

## 2. Grundlagen

### *Inhalt dieses Kapitels*

#### 2.1 Datenbanksysteme [Kemper & Eickler 1999]

Grundbegriffe, relationale Datenbanksysteme, Anfragesprache SQL, Methode der Anfragebearbeitung, physische Speicherung der Daten, Indexstrukturen zur effizienten Anfragebearbeitung

#### 2.2 Statistik [Fahrmeier, Künstler, Pigeot & Tutz 1999]

univariate und multivariate Deskription, Wahrscheinlichkeitsrechnung, diskrete und stetige Zufallsvariablen, Approximation von Verteilungen, Parameterschätzung, Testen von Hypothesen

#### 2.3 OLAP [S. Chaudhuri & U. Dayal, 1997]

OLTP, Kennzahlen, multidimensionales Datenmodell, Stern- und Schneeflockenschema, Cubes

#### 2.4 Preprocessing [Pyle 1999]

Ziele der Vorverarbeitung, typische Vorverarbeitungsschritte, Beispiele

## 2. 1 Datenbanksysteme

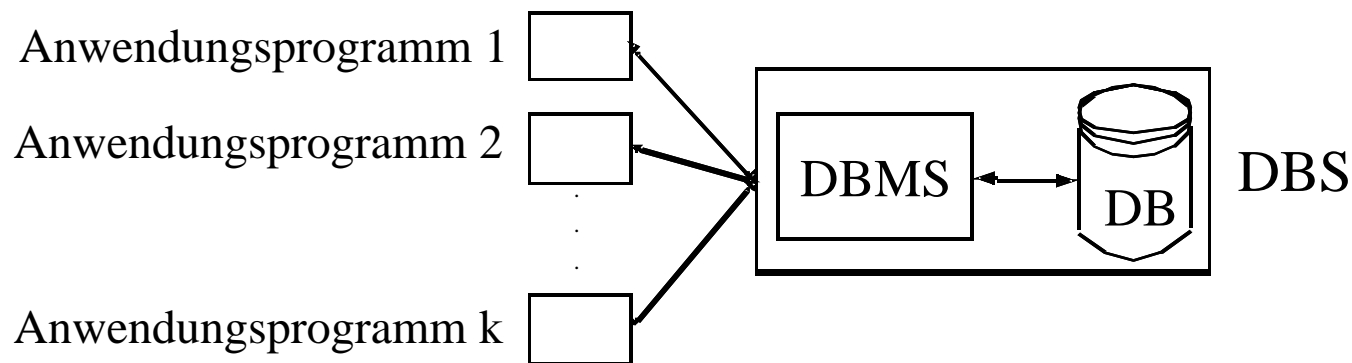
### Definition

Ein *Datenbanksystem (DBS)* ist ein Softwaresystem zur dauerhaften Speicherung und zum effizienten Suchen in großen Datenmengen.

### Komponenten

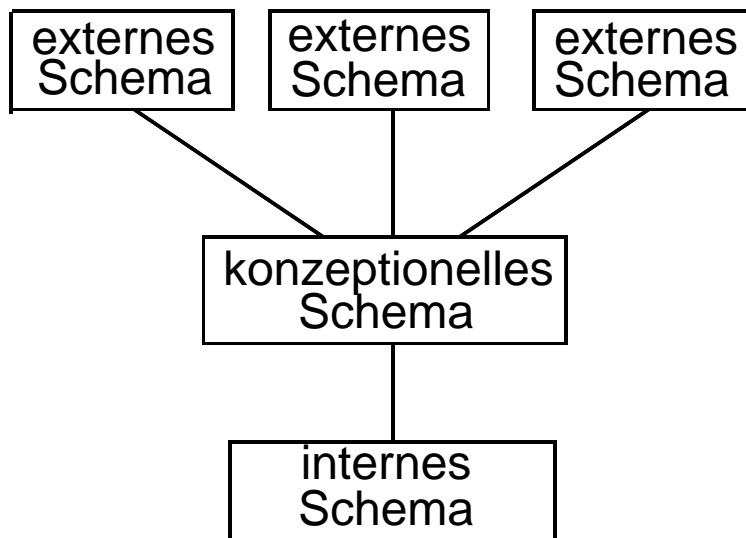
*Datenbank (DB)*: Sammlung von Daten einer gegebenen Anwendung

*Datenbank-Management-System (DBMS)*: Computerprogramm zum Management von Datenbanken beliebiger Anwendungen in einem spezifizierten Format



## 2.1 Datenbanksysteme

### *Drei-Ebenen-Architektur*



Spezielle Sichten verschiedener Benutzer / Anwendungsprogramme auf dieselbe Datenbank

Logische Sicht der ganzen Datenbank

Physische Speicherung der Datenbank

## 2.1 Relationale Anfragesprache SQL

### *Beispiele*

Kunde (KName, KAdr, Kto)

Auftrag (KName, Ware, Menge)

Lieferant (LName, LAdr, Ware, Preis)

```
select distinct Lname
from Lieferant, Auftrag
where Lieferant.Ware = Auftrag.Ware and KName =
'Huber'
```

```
select Ware, min (Preis), max (Preis), avg (Preis)
from Lieferant
group by Ware
order by Ware
```

## 2.1 Anfragebearbeitung

### Prinzip

- eine SQL-Anfrage spezifiziert nur das „Was“
- der Anfrageoptimierer des DBMS bestimmt einen möglichst effizienten Anfrageplan, um die gegebene SQL-Anfrage zu beantworten
- Anfrageplan als *Operatorbaum*:
  - Die Blätter eines Operatorbaumes enthalten die auftretenden *Relationen*.
  - Die inneren Knoten repräsentieren die verwendeten *Operationen*.

### Ablauf

- Generierung von Anfrageplänen mit Hilfe von *heuristischen Regeln* (z.B. Selektionen vor Joins)
- Bewertung der Anfragepläne basierend auf einem *Kostenmodell* (Kostenmaß: Anzahl zu bearbeitender Tupel) und statistischen Angaben über die Ausprägung der Datenbank

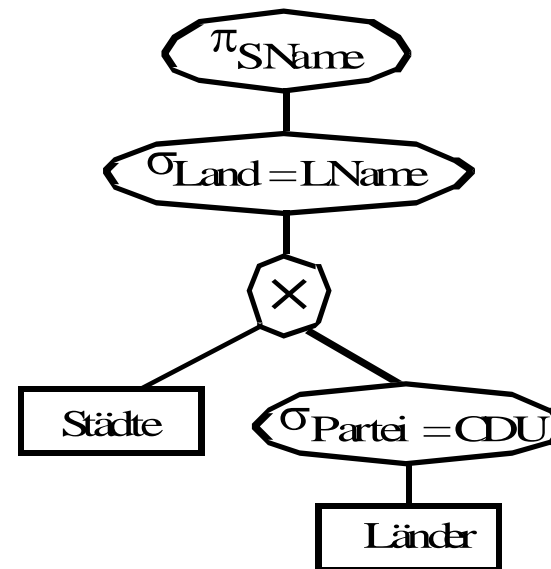
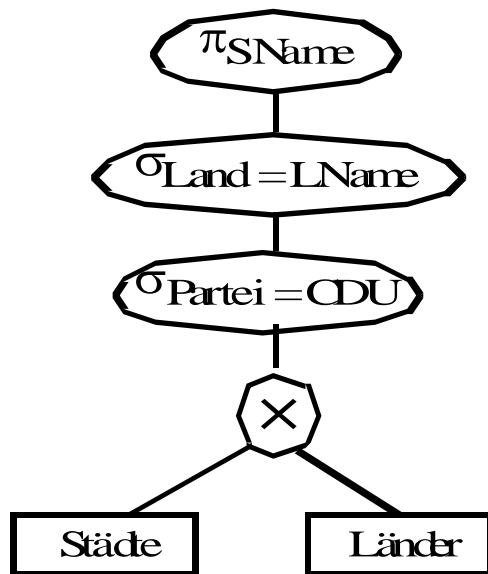
## 2.1 Anfragebearbeitung

### *Beispiel*

Städte (SName, SEinw, Land)

Länder (LName, LEinw, Partei)

```
select Sname from Städte,Länder  
where Land=Lname and Partei=CDU
```



## 2.1 Physische Speicherung der Daten

### Prinzip der Magnetplatten

- *Seiten* (Blöcke) als *kleinste Transfereinheit* zwischen Haupt- und Sekundärspeicher
- *Feste Größe* zwischen 128 Byte und 16 KByte
- *Direkter Zugriff* auf eine Seite mit gegebener Seitennummer

### Wahlfreier Zugriff

- Positionierung des Schreib-/Lesekopfes  
Zeit für die Kambewegung [6 ms]
- Warten auf den Sektor / die Seite  
im Durchschnitt die halbe Rotationszeit der Platte [4 ms]
- Übertragung der Seite  
Zeit für Schreiben bzw. Lesen [0,1 ms / KByte]

sehr teuer im Vergleich zu Hauptspeicher-Operationen



## 2.1 Physische Speicherung der Daten

### Sequentieller Zugriff

- Zugriff auf eine Menge von Seiten mit aufeinanderfolgenden Adressen
- ab der zweiten Seite entfällt der große Aufwand zur Positionierung des Schreib-/Lesekopfes und für das Warten auf die Seite
- sequentieller Zugriff ist wesentlich effizienter als wahlfreier Zugriff

