

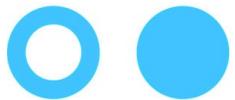
## Teil III

**Von Datenbanken und ihren Systemen**

**Robert Hartmann (SoSe 2024)**

**basierend auf Folien von  
Prof. Dr. Harm Knolle**

**Fachbereich Informatik  
Hochschule Bonn-Rhein-Sieg**



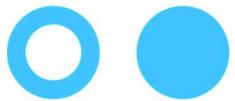
## - Kapitel 8 - Speicherstrukturen -

### Inhalt

- 0 - Vorbemerkungen
- Teil I - Von EDV-Anwendungen und Ihren Anforderungen
- 1 - Einführung
- Teil II - Von Daten und ihren Modellen
- 2 - Prozess des Datenbankentwurfs
- 3 - Semantische Datenmodelle
- 4 - Logische Datenmodelle
- 5 - Datenbankmodelle
- 6 - Datenanfrage und Datenänderung
- Teil III - Von Datenbanken und ihren Systemen
- 7 - Datenbanksysteme
- 8 - Speicherstrukturen
- 9 - Ausblick

### Inhalt

- ♦ Physische Entwurf der Datenbank
- ♦ Interne Datensätze
- ♦ Zugriffsverfahren für Primärschlüssel



## - Speicherstrukturen -

### Ziel

- ◆ Ingenieurmäßiger Entwurf der internen Ebene eines Datenbanksystems
- ◆ Welche physischen Speicherstrukturen bieten sich für die Verwaltung von Daten an
- ◆ Auf welche Art und Weise kann mit Hilfe der physischen Speicherstrukturen auf die Daten zugegriffen werden
- ◆ Wie werden die Daten in den physischen Speicherstrukturen wiedergefunden

### Hilfsmittel

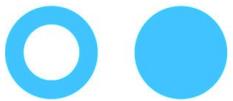
- ◆ Speichermedien
- ◆ Speicherstrukturen
- ◆ Operationen auf Speicherstrukturen
- ◆ Interne Ebene der Datenbank

### Inhalt

- ◆ Physische Entwurf der Datenbank
- ◆ Interne Datensätze
- ◆ Zugriffsverfahren für Primärschlüssel

### Literatur

- ◆ KeEi15
  - Kapitel 7 „Physische Datenorganisation“
    - ab Abschnitt 7.4
- ◆ Ku15
  - Kapitel 5: „Dateiorganisation und Indexe“
- ◆ SSH18
  - Kapitel 5: „Datenspeicherung und primäre Dateiorganisation“
    - ab Abschnitt 5.4
  - Kapitel 6: „Indexstrukturen für Daten“



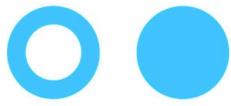
## - Physische Entwurf der Datenbank -

### Inhalt

- ◆ Physische Entwurf der Datenbank
- ◆ Interne Datensätze
- ◆ Zugriffsverfahren für Primärschlüssel

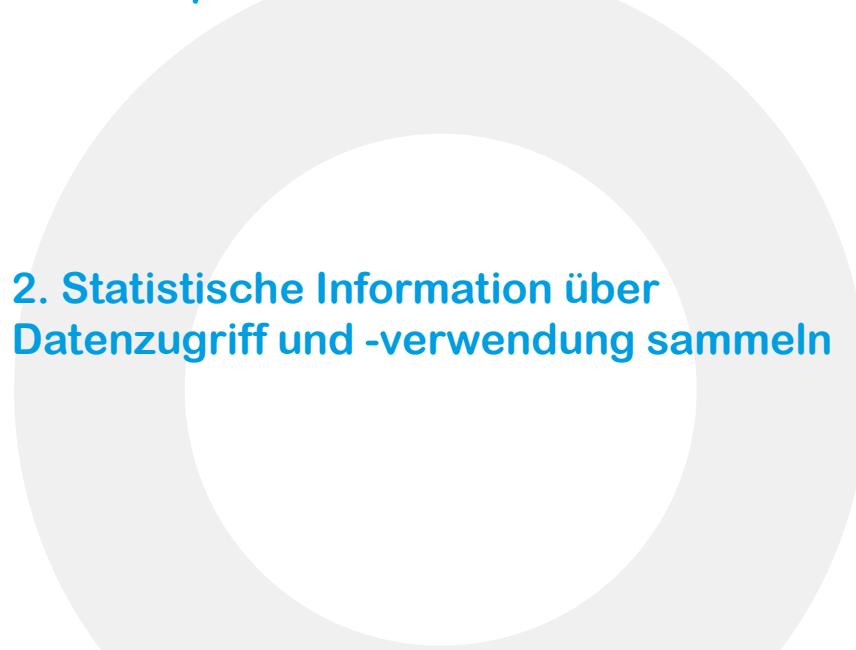
### Überblick

- ◆ Interne Ebene der Datenbank
- ◆ Speichermedien
- ◆ Typische Operationen
- ◆ Entwurfskriterien
- ◆ Zugriffspfade
- ◆ Speicherung von Datensätzen
- ◆ Entwurfsschritte der Physischen Datenorganisation



## - Interne Ebene der Datenbank -

1. Konzeptuelles Modell entwerfen



2. Statistische Information über  
Datenzugriff und -verwendung sammeln

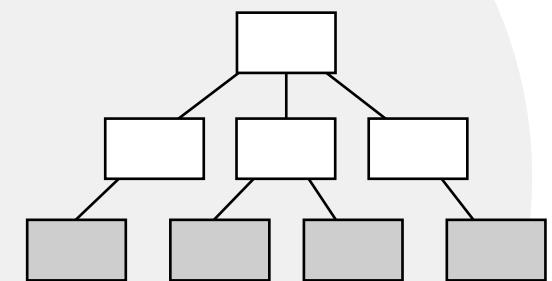
3. Physische Organisation durchführen

- wird vom Datenbankadministrator durchgeführt
- wird im internen Schema beschrieben

