Informatik—Skript für die E-Phase

[Jarek Mycan]

19. Oktober 2025

Inhaltsverzeichnis

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:

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

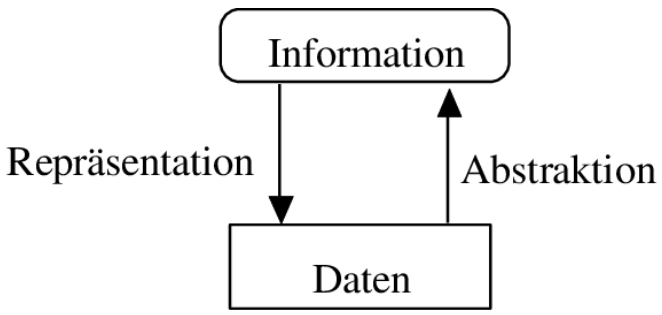


Abbildung 1.1: Wechselspiel zwischen Repräsentation (Information Daten) und Abstraktion (Daten Information).

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	=	1024×1024 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. „e“ + 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=ütf-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 Denkoperationen:

- **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:

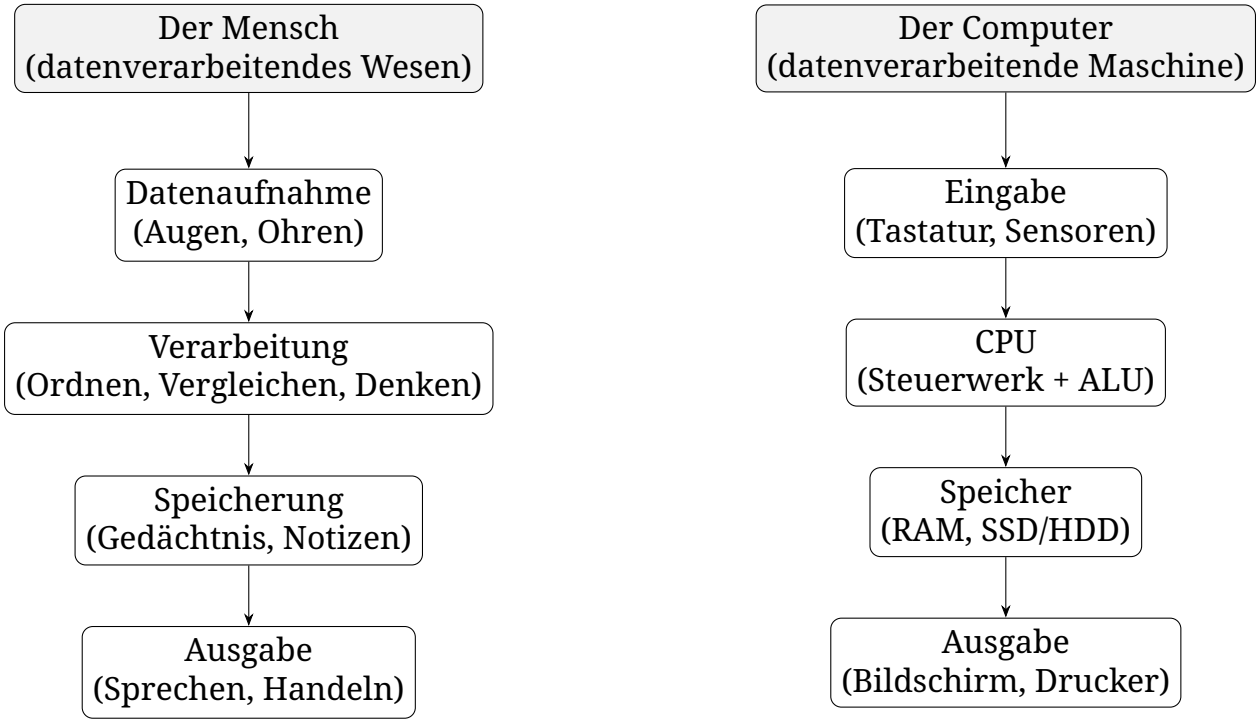
1. **Daten** bereitstellen (Namen, Stunden, Sätze, Abzüge).
2. **Programm** laden (Vorschrift, wie zu rechnen ist).
3. **Ablauf** (vereinfacht): `LOAD` Daten → `RECHNE` → `STORE` Ergebnis.

