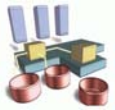
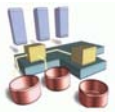
2. Klassifikation von Mehrrechner-DBS

- Merkmale für PDBS/VDBS
  - ***Räumliche Verteilung***: ortsverteilt oder lokal
  - ***Rechnerkopplung***: enge, lose oder nahe Kopplung
  - ***Externspeicheranbindung***: partitioniert oder gemeinsam ('shared')
- Weitere Klassifikationsmerkmale
  - Funktionale Spezialisierung vs. funktionale Gleichstellung
  - Integrierte vs. föderierte MRDBS; homogene vs. heterogene DBS
  - Systemansätze zur Datenintegration
- Grobbewertung von MRDBS-Alternativen
- PDBS-Architekturen
  - Scale-Up vs. Scale-Out
  - Shared-Nothing vs. Shared-Disk



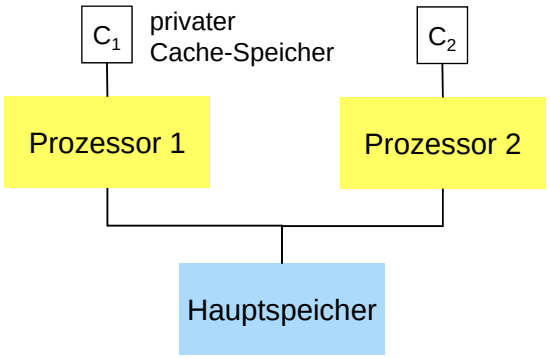
Räumliche Verteilung

- ortsverteilt:
  - unterstützt dezentrale Organisationsstrukturen mit i. a. hohen Autonomieerfordernissen
  - unterstützt Katastrophen-Recovery (replizierte DB an entfernten Knoten)
  - relativ langsame Kommunikation
    - Signallaufzeiten > 100 ms
    - aufwändige Protokolle (> 10.000 Instruktionen pro Send/Receive)
- lokal:
  - schnelle Rechnerkopplung (gemeinsame Speicher bzw. Hochgeschwindigkeitsnetz)
  - effektive dynamische Lastverteilung möglich
  - bessere Voraussetzungen für Intra-Transaktionsparallelität
  - einfachere Administration

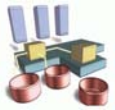


Enge Rechnerkopplung (tightly coupled systems)

- Eigenschaften
  - Gemeinsamer Hauptspeicher
  - 1 Kopie von Software-Komponenten (BS, DBVS. Anwendungen)
  - HW-Cache pro Prozessor

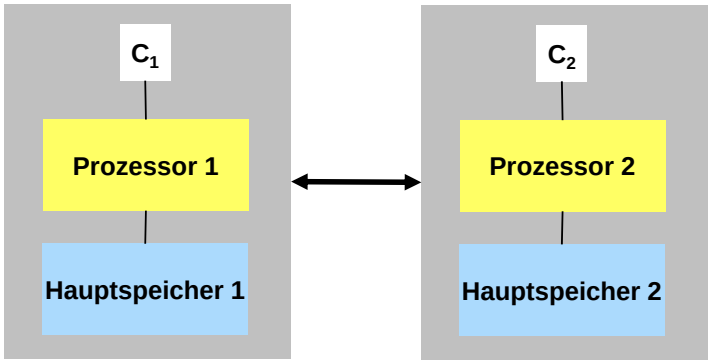


- Vorteile:
  - weit verbreitet
  - wenig neue DB-Probleme (DBS-Ausführung in mehreren Prozessen)
  - effiziente Kommunikation über Hauptspeicher
  - Lastbalancierung durch Betriebssystem
  - Single System Image
- Nachteile:
  - Mangelnde Fehlerisolation
  - begrenzte Erweiterbarkeit und Skalierbarkeit (meist N < 10)
  - Cache-Kohärenz

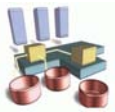


Lose Rechnerkopplung (loosely coupled systems)

- Eigenschaften
  - N selbständige Rechner (pro Knoten eigener Hauptspeicher, eigene Software-Kopien)
  - Kommunikation über Nachrichtenaustausch

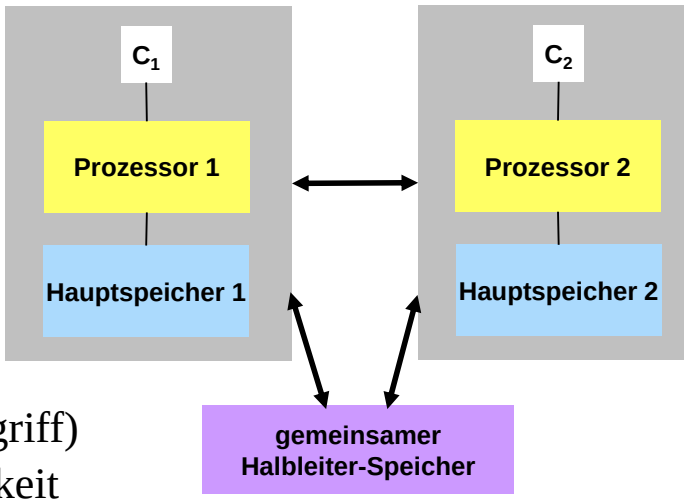


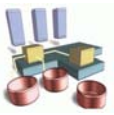
- Vorteile:
  - höhere Fehlerisolation/Verfügbarkeit
  - bessere Erweiterbarkeit
- Nachteile:
  - Nachrichtenaustausch aufwendig (Kommunikations-Overhead)
  - kein ’single system image’



Nahe Rechnerkopplung (closely coupled systems)