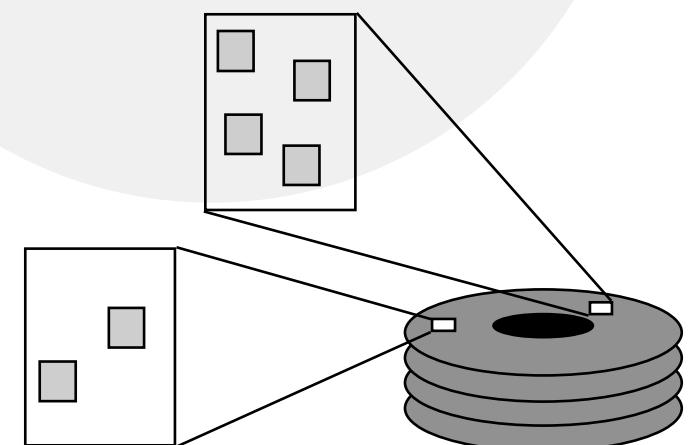
Abbildung der Daten auf interne Datensätze

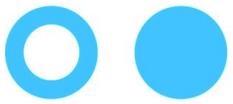


Zugriffspfade  
auf Daten



Verteilung  
der Daten  
auf sekundäre  
Datenträger  
(Platte)





## - Speichermedien -

### Arbeitsspeicher

- ♦ schnell, teuer, flüchtig

### Sekundärspeicher

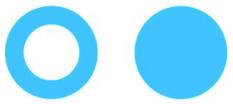
- ♦ langsam(er), billig, persistent

### Systempuffer

- ♦ Mittler zwischen beiden
- ♦ hat großen Einfluss auf die DBS-Leistung
- ♦ Größe wird beim Generieren der DB festgelegt

### Merkmale von Datenbanken

- ♦ Hauptspeicherdatenbank
  - zur Laufzeit werden so viele Daten wie möglich in einem großen Arbeitsspeicherbereich gehalten
  - der Datenbestand befindet sich aber dennoch auf Sekundärspeichern (Platte)
- ♦ Umfang von Datenbanken
  - Verwaltungsdatenbanken mit mehreren hundert Platten aktuellem Datenbestand
  - Datenbanken von Data Warehouse Systemen mit deutlicher Überschreitung der Terra-Byte-Grenze
- ♦ Real-Time Datenbanken
  - zeitkritische Datenbankanwendungen
  - u.U. "abspecken" des DB-Leistungsumfanges



## - Typische Operationen -

### Retrieval: read bzw. get

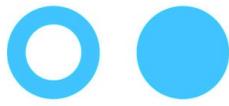
- lesender Zugriff auf Informationen, auch als Selektion oder Auswahl bezeichnet
- Zugriff auf Informationen, die eine bestimmte Bedingung erfüllt (Bedingung wird im Lesebefehl spezifiziert)

### Update: write bzw. put

- schreibender Zugriff auf den Datenbestand (alle Zugriffe, die Änderungen bewirken werden als update zusammengefasst)
- insert
  - Einfügen neuer Informationen in den Bestand
- delete
  - Löschen von Information aus dem Bestand

### Entwurfsziel der internen Ebene einer Datenbank

- die Gesamtheit aller Anwendungen einer Datenbank soll möglichst gut unterstützt werden



## - Entwurfskriterien -

### Speicherung mit einem Sortierkriterium

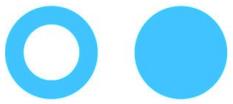
- ◆ Kunden-Nr

Kunden- kartei I	<u>Kunden- Nr</u>	Name	Ort
...			
1234-713	Dillo	Sankt Augustin	
1234-873	Wilke	Bonn	
1234-954	Schmidt	Siegburg	
...			
1238-963	Grau	Sankt Augustin	
...			
1244-613	Wenzel	Bonn	
...			
1254-673	Müller	Siegburg	
1254-654	Meier	Sankt Augustin	
...			

### Speicherung mit mehreren Sortierkriterien

- ◆ Ort
- ◆ Kunden-Nr

Kunden- kartei II	<u>Kunden- Nr</u>	Name	Ort
...			
1234-873	Wilke	Bonn	
1244-613	Wenzel	Bonn	
...			
1234-713	Dillo	Sankt Augustin	
1238-963	Grau	Sankt Augustin	
1254-654	Meier	Sankt Auguatin	
...			
1234-954	Schmidt	Siegburg	
1254-673	Müller	Siegburg	
...			



## - Zugriffspfade -

### Definition

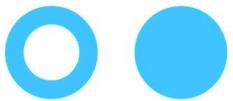
- die Selektionen und Beziehungen, welche auf der Ebene der physischen Datenorganisation realisiert sind, heißen Zugriffspfade einer Datenbank (z.B.)
  - Beschreibung der Auswahl bestimmter Speicherblöcke einer Platte, die bestimmte Datensätze enthalten

### Positiv

- Zugriffspfade unterstützen schnelles Retrieval
- je mehr Zugriffspfade existieren, desto besser werden Selektionen unterstützt

