



# Einsatz und Realisierung von Datenbanksystemen

ERDB Übungsleitung

Alice Rey, Maximilian Bandle, Michael Jungmair

[i3erdb@in.tum.de](mailto:i3erdb@in.tum.de)

Folien erstellt von Maximilian Bandle & Alexander Beischl



# Organisatorisches

## Disclaimer

Die Folien werden von der Übungsleitung allen Tutoren zur Verfügung gestellt.

Sollte es Unstimmigkeiten zu den Vorlesungsfolien von Prof. Kemper geben, so sind die Folien aus der Vorlesung ausschlaggebend.

Falls Ihr einen Fehler oder eine Unstimmigkeit findet, schreibt an [i3erdb@in.tum.de](mailto:i3erdb@in.tum.de) mit Angabe der Foliennummer.



# Betriebliche Anwendungen

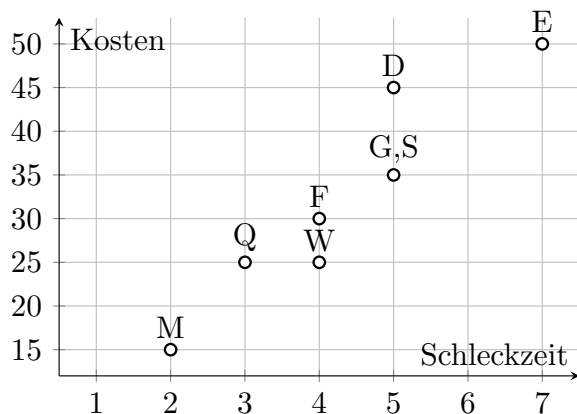


# Aufgabe 1

Der Datenbanken-Lehrstuhl möchte wissen, mit welchem Eis der Gefrierschrank bestückt werden soll. Die Kosten sollen möglichst gering sein, aber die Schleckzeit möglichst groß. Hierfür wurde ein Test mit handelsüblichen Eissorten durchgeführt.

Wir betrachten die Skyline über das **Maximum** des Attributs *Schleckzeit* sowie das **Minimum** des Attributs *Kosten* der Tabelle **Eis**.

- Geben Sie die Anfrage, die die oben genannte Skyline mithilfe des Skyline-Operators berechnet.
- Geben Sie die Anfrage, die die oben genannte Skyline in SQL-92 berechnet, an (d.h. ohne Skyline-Operator).
- Vervollständigen Sie das unten gezeigte Diagramm. Zeichnen Sie alle Dominanzachsen ein.



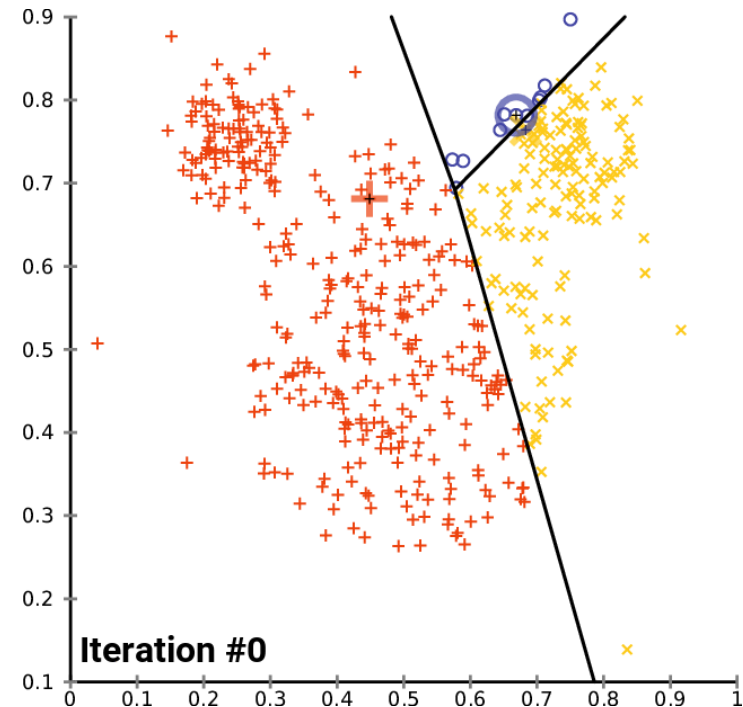
<u>id</u>	Name	Schleckzeit ( <i>min</i> )	Kosten ( <i>ct</i> )
D	Double-Stieleis	5	45
E	Eiskonfekt	7	50
F	Frucht-Stieleis	4	30
G	Großes Stieleis	5	35
M	Mini-Stieleis	2	15
Q	Quetschtüte	3	25
S	Sandwich-Eis	5	35
W	Waffeltüte	4	25

- Geben Sie die Kürzel aller in der Skyline enthaltenen Tupel an.

# Clustering

## K-Means

- Teilen von Datenpunkten in konvexe Cluster
- Minimiere die Summe der Abstände zu den Cluster Mittelpunkten
- Anzahl der Cluster von Nutzer bestimmt
- Auswahl der Startpunkte bietet viel Potenzial für Optimierung

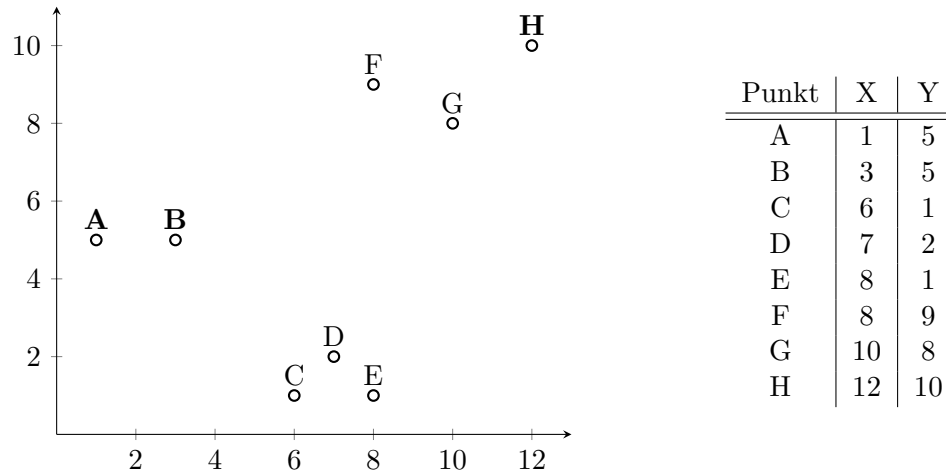


[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:K-means\\_convergence.gif](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:K-means_convergence.gif)



## Aufgabe 2

Gegeben seien folgende Datenpunkte, die im Plot und der Tabelle dargestellt sind. Die Punkte sollen mithilfe des  $k$ -Means-Algorithmus in drei Cluster aufgeteilt werden.



Als initiale Clusterzentren werden dabei folgende Punkte gewählt:  
Cluster ( $C_1$ )  $\rightarrow$  A; Cluster ( $C_2$ )  $\rightarrow$  B; Cluster ( $C_3$ )  $\rightarrow$  H.

- a) Führen Sie die Zuordnung für die erste Iteration qualitativ durch, indem sie das zugehörige Feld ankreuzen. Eine Rechnung oder Begründung ist nicht erforderlich.

	A	B	C	D	E	F	G	H
$C_1$								
$C_2$								
$C_3$								

- b) Berechnen Sie den Mittelpunkt  $M_3$  von Cluster  $C_3$  für die erste Iteration (Rechenweg angeben).  
c) Nennen Sie die Bedingung, nach der  $k$ -Means das Clustering optimiert.  
d) Geben Sie die Terminierungsbedingung von  $k$ -Means an.



## Aufgabe 3

Gegeben seien Datenpunkte, welche im nachfolgenden Listing aufgeführt sind. Die Punkte sollen mithilfe des  $k$ -Means-Algorithmus in drei Cluster aufgeteilt werden. Als initiale Clusterzentren werden hierbei die jeweiligen Datenpunkte aus der `clusters_0`-Hilfsrelation gewählt.

```
with points (pid, x, y) as (values('A',1,5), ('B',3,5), ('C',6,1),
    ('D',7,2), ('E',8,1), ('F',8,9), ('G',10,8), ('H',12,10)
), clusters_0 (cid,x,y) as (values ('1',1e0,5e0), ('2',3e0,5e0),
    ('3',12e0,10e0))
```

- Formulieren Sie eine Iteration des  $k$ -Means-Algorithmus in SQL, die Ihnen die Clusterzentren zurückgibt. Nutzen Sie dazu eine Unterabfrage, die das Kreuzprodukt aus Clustern und Punkten berechnet und mit einer Window-Funktion pro Punkt ein Ranking der Cluster anhand der euklidischen Distanz erstellt.
- Geben Sie anschließend die neuen Clusterzentren aus.
- Berechnen Sie nun auf Grundlage Ihrer vorhergehenden Anfrage die Zuordnung der Datenpunkte zu den jeweiligen Clusterzentren.
- Geben Sie die Berechnung der Clusterzentren in 100 Iterationen als rekursive Tabelle an.
- Formulieren Sie nun Clusterberechnung als rekursive SQL-Anfrage mit folgendem Schema: `clusters_n (cid,step,x,y,delta)`. Nehmen Sie initial die gegebenen Clusterzentren. Verwenden Sie als Vorlage im Rekursionsschritt Ihre Anfrage aus Teilaufgabe a, welche die Clusterzentren pro Iteration Neuberechnet (`assign`). Hinweis: Nutzen Sie für die Fixpunktiteration `delta` als die Summe aller Änderungen in Schritt `step`, um die Terminierungsbedingung des  $k$ -Means-Algorithmus zu formulieren. Ihre Anfrage soll terminieren, wenn die neu zugewiesenen Zentren gleich den vorherigen sind: `delta = 0`.



