



**Hasso
Plattner
Institut**

IT Systems Engineering | Universität Potsdam

Übung Datenbanksysteme I

Relationaler Datenbank- entwurf

Thorsten Papenbrock



Willkommen: Vorstellung

2

- Übung:
 - Thorsten Papenbrock
 - Email: thorsten.papenbrock@hpi.de
 - Raum: E-2-01.2

- Tutoren:
 - Jonas Chromik
 - Michael Janke
 - Sebastian Ernst

- Studenten?

Willkommen: Ziele DBSI

