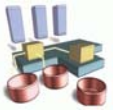
Kap. 1: Einführung

- Anforderungen
  - Leistung
  - Verfügbarkeit
  - Erweiterbarkeit
- Verteilte vs. Parallele DBS
- Arten der Parallelverarbeitung
- Speedup vs. Scaleup
- Amdahl‘s Gesetz



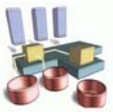
Verteilung und Parallelität

- Ein **verteiltes System** besteht aus autonomen Subsystemen, die oft (weit) entfernt voneinander angeordnet sind, aber koordiniert zusammenarbeiten, um eine gemeinsame Aufgabe zu erfüllen.

  Charakteristisches Kernproblem: ***Mangel an globalem (zentralisiertem) Wissen***

- Ein **paralleles System** besteht aus einer Vielzahl gleichartiger Subsysteme (Komponenten), die lokal zueinander angeordnet sind und nur einen geringen Grad an Autonomie aufweisen.

  Charakteristisch: ***enge und hochgradig parallele Bearbeitung von Nutzeraufträgen***

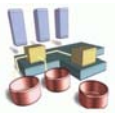


Mehrrechner-Datenbanksysteme

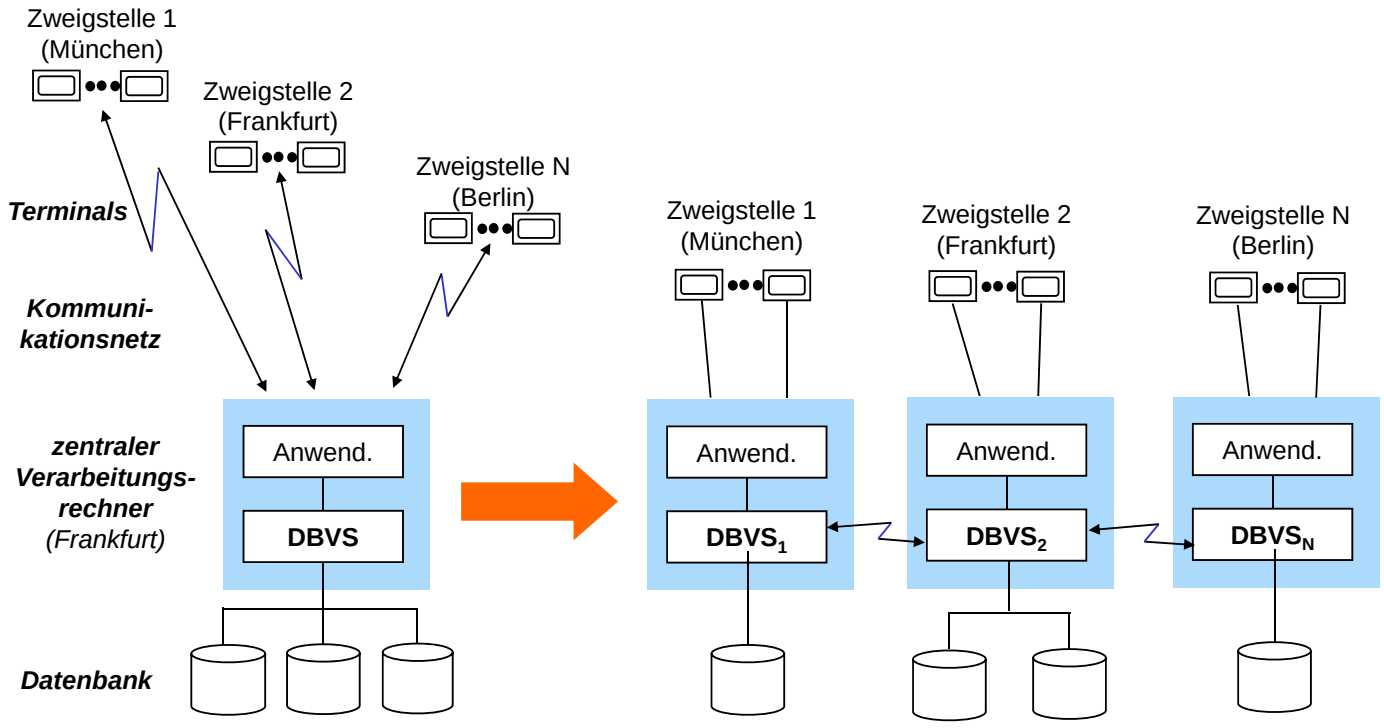
Einsatz mehrerer Rechner/DBVS zur koordinierten Verarbeitung von Datenbankoperationen

