



## Aufgabenblatt 2 Ausgabe: 23.10., Abgabe 29.10.2025 24:00

Gruppe	
Name(n)	Matrikelnummer(n)

Hinweis: leicht reduzierter Umfang (70 Punkte) wegen verspätetem Upload.

### Aufgabe 2.1 (Punkte 10+10+10+10)

*Moore's Law*: Um zu zeigen, wie sich die Daten durch den technischen Fortschritt verändert haben, sind hier die Eckdaten von zwei Prozessoren angegeben:

	Jahr	Technik	Chipfläche	Leistung	Taktfrequenz	Kerne	IPC
Intel Core i7-970	2010	32 nm	239 mm <sup>2</sup>	130 W	3,2 GHz (3,46)	6	6
Intel Core i7-10700	2020	14 nm	180 mm <sup>2</sup>	65 W	2,9 GHz (4,8)	8	11

Bei modernen Prozessoren werden auf dem Siliziumchip nicht nur mehrere CPU-Kerne implementiert, sondern in jedem Kern sind auch mehrere Recheneinheiten (ALUs für 64-bit Addition, Multiplikation, Sprungbefehle usw.) vorhanden. Im Idealfall können mit jedem Takt mehrere Befehle für diese ALUs gestartet werden. Aus Benchmarks wird dann ein Durchschnittswert IPC (*Instruction Per Cycle*) bestimmt, der dann entscheidend die (theoretische) Rechenleistung einer Prozessorarchitektur beeinflusst.

- Berechnen Sie die Leistungsdichte ( $W/cm^2$ ) für beide Prozessoren und vergleichen Sie diese Werte mit dem entsprechenden Wert für eine elektrische Herdplatte mit 1500 W Leistung und 18 cm Durchmesser.
- Welcher mittlere Energieverbrauch ergibt sich pro Rechenoperation für die Prozessoren?
- Die Leistungsaufnahme ist für die „nominelle“ Taktfrequenz angegeben. Darüber hinaus erlauben die Chiphersteller kurzzeitig höhere Taktfrequenzen, verbunden mit (deutlich) höheren Leistungsaufnahmen. Abhängig davon wie viele CPU-Kerne gleichzeitig benutzt werden, können einzelne oder mehrere Kerne schneller Takten – der Maximalwert in den Klammern. Diese Taktanpassung machen die Chips intern automatisch. Das geht aber nur für sehr kurze Zeiträume, bzw. bis Maximaltemperaturen der CPUs erreicht werden.

So kann der Intel Core i7-10700 bis maximal 4,8GHz getaktet werden, dann bei einer Leistungsaufnahme von 224 W! Wie sieht es dann mit der Leistungsdichte aus?

- (d) Um wie viel Prozent jährlich sind die Strukturgrößen, die maximale Taktfrequenz sowie bei der Standard-Taktfrequenz die theoretische Rechenleistung und der Energiebedarf pro Operation gesunken/gestiegen?

**Aufgabe 2.2** (Punkte 10+5)

*Ebenen eines Digitalrechners:* Wir nehmen einen Computer mit insgesamt vier Ebenen (0...3) an. Die Ausführungszeit für einen Befehl auf der untersten Ebene beträgt  $k$  Nanosekunden. Die oberen Ebenen werden durch drei geschachtelte Interpreter zur Verfügung gestellt. Jeder dieser Interpreter benötigt  $n_i$  Befehle der niedrigeren Ebene  $i$ , um einen Befehl seiner Sprache auf Ebene  $i + 1$  virtuell auszuführen.

- (a) Wie lange benötigt ein Befehl auf den Ebenen 1, 2 und 3? Geben Sie die Formel an.
- (b) Wie lang ist die Ausführungszeit eines Programms mit 250 Millionen Befehlen auf Ebene 3, wenn die Hardware (= Ebene 0) 2 Milliarden Maschinenbefehle pro Sekunde ausführen kann? Nehmen Sie als Faktoren  $n_0 = 10$ ,  $n_1 = 15$  und  $n_2 = 20$  an.

**Aufgabe 2.3** (Punkte 15)

*Hardware vs. Software:* In welcher Hinsicht sind Hardware und Software gleichwertig, bzw. nicht gleichwertig? Schreiben Sie kurz Gemeinsamkeiten und Unterschiede auf.