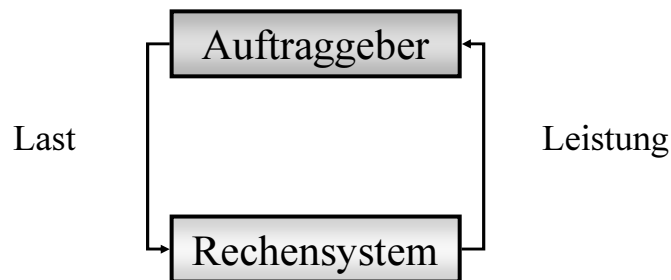


Verfahren zur Leistungsbewertung von Rechensystemen

Leistungsbewertung: Definition und Ziele



Leistung:

- physikalisch: Arbeit pro Zeiteinheit
- auf Rechensysteme übertragen: Anzahl bearbeiteter Aufträge pro Zeiteinheit (Durchsatz)

Weitere wichtige Leistungskenngrößen:

- Systemantwortzeit: Zeit zwischen Abgabe und Fertigstellung eines Auftrags
- Auslastung des Gesamtsystems bzw. einer Einzelkomponente des Systems

Leistungsbewertung:

- Eine Leistungsbewertung versucht objektive Aussagen über ein oder mehrere Rechensysteme abzugeben und zwar ausschließlich mit Hilfe von rein meßbaren Größen.
- Das Ziel der Leistungsbewertung ist es, parallel zur Entwicklung und vor dem Einsatz von Rechensystemen deren Fehler zu erkennen und zu beseitigen, Schwachstellen zu lokalisieren und Parameter zu optimieren.

Probleme bei der Leistungsbewertung

- Leistung im physikalischen Sinne (Anzahl verarbeiteter Befehle pro Sekunde, Anzahl Umdrehungen pro Minute bei einem Plattenlaufwerk, etc.) kann allenfalls für einzelne Komponenten, nicht aber ohne weiteres für einen inhomogenen Verbund von Komponenten angegeben werden.

Leistungsbeeinflussende Faktoren:

- Neben der reinen HW-Leistung wird die Gesamtleistung eines Rechensystems auch von der darauf ablaufenden Software (Betriebssystem, Anwenderprogramme) beeinflusst.
- Möglicher Parallelitätsgrad in Hard- und Software
- Betriebsziele

Gründe für eine Leistungsbewertung

- Auswahl einer Rechenanlage
 - Veränderung der Konfiguration bestehender Anlagen (System Tuning)
 - Entwurf von Rechenanlagen
- Leistungsuntersuchungen sind während des gesamten Lebenszyklus eines Systems notwendig!

Ziel des Systementwurfs

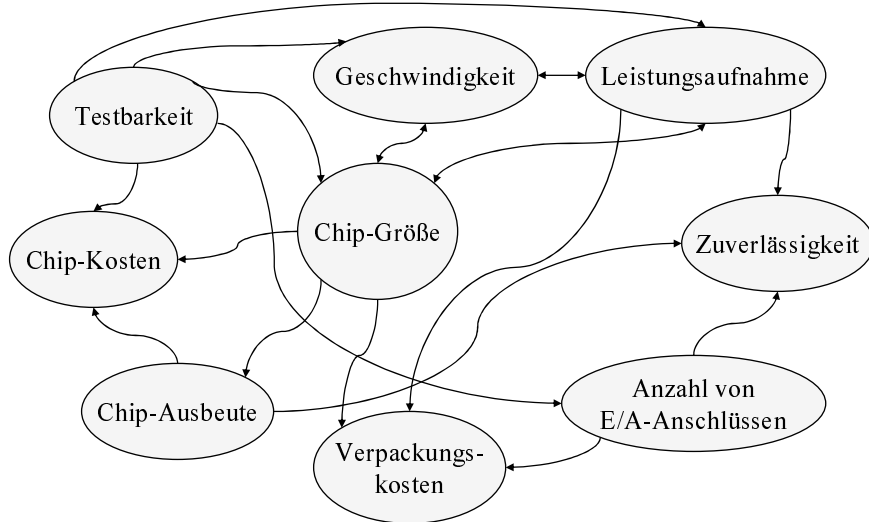
Optimale Gesamtlösung

- möglichst geringe Entwurfskosten
- möglichst schnelle Entwicklung
- möglichst gutes Preis/Leistungsverhältnis