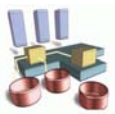
Anforderungen:

- Hohe Leistung: hohe Transaktionsraten, kurze Antwortzeiten
- Modulare Erweiterungsfähigkeit / Skalierbarkeit
  - Durchsatz / Antwortzeiten verbessern sich linear mit Rechnerzahl
- Hohe Verfügbarkeit / Fehlertransparenz
- Koordinierter Zugriff auf unabhängige, heterogene Datenbanken
- Unterstützung geographisch verteilter Datenbanken (Wahrung einer hohen Knotenautonomie)
- Verteiltransparenz für DB-Benutzer (für Anwendungsprogramme bzw. Endbenutzer)
- Hohe Kosteneffektivität
- Einfache Handhabbarkeit / Administrierbarkeit



Von zentralisierten zu verteilten DBS

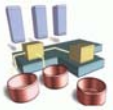




Parallele Datenbanksysteme

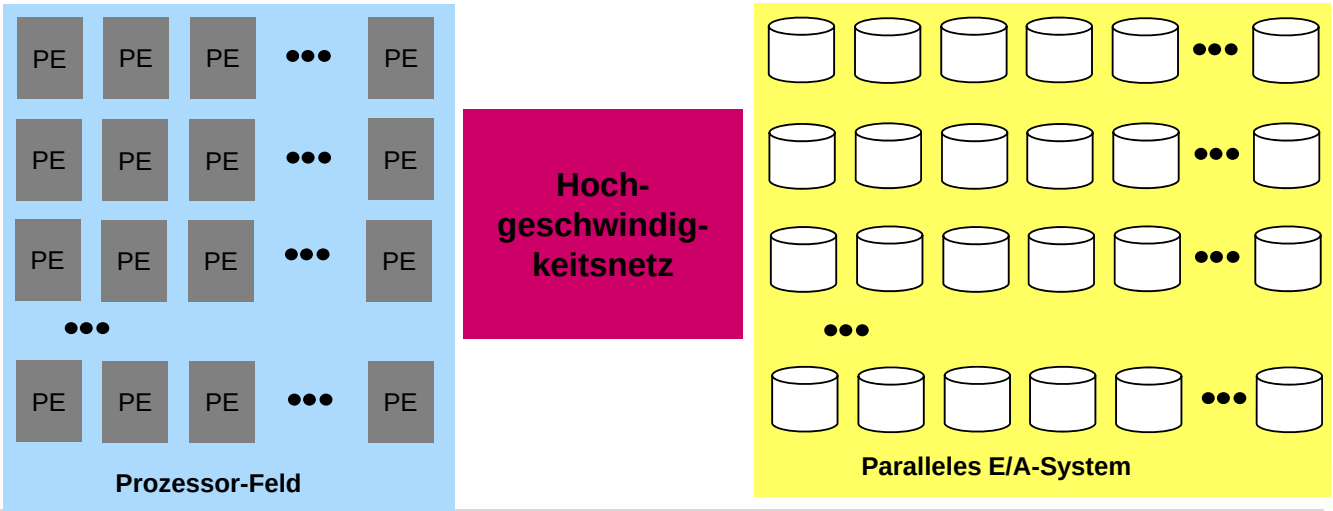
- Typische Leistungsmerkmale bei sequentieller Verarbeitung:
  - Platte 10 MB/s
  - Suchen (Relationen-Scan) 2 MB/s
  - Sortieren 0.2 MB/s
  - Verbund (Join) ?

