Ludwig Maximilians Universität München
Institut für Informatik
Lehr- und Forschungseinheit für Datenbanksysteme

Skript zur Vorlesung

Datenbanksysteme I

Wintersemester 2016/17

Kapitel 1: Einführung

Vorlesung: Prof. Dr. Christian Böhm
Übungen: Dominik Mautz

http://www.dbs.ifi.lmu.de/Lehre/DBS

Das Team

Vorlesung

Christian Böhm
Oettingenstr. 67, Zi. 158,
Sprechstunde: Mi 10-11

Übungsbetrieb

Dominik Mautz
Oettingenstr. 67, Zi. GU 108

Tutoren/Korrektoren:

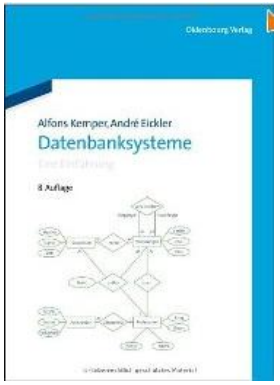
Georg Aures,
Anna Beer,
Florian Edelmann,
Nathalie Gerstner,
Sebastian Jänich,
Oliver Labsch,
Maximilian Lammel,
Jonas Müller,
Fridolin Sack,
Melanie Schulz

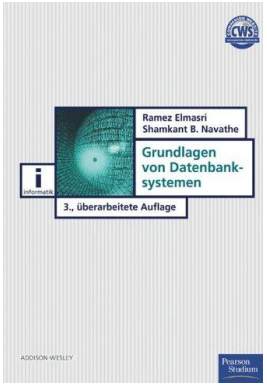
Vorlesungs-Webseite
(http://www.dbs.ifi.lmu.de/Lehre/DBS)

Literaturliste

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

- A. Kemper, A. Eickler:
  Datenbanksysteme
  DeGruyter, 10. Auflage (2015). 49,95 €
- R. Elmasri, S. B. Navathe:
  Grundlagen von Datenbanksystemen
  Pearson Studium, 3. Auflage (2004). 39,95 €
- R. Elmasri, S. B. Navathe:
  Fundamentals of Database Systems
  Addison-Wesleys (2011).
- 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).





Wovon handelt die Vorlesung?

- Bisher (Einführungsvorlesung):
  Nur Betrachtung des Arbeitsspeichers.
  Objekte werden im Arbeitsspeicher erzeugt und nach dem Programmlauf wieder entfernt
- Warum ist diese Sichtweise nicht ausreichend?
  - Anwendungen müssen Daten **persistent** speichern
  - Arbeitsspeicher ist häufig nicht **groß** genug, um z.B. alle Kundendaten einer Bank oder Patientendaten einer Klinik zu speichern
- Aus Vorlesung TGI/Betriebssysteme: Virtueller Speicher
  - Aus unserer Sicht nicht ausreichend; Notwendigkeit, die Speicherung „von der Persistenz her zu denken“

Persistente Datenspeicherung

- Daten können auf dem sog. *Externspeicher* (Festplatte) persistent gespeichert werden

- Arbeitsspeicher:
  - rein elektronisch (Transistoren und Kondensatoren)
  - flüchtig
  - schnell: 10 ns/Zugriff *
  - wahlfreier Zugriff
  - teuer: 59,90 € für 16 GByte* (3,70€/Gbyte)

Externspeicher:
- Speicherung auf magnetisierbaren Platten (rotierend)
- nicht flüchtig
- langsam: 5 ms/Zugriff *
- blockweiser Zugriff
- wesentlich billiger: 102,-- € für 3000 GByte* (3 ct/Gbyte)

*Oktober 2013 .

- Faktor 120 bei den Kosten pro Gbyte
- Faktor 500.000 bei der Zeit für den wahlfreien Zugriff

Beispiele

Hardware
- » Arbeitsspeicher
- » Bürotechnik
- » Cooling
- » Drucker & Scanner
- » Eingabegeräte
- » Festplatten
  - » IDE
  - » SATA
    - 1,8 Zoll
    - 2,5 Zoll
    - 3,5 Zoll
  - » SCSI
  - » SAS
  - » USB
  - » FireWire
  - eSATA
  - Thunderbolt
  - Solid State Drives
  - Multimedia
  - » Zubehör
- » Gehäuse
- » Grafikkarten
- » Kabel
- » Laufwerke
- » Mainboards
- » Monitore
- » Netzwerktechnik
- » PC-Audio

Hardware > Festplatten > SATA > HDS723020BLA642 2 TB

Hitachi HDS723020BLA642 2 TB

HITACHI

(SATA 600, Deskstar 7K3000, 24/7)

Abb. kann vom Original abweichen

- Kapazität: 2000 GB
- ms/Cache/U: -/64/7200
- Preis pro GB: € 0,04*

40 Bewertungen lesen | bewerten

€ 87,90*

Auf Lager

In den Warenkorb

Details | Bewertungen | Preisentwicklung | Zubehör (64) | Video

Die DeskStar 7K3000 ist die erste Festplattenserie von Hitachi, die eine enorme Kapazität von bis zu 2 TB mit einer hohen Performance dank 7.200 U/min, 64 MB Cache und den schnellen SATA/6Gb/s-Interface verbindet. Die HDS723020BLA642 ist das 2 TB fassende Modell der Serie und ist mit einer Sektorgröße von 512 Byte auch zu älteren Systemen kompatibel. Die HDS723020BLA642 ist für den 24/7-Dauereinsatz geeignet und stellt damit eine gute Wahl für Datenbanken und Server-Systeme dar.