Problem

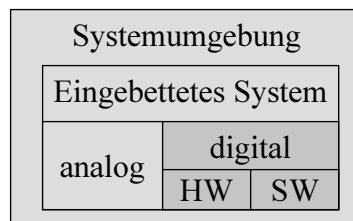
- Gegenläufigkeit der Zielsetzungen (Polyoptimierungssituation)
- es gibt i.a. keine Lösung, die hinsichtlich jedes Zielkriteriums alle anderen Lösungsalternativen übertrifft

Beispiel: Globale HW-Entwurfsziele



Besondere Probleme bei der Leistungsbewertung eingebetteter Systeme

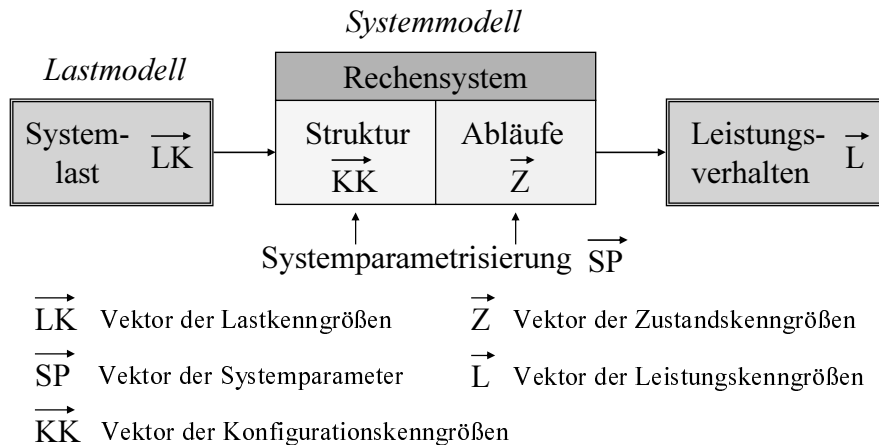
- Hohe Heterogenität der Systemkomponenten



- häufig Nachweis von (harder) Realzeitfähigkeit erforderlich

Leistungsverhalten von Rechensystemen

Zugrundeliegendes Systemmodell:



Systemmodell

(Statische) Systemstruktur

- Hard- und Software-Komponenten des Rechensystems (sogenannte Betriebsmittel) und deren Beziehungen (Verbindungen, Verknüpfungen) untereinander

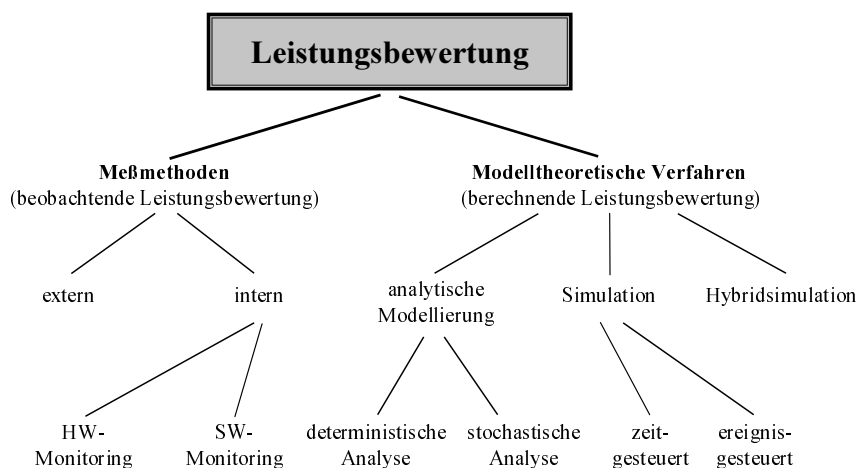
Dynamische Systemabläufe (Prozesse)