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:

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

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 „vier-mal-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:

$$\underbrace{1010}_{\text{A}}\,\underbrace{1010}_{\text{A}} = (\text{AA})_{16} = (10101010)_2.$$

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.

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

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):

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

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 $-2^{n-1}, \ldots, 0, \ldots, 2^{n-1}-1$ für n Bit.

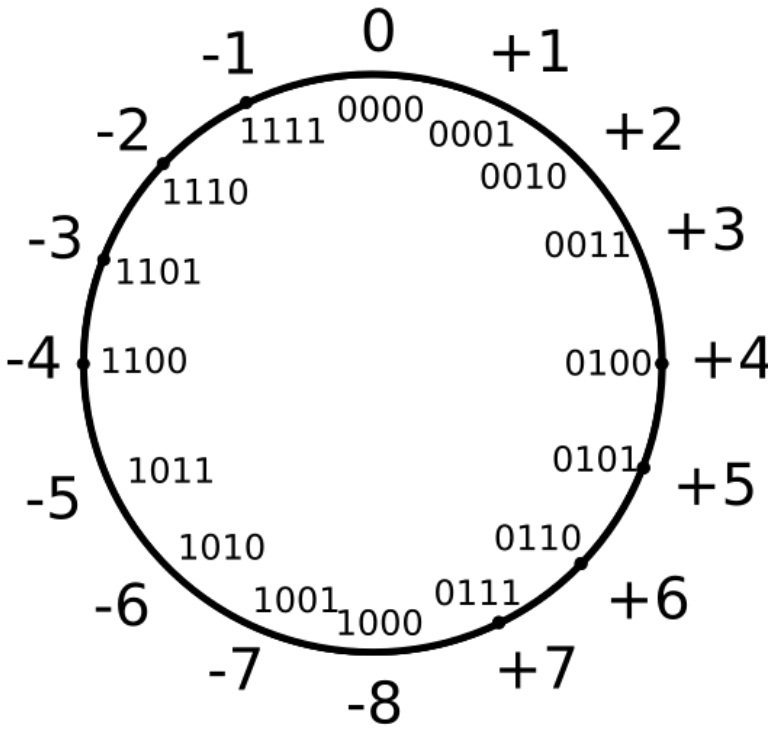


Abbildung 3.1: 4-Bit-Zweierkomplement: Zuordnung der Bitmuster zu Dezimalwerten und Bildung der negativen Werte ($+1$ nach Bitinvertierung).

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.
$+5 = 00000101 \Rightarrow$ invertiert $11111010 \Rightarrow +1 \Rightarrow \boxed{11111011}$.

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:

$$\boxed{-2^{n-1} \;\leq\; \text{Wert} \;\leq\; 2^{n-1}-1}$$ (z. B. 4 Bit: -8 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):* $7 + (-3)$: $\texttt{0111} + \texttt{1101} = \texttt{1 0100} \Rightarrow \texttt{0100} = 4$ (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: `0`en voran (z. B. `0010` $\rightarrow$ `0000 0010`)
- negativ: `1`en 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 $\bmod 2^n$ — 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).

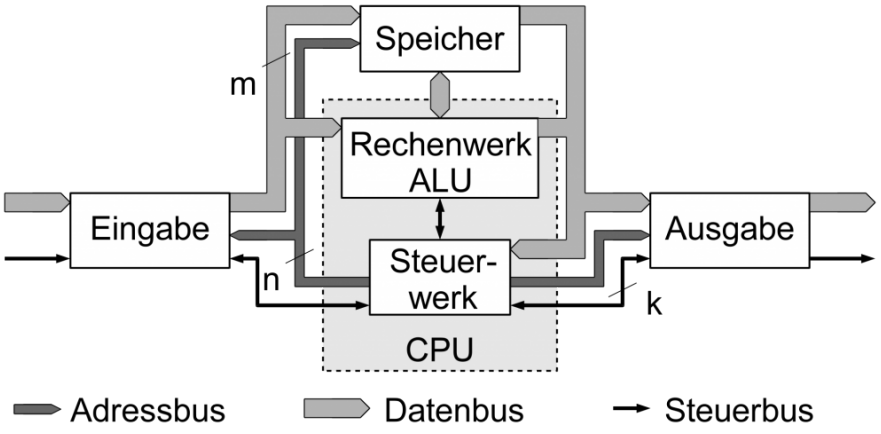


Abbildung 4.1: Architektur von Neumann Rechners.

