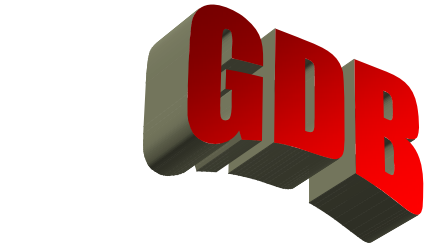


2. Anforderungen und Beschreibungsmodell

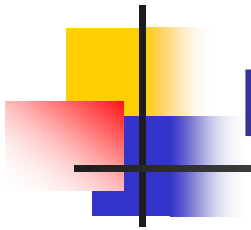
Inhalt

Grundbegriffe

Anforderungen an DBS

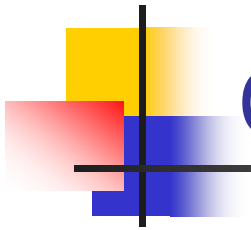
Schichtenmodelle für DBS

Drei-Schema-Architektur



Nutzung von Dateisystemen

- **Dateisystem**
  - **Permanente Datenhaltung innerhalb von Betriebssystem-Dateien**
  - **Betriebssystem / Dateisystem bietet Funktionen für**
    - Erzeugen / Löschen von Dateien
    - Zugriffsmöglichkeiten auf Blöcke/Sätze der Datei
    - einfache Operationen zum Lesen/Ändern/Einfügen/Löschen von Sätzen
  - **Probleme / Nachteile**
    - Datenredundanz und Inkonsistenz
    - Inflexibilität
    - Mehrbenutzerbetrieb, Fehlerfall
    - Integritätssicherung
    - Missbrauch der Daten
    - Verantwortlichkeit



Grundbegriffe (1)

- **Datenbank (DB) als Abbildung einer Miniwelt**
  - Vorgänge und Sachverhalte werden als gedankliche Abstraktionen (Modelle) der Miniwelt erfasst und als Daten (Repräsentationen von Modellen) in der Datenbank gespeichert
  - Daten beziehen sich nur auf solche Aspekte der Miniwelt, die für die Zwecke der Anwendung relevant sind
  - Eine DB ist integritätserhaltend (bedeutungstreu), wenn ihre Objekte Modelle einer gegebenen Miniwelt repräsentieren
- **Datenmodell und DB-Schema**
  - Datenmodell (Typen, Operatoren, Konsistenzbedingungen) legt Regeln fest, nach denen die Objekte von DBs (für die Repräsentation beliebiger Miniwelten) erzeugt und verändert werden (Konstruktionsregeln für die Zustandsräume der Modelle)
  - DB-Schema legt die Ausprägungen der Objekte fest, welche die DB für eine bestimmte Miniwelt einnehmen kann (Zustandsraum der Modelle einer Miniwelt)

Grundbegriffe (2)

- **Beschreibung und Handhabung der Daten**
  - Daten müssen interpretierbar sein
  - sie müssen bei allen am Austausch beteiligten Partnern (Systemen, Komponenten) die Ableitung derselben Information erlauben

Schema

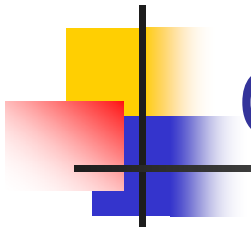
ANGESTELLTER

Satztyp (Relation)

Ausprägungen

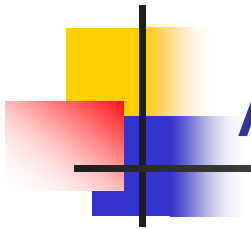
PNR	NAME	TAETIGKEIT	GEHALT	ALTER
496	PEINL	PFOERTNER	2100	63
497	KINZINGER	KOPIST	2800	25
498	MEYWEG	KALLIGRAPH	4500	56

  - Einsatzspektrum verlangt **generische Vorgehensweise**
    - Beschreibung der zulässigen DB-Zustände
    - Beschreibung der zulässigen Zustandsübergänge (generische Operatoren)



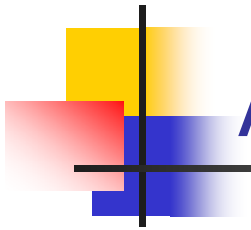
Grundbegriffe (3)

- Anwendungsprogrammier-**Schnittstelle** (API)
  - Operatoren zur Definition von Objekttypen (Beschreibung der Objekte)
    - DB-Schema: Welche Objekte sollen in der DB gespeichert werden?
  - Operatoren zum Aufsuchen und Verändern von Daten
    - AW-Schnittstelle: Wie erzeugt, aktualisiert und findet man DB-Objekte?
  - Definition von Integritätsbedingungen (*Constraints*)
    - Sicherung der Qualität: Was ist ein akzeptabler DB-Zustand?
  - Definition von Zugriffskontrollbedingungen
    - Maßnahmen zum Datenschutz: Wer darf was?



Anforderungen an ein DBS (1)

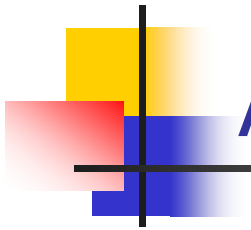
1. **Kontrolle über die operationalen Daten**
   - **Alle Daten können / müssen gemeinsam benutzt werden**
     - keine verstreuten privaten Dateien
     - Querauswertungen aufgrund inhaltlicher Zusammenhänge
     - symmetrische Organisationsformen
       (keine Bevorzugung einer Verarbeitungs- und Auswertungsrichtung)
     - Entwicklung neuer Anwendungen auf der existierenden DB
   - **Redundanzfreiheit (aus Sicht der Anwendung)**
     - keine wiederholte Speicherung in unterschiedlicher Form für verschiedene Anwendungen
     - Vermeidung von Inkonsistenzen
     - zeitgerechter Änderungsdienst, keine unterschiedlichen Änderungsstände
   - **Datenbankadministrator (DBA):** zentrale Verantwortung für die operationalen Daten



Anforderungen an ein DBS (2)

2. Leichte Handhabbarkeit der Daten

- **Einfache Datenmodelle**
  - Beschreibung der logischen Aspekte der Daten
  - Benutzung der Daten ohne Bezug auf systemtechnische Realisierung
- **Logische Sicht der Anwendung**
  - zugeschnitten auf ihren Bedarf
  - lokale Sicht auf die DB
- **Leicht erlernbare Sprachen**
  - deskriptive Problemformulierung
  - hohe Auswahlmächtigkeit
  - Unterstützung der Problemlösung des Anwenders im Dialog



Anforderungen an ein DBS (3)

