



Skript zur Vorlesung
Datenbanksysteme I
Wintersemester 2010/2011

Kapitel 1: Einführung

Vorlesung: PD Dr. Matthias Schubert
Übungen: Thomas Bernecker, Andreas Züfle

Skript © 2005 Christian Böhm

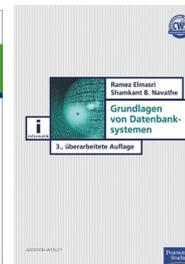
http://www.dbs.ifi.lmu.de/cms/Datenbanksysteme_I



Literaturliste

Die Vorlesung orientiert sich nicht an einem bestimmten Lehrbuch.
Empfehlenswert sind aber u.a.:

- A. Kemper, A. Eickler:
Datenbanksysteme
Oldenbourg, 7. Auflage (2009). 39,80 €
- R. Elmasri, S. B. Navathe:
Grundlage von Datenbanksystemen
Pearson Studium, 3. Auflage (2004). 39,95 €
- A. Heuer, G. Saake, K.-U. Sattler:
Datenbanken kompakt
mitp, 2. Auflage (2003). 19,95 €
- A. Heuer, G. Saake:
Datenbanken: Konzepte und Sprachen
mitp, 2. Auflage (2000). 35,28 €
- R. Ramakrishnan, J. Gehrke:
Database Management Systems
McGraw Hill, 3. Auflage (2002).





Das Team

Vorlesung



PD Dr. Matthias Schubert

Übungs- betrieb



Thomas Bernecker



Andreas Züfle



Wovon handelt die Vorlesung?

- Bisher (Einführungsvorlesung):
Nur Betrachtung des Arbeitsspeichers.
Objekte werden im Arbeitsspeicher erzeugt und nach dem
Programmablauf wieder entfernt
- 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



Permanente Datenspeicherung

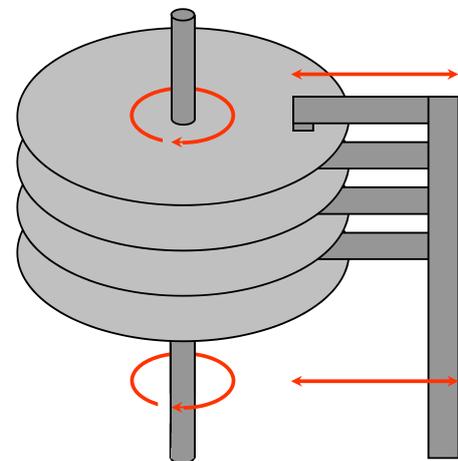
- Daten können auf dem sog. *Externspeicher* (auch Festplatte genannt) permanent gespeichert werden
- Arbeitsspeicher:
 - rein elektronisch (Transistoren und Kondensatoren)
 - flüchtig
 - schnell: 10 ns/Zugriff *
 - wahlfreier Zugriff
 - teuer: 100-150 € für 1 GByte*
- Externspeicher:
 - Speicherung auf magnetisierbaren Platten (rotierend)
 - nicht flüchtig
 - langsam: 5 ms/Zugriff *
 - blockweiser Zugriff
 - wesentlich billiger: 100 € für ca. 200 GByte*

*Oktober 2005



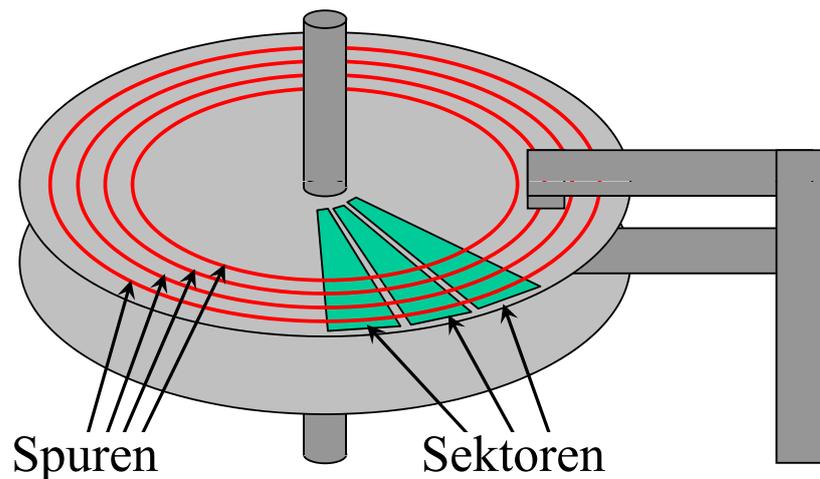
Aufbau einer Festplatte

- 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.