### Kostenmaß für die Anfragebearbeitung

- Annahme: Zugriff auf Seiten erfolgt unabhängig voneinander
- sequentieller Zugriff ist dann nicht möglich
- Zeitaufwand für den wahlfreien Seitenzugriff ist um Größenordnungen höher als die Zeit für eine Operation im Hauptspeicher



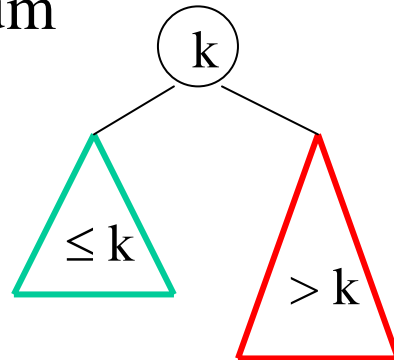
Anzahl der Seitenzugriffe als Kostenmaß



## 2.1 Indexstrukturen

### *Prinzipien*

Suchbaum



Balancierter Suchbaum

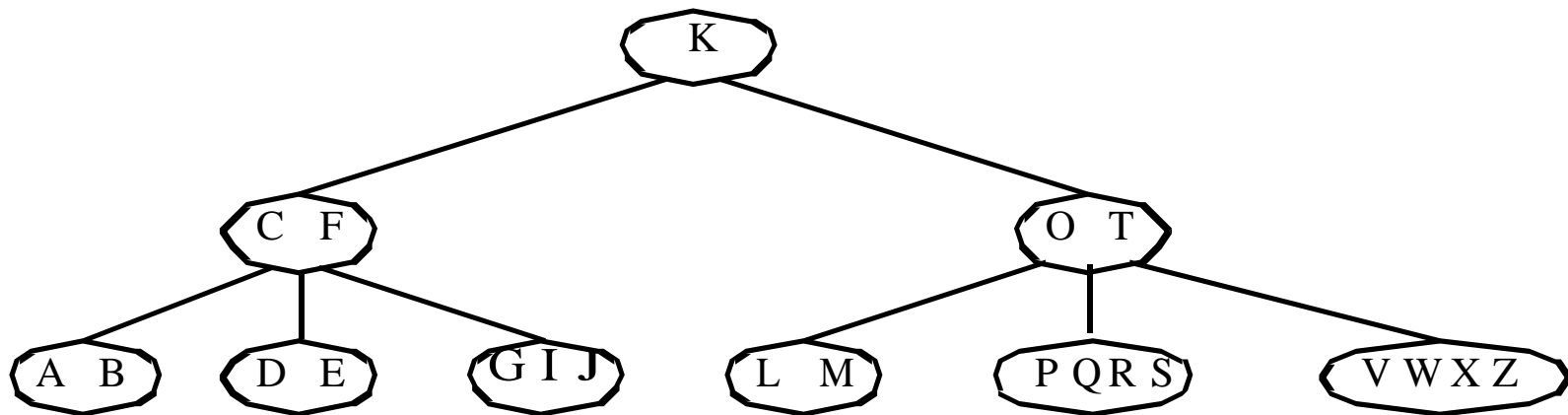
- alle Blätter des Baumes besitzen denselben Level
- die Höhe des Baumes ist  $O(\log n)$  für  $n$  Datensätze
- die Operationen Einfügen, Entfernen und Suchen sind auf einen (oder wenige) Pfade beschränkt

➡ Knoten des Baums = Seite der Magnetplatte

## 2.1 Indexstrukturen

### *B-Baum*

- Jeder Knoten enthält höchstens  $2m$  Schlüssel.
- Jeder Knoten außer der Wurzel enthält mindestens  $m$  Schlüssel, die Wurzel mindestens einen Schlüssel.
- Ein Knoten mit  $k$  Schlüsseln hat genau  $k+1$  Söhne.
- Alle Blätter befinden sich auf demselben Level.



## 2.1 Indexstrukturen

### *Punktanfrage im $B^+$ -Baum*

```
PunktAnfrage (Seite  $s$ , Integer  $k$ );  
   $i := 1$ ;  
  while  $i <$  Anzahl der Einträge in  $s$  do  
    if  $k \leq$   $i$ -ter Schlüssel in  $s$  then  
      if  $s$  ist Datenseite then  
        return  $i$ -ter Datensatz in  $s$ ;  
      else PunktAnfrage ( $i$ -ter Sohn von  $s$ ,  $k$ );  
    else  $i := i + 1$ ;  
  if  $i =$  Anzahl der Einträge in  $s$  then  
    PunktAnfrage ( $i$ -ter Sohn von  $s$ ,  $k$ );
```

## 2.1 Indexstrukturen

### *R-Baum*

#### Vergleich mit B-Baum

- B-Baum: eindimensionale Schlüssel (alphanumerische Werte)
- R-Baum: mehrdimensionale Schlüssel (Hyper-Rechtecke)

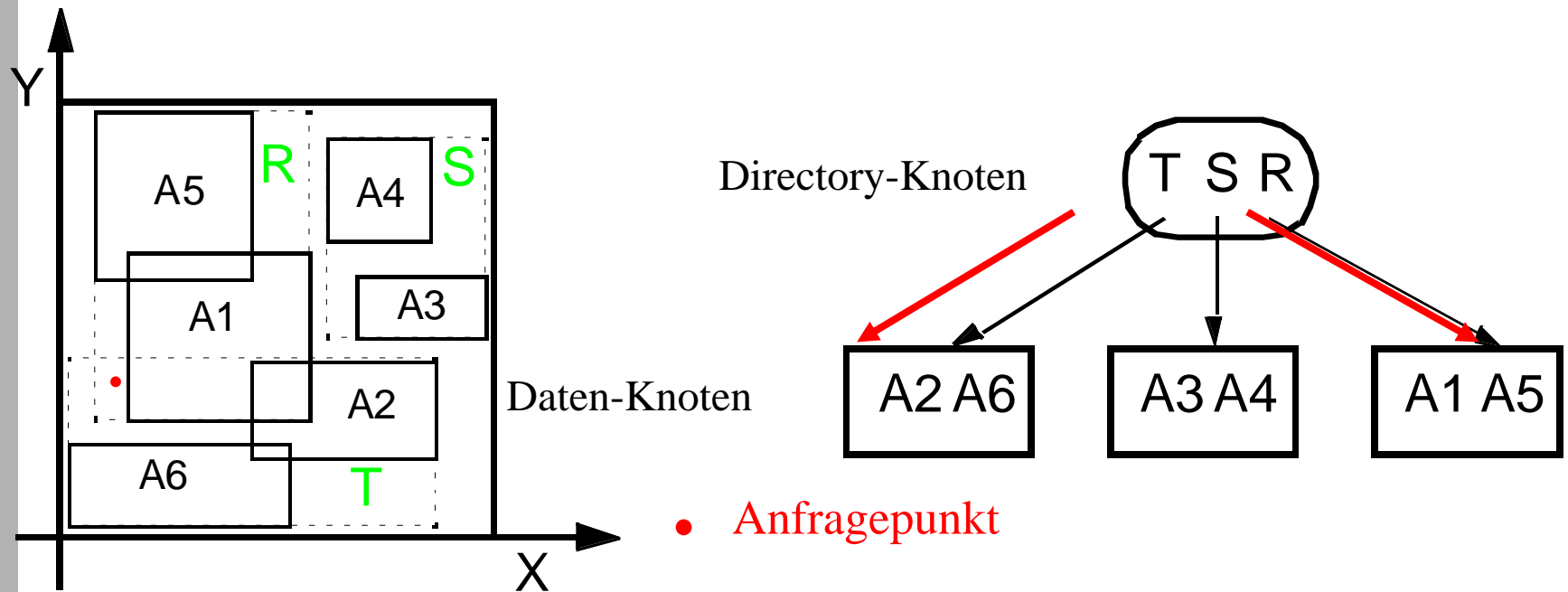
#### Definition

- Jeder Knoten außer der Wurzel besitzt zwischen  $m$  und  $M$  Einträge.
- Die Wurzel hat mindestens zwei Einträge, außer sie ist ein Blatt.
- Ein innerer Knoten mit  $k$  Einträgen hat genau  $k$  Söhne.
- Alle Blätter befinden sich auf demselben Level.