### Negativ

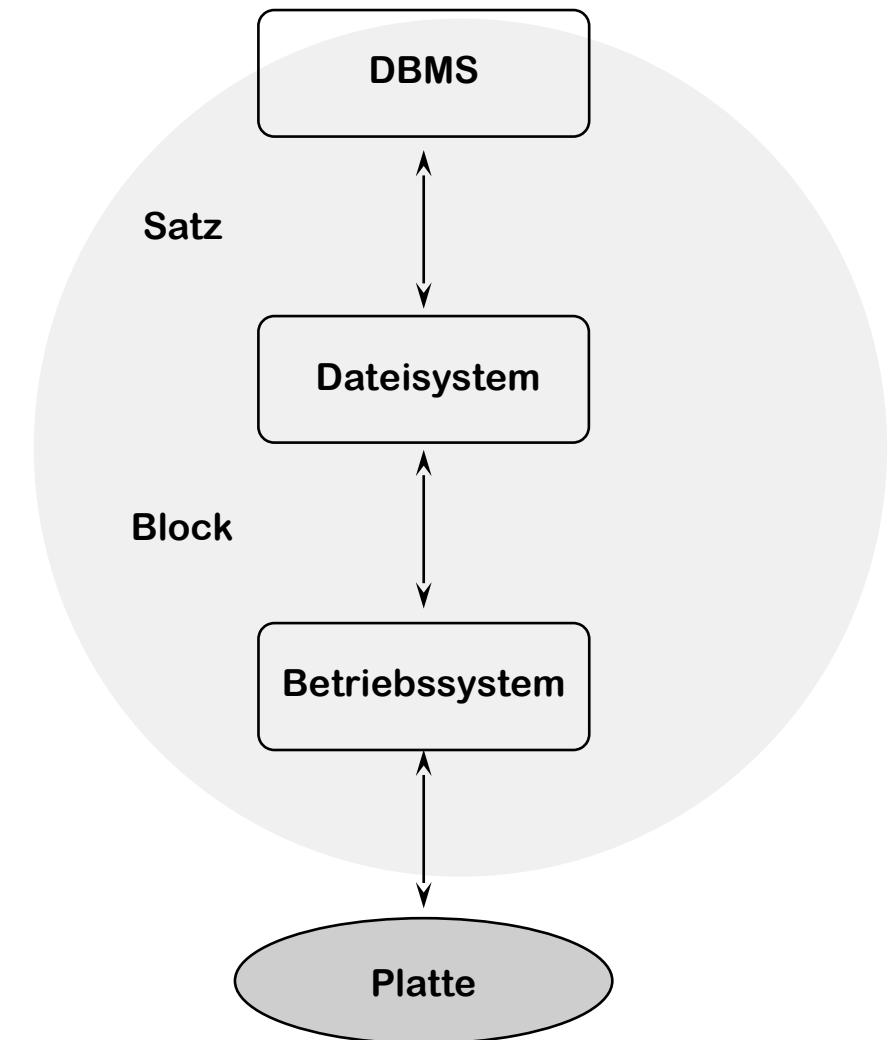
- schreibende Operationen erfordern einen (evtl. stark) erhöhten Aufwand, da bei Änderungen oder Löschungen u.U. in jedem Zugriffspfad der betreffenden Information geändert werden muss

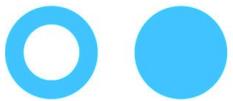


## - Speicherung von Datensätzen (I) -

### Verwendung eines Dateisystems

- ◆ das DBMS übergibt Datensätze an ein Dateisystem und überlässt es diesem,
- ◆ ... die Sätze in den logischen Speichereinheiten des Sekundärspeichers unterzubringen
  - ◆ kein Einfluss seitens des DBMS (z.B.)
    - Blockbelegungen
    - sortierte Ablage
    - zusammengefasste Information in einem physischen Block
  - ◆ sinnvoll für „kleinere“ Systeme

