



LUDWIG-
MAXIMILIANS-
UNIVERSITY
MUNICH



DEPARTMENT
INSTITUTE FOR
INFORMATICS



DATABASE
SYSTEMS
GROUP

Skript zur Vorlesung:

Einführung in die Informatik: Systeme und Anwendungen

Sommersemester 2011

Kapitel 3: Datenbanksysteme

Vorlesung: Prof. Dr. Christian Böhm

Übungen: Annahita Oswald

Skript © 2004 Christian Böhm, Peer Kröger

<http://www.dbs.ifi.lmu.de/Lehre/InfoNF>

Überblick

3.1 Einleitung

3.2 Das Relationale Modell

3.3 Die Relationale Algebra

3.4 Mehr zu SQL

3.5 Das E/R-Modell

[3.6 Normalformen]

3.1 Einleitung

- Bisher:
 - Eigentlich nur Betrachtung des Hauptspeichers
 - Objekte zur Datenverarbeitung werden im Hauptspeicher erzeugt und nach dem Programmablauf wieder entfernt
 - Swapping / virtueller Speicher: Objekte werden möglicherweise ausgelagert, aber „eigentliche Aktionen“ (Verarbeitung) nur im Hauptspeicher
- Warum ist dies nicht ausreichend?
 - Viele Anwendungen müssen Daten **permanent** speichern
 - Arbeitsspeicher ist häufig nicht groß genug, um z.B. alle Kundendaten einer Bank oder Patientendaten einer Klinik zu speichern

3.1 Einleitung

- Daten können auf dem sog. **Externspeicher** (auch **Festplatte** genannt) permanent gespeichert werden

Arbeitsspeicher:

- rein elektronisch (Transistoren und Kondensatoren)
- flüchtig
- schnell: 10 ns/Zugriff *
- wahlfreier Zugriff
- teuer:
300-400 € für 1 GByte*

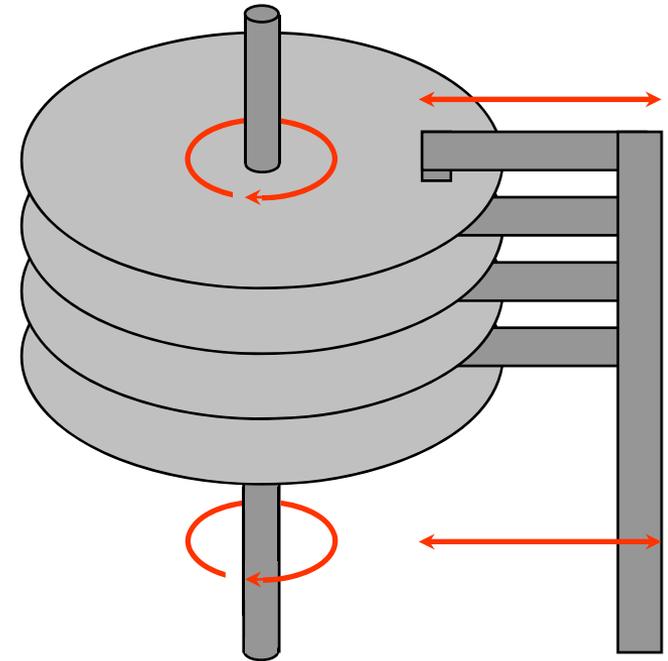
Externspeicher:

- Speicherung auf magnetisierbaren Platten (rotierend)
- nicht flüchtig
- langsam: 5 ms/Zugriff *
- blockweiser Zugriff
- wesentlich billiger:
200-400 € für 100 GByte*

*April 2002 .