# Betriebliche Anwendungen

## Apriori Algorithmus

- Verfahren zur Assoziationsanalyse
- wird z.B. zur Analyse von Warenkörben eingesetzt
- Algorithmus bestimmt die Korrelationen zwischen Einkäufen (z.B. 90% aller Handy-Käufer kaufen auch ein Ladekabel)





# Betriebliche Anwendungen

## Apriori Algorithmus

**Eingaben** Daten, *minsupp*, *minconf*

### Ablauf

1. Speichere alle 1-elementigen Mengen mit Support  $\geq \textit{minsupp} \Rightarrow L_1$
2. Wiederhole während k hochgezählt wird
  - Generiere k-elementige Untermengen aus Schritt k-1
  - Speichere alle k-elementigen Mengen mit Support  $\geq \textit{minsupp} \Rightarrow L_k$
  - Stopp falls  $L_k$  leer
3. Vereinige alle  $L_k$



# Betriebliche Anwendungen

## Apriori Algorithmus

Kunde	Produkt
Anna	Tomaten
Anna	Mozzarella
Anna	Basilikum
Anna	Baquette
Domi	Tomate
Domi	Hackfleisch
Domi	Baquette
Thuv	Tomate
Thuv	Mozzarella
Thuv	Basilikum
Max	Baquette
Max	Mozarella
Max	Hackfleisch
Alex	Tomaten
Alex	Mozzarella
Alex	Basilikum

**Minsupp: 3/5**



# Betriebliche Anwendungen

## Apriori Algorithmus

Kunde	Produkt
Anna	Tomaten
Anna	Mozzarella
Anna	Basilikum
Anna	Baguette
Domi	Tomate
Domi	Hackfleisch
Domi	Baguette
Thuv	Tomate
Thuv	Mozzarella
Thuv	Basilikum
Max	Baguette
Max	Mozarella
Max	Hackfleisch
Alex	Tomaten
Alex	Mozzarella
Alex	Basilikum

Bearbeite alle 1-elementigen Mengen

Zwischenergebnisse	
Menge	Anzahl
{Tomaten}	4
{Mozzarella}	
{Basilikum}	
{Baguette}	
{Hackfleisch}	



# Betriebliche Anwendungen

## Apriori Algorithmus

Kunde	Produkt
Anna	Tomaten
Anna	Mozzarella
Anna	Basilikum
Anna	Baguette
Domi	Tomaten
Domi	Hackfleisch
Domi	Baguette
Thuv	Tomaten
Thuv	Mozzarella
Thuv	Basilikum
Max	Baguette
Max	Mozarella
Max	Hackfleisch
Alex	Tomaten
Alex	Mozzarella
Alex	Basilikum

Bearbeite alle 1-elementigen Mengen

Zwischenergebnisse	
Menge	Anzahl
{Tomaten}	4
{Mozzarella}	
{Basilikum}	
{Baguette}	
{Hackfleisch}	



# Betriebliche Anwendungen

## Apriori Algorithmus

Kunde	Produkt
Anna	Tomaten
Anna	Mozzarella
Anna	Basilikum
Anna	Baguette
Domi	Tomaten
Domi	Hackfleisch
Domi	Baguette
Thuv	Tomaten
Thuv	Mozzarella
Thuv	Basilikum
Max	Baguette
Max	Mozzarella
Max	Hackfleisch
Alex	Tomaten
Alex	Mozzarella
Alex	Basilikum

Bearbeite alle 1-elementigen Mengen

Zwischenergebnisse	
Menge	Anzahl
{Tomaten}	4
{Mozzarella}	4
{Basilikum}	
{Baguette}	
{Hackfleisch}	



# Betriebliche Anwendungen

## Apriori Algorithmus

Kunde	Produkt
Anna	Tomaten
Anna	Mozzarella
Anna	Basilikum
Anna	Baguette
Domi	Tomaten
Domi	Hackfleisch
Domi	Baguette
Thuv	Tomaten
Thuv	Mozzarella
Thuv	Basilikum
Max	Baguette
Max	Mozzarella
Max	Hackfleisch
Alex	Tomaten
Alex	Mozzarella
Alex	Basilikum

Bearbeite alle 1-elementigen Mengen

Zwischenergebnisse	
Menge	Anzahl
{Tomaten}	4
{Mozzarella}	4
{Basilikum}	3
{Baguette}	
{Hackfleisch}	



# Betriebliche Anwendungen

## Apriori Algorithmus

Kunde	Produkt
Anna	Tomaten
Anna	Mozzarella
Anna	Basilikum
Anna	Baguette
Domi	Tomate
Domi	Hackfleisch
Domi	Baguette
Thuv	Tomaten
Thuv	Mozzarella
Thuv	Basilikum
Max	Baguette
Max	Mozarella
Max	Hackfleisch
Alex	Tomaten
Alex	Mozzarella
Alex	Basilikum

Bearbeite alle 1-elementigen Mengen

Zwischenergebnisse	
Menge	Anzahl
{Tomaten}	4
{Mozzarella}	4
{Basilikum}	3
{Baguette}	3
{Hackfleisch}	



# Betriebliche Anwendungen

## Apriori Algorithmus

Kunde	Produkt
Anna	Tomaten
Anna	Mozzarella
Anna	Basilikum
Anna	Baguette
Domi	Tomate
Domi	Hackfleisch
Domi	Baguette
Thuv	Tomaten
Thuv	Mozzarella
Thuv	Basilikum
Max	Baguette
Max	Mozarella
Max	Hackfleisch
Alex	Tomaten
Alex	Mozzarella
Alex	Basilikum

Bearbeite alle 1-elementigen Mengen

Zwischenergebnisse	
Menge	Anzahl
{Tomaten}	4
{Mozzarella}	4
{Basilikum}	3
{Baguette}	3
{Hackfleisch}	2





# Betriebliche Anwendungen

## Apriori Algorithmus

Minsupp: 3/5

Kunde	Produkt
Anna	Tomaten
Anna	Mozzarella
Anna	Basilikum
Anna	Baguette
Domi	Tomaten
Domi	Hackfleisch
Domi	Baguette
Thuv	Tomaten
Thuv	Mozzarella
Thuv	Basilikum
Max	Baguette
Max	Mozarella
Max	Hackfleisch
Alex	Tomaten
Alex	Mozzarella
Alex	Basilikum

Sortiere alle mit zu wenig Support aus

Zwischenergebnisse	
Menge	Anzahl
{Tomaten}	4
{Mozzarella}	4
{Basilikum}	3
{Baguette}	3
<i>{Hackfleisch}</i>	2



# Betriebliche Anwendungen

## Apriori Algorithmus

Kunde	Produkt
Anna	Tomaten
Anna	Mozzarella
Anna	Basilikum
Anna	Baguette
Domi	Tomaten
Domi	Hackfleisch
Domi	Baguette
Thuv	Tomaten
Thuv	Mozzarella
Thuv	Basilikum
Max	Baguette
Max	Mozarella
Max	Hackfleisch
Alex	Tomaten
Alex	Mozzarella
Alex	Basilikum

Generiere Mengen der Größe 2

Zwischenergebnisse	
Menge	Anzahl
{Tomaten}	4
{Mozzarella}	4
{Basilikum}	3
{Baguette}	3
<i>{Hackfleisch}</i>	2
<hr/>	
{Tomaten, Mozzarella}	
{Tomaten, Basilikum}	
{Tomaten, Baguette}	
{Mozzarella, Basilikum}	
{Mozzarella, Baguette}	
{Baguette, Basilikum}	