- Dynamisches Verhalten des Rechensystems (Eigenschaft, über eine Menge von Eingängen und eine Folge von Zustandsänderungen eine Menge von Ausgängen zu verändern)
 - deterministische Prozesse
 - stochastische Prozesse

Lastmodell

- **Auftrag**
Anforderung an das Rechensystem
- **Auftragsattribute**
Charakterisieren den Betriebsmittelbedarf eines Auftrags (für jedes Betriebsmittel die benötigte Anzahl der Belegungen und die Belegungszeiten)
- **Auftragsklasse**
Aufträge mit ähnlichem Betriebsmittelbedarf können zu einer Auftragsklasse zusammengefaßt werden
- **Lastkenngrößen**
 - offenes System: Raten, mit der Aufträge ins Gesamtsystem gelangen (Ankunftsrate)
 - geschlossenes System: Anzahl der gleichzeitig im Gesamtsystem umlaufenden Aufträge (Auftragsanzahl)

Methoden zur Leistungsbewertung



Leistungsbewertung: Historisches

Erste Maßnahmen zur Rechnerbewertung:

- Auswertung von Hardwaremaßen und -parametern

Maßzahlen für die Operationsgeschwindigkeit:

MIPS (millions of instructions per second),

MFLOPS (millions of floating-point operations per second),

GFLOPS (GigaFlops),

etc.

Vorteile von Hardwaremaßen und -parametern:

- Rechner sind ohne großen Aufwand in ihrer Leistung miteinander vergleichbar (grob abschätzbar).

Nachteile:

- Viele Gesichtspunkte wie die Organisation der Rechanlage, E/A-Eigenschaften, Softwareaspekte, etc. bleiben unberücksichtigt.

Weiterentwicklungen

Mixe:

- Aufteilung der Befehlstypen nach ihren relativen Häufigkeiten und Bestimmung der mittleren Operationszeit T:

$$T = \sum_{i=1}^n t_i \cdot p_i$$

n = Anzahl der betrachteten Befehle
t_i = Operationszeit des Befehls i
p_i = relative Häufigkeit des Auftretens von Befehl i

Kernprogramme

- Typische Anwenderprogramme, die für einen zu bewertenden Rechner geschrieben werden, die jedoch nicht im Rechner zur Ausführung gelangen, sondern lediglich zur Bemessung der Ausführungszeit aufgrund der gegebenen Operationszeiten herangezogen werden.

Vorteil:

- umfassenderes Urteil über die Operationsgeschwindigkeit eines Rechners möglich, als bei der Angabe von reinen Operationszeiten

Nachteil:

- sehr aufwendig
- keine Berücksichtigung von asynchronen Vorgängen (Parallelität)

- Die Leistung eines Rechensystems läßt sich nicht auf einen einzigen Wert kondensieren.

Beobachtende Leistungsbewertungs- verfahren (Messung)

Externe Leistungsmessung:

- Ermittlung von Reaktionszeiten des untersuchten Rechen-
systems auf bestimmte Lasten.
- Dazu wird die vom Anwender erzeugte Last (Arbeitslast)
mit Hilfe von Lastmodellen nachgebildet, die eine künst-
liche Last auf dem System mit speziellen Lastprogram-
men (Benchmarks, synthetische Programme) erzeugen.

Benchmarks:

- Pakete von echten Benutzerprogrammen, die für das Gesamtanforderungsprofil
repräsentativ sein sollen. Die Programme werden auf einem Rechner zum Laufen
gebracht, um seine Leistung mit den Werten (Ausführungszeiten) anderer Rech-
ner oder alternativer Konfigurationen vergleichen zu können.