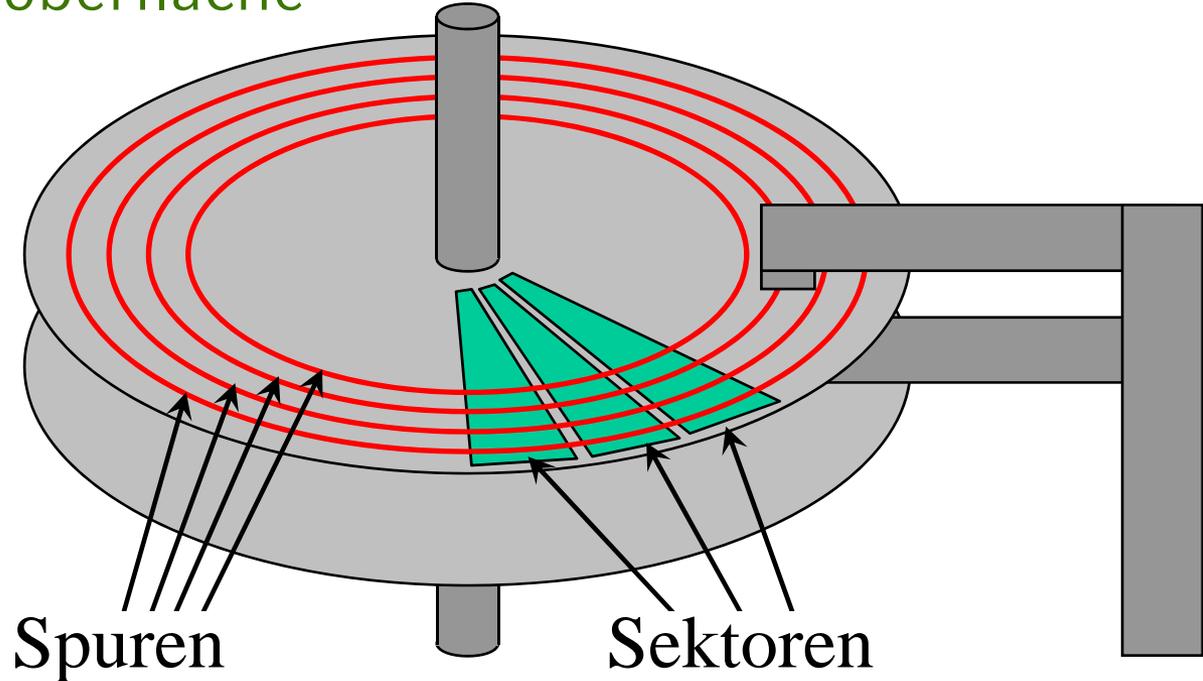
3.1 Einleitung

- Aufbau einer Festplatte
 - Mehrere magnetisierbare **Platten** rotieren z.B. mit 7.200 Umdrehungen* pro Minute um eine gemeinsame Achse (*z. Z. 5400, 7200, 10000 upm)
 - Ein Kamm mit je zwei **Schreib-/Leseköpfen** pro Platte (unten/oben) bewegt sich in radialer Richtung.



3.1 Einleitung

Einteilung der Plattenoberfläche



- (interne) Adressierung einer Information:
[Platten-Nr | Oberfl.-Nr | Spur-Nr | Sektor-Nr | Byte-Nr]
- Berechnung der Kapazität:
 $\# \text{ Platten} * 2 * \# \text{ Spuren} * \# \text{ Sektoren} * \text{ Bytes pro Sektor}$

3.1 Einleitung

- Lesen/Schreiben eines Sektors
 - Positionieren des Kamms mit den Schreib-/Leseköpfen auf der Spur
 - Warten bis die Platte so weit rotiert ist, dass der Beginn des richtigen Sektors unter dem Schreib-/Lesekopf liegt
 - Übertragung der Information von der Platte in den Arbeitsspeicher (bzw. umgekehrt)

Achtung:

Es ist aus technischen Gründen nicht möglich, einzelne Bytes zu lesen bzw. zu schreiben, sondern mindestens einen ganzen Sektor

3.1 Einleitung

- Speicherung in Dateien
 - Adressierung mit Platten-Nr., Oberfl.-Nr. usw. für den Benutzer nicht sichtbar
 - Arbeit mit Dateien:
 - Dateinamen
 - Verzeichnishierarchien
 - Die Speicherzellen einer Datei sind byteweise von 0 aufsteigend durchnummeriert.
 - Die Ein-/Ausgabe in Dateien wird gepuffert, damit nicht der Programmierer verantwortlich ist, immer ganze Sektoren zu schreiben/lesen.