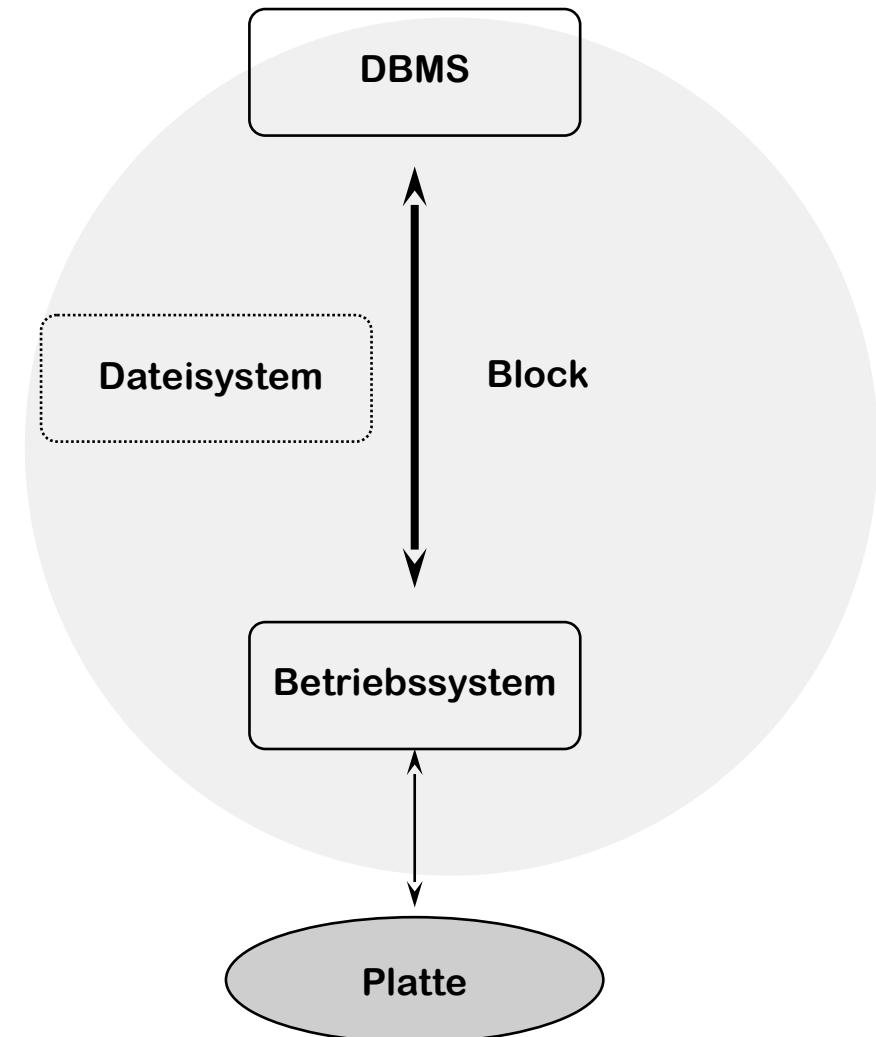


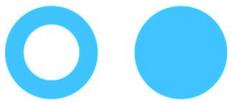


## - Speicherung von Datensätzen (II) -

### Eigenverwaltung durch das DBMS

- ◆ das DBMS übernimmt die Anordnung der Datensätze auf den logischen Speichereinheiten des Sekundärspeichers (Raw Device bzw. Raw Partition)
- ◆ direkter Blocktransfer mit dem Betriebssystem
  - die resultierenden Dateien sind damit meistens inkompatibel zu den herkömmlichen Dateisystemen der benutzten Rechner
  - ◆ vollständiger Einfluss auf Optimierungen bei der Speicherung durch das DBMS
  - ◆ sinnvoll für große Systeme

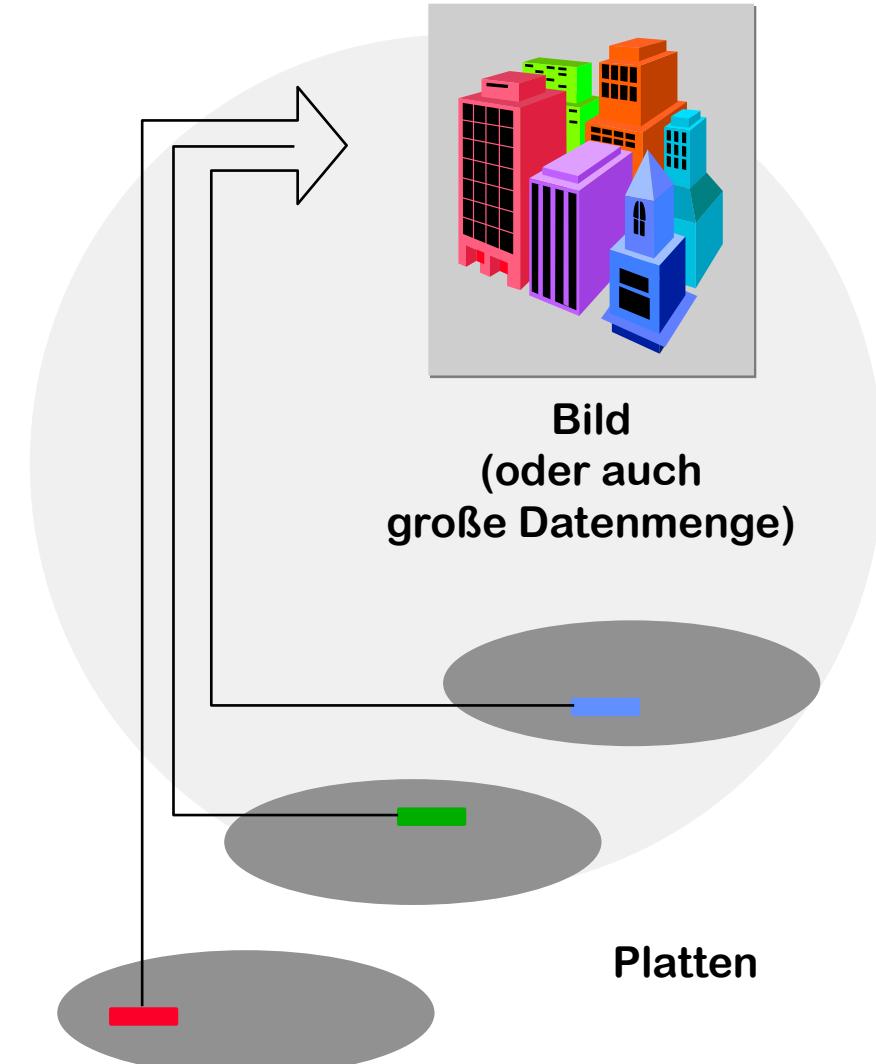


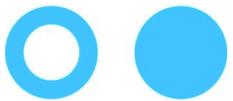


## - Speicherung von Datensätzen (III) -

### Beispiel: Bildspeicherung und -darstellung

- ◆ Anforderung
  - möglichst rasche Darstellung von Bildinformation aus einer Datenbank
- ◆ Problem
  - Speicherung eines Bildes (Satellitenbild, Röntgenbild, etc.) als Einheit ist wegen geringer Transfer-Raten Platte → Bildschirm mit einem Dateisystem sehr langsam
  - Engpass: Lesen der Platten
- ◆ Potenzielle Lösung
  - Aufteilung des Bildes in mehrere Blöcke
  - Lagerung der Blöcke auf verschiedenen Platten
- ◆ paralleler Zugriff auf die Platten durch individuelle Lesekopfsteuerung
- ◆ Beispiel lässt sich grundsätzlich auf große Datenmengen vereinheitlichen, auf die zeitgleich zugegriffen werden soll