# Betriebliche Anwendungen

## Apriori Algorithmus

Kunde	Produkt
Anna	Tomaten
Anna	Mozzarella
Anna	Basilikum
Anna	Baguette
Domi	Tomaten
Domi	Hackfleisch
Domi	Baguette
Thuv	Tomaten
Thuv	Mozzarella
Thuv	Basilikum
Max	Baguette
Max	Mozarella
Max	Hackfleisch
Alex	Tomaten
Alex	Mozzarella
Alex	Basilikum

Bearbeite alle 2-elementigen Mengen

Zwischenergebnisse	
Menge	Anzahl
{Tomaten}	4
{Mozzarella}	4
{Basilikum}	3
{Baguette}	3
<i>{Hackfleisch}</i>	2
{Tomaten, Mozzarella}	3
{Tomaten, Basilikum}	
{Tomaten, Baguette}	
{Mozzarella, Basilikum}	
{Mozzarella, Baguette}	
{Baguette, Basilikum}	

# Betriebliche Anwendungen

## Apriori Algorithmus

Kunde	Produkt
Anna	Tomaten
Anna	Mozzarella
Anna	Basilikum
Anna	Baguette
Domi	Tomaten
Domi	Hackfleisch
Domi	Baguette
Thuv	Tomaten
Thuv	Mozzarella
Thuv	Basilikum
Max	Baguette
Max	Mozarella
Max	Hackfleisch
Alex	Tomaten
Alex	Mozzarella
Alex	Basilikum

Bearbeite alle 2-elementigen Mengen

Zwischenergebnisse	
Menge	Anzahl
{Tomaten}	4
{Mozzarella}	4
{Basilikum}	3
{Baguette}	3
<i>{Hackfleisch}</i>	2
{Tomaten, Mozzarella}	3
{Tomaten, Basilikum}	3
{Tomaten, Baguette}	
{Mozzarella, Basilikum}	
{Mozzarella, Baguette}	
{Baguette, Basilikum}	

# Betriebliche Anwendungen

## Apriori Algorithmus

Kunde	Produkt
Anna	Tomaten
Anna	Mozzarella
Anna	Basilikum
Anna	Baguette
Domi	Tomaten
Domi	Hackfleisch
Domi	Baguette
Thuv	Tomaten
Thuv	Mozzarella
Thuv	Basilikum
Max	Baguette
Max	Mozarella
Max	Hackfleisch
Alex	Tomaten
Alex	Mozzarella
Alex	Basilikum

Bearbeite alle 2-elementigen Mengen

Zwischenergebnisse	
Menge	Anzahl
{Tomaten}	4
{Mozzarella}	4
{Basilikum}	3
{Baguette}	3
<i>{Hackfleisch}</i>	2
{Tomaten, Mozzarella}	3
{Tomaten, Basilikum}	3
{Tomaten, Baguette}	2
{Mozzarella, Basilikum}	
{Mozzarella, Baguette}	
{Baguette, Basilikum}	

# Betriebliche Anwendungen

## Apriori Algorithmus

Kunde	Produkt
Anna	Tomaten
Anna	Mozzarella
Anna	Basilikum
Anna	Baguette
Domi	Tomaten
Domi	Hackfleisch
Domi	Baguette
Thuv	Tomaten
Thuv	Mozzarella
Thuv	Basilikum
Max	Baguette
Max	Mozarella
Max	Hackfleisch
Alex	Tomaten
Alex	Mozzarella
Alex	Basilikum

Bearbeite alle 2-elementigen Mengen

Zwischenergebnisse	
Menge	Anzahl
{Tomaten}	4
{Mozzarella}	4
{Basilikum}	3
{Baguette}	3
<i>{Hackfleisch}</i>	2
{Tomaten, Mozzarella}	3
{Tomaten, Basilikum}	3
{Tomaten, Baguette}	2
{Mozzarella, Basilikum}	3
{Mozzarella, Baguette}	
{Baguette, Basilikum}	



# Betriebliche Anwendungen

## Apriori Algorithmus

Kunde	Produkt
Anna	Tomaten
Anna	Mozzarella
Anna	Basilikum
Anna	Baguette
Domi	Tomaten
Domi	Hackfleisch
Domi	Baguette
Thuv	Tomaten
Thuv	Mozzarella
Thuv	Basilikum
Max	Baguette
Max	Mozzarella
Max	Hackfleisch
Alex	Tomaten
Alex	Mozzarella
Alex	Basilikum

Bearbeite alle 2-elementigen Mengen

Zwischenergebnisse	
Menge	Anzahl
{Tomaten}	4
{Mozzarella}	4
{Basilikum}	3
{Baguette}	3
<i>{Hackfleisch}</i>	2
{Tomaten, Mozzarella}	3
{Tomaten, Basilikum}	3
{Tomaten, Baguette}	2
{Mozzarella, Basilikum}	3
{Mozzarella, Baguette}	2
{Baguette, Basilikum}	

# Betriebliche Anwendungen

## Apriori Algorithmus

Kunde	Produkt
Anna	Tomaten
Anna	Mozzarella
Anna	Basilikum
Anna	Baguette
Domi	Tomaten
Domi	Hackfleisch
Domi	Baguette
Thuv	Tomaten
Thuv	Mozzarella
Thuv	Basilikum
Max	Baguette
Max	Mozzarella
Max	Hackfleisch
Alex	Tomaten
Alex	Mozzarella
Alex	Basilikum

Bearbeite alle 2-elementigen Mengen

Zwischenergebnisse	
Menge	Anzahl
{Tomaten}	4
{Mozzarella}	4
{Basilikum}	3
{Baguette}	3
<i>{Hackfleisch}</i>	2
{Tomaten, Mozzarella}	3
{Tomaten, Basilikum}	3
{Tomaten, Baguette}	2
{Mozzarella, Basilikum}	3
{Mozzarella, Baguette}	2
{Baguette, Basilikum}	1





# Betriebliche Anwendungen

Minsupp: 3/5

## Apriori Algorithmus

Sortiere alle mit zu wenig Support aus

Kunde	Produkt
Anna	Tomaten
Anna	Mozzarella
Anna	Basilikum
Anna	Baguette
Domi	Tomaten
Domi	Hackfleisch
Domi	Baguette
Thuv	Tomaten
Thuv	Mozzarella
Thuv	Basilikum
Max	Baguette
Max	Mozarella
Max	Hackfleisch
Alex	Tomaten
Alex	Mozzarella
Alex	Basilikum

Zwischenergebnisse	
Menge	Anzahl
{Tomaten}	4
{Mozzarella}	4
{Basilikum}	3
{Baguette}	3
<i>{Hackfleisch}</i>	2
{Tomaten, Mozzarella}	3
{Tomaten, Basilikum}	3
<i>{Tomaten, Baguette}</i>	2
{Mozzarella, Basilikum}	3
<i>{Mozzarella, Baguette}</i>	2
<i>{Baguette, Basilikum}</i>	1



# Betriebliche Anwendungen

## Apriori Algorithmus

Kunde	Produkt
Anna	Tomaten
Anna	Mozzarella
Anna	Basilikum
Anna	Baguette
Domi	Tomaten
Domi	Hackfleisch
Domi	Baguette
Thuv	Tomaten
Thuv	Mozzarella
Thuv	Basilikum
Max	Baguette
Max	Mozzarella
Max	Hackfleisch
Alex	Tomaten
Alex	Mozzarella
Alex	Basilikum

Generiere Mengen der Größe 3

Zwischenergebnisse	
Menge	Anzahl
{Tomaten}	4
{Mozzarella}	4
{Basilikum}	3
{Baguette}	3
<i>{Hackfleisch}</i>	2
{Tomaten, Mozzarella}	3
{Tomaten, Basilikum}	3
<i>{Tomaten, Baguette}</i>	2
{Mozzarella, Basilikum}	3
<i>{Mozzarella, Baguette}</i>	2
<i>{Baguette, Basilikum}</i>	1
{Tomaten, Mozzarella, Basilikum}	



# Betriebliche Anwendungen Minsupp: 3/5

## Apriori Algorithmus

Kunde	Produkt
Anna	Tomaten
Anna	Mozzarella
Anna	Basilikum
Anna	Baguette
Domi	Tomaten
Domi	Hackfleisch
Domi	Baguette
Thuv	Tomaten
Thuv	Mozzarella
Thuv	Basilikum
Max	Baguette
Max	Mozzarella
Max	Hackfleisch
Alex	Tomaten
Alex	Mozzarella
Alex	Basilikum

Bearbeite alle 3-elementigen Mengen

Zwischenergebnisse	
Menge	Anzahl
{Tomaten}	4
{Mozzarella}	4
{Basilikum}	3
{Baguette}	3
<i>{Hackfleisch}</i>	2
{Tomaten, Mozzarella}	3
{Tomaten, Basilikum}	3
<i>{Tomaten, Baguette}</i>	2
{Mozzarella, Basilikum}	3
<i>{Mozzarella, Baguette}</i>	2
<i>{Baguette, Basilikum}</i>	1
{Tomaten, Mozzarella, Basilikum}	3