- Kompromiß zwischen enger und loser Kopplung
  - effizientere Kommunikation als mit loser Kopplung unter Beibehaltung einer ausreichenden Fehlerisolation und Erweiterbarkeit
- Merkmale
  - N selbständige Rechnerknoten
  - gemeinsame Halbleiter-Speicherbereiche
  - lokale Rechneranordnung
- Speichereigenschaften
  - schneller, synchroner Zugriff (kein Prozeßwechsel während Zugriff)
  - i.a. keine Instruktionsadressierbarkeit
  - ggf. nichtflüchtig
- Unterstützung z.B in IBM z/OS-Mainframes





Externspeicheranbindung

gemeinsam:

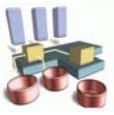
jeder Prozessor kann alle Externspeicher / Daten direkt erreichen

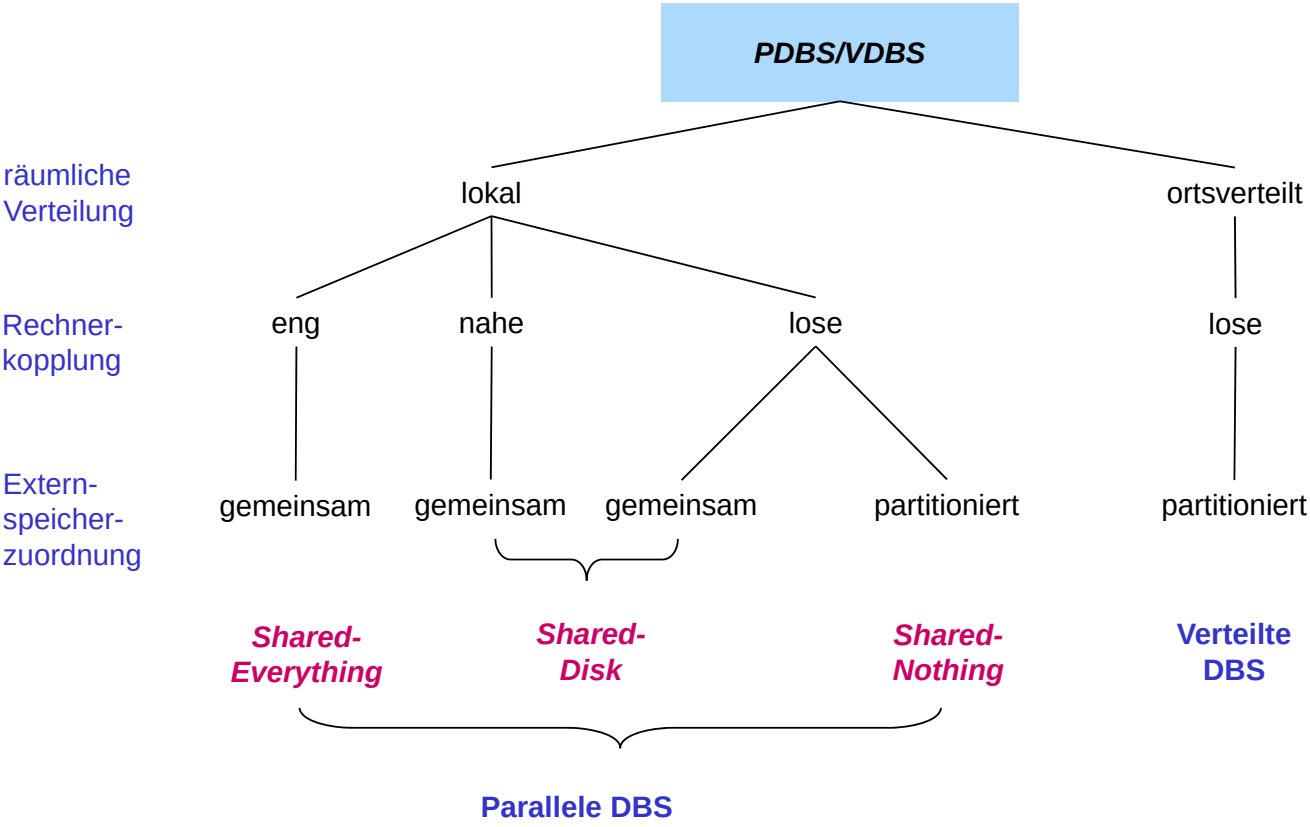
- lokale Rechneranordnung
- lose oder nahe Kopplung bzw. enge Kopplung
- hohes Potential zur Lastbalancierung

partitioniert:

Externspeicher sind primär nur je einem Knoten zugeordnet

- lokale oder ortsverteilte Rechneranordnung
- i. a. lose Rechnerkopplung
- verteilte Transaktionsausführung, um auf entfernte Daten zuzugreifen