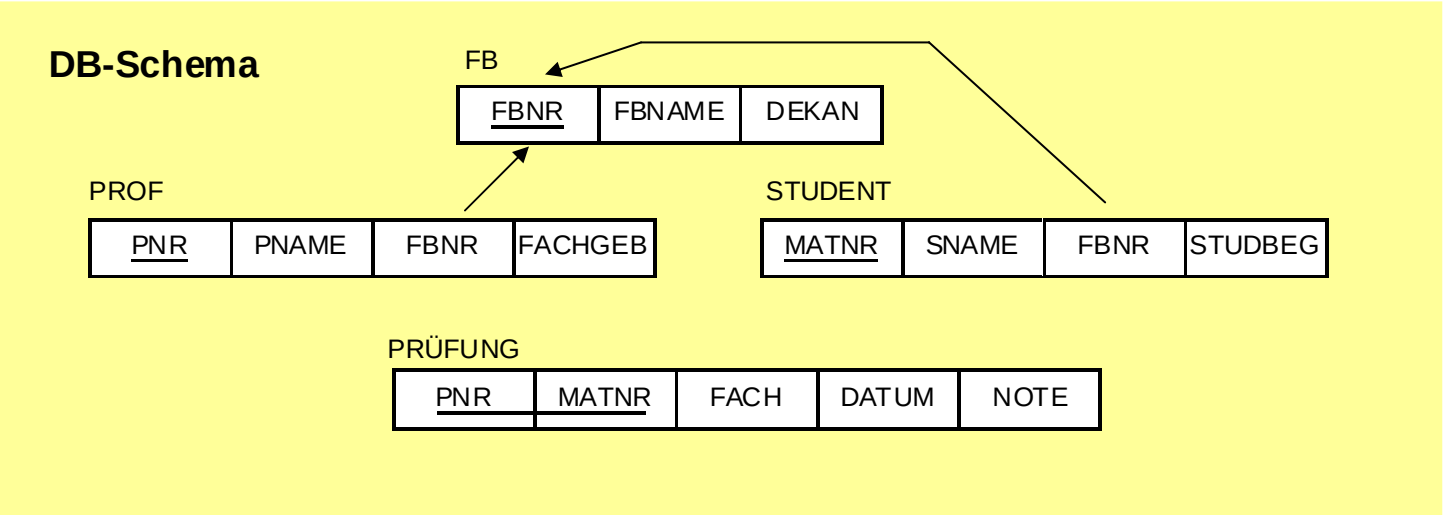
2. Leichte Handhabbarkeit der Daten (Forts.)

- **Durchsetzung von Standards**
  - unterschiedliche DBS bieten einheitliche Schnittstelle
  - Portierbarkeit von Anwendungen
  - erleichterter Datenaustausch
- **Geeignete Unterstützung der verschiedenen Benutzerklassen**
  - Systempersonal
  - Anwendungsprogrammierer
  - anspruchsvolle Laien
  - parametrische Benutzer/ gelegentliche Benutzer

Anforderungen an ein DBS (4)

2. Leichte Handhabbarkeit der Daten (Forts.)

- **Beispiel im Relationenmodell**



Anforderungen an ein DBS (5)

2. Leichte Handhabbarkeit der Daten (Forts.)

- **Beispiel im Relationenmodell (Forts.)**

FB

FBNR	FBNAME	DEKAN
FB 9	WIRTSCHAFTSWISS	4711
FB 5	INFORMATIK	2223

PROF

PNR	PNAME	FBNR	FACHGEB
1234	HÄRDER	FB 5	DATENBANKSYSTEME
5678	WEDEKIND	FB 9	INFORMATIONSSYSTEME
4711	MÜLLER	FB 9	OPERATIONS RESEARCH
6780	NEHMER	FB 5	BETRIEBSSYSTEME

STUDENT

MATNR	SNAME	FBNR	STUDBEG
123 766	COY	FB 9	1.10.95
225 332	MÜLLER	FB 5	15. 4.87
654 711	ABEL	FB 5	15.10.94
226 302	SCHULZE	FB 9	1.10.95
196 481	MAIER	FB 5	23.10.95
130 680	SCHMID	FB 9	1. 4.97

Ausprägungen

PRÜFUNG

PNR	MATNR	FACH	PDATUM	NOTE
5678	123 766	BWL	22.10.97	4
4711	123 766	OR	16. 1.98	3
1234	654 711	DV	17. 4.97	2
1234	123 766	DV	17. 4.97	4
6780	654 711	SP	19. 9.97	2
1234	196 481	DV	15.10.97	1
6780	196 481	BS	23.12.97	3

Anforderungen an ein DBS (6)

2. Leichte Handhabbarkeit der Daten (Forts.)

- **Beispiel im Relationenmodell (Forts.)**
  - **Deskriptive DB-Sprachen (wie SQL)**
    - hohes Auswahlvermögen und Mengenorientierung
    - leichte Erlernbarkeit auch für den Laien
    - RM ist symmetrisches Datenmodell, d.h., es gibt keine bevorzugte Zugriffs- oder Auswertungsrichtung
  - Anfragebeispiele

I. *Finde alle Studenten aus Fachbereich 5, die ihr Studium vor 1990 begonnen haben.*

```
SELECT  *
FROM    STUDENT
WHERE   FBNR = 'FB5' AND STUDBEG < '1.1.90'
```

Anforderungen an ein DBS (7)

2. Leichte Handhabbarkeit der Daten (Forts.)

- **Beispiel im Relationenmodell (Forts.)**
  - Anfragebeispiele (Forts.)

II. *Finde alle Studenten des Fachbereichs 5, die im Fach Datenverwaltung eine Note 2 oder besser erhalten haben.*

```
SELECT  *
FROM    STUDENT
WHERE   FBNR = 'FB5' AND MATNR IN
        (SELECT MATNR
        FROM    PRÜFUNG
        WHERE   FACH = 'DV' AND NOTE ≤ '2')
```

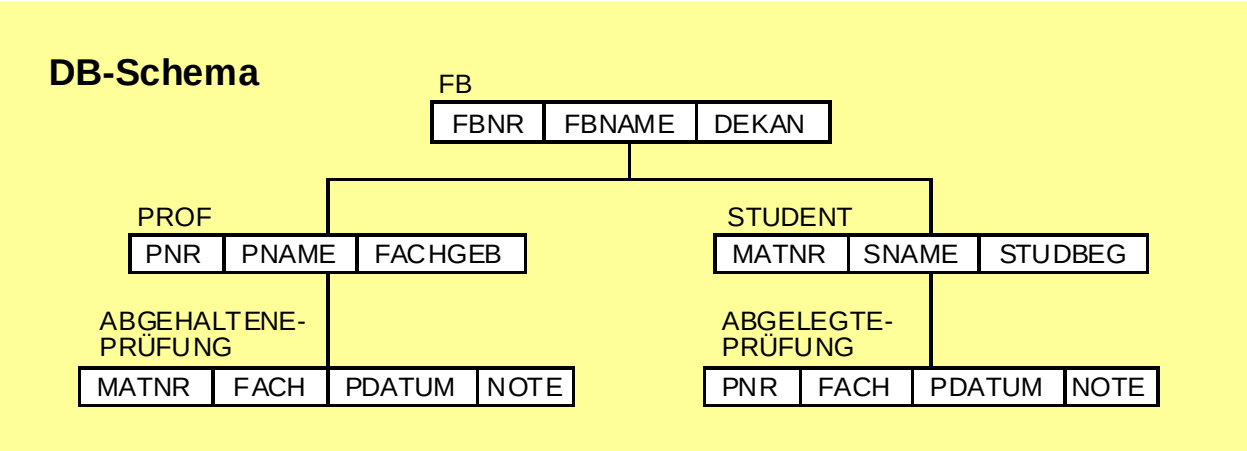
III. *Finde die Durchschnittsnoten der DV-Prüfungen für alle Fachbereiche mit mehr als 1000 Studenten.*

```
SELECT  S.FBNR, AVG (P.NOTE)
FROM    PRÜFUNG P, STUDENT S
WHERE   P.FACH = 'DV' AND P.MATNR = S.MATNR
GROUP BY S.FBNR
HAVING (SELECT COUNT(*)
        FROM    STUDENT T
        WHERE T.FBNR = S.FBNR) > 1000
```