Einteilung der Plattenoberflächen



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



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



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.



Beispiel: Dateizugriff in Java

```
public static void main (String[] args) {  
    try {  
        RandomAccessFile f1 = new  
            RandomAccessFile("test.file", "rw"); ← Datei-Handle  
        int c = f1.read() ; ← Datei öffnen  
        long new_position = .... ; ← ein Byte lesen  
        f1.seek (new_position) ; ← auf neue Position  
        f1.write (c) ; ← ein Byte schreiben  
        f1.close () ; ← Datei schließen  
    } catch (IOException e) { ← Fehlerbehandlung  
        System.out.println ("Fehler: " + e) ;  
    }  
}
```



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



Logische Datenabhängigkeit

- Konsequenzen bei einer Änderung des Dateiformates (z.B. durch zusätzliche Objektattribute in einer neuen 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



Physische Datenabhängigkeit

- 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



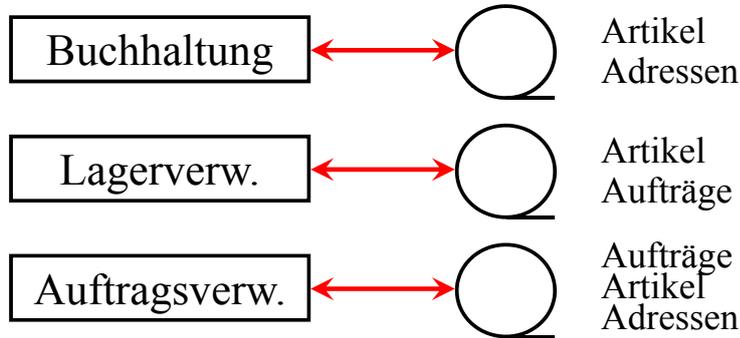
Informationssysteme

- Große Software-Systeme
- Viele einzelne Programme
- Programme arbeiten teils mit gemeinsamen Daten, teils mit unterschiedlichen
- Beispiele für die Programme:
 - Buchhaltung: Artikel- und Adressinformation
 - Lagerverwaltung: Artikel und Aufträge
 - Auftragsverwaltung.: Aufträge, Artikel, Adressen
 - CAD-System: Artikel, techn. Daten, Bausteine
 - Produktion, Bestelleingang, Kalkulation: ...



Redundanz

- Daten werden meist mehrfach gespeichert

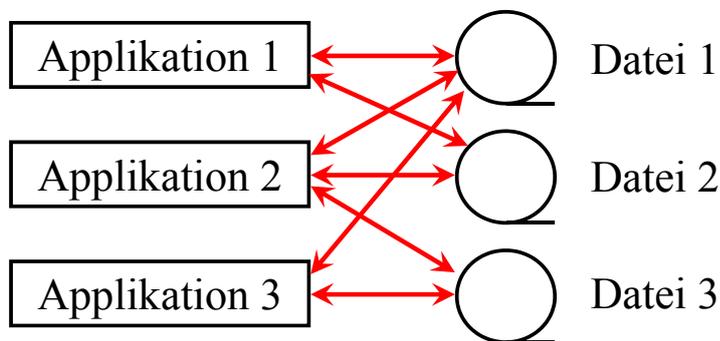


- Konsequenz: u.a. *Änderungs-Anomalien*
Bei Änderung einer Adresse müssen viele Dateien nach den Einträgen durchsucht werden
(hierzu später mehr)