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 ⇒ 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?

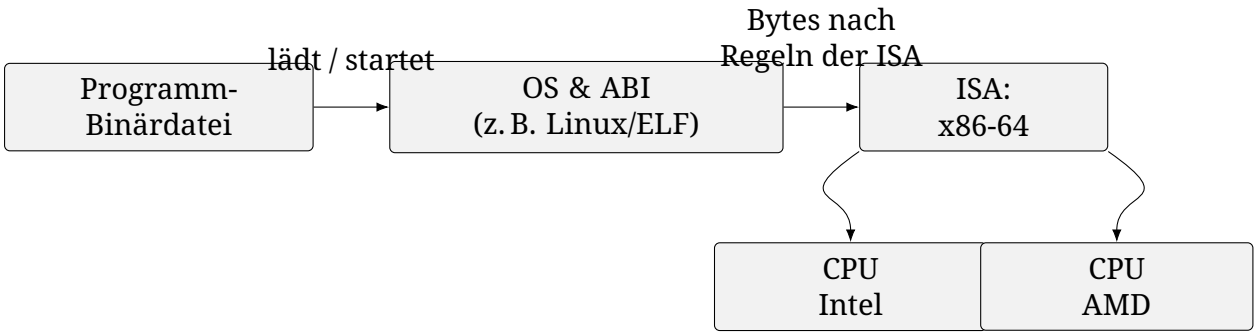
Ein Programm (als *fertige* **Binärdatei**) läuft auf unterschiedlichen CPUs, wenn sich alle Beteiligten auf **dieselbe Sprache** einigen. In der Informatik heißen diese „Sprachen“:

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* $\Rightarrow$ 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 $\Rightarrow$ 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)                  PE/COFF (Windows)
-------------                -----------------
ELF Header                   DOS Stub + PE-Signatur
Program Headers (Segmente)   COFF Header
Sections (.text/.data/...)   Optional Header (EntryPoint, Bildbasis, ...)
...                          Section Table (.text, .data, .rdata, .idata, .reloc, ..
Dynamische Infos (.so)       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

Grundlagen der Computernetze

6.1 Warum vernetzen wir Computer?

Ein einzelner Computer ist nützlich — richtig spannend wird es erst, wenn Geräte *miteinander* Daten austauschen: Wir verschicken Nachrichten, teilen Dateien, streamen Videos, rufen Webseiten ab. Ein **Computernetz** verbindet Geräte (Hosts), damit sie Informationen austauschen können: im **LAN** (z. B. Schule, Zuhause), im **WAN** (Verbindung über große Distanzen) und letztlich im **Internet** — dem Netz der Netze.

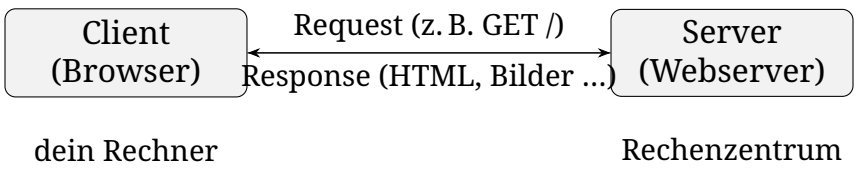
6.2 Client und Server

Viele Anwendungen folgen dem **Client–Server**-Modell:

- Der **Client** stellt eine Anfrage (Request) — z. B. dein Browser.
- Der **Server** antwortet (Response) — z. B. der Webserver mit der HTML-Seite.

Es gibt häufig *viele* Clients, aber *wenige* zentrale Server. Beispiele:

- **Web:** Browser (Client) ↔ Webserver (HTTP/HTTPS).
- **E-Mail:** Mail-App (Client) ↔ Mailserver (SMTP/IMAP/POP3).
- **Dateien in der Schule:** PCs (Clients) ↔ Schul-Fileserver.