3.1 Einleitung

- Beispiel: Dateizugriff in Java
 - Werden die Objekte einer Applikation in eine Datei geschrieben, ist das Dateiformat vom Programmierer festzulegen:

Name (10 Zeichen)										Vorname (8 Z.)								Jahr (4 Z.)			
F	r	a	n	k	l	i	n			A	r	e	t	h	a			1	9	4	2

- Wo findet man dieses Datei-Schema im Quelltext z.B. des Java-Programms ?
 Das Dateischema wird nicht explizit durch den Quelltext beschrieben, sondern implizit in den Ein-/Auslese-Prozeduren der Datei, d.h. im Algorithmus zum Ein-/Auslesen der Datei

3.1 Einleitung

- Konsequenz:
 - Wenn eine Änderung des Dateiformates nötig ist (z.B. zusätzliche Objektattribute in neuer Programmversion):
 - Alte Datendateien können nicht mehr verwendet werden oder müssen z.B. durch extra Programme konvertiert werden
 - Die Änderung muss in allen Programmen nachgeführt werden, die mit den Daten arbeiten, auch in solchen, die logisch von Änderung gar nicht betroffen sind

⇒ ***Logische Datenabhängigkeit***

3.1 Einleitung

- Meist werden die Datensätze anhand ihrer Position adressiert/separiert:
 - z.B. jeder Satz hat 22 Zeichen:
 - 1. Satz: Adresse 0; 2. Satz: Adresse 22 usw.
- Suche gemäß bestimmten Attributwerten (z.B. Namen des Kunden) muss im Programm codiert werden
- Soll die Datei z.B. mit einem Suchbaum unterstützt werden, dann gleiche Konsequenzen wie bei logischer Änderung

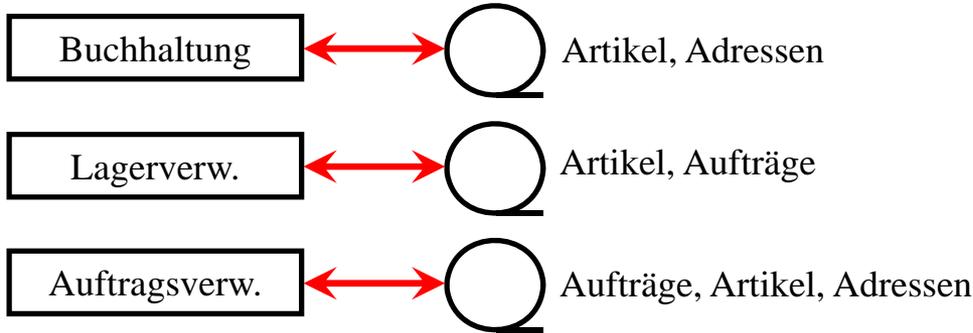
⇒ ***Physische Datenabhängigkeit***

3.1 Einleitung

- Informationssysteme sind große Software-Systeme mit viele einzelnen Programmen die teils mit gemeinsamen Daten, teils mit unterschiedlichen arbeiten, z.B.
 - **Buchhaltung**: Artikel- und Adressinformation
 - **Lagerverwaltung**: Artikel und Aufträge
 - **Auftragsverwaltung**.: Aufträge, Artikel, Adressen
 - **CAD-System**: Artikel, techn. Daten, Bausteine
 - **Produktion, Bestelleingang, Kalkulation**: ...

3.1 Einleitung

- Daten werden meist mehrfach gespeichert

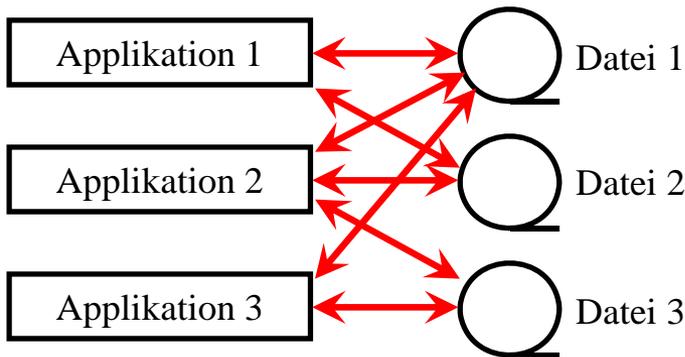


Konsequenz:

u.a. **Änderungs-Anomalien**

Bei Änderung einer Adresse müssen viele Dateien nach den Einträgen durchsucht werden