Anforderungen an ein DBS (8)

2. Leichte Handhabbarkeit der Daten (Forts.)

- **Beispiel im Hierarchiemodell**

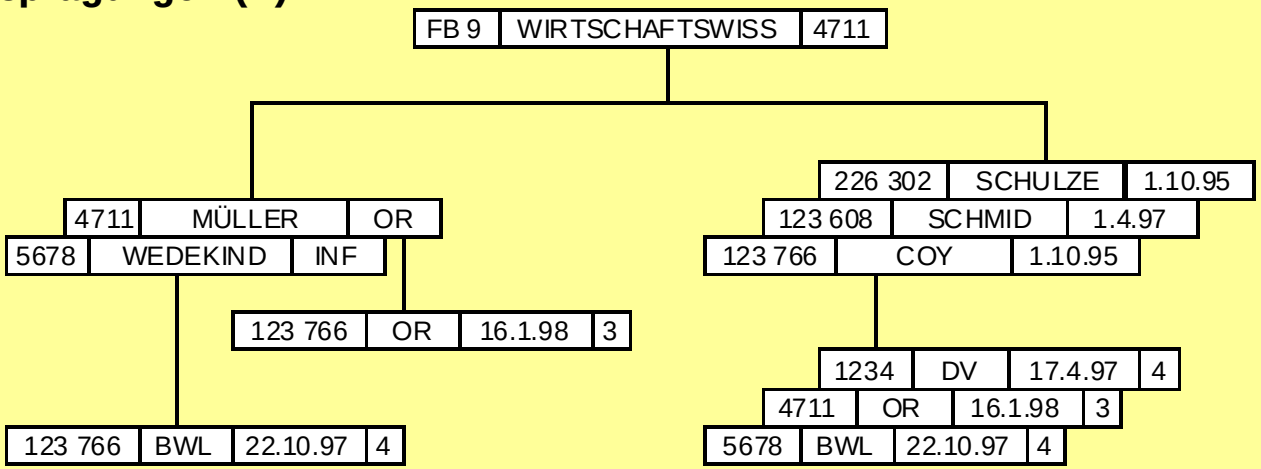


Anforderungen an ein DBS (9)

2. Leichte Handhabbarkeit der Daten (Forts.)

- **Beispiel im Hierarchiemodell (Forts.)**

Ausprägungen (1)

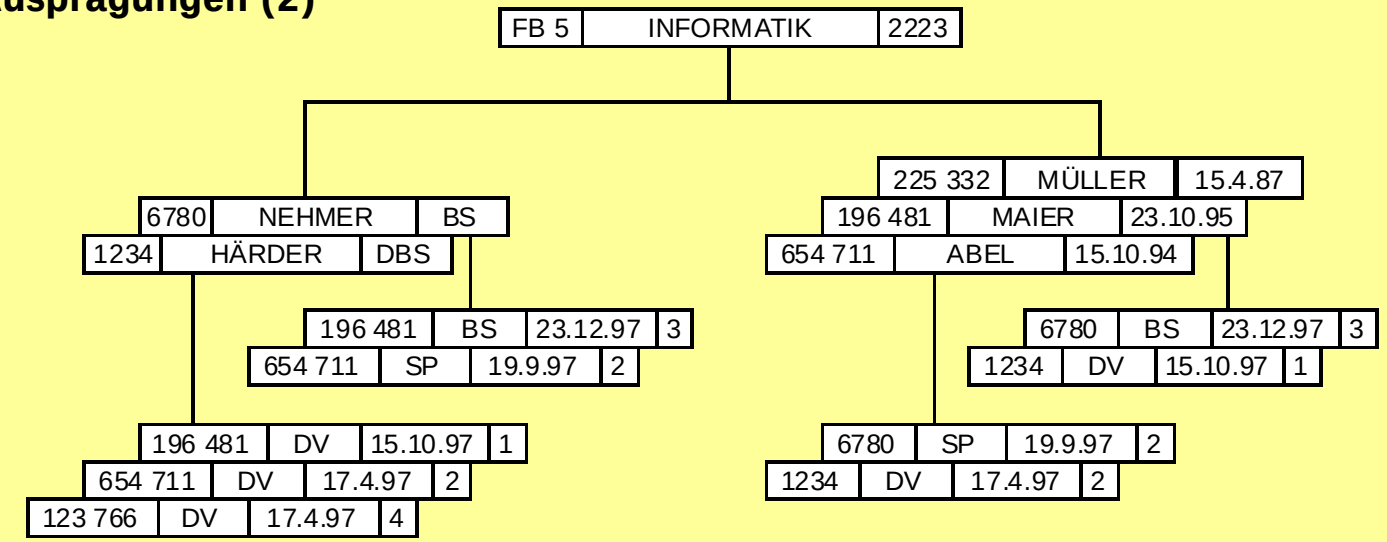


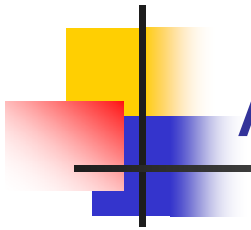
Anforderungen an ein DBS (10)

2. Leichte Handhabbarkeit der Daten (Forts.)

- **Beispiel im Hierarchiemodell (Forts.)**

Ausprägungen (2)





Anforderungen an ein DBS (11)

2. Leichte Handhabbarkeit der Daten (Forts.)

- **Beispiel im Hierarchiemodell (Forts.)**
  - **Prozedurale DB-Sprachen**
    - Programmierer als Navigator
    - satzweiser Zugriff über vorhandene Zugriffspfade
    - unnatürliche Organisation bei komplexen Beziehungen
    - Auswertungsrichtung ist vorgegeben

Anforderungen an ein DBS (12)

2. Leichte Handhabbarkeit der Daten (Forts.)

- **Beispiel im Hierarchiemodell (Forts.)**
  - **Anfragebeispiele**

I. *Finde alle Studenten aus Fachbereich 5, die ihr Studium vor 1990 begonnen haben.*

```
                    GU FB (FBNR = 'FB5');
NEXT_STUDENT:       GNP STUDENT (STUDBEG < '1.1.90');
                    IF END_OF_PARENT THEN EXIT;
                    PRINT STUDENT RECORD;
                    GOTO NEXT_STUDENT;
```

Anforderungen an ein DBS (13)

2. Leichte Handhabbarkeit der Daten (Forts.)

- **Beispiel im Hierarchiemodell (Forts.)**
  - **Anfragebeispiele (Forts.)**

II. Finde alle Studenten des Fachbereichs 5, die im Fach Datenverwaltung eine Note 2 oder besser erhalten haben.

```
                    GU FB (FBNR = 'FB5');
NEXT_STUDENT:       GNP STUDENT;
                    IF END_OF_PARENT THEN EXIT;
                    GNP ABGELEGTE_PRÜFUNG
                              (FACH = 'DV') AND (NOTE ≤ '2');
                    IF END_OF_PARENT THEN GOTO
                              NEXT_STUDENT;
                    PRINT STUDENT RECORD;
                    GOTO NEXT_STUDENT;
```