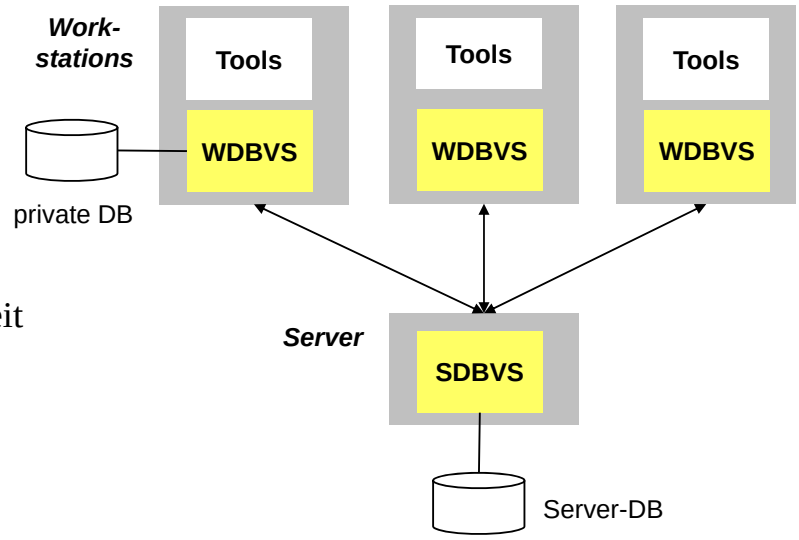


Verteilung der Funktionalität

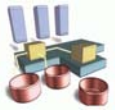
- funktionale Gleichstellung („horizontale Verteilung“)
  - jeder Knoten besitzt gleiche Funktionalität bzgl. DB-Verarbeitung
  - i.a. vollständige DBVS pro Knoten
  - Replikation der Funktionen
- funktionale Spezialisierung („vertikale Verteilung“)
  - Partitionierung von Funktionen
  - Beispiele:
    - *DB-Maschinen* mit Spezialprozessoren für bestimmte DB-Funktionen (Join-Prozessor, Sortier-Prozessor, etc.)
    - Workstation/Server-DBS
    - Web-Informationssysteme (Multi-Tier-Architekturen) mit DB-Server und DB-Verarbeitung auf Applikations-Server
    - Datenintegrationsansätze, z.B. Föderierte DBS mit Query-Mediator
  - Spezialisierung erschwert Lastbalancierung, Erweiterbarkeit und Fehlertoleranz
- Mischformen: Partitionierung und Replikation von DBS-Funktionen

Workstation/Server-DBS

- OODBS, Ingenieur-Anwendungen
  - DB-gestützte Verarbeitung großer, komplex-strukturierter Datenmengen in der Workstation
  - hohe Rereferenz-Wahrscheinlichkeit bei den Daten
  - lange Transaktionen

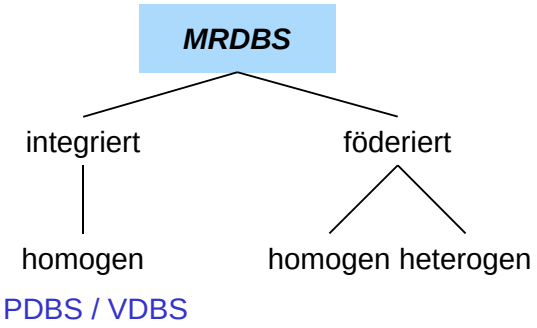


- funktionale Spezialisierung
  - Datenverwaltung in Workstation und Server
  - Workstation-Objektpuffer: Einsparung von Kommunikationsvorgängen
  - lokale Ausführung von Anfragen und Methoden
  - globale Aufgaben auf dem Server: Logging, Synchronisation, …

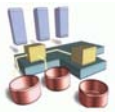


Integrierte vs. Föderierte MRDBS

- Integrierte Mehrrechner-DBS
  - 1 logische Datenbank: DB-Zugriff wie im zentralen Fall (Verteiltransparenz für AP)
  - Top-Down-Ansatz zur Verteilung einer DB
  - homogenes MRDBS (z. B. identische DBVS-Instanzen)
  - geringe Autonomie für beteiligte DBVS
  - Beispiel: Verteilte DBS, Parallele DBS



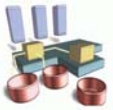
- Föderierte (föderative) Mehrrechner-DBS
  - Bottom-Up-artige Kopplung existierender Datenbanken
  - weitgehend unabhängige DBVS mit privaten konzeptionellen DB-Schemata
  - partielle Zulassung externer Zugriffe (Kooperation)
  - Heterogenität bei Datenmodellen und Transaktionsverwaltung möglich
  - Probleme mit semantischer Heterogenität
  - Verteilungstransparenz i.a. nur bedingt erreichbar



Nutzung verteilter Datenquellen

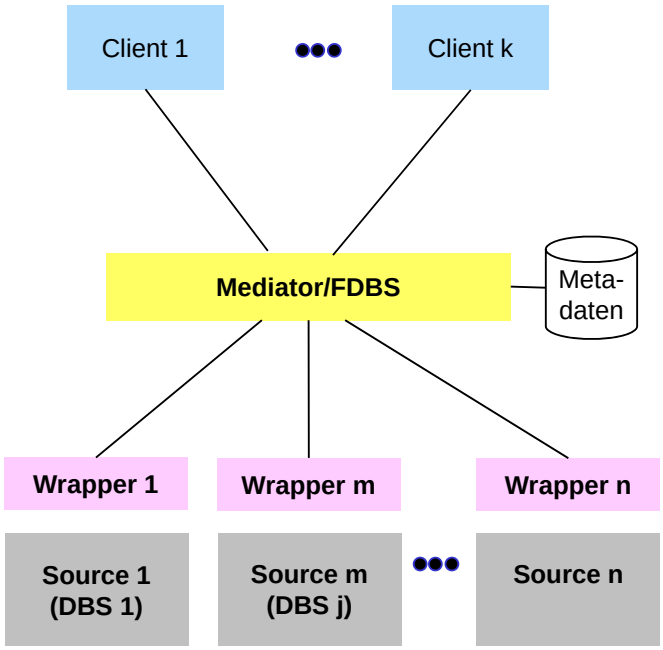
- Suchmaschinen, v.a. für unstrukturierte Daten
  - Weltweit, unternehmensweit (enterprise search), desktop search
- Entity-Suchmaschinen
  - Fokus auf bestimmte Objekttypen (Produkte, Personen, Publikationen, …)
  - Bsp.: Google Produktsuche, Google Scholar
- Anwendungsintegration /Enterprise Application Integration)
  - z.B. über Web Services
  - Mashups