  Bearbeitungszeit für eine 10 TB Datenbank ?
- *Intra-Transaktionsparallelität*: kurze Antwortzeiten für daten- und/oder berechnungsintensive DB-Anfragen
  - Operationen auf großen Relationen: Scan, Join, ...
  - Data Mining-Auswertungen
  - Multimedia-Anwendungen • • •
- *Inter-Transaktionsparallelität:*
  - hohe Transaktionsraten für OLTP
  - lineares Durchsatzwachstum



Parallele Datenbanksysteme (2)

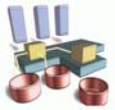
- Spezieller Typ von Mehrrechner-DBS mit den Hauptzielen:
  hohe Leistung, Verfügbarkeit, Skalierbarkeit und Kosteneffektivität
- Architektur
  - Parallelrechner mit hoher Anzahl von Standardprozessoren
  - lokale Verteilung (Cluster)
  - skalierbares Hochgeschwindigkeitsnetzwerk
  - E/A-Parallelität



Anforderungen: Hohe Leistung

- Hohe Transaktionsraten (Durchsatz)
  >> 1000 Transaktionen pro Sekunde (TPS)
  (z.B. vom Typ 'Kontenbuchung')
- Kurze Antwortzeiten
  - Parallelisierung komplexer Anfragen
  - Akzeptanz für Dialogbetrieb

- Ständig steigende Leistungsanforderungen:
  - wachsende Zahl von Benutzern
  - ständiges Wachstum der Datenmengen
  - komplexere Aufträge
  => Einsatz von Mehrrechner-DBS erforderlich



Beispiele für hohe Leistungsanforderungen

- OLTP / E-Commerce
  - mehrere 1000 TPS bei Antwortzeit < 2 s

- Telefonvermittlung
  - pro Telefonat ist Benutzerprofil aus DB zu lesen und Abrechnungssatz zu schreiben
  - oft > 15.000 Transaktionen pro Sekunde; Antwortzeit < 0.2 s

- Entscheidungsunterstützung / Data Warehousing
  - Auswertung komplexer Ad-Hoc-Anfragen auf TB von Daten
  - Durchsatz von 10 Queries pro Sekunde mit Antwortzeit < 30 s

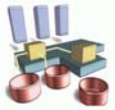
- Bio-Datenbanken (z.B. Clusteranalyse auf Genexpressionen)
  ...

Anforderungen: Hohe Verfügbarkeit

- Ziel: Continuous Operation (24x7)
  - zumindest Tolerierung aller Einfachfehler
- Voraussetzungen:
  - redundante Systemkomponenten (Fehlertoleranz)
    - HW- und SW-Komponenten
    - Daten (Log, Spiegelplatten, replizierte DB)
  - automatische Fehlererkennung und –behandlung
  - Umkonfigurierbarkeit im laufenden Betrieb
- MTBF (meantime between failures):

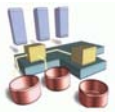
  konventionelle Systeme: ca. 10-20 Tage

  fehlertolerante Systeme: > 10 Jahre
- Verfügbarkeit = MTBF / (MTBF + MTTR)