## 2.1 Indexstrukturen

### *Punktanfrage im R-Baum*

$$M = 3, m = 1$$



Anfragebearbeitung ist *nicht* mehr auf einen Pfad beschränkt

## 2.2 Statistik

### *Grundaufgaben*

#### *deskriptive Statistik*

- beschreibende und graphische Aufbereitung von Daten
- auch zur Validierung der Daten

#### *explorative Statistik*

- wenn die Wahl eines geeigneten statistischen Modells unklar ist
- sucht nach Strukturen und Besonderheiten in den Daten

#### *induktive Statistik*

- basiert auf stochastischen Modellen
- zieht aus den beobachteten Daten Schlüsse auf umfassendere Grundgesamtheiten
- vorbereitende deskriptive und explorative Analysen nötig

## 2.2 Deskriptive Statistik

### *Grundbegriffe*

#### Stichprobenerhebung

- $n$  Untersuchungseinheiten
- Werte  $x_1, \dots, x_n$  eines Merkmals  $X$  beobachtet
- $h(a)$  die *absolute Häufigkeit* und  $f(a) = h(a)/n$  die *relative Häufigkeit* des Attributwerts  $a$  in der Stichprobe

#### Typen von Merkmalen

- numerisch (mit totaler Ordnung  $<$  und arithmetischen Operationen)
- ordinal (mit (totaler) Ordnung  $<$ )
- kategorisch/nominal (keine Ordnung und keine arithmetischen Operationen)

## 2.2 Univariate Deskription

### Lagemaße

- *arithmetisches Mittel*  $\bar{x} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n x_i$

- *Median*

(seien dazu die  $x_i$  aufsteigend sortiert)

$$x_{med} = \begin{cases} x_{(n+1)/2} & \text{falls } n \text{ ungerade} \\ (x_{n/2} + x_{(n/2+1)}) / 2 & \text{falls } n \text{ gerade} \end{cases}$$

### Streuungsmaße

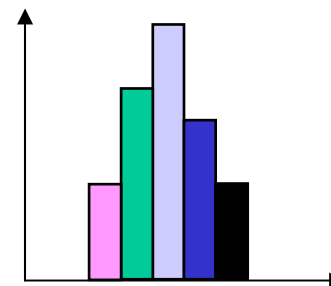
– *Varianz*  $\bar{s}^2 = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$

– *Standardabweichung*  $\bar{s} = \sqrt{\frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$

nur für numerische Merkmale

### Histogramme

Häufigkeit



Attributwert



## 2.2 Multivariate Deskription

### Kontingenztabelle

- für kategoriale Merkmale  $X$  und  $Y$
- repräsentiert für zwei Merkmale  $X$  und  $Y$  die absolute Häufigkeit  $h_{ik}$  jeder Kombination  $(x_i, y_k)$  und alle Randhäufigkeiten  $h_{.k}$  und  $h_{i.}$  von  $X$  und  $Y$

	Mittelfristige Arbeitslosigkeit	Langfristige Arbeitslosigkeit	
Keine Ausbildung	19	18	37
Lehre	43	20	63
	62	38	100

Wie sollten die relativen Häufigkeiten verteilt sein, wenn die beiden Merkmale keinerlei Abhängigkeit besitzen?  $\frac{h_{ik}}{n} = \frac{h_{i.}}{n} \cdot \frac{h_{.k}}{n}$

### $\chi^2$ -Koeffizient

Differenz zwischen dem bei Unabhängigkeit erwarteten und dem tatsächlich beobachteten Wert von  $h_{ij}$  (Maß für die Stärke der Abhängigkeit)

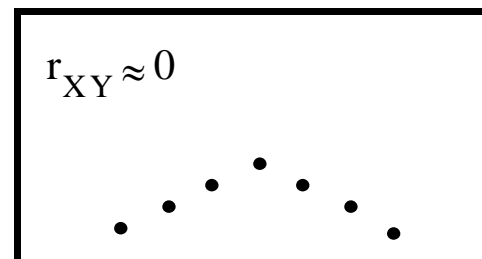
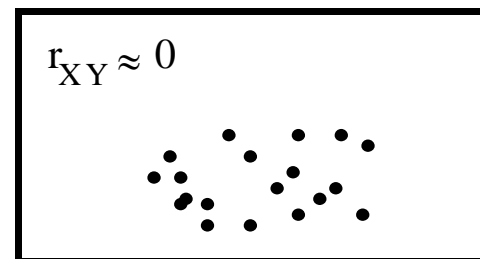
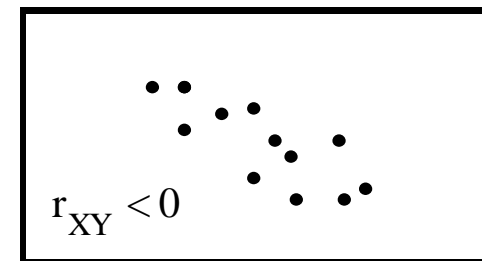
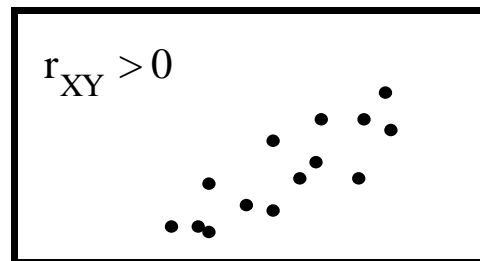
## 2.2 Multivariate Deskription

### Korrelationskoeffizient

- für numerische Merkmale X und Y
- wie stark sind die Abweichungen vom jeweiligen Mittelwert korreliert?

$$r_{XY} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}) \cdot (y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \cdot \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}$$

- Beispiele



## 2.2 Wahrscheinlichkeitsrechnung

### *Ereignisse und Wahrscheinlichkeitsmaße*

- Ein *Zufallsvorgang* führt zu einem von mehreren sich gegenseitig ausschließenden Ergebnissen.
- Sei  $\Omega = \{\omega_1, \dots, \omega_n\}$  der *Ergebnisraum*, d.h. die Menge aller möglichen Ergebnisse eines Zufallsvorgangs.
- Teilmengen von  $\Omega$  heißen *Ereignisse*.
- Ein *Wahrscheinlichkeitsmaß* ist eine Abbildung  $P: 2^\Omega \rightarrow [0,1]$ , die die folgenden Axiome erfüllt:

$$(A1) \quad P(A) \geq 0 \text{ für alle } A \subseteq \Omega ,$$

$$(A2) \quad P(\Omega) = 1,$$

$$(A3) \quad P(A \cup B) = P(A) + P(B) \text{ für alle } A, B \subseteq \Omega \text{ mit } A \cap B = \emptyset .$$

## 2.2 Wahrscheinlichkeitsrechnung

### *Bedingte Wahrscheinlichkeiten*

- Seien  $A, B \subseteq \Omega$ . Die *bedingte Wahrscheinlichkeit* von  $A$  unter  $B$ ,  $P(A|B)$ , ist definiert für  $P(B) \neq 0$  als

$$P(A|B) = \frac{P(A \cap B)}{P(B)}$$

- $A$  und  $B$  heißen *unabhängig*, wenn gilt  $P(A|B) = P(A)$  und  $P(B|A) = P(B)$ .

### Satz von Bayes

Sei  $A_1, \dots, A_k$  eine disjunkte Zerlegung von  $\Omega$ , so daß für mindestens ein  $i$ ,  $1 \leq i \leq k$ , gilt:  $P(A_i) > 0$  und  $P(B|A_i) > 0$ . Dann gilt für alle  $1 \leq j \leq k$ :

$$P(A_j|B) = \frac{P(B|A_j) \cdot P(A_j)}{P(B)}$$

*a-priori*-Wahrscheinlichkeit:  $P(A_j)$

*a-posteriori*-Wahrscheinlichkeit:  $P(A_j|B)$

## 2.2 Diskrete Zufallsvariablen

### *Grundbegriffe*

- *Zufallsvariable*  
Merkmal, dessen Werte die Ergebnisse eines Zufallsvorgangs sind
- *diskrete Zufallsvariable*  
endlich oder abzählbar unendlich viele verschiedene Werte  $x_1, x_2, \dots, x_k, \dots$

- *Wahrscheinlichkeitsfunktion*  $f(x) = \begin{cases} P(x_i) & \text{falls } x = x_i \\ 0 & \text{sonst} \end{cases}$

- *Verteilungsfunktion*  
(für ordinale oder numerische Werte)  $F(x) = P(X \leq x) = \sum_{x_i \leq x} f(x_i)$

- *Erwartungswert*  $E(X) = \sum_{i \geq 1} x_i \cdot f(x_i)$

- *Varianz*  $Var(X) = \sum_{i \geq 1} (x_i - E(X))^2 \cdot f(x_i)$

## 2.2 Diskrete Zufallsvariablen

### *Binomialverteilung*

- *Bernoulli-Experiment*: nur zwei Ergebnisse (Treffer oder Nichttreffer),  $p$  die Wahrscheinlichkeit des Treffers
- $n$  unabhängige Wiederholungen desselben Bernoulli-Experiments, die Gesamtanzahl  $k$  der Treffer wird beobachtet
- *binomialverteilte* Zufallsvariable mit den Parametern  $n$  und  $p$  besitzt folgende Wahrscheinlichkeitsfunktion:

$$f(k) = P(X = k) = \begin{cases} \binom{n}{k} \cdot p^k \cdot (1-p)^{n-k} & \text{falls } k \in \{0, 1, \dots, n\} \\ 0 & \text{sonst} \end{cases}$$