- Datenintegration
  - Virtuelle Integration (föderierte DBS, Mediator/Wrapper-Ansätze)
  - Physische Integration (Data Warehousing)
  - Dezentrale Ansätze ohne globales Schema (zB Peer-to-Peer-Architekturen, Linked Data)

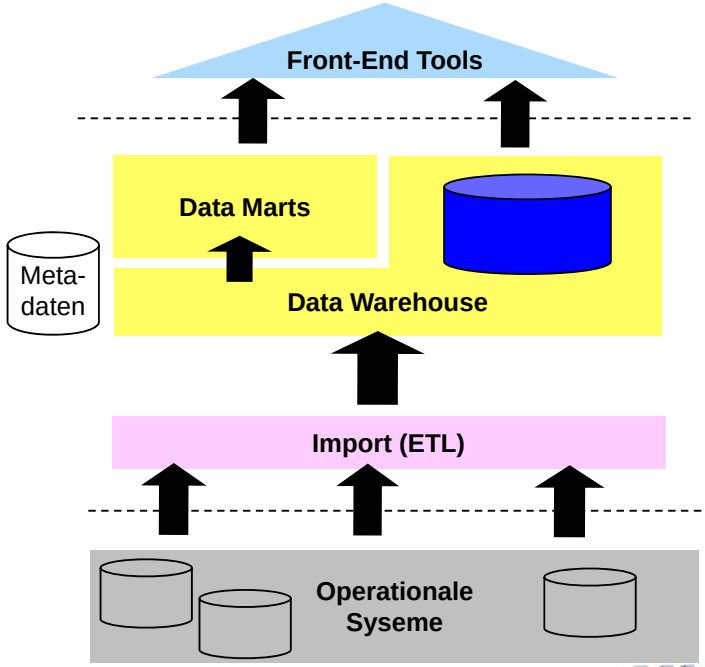


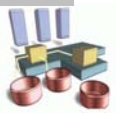
Grundlegende Alternativen zur Datenintegration

Virtuelle Integration
(Mediator/Wrapper-Architekturen, föderierte DBS)

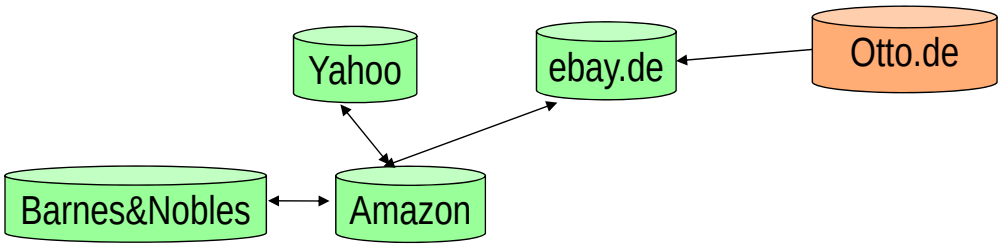


Physische (Vor-) Integration
(Data Warehousing)



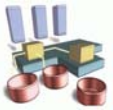


Peer-to-Peer-Integration



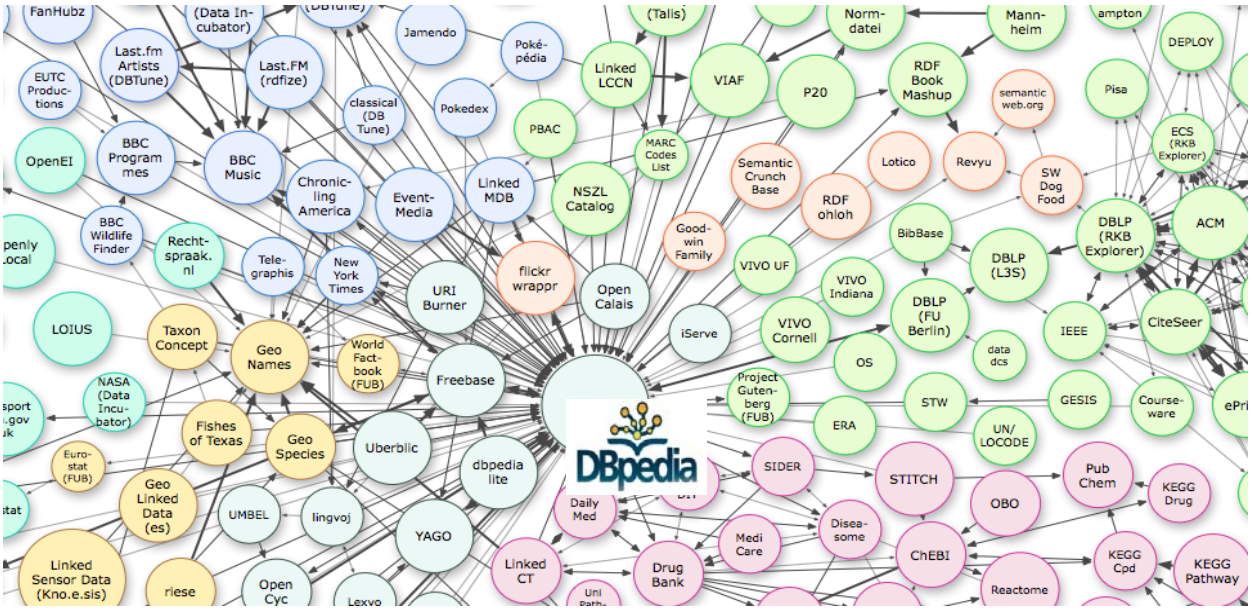
- Bidirektionale Verknüpfung von Datenquellen anstelle einem globalem Schema
- Propagieren von Anfragen zu Nachbarknoten