- Alternative Implementierung



Nachteile:

- unübersichtlich
- Schnittstellenproblematik: bei logischen oder physischen Änderungen des Dateischemas müssen viele Programme angepasst werden

3.1 Einleitung

- Zusammenfassung Probleme von Dateien
 - Datenabhängigkeit (logische, physische)
 - Redundanz

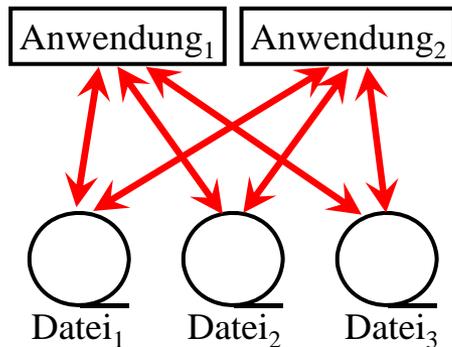
desweiteren:

- In großen Informationssystemen arbeiten viele Benutzer gleichzeitig mit den Daten
 - Dateisysteme bieten zu wenige Möglichkeiten, um diese Zugriffe zu synchronisieren
- Dateisysteme schützen nicht in ausreichendem Maß vor Datenverlust im Fall von Systemabstürzen und Defekten
- Dateisysteme bieten nur unflexible Zugriffskontrolle (Datenschutz)

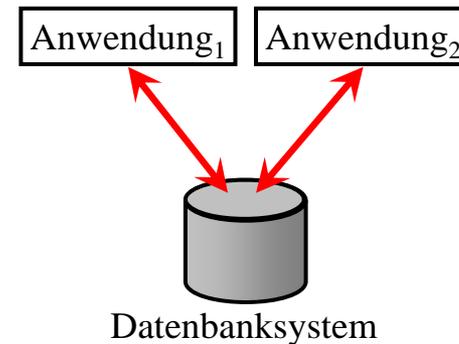
3.1 Einleitung

- Probleme von Dateien:
 - Datenabhängigkeit (logische, physische)
 - Redundanz
 - Keine Synchronisation für Mehrbenutzerbetrieb
 - Kein ausreichender Schutz vor Verlust, unerwünschtem Zugriff, ...
 - ...
- Um diese Probleme mit einheitlichem Konzept zu behandeln, setzt man **Datenbanken** ein:

Lösung mit Dateisystem



Lösung mit Datenbanksystem



3.1 Einleitung

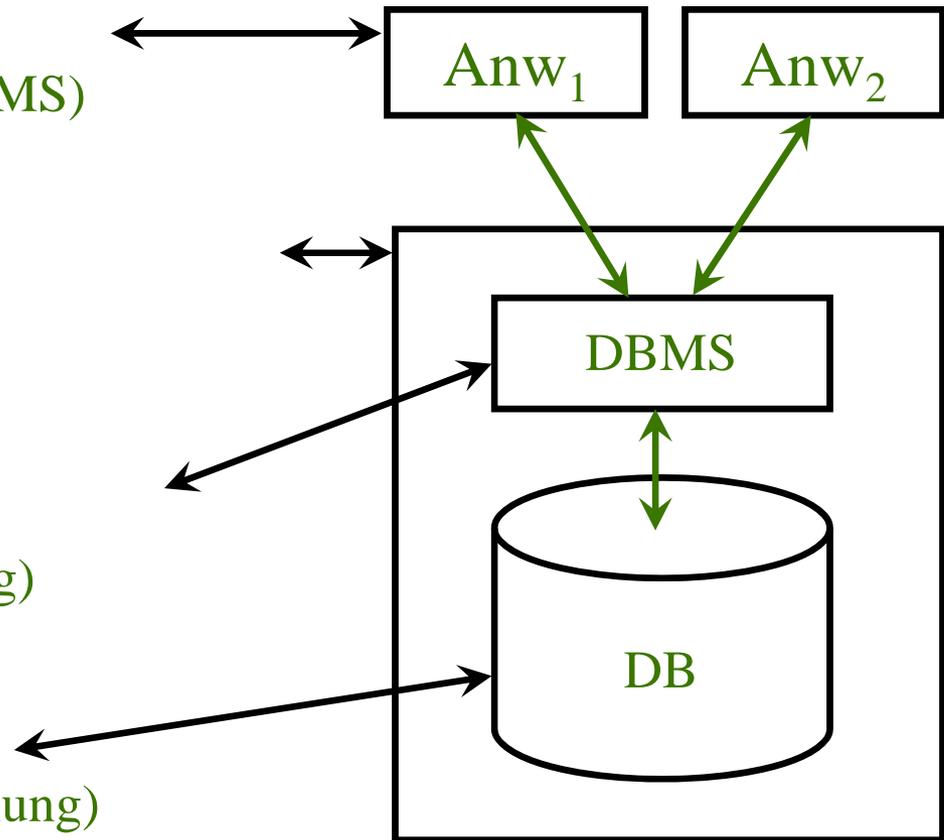
Komponenten eines DBS

DB-Anwendungen
(kommunizieren mit DBMS)

DBS: Datenbanksystem
(DB + DBMS)

**DBMS: Datenbank-
Management-System**
(Software zur Verwaltung)

DB: Datenbank
(eigentliche Datensammlung)



3.1 Einleitung

Liste von 9 Anforderungen an ein DBS (Edgar F. Codd, 1982)

- **Integration**
Einheitliche Verwaltung **aller** von Anwendungen benötigten Daten, redundanzfreie Datenhaltung des gesamten Datenbestandes
- **Operationen**
Operationen zur Speicherung, zur Recherche und zur Manipulation der Daten müssen vorhanden sein
- **Data Dictionary**
Ein Katalog erlaubt Zugriffe auf die Beschreibung der Daten
- **Benutzersichten**
Für unterschiedliche Anwendungen unterschiedliche Sicht auf den Bestand
- **Konsistenzüberwachung**
Das DBMS überwacht die Korrektheit der Daten bei Änderungen

3.1 Einleitung

- **Zugriffskontrolle**
Ausschluss unauthorisierter Zugriffe
- **Transaktionen**
Zusammenfassung einer Folge von Änderungsoperationen zu einer Einheit, deren Effekt bei Erfolg permanent in der DB gespeichert wird
- **Synchronisation**
Arbeiten mehrere Benutzer gleichzeitig mit der Datenbank dann vermeidet das DBMS unbeabsichtigte gegenseitige Beeinflussungen
- **Datensicherung**
Nach Systemfehlern (d.h. Absturz) oder Medienfehlern (defekte Festplatte) wird die Wiederherstellung ermöglicht (im Gegensatz zu Datei-Backup Rekonstruktion des Zustands nach der letzten erfolgreichen Transaktion)

3.1 Einleitung

Man unterscheidet zwei Ebenen von DBS:

- Intensionale Ebene: ***Datenbankschema***
 - beschreibt ***möglichen*** Inhalt der DB
 - Struktur- und Typinformation der Daten (Metadaten)
 - Art der Beschreibung vorgegeben durch Datenmodell
 - Änderungen möglich, aber selten (Schema-Evolution)
- Extensionale Ebene: ***Ausprägung der Datenbank***
 - ***tatsächlicher*** Inhalt der DB (DB-Zustand)
 - Objektinformation, Attributwerte
 - Struktur vorgegeben durch Datenbankschema
 - Änderungen häufig (Flugbuchung: 10000 TA/min)

3.1 Einleitung

Einfaches Beispiel:

- Schema:

Name (10 Zeichen)	Vorname (8 Z.)	Jahr (4 Z.)																						
<table border="1"> <tr> <td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td> </tr> </table>											<table border="1"> <tr> <td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td> </tr> </table>									<table border="1"> <tr> <td> </td><td> </td><td> </td><td> </td> </tr> </table>				

- DB-Zustand:

F	r	a	n	k	l	i	n			A	r	e	t	h	a			1	9	4	2
R	i	t	c	h	i	e				L	i	o	n	e	l			1	9	4	9

- Nicht nur DB-Zustand, sondern auch DB-Schema wird in DB gespeichert.
- Vorteil: Sicherstellung der Korrektheit der DB