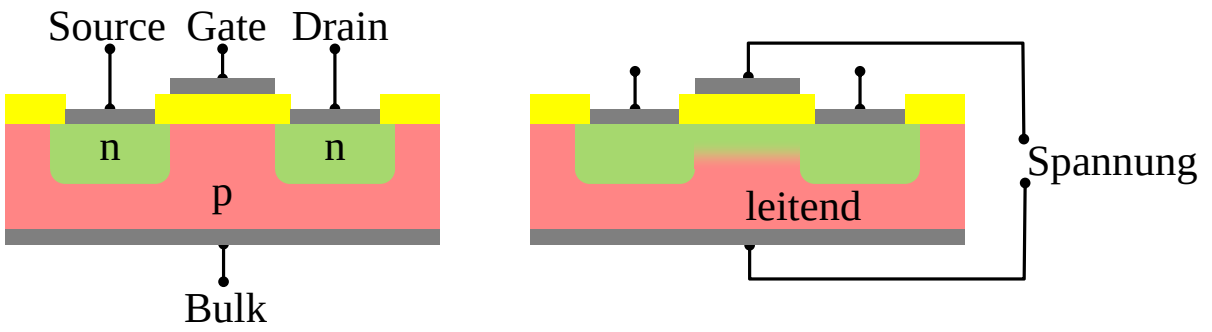
Neueste User-Bewertungen

Leise, flott, gutes...
von Coolblue1978
am 12.10.2011

Mahlzeit, habe mir diese FP...
von Computer-chaos

Technologie des Hauptspeichers

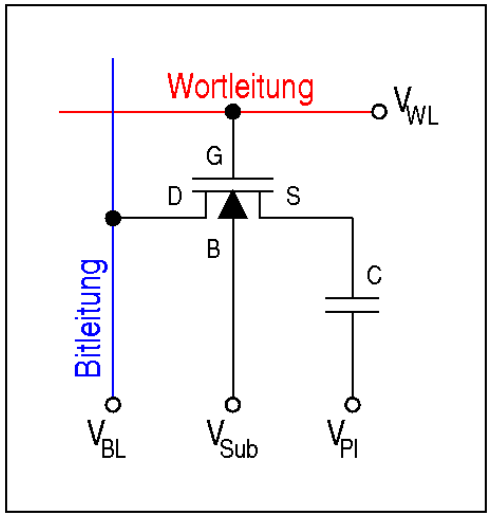
- (Feldeffekt-) Transistor:
  Elektronischer Schalter bzw. Verstärker
  (mit einer schwachen Spannung kann eine höhere Spannung gesteuert werden)

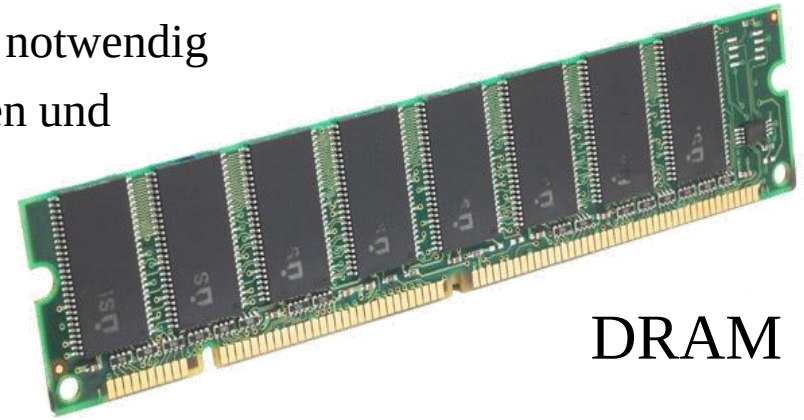


- Der Bereich zwischen Source und Drain ist normal nicht leitend
- Durch Anlegen einer Spannung zwischen Bulk und Gate wandern Elektronen in diesen Bereich und dieser wird leitend („geschlossener Schalter“)

Haupt- bzw. Arbeitsspeicher

- DRAM (Dynamic Random Access Memory)
- Nur zwei Bauteile pro Bit:
  - 1 Feldeffekttransistor zur Steuerung
  - 1 Kondensator („Akku“ zur Speicherung von Ladung)
- Arbeitsweise:
  - Kondensator kann nur sehr wenig Ladung aufnehmen und diese nur kurzzeitig speichern
  - Wird eine Spannung auf die Wortleitung gegeben, dann kann der Speicherinhalt auf der Bitleitung ausgelesen werden.
  - Verstärker mit Zwischenspeicher notwendig
  - Inhalt muss regelmäßig ausgelesen und wieder zurückgespeichert werden (Refresh)