# Betriebliche Anwendungen

## Klassifikation - Assoziationsregeln

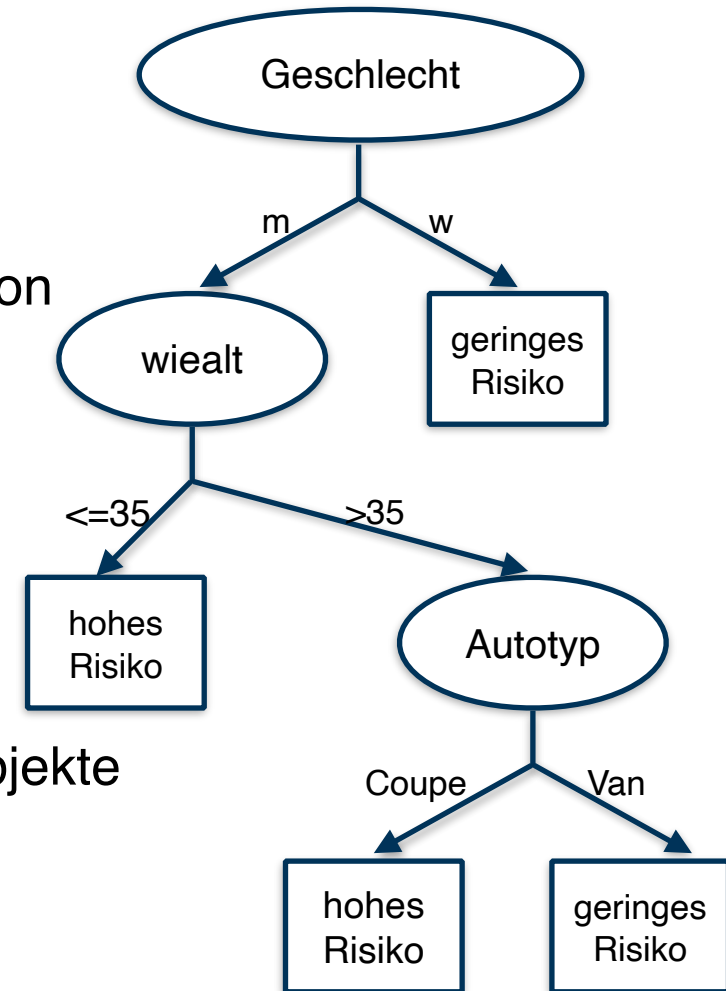
Ziel: Vorhersage über zukünftiges Verhalten von Objekten auf Basis bekannter Attributwerte

- Mögliche Darstellung: Entscheidungsbaum

### Assoziationsregeln

Zusammenhänge im Verhalten bestimmter Objekte werden mittels Implikation ausgedrückt:

PC => Drucker





# Betriebliche Anwendungen

## Klassifikation - Assoziationsregeln

### Assoziationsregeln

Zusammenhänge im Verhalten bestimmter Objekte werden mittels Implikation ausgedrückt:

$$PC \Rightarrow \text{Drucker}$$

### Confidence

Prozentsatz der Datenmenge, bei welcher bei Erfüllung der Voraussetzung auch die Regel zutrifft:

$$\#(PC \& \text{Drucker}) / \#PC$$

### Support

#Datensätze welche die Regel erfüllen

Bei 100 gekauften PCs wurde 24 mal PC & Drucker gekauft

=> 24%

Zwischenergebnisse	
FI-Kandidat	Anzahl
{Drucker}	4
{Papier}	3
{PC}	4
{Scanner}	2
{Toner}	3
{Drucker, Papier}	3
{Drucker, PC}	3
{Drucker, Scanner}	3
{Drucker, Toner}	3
{Papier, PC}	2
{Papier, Scanner}	3
{Papier, Toner}	3
{PC, Scanner}	2
{PC, Toner}	2
{Scanner, Toner}	3
{Drucker, Papier, PC}	3
{Drucker, Papier, Toner}	3
{Drucker, PC, Toner}	3
{Papier, PC, Toner}	3



# Betriebliche Anwendungen

## Klassifikation - Assoziationsregeln

### Confidence-Bestimmung

$$\text{confidence}(A \Rightarrow B) = \frac{\text{support}(A \cup B)}{\text{support}(A)}$$

Zwischenergebnisse	
FI-Kandidat	Anzahl
{ Drucker }	4
{ Papier }	3
{ PC }	4
{ Scanner }	2
{ Toner }	3
{ Drucker, Papier }	3
{ Drucker, PC }	3
{ <i>Drucker, Scanner</i> }	
{ Drucker, Toner }	3
{ Papier, PC }	2
{ <i>Papier, Scanner</i> }	
{ Papier, Toner }	3
{ <i>PC, Scanner</i> }	
{ PC, Toner }	2
{ <i>Scanner, Toner</i> }	
{ <i>Drucker, Papier, PC</i> }	
{ Drucker, Papier, Toner }	3
{ <i>Drucker, PC, Toner</i> }	
{ <i>Papier, PC, Toner</i> }	



## Aufgabe 4

Zeigen Sie die weiteren Phasen des Apriori-Algorithmus für unser Beispiel in Abbildung 1 (hier ist lediglich bis inkl. 2. Phase dargestellt). Damit eine Menge von Produkten ein Frequentitemset ist, muss sie in mindestens  $3/5$  aller Verkäufe enthalten sein, d.h.  $minsupp = s_0 = 3/5$ . Gehen Sie für die Assoziationsregeln von einer minimalen Konfidenz von  $k_0 = 0$  aus und berechnen Sie die Konfidenz der Assoziationsregel  $\{\text{Drucker}\} \Rightarrow \{\text{Papier, Toner}\}$ .

VerkaufsTransaktionen	
TransID	Produkt
111	Drucker
111	Papier
111	PC
111	Toner
222	PC
222	Scanner
333	Drucker
333	Papier
333	Toner
444	Drucker
444	PC
555	Drucker
555	Papier
555	PC
555	Scanner
555	Toner

Zwischenergebnisse	
FI-Kandidat	Anzahl
{Drucker}	4
{Papier}	3
{PC}	4
{Scanner}	2
{Toner}	3
{Drucker, Papier}	3
{Drucker, PC}	3
{Drucker, Scanner}	
{Drucker, Toner}	3
{Papier, PC}	2
{Papier, Scanner}	
{Papier, Toner}	3
{PC, Scanner}	
{PC, Toner}	2
{Scanner, Toner}	



## Aufgabe 5

Alex und Max möchten sich für ihre neue Firma ein Fortbewegungsmittel zulegen. Hilf ihnen, die drei günstigsten bei 40.000 km Fahrleistung pro Jahr zu finden, wenn sie das Auto 5 Jahre lang nutzen wollen. Wende den NRA- und Threshold-Algorithmus an und bilde eine Skyline.

Einheit	Treibstoff	Preis
1l	Diesel	1,00€
1l	Benzin	1,50€
1l	Kerosin	1,00€
1kWh	Strom	0,10€

Kosten		Verbrauch	
Gefährt	Kosten	Gefährt	Verbrauch
Privatjet	2.500.000€	Privatjet	0,2l/km (Kerosin)
Elektroauto	80.000€	Elektroauto	20kWh/100km (Strom)
Cabrio	40.000€	Cabrio	4l/100km (Diesel)
Limousine	35.000€	Limousine	5l/100km (Diesel)
Transporter	20.000€	Transporter	6l/100km (Benzin)
Combi	25.000€	Combi	5l/100km (Benzin)
Sport-Coupé	25.000€	Sport-Coupé	4l/100km (Benzin)





# Betriebliche Anwendungen

## Skyline-Operator

Alex und Max möchten sich für ihre neue Firma ein Fortbewegungsmittel zulegen. Hilf uns eine Skyline zu erstellen. Die Dimensionen sind hierfür Anschaffungskosten und laufende Kosten: pro Jahr sollen 40.000 km zurückgelegt werden und das Fortbewegungsmittel soll 5 Jahre lang genutzt werden.

Anschaffungskosten	
Privatjet	2.500.000 €
Elektroauto	80.000 €
Cabrio	40.000 €
Limousine	35.000 €
Transporter	20.000 €
Combi	25.000 €
Sport-Coupé	25.000 €

Verbrauch	
Privatjet	0,2l/km (Kerosin)
Elektroauto	20kWh/100km
Cabrio	4l/100km (Diesel)
Limousine	5l/100km (Diesel)
Transporter	6l/100km (Benzin)
Combi	5l/100km (Benzin)
Sport-Coupé	4l/100km (Benzin)

Preis pro Liter/kWh	
Kerosin	1,00 €
Benzin	1,50 €
Diesel	1,00 €
Strom	0,10 €



# Betriebliche Anwendungen

## Top k Anfragen

Alex und Max möchten sich für ihre neue Firma ein Fortbewegungsmittel zulegen. Hilf uns die drei günstigsten zu finden, pro Jahr sollen 40.000 km zurückgelegt werden und das Fortbewegungsmittel soll 5 Jahre lang genutzt werden.