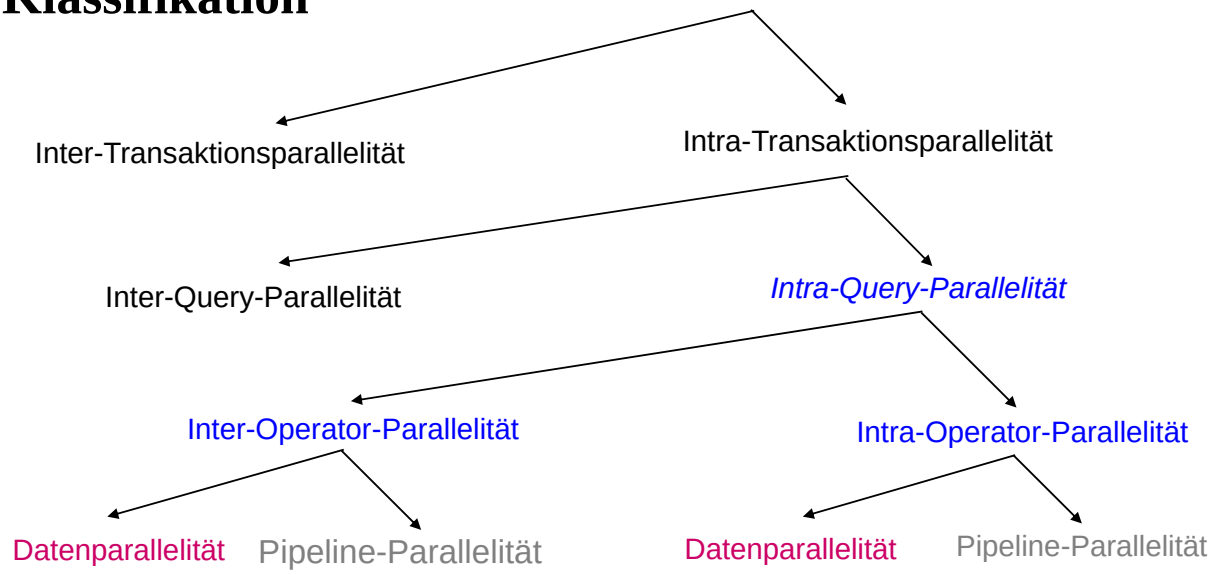
Analyse von Ausfallursachen

- empirische Auswertungen, u.a. bei Tandem-Anlagen
- starke Verbesserungen bei Hardware
- zunehmende Automatisierung bei Operating
- Software-Fehler zunehmend dominierende Ausfallursache
  - stark wachsender Umfang an Anwendungs- und System-SW
  - gestiegene SW-Komplexität
  - Zunehmende Zahl von Abhängigkeiten zu anderen Programmen und Hardware-Varianten
  - Testen skaliert nicht; unzureichend für hohe Software-Qualität