Anforderungen an ein DBS (14)

3. Kontrolle der Datenintegrität

- **Automatisierte Zugriffskontrollen (Datenschutz)**
  - separat für jedes Datenobjekt
  - unterschiedliche Rechte für verschiedene Arten des Zugriffs
- **Erhaltung der logischen Datenintegrität (system enforced integrity)**
  - Beschreibung der „Richtigkeit“ von Daten durch Prädikate und Regeln
  - „Qualitätskontrollen“ bei Änderungsoperationen durch das DBS
  - Ggf. aktive Maßnahmen durch das DBS

Anforderungen an ein DBS (15)

3. Kontrolle der Datenintegrität (Forts.)

- **Transaktionskonzept** (Durchsetzung der ACID-Eigenschaften)

May all your transactions commit and never leave you in doubt. (J. Gray)

  - „Schema-Konsistenz (**C**) aller DB-Daten wird bei Commit erzwungen
  - ACID impliziert Robustheit, d. h., DB enthält nur solche Zustände, die explizit durch erfolgreich abgeschlossene TA erzeugt wurden
    - **D**auerhaftigkeit (Persistenz): Effekte von abgeschlossenen TA gehen nicht verloren
    - **A**tomarität (Resistenz): Zustandsänderungen werden entweder, wie in der TA spezifiziert, vollständig durchgeführt oder überhaupt nicht
  - Im Mehrbenutzerbetrieb entsteht durch nebenläufige TA ein Konkurrenzverhalten (concurrency) um gemeinsame Daten, d. h., TA geraten in Konflikt
    - **I**solationseigenschaft: TA-Konflikte sind zu verhindern oder aufzulösen

Anforderungen an ein DBS (16)

3. Kontrolle der Datenintegrität (Forts.)

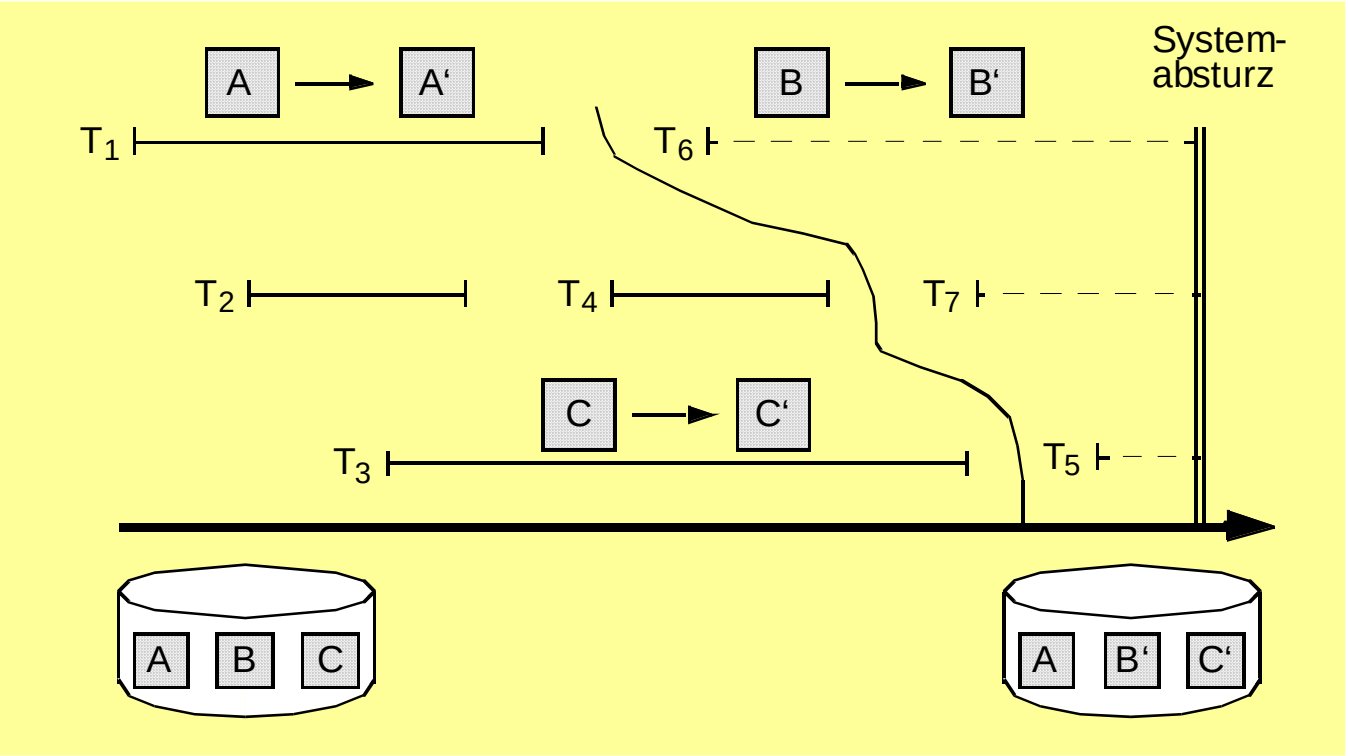
- **Erhaltung der physischen Datenintegrität**
  - Periodisches Erstellen von Datenkopien
  - Führen von Änderungsprotokollen für den Fehlerfall (Logging)
  - Bereitstellen von Wiederherstellungsalgorithmen im Fehlerfall (Recovery)
    - **Garantie** nach erfolgreichem Neustart:
      jüngster transaktionskonsistenter DB-Zustand

- **Notwendigkeit des kontrollierten Mehrbenutzerbetriebs**
  - logischer Einbenutzerbetrieb für jeden von n parallelen Benutzern (Leser + Schreiber)
  - geeignete Synchronisationsmaßnahmen zur gegenseitigen Isolation
  - angepasste Synchronisationseinheiten (z. B. Sperrgranulate) mit abgestuften Zugriffsmöglichkeiten
    - **Ziel**: möglichst geringe gegenseitige Behinderung

Anforderungen an ein DBS (17)

3. Kontrolle der Datenintegrität (Forts.)

- **Zu: Erhaltung der physischen Datenintegrität**



Anforderungen an ein DBS (18)

3. Kontrolle der Datenintegrität (Forts.)

- **Zu: Erhaltung der physischen Datenintegrität (Forts.)**
  - **DBMS garantiert physische Datenintegrität**
    - bei jedem Fehler (z. B. Ausfall des Rechners, Absturz des Betriebssystems oder des DBMS, Fehlerhaftigkeit einzelner Transaktionsprogramme) wird eine „korrekte“ Datenbank rekonstruiert
    - nach einem (Teil-)Absturz ist immer der jüngste transaktionskonsistente Zustand der DB zu rekonstruieren, in dem alle Änderungen von Transaktionen enthalten sind, die vor dem Zeitpunkt des Fehlers erfolgreich beendet waren (T_1 bis T_4) und sonst keine
    - automatische Wiederherstellung nach Neustart des Systems
  - **Maßnahmen beim Wiederanlauf (siehe auch Beispiel)**
    - Ermittlung der beim Absturz aktiven Transaktionen (T_5, T_6, T_7)
    - Rücksetzen (UNDO) der Änderungen der aktiven Transaktionen in der Datenbank (B‘ $\rightarrow$ B)
    - Wiederholen (REDO) der Änderungen von abgeschlossenen Transaktionen, die vor dem Absturz nicht in die Datenbank zurückgeschrieben waren (A $\rightarrow$ A‘)