Anschaffungskosten	
Privatjet	2.500.000 €
Elektroauto	80.000 €
Cabrio	40.000 €
Limousine	35.000 €
Transporter	20.000 €
Combi	25.000 €
Sport-Coupé	25.000 €

Verbrauch	
Privatjet	0,2l/km (Kerosin)
Elektroauto	20kWh/100km
Cabrio	4l/100km (Diesel)
Limousine	5l/100km (Diesel)
Transporter	6l/100km (Benzin)
Combi	5l/100km (Benzin)
Sport-Coupé	4l/100km (Benzin)

Preis pro Liter/kWh	
Kerosin	1,00 €
Benzin	1,50 €
Diesel	1,00 €
Strom	0,10 €



# Betriebliche Anwendungen

## Threshold-Algorithmus

Alex und Max möchten sich für ihre neue Firma ein Fortbewegungsmittel zulegen. Hilf uns die drei günstigsten zu finden, pro Jahr sollen 40.000 km zurückgelegt werden und das Fortbewegungsmittel soll 5 Jahre lang genutzt werden.

Anschaffungskosten	
Privatjet	2.500.000 €
Elektroauto	80.000 €
Cabrio	40.000 €
Limousine	35.000 €
Transporter	20.000 €
Combi	25.000 €
Sport-Coupé	25.000 €

Verbrauch	
Privatjet	0,2l/km (Kerosin)
Elektroauto	20kWh/100km
Cabrio	4l/100km (Diesel)
Limousine	5l/100km (Diesel)
Transporter	6l/100km (Benzin)
Combi	5l/100km (Benzin)
Sport-Coupé	4l/100km (Benzin)

Preis pro Liter/kWh	
Kerosin	1,00 €
Benzin	1,50 €
Diesel	1,00 €
Strom	0,10 €



# Betriebliche Anwendungen

## Threshold-Algorithmus

### 1. Laufende Kosten berechnen

Verbrauch	
Privatjet	0,2l/km (Kerosin)
Elektroauto	20kWh/100km
Cabrio	4l/100km (Diesel)
Limousine	5l/100km (Diesel)
Transporter	6l/100km (Benzin)
Combi	5l/100km (Benzin)
Sport-Coupé	4l/100km (Benzin)

Preis pro Liter/kWh	
Kerosin	1,00 €
Benzin	1,50 €
Diesel	1,00 €
Strom	0,10 €

LaufendeKosten =

Verbrauch\*40.000km/Jahr \*5Jahre\*PreisPro...

Privatjet =  $0,2\text{l/km} * 200.000\text{km} * 1\text{€ (Kerosin)} = 40.000\text{€}$

Elektroauto =  $20\text{kWh}/100\text{km} * 200.000\text{km} * 0,1\text{€ (Strom)}$   
 $= 4.000\text{€}$

Cabrio =  $4\text{l}/100\text{km} * 200.000\text{km} * 1\text{€ (Diesel)} = 8.000\text{€}$

Limousine =  $5\text{l}/100\text{km} * 200.000\text{km} * 1\text{€ (Diesel)} = 10.000\text{€}$

Transporter =  $6\text{l}/100\text{km} * 200.000\text{km} * 1,5\text{€ (Benzin)} = 18.000\text{€}$

Combi =  $5\text{l}/100\text{km} * 200.000\text{km} * 1,5\text{€ (Benzin)} = 15.000\text{€}$

Sport-Coupé =  $4\text{l}/100\text{km} * 200.000\text{km} * 1,5\text{€ (Benzin)} = 12.000\text{€}$



# Betriebliche Anwendungen

## Threshold-Algorithmus

### 1. Laufende Kosten berechnen

Laufende Kosten	
Privatjet	40.000 €
Elektroauto	4.000 €
Cabrio	8.000 €
Limousine	10.000 €
Transporter	18.000 €
Combi	15.000 €
Sport-Coupé	12.000 €

LaufendeKosten =

Verbrauch\*40.000km/Jahr \*5Jahre\*PreisPro...

Privatjet =  $0,2l/km * 200.000km * 1€$  (Kerosin) = 40.000€

Elektroauto =  $20kWh/100km * 200.000km * 0,1€$  (Strom)  
= 4.000€

Cabrio =  $4l/100km * 200.000km * 1€$  (Diesel) = 8.000€

Limousine =  $5l/100km * 200.000km * 1€$  (Diesel) = 10.000€

Transporter =  $6l/100km * 200.000km * 1,5€$  (Benzin) = 18.000€

Combi =  $5l/100km * 200.000km * 1,5€$  (Benzin) = 15.000€

Sport-Coupé =  $4l/100km * 200.000km * 1,5€$  (Benzin) = 12.000€



# Betriebliche Anwendungen

## Threshold-Algorithmus

### 2. Beide Tabellen aufsteigend sortieren

Laufende Kosten	
Privatjet	40.000 €
Elektroauto	4.000 €
Cabrio	8.000 €
Limousine	10.000 €
Transporter	18.000 €
Combi	15.000 €
Sport-Coupé	12.000 €

Anschaffungskosten	
Privatjet	2.500.000 €
Elektroauto	80.000 €
Cabrio	40.000 €
Limousine	35.000 €
Transporter	20.000 €
Combi	25.000 €
Sport-Coupé	25.000 €



# Betriebliche Anwendungen

## Threshold-Algorithmus

### 2. Beide Tabellen aufsteigend sortieren

Laufende Kosten	
Elektroauto	4.000 €
Cabrio	8.000 €
Limousine	10.000 €
Sport-Coupé	12.000 €
Combi	15.000 €
Transporter	18.000 €
Privatjet	40.000 €

Anschaffungskosten	
Transporter	20.000 €
Sport-Coupé	25.000 €
Combi	25.000 €
Limousine	35.000 €
Cabrio	40.000 €
Elektroauto	80.000 €
Privatjet	2.500.000 €



# Betriebliche Anwendungen

## Threshold-Algorithmus

### 3. Threshold ausrechnen:

Laufende Kosten	
Elektroauto	4.000 €
Cabrio	8.000 €
Limousine	10.000 €
Sport-Coupé	12.000 €
Combi	15.000 €
Transporter	18.000 €
Privatjet	40.000 €

Anschaffungskosten	
Transporter	20.000 €
Sport-Coupé	25.000 €
Combi	25.000 €
Limousine	35.000 €
Cabrio	40.000 €
Elektroauto	80.000 €
Privatjet	2.500.000 €



# Betriebliche Anwendungen

## Threshold-Algorithmus

### 3. Threshold ausrechnen:

(Laufende Kosten + Anschaffungskosten)

Laufende Kosten		Anschaffungskosten	
Elektroauto	4.000 €	Transporter	20.000 €
Cabrio	8.000 €	Sport-Coupé	25.000 €
Limousine	10.000 €	Combi	25.000 €
Sport-Coupé	12.000 €	Limousine	35.000 €
Combi	15.000 €	Cabrio	40.000 €
Transporter	18.000 €	Elektroauto	80.000 €
Privatjet	40.000 €	Privatjet	2.500.000 €

### 1. Schritt

Gesamtkosten	
Threshold	24.000 €
Transporter	38.000 €
Elektroauto	84.000 €

# Betriebliche Anwendungen

## Threshold-Algorithmus

### 3. Threshold ausrechnen:

(Laufende Kosten + Anschaffungskosten)

Laufende Kosten		Anschaffungskosten	
Elektroauto	4.000 €	Transporter	20.000 €
Cabrio	8.000 €	Sport-Coupé	25.000 €
Limousine	10.000 €	Combi	25.000 €
Sport-Coupé	12.000 €	Limousine	35.000 €
Combi	15.000 €	Cabrio	40.000 €
Transporter	18.000 €	Elektroauto	80.000 €
Privatjet	40.000 €	Privatjet	2.500.000 €

### 2. Schritt

Gesamtkosten	
Threshold	33.000 €
Sport-Coupé	37.000 €
Transporter	38.000 €
Cabrio	48.000 €
Elektroauto	84.000 €



# Betriebliche Anwendungen

## Threshold-Algorithmus

### 3. Threshold ausrechnen:

(Laufende Kosten + Anschaffungskosten)