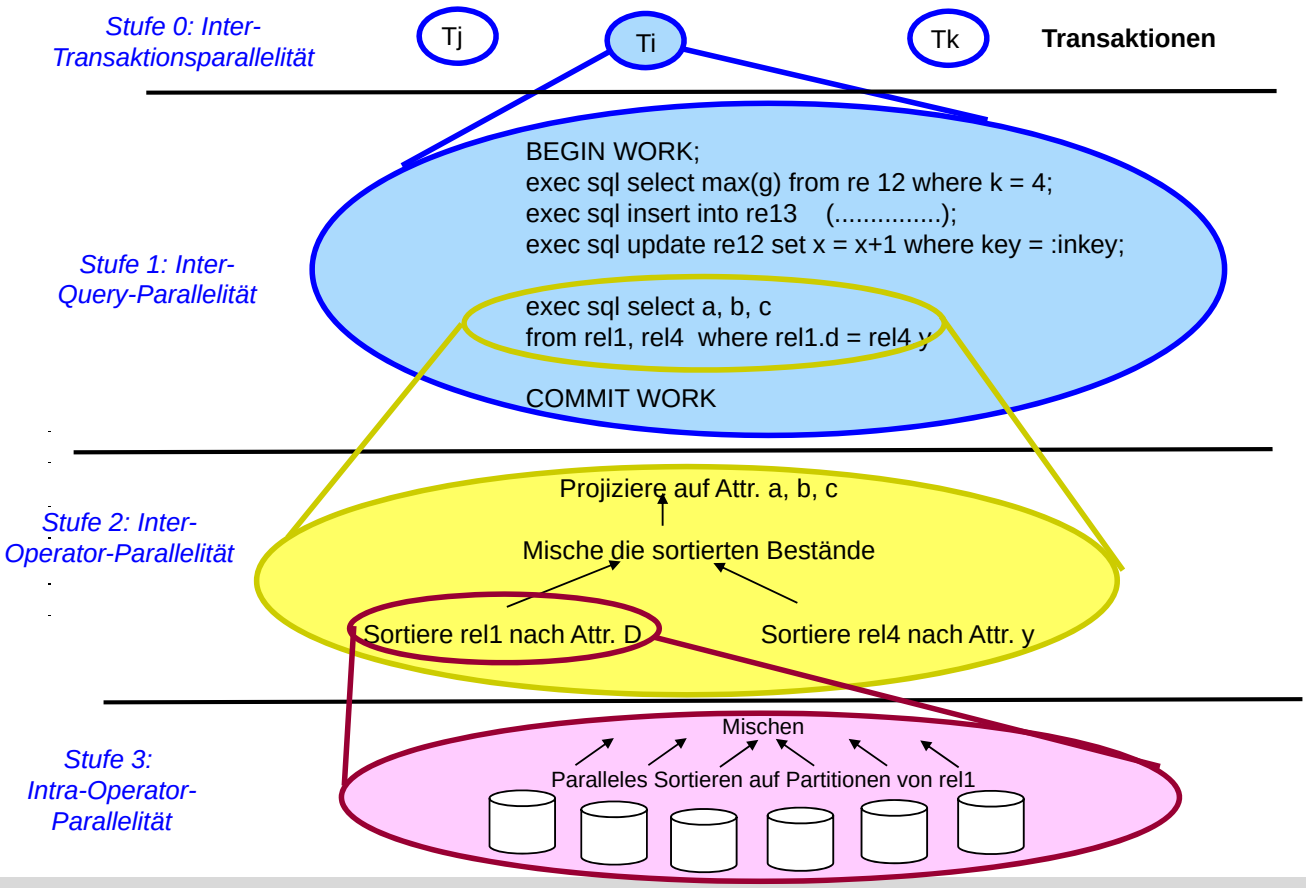


Arten der Parallelität

- Unterscheidungsmerkmale
  - Granularität der Parallelarbeit: Transaktion, Query, Operator
  - Datenparallelität vs. Funktionsparallelität (Pipeline-Parallelität)
  - Verarbeitungs- vs. E/A-Parallelität
- **Klassifikation**

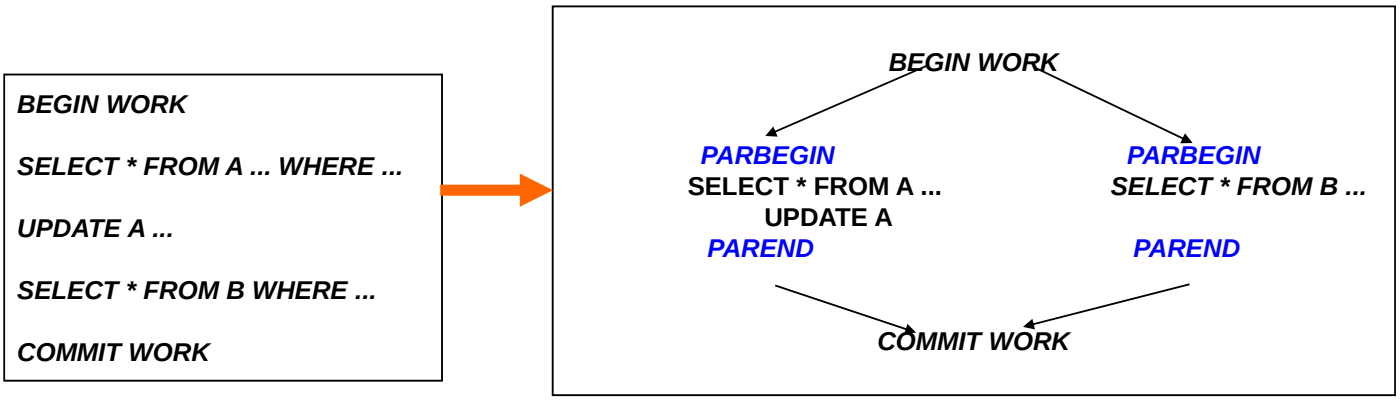


Gleichzeitiger Einsatz mehrerer Parallelisierungsarten

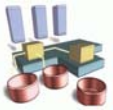


Inter-Query-Parallelität

- Parallele Bearbeitung unabhängiger DB-Operationen (Queries) eines Transaktionsprogrammes
- Programmierer muss Parallelisierung spezifizieren

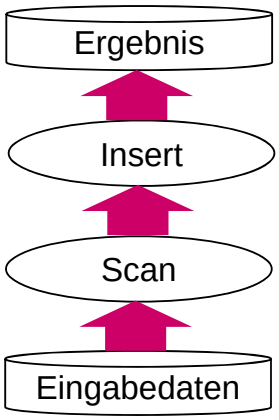


- nur begrenzter Parallelitätsgrad möglich

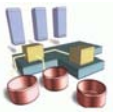


Pipeline-Parallelität

- Datenfluss-Prinzip zum Datenaustausch zwischen Operatoren / Teiloperatoren
- frühzeitige Weitergabe von Tupeln bei Zwischenergebnissen
- Einsatz vor allem bei Inter-Operator-Parallelität
- Pipeline-Unterbrechung bei Operatoren, die vollständige Eingabe zur Ergebnisberechnung verlangen:
  - Sortierung
  - Duplikateleliminierung
  - Gruppierung (GROUP BY)
  - Aggregatfunktionen, etc.
- Pipelines oft sehr kurz (≤ 10 Operatoren)