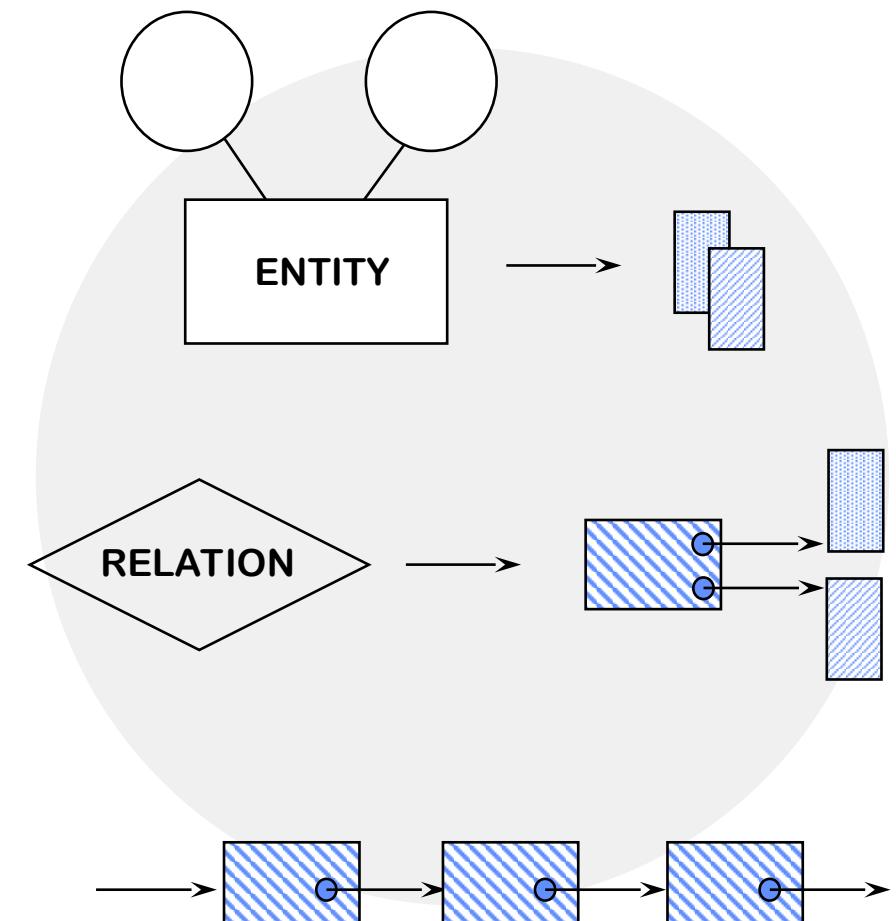




## - Entwurfsschritte der Physischen Datenorganisation -

### Zugriffsstrukturen

- ◆ Entity → interner Satz (Sätze)
  - auf welche Weise werden Entitäten auf interne Datensätze abgebildet?
- ◆ Verbindungen → interner Satz (Sätze)
  - welche Verbindungen zwischen internen Datensätzen werden eingerichtet?
  - Unterstützung von Beziehungen (Relationships)?

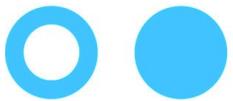


### Zugriffsverfahren

- ◆ welche Zugriffspfade werden zu internen Datensätzen eingerichtet?
- ◆ Unterstützung der index-basierten schnellen Selektion ?

SQL-Beispiel für Index:

```
CREATE TABLE kunden ( KundenNr ... , Ort ... , ... );  
ALTER TABLE kunden ADD CONSTRAINT pk_kunden PRIMARY KEY (KundenNr);  
CREATE INDEX idx_kunden_ort_kundennr ON kunden (Ort, KundenNr);
```



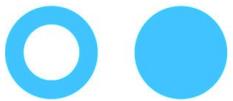
## - Interne Datensätze -

### Inhalt

- ◆ Physische Entwurf der Datenbank
- ◆ **Interne Datensätze**
- ◆ Zugriffsverfahren für Primärschlüssel

### Überblick

- ◆ Problemstellung
- ◆ Variabel lange Sätze
- ◆ Variabel lange Sätze als Sätze fester Länge
- ◆ Direkte Implementation variabel langer Sätze