Laufende Kosten		Anschaffungskosten	
Elektroauto	4.000 €	Transporter	20.000 €
Cabrio	8.000 €	Sport-Coupé	25.000 €
Limousine	10.000 €	Combi	25.000 €
Sport-Coupé	12.000 €	Limousine	35.000 €
Combi	15.000 €	Cabrio	40.000 €
Transporter	18.000 €	Elektroauto	80.000 €
Privatjet	40.000 €	Privatjet	2.500.000 €

### 3. Schritt

Gesamtkosten	
Threshold	35.000 €
Sport-Coupé	37.000 €
Transporter	38.000 €
Combi	40.000 €
Limousine	45.000 €
Cabrio	48.000 €
Elektroauto	84.000 €



# Betriebliche Anwendungen

## Threshold-Algorithmus

### 3. Threshold ausrechnen:

(Laufende Kosten + Anschaffungskosten)

Laufende Kosten		Anschaffungskosten	
Elektroauto	4.000 €	Transporter	20.000 €
Cabrio	8.000 €	Sport-Coupé	25.000 €
Limousine	10.000 €	Combi	25.000 €
Sport-Coupé	12.000 €	Limousine	35.000 €
Combi	15.000 €	Cabrio	40.000 €
Transporter	18.000 €	Elektroauto	80.000 €
Privatjet	40.000 €	Privatjet	2.500.000 €

### 4. Schritt

Gesamtkosten	
Sport-Coupé	37.000 €
Transporter	38.000 €
Combi	40.000 €
Limousine	45.000 €
<b>Threshold</b>	<b>47.000 €</b>
Cabrio	48.000 €
Elektroauto	84.000 €



# Betriebliche Anwendungen

## Threshold-Algorithmus

### 4. Top-3 gefunden

Laufende Kosten		Anschaffungskosten	
Elektroauto	4.000 €	Transporter	20.000 €
Cabrio	8.000 €	Sport-Coupé	25.000 €
Limousine	10.000 €	Combi	25.000 €
Sport-Coupé	12.000 €	Limousine	35.000 €
Combi	15.000 €	Cabrio	40.000 €
Transporter	18.000 €	Elektroauto	80.000 €
Privatjet	40.000 €	Privatjet	2.500.000 €

### 4. Schritt

Gesamtkosten	
<b>Sport-Coupé</b>	<b>37.000 €</b>
<b>Transporter</b>	<b>38.000 €</b>
<b>Combi</b>	<b>40.000 €</b>
Limousine	45.000 €
<b>Threshold</b>	<b>47.000 €</b>
Cabrio	48.000 €
Elektroauto	84.000 €



# Betriebliche Anwendungen

## NRA-Algorithmus

Alex und Max möchten sich für ihre neue Firma ein Fortbewegungsmittel zulegen. Hilf uns die drei günstigsten zu finden, pro Jahr sollen 40.000 km zurückgelegt werden und das Fortbewegungsmittel soll 5 Jahre lang genutzt werden.

Anschaffungskosten	
Privatjet	2.500.000 €
Elektroauto	80.000 €
Cabrio	40.000 €
Limousine	35.000 €
Transporter	20.000 €
Combi	25.000 €
Sport-Coupé	25.000 €

Verbrauch	
Privatjet	0,2l/km (Kerosin)
Elektroauto	20kWh/100km
Cabrio	4l/100km (Diesel)
Limousine	5l/100km (Diesel)
Transporter	6l/100km (Benzin)
Combi	5l/100km (Benzin)
Sport-Coupé	4l/100km (Benzin)

Preis pro Liter/kWh	
Kerosin	1,00 €
Benzin	1,50 €
Diesel	1,00 €
Strom	0,10 €



# Betriebliche Anwendungen

## NRA-Algorithmus

### 1. Laufende Kosten berechnen

Verbrauch	
Privatjet	0,2l/km (Kerosin)
Elektroauto	20kWh/100km
Cabrio	4l/100km (Diesel)
Limousine	5l/100km (Diesel)
Transporter	6l/100km (Benzin)
Combi	5l/100km (Benzin)
Sport-Coupé	4l/100km (Benzin)

Preis pro Liter/kWh	
Kerosin	1,00 €
Benzin	1,50 €
Diesel	1,00 €
Strom	0,10 €

LaufendeKosten =

Verbrauch\*40.000km/Jahr \*5Jahre\*PreisPro...

Privatjet =  $0,2\text{l/km} * 200.000\text{km} * 1\text{€ (Kerosin)} = 40.000\text{€}$

Elektroauto =  $20\text{kWh}/100\text{km} * 200.000\text{km} * 0,1\text{€ (Strom)} = 4.000\text{€}$

Cabrio =  $4\text{l}/100\text{km} * 200.000\text{km} * 1\text{€ (Diesel)} = 8.000\text{€}$

Limousine =  $5\text{l}/100\text{km} * 200.000\text{km} * 1\text{€ (Diesel)} = 10.000\text{€}$

Transporter =  $6\text{l}/100\text{km} * 200.000\text{km} * 1,5\text{€ (Benzin)} = 18.000\text{€}$

Combi =  $5\text{l}/100\text{km} * 200.000\text{km} * 1,5\text{€ (Benzin)} = 15.000\text{€}$

Sport-Coupé =  $4\text{l}/100\text{km} * 200.000\text{km} * 1,5\text{€ (Benzin)} = 12.000\text{€}$

# Betriebliche Anwendungen

## NRA-Algorithmus

### 1. Laufende Kosten berechnen

Laufende Kosten	
Privatjet	40.000 €
Elektroauto	4.000 €
Cabrio	8.000 €
Limousine	10.000 €
Transporter	18.000 €
Combi	15.000 €
Sport-Coupé	12.000 €

LaufendeKosten =

Verbrauch\*40.000km/Jahr \*5Jahre\*PreisPro...

Privatjet =  $0,2\text{l/km} * 200.000\text{km} * 1\text{€ (Kerosin)} = 40.000\text{€}$

Elektroauto =  $20\text{kWh}/100\text{km} * 200.000\text{km} * 0,1\text{€ (Strom)} = 4.000\text{€}$

Cabrio =  $4\text{l}/100\text{km} * 200.000\text{km} * 1\text{€ (Diesel)} = 8.000\text{€}$

Limousine =  $5\text{l}/100\text{km} * 200.000\text{km} * 1\text{€ (Diesel)} = 10.000\text{€}$

Transporter =  $6\text{l}/100\text{km} * 200.000\text{km} * 1,5\text{€ (Benzin)} = 18.000\text{€}$

Combi =  $5\text{l}/100\text{km} * 200.000\text{km} * 1,5\text{€ (Benzin)} = 15.000\text{€}$

Sport-Coupé =  $4\text{l}/100\text{km} * 200.000\text{km} * 1,5\text{€ (Benzin)} = 12.000\text{€}$





# Betriebliche Anwendungen

## NRA-Algorithmus

### 2. Beide Tabellen aufsteigend sortieren

Laufende Kosten	
Privatjet	40.000 €
Elektroauto	4.000 €
Cabrio	8.000 €
Limousine	10.000 €
Transporter	18.000 €
Combi	15.000 €
Sport-Coupé	12.000 €

Anschaffungskosten	
Privatjet	2.500.000 €
Elektroauto	80.000 €
Cabrio	40.000 €
Limousine	35.000 €
Transporter	20.000 €
Combi	25.000 €
Sport-Coupé	25.000 €



# Betriebliche Anwendungen

## NRA-Algorithmus

### 2. Beide Tabellen aufsteigend sortieren

Laufende Kosten	
Elektroauto	4.000 €
Cabrio	8.000 €
Limousine	10.000 €
Sport-Coupé	12.000 €
Combi	15.000 €
Transporter	18.000 €
Privatjet	40.000 €

Anschaffungskosten	
Transporter	20.000 €
Sport-Coupé	25.000 €
Combi	25.000 €
Limousine	35.000 €
Cabrio	40.000 €
Elektroauto	80.000 €
Privatjet	2.500.000 €



# Betriebliche Anwendungen

## NRA-Algorithmus

### 3. Top-3 finden:

Laufende Kosten	
Elektroauto	4.000 €
Cabrio	8.000 €
Limousine	10.000 €
Sport-Coupé	12.000 €
Combi	15.000 €
Transporter	18.000 €
Privatjet	40.000 €

Anschaffungskosten	
Transporter	20.000 €
Sport-Coupé	25.000 €
Combi	25.000 €
Limousine	35.000 €
Cabrio	40.000 €
Elektroauto	80.000 €
Privatjet	2.500.000 €



# Betriebliche Anwendungen

## NRA-Algorithmus

### 3. Top-3 finden:

(Laufende Kosten + Anschaffungskosten)