Anforderungen an ein DBS (19)

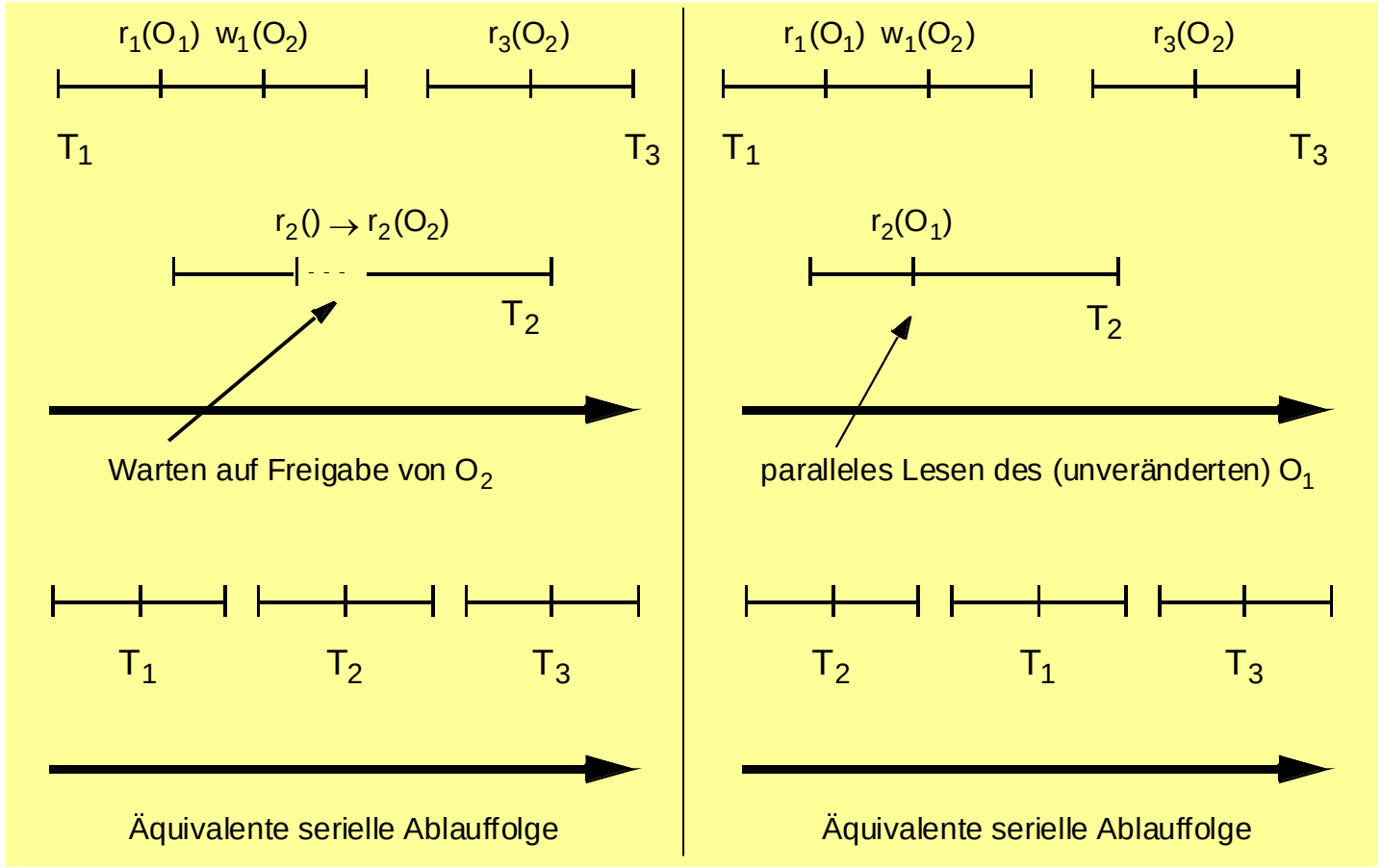
3. Kontrolle der Datenintegrität (Forts.)

- **Zu: Notwendigkeit der Kontrolle des Mehrbenutzerbetriebs**
  - Beim **logischen Einbenutzerbetrieb** hat jede der parallel aktiven Transaktionen den ‚Eindruck', als liefe sie alleine ab, d. h., logisch bilden alle Transaktionen eine serielle Ablauffolge
  - **Synchronisationskomponente** des DBMS umfasst alle Maßnahmen zur Sicherstellung der Ablaufintegrität (Isolation der parallelen Transaktionen)
  - **Formale Definition:** Eine parallele Ablauffolge von Transaktionen ist genau dann korrekt synchronisiert, wenn es eine zu dieser Ablauffolge äquivalente (bezüglich ihrer Lese- und Schreibabhängigkeiten (r, w)) serielle Ablauffolge gibt, so dass jede Transaktion T_i in der seriellen Reihenfolge dieselben Werte liest und schreibt wie im parallelen Ablauf. (Dabei ist jede Permutation der T_i-Folge gleichermaßen zulässig, siehe Beispiel)

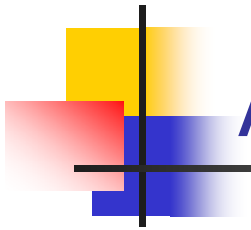
Anforderungen an ein DBS (20)

3. Kontrolle der Datenintegrität (Forts.)

- **Zu: Notwendigkeit der Kontrolle des Mehrbenutzerbetriebs (Forts.)**

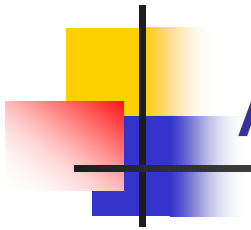


Anforderungen an ein DBS (21)



4. Leistung und Skalierbarkeit

- **DBS-Implementierung gewährleistet**
  - **Effizienz** der Operatoren (möglichst geringer Ressourcenverbrauch)
  - **Verfügbarkeit** der Daten (Redundanz, Verteilung usw.)
- **Effizienz des Datenzugriffs**
  - Zugriffsoptimierung durch das DBS, nicht durch den Anwender
  - Anlegen von Zugriffspfaden durch den Datenbankadministrator, Auswahl idealerweise durch das DBS
- **Maßzahlen für Leistung**: Antwortzeit, Durchsatz
- **Skalierbarkeit**: Scaleup, Speedup



Anforderungen an ein DBS (22)