Synthetische Programme:

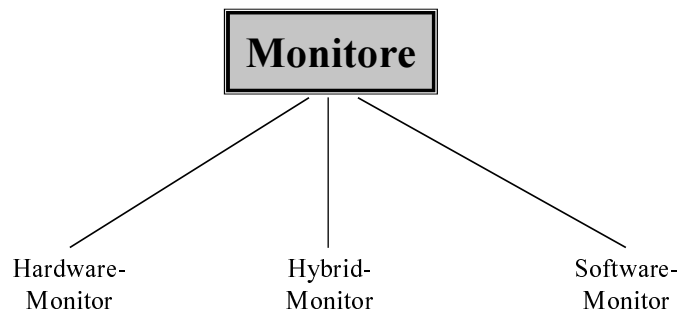
- Willkürliche Mischung von möglichen Objektoperationen, die zumeist in keinem
funktionalen Zusammenhang zueinander stehen.
- Synthetische Programme werden ähnlich wie Kernprogramme nur zum Zwecke
der Rechnerbewertung erstellt, werden dann aber im Gegensatz zu diesen echt
zum Laufen gebracht.
- Synthetische Programme sind parametrisierbar und ermöglichen die kontrollierte
Erzeugung von Systemlasten beliebiger Ausprägung. Gemessen wird dabei die
Belegungszeit der Rechanlage.

Interne Leistungsmessung **(Monitoring)**

- Beobachtung des zeitlichen Ablaufgeschehens im betrachteten Rechensystem mit Hilfe spezieller Geräte (Monitore).
- Bei den für das Monitoring erforderlichen Meßeinrichtungen kann zwischen Hardware-, Software- und Hybrid-Monitoren unterschieden werden.

Monitor

Aufzeichnungselemente, die zum Zwecke der Rechnerbewertung die Verkehrsverhältnisse (Ablaufgeschehen) im Rechner während des normalen Betriebes untersuchen.



Hardware-Monitor

- Elektronisches Meßinstrument, das mit Meßfühlern (probes) elektrische Signale in der Hardware des zu untersuchenden Systems (Meßobjekt oder Objektrechner) zur Ermittlung von Hardwarezuständen mißt.
- Eine wichtige Eigenschaft des HW-Monitors ist die Unabhängigkeit zwischen dem Meßgerät und dem Meßobjekt. Dadurch wird sichergestellt, daß die Abläufe im beobachteten System nicht durch das Monitoring gestört werden.
- Reine HW-Monitore erfassen ausschließlich Hardware-Zustände. Eine Zuordnung zwischen den in der Hardware gemessenen Zuständen und den verursachenden Programmen (Software) im Objektrechner kann im allgemeinen nur sehr schwierig oder gar nicht ermittelt werden.

Software-Monitor

- Ein oder mehrere spezielle Meßprogramme, die im Objektrechner abwechselnd mit den dort abgearbeiteten Anwenderprogrammen ablaufen.
- SW-Monitore können entweder durch Einbinden in ein Anwenderprogramm oder durch Einbau in das Betriebssystem der Rechenanlage realisiert werden. Bei Eintritt bestimmter Ereignisse wird der SW-Monitor aktiv, sammelt Daten und speichert diese in einem Puffer ab.
- Im Gegensatz zu HW-Monitoren, die unabhängige Geräte darstellen, sind SW-Monitore Teil des zu vermessenden Systems. Der damit verbundene Ressourcenverbrauch (Prozessor, Speicher) kann das Ablaufgeschehen im beobachteten System empfindlich stören und die Meßergebnisse verfälschen (der Monitor mißt sich selbst).

Hybrid-Monitor

- Mischform aus Hard- und Software-Monitoring, welche die Vorteile beider Monitoring-Arten vereinen und deren Nachteile soweit als möglich ausschließen soll.

Ziele:

- möglichst geringe Belastung des Objektsystems durch die Monitorroutinen
- umfassende Beobachtungsmöglichkeiten (sowohl hardware- als auch softwarebezogen)

Berechnende Leistungsbewertungsverfahren (Modellierung)

- Im Gegensatz zur beobachtenden Leistungsbewertung, die anhand eines real existierenden Systems durchgeführt wird, beruht die berechnende Leistungsbewertung auf der Auswertung von Modellen.

Ziele:

- Analyse des Systems
- Leistungsvorhersage
- Aufdeckung von Systemengpässen