Laufende Kosten		Anschaffungskosten	
Elektroauto	4.000 €	Transporter	20.000 €
Cabrio	8.000 €	Sport-Coupé	25.000 €
Limousine	10.000 €	Combi	25.000 €
Sport-Coupé	12.000 €	Limousine	35.000 €
Combi	15.000 €	Cabrio	40.000 €
Transporter	18.000 €	Elektroauto	80.000 €
Privatjet	40.000 €	Privatjet	2.500.000 €

### 1. Schritt

Gesamtkosten		
Transporter	24.000 €	↗
Elektroauto	24.000 €	↗



# Betriebliche Anwendungen

## NRA-Algorithmus

### 3. Top-3 finden:

(Laufende Kosten + Anschaffungskosten)

Laufende Kosten		Anschaffungskosten	
Elektroauto	4.000 €	Transporter	20.000 €
Cabrio	8.000 €	Sport-Coupé	25.000 €
Limousine	10.000 €	Combi	25.000 €
Sport-Coupé	12.000 €	Limousine	35.000 €
Combi	15.000 €	Cabrio	40.000 €
Transporter	18.000 €	Elektroauto	80.000 €
Privatjet	40.000 €	Privatjet	2.500.000 €

### 2. Schritt

Gesamtkosten		
Transporter	28.000 €	↗
Elektroauto	29.000 €	↗
Cabrio	33.000 €	↗
Sport-Coupé	33.000 €	↗



# Betriebliche Anwendungen

## NRA-Algorithmus

### 3. Top-3 finden:

(Laufende Kosten + Anschaffungskosten)

Laufende Kosten		Anschaffungskosten	
Elektroauto	4.000 €	Transporter	20.000 €
Cabrio	8.000 €	Sport-Coupé	25.000 €
Limousine	10.000 €	Combi	25.000 €
Sport-Coupé	12.000 €	Limousine	35.000 €
Combi	15.000 €	Cabrio	40.000 €
Transporter	18.000 €	Elektroauto	80.000 €
Privatjet	40.000 €	Privatjet	2.500.000 €

### 3. Schritt

Gesamtkosten		
Elektroauto	29.000 €	↗
Transporter	30.000 €	↗
Cabrio	33.000 €	↗
Sport-Coupé	35.000 €	↗
Combi	35.000 €	↗
Limousine	35.000 €	↗



# Betriebliche Anwendungen

## NRA-Algorithmus

### 3. Top-3 finden:

(Laufende Kosten + Anschaffungskosten)

Laufende Kosten		Anschaffungskosten	
Elektroauto	4.000 €	Transporter	20.000 €
Cabrio	8.000 €	Sport-Coupé	25.000 €
Limousine	10.000 €	Combi	25.000 €
Sport-Coupé	12.000 €	Limousine	35.000 €
Combi	15.000 €	Cabrio	40.000 €
Transporter	18.000 €	Elektroauto	80.000 €
Privatjet	40.000 €	Privatjet	2.500.000 €

### 4. Schritt 4.1 Paare berechnen

Gesamtkosten		
Elektroauto	29.000 €	↗
Transporter	30.000 €	↗
Cabrio	33.000 €	↗
Combi	35.000 €	↗
Sport-Coupé	37.000 €	✓
Limousine	45.000 €	✓



# Betriebliche Anwendungen

## NRA-Algorithmus

### 3. Top-3 finden:

(Laufende Kosten + Anschaffungskosten)

Laufende Kosten		Anschaffungskosten	
Elektroauto	4.000 €	Transporter	20.000 €
Cabrio	8.000 €	Sport-Coupé	25.000 €
Limousine	10.000 €	Combi	25.000 €
Sport-Coupé	12.000 €	Limousine	35.000 €
Combi	15.000 €	Cabrio	40.000 €
Transporter	18.000 €	Elektroauto	80.000 €
Privatjet	40.000 €	Privatjet	2.500.000 €

### 4. Schritt 4.2 Rest berechnen

Gesamtkosten		
Transporter	32.000 €	↗
Combi	37.000 €	↗
Sport-Coupé	37.000 €	✓
Elektroauto	39.000 €	↗
Cabrio	43.000 €	↗
Limousine	45.000 €	✓





# Betriebliche Anwendungen

## NRA-Algorithmus

### 3. Top-3 finden:

(Laufende Kosten + Anschaffungskosten)

Laufende Kosten		Anschaffungskosten	
Elektroauto	4.000 €	Transporter	20.000 €
Cabrio	8.000 €	Sport-Coupé	25.000 €
Limousine	10.000 €	Combi	25.000 €
Sport-Coupé	12.000 €	Limousine	35.000 €
Combi	15.000 €	Cabrio	40.000 €
Transporter	18.000 €	Elektroauto	80.000 €
Privatjet	40.000 €	Privatjet	2.500.000 €

### 5. Schritt 5.1 Paare berechnen

Gesamtkosten		
Transporter	32.000 €	↗
Sport-Coupé	37.000 €	✓
Elektroauto	39.000 €	↗
Combi	40.000 €	✓
Limousine	45.000 €	✓
Cabrio	48.000 €	✓



# Betriebliche Anwendungen

## NRA-Algorithmus

### 3. Top-3 finden:

(Laufende Kosten + Anschaffungskosten)

Laufende Kosten		Anschaffungskosten	
Elektroauto	4.000 €	Transporter	20.000 €
Cabrio	8.000 €	Sport-Coupé	25.000 €
Limousine	10.000 €	Combi	25.000 €
Sport-Coupé	12.000 €	Limousine	35.000 €
Combi	15.000 €	Cabrio	40.000 €
Transporter	18.000 €	Elektroauto	80.000 €
Privatjet	40.000 €	Privatjet	2.500.000 €

### 5. Schritt 5.1 Rest berechnen

Gesamtkosten		
Transporter	35.000 €	↗
Sport-Coupé	37.000 €	✓
Combi	40.000 €	✓
Elektroauto	44.000 €	↗
Limousine	45.000 €	✓
Cabrio	48.000 €	✓



# Betriebliche Anwendungen

## NRA-Algorithmus

### 3. Top-3 finden:

(Laufende Kosten + Anschaffungskosten)

Laufende Kosten		Anschaffungskosten	
Elektroauto	4.000 €	Transporter	20.000 €
Cabrio	8.000 €	Sport-Coupé	25.000 €
Limousine	10.000 €	Combi	25.000 €
Sport-Coupé	12.000 €	Limousine	35.000 €
Combi	15.000 €	Cabrio	40.000 €
Transporter	18.000 €	Elektroauto	80.000 €
Privatjet	40.000 €	Privatjet	2.500.000 €

### 6. Schritt 6.1 Paare berechnen

Gesamtkosten		
Sport-Coupé	37.000 €	✓
Transporter	38.000 €	✓
Combi	40.000 €	✓
Limousine	45.000 €	✓
Cabrio	48.000 €	✓
Elektroauto	84.000 €	✓



# Betriebliche Anwendungen

## NRA-Algorithmus

4. Top-3 gefunden:

Laufende Kosten		Anschaffungskosten	
Elektroauto	4.000 €	Transporter	20.000 €
Cabrio	8.000 €	Sport-Coupé	25.000 €
Limousine	10.000 €	Combi	25.000 €
Sport-Coupé	12.000 €	Limousine	35.000 €
Combi	15.000 €	Cabrio	40.000 €
Transporter	18.000 €	Elektroauto	80.000 €
Privatjet	40.000 €	Privatjet	2.500.000 €

6. Schritt

Gesamtkosten		
<b>Sport-Coupé</b>	<b>37.000 €</b>	✓
<b>Transporter</b>	<b>38.000 €</b>	✓
<b>Combi</b>	<b>40.000 €</b>	✓
Limousine	45.000 €	✓
Cabrio	48.000 €	✓
Elektroauto	84.000 €	✓



# Betriebliche Anwendungen

## Skyline-Operator

Erstelle eine Skyline SQL Anfrage:

- mit Verwendung des Skyline-Operators
- ohne den Skyline-Operator

Preis pro Liter/kWh	
Treibstoff	Kosten
Kerosin	1,00 €
Benzin	1,50 €
Diesel	1,00 €
Strom	0,10 €