## - Problemstellung -

### Zusammenfassung von Entity-Attributen

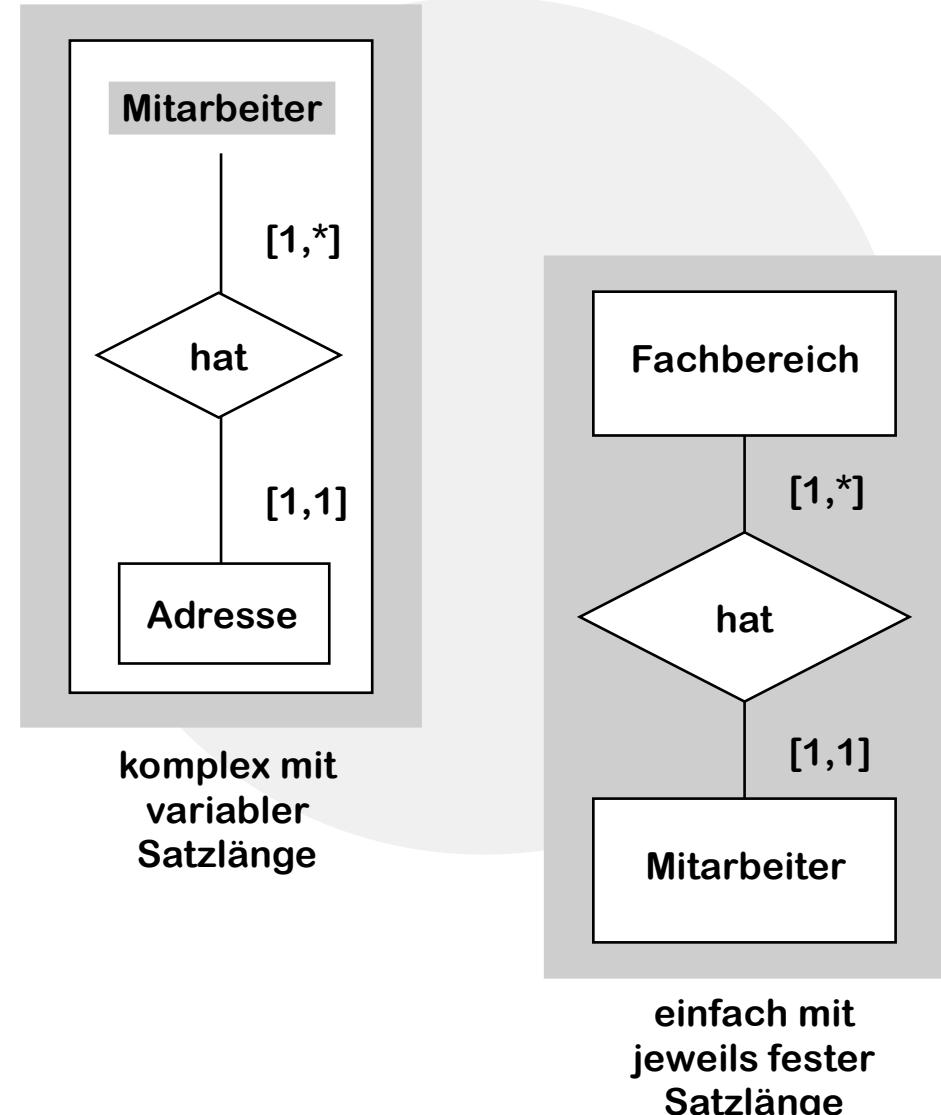
- es kann sinnvoll sein, Attribute von unterschiedlichen Entity-Typen in einem Datensatz zusammenzufassen
- insbesondere bei schwachen Entity-Typen von 1:n Beziehungen zwischen Entity-Typen

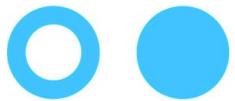
### Teilung von Entity-Attributen

- ebenso kann es sinnvoll sein, wenig angefragte Attribute von häufig angefragten abzutrennen, um den Datenverkehr so gering wie möglich zu halten

### Entscheidung

- Realisierung von internen Sätzen durch feste oder variable Satzlänge!





## - Variabel lange Sätze -

Attribute mit  
unterschiedlicher Anzahl von Zeichen (z.B.)

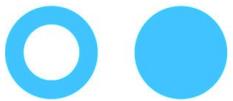
- Attribute vom Typ STRING  
(ohne Zeichenbegrenzung)

Wiederholungsgruppe

- Attribut, welches aus mehreren Werten eines Wertebereiches besteht  
(repeating group)
- bezeichnet mit {} als Menge oder der maximalen Anzahl von Werten (n) als begrenzte Liste

Fachbereich

Nr	{Mitarbeiter}
1	Müller
	Meier
2	Schulze
	Lehman
	Schmidt



## - Variabel lange Sätze als Sätze fester Länge -

### Begrenzung

- man führt eine Obergrenze für die Anzahl der Attributwertelemente ein

VARCHAR(20)  
VARCHAR(1000)

### Nullwerte

- nicht belegte Werte einer Wiederholungsgruppe werden mit Nullwerten belegt
- Nullwerte zeigen an, dass kein Wert existiert
- Beispiel
  - maximal vier Fremdsprachenkenntnisse pro Mitarbeiter

A	GB	F	I	E
B	GB	NULL	NULL	NULL
C	GB	I	NULL	NULL

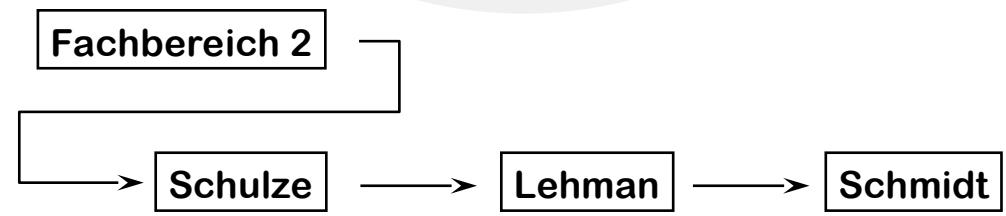
### Alternative

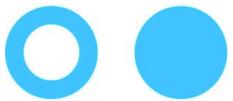
- Angabe der belegten Felder (z.B.: in numerischer Form)

A	4	GB	F	I	E
B	1	GB			
C	2	GB	I		

### Verkettung von Sätzen

- Wiederholungsgruppe als Verkettung von Elementen fester Länge eines anderen Satztyps





## - Direkte Implementation variabel langer Sätze -

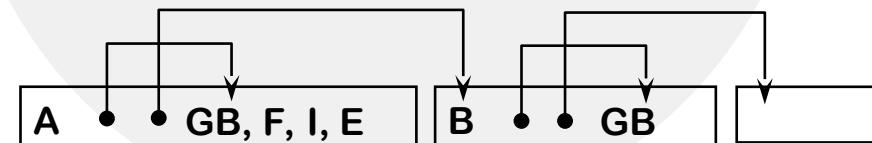
### Angabe der Wertanzahl

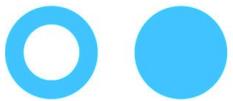
- wie bei der Implementierung mit festen Satzlängen und der Angabe der Wertanzahl
- allerdings ohne den Platz für die nicht belegten Werte
- Berechnung des nächsten Attributes durch Kenntnis der Elementlänge (in Byte) und der vermerkten Anzahl von Werten

