

Lernzettel

Leistungsbewertung und Rechenleistung: SPEC
Benchmarks, Amdahl's Law, Leistungskennzahlen
und Sicherheitsaspekte

Universität:	Technische Universität Berlin
Kurs/Modul:	Rechnerorganisation
Erstellungsdatum:	September 20, 2025



Zielorientierte Lerninhalte, kostenlos!
Entdecke zugeschnittene Materialien für deine Kurse:

<https://study.AllWeCanLearn.com>

Rechnerorganisation

Lernzettel: Leistungsbewertung und Rechenleistung: SPEC Benchmarks, Amdahl's Law, Leistungskennzahlen und Sicherheitsaspekte

(1) SPEC Benchmarks. SPEC Benchmarks dienen der standardisierten, reproduzierbaren Beurteilung der Rechenleistung. Typische Kennwerte sind SPECint_base, SPECfp_base sowie deren Durchsatzmetriken SPECint_rate_base und SPECfp_rate_base. Die Benchmarks liefern sowohl Laufzeiten für einzelne Tasks als auch Durchsatzwerte, welche die Fähigkeit eines Systems widerspiegeln, mehrere Tasks hintereinander zu bearbeiten. Ergebnisse sollten unter kontrollierten Bedingungen erzielt werden, um faire Vergleiche zu ermöglichen.

(2) Amdahl's Law. Amdahl's Law beschreibt die theoretische Maximalsteigerung der Rechenleistung durch Parallelisierung. Die zentrale Gleichung lautet:

$$S(N) = \frac{1}{(1-p) + \frac{p}{N}},$$

wobei

- $S(N)$ der Speedup bei N Prozessoren ist,
- p der Anteil des Codes ist, der parallelisierbar ist ($0 \leq p \leq 1$),
- N die Anzahl der Prozessoren angibt.

Beispiel. Für $p = 0.8$ und $N = 4$ ergibt sich:

$$S(4) = \frac{1}{(1-0.8) + \frac{0.8}{4}} = \frac{1}{0.2 + 0.2} = 2.5.$$

Grenze. Mit zunehmender Prozessoranzahl nähert sich der Speedup einer Obergrenze:

$$\lim_{N \rightarrow \infty} S(N) = \frac{1}{1-p},$$

daher limitiert der nicht-parallele Anteil $(1-p)$ die maximale Beschleunigung.

(3) Leistungskennzahlen. Wichtige Kennzahlen zur Bewertung von Rechenleistung und Effizienz sind:

$$\begin{aligned} \text{CPI} &= \frac{\text{Total Cycles}}{\text{Instructions}} \\ \text{IPC} &= \frac{\text{Instructions}}{\text{Total Cycles}} = \frac{1}{\text{CPI}} \\ \text{Durchsatz} &= \frac{\text{Anzahl der Instructions}}{\text{Zeit}} \quad (\text{Instructions/s}) \end{aligned}$$

Zusätzliche, relevante Größen:

- SPECint_rate bzw. SPECfp_rate als Throughput-Metriken; hohe Werte bedeuten bessere Rechenleistung in Mehraufgabenszenarien.

- Energieeffizienz: Effizienz = $\frac{\text{Performance}}{P}$; oft gemessen als Anweisungen pro Sekunde pro Watt.
- Leistungsaufnahme: Leistung P in Watt, Energie pro Operation ($E = P \cdot t$).

(4) Sicherheitsaspekte bei Leistungsbewertungen. Bei Benchmarks spielen Sicherheitsaspekte eine zentrale Rolle, da Sicherheitsmaßnahmen Auswirkungen auf gemessene Werte haben können:

- Mikroarchitektur-Sicherheit: Spectre, Meltdown und verwandte Angriffe können Performance-Mockups beeinflussen, z. B. durch speicher- oder spekulative Ausführungsmuster.
- Timing- und Leakage-Side-Channels: Messungen von Laufzeiten können unabsichtlich Informationen preisgeben; Gegenmaßnahmen benötigen sorgfältige Kalibrierung der Tests.
- Thermische Auswirkungen: Turbo-Boost- und thermische Drosselung verändern Frequenzen und damit Ergebnisse; Wiederholbarkeit erfordert kontrollierte Umgebung.
- Reproduzierbarkeit: Mehrere Läufe, identische Konfigurationen, isolierte Prozesse, konsistente Compiler-Flags und Bibliotheken erhöhen die Vergleichbarkeit.
- Sicherheit versus Leistung: Maßnahmen wie Spectre/Melt-Mitigationen können Performance kosten; Abwägung bei Design-Entscheidungen.

(5) Praktische Nutzung im Rechnerorganisations-Kontext. SPEC-Benchmarks liefern Kennzahlen, die helfen, Designentscheidungen zu treffen:

- Welche Teile der Hardware (Frontend, Back-End, Speicherhierarchie) limitieren die Leistung?
- Wie wirkt sich Parallelisierung auf die reale Leistung aus, unter Berücksichtigung des Amdahl-Limits?
- Welche Kennzahlen sind für die jeweilige Zielanwendung maßgeblich (Single-Thread-Leistung vs. Throughput)?
- Welche Sicherheitsaspekte müssen bei der Messung und beim Design beachtet werden?

Hinweis zur Interpretation. Hohe SPEC_rate-Werte bedeuten in der Regel eine gute Throughput-Leistung, während niedrigere Laufzeiten bei SPEC_int_base, SPEC_fp_base positiv zu werten sind. Die konkrete Interpretation hängt von der gewählten Suite (Int/Fp, Base/Peak) ab und von der Testumgebung.