- Erwartungswert und Varianz einer binomialverteilten Zufallsvariablen:

$$E(X) = n \cdot p \quad \text{Var}(X) = n \cdot p \cdot (1-p)$$

## 2.2 Diskrete Zufallsvariablen

### *Beispiel einer Binomialverteilung*

- Anwendung: Abschätzung des (auf einer Stichprobe bestimmten) Klassifikationsfehlers auf der Grundgesamtheit
  - Bernoulli-Experiment: zufälliges Ziehen eines Objekts der Grundgesamtheit und Test, ob dieses Objekt von dem Klassifikator falsch klassifiziert wird
  - Treffer: Objekt wird falsch klassifiziert
  - Nichttreffer: Objekt wird korrekt klassifiziert
  - $p$ : Wahrscheinlichkeit einer Fehlklassifikation in der Grundgesamtheit
  - $n$ : Größe der Trainingsmenge
- ➡ gesucht ist ein Intervall  $[u, o]$ , so daß mit einer Wahrscheinlichkeit von z.B. mindestens 95 % gilt

$$u \leq p \leq o$$

## 2.2 Stetige Zufallsvariablen

### *Grundbegriffe*

- überabzählbar unendlich viele verschiedene Werte  $x_1, x_2, \dots, x_k, \dots$
- Eine Zufallsvariable  $X$  heißt *stetig*, wenn es eine Funktion (*Wahrscheinlichkeits-Dichte*)  $f(x) \geq 0$  gibt, so daß für jedes Intervall  $[a,b]$  gilt:

$$P(a \leq X \leq b) = \int_a^b f(x) dx$$

- *Verteilungsfunktion*  $F(x) = P(X \leq x) = \int_{-\infty}^x f(t) dt$

- *p-Quantil*  $x_p$  mit  $F(x_p) = p$

- *Erwartungswert*  $E(x) = \int_{-\infty}^{+\infty} x \cdot f(x) dx$



## 2.2 Stetige Zufallsvariablen

### *Normalverteilung*

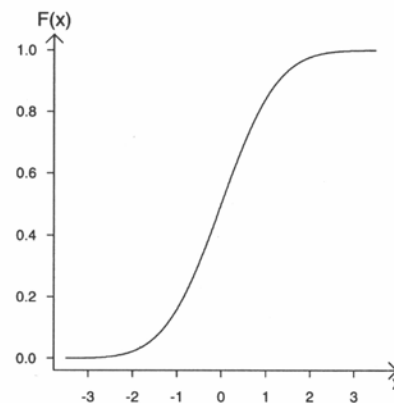
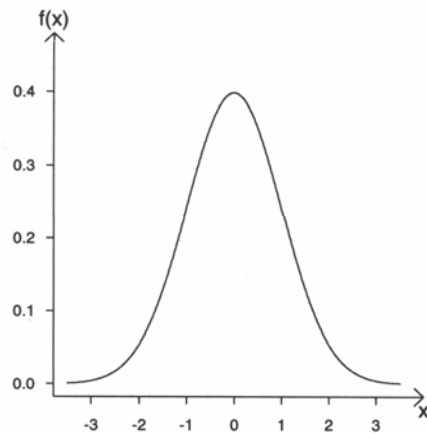
- Eine Zufallsvariable  $X$  heißt *normalverteilt* (bzw. *gaußverteilt*) mit den Parametern  $\mu \in \mathbb{R}$  und  $\sigma > 0$ , wenn sie folgende Dichte besitzt:

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

- Erwartungswert  $E(x) = \mu$

- *standardisierte Zufallsvariable*  $Z = \frac{X - \mu}{\sigma}$

*standardnormalverteilt* (normalverteilt mit Parametern  $\mu = 0$  und  $\sigma = 1$ )



## 2.2 Stetige Zufallsvariablen

### *Schwankungsintervall*

- *Schwankungsintervall*  $\mu - c \leq X \leq \mu + c$
- Es gilt  $x_p = z_p \cdot \sigma + \mu$
- Wahrscheinlichkeit dafür, daß der Wert von  $X$  im Schwankungsintervall liegt:

$$P(\mu - \sigma \cdot z_{1-\alpha/2} \leq X \leq \mu + \sigma \cdot z_{1-\alpha/2}) = 1 - \alpha$$

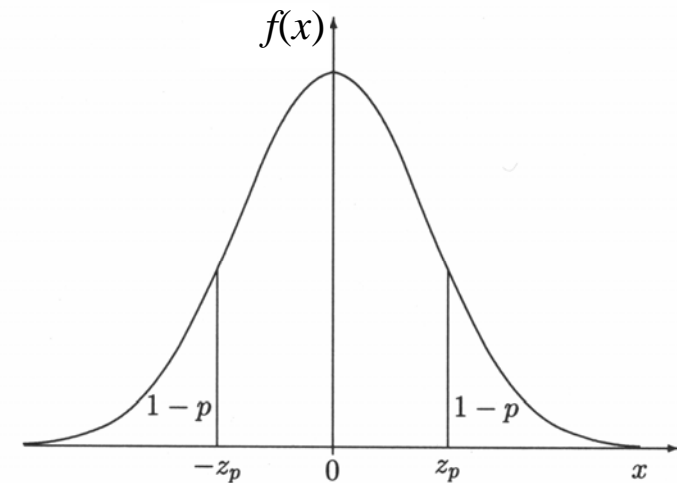
$\alpha$  Irrtumswahrscheinlichkeit

- es gilt z.B.

$$P(\mu - \sigma \leq X \leq \mu + \sigma) = 0,6827$$

$$P(\mu - 2\sigma \leq X \leq \mu + 2\sigma) = 0,9545$$

$$P(\mu - 3\sigma \leq X \leq \mu + 3\sigma) = 0,9973$$



## 2.2 Testen von Hypothesen

### *Grundbegriffe*

- *Nullhypothese  $H_0$  und Alternative  $H_1$* , die sich gegenseitig ausschließen
- Annahmen über die Verteilung oder bestimmte Parameter des interessierenden Merkmals in der Grundgesamtheit

- *Fehler 1. Art*

$H_0$  wird verworfen, obwohl  $H_0$  wahr ist

- *Fehler 2. Art*

$H_0$  wird akzeptiert wird, obwohl  $H_1$  wahr ist

- *Test zum Signifikanzniveau  $\alpha$  ( $0 < \alpha < 1$ )*

ein Hypothesen-Test, bei dem die Wahrscheinlichkeit eines Fehlers 1. Art höchstens  $\alpha$  beträgt



# OLAP

## 2.3 OLAP

### 2.3 OLAP

#### 2.3.1 Einführung in OLAP

Es gibt große Unterschiede zwischen operativen Systemen und einem Data Warehouse (DWh).

Entsprechend gibt es fundamentale Unterschiede auch zwischen den jeweiligen Zugriffsarten auf diese Datenquellen:

- **OLAP = On-Line Analytical Processing** benutzt DWh
- **OLTP = On-Line Transaction Processing** benutzt operative Systeme

## 2.3.1 Einführung in OLAP

### OLTP

- hohe Zahl **kurzer**, atomarer, isolierter, wiederkehrender Transaktionen
  - z.B. Konto-Update, Flugbuchung, Telefon-Gespräch
- Transaktionen benötigen detaillierte, aktuelle Daten
- Daten werden (oft tupelweise) gelesen und relativ **häufig aktualisiert**
- Transaktionen dienen dem **Tagesgeschäft** und haben relativ hohe Ansprüche an die Bearbeitungsgeschwindigkeit

## 2.3.1 Einführung in OLAP

### Definition von OLAP:

- **OLAP Systeme**
  - dienen der **Entscheidungs-Unterstützung** oder
  - können in den Phasen „**Data Understanding**“ bzw. „**Data Preparation**“ im Rahmen des Data-Mining-Prozesses eingesetzt werden.
- **OLAP-Funktionen** erlauben
  - den schnellen, **interaktiven** Zugriff auf Unternehmensdaten
  - unter „beliebigen“ unternehmensrelevanten Blickwinkeln (**Dimensionen**)
  - auf verschiedenen **Aggregationsstufen**
  - mit verschiedenen Techniken der Visualisierung
- Hauptmerkmal ist die **multi-dimensionale** Sichtweise auf Daten mit flexiblen interaktiven Aggregations- bzw. Verfeinerungsfunktionen entlang einer oder mehrerer Dimensionen.