Merksatz.
Client fragt, Server antwortet. Das kann sehr schnell gehen — oft in Millisekunden —, weil viele Anfragen parallel bearbeitet werden.

6.3 Datenpakete (allgemein)

Große Dateien oder Webseiten werden im Netz **in viele kleine Stücke** zerlegt — die **Pakete**. Jedes Paket enthält:

- einen **Kopf** (*Header*) mit Steuerinformationen (z. B. Absender-Adresse, Empfänger-Adresse, Paket-Nummer) und
- die **Nutzdaten** (*Payload*), also ein Stück der eigentlichen Information.

Pakete gehen nicht immer denselben Weg; Router entscheiden unterwegs *Paket für Paket*, welcher Pfad gerade passt. Am Ziel setzt die Anwendung die Teile wieder korrekt zusammen.

Ein Datenpaket: Steuerinfos + Nutzdaten

Warum Pakete?
Kleine Einheiten lassen sich

- effizient weiterleiten (Router können schnell entscheiden),
- bei Fehlern *gezielt* neu senden (nicht die ganze Datei),
- auf mehreren Wegen gleichzeitig schicken (Last verteilen).

6.4 Adressierung von Computern

Damit Pakete ihr Ziel finden, brauchen sie Adressen — ähnlich wie Briefe.

Drei „Adressen“ auf einen Blick

- **MAC-Adresse** (Hardware-Adresse): Kennzeichnet *die Netzwerkkarte*. Wird im lokalen Netz (z. B. im LAN/WLAN) benutzt, um Frames an das richtige Gerät zu schicken.
- **IP-Adresse** (Internet-Adresse): Kennzeichnet *das Gerät im Netz*. Beispiele: IPv4 wie `192.168.1.20`, IPv6 wie `2001:db8::1`. Router benutzen IP-Adressen, um Pakete *durch viele Netze* zum Ziel zu leiten.
- **Portnummer** (Anwendungs-Adresse): Kennzeichnet *den Dienst* auf dem Gerät. Beispiel: Webserver hört oft auf `80` (HTTP) oder `443` (HTTPS); ein Spiel oder Chat kann andere Ports nutzen.

Alltagsbild.

- *IP-Adresse* ≈ Straßenadresse eines Hauses (wohin der Brief soll).
- *Port* ≈ Briefkasten/Abteilung im Haus (wer den Brief entgegennimmt).
- *MAC* ≈ Namensschild an der Netzwerkkarte (auf der letzten Zustellstrecke im LAN).

Namen statt Zahlen: DNS

Menschen merken sich lieber Namen als Zahlen. Das **Domain Name System (DNS)** übersetzt z. B. `www.schule.de` in die zugehörige IP-Adresse. Dein Rechner fragt dazu einen DNS-Server an — ähnlich wie ein Telefonbuch für das Internet.

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`

3. **Arbeitsblatt 3.1: Zahlendarstellungen & Zweierkomplement**
   Bezug: Kapitel 3 — Zahlensysteme
   Datei: `aufgabenblatt-4.1.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`

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`

Heinrich-von-Kleist-Schule
Eschborn

Fach: Informatik
Kurs: E1
Datum: _____
Name: _____

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. „Ã¤“ 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 800×600 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 ⇒ 42°C (heiß), als Alter ⇒ 42 Jahre, als Hausnummer ⇒ Adresse.
- `2025-08-23`: als Datum (23. 8. 2025) ⇒ Zeitpunkt; als Teil einer Artikelnummer ⇒ 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 → 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→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 ⇒ 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 → Sensor (Bayer-Filter).
Repräsentation: Analog→Digital (A/D), Demosaicing, → 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 ⇒ anderes Zeichen ⇒ *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 ⇒ 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) ⇒ 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) ⇒ 1 Byte. U+0080–U+07FF ⇒ 2 Byte (z. B. „ä“). U+0800–U+FFFF ⇒ 3 Byte (z. B. „€“). U+10000– ⇒ 4 Byte (z. B. viele Emojis).

Aufgabe 3: Datenmenge einschätzen.
Bild: 800×600 Pixel $= 480\,000$ Pixel.