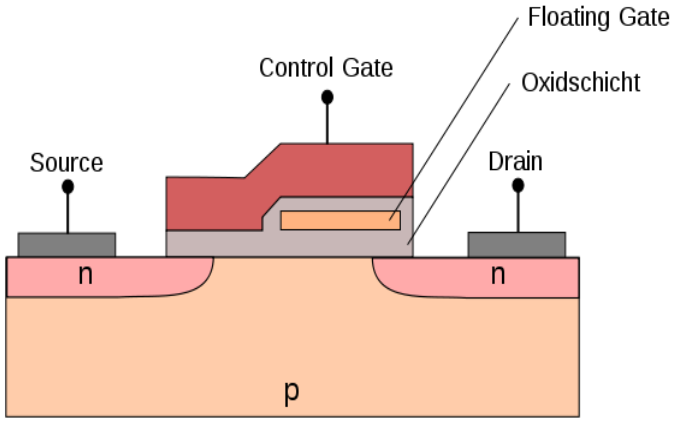




DRAM

Flash-Memory

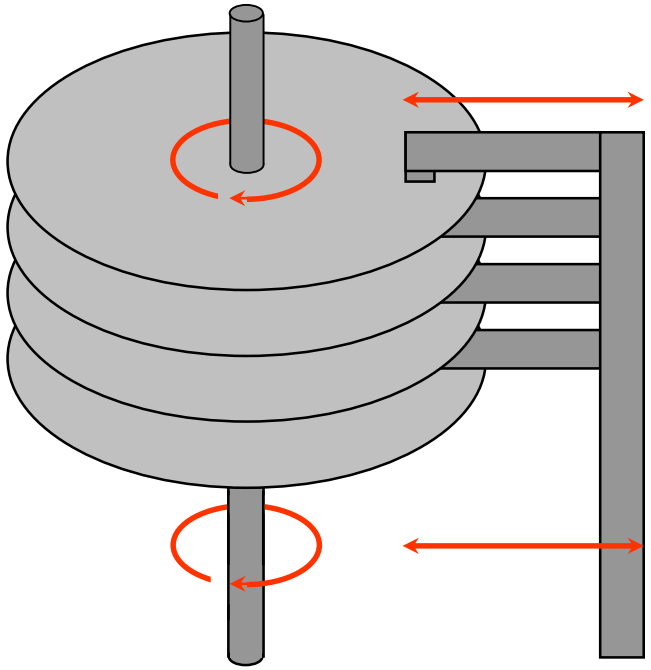
- Flash-Memory
  - Eingesetzt in Memory Sticks, Speicherkarten und sog. Solid State Disks (SSD)
  - Nicht-flüchtige Halbleiterspeicher
- Arbeitsweise
  - Gate von einer Isolationsschicht umgeben („floating gate“)
  - Durch Anlegen einer hohen Spannung können Elektronen eingebracht oder wieder herausgenommen werden („Tunneleffekt“)



- Eigenschaften:
  - Begrenzte Zahl von Schreibzyklen (100.000)
  - Daher nicht verwendbar als Arbeitsspeicher
  + Sehr geringer Platzbedarf (geringer als DRAM)
  + Deutlich schneller und robuster als Festplatten

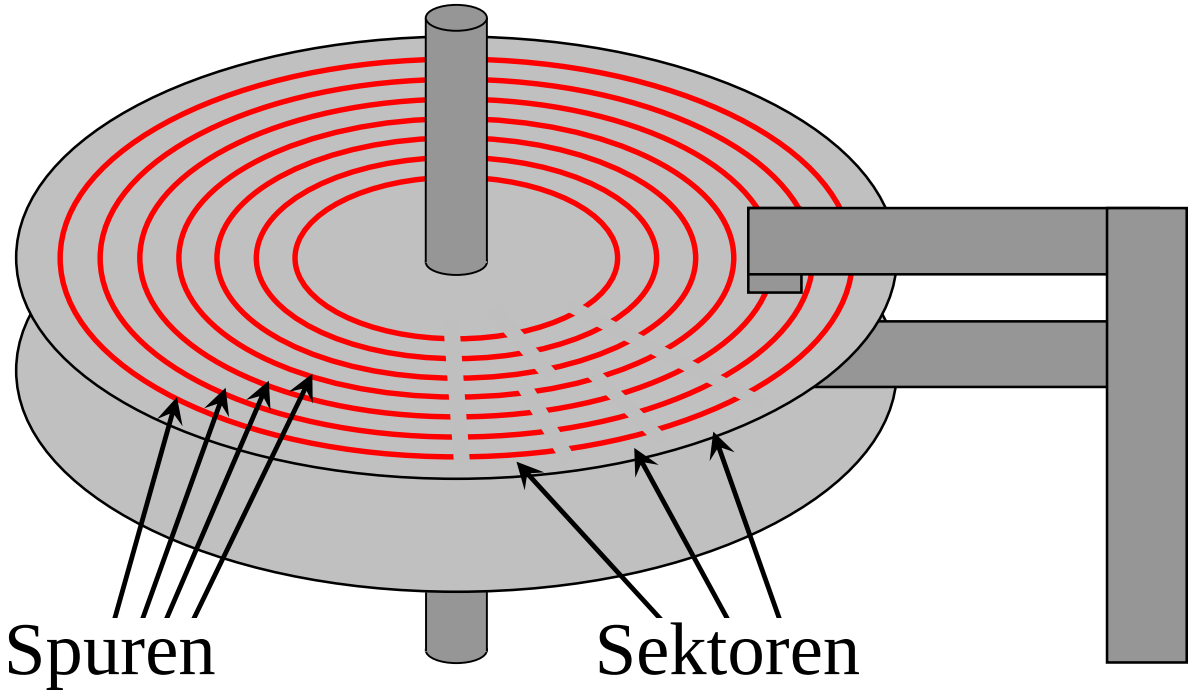
Aufbau einer Festplatte

- 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.