5. Hoher Grad an Daten-Unabhängigkeit

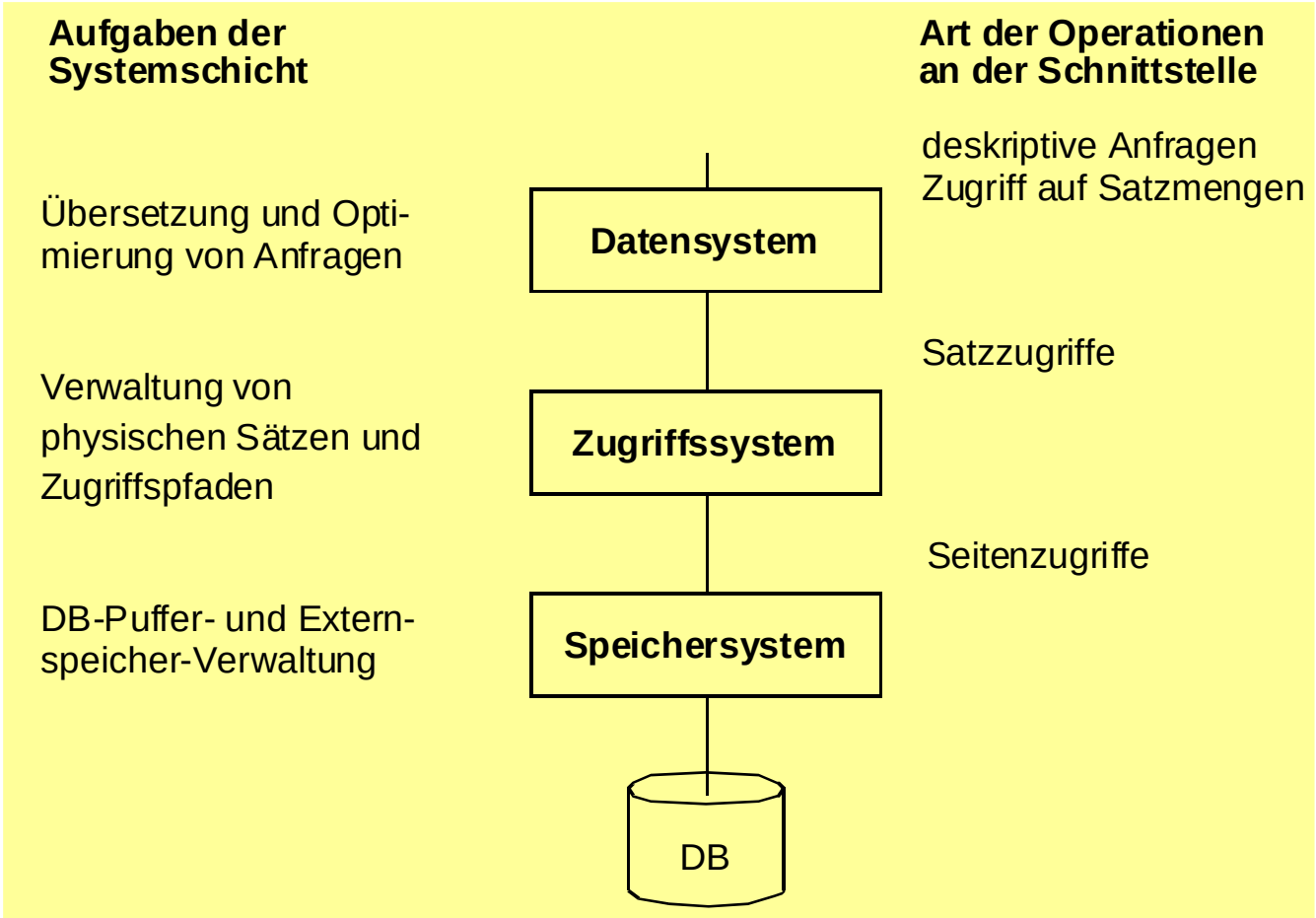
- **Ziel:** *möglichst starke Isolation der Anwendungsprogramme von den Daten*

  sonst: extremer Wartungsaufwand für die Anwendungsprogramme

- **Realisierung verschiedener Arten von *Daten-Unabhängigkeit*:**
  - **Minimalziel:** physische Daten-Unabhängigkeit (durch das BS/DBS)
    - **Geräte**unabhängigkeit
    - **Speicherungsstruktur**-Unabhängigkeit
  - logische Daten-Unabhängigkeit (vor allem durch das Datenmodell!)
    - **Zugriffspfad**-Unabhängigkeit
    - **Datenstruktur**-Unabhängigkeit

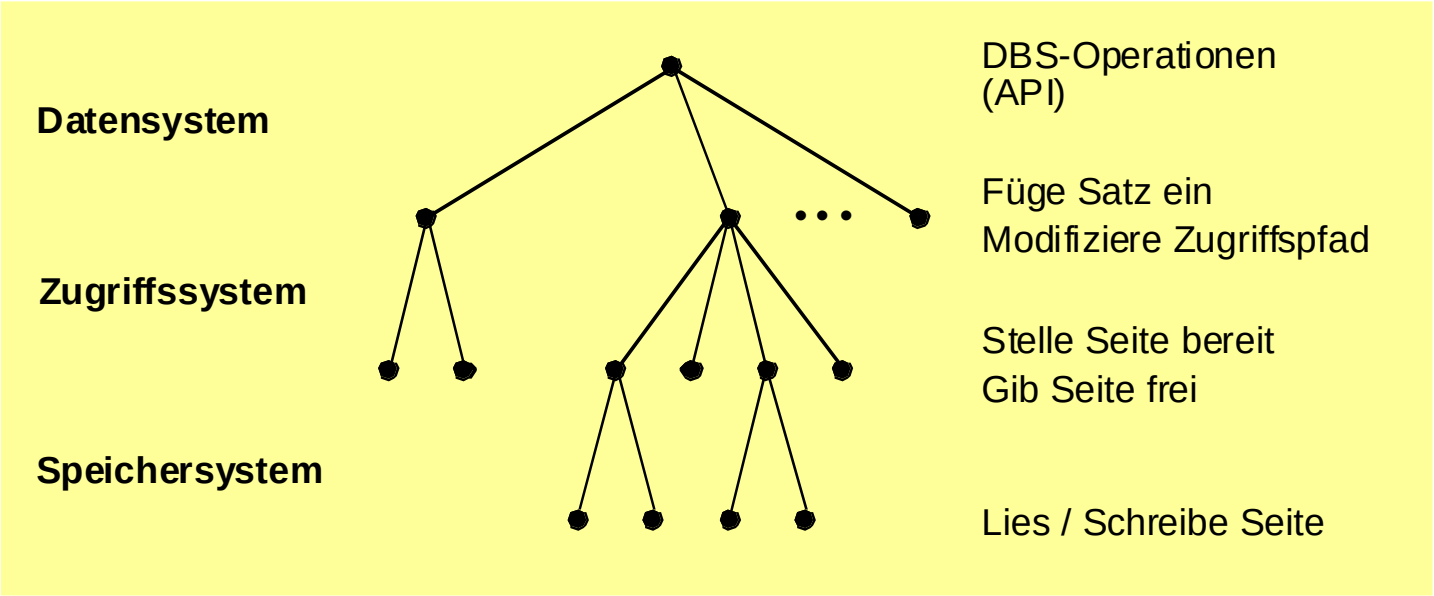
Schichtenmodell für DBS (1)

