 1, 5, 5$ .

### Aufgabe 5: Countdown mit Schrittweite.

[6 BE]

**I/O:** Lies `start`, `step` (`step > 0`) und gib `start`, `start-step`, ... aus, solange der Wert  $\geq 0$  ist.

**Idee:** Schleife: jeweils `sub step`, dann prüfen und ausgeben/beenden.

**Tests:**  $(start, step) = (10, 3) \rightarrow 10, 7, 4, 1$  ·  $(5, 2) \rightarrow 5, 3, 1$ .



## Arbeitsblatt 5.3

Thema: Programmieren mit MOPS — Anspruchsvoll (Algorithmenideen)

### Bearbeitungshinweise

- **Arbeitsform:** Gruppenarbeit (2–3 Personen) für die Aufgaben 1–4; Einzelarbeit/Hausaufgabe für die Aufgaben 5–9.
- **Abgabe:** Gruppen: kurzer Code-Screenshot oder Datei des MOPS-Programms mit 1–2 Stichpunkten zur Idee. Hausaufgaben: bis zur nächsten Stunde.
- **Testen:** Nutzt die angegebenen Testfälle und ergänzt 1–2 eigene Randfälle.
- **MOPS-Kurzreferenz:** `in`, `out`, `ld`, `st`, `add`, `sub`, `mul`, `div`, `mod`, `cmp`, `jmp`, `jlt`, `jeq`, `jgt`, `end`. Eine Anweisung je Zeile; Sprungmarken nach dem Befehl definieren.

### Ziel

Ihr setzt **anspruchsvollere Algorithmen** im **MOPS-Befehlssatz** um (Schleifen, Verzweigungen, Invarianten) und achtet auf korrekte Abbruchbedingungen sowie Sonderfälle.

### Gruppenauftrag

#### Aufgabe 1: Euklidischer ggT.

[10 BE]

**I/O:** Lies  $a$ ,  $b$  und gib den  $\text{ggT}(a, b)$  aus.

**Idee:** Solange  $b \neq 0$ :  $t = a \bmod b$ ;  $a = b$ ;  $b = t$ . Am Ende ist  $a$  der ggT.

**Erweiterung (\*):** Zusätzlich kgV via  $\text{kgV}(a_0, b_0) = \frac{a_0 \cdot b_0}{\text{ggT}(a_0, b_0)}$  (mit ursprünglichen Werten).

**Tests:**  $(48, 18) \rightarrow 6$  ·  $(21, 14) \rightarrow 7$  ·  $(10, 0) \rightarrow 10$ .

#### Aufgabe 2: Primtest (Trial Division).

[10 BE]

**I/O:** Lies  $n$  und gib 1, falls  $n$  prim ist, sonst 0.

**Idee:** Prüfer  $i$  von 2 aufwärts; solange  $i \cdot i \leq n$ : wenn  $n \bmod i = 0$ , dann nicht prim.

Spezialfälle:  $n < 2 \rightarrow 0$ ,  $n = 2 \rightarrow 1$ .

**Tests:**  $1 \rightarrow 0$  ·  $2 \rightarrow 1$  ·  $17 \rightarrow 1$  ·  $21 \rightarrow 0$ .

#### Aufgabe 3: Binärdarstellung.

[8 BE]

**I/O:** Lies  $n$  und gib die Bits von *LSB nach MSB* aus.

**Idee:** Wiederholt  $n \bmod 2$  ausgeben und  $n \div 2$  ausführen, bis  $n = 0$ ; optional Puffer für MSB→LSB.

**Tests:**  $6 \rightarrow 0, 1, 1$  (LSB→MSB) ·  $13 \rightarrow 1, 0, 1, 1$ .

#### Aufgabe 4: Linearer Suchlauf in kleinem Feld.

[10 BE]

**I/O:** Lies 5 Werte sowie einen Suchschlüssel **key**; gib den **Index** (0..4) des ersten Treffers aus, sonst -1.

**Idee:** Werte in feste Zellen laden (z. B. `v0`..`v4`); Zählschleife über Indizes, Vergleich mit **key**.

**Tests:**  $[4, 8, 5, 8, 2], \text{key} = 8 \rightarrow 1$  ·  $[3, 3, 3, 3, 3], \text{key} = 7 \rightarrow -1$ .

---

## Hausaufgaben / Vertiefung

### Aufgabe 1: Kleiner Taschenrechner (+, −, \*, /). [8 BE]

**I/O:** Lies `op` (1..4), `x`, `y` und gib das Ergebnis aus (1:+, 2:−, 3:\*, 4:/).

**Idee:** `cmp op` und passend verzweigen; Division ganzzahlig, bei  $y = 0$  z. B. 0 ausgeben.

**Tests:**  $(1, 7, 5) \rightarrow 12$  ·  $(2, 7, 5) \rightarrow 2$  ·  $(3, 7, 5) \rightarrow 35$  ·  $(4, 7, 5) \rightarrow 1$ .

### Aufgabe 2: Fibonacci mit Limit. [8 BE]

**I/O:** Lies `start1`, `start2`, `limit`; gib die Folge bis  $\leq \text{limit}$ .

**Idee:** Startwerte ausgeben; dann immer  $\text{next} = a + b$  bilden und ausgeben, solange  $\text{next} \leq \text{limit}$ .

**Tests:**  $(1, 1, 20) \rightarrow 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13$  ·  $(2, 3, 25) \rightarrow 2, 3, 5, 8, 13, 21$ .

### Aufgabe 3: Zinseszins (ganzzahlig). [10 BE]

**I/O:** Lies Kapital  $K$ , Zinssatz  $p$  (in Promille, also pro 1000), Jahre  $n$ ; gib den Endwert aus.

**Idee:**  $n$ -mal:  $K \leftarrow K + \lfloor K \cdot p/1000 \rfloor$  (ganzzahlig).

**Tests:**  $(K, p, n) = (1000, 50, 2) \rightarrow 1102$  ·  $(200, 25, 3) \rightarrow 215$ .

### Aufgabe 4: Collatz-Folge. [8 BE]

**I/O:** Lies  $n$  und gib die Folge bis 1 aus.

**Idee:** Wenn  $n$  gerade, dann  $n \leftarrow n/2$ , sonst  $n \leftarrow 3n + 1$ ; jede Zwischenzahl ausgeben.

**Tests:**  $n = 6 \rightarrow 6, 3, 10, 5, 16, 8, 4, 2, 1$ .

### Aufgabe 5: Dreieckszahlen / Summenformel prüfen. [8 BE]

**I/O:** Lies  $n$ ; berechne  $S = 1 + \dots + n$  per Schleife und vergleiche mit  $n(n + 1)/2$ .

**Idee:** Beide Werte ausgeben (z. B. `S` und `Formel`); optional nur 1/0 für Gleichheit.

**Tests:**  $n = 1 \rightarrow S = 1, F = 1$  ·  $n = 5 \rightarrow S = 15, F = 15$  ·  $n = 10 \rightarrow S = 55, F = 55$ .