3.1 Einleitung

- Schema in Datenbanken
 - Explizit modelliert (Textdokument oder grafisch)
 - In Datenbank abgespeichert
 - Benutzer kann Schema-Informationen auch aus der Datenbank ermitteln: **Data Dictionary, Metadaten**
 - DBMS überwacht Übereinstimmung zwischen DB-Schema und DB-Zustand
 - Änderung des Schemas wird durch DBMS unterstützt (Schema-Evolution, Migration)

3.1 Einleitung

- Schema in Dateien
 - Kein Zwang, das Schema explizit zu modellieren
 - Schema implizit in den Prozeduren zum Ein-/Auslesen
 - Schema gehört zur Programm-Dokumentation
 - oder es muss aus Programmcode herausgelesen werden.
Hacker-Jargon: RTFC (read that f***ing code)
 - Fehler in den Ein-/Auslese-Prozeduren können dazu führen, dass gesamter Datenbestand unbrauchbar wird:

F	r	a	n	k	l	i	n			A	r	e	t	h	a		1		9	4	2	R
i	t	c	h	i	e				L	i	o	n	e	l			1		9	4	9	

- Bei Schema-Änderung müssen Migrations-Prozeduren programmiert werden, um bestehende Dateien auf das neue Format umzustellen

3.1 Einleitung

- Datenmodelle
 - Formalismen zur Beschreibung des DB-Schemas
 - Objekte der Datenbank
 - Beziehungen zwischen verschiedenen Objekten
 - Integritätsbedingungen
 - Verschiedene Datenmodelle unterscheiden sich in der Art und Weise, wie Objekte und Beziehungen dargestellt werden
 - Die wichtigsten Datenmodelle sind:
 - Hierarchisches Datenmodell
 - Netzwerk-Datenmodell
 - Relationales Datenmodell
 - Objektorientiertes Datenmodell
 - Objekt-relationales Datenmodell

3.1 Einleitung

- Datenbank-Sprachen
 - Data Definition Language (DDL)
 - Deklarationen zur Beschreibung des Schemas
 - Bei relationalen Datenbanken:
Anlegen und Löschen von Tabellen, Integritätsbedingungen usw.
 - Data Manipulation Language (DML)
 - Anweisungen zum Arbeiten mit den Daten in der Datenbank (Datenbank-Zustand)
 - lässt sich weiter unterteilen in Konstrukte
 - zum reinen Lesen der DB (Anfragesprache)
 - zum Manipulieren (Einfügen, Ändern, Löschen) des Datenbankzustands

3.1 Einleitung

- SQL (Structured Query Language)
 - **DIE** Anfragesprache für relationale Datenbanksysteme
 - Enthält DDL und DML Konstrukte
 - Typischerweise interaktiv (über DB-Oberfläche) als auch aus einem Programm heraus aufrufbar (z.B. aus Java mittels JDBC)
 - Entwickelt seit 1974 bei IBM, erster Standard 1986
 - Beispiel:
 - Anlegen einer Datenbank

```
CREATE DATABASE <DBName>;
```
 - Löschen einer Datenbank