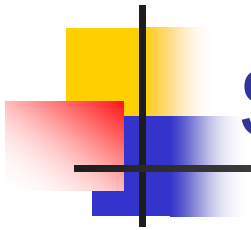
- Ziel: Architektur eines daten-unabhängigen DBS (Forts.)
  - **Vereinfachtes Schichtenmodell**



Schichtenmodell für DBS (2)

- Ziel: Architektur eines daten-unabhängigen DBS (Forts.)
  - **Vereinfachtes Schichtenmodell (Forts.)**



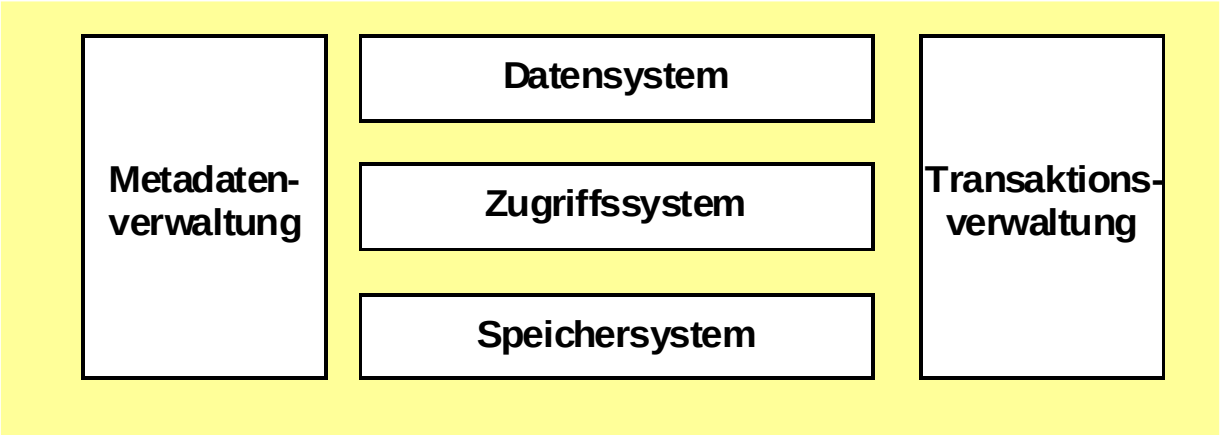


Schichtenmodell für DBS (3)

- Weitere Komponenten in der DBS-Architektur
  - Entwurfsziel: *DBS sollen von ihrem Aufbau und ihrer Einsatzorientierung her in hohem Maße **generische** Systeme sein. Sie sind so zu entwerfen, dass sie flexibel durch Parameterwahl und ggf. durch Einbindung spezieller Komponenten für eine vorgegebene Anwendungsumgebung konfigurierbar sind.*
  - Metadaten
    - Metadaten enthalten Informationen über die zu verwaltenden Daten
    - sie beschreiben also diese Daten (Benutzerdaten) näher hinsichtlich Inhalt, Bedeutung, Nutzung, Integritätsbedingungen, Zugriffskontrolle usw.
    - die Metadaten lassen sich unabhängig vom DBVS beschreiben (siehe internes, konzeptionelles und externes Schema)
    - dadurch erfolgt das „Zuschneidern eines DBS“ auf eine konkrete Einsatzumgebung; die Spezifikation, Verwaltung und Nutzung von Metadaten bildet die Grundlage dafür, dass DBS hochgradig „generische“ Systeme sind
    - Metadaten fallen in allen DBS-Schichten an
    - Metadatenverwaltung, DB-Katalog, Data-Dictionary-System, DD-System, ...

Schichtenmodell für DBS (4)

- Weitere Komponenten in der DBS-Architektur
  - Transaktionsverwaltung
    - Realisierung der ACID-Eigenschaften (Synchronisation, Logging/Recovery, Integritätssicherung)
  - Überblick

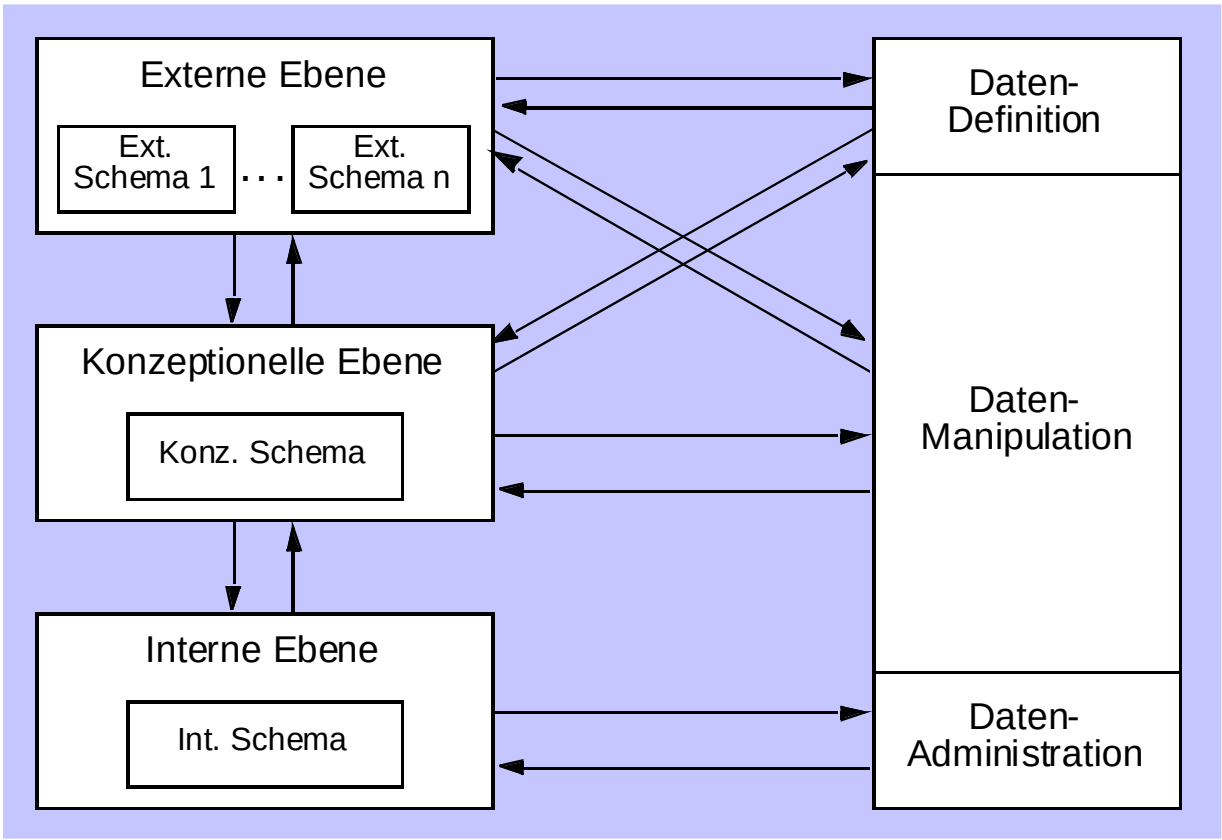


Schema-Architektur (1)