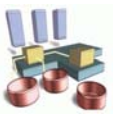
- Einfachere Erweiterung um neue Quellen



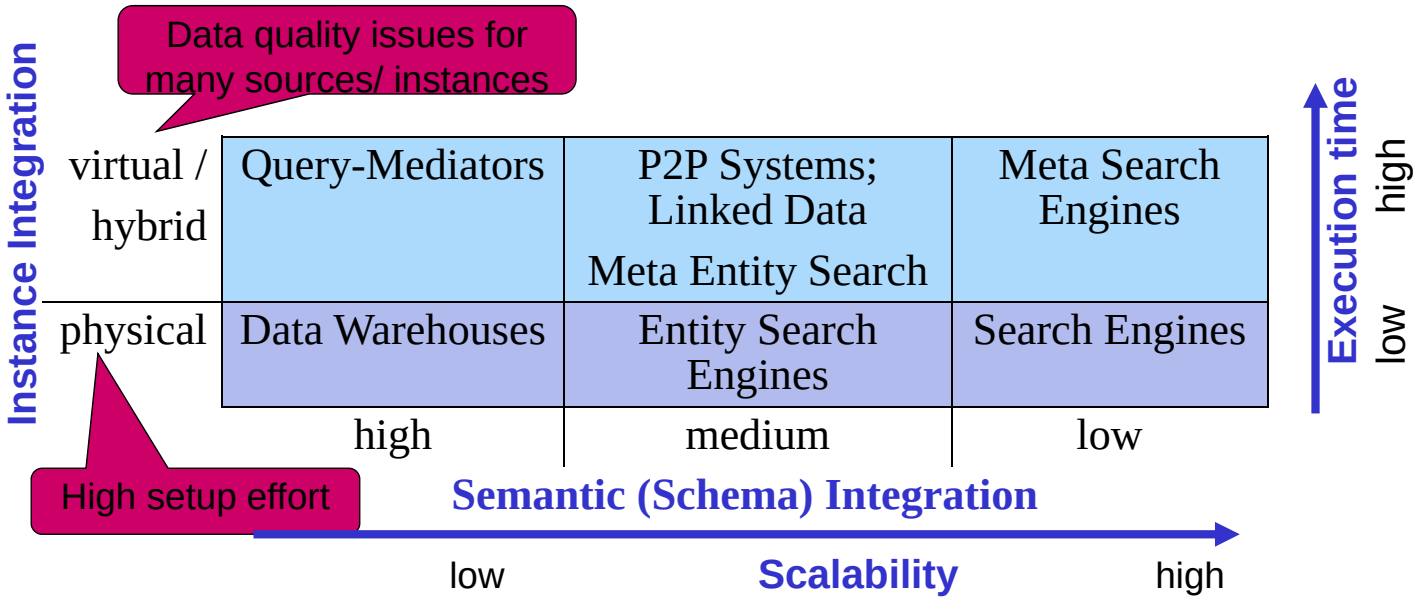
Linked Open Data

- Vernetzte RDF-basierte Datenquellen
- Links (Mappings) zwischen Instanzen und Ontologie-Konzepten ermöglichen Datenintegration