## 2.3.1 Einführung in OLAP

### Multi-Dimensionalität:

- Mehrdimensionale Sichtweise auf Daten ist sehr **natürlich**.
- Sichtweise der Analysten auf Unternehmen **ist** mehrdimensional.
  - ⇒ Konzeptuelles Datenmodell sollte mehrdimensional sein, damit Analysten leicht und intuitiv Zugang finden.
- **Beispiel:** *Verkaufszahlen* können nach unterschiedlichen Kriterien / Dimensionen aggregiert und analysiert werden.
  - nach **Produkt:** *Produkt, Produktkategorie, Industriezweig*
  - nach **Region:** *Filiale, Stadt, Bundesland*
  - nach **Zeit:** *Tag, Woche, Monat, Jahr*
  - nach verschiedenen Dimensionen des Käufers: **Alter, Geschlecht, Einkommen** des Käufers
  - und nach **beliebigen Kombinationen von Dimensionen**, z.B.
    - nach *Produktkategorie, Stadt und Monat*



## 2.3.1 Einführung in OLAP

### Kennzahlen:

- Die **Analyse-Gegenstände** von OLAP sind **numerische Werte**, typischerweise **Kennzahlen** genannt (oder auch Maße, Metriken oder Fakten).
  - **Beispiel:** *Verkaufszahlen, Umsatz, Gewinn, Lagerbestand,...*
- Diese numerischen Werte lassen sich auf verschiedene Weise verdichten, z.B.
  - Summenbildung
  - Mittelwertbildung
  - Minimum- oder Maximumbestimmung
- Die zulässige Art der Verdichtung hängt vom **Skalenniveau** der Kennzahl ab.

## 2.3.1 Einführung in OLAP

### Skalenniveaus

In der Statistik unterscheidet man die Attributausprägungen einer vorgegebenen Menge von Daten mittels Skalen mit unterschiedlichem Skalenniveau. Die wichtigsten Typen sind:

#### **Nominalskalierte/kategorische Merkmale:**

Ausprägungen sind "Namen", keine Ordnung möglich  
→ keine Aggregation möglich

#### **Ordinalskalierte Merkmale:**

Ausprägungen können geordnet, aber Abstände nicht interpretiert werden.  
→ Median macht Sinn, Mittelwert z.B. nicht

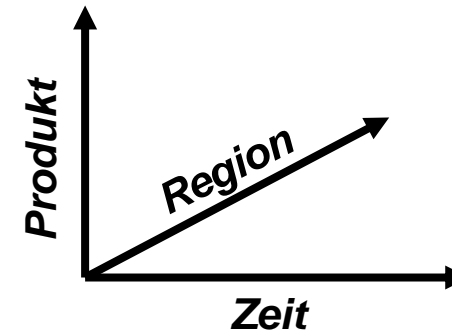
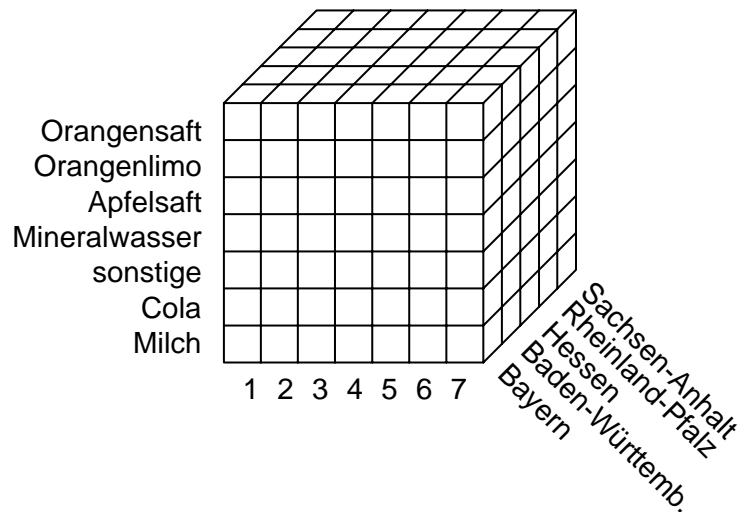
#### **Kardinalskalierte/numerische Merkmale:**

Ausprägungen sind Zahlen, Interpretation der Abstände möglich (metrisch)  
→ Mittelwertbildung, Standardabweichung etc. sinnvoll

## 2.3.1 Einführung in OLAP

### Dimensionen:

- Jede Kennzahl hängt von einer Menge von **Dimensionen** ab. Diese bilden den **Kontext der Kennzahlen**.
  - **Beispiel:** Die *Verkaufszahlen* (Kennzahl) hängen von den Dimensionen *Produkt*, *Region* und *Zeit* ab.
  - Die Dimensionen sind **orthogonal (unabhängig)**.
  - Sie definieren einen sog. **Hyper-Würfel (hyper cube)**.



- Es kann eine beliebige Zahl an Dimensionen geben (abhängig vom Zweck des OLAP-Systems und der enthaltenen Daten).  
In manchen Anwendungen treten bis zu 50 Dimensionen auf.

## 2.3.1 Einführung in OLAP

### Dimension Zeit:

- **Spezielle Dimension**, die in jedem OLAP-System existiert, ist die **Zeit**.
- Leistung eines Unternehmens wird immer anhand der Zeit bewertet:
  - aktueller Monat im Vergleich zu letztem Monat
  - aktueller Monat im Vergleich zum gleichen Monat des Vorjahres
- Dimension *Zeit* unterscheidet sich von allen anderen Dimensionen:
  - Zeit hat einen linearen Charakter:
    - Januar kommt vor Februar
  - Zeit hat Wiederholungscharakter: jeden Montag, werktags, ...
- OLAP-System muss Umgang mit der Dimension Zeit und den damit verbundenen Besonderheiten unterstützen.

### Attribute und Attributelemente:

Jede Dimension ist durch eine **Menge von Attributen** charakterisiert.

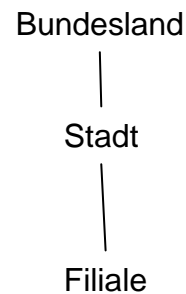
- **Beispiel:** Die Dimension *Region* ist charakterisiert durch die Attribute *Filiale*, *Stadt* und *Bundesland*.

## 2.3.1 Einführung in OLAP

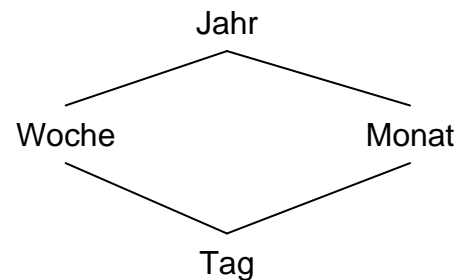
### Attribute und Attributelemente:

- Diese Attribute können **hierarchisch** angeordnet sein (Aggregationsstufen)
  - **Beispiel:**
    - Gesamtwert ergibt sich aus den Werten mehrerer *Bundesländer*.
    - Wert für ein *Bundesland* ergibt sich aus Werten mehrerer *Städte*.
    - Wert für eine Stadt ergibt sich aus Werten mehrerer *Filialen*.

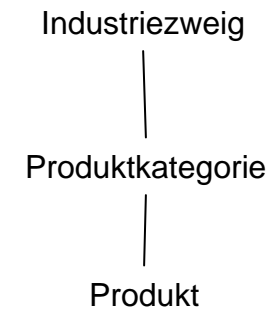
**Region:**



**Zeit:**



**Produkt:**



## 2.3.1 Einführung in OLAP

- Ein Pfad in einer solchen **Attribut-Hierarchie** (z.B. *Tag, Monat, Jahr*) wird auch **consolidation path** genannt.
- Jedes Attribut einer Dimension wird durch **Attributelemente** instantiiert.
  - **Beispiel:**
    - Das Attribut **Produkt** der Dimension *Produkt* hat die Attributelemente:  
*Coca-Cola, Pepsi-Cola, Afri-Cola, ...*
    - Das Attribut **Produktkategorie** hat die Attributelemente:  
*Orangensaft, Apfelsaft, Orangenlimo, Cola,...*
    - Das Attribut **Industriezweig** hat die Attributelemente:  
*Lebensmittelindustrie, Textilindustrie, Schwerindustrie,...*

## 2.3.2 OLAP Funktionalität

### 2.3.2 OLAP Funktionalität

- Bei der Analyse können beliebige Aggregationsstufen visualisiert werden:

#### **Drill-Down** bzw. **Roll-Up**-Operationen

- Bedingungen an Dimensionen, Attribute und Attributelemente reduzieren  
Dimensionalität der visualisierten Daten:

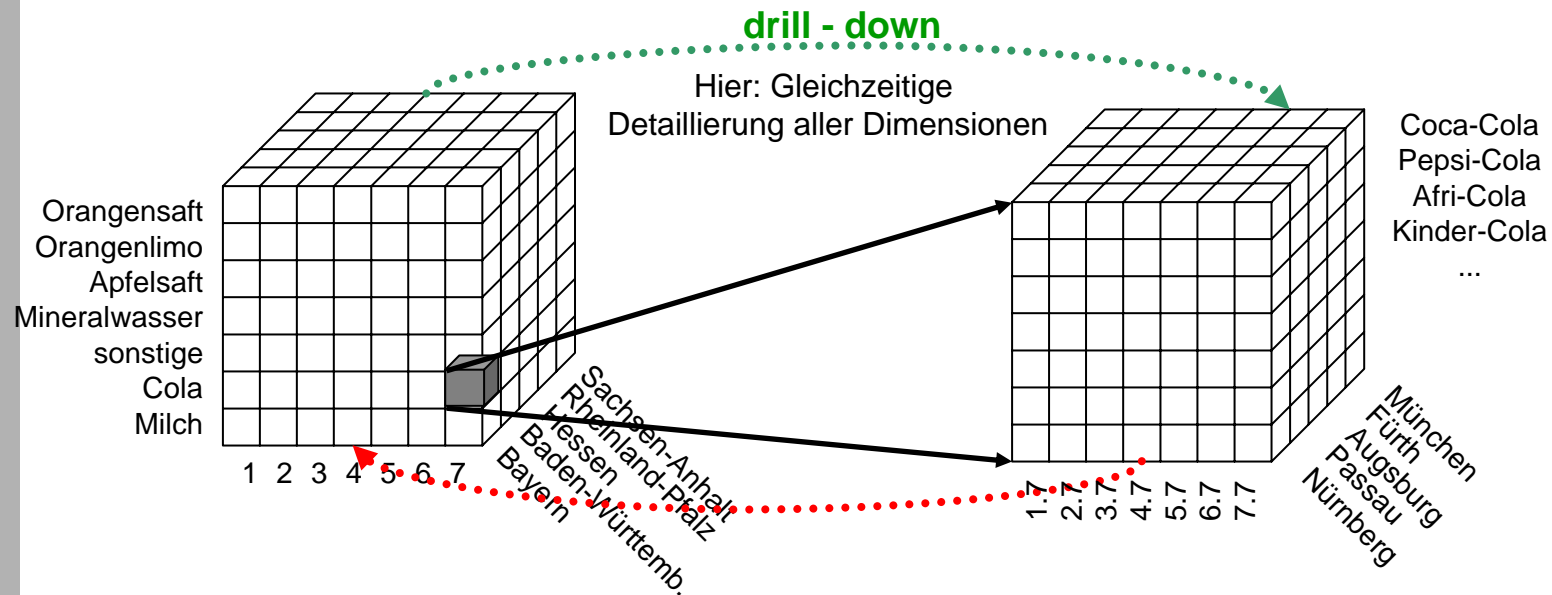
#### **Slice & Dice** - Operationen

- Analyse wird durch Vielzahl von **Visualisierungstechniken** unterstützt.  
Bedingungen werden **interaktiv** gewählt (Buttons, Menüs, *drag & drop*), so dass  
Analysten und Manager keine komplizierte Anfragesprache lernen müssen.

## 2.3.2 OLAP-Funktionalität

### Drill-Down und Roll-Up

- Entlang der Attribut-Hierarchien werden die Daten **verdichtet** bzw. wieder **detailliert** und sind so auf verschiedenen **Aggregationsstufen** für Analysen zugreifbar.
- Verdichtung/Detaillierung kann entlang einer, mehrerer oder aller Dimensionen geschehen - gleichzeitig oder in beliebiger Reihenfolge.





## 2.3.2 OLAP-Funktionalität

### Slice & Dice:

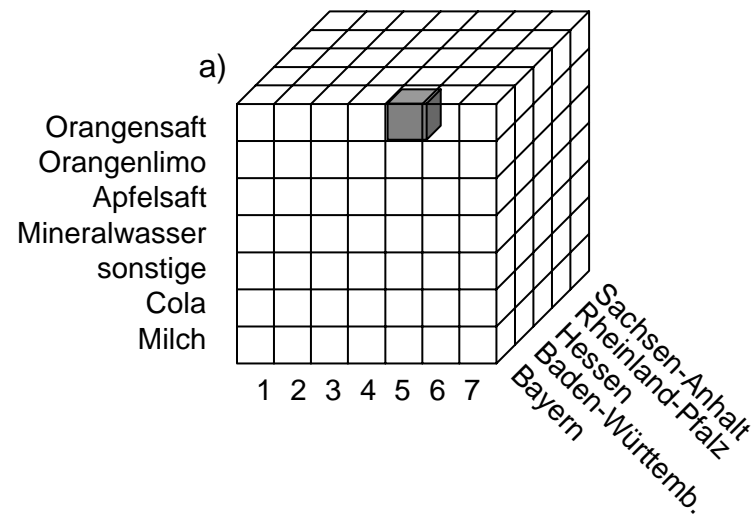
- Bei dieser Operation wird die **Dimensionalität** der visualisierten Daten **reduziert**.
- Zu einer Teilmenge der Dimensionen (sog. **page dimensions**) werden Bedingungen formuliert.
- Alle Daten in der resultierenden Tabelle genügen diesen Bedingungen.
- Die **page dimensions** tauchen in der neuen Tabelle nicht mehr explizit auf, sondern definieren implizit die Menge dargestellter Daten.

*Slice & Dice* entspricht dem Herausschneiden einer Scheibe (*slice*) aus dem Hyper-Würfel. Nur diese Scheibe wird weiterhin visualisiert.

## 2.3.2 OLAP-Funktionalität

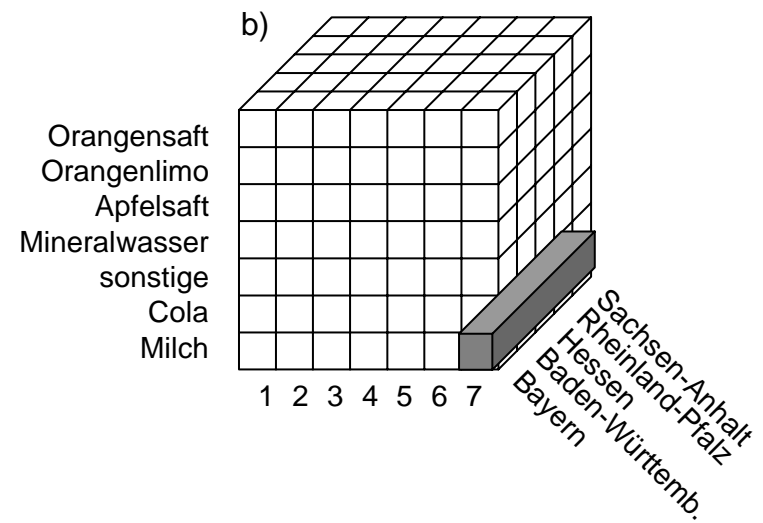
### Beispiele:

Lokation bestimmter atomarer und aggregierter Werte im Hyper-Würfel.



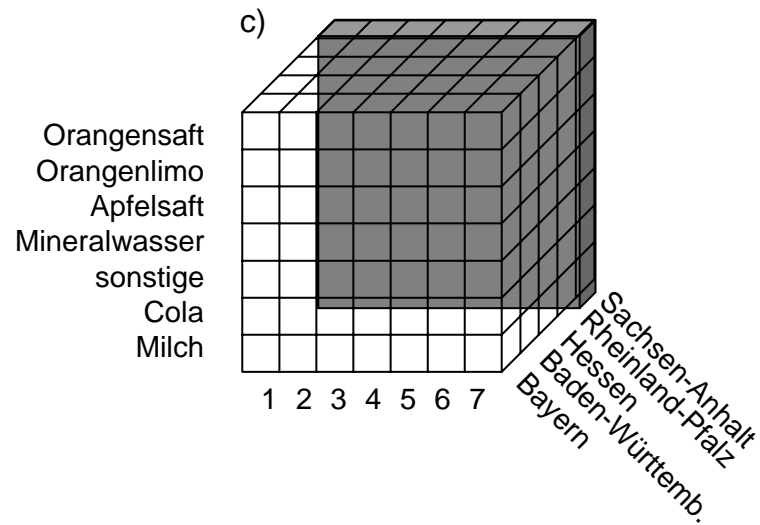
a) Verkaufszahlen für Orangensaft in Bayern im Mai

## 2.3.2 OLAP-Funktionalität



b) Verkaufszahlen für Milch in ganz Süddeutschland im Juli

## 2.3.2 OLAP-Funktionalität



c) Verkaufszahlen insgesamt für Sachsen-Anhalt

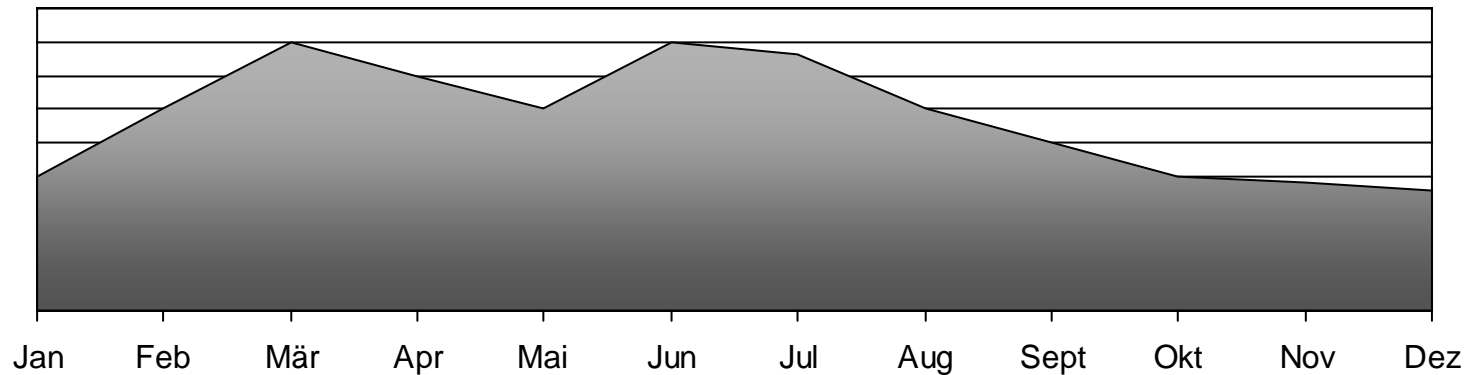
⇒ Aggregation der Verkaufszahlen über alle Monate **und** alle Produkte