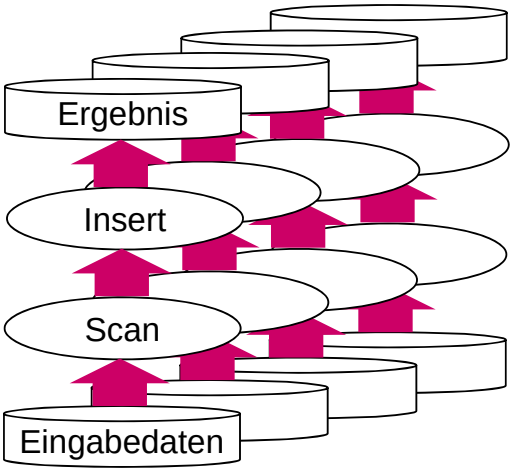
Pipeline-Parallelität



Daten-Parallelität

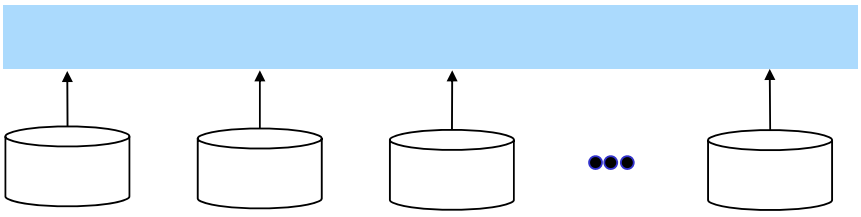
- basiert auf breiter (horizontaler) Datenverteilung (Declustering)
- parallele Bearbeitung von Teiloperationen auf disjunkten Datenmengen
- Parallelitätsgrad kann mit Datenumfang gesteigert werden
- Kombinierbar mit Pipeline-Parallelität

Daten- und Pipeline-Parallelität



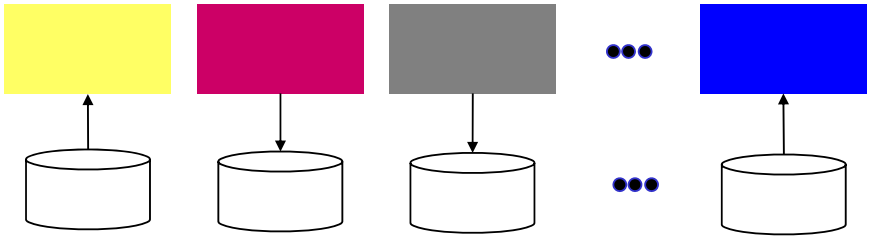
E/A-Parallelität

- Voraussetzung: Declustering von Dateien über mehrere Platten
- *Intra-E/A-Parallelität* (Zugriffsparallelität)



Parallele Ausführung eines E/A-Auftrags (wichtig für Datenparallelität)

- *Inter-E/A-Parallelität* (Auftragsparallelität)



Parallele Ausführung unabhängiger E/A-Aufträge verschiedener Platten (wichtig für Inter-Transaktions-Parallelität, Inter-Query-Parallelität)

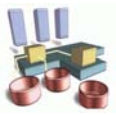
Leistungsmaße für Parallelverarbeitung: Speedup

- Vorgabe: konstante Datenbankgröße
- ***Antwortzeit-Speedup*** (batch speedup) misst Antwortzeitverbesserung für komplexe Operationen durch Parallelverarbeitung

Antwortzeit-Speedup (N) =

$$\frac{\text{Antwortzeit bei 1 Rechner}}{\text{Antwortzeit bei N Rechnern}}$$

- Ziel: lineare Antwortzeitverkürzung mit wachsender Rechneranzahl durch Einsatz von Intra-Transaktionsparallelität



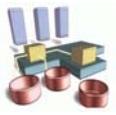
Scaleup (1)

- Vorgabe: Datenbankgröße wächst linear mit der Rechneranzahl
- ***Durchsatz-Scaleup*** (OLTP scaleup) misst relatives Durchsatzwachstum (bei gegebener Antwortzeitrestriktion)

Durchsatz-Scaleup (N) =

$$\frac{\text{Transaktionsrate bei N Rechnern}}{\text{Transaktionsrate bei 1 Rechner}}$$