Schnittstellenproblematik

- Alternative Implementierung



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



Weitere Probleme von Dateien

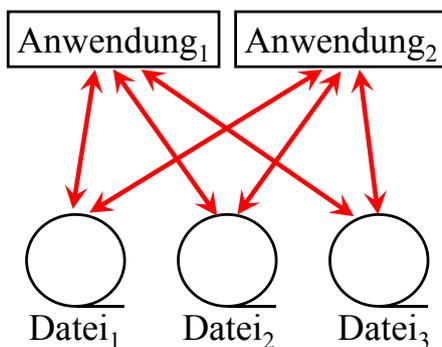
- In großen Informationssystemen arbeiten viele Benutzer gleichzeitig mit den Daten: Dateisysteme bieten zu wenige Möglichkeiten, um diese Zugriffe zu synchronisieren
- Dateisysteme schützen nicht in ausreichendem Maß vor Datenverlust im Fall von Systemabstürzen und Defekten
- Dateisysteme bieten nur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



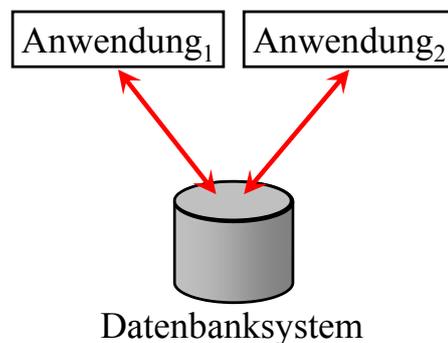
Von Dateien zu Datenbanken

- Um diese Probleme mit einheitlichem Konzept zu behandeln, setzt man **Datenbanken** ein:

Mit Dateisystem:



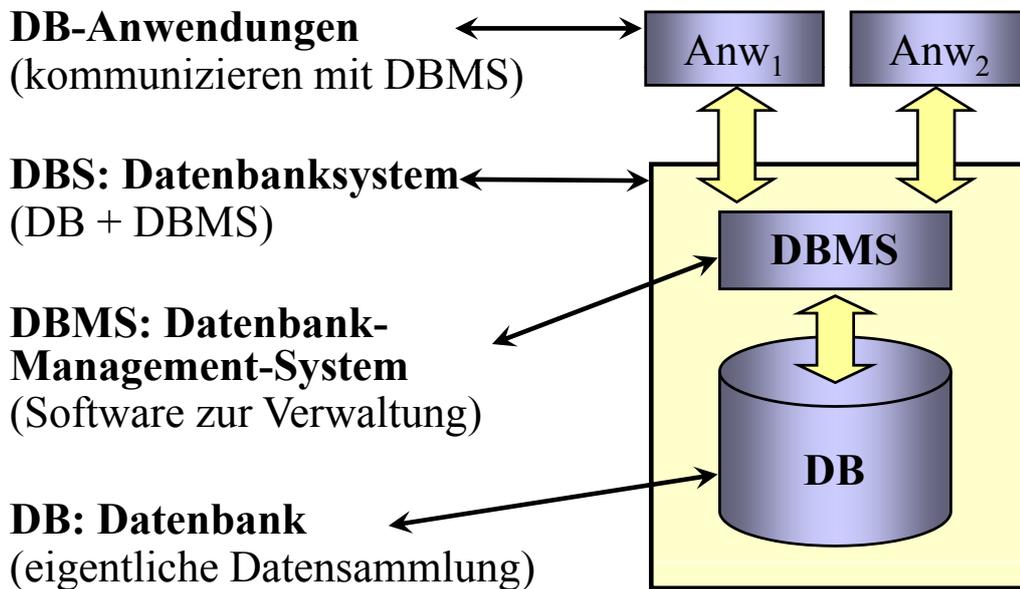
Mit Datenbanksystem:





Komponenten eines DBS

Man unterscheidet zwischen...



Typische Einsatzbereiche

- Im betriebswirtschaftlichen Bereich:
 - Banken (Kontoführung)
 - Buchhaltung und Rechnungswesen
 - Flugbuchungssysteme
 - Telefongesellschaften (Abrechnung)
 - Lagerverwaltung
- Im technisch-wissenschaftlichen Bereich:
 - CAD/CAM/CIM
 - Medizin
 - Molekularbiologie (Gendatenbanken)



Aufgaben eines DBS

Primäre Aufgabe eines DBS ist die ...