## 2.3.2 OLAP-Funktionalität

- Analyse bezieht sich nur selten auf einen Wert:
  - sondern auf eine Folge von Werten  
⇒ Entwicklungen und **Trends** erkennbar (d)
  - oder auf eine Menge von Werten  
⇒ Vergleiche verschiedener Werte ermöglicht (e)

## 2.3.2 OLAP-Funktionalität

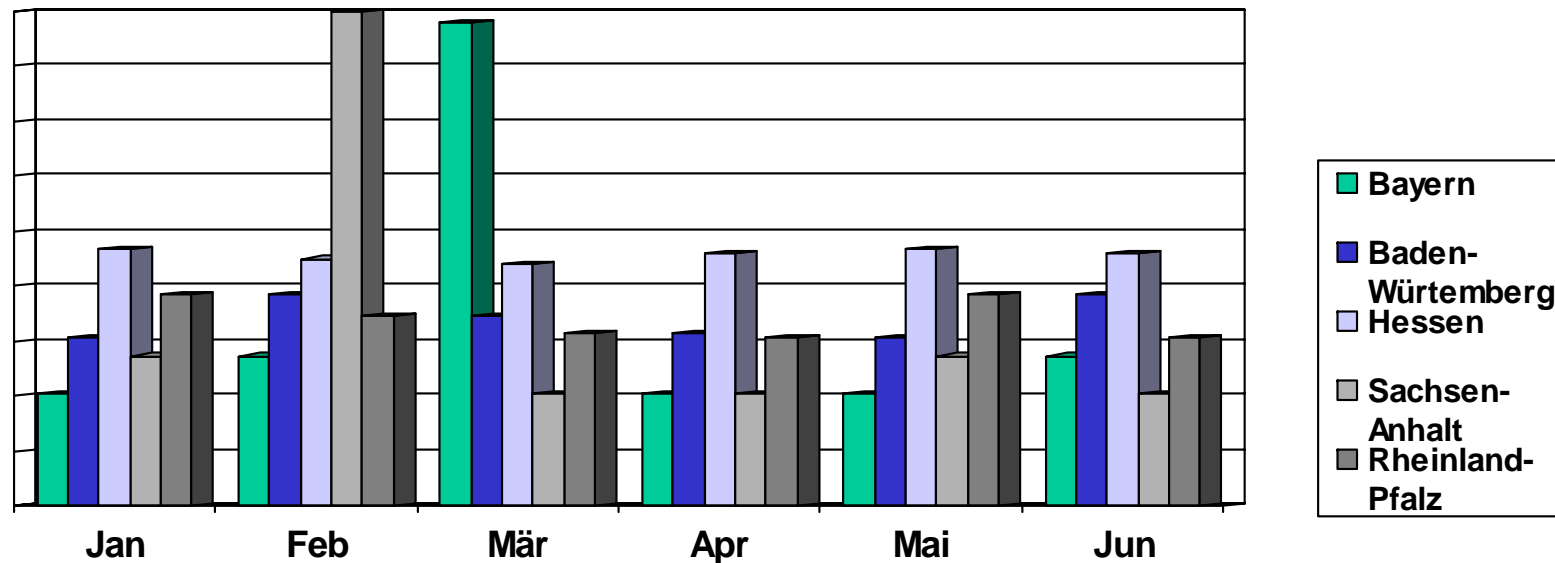
d) Entwicklung der Verkaufszahlen für Apfelsaft in Baden-Württemberg im letzten Jahr.



page dimensions: Produkt = Apfelsaft, Region = Baden-Württemberg

## 2.3.2 OLAP-Funktionalität

e) Vergleich der Verkaufszahlen für Apfelsaft in den Regionen Deutschlands für das erste Halbjahr



page dimensions: Produkt = Apfelsaft

## 2.3.3 Mehrdimensionales Datenmodell

### 2.3.3 Mehrdimensionales Datenmodell

Der beste Weg um zu einem OLAP-fähigen DWh zu kommen:

1. Erstellen eines **mehrdimensionalen** konzeptuellen Datenmodells.
2. Ableiten eines **relationalen** logischen Datenmodells.
  - Relationale DBS bilden die Implementierungsebene des DWh

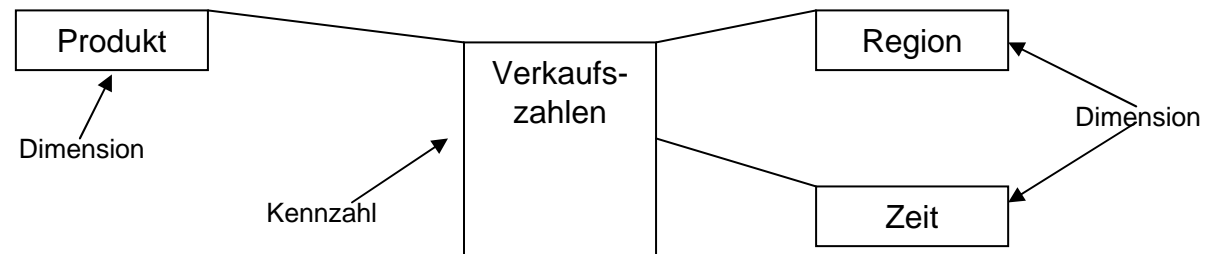
### Stern-Schema: (star schema)

- mehrdimensionales Datenmodell durch **Stern-Schema** realisierbar.
- Konstrukte eines Stern-Schemas:
  - **Kennzahlen:** Gegenstände der Analyse: Verkaufszahlen
  - **Dimensionen** definieren den Kontext der Kennzahlen: Produkt, Region, Zeit



## 2.3.3 Mehrdimensionales Datenmodell

### Beispiel:



## 2.3.3 Mehrdimensionales Datenmodell

### Vorteile des Stern-Schemas gegenüber herkömmlichen relationalen Schemata:

- Schema-Entwurf entspricht der **natürlichen Sichtweise** der Benutzer
  - Daten können in einer für Analysen adäquaten Weise zugegriffen werden.
- **Erweiterungen** und **Änderungen** am Schema sind leicht zu realisieren.
- **Beziehungen** zwischen den Tabellen sind **vordefiniert**
  - Join-Operationen können durch entsprechende Zugriffspfade unterstützt werden
  - Schnelle Antwortzeiten sind möglich
- Stern-Schema kann leicht in relationales DB-Schema umgesetzt werden.

## 2.3.3 Mehrdimensionales Datenmodell

- Umsetzung des Stern-Schemas in relationale Tabellen:
  - **Kennzahlentabelle (major table):** Die Gegenstände der Analyse (Kennzahlen) werden in dieser Tabelle gesichert
  - **Nebentabelle (minor tables):** Jede Dimension wird zu einer eigenen Relation / Tabelle.

### Kennzahlentabelle:

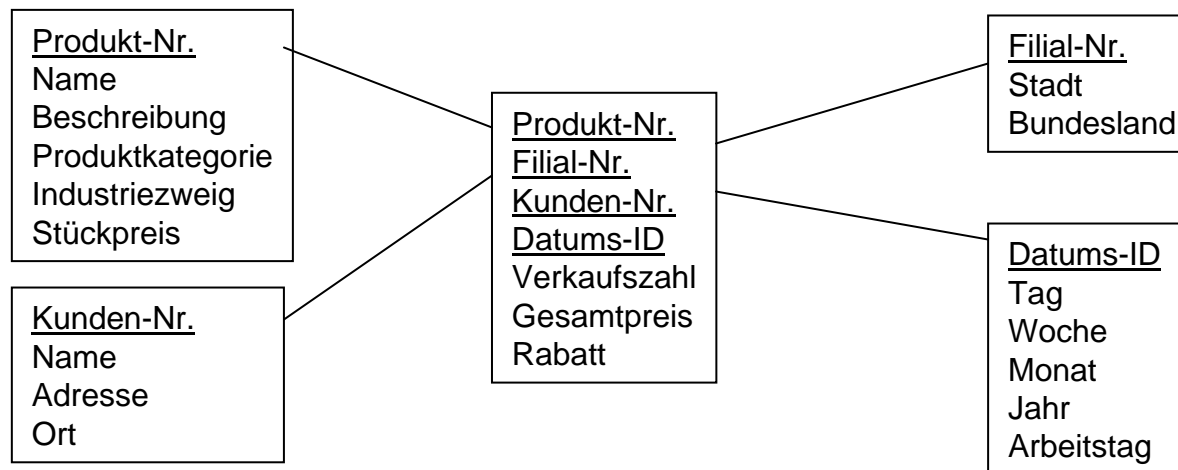
- Jedes **Tupel der Kennzahlentabelle** besteht aus
  - einem Zeiger für jede Dimensionstabelle (Fremdschlüssel), die den Kontext eindeutig definieren und
  - den numerischen Werten (**Daten**) für den jeweiligen Kontext.
- Sie enthält die eigentlichen Geschäftsdaten, die analysiert werden sollen.
- Die Kennzahlentabelle kann sehr viele Zeilen enthalten (Millionen).
- Der Schlüssel der Kennzahlentabelle wird durch die Gesamtheit der Dimensionszeiger gebildet