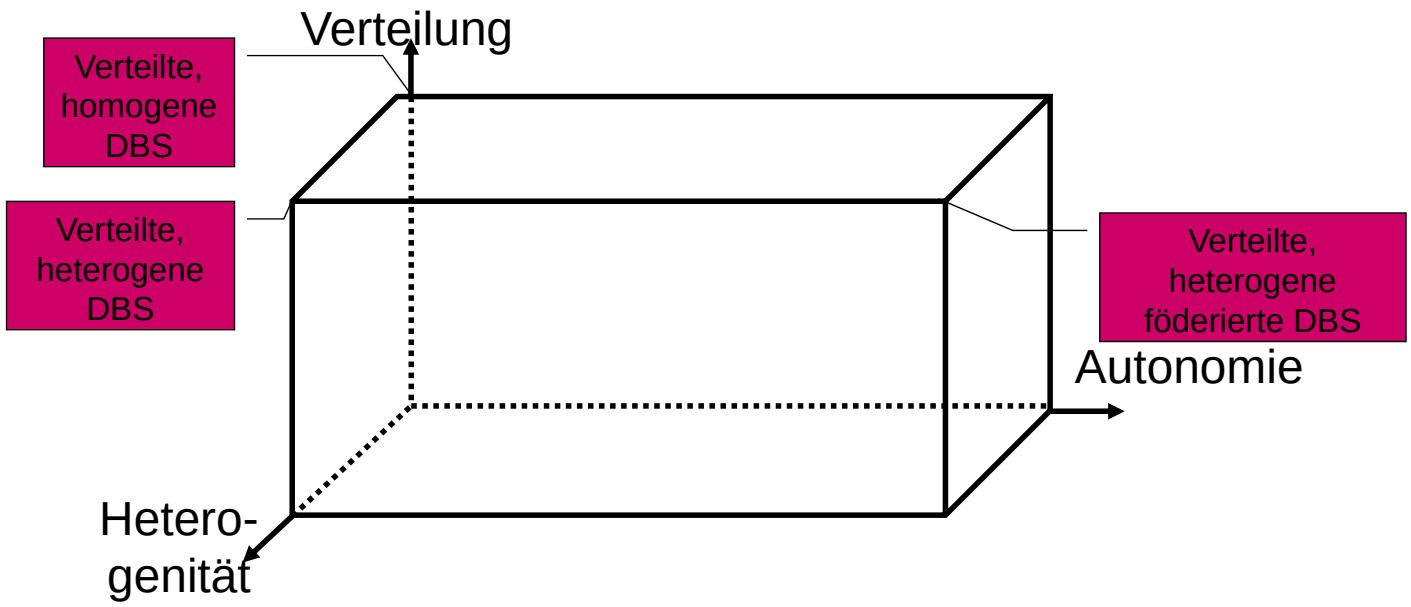




Integration heterogener Daten: Alternativen

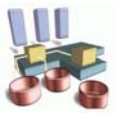


Klassifikation nach Özsu/Valduriez

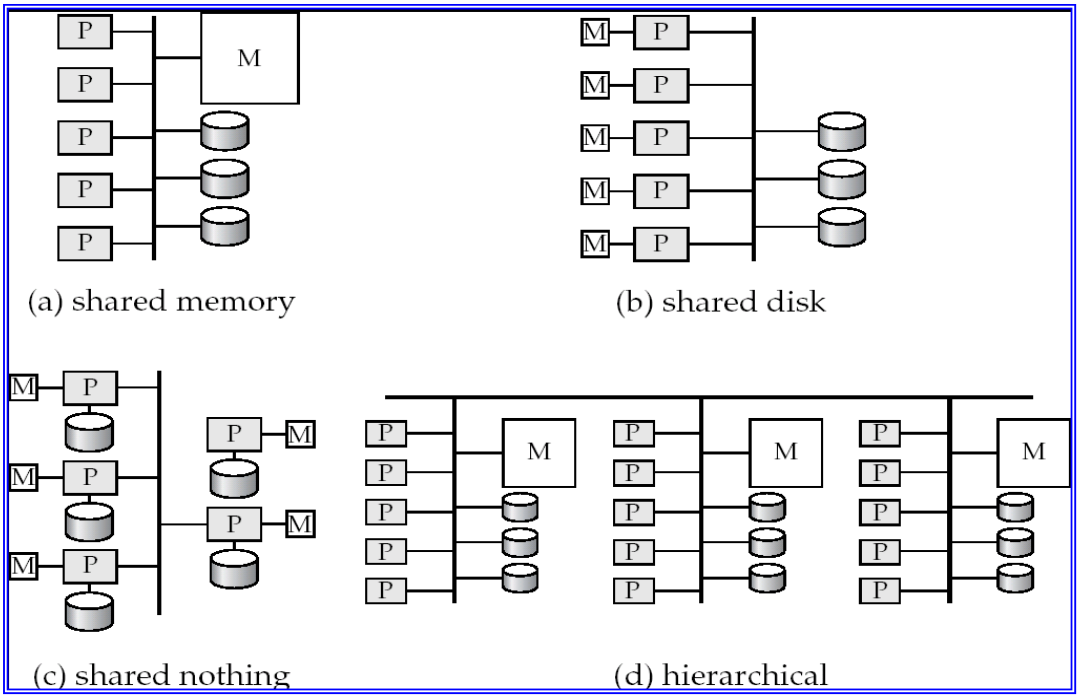


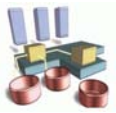
Grobbewertung von Mehrrechner-DBS

	Parallele DBS (SD, SN)	Verteilte DBS	Föderierte DBS
Hohe Transaktionsraten	++	o/+	o
Intra-TA-Parallelität	++	o/+	-/o
Erweiterbarkeit	+	o/+	o
Verfügbarkeit	+	+	-
Verteilungstransparenz	++	+	o
Geographische Verteilung	-	+	+
Knotenautonomie	-	o	+
DBS-Heterogenität	-	-	+
Administration	o	-	-/--



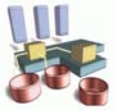
Parallele Datenbankarchitekturen





3 Stufen der Verteilung

1. Scale-Up: mehrere Prozessoren innerhalb von 1 Knoten (Shared Everything)
   - Sehr effiziente Kommunikation; Datenaustausch über Haupt- oder Externspeicher
   - Direkter Zugriff auf gesamte Datenbank für alle DBMS-Instanzen; zentrale Datenstrukturen (Sperrtabelle, DB-Puffer, etc.)
   - Vglw. einfache DB-Administration
   - Wird von allen DBS-Herstellern unterstützt (Microsoft, Oracle, IBM ...)
   - Begrenzte Erweiterbarkeit und Verfügbarkeit
   - SMP-Leistungsfähigkeit reicht für Mehrzahl von Datenbanken
   - Relativ hohe Kosten im High-End-Bereich
2. Scale-Out: SN/SD/Hybrid-Cluster
   - Hohe Skalierbarkeit durch unabhängige Rechnerknoten (kein gemeinsamer Hauptspeicher, lokale Software)
3. Verteiltes DB-Mirroring (für SE, SD oder SN)



Skalierbarkeit: Scale-Up vs. Scale-Out*

"Scale Up"
- Schnellere SMP-Knoten
- Shared Everything

"Scale Out"
- N unabhängige Rechner (z.B. Commodity-Server)
- Hinzufügen neuer Server nach Bedarf
- Shared Nothing oder Shared Disk (Cluster)

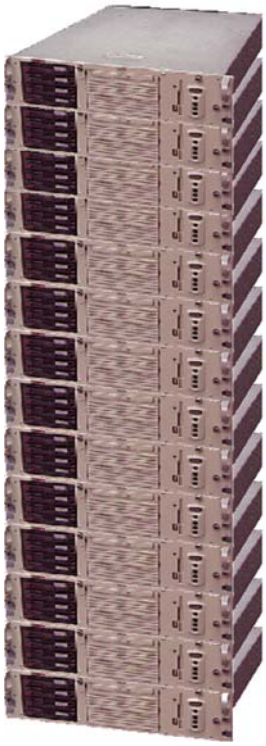
* B, Devlin, J. Gray, B. Laing, G. Spix: Scalability Terminology, MS Tech Report, Dec. 1999

Scale-Out

- Sehr viele preiswerte Standard-Knoten (Blades)
  - Geringer Administrationsaufwand
  - Leichte Erweiterbarkeit
  - Ausreichend für gut partitionierbare Lasten aus einfachen Operationen
  - Bsp.: Google

Vs.