Demonstration Festplatte

Einteilung der Plattenoberflächen



- (interne) Adressierung einer Information:
  [Platten-Nr | Oberfl.-Nr | Spur-Nr | Sektor-Nr | Byte-Nr]

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

Demonstration Schreiben/Lesen

Zugriffszeit auf einen Sektor

Zugriffszeit für Schreib-/Lese-Auftrag zusammengesetzt aus:

- **Suchzeit** (seek time) zur Positionierung des Kamms: typisch 3 ms
- **Latenzzeit** (latency time): Wartezeit wegen Rotation
  - maximal eine Umdrehung, also bei 7200 UPM: 8.3 ms
  - Im Durchschnitt die Hälfte, 4.1 ms (Annahme, dass Zeit zwischen zwei Aufträgen zufällig ist -- Poisson-Verteilung)
- **Transferzeit** (transfer time)
  Abhängig von der Länge des Sektors, bzw. es ist auch die Übertragung mehrerer Sektoren in einem Auftrag möglich
  - typische Transferrate: 200 Mbyte/s
  - 1 Sektor à 512 Bytes: 2,5 µs

7200 Umdr./min = = 120 Umdr./sec; 1/120 = 0.0083

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");
    int c = f1.read() ;
    long new_position = .... ;
    f1.seek (new_position) ;
    f1.write (c) ;
    f1.close () ;
  } catch (IOException e) {
    System.out.println ("Fehler: " + e) ;
  }
}
```

Datei-Handle

Datei öffnen

ein Byte lesen

auf neue Position

ein Byte schreiben

Datei schließen

Fehlerbehandlung

Beispiel: Dateizugriff in Java

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

- Wo findet man dieses Datei-Schema im Quelltext z.B. des Java-Programms ?

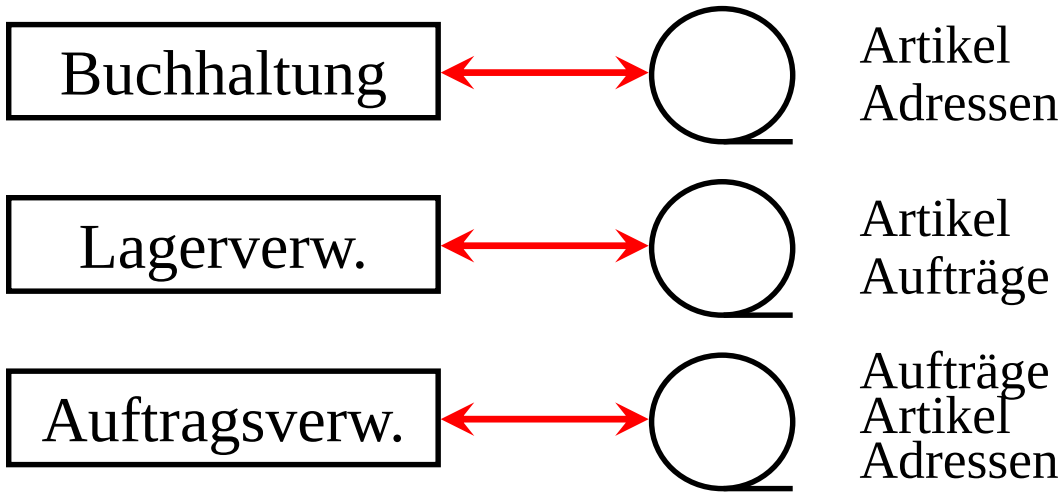
  Das Dateischema wird nicht explizit durch den Quelltext beschrieben, sondern implizit in den Ein-/Auslese-Prozeduren der Datei