- Drei-Schema-Architektur nach ANSI-SPARC
  - bisher Realisierungssicht (3-Schichtenmodell), nun Benutzungssicht

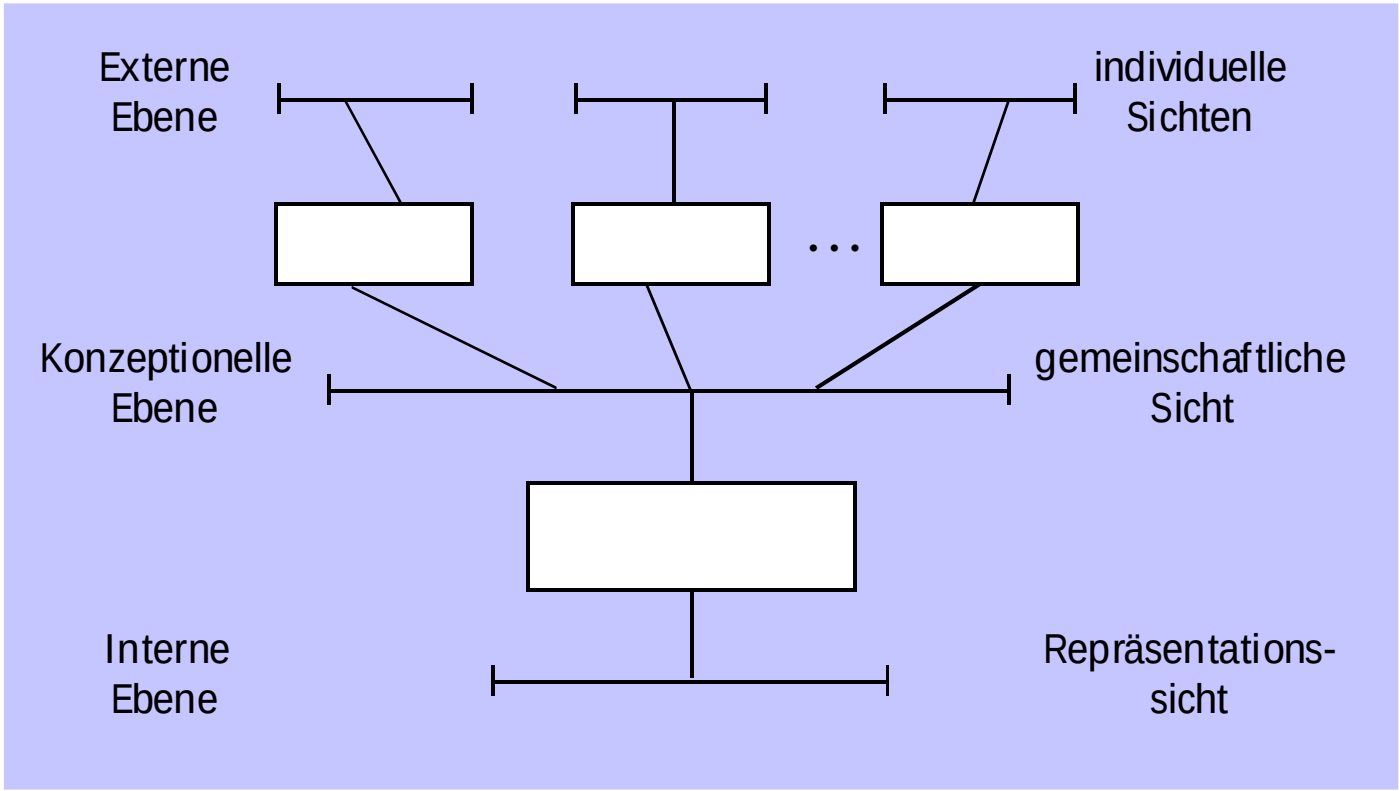
Tsichritzis, D. C., Klug, A.:
The ANSI/X3/Sparc DBMS Framework
Report of the Study Group on
Database Management Systems,
in: Information Systems 3:3,
1978, 173-191

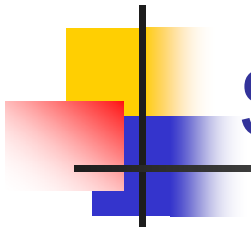
ANSI: American National Standards
Institute, SPARC-Komitee:
Study Group on Database
Management Systems,
http://www.ansi.org



Schema-Architektur (2)

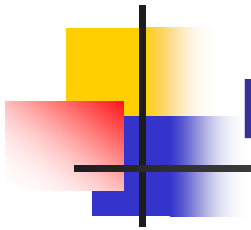
- Drei-Schema-Architektur nach ANSI-SPARC (Forts.)





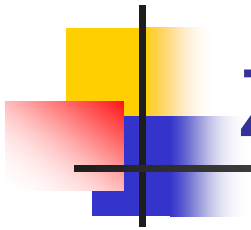
Schema-Architektur (3)

- Drei-Schema-Architektur nach ANSI-SPARC (Forts.)
  - Konzeptionelles Schema
    - (zeitvariante) globale Struktur; neutrale und redundanzfreie Beschreibung in der Sprache eines spezifischen Datenmodells
  - Externes Schema
    - Definition von zugeschnittenen Sichten auf Teile des konzeptionellen Schemas für spezielle Anwendungen (Benutzer)
    - Sichtenbildung
      - Anpassung der Datentypen an die der Wirtssprache (DBS ist „multi-lingual“)
      - Zugriffsschutz
      - Reduktion der Komplexität
  - Internes Schema
    - legt physische Struktur der DB fest (Satzformate, Zugriffspfade etc.)



Dynamischer Ablauf einer DB-Operation

- Interne Bearbeitungsschritte
  1. **SELECT * FROM PERS' WHERE PNR = '12345'**
  2. Vervollständigen der Verarbeitungsinformation aus Konzeptionellem und Internem Schema; Ermittlung der Seiten# (z. B. durch Hashing)
  3. Zugriff auf DB-Puffer: falls erfolgreich, dann weiter mit 7
  4. Zugriff auf DB über DB-Pufferverwaltung/Betriebssystem
  5. Durchführen des E/A-Auftrages
  6. Ablegen der Seite im DB-Puffer
  7. Übertragen in Arbeitsbereich
  8. Statusinformation: Return-Code, Cursor-Info
  9. Manipulation mit Anweisungen der Programmiersprache



Zusammenfassung

- DBS-Charakteristika
  - Zentralisierte Verwaltung der operationalen Daten (Rolle des DBA)
  - Adäquate Schnittstellen (Datenmodell und DB-Sprache)
  - Datenkontrolle, insbes. zentrale Kontrolle der Datenintegrität und kontrollierter Mehrbenutzerbetrieb
  - Leistung und Skalierbarkeit
  - Hoher Grad an Daten-Unabhängigkeit
- Beschreibungsmodelle für ein DBS
  - Schichtenmodell
  - Drei-Schema-Architektur
- Programmierschnittstellen (siehe Schichtenmodell)
  - mengenorientierte DB-Schnittstelle (relationale DBS)
  - satzorientierte DB-Schnittstelle (hierarchische und netzwerkartige DBS)
  - interne Satzschnittstelle (zugriffsmethodenorientierte Programmierschnittstelle)