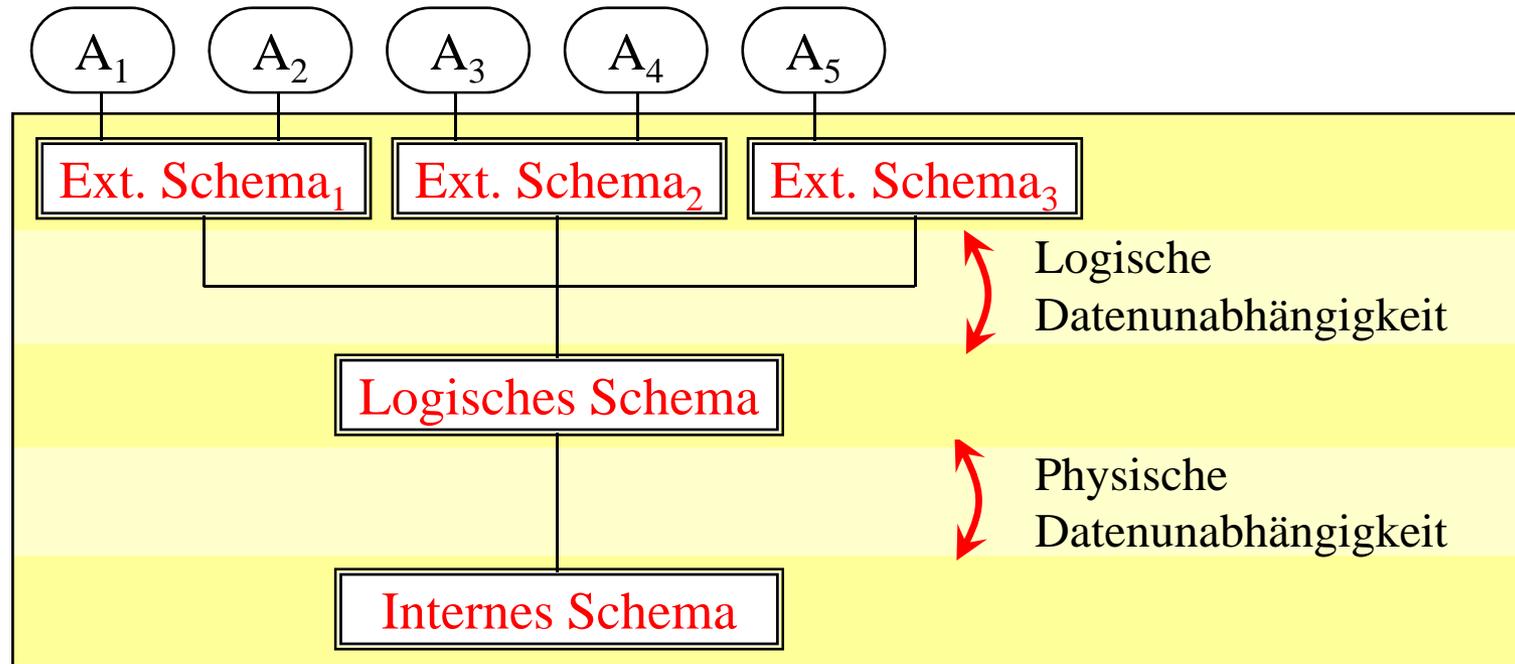
```
DROP DATABASE <DBName>;
```
 - Details später ... (Kapitel 3.4)

3.1 Einleitung

Drei-Ebenen-Architektur zur Realisierung von

- physischer und
- logischer

Datenunabhängigkeit (nach ANSI/SPARC)



3.1 Einleitung

- Konzeptionelle Ebene
 - Logische Gesamtsicht *aller* Daten der DB unabhängig von den einzelnen Applikationen
 - Niedergelegt in konzeptionellem (logischem) Schema
 - Ergebnis des (logischen) Datenbank-Entwurfs (siehe Kapitel 3.5)
 - Beschreibung aller Objekttypen und Beziehungen
 - Keine Details der Speicherung
 - Formuliert im Datenmodell des Datenbanksystems
 - Spezifiziert mit Hilfe einer Daten-Definitionssprache (Data Definition Language, DDL)

3.1 Einleitung

- Externe Ebene
 - Sammlung der individuellen Sichten aller Benutzer- bzw. Anwendungsgruppen in mehreren externen Schemata
 - Ein Benutzer soll keine Daten sehen, die er nicht sehen will (Übersichtlichkeit) oder nicht sehen soll (Datenschutz)
 - Beispiel: Das Klinik-Pflegepersonal benötigt andere Aufbereitung der Daten als die Buchhaltung
 - Datenbank wird damit von Änderungen und Erweiterungen der Anwenderschnittstellen abgekoppelt (logische Datenunabhängigkeit)

3.1 Einleitung

- Interne Ebene
 - Das interne Schema beschreibt die systemspezifische Realisierung der DB-Objekte (physische Speicherung), z.B.
 - Aufbau der gespeicherten Datensätze
 - Indexstrukturen wie z.B. Suchbäume
 - Das interne Schema bestimmt maßgeblich das Leistungsverhalten des gesamten DBS
 - Die Anwendungen sind von Änderungen des internen Schemas nicht betroffen (physische Datenunabhängigkeit)