- Moderate Zahl von High-End-Servern



DB-Mirroring für Hochverfügbarkeit

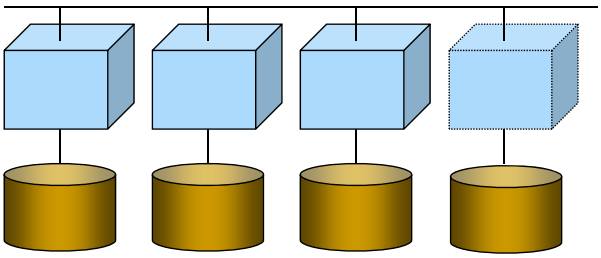
DB-Änderungen

Primärsystem

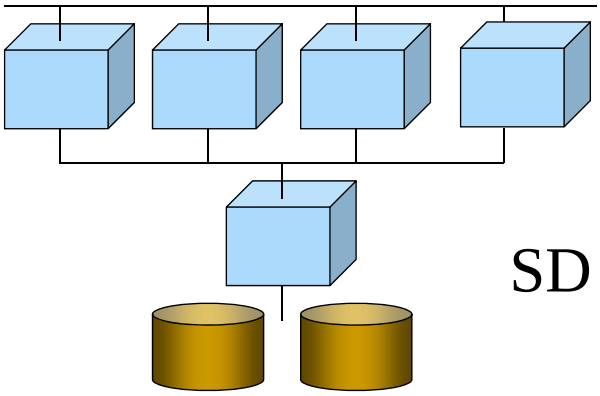
Sekundärsystem

- Komplette DB-Kopie an entferntem System
- Fortlaufende Übertragung aller Änderungen aus Primärsystem (z.B. Log-Transfer) und Anwendung auf Kopie
- Schutz auch gegenüber Katastrophen
- Anwendbar für alle PDBS-Architekturen im Primärsystem: SE (z.B. MS SQL-Server 2005), SN, SD und Kombinationen

Shared Nothing (SN) vs. Shared Disk (SD)



SN



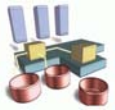
SD

- ❖ **Teradata**
- ❖ **IBM DB2 (Windows, Unix)**
- ❖ **Oracle**
- ❖ **IBM DB2 Mainframe**

- SN auf SD-Hardware realisierbar und umgekehrt
- Wesentlich ist Sicht der DBMS-Instanzen

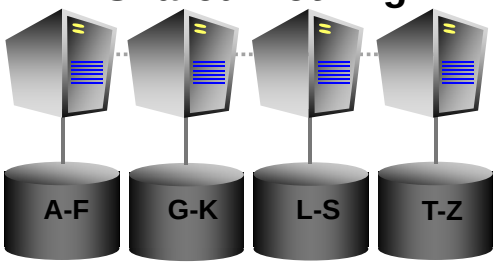
  SN: Partitionierung der Datenbank unter den DBMS-Instanzen mit daraus abgeleiteter Anfrage- und Transaktionsverarbeitung

  SD: direkter Zugriff auf gesamte DB für jedes DBMS; lokale Puffer und Sperrtabellen, Datenaustausch über Externspeicher bzw. Nachrichten

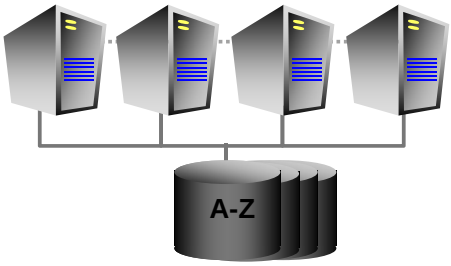


SN vs. SD: Leistungsfähigkeit

Shared-Nothing



Shared-Disk



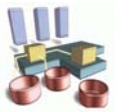
Statische Datenpartitionierung bestimmt Ausführungsort von DB-Operationen und damit Kommunikationsaufwand

Geringe Möglichkeiten zur dynamischen Lastbalancierung

Hohe Flexibilität zur Parallelisierung und Lastbalancierung aufgrund Erreichbarkeit aller Daten von jedem Knoten

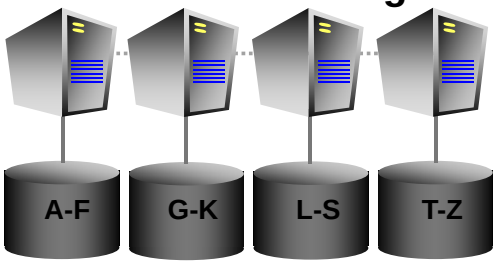
Hoher Aufwand für Synchronisation und Kohärenzkontrolle