Mangelnde „Datenunabhängigkeit“

- 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

Redundanzproblem bei Dateien

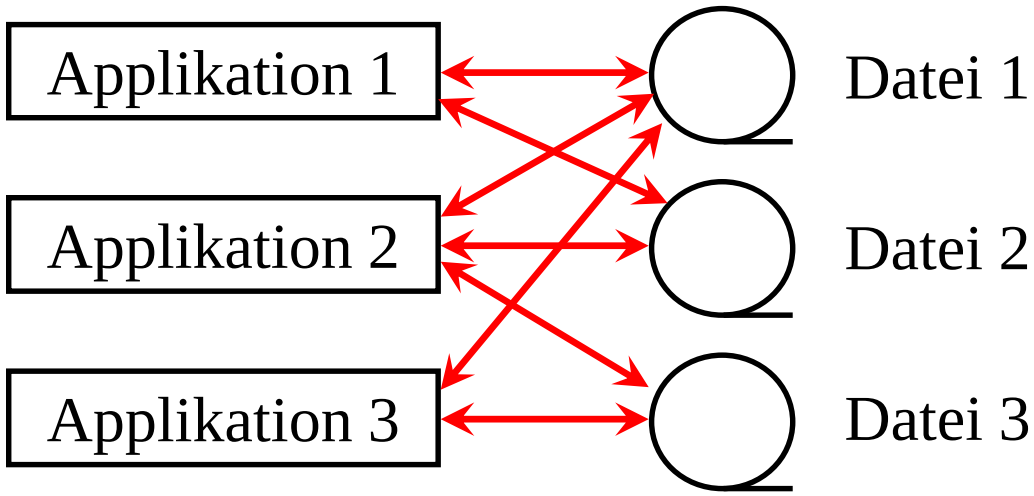
- Daten werden mehrfach gespeichert



- 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

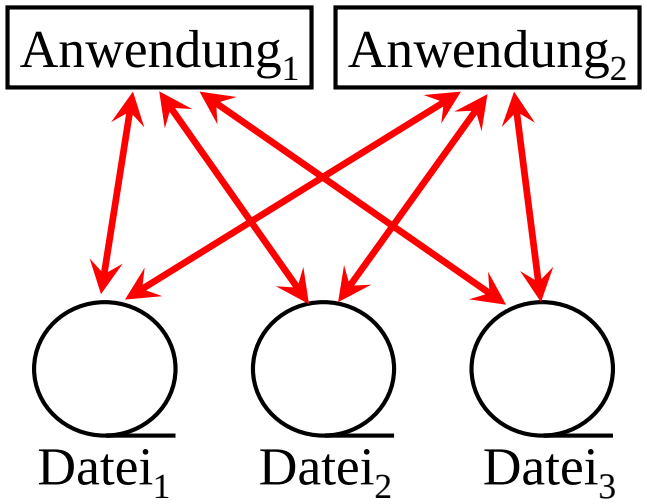
Weitere Probleme von Dateien

- 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)

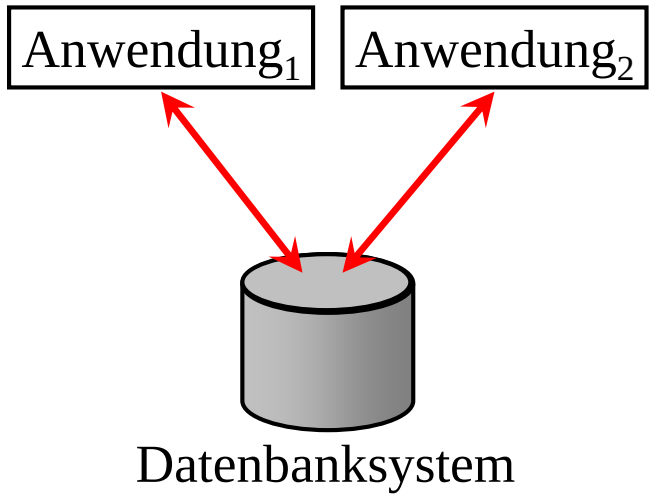
Von Dateien zu Datenbanken

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

Mit Dateisystem:



Mit Datenbanksystem:



- Einheitliche Speicherung aller Daten, die z.B. in einem Betrieb anfallen

Komponenten eines DBS

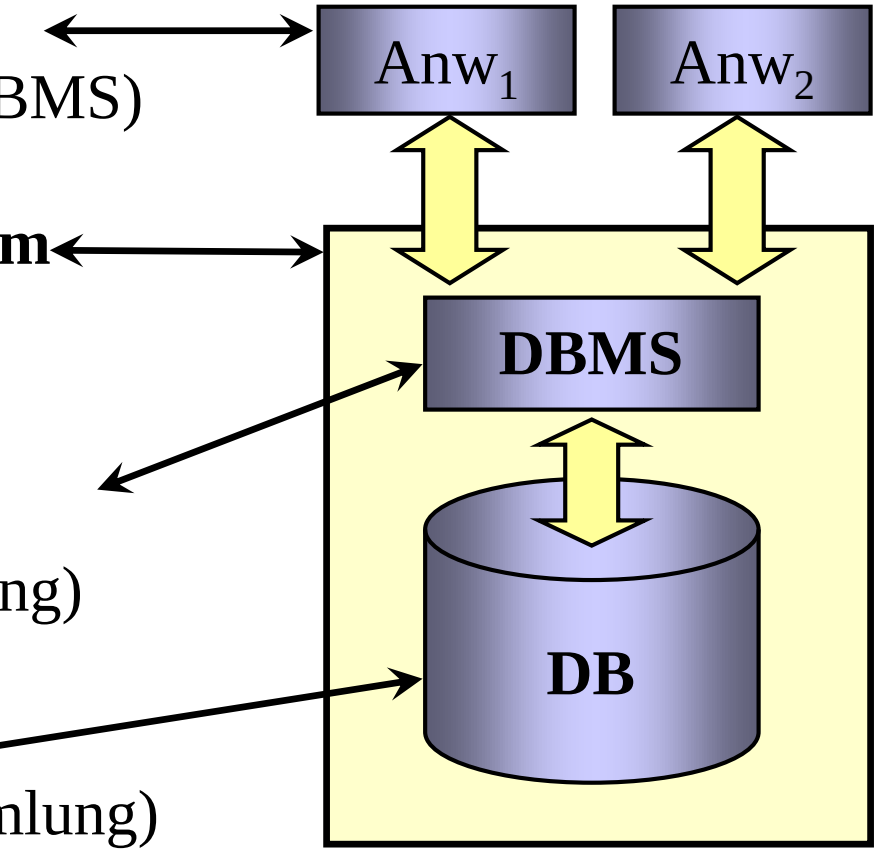
Man unterscheidet zwischen...

DB-Anwendungen
(kommunizieren mit DBMS)

DBS: Datenbanksystem
(DB + DBMS)

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

DB: Datenbank
(eigentliche Datensammlung)



Aufgaben eines DBS

Primäre Aufgabe eines DBS ist die ...

- Beschreibung
- Speicherung und Pflege
- und Wiedergewinnung

umfangreicher Datenmengen, die von verschiedenen Anwendungsprogammen 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 unautorisierter 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 zwischen:

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

Inhalte von Datenbanken

Einfaches Beispiel:

- Schema:

- 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:

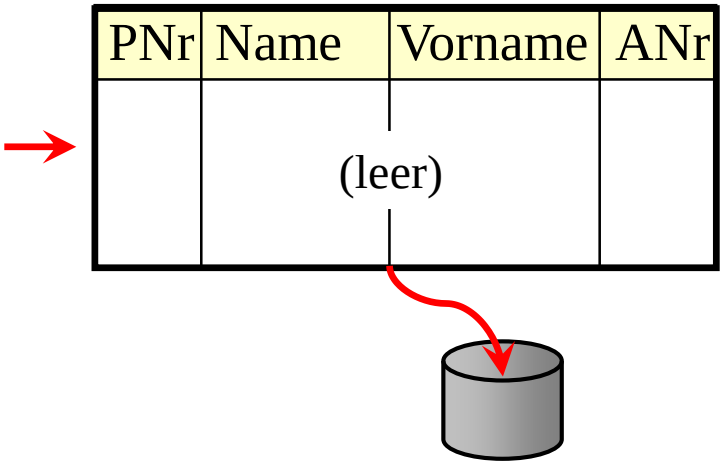
F	r	a	n	k	l	i	n			A	r	e	t	h	a		1	9	4	2	R
i	t	c	h	i	e				L	i	o	n	e	l			1	9	4	9	

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

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-Tabelle S. 33)