- Beschreibung
- Speicherung und Pflege
- und Wiedergewinnung

umfangreicher Datenmengen, die von verschiedenen Anwendungsprogrammen dauerhaft (persistent) genutzt werden



Anforderungen an ein DBS

Liste von 9 Anforderungen (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



Anforderungen an ein DBS

- **Zugriffskontrolle**
Ausschluss unauthorisierter Zugriffe
- **Transaktionen**
Zusammenfassung einer Folge von Änderungsoperationen zu einer Einheit, deren Effekt bei Erfolg permanent in 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 Ggs. zu Datei-Backup Rekonstruktion des Zustands der letzten erfolgreichen TA)



Inhalte von Datenbanken

Man unterscheidet zwei Ebenen:

- **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)



Inhalte von Datenbanken

Einfaches Beispiel:

- Schema:

Name (10 Zeichen) Vorname (8 Z.) Jahr (4 Z.)
□ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □

- 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



Vergleich bzgl. des Schemas

- 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)



Vergleich bzgl. des Schemas

- 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: Entwickler-Doku, RTFC (read the 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	

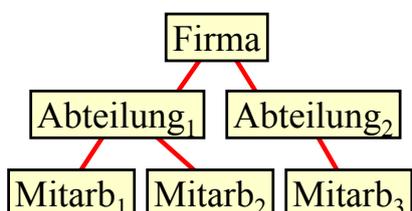
- Bei Schema-Änderung müssen Migrations-Prozeduren programmiert werden, um bestehende Dateien auf das neue Format umzustellen



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:

Hierarchisch: Baum



Relational: Tabellen

Mitarbeiter

Abteilungen



Datenmodelle

- Weitere Unterschiede zwischen Datenmodellen:
 - angebotene Operationen (insbes. zur Recherche)
 - Integritätsbedingungen
- Die wichtigsten Datenmodelle sind:
 - Hierarchisches Datenmodell
 - Netzwerk-Datenmodell
 - Relationales Datenmodell
 - Objektorientiertes Datenmodell
 - Objekt-relationales Datenmodell



Relationales Modell

- Alle Informationen werden in Form von Tabellen gespeichert
- Die Datenbank besteht aus einer Menge von Tabellen (**Relationen**)
- Im Beispiel enthält die Tabelle „Mitarbeiter“ Informationen über die Mitarbeiter des Betriebes
- In jeder Zeile (**Tupel**) Information über einen
- Mitarbeiter (die Zeilen sind strukturell gleich)
- Die Spalten (**Attribute**) haben einen Namen (z.B. *Personalnr*, *Name*, *Vorname*, *Geburtsdatum*, etc.). Sie sind strukturell (Typ, Anzahl Zeichen) verschieden.

Abteilungen

Mitarbeiter



Relationales Modell

- Die Attribute der Tupel haben primitive Datentypen wie z.B. String, Integer oder Date
- Komplexe Sachverhalte werden durch Verknüpfung mehrerer Tabellen dargestellt
- Beispiel:

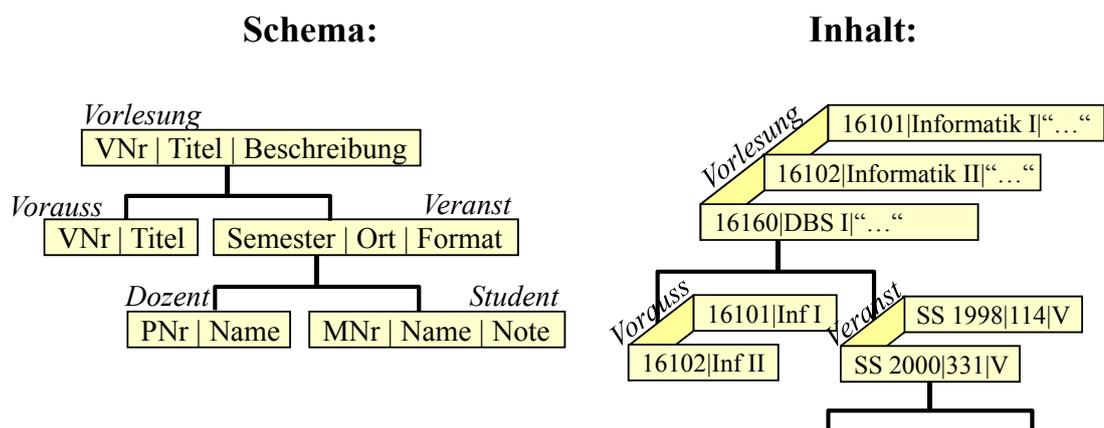
Mitarbeiter				Abteilungen	
PNr	Name	Vorname	ANr	ANr	Abteilungsname
001	Huber	Erwin	01	01	Buchhaltung
002	Mayer	Hugo	01	02	Produktion
003	Müller	Anton	02	03	Marketing

- Später ausführliche Behandlung



Hierarchisches Datenmodell

- Schema + Daten werden durch Baum strukturiert
- Der gesamte Datenbestand muss hierarchisch repräsentiert werden (oft schwierig)
- Beispiel Lehrveranstaltungen:





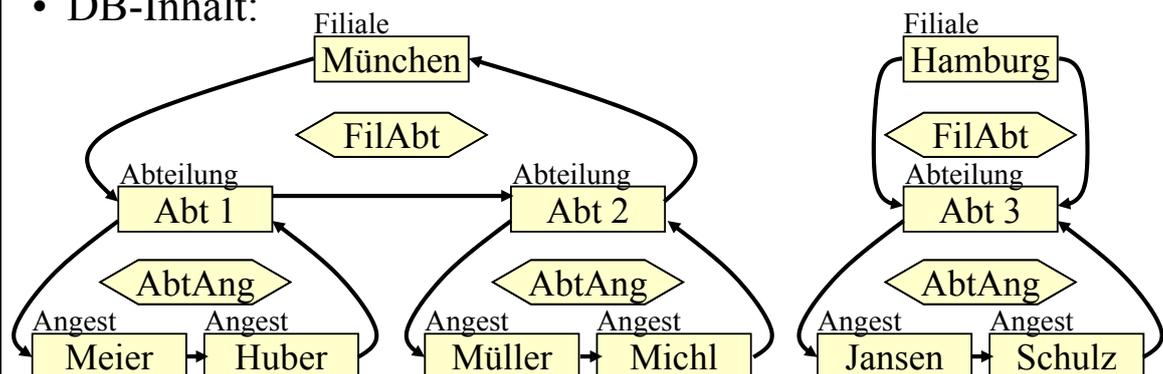
Netzwerk-Datenmodell

- Schema und Daten werden durch Graphen (Netzwerke) repräsentiert

- Schema:



- DB-Inhalt:



Objekt-Orientiertes Datenmodell

- In der Datenbank werden Objekte, d.h. Ausprägungen von Klassen, die zueinander in verschiedenen Beziehungen stehen (z.B. auch Vererbungsbeziehung), persistent gespeichert.
- Rein objektorientierte Datenbanken haben sich kaum durchgesetzt
- Relationale Datenbanken haben die Idee aufgenommen und erlauben jetzt auch Speicherung komplexer Objekte (incl. Vererbung) in Relationen