Aufgabe 3:a) Graustufen 8 bpp ⇒ 480 000 Byte ≈ 468,75 KiB (da 1 KiB = 1024 B).

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

Aufgabe 3:c) PNG nutzt verlustfreie Kompression (u. a. Filter + Deflate) und Redundanzen (gleichförmige Flächen, Muster) ⇒ 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.

Heinrich-von-Kleist-Schule
Eschborn

Fach: Informatik
Kurs: E1
Datum: _____
Name: _____

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*]

Heinrich-von-Kleist-Schule
Eschborn

Fach: Informatik
Kurs: E1
Datum: _____
Name: _____

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 → Dezimal. Berechne die Dezimalwerte. [*8 BE*]
a) 1101111010_2 b) 1010110_2 c) 1111111001_2 d) 1100110011_2.

Aufgabe 2: Hex → Dezimal. Berechne die Dezimalwerte. [*8 BE*]
a) $14F5B_{16}$ b) $AB3D_{16}$ c) $5EA3_{16}$ d) $9C23_{16}$.

Aufgabe 3: Dezimal → 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 ↔ Hex. [*8 BE*]
a) $1101111010_2 \to {}_{16}$ b) $1010110_2 \to {}_{16}$ c) $1111111001_2 \to {}_{16}$ d) $1100110011_2 \to {}_{16}$
e) $14F5B_{16} \to {}_2$ f) $AB3D_{16} \to {}_2$ g) $5EA3_{16} \to {}_2$ h) $9C23_{16} \to {}_2$.

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.

Heinrich-von-Kleist-Schule
Eschborn

Fach: Informatik
Kurs: E1
Datum: _____
Name(n): _____

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 Grundschema (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.

Arbeitsauftrag „Von-Neumann-Architektur“.

Heinrich-von-Kleist-Schule
Eschborn

Fach: Informatik
Kurs: E1
Datum: _____
Name(n): _____

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: $4 \to$ gerade · $7 \to$ ungerade · $0 \to$ gerade · $-3 \to$ ungerade

Aufgabe 2: Betrag $|x|$. [*6 BE*]
I/O: eine Zahl → Betrag.
Idee: Falls $x < 0$, Vorzeichen umkehren.
Tests: $5 \to 5$ · $-8 \to 8$ · $0 \to 0$

Aufgabe 3: Min/Max von zwei Zahlen. [*8 BE*]
I/O: $a, b \to$ min und/oder max (Ausgabeformat frei).
Idee: `cmp` und entsprechend speichern/ausgeben.
Tests: $(3, 7) \to \min = 3, \max = 7$ · $(5, 5) \to 5$

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: $1, 2, 3, 0 \to 6 \quad \cdot \quad 5, 0 \to 5 \quad \cdot \quad 0 \to 0$

Aufgabe 2: Zähle positive/negative/Nullen. [*8 BE*]
I/O: n Werte $\to$ drei Zähler (positiv/negativ/Null).
Idee: Pro Wert `cmp 0` und die passenden Zähler erhöhen.
Tests: $[2, -1, 0, 5, -3, 0] \to (pos = 2, neg = 2, zero = 2)$

Aufgabe 3: Einmaleins-Zeile. [*6 BE*]
I/O: Zahl $n \to$ Ausgabe $1 \cdot n, 2 \cdot n, \ldots, 10 \cdot n$.
Idee: Zählschleife, Multiplikation mit `mul` oder wiederholtes `add`.
Tests: $n = 7 \to 7, 14, 21, \ldots, 70$

Heinrich-von-Kleist-Schule
Eschborn

Fach: Informatik
Kurs: E1
Datum: _____
Name(n): _____

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

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) $\to 2, 5, 8, 11$ · $(1, 5, 2) \to 1, 3, 5$

Aufgabe 3: Fibonacci mit freien Startwerten. [*10 BE*]
Lies `f0`, `f1` und `n` (Anzahl der auszugebenden Glieder). Gib **die beiden Startwerte** aus und danach die nächsten `n-2` Folgenglieder.
Tests: $(1, 1, 7) \to 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13$ · $(2, 3, 6) \to 2, 3, 5, 8, 13, 21$