- Ziel: lineares Wachstum durch Nutzung von Inter-Transaktionsparallelität

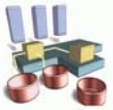


Scaleup (2)

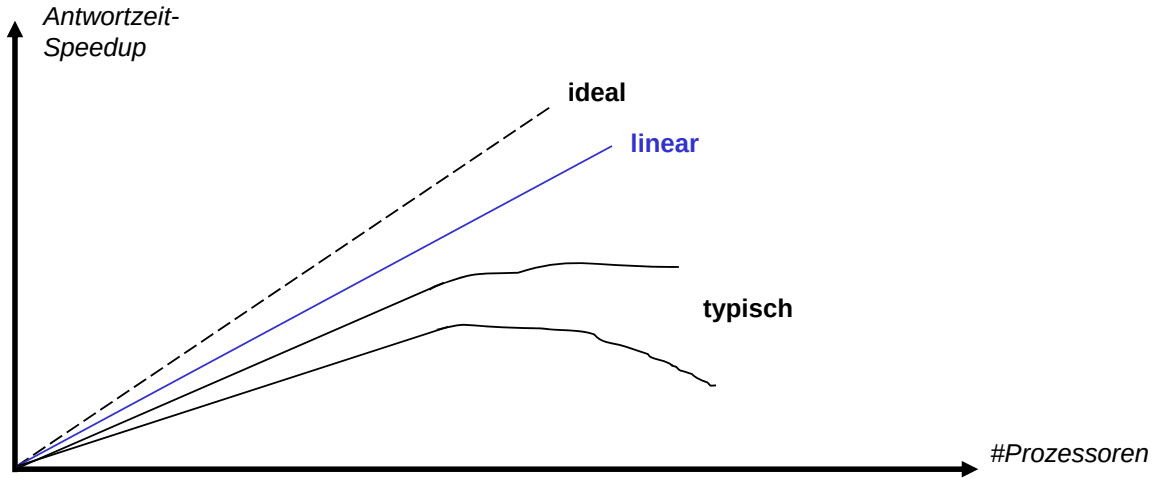
- Antwortzeit-Scaleup (batch scaleup) misst Antwortzeitveränderung für komplexe Operationen auf unterschiedlichen Datenmengen

$$\text{Antwortzeit-Scaleup (N)} = \frac{\text{Antwortzeit bei N Rechnern}}{\text{Antwortzeit bei 1 Rechner}}$$

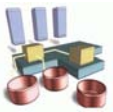
- Ziel: gleichbleibende Antwortzeit trotz wachsender DB durch Intra-Transaktionsparallelität



Grenzen der Skalierbarkeit



- maximale inhärente Parallelität ist begrenzt
- Startup- und Terminierungs-Overhead
- Interferenzen bei physischen und logischen Ressourcen
  - Überlastung einzelner Rechner, Sperrkonflikte, beschränkte Partitionierbarkeit von Daten und Transaktionen / Anfragen
- Varianz (Skew) in den Ausführungszeiten der Teilaufgaben



Amdahls Gesetz

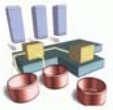
- Speedup ist begrenzt durch nicht-optimierte (sequentielle) Komponenten der Antwortzeit

$$\text{Antwortzeit-Speedup} = \frac{1}{(1 - F_{opt}) + \frac{F_{opt}}{S_{opt}}}$$

F_{opt} = Anteil der optimierten Antwortzeitkomponente $(0 \leq F_{opt} \leq 1)$

S_{opt} = Speedup für optimierten Antwortzeitanteil

- Beispiel: 5% sequentieller Anteil ->



Zusammenfassung

- wesentliche Klassen von MRDBS: Verteilte DBS und Parallele DBS
- Parallele DBS: skalierbare Architektur mit lokaler Verteilung
  - Hohe Leistungsfähigkeit (hohe Transaktionsraten, Parallelisierung komplexer Anfragen)
  - Unterstützung sehr großer DB
  - Hohe Verfügbarkeit und Fehlertoleranz in allen Komponenten
  - Modulare Erweiterungsfähigkeit, u. a.
- Unterstützung unterschiedlicher Arten von Intra-Transaktionsparallelität
- Speed-Up und Scale-Up-Metriken zur Parallelverarbeitung
- Verteilte DBS: Unterstützung ortsverteilter DBS mit höherer Autonomie einzelner Knoten