```
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

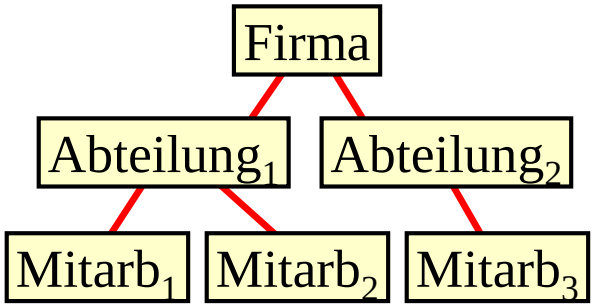
Ergebnis einer Anfrage ist immer eine (neue) Tabelle

Datenmodelle

- Formalismen zur Beschreibung des DB-Schemas
  - Objekte der Datenbank
  - Beziehungen zwischen verschiedenen Objekten
  - Integritätsbedingungen

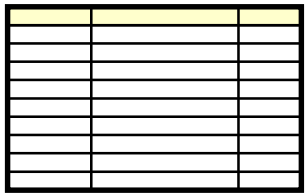
- Verschiedene Datenmodelle unterscheiden sich in der Art und Weise, wie Objekte und Beziehungen dargestellt werden:

Hierarchisch: Baum

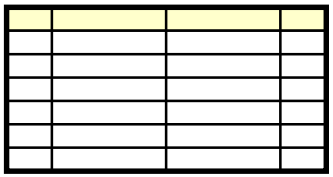


Relational: Tabellen

Mitarbeiter



Abteilungen



Datenmodelle

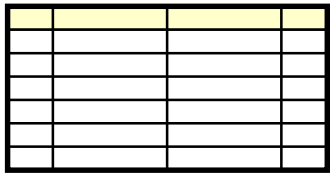
- Weitere Unterschiede zwischen Datenmodellen:
  - angebotene Operationen (insbes. zur Recherche)
  - Integritätsbedingungen

- Die wichtigsten Datenmodelle sind:
  - Hierarchisches Datenmodell
  - Netzwerk-Datenmodell
  - Relationales Datenmodell
  - Objektorientiertes Datenmodell
  - Objekt-relationales Datenmodell
  - („NoSQL-Datenbanken“)

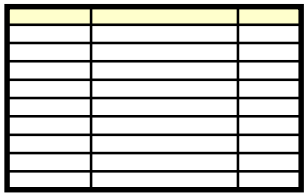
Relationales Modell

- 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

PNr	Name	Vorname	ANr
001	Huber	Erwin	01
002	Mayer	Hugo	01
003	Müller	Anton	02

Abteilungen

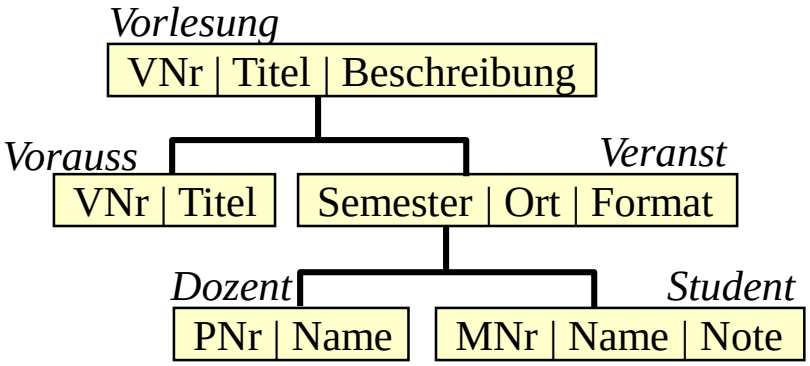
ANr	Abteilungsname
01	Buchhaltung
02	Produktion
03	Marketing

- Ausführliche Behandlung im nächsten Kapitel

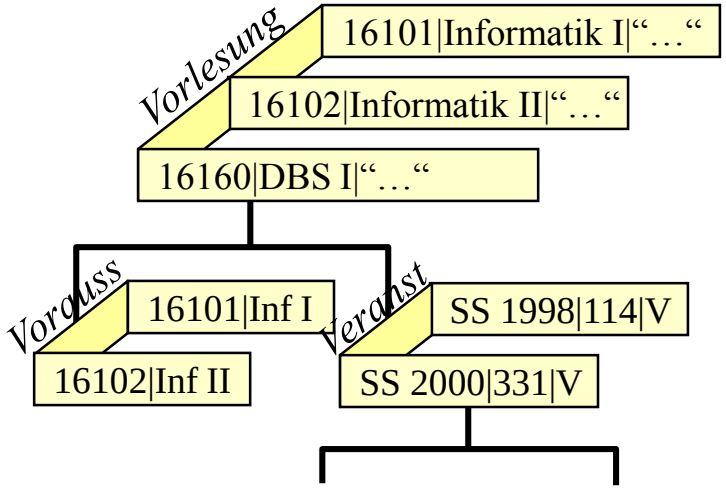
Hierarchisches Datenmodell

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

Schema:



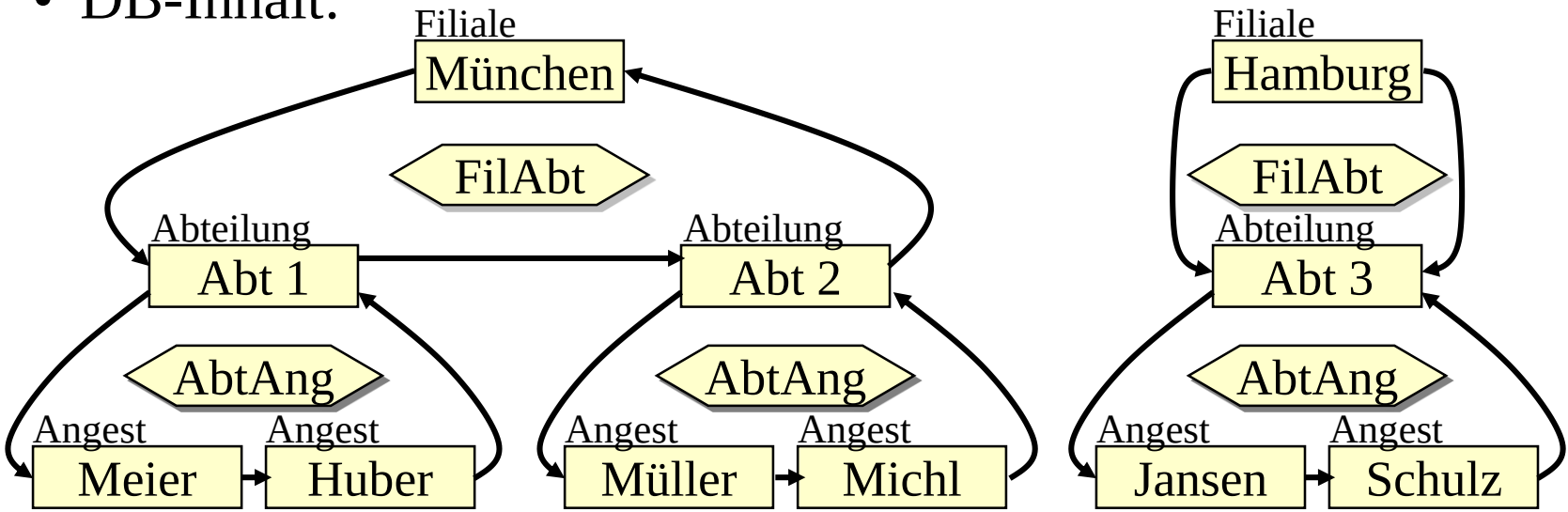
Inhalt:



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

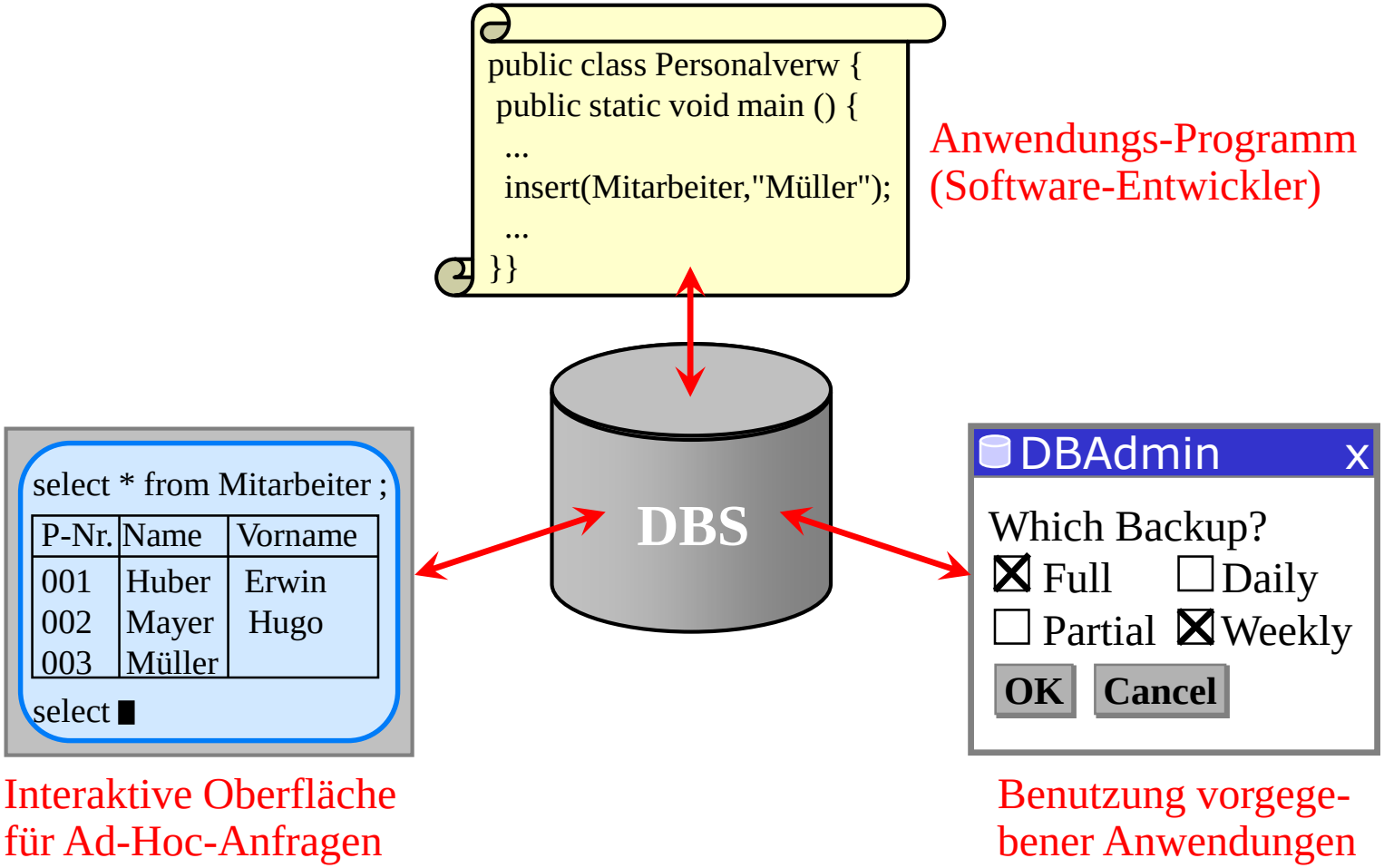
- Relationale Datenbanken haben die Idee aufgenommen und erlauben jetzt auch Speicherung komplexer Objekte (incl. Vererbung) in Relationen