- Lokalität ermöglicht Einsparungen
- Nahe Kopplung reduziert Overhead

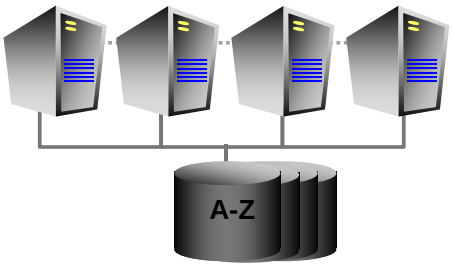


SN vs. SD: *Erweiterbarkeit*

Shared-Nothing



Shared-Disk

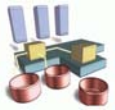


Hinzufügen neuer Knoten hardwareseitig einfach (viele Knoten sind möglich)

Neuer Rechner erfordert physische Neuaufteilung der Datenbank (N -> N+1)

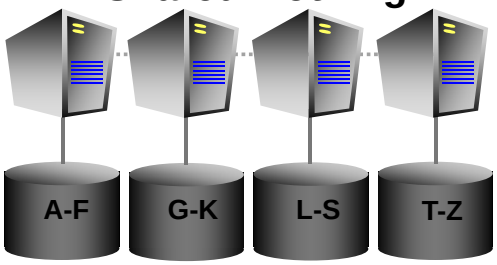
Keine physische (Neu-) Aufteilung der DB bei neuem Rechner

Direkte Plattenanbindung kann Rechneranzahl begrenzen

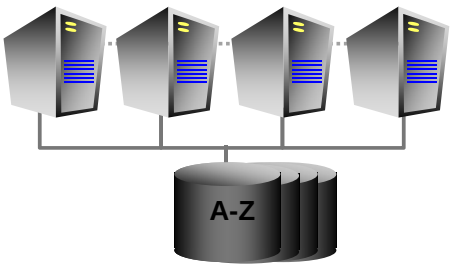


SN vs. SD: Recovery

Shared-Nothing



Shared-Disk

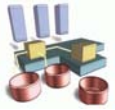


Übernahme/Recovery der betroffenen Partition durch anderen Rechner vorzusehen (ggf. Überlastungsgefahr)

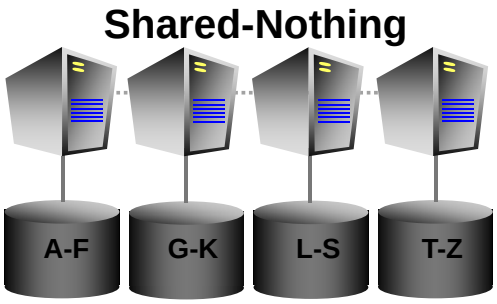
Gesamte DB bleibt nach Rechnerausfall erreichbar

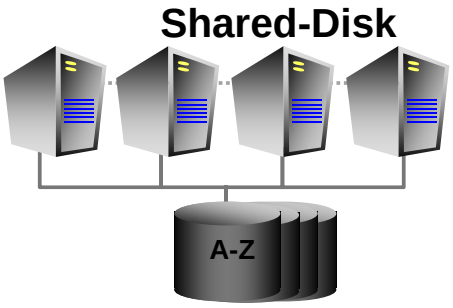
Komplexe Crash-Recovery

Erstellung einer globalen Log-Datei

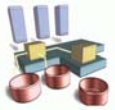


SN vs. SD: *Technische Probleme*



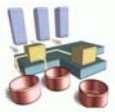


DB-Partitionierung bzgl. Rechner	DB-Partitionierung bzgl. Platten
Verteilte und parallele Anfrageverarbeitung	Parallele Anfrageverarbeitung
Verteiltes Commit-Protokoll	Globale Synchronisation
Globale Deadlock-Behandlung	Kohärenzkontrolle
	Globaler Log, Crash-Recovery
	Lastbalancierung
Administration	Administration
Katastrophen-Recovery ...	Katastrophen-Recovery ...



Zusammenfassung

- Vielfältige Anforderungen an Mehrrechner-Datenbanksysteme führen zu verschiedenen Architekturtypen:
  - Parallele DBS, Verteilte DBS, Workstation/Server-DBS, Föderierte DBS, Data Warehouses …
- Klassifikationsmerkmale
  - Räumliche Verteilung, Rechnerkopplung, Externspeicheranbindung, Integrierte vs. föderierte und homogene vs. heterogene DBS, funktionale Spezialisierung vs. Gleichstellung
- Parallele DBS:
  - Ziele: hohe Transaktionsraten, kurze Antwortzeiten, hohe Verfügbarkeit, Skalierbarkeit, Kosteneffektivität
  - Lokale Rechneranordnung: effiziente Kommunikation, dynamische Lastbalancierung, effiziente Parallelisierung komplexer Anfragen
  - Hauptansätze: Shared-Everything, Shared-Disk, Shared-Nothing
- Verteilte DBS: räumlich verteilte, integrierte MRDBS (globales Schema)



Zusammenfassung (2)

- Mehrrechner-DBS mit funktionaler Spezialisierung
  - z.B. Workstation/Server-DBS, Multi-Tier-Architekturen
  - Nutzung von Spezial-Hardware („Datenbank-Maschinen“) weitgehend gescheitert: geringe Kosteneffektivität, Funktionalität und Flexibilität
- Virtuelle Datenintegration
  - Föderierte DBS / Query-Mediatoren / Peer-DBS / Linked Data
  - Bewahrung einer relativ hohen Knotenautonomie
- Data Warehouses: physische Integration heterogener Datenbanken
  - Data Warehouse kann durch zentrales DBS oder PDBS verwaltet werden
- PDBS-Vergleich
  - Skalierbarkeit: Scale-Up (SE) einfacher umsetzbar als Scale-Out
  - DB-Mirroring für Hochverfügbarkeit
  - Scale-Out: Shared-Disk vs. Shared-Nothing
  - Probleme: DB-Partitionierung, Lastbalancierung, Lokalität, Administration …