A	4	GB	F	I	E	(nächster Satz bei $4 * \text{Länge Sprache} + \text{Länge (Anzahl + Name)}$ )
B	1	GB				(nächster Satz bei $1 * \text{Länge Sprache} + \text{Länge (Anzahl + Name)}$ )
C	2	GB	I			(nächster Satz bei $2 * \text{Länge Sprache} + \text{Länge (Anzahl + Name)}$ )

### Offsetangabe

- Einführung eines Zeigers auf das erste Element einer Wiederholungsgruppe
- und eines Zeigers auf den Beginn des nächsten Attributs
- Berechnung der Anzahl der Werte aus der Differenz der beiden Zeigerwerte dividiert durch die (bekannte) Länge eines Wiederholungsgruppenwertes





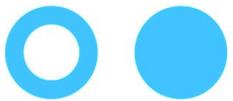
## - Zugriffsverfahren für Primärschlüssel -

### Inhalt

- ◆ Physische Entwurf der Datenbank
- ◆ Interne Datensätze
- ◆ Zugriffsverfahren für Primärschlüssel

### Überblick

- ◆ Primär- und Sekundärschlüssel
- ◆ Sequentielle Organisation
- ◆ Index-Sequentielle Organisation
- ◆ Gestreute Organisation
- ◆ Sortiert-Logisch-Sequentielle Organisation
- ◆ Baumverfahren
- ◆ Diskussion der Verfahren



## - Primär- und Sekundärschlüssel -

### Primärschlüssel

- identifizierendes Attribut (oder Attributkombination) für einen Satztyp

Kunden-  
kartei I

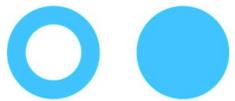
Kunden-Nr	Name	Ort
...		
1234-713	Dillo	Sankt Augustin
1234-873	Wilke	Bonn
1234-954	Schmidt	Siegburg
...		
1238-963	Grau	Sankt Augustin
...		
1244-613	Wenzel	Bonn
...		
1254-673	Müller	Siegburg
1254-654	Meier	Sankt Augustin
...		

### Sekundärschlüssel

- jedes andere Attribut
- oder Attributkombination
- muss eindeutig, aber nicht identifizierend sein (kann aber)

### Zugriffspfad

- durch die physische Datenorganisation gegebene Möglichkeit, Sätze oder Satzmengen in einer Datenbank zu finden
- Zugriffspfade werden in der Regel für Primärschlüssel angelegt
- man kann auch für Sekundärschlüssel Zugriffspfade anlegen



## - Sequentielle Organisation -

### Organisation

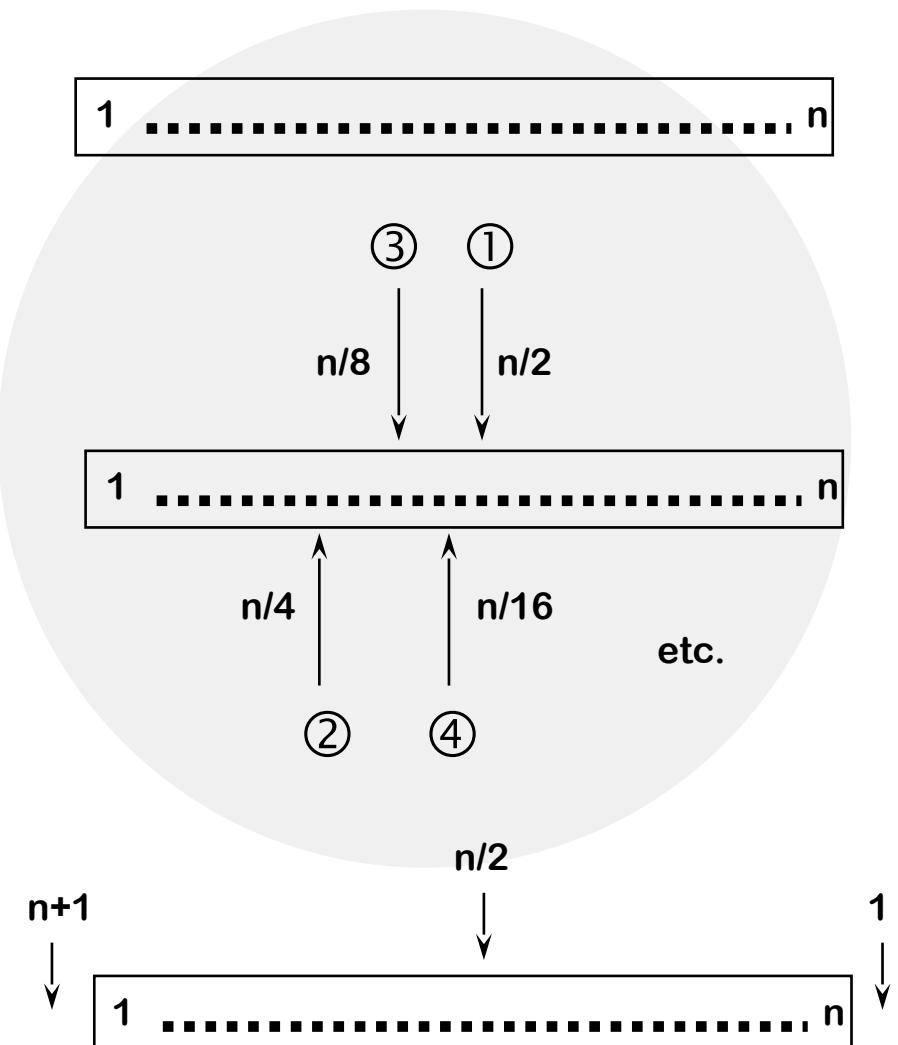
- die Datensätze werden nach dem Primärschlüssel aufsteigend abgespeichert