Aufgabe 4: Fakultät $n!$. [*8 BE*]
Lies `n` $\geq$ `0` und gib `n!` aus (iterativ).
Tests: $0 \to 1$ · $1 \to 1$ · $5 \to 120$

Hausaufgaben / Vertiefung

Aufgabe 1: Maximum aus drei Zahlen. [*6 BE*]
Lies `a`, `b`, `c` und gib die **größte** der drei Zahlen aus.
Tests: $(3, 9, 7) \to 9$ · $(5, 5, 1) \to 5$ · $(-2, -1, -5) \to -1$

Aufgabe 2: Quersumme (Digitsumme). [*6 BE*]

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

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

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 mod y; x = y; y = t`. Gib am Ende `x` aus.

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

Heinrich-von-Kleist-Schule
Eschborn

Fach: Informatik
Kurs: E1
Datum: _____
Name(n): _____

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 ← Akkumulator $\cdot a$.
Tests: $(a, b) = (2, 0) \to 1$ · $(2, 5) \to 32$ · $(5, 3) \to 125$.

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

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: $0 \to 0$ · $7 \to 7$ · $12345 \to 15$ · $1002 \to 3$.

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: $123 \to 321$ · $1200 \to 21$ · $0 \to 0$.

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: $121 \to 1$ · $123 \to 0$ · $0 \to 1$.

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: $(3, 9, 7) \to 9$ · $(5, 5, 1) \to 5$ · $(-2, -1, -5) \to -1$.

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 $a \le b \le c$, $a \le c \le b$, …).
Tests: $(3, 9, 7) \to 7$ · $(5, 5, 1) \to 5$ · $(2, 8, 8) \to 8$.

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 $a \le b \le c$ gilt.
Erweiterung (*): Sortiere vier Zahlen.
Tests: $(9, 3, 7) \to 3, 7, 9$ · $(5, 5, 1) \to 1, 5, 5$.

Aufgabe 5: Countdown mit Schrittweite. [*6 BE*]
I/O: Lies `start`, `step` (`step>0`) und gib `start, start-step, …` aus, solange der Wert ≥ 0 ist.
Idee: Schleife: jeweils `sub step`, dann prüfen und ausgeben/beenden.
Tests: $(start, step) = (10, 3) \to 10, 7, 4, 1$ · $(5, 2) \to 5, 3, 1$.

Heinrich-von-Kleist-Schule
Eschborn

Fach: Informatik
Kurs: E1
Datum: _____
Name(n): _____

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 $\mathrm{ggT}(a, b)$ aus.
Idee: Solange $b \neq 0$: $t = a \bmod b$; $a = b$; $b = t$. Am Ende ist a der ggT.
Erweiterung (*): Zusätzlich kgV via $\mathrm{kgV}(a_0, b_0) = \dfrac{a_0 \cdot b_0}{\mathrm{ggT}(a_0, b_0)}$ (mit ursprünglichen Werten).
Tests: $(48, 18) \to 6$ · $(21, 14) \to 7$ · $(10, 0) \to 10$.

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: $n < 2 \to 0$, $n = 2 \to 1$.
Tests: $1 \to 0$ · $2 \to 1$ · $17 \to 1$ · $21 \to 0$.

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: $6 \to 0, 1, 1$ (LSB→MSB) · $13 \to 1, 0, 1, 1$.

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: $[4, 8, 5, 8, 2], key = 8 \to 1$ · $[3, 3, 3, 3, 3], key = 7 \to -1$.

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

Aufgabe 2: Fibonacci mit Limit. [*8 BE*]
I/O: Lies `start1`, `start2`, `limit`; gib die Folge bis $\leq$ `limit`.
Idee: Startwerte ausgeben; dann immer $nxt = a + b$ bilden und ausgeben, solange $nxt \leq$ `limit`.
Tests: $(1, 1, 20) \to 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13$ · $(2, 3, 25) \to 2, 3, 5, 8, 13, 21$.

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

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

Aufgabe 5: Dreieckszahlen / Summenformel prüfen. [*8 BE*]
I/O: Lies n; berechne $S = 1 + \cdots + n$ 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: $n = 1 \to S = 1, F = 1$ · $n = 5 \to S = 15, F = 15$ · $n = 10 \to S = 55, F = 55$.