## 2.3.3 Mehrdimensionales Datenmodell

### Dimensionstabelle:

- Jede **Dimensionstabelle** enthält
  - einen eindeutigen Schlüssel (z.B. Produktnummer) und
  - beschreibende Daten der Dimension (**Attribute**).
- Dimensionstabellen sind deutlich kleiner als die Kennzahlentabelle.
- Zusammenhang zur Kennzahlentabelle über Schlüssel/Fremdschlüssel-Relation

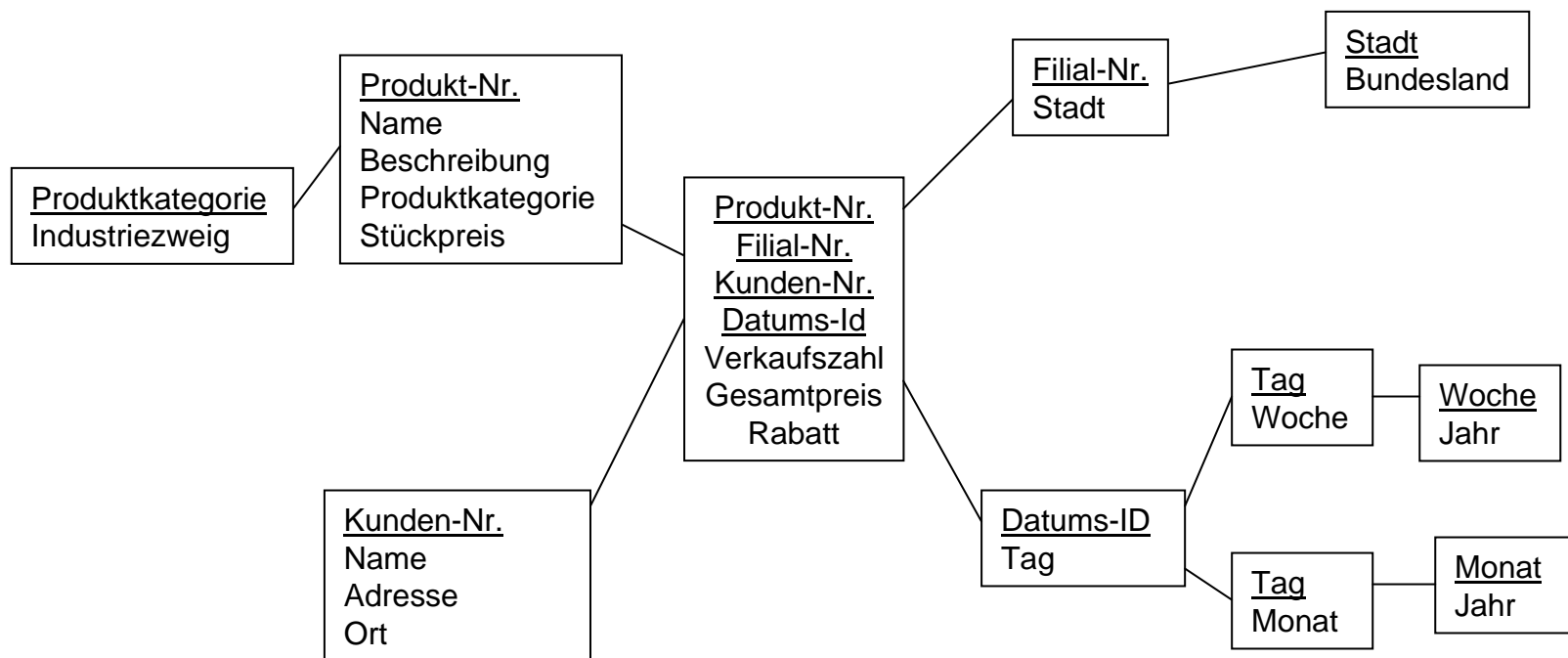
**Beispiel:** Tabellen abgeleitet aus einem Stern-Schema:



## 2.3.3 Mehrdimensionales Datenmodell

### Schneeflocken-Schema:

- Stern-Schema repräsentiert die Attribut-Hierarchien in den Dimensionen nicht explizit.
- Explizite Hierarchie kann durch sog. **Schneeflocken-Schemata (Snowflake Schema)** erreicht werden.
- **Beispiel:** Schneeflocken-Schema



## 2.3.3 Mehrdimensionales Datenmodell

### **MOLAP: Multidimensional On-Line Analytical Processing**

Spezifische Produkte für OLAP, die auf einer eigenen, proprietären mehrdimensionalen Datenbank beruhen.

Intern beruht die Datenbank auf einer Zell-Struktur, bei der jede Zelle entlang jeder Dimension identifiziert werden kann.

### **ROLAP: Relational On-Line Analytical Processing**

Produkte, die eine multidimensionale Analyse auf einer relationalen Datenbank ermöglichen.

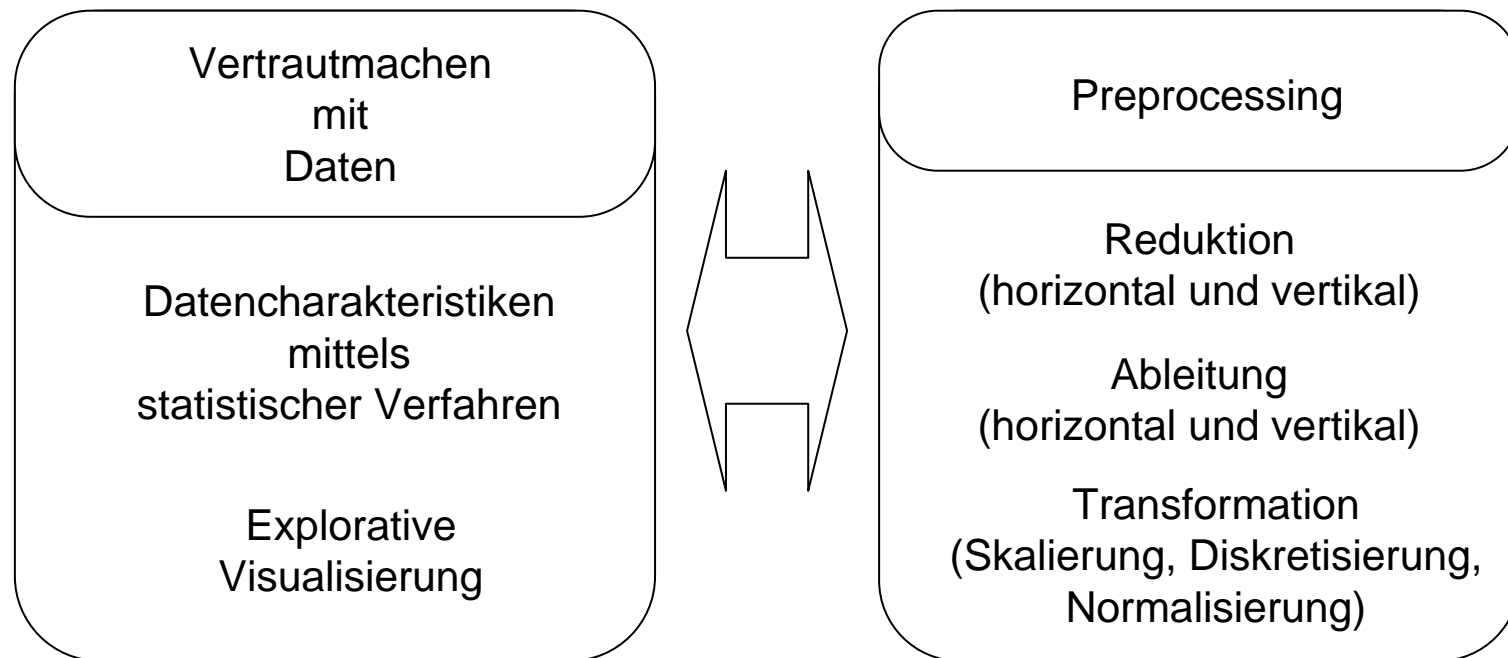
Sie speichern eine Menge von Beziehungen, die logisch einen mehrdimensionalen Würfel darstellen, aber physikalisch als relationale Daten abgelegt werden.



## **2.4 Preprocessing**

# Preprocessing

Preprocessing bereitet sowohl die Daten als auch den Analysten auf die Aufgabe vor.



**Mehr zum Preprocessing, wenn die Verfahren eingeführt sind!**