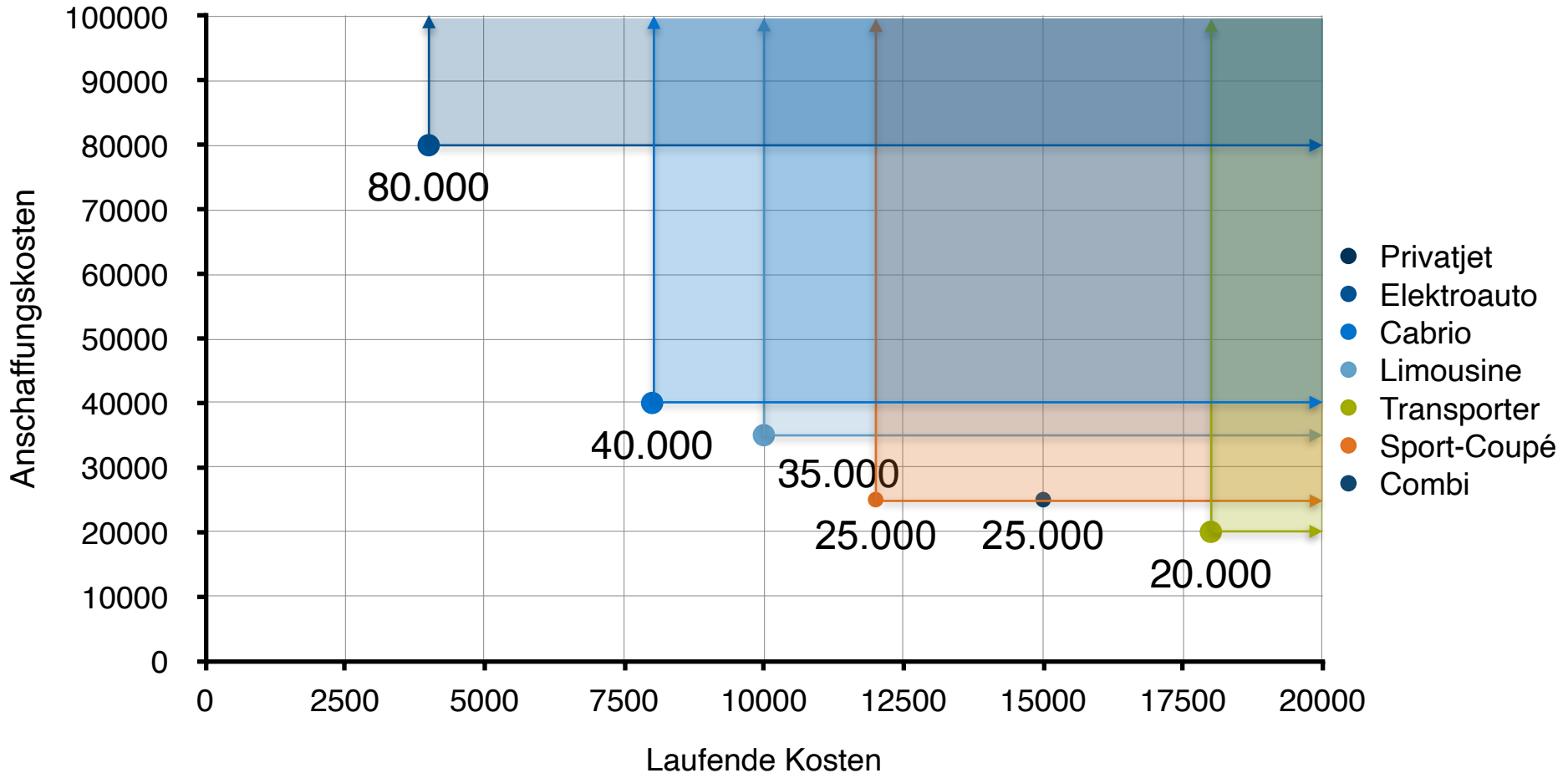
Anschaffungskosten	
Modell	Kosten
Privatjet	2.500.000 €
Elektroauto	80.000 €
Cabrio	40.000 €
Limousine	35.000 €
Transporter	20.000 €
Combi	25.000 €
Sport-Coupé	25.000 €

Verbrauch		
Modell	Verbrauch/100km	Treibstoff
Privatjet	20l	Kerosin
Elektroauto	20kWh	Strom
Cabrio	4l	Diesel
Limousine	5l	Diesel
Transporter	6l	Benzin
Combi	5l	Benzin
Sport-Coupé	4l	Benzin



# Betriebliche Anwendungen

## Skyline-Operator





# Betriebliche Anwendungen

## Skyline-Operator

```
with LaufendeKosten as(  
select v.Modell, (40.000*5*  
v.Verbrauch/100 * p.Kosten) as  
laufKosten  
from Verbrauch v, Preis p  
where v.Treibstoff = p.Treibstoff )
```

### Mit Skyline-Operator:

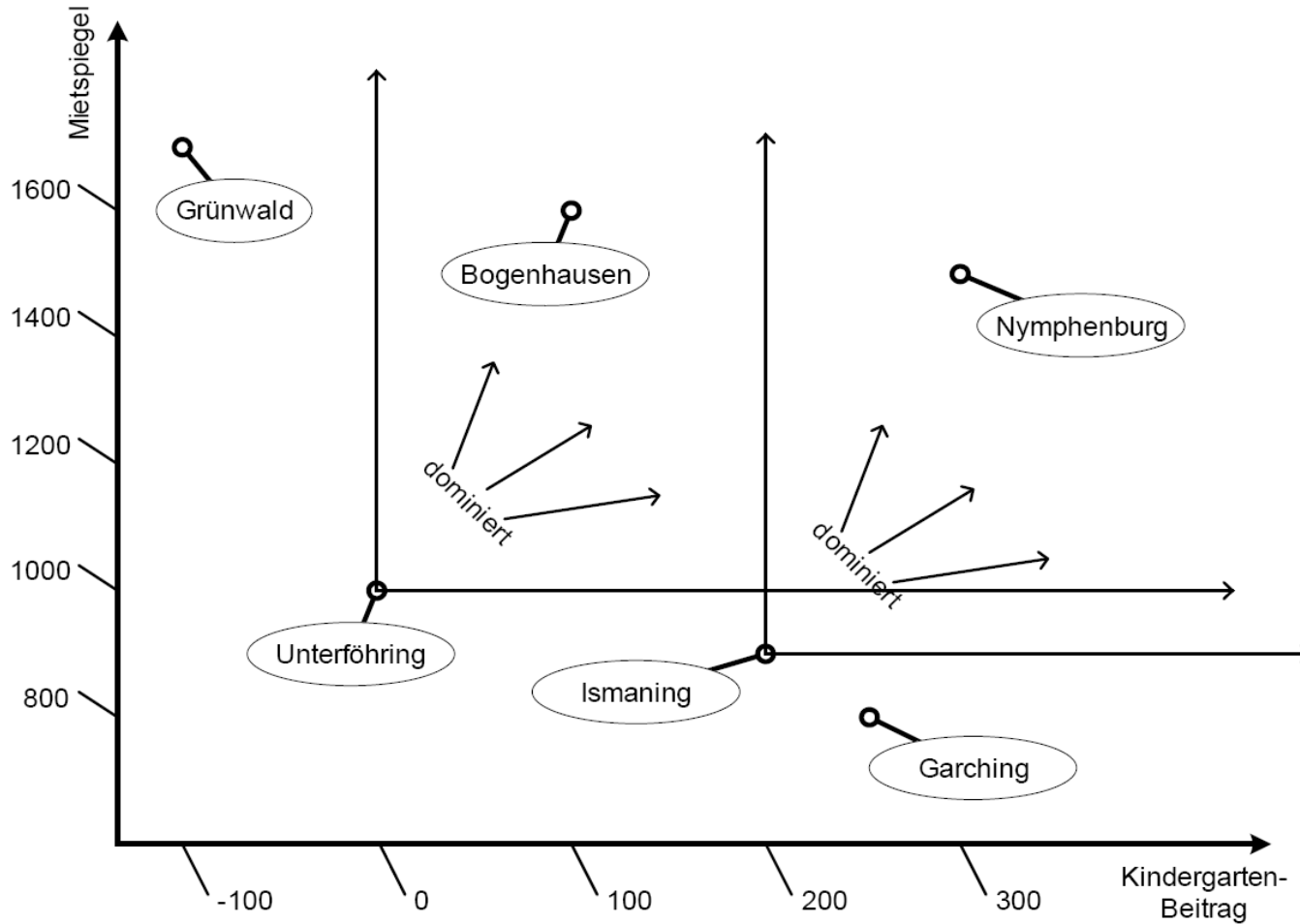
```
select a.Modell  
from Anschaffungskosten a,  
LaufendeKosten l  
where a.Modell = l.Modell  
skyline of a.Kosten min, l.laufKosten  
min;
```

### Ohne Skyline-Operator:

```
select a.Modell  
from Anschaffungskosten a1,  
LaufendeKosten l1  
where a1.Modell = l1.Modell  
and not exists (  
select *  
from Anschaffungskosten a2,  
LaufendeKosten l2  
where a2.Modell = l2.Modell  
and a2.Kosten <= a1.Kosten  
and l2.laufKosten <= l1.laufKosten  
and (a2.Kosten < a1.Kosten or  
l2.laufKosten < l1.laufKosten) );
```

# Betriebliche Anwendungen

## Skyline-Operator







**Fragen?**