→ Objekt-Relationale Datenbanken

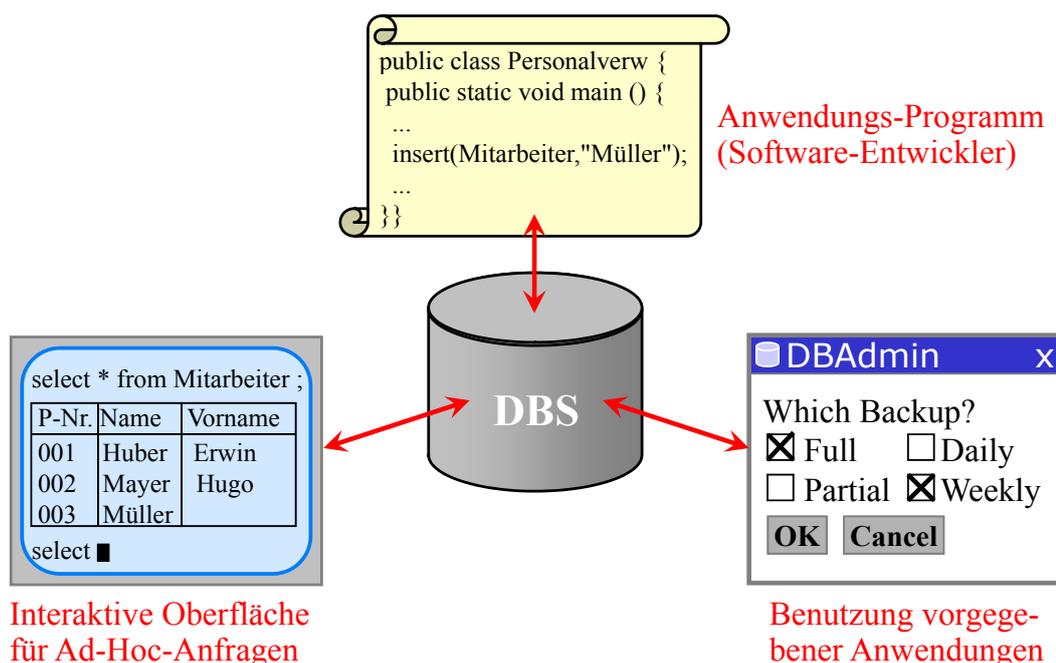


Produkte

- (Objekt-) Relationale Datenbanken:
 - Oracle (Marktführer)
 - IBM DB2
 - Microsoft SQL Server
 - MySQL (Open Source)
 - PostgreSQL (Open Source)
 - keine vollwertigen Datenbanksysteme: dBase, FoxPro, ACCESS
- Nicht-Relationale Datenbanken
 - IMS: Hierarchisches Datenbanksystem (IBM)
 - UDS: Netzwerk-Datenbanksystem (Siemens)
 - Verschiedene objektorientierte DB-Produkte



Verwendung eines DBS



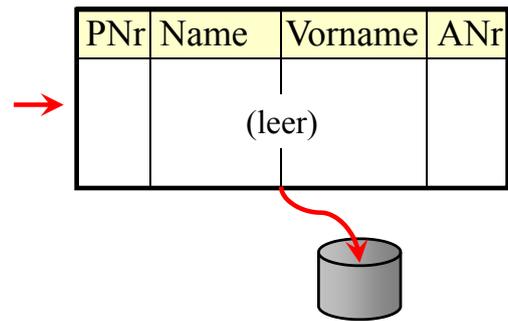
Aus technischer Sicht ist die interaktive Oberfläche ebenfalls ein Anwendungsprogramm, das auf dem DBS aufsetzt



Datenbank-Sprachen

- Data Definition Language (DDL)
 - Deklarationen zur Beschreibung des Schemas
 - Bei relationalen Datenbanken:
Anlegen und Löschen von Tabellen, Integritätsbedingungen usw.

```
CREATE TABLE Mitarbeiter
(
  PNr      NUMBER (3),
  Name     CHAR (20),
  Vorname  CHAR (20),
  Anr      NUMBER (2)
)
```



Datenbank-Sprachen

- 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
 - Beispiel: SQL für relationale Datenbanken:

```
SELECT *
FROM Mitarbeiter
WHERE Name = 'Müller'
```



Datenbank-Sprachen

- Wird das folgende Statement (Mitarbeiter-Tab. S. 29)

```
SELECT *  
FROM Mitarbeiter  
WHERE ANr = 01
```

in die interaktive DB-Schnittstelle eingegeben, dann ermittelt das Datenbanksystem alle Mitarbeiter, die in der Buchhaltungsabteilung (ANr = 01) arbeiten:

PNr	Name	Vorname	ANr
001	Huber	Erwin	01
002	Mayer	Hugo	01

Ergebnis einer Anfrage ist immer eine (neue) Tabelle



Verbindung zur Applikation

- Verwendung einer Programmierbibliothek
 - Dem Programmierer wird eine Bibliothek von Prozeduren/Funktionen zur Verfügung gestellt (Application Programming Interface, API)
 - DDL/DML-Anweisungen als Parameter übergeben
 - Beispiele:
 - OCI: Oracle Call Interface
 - ODBC: Open Database Connectivity
gemeinsame Schnittstelle an alle Datenbanksysteme
 - JDBC: Java Database Connectivity



Verbindung zur Applikation

- Beispiel: JDBC

```
String q      = "SELECT * FROM Mitarbeiter " +  
                "WHERE Name = 'Müller' " ;  
Statement s  = con.createStatement () ;  
ResultSet r  = s.executeQuery (q) ;
```

- Die Ergebnistabelle wird an das Java-Programm übergeben.
- Ergebnis-Tupel können dort verarbeitet werden



Verbindung zur Applikation

- Einbettung in eine Wirtssprache
 - DDL/DML-Anweisungen gleichberechtigt neben anderen Sprachkonstrukten
 - Ein eigener Übersetzer (Precompiler) wird benötigt, um die Konstrukte in API-Aufrufe zu übersetzen
 - Beispiele:
 - Embedded SQL für verschiedene Wirtssprachen, z.B. C, C++, COBOL, usw.
 - SQLJ oder JSQL für Java



Verbindung zur Applikation

- Beispiel in SQLJ:

```
public static void main () {  
    System.out.println ("Hallöchen") ;  
    #sql {SELECT * FROM Mitarbeiter  
        WHERE Name = 'Müller'}  
    ...  
}
```

- Die Ergebnistabelle wird an das Java-Programm übergeben.
- Ergebnis-Tupel können dort verarbeitet werden

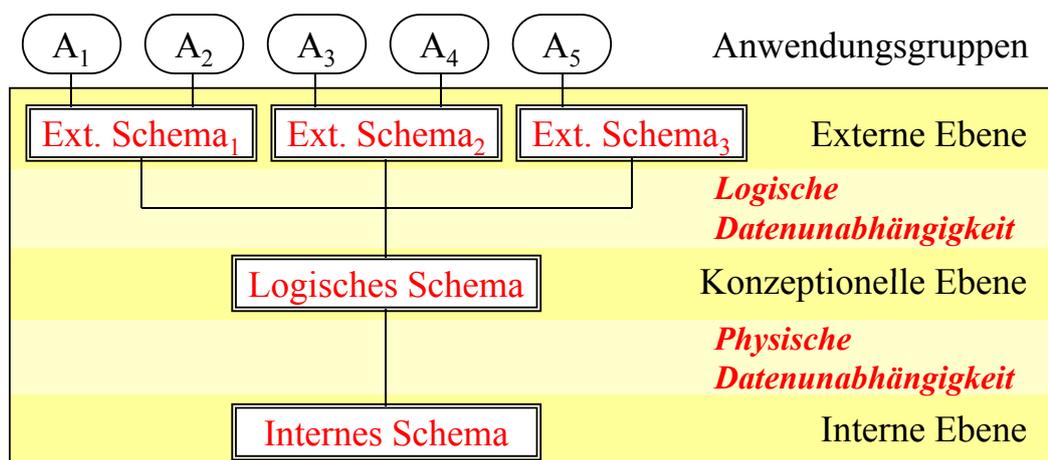


Architektur eines DBS

Drei-Ebenen-Architektur zur Realisierung von

- **physischer**
- **und logischer**

Datenunabhängigkeit (nach ANSI/SPARC)





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 6)
- Beschreibung aller Objekttypen und Beziehungen
- Keine Details der Speicherung
- Formuliert im Datenmodell des Datenbanksystems
- Spezifiziert mit Hilfe einer Daten-Definitionssprache (Data Definition Language, DDL)



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)



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)