### Sätze finden

- bei Anwendung des Verfahrens der binären Suche mit  $n$  Schlüsselwerten ist der Aufwand im Mittel
  - Suchaufwand ( $n$ ) =  $\log_2 n$

### Sätze einfügen

- recht aufwendig
- bei  $n$  Schlüsselwerten müssen durchschnittlich  $n/2$  Sätze bewegt ("aufgerückt") werden





# Tafelbild: Abbildung der Daten auf den Sekundärspeicher - sequentiell

123	XYZ	ADC	987
-----	-----	-----	-----

Beispieldatensatz mit 80 Bytes Länge

124	XYZ	ADC	987	125	XYZ	ADC	987	126	XYZ	ADC	987
127	XYZ	ADC	987	128	XYZ	ADC	987				

Block des sekundären Speichers mit 8 KB (Füllgrad ca.  
100 Beispieldatensätze zu je 80 Bytes)

220	XYZ	ADC	987								
221	XYZ	ADC	987	222	XYZ	ADC	987	223	XYZ	ADC	987

123 XYZ ADC 987 123 XYZ ADC 987 123 XYZ ADC 987	123 XYZ ADC 987 123 XYZ ADC 987 123 XYZ ADC 987	123 XYZ ADC 987 123 XYZ ADC 987 123 XYZ ADC 987	123 XYZ ADC 987 123 XYZ ADC 987 123 XYZ ADC 987
123 XYZ ADC 987 123 XYZ ADC 987 123 XYZ ADC 987	123 XYZ ADC 987 123 XYZ ADC 987 123 XYZ ADC 987	123 XYZ ADC 987 123 XYZ ADC 987 123 XYZ ADC 987	123 XYZ ADC 987 123 XYZ ADC 987 123 XYZ ADC 987
123 XYZ ADC 987 123 XYZ ADC 987 123 XYZ ADC 987	123 XYZ ADC 987 123 XYZ ADC 987 123 XYZ ADC 987	123 XYZ ADC 987 123 XYZ ADC 987 123 XYZ ADC 987	123 XYZ ADC 987 123 XYZ ADC 987 123 XYZ ADC 987
123 XYZ ADC 987 123 XYZ ADC 987 123 XYZ ADC 987	123 XYZ ADC 987 123 XYZ ADC 987 123 XYZ ADC 987	123 XYZ ADC 987 123 XYZ ADC 987 123 XYZ ADC 987	123 XYZ ADC 987 123 XYZ ADC 987 123 XYZ ADC 987
123 XYZ ADC 987 123 XYZ ADC 987 123 XYZ ADC 987	123 XYZ ADC 987 123 XYZ ADC 987 123 XYZ ADC 987	123 XYZ ADC 987 123 XYZ ADC 987 123 XYZ ADC 987	123 XYZ ADC 987 123 XYZ ADC 987 123 XYZ ADC 987

Ausschnitt aus dem sekundären Speicher  
(1 MB entsprechen ca. 122 Blöcke zu je 8 KB)

10.000 Datensätze zu je 80 Bytes würden unter Ausnutzung des Füllgrads 100 Blöcke im sekundären Speicher belegen

123 XYZ ADC 987 123 XYZ ADC 987 123 XYZ ADC 987	123 XYZ ADC 987 123 XYZ ADC 987 123 XYZ ADC 987	123 XYZ ADC 987 123 XYZ ADC 987 123 XYZ ADC 987
123 XYZ ADC 987 123 XYZ ADC 987 123 XYZ ADC 987	123 XYZ ADC 987 123 XYZ ADC 987 123 XYZ ADC 987	123 XYZ ADC 987 123 XYZ ADC 987 123 XYZ ADC 987
123 XYZ ADC 987 123 XYZ ADC 987 123 XYZ ADC 987	123 XYZ ADC 987 123 XYZ ADC 987 123 XYZ ADC 987	123 XYZ ADC 987 123 XYZ ADC 987 123 XYZ ADC 987
123 XYZ ADC 987 123 XYZ ADC 987 123 XYZ ADC 987	123 XYZ ADC 987 123 XYZ ADC 987 123 XYZ ADC 987	123 XYZ ADC 987 123 XYZ ADC 987 123 XYZ ADC 987

123 XYZ ADC 987 123 XYZ ADC 987 123 XYZ ADC 987	123 XYZ ADC 987 123 XYZ ADC 987 123 XYZ ADC 987	123 XYZ ADC 987 123 XYZ ADC 987 123 XYZ ADC 987
123 XYZ ADC 987 123 XYZ ADC 987 123 XYZ ADC 987	123 XYZ ADC 987 123 XYZ ADC 987 123 XYZ ADC 987	123 XYZ ADC 987 123 XYZ ADC 987 123 XYZ ADC 987
123 XYZ ADC 987 123 XYZ ADC 987 123 XYZ ADC 987	123 XYZ ADC 987 123 XYZ ADC 987 123 XYZ ADC 987	123 XYZ ADC 987 123 XYZ ADC 987 123 XYZ ADC 987
123 XYZ ADC 987 123 XYZ ADC 987 123 XYZ ADC 987	123 XYZ ADC 987 123 XYZ ADC 987 123 XYZ ADC 987	123 XYZ ADC 987 123 XYZ ADC 987 123 XYZ ADC 987