  → Objekt-Relationale Datenbanken

NoSQL Datenbanken

- Sammelbegriff für viele neuere Entwicklungen, u.a.
  - Dokumentorientierte Speichersysteme (MongoDB)
  - Graph-Datenbanken
  - Key-Value-Datenbanken
- Unterstützen meist laufzeitkritische Anwendungen
- Oft eingeschränkte Konsistenz-Überwachung

Verwendung eines DBS



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

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'}
   ...
}
```

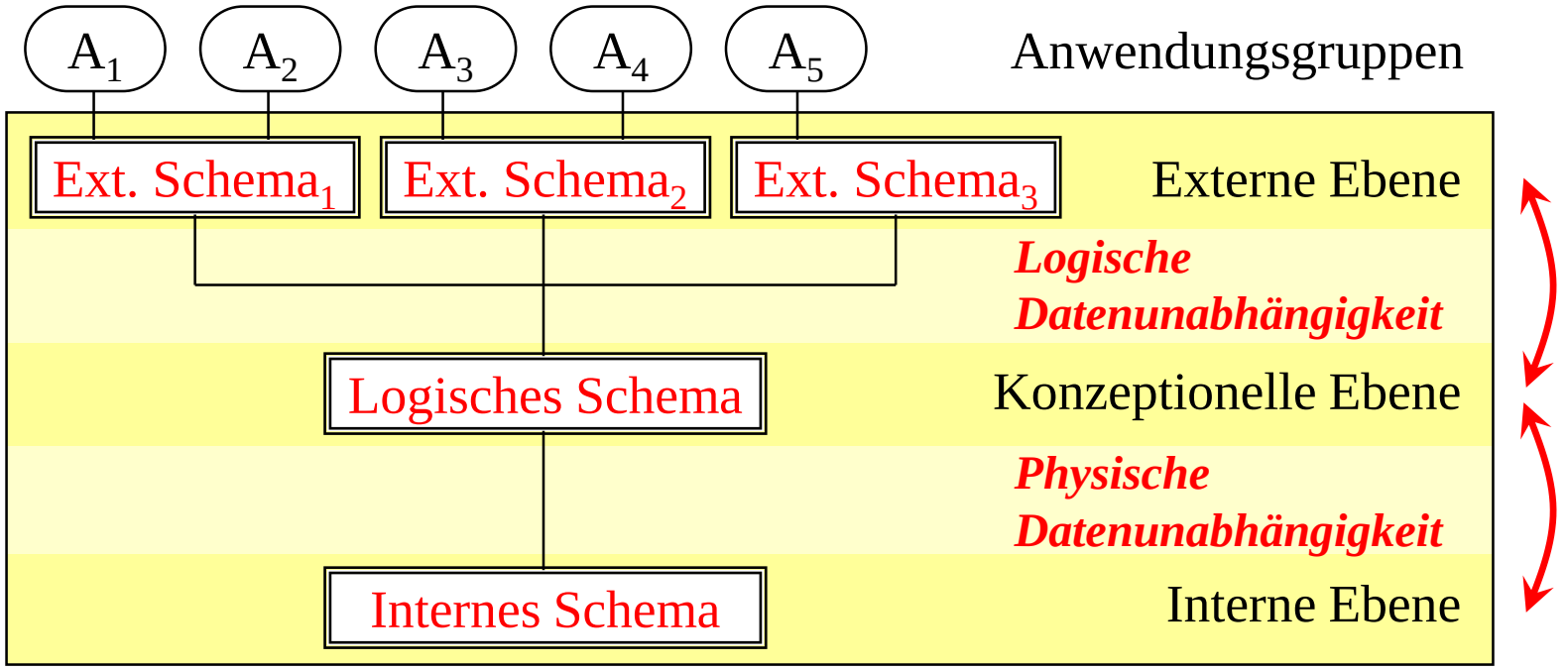
- Die Ergebnistabelle wird an das Java-Programm übergeben.
- Ergebnis-Tupel können dort verarbeitet werden

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)

Überblick über die Vorlesung

Kapitel	Inhalt
1	Einführung
2	Das Relationale Datenmodell
3	Die Relationale Algebra, (SQL, Teil 1)
4	Tupel- und Bereichskalkül (SQL, Teil 2)
5	Sortieren, Gruppieren und Views (SQL, Teil 3)
6	Datenbank-Modellierung mit dem E/R-Modell
7	Normalformen
8	Transaktionen
9	Index-Strukturen
10	Relationale Anfragebearbeitung
11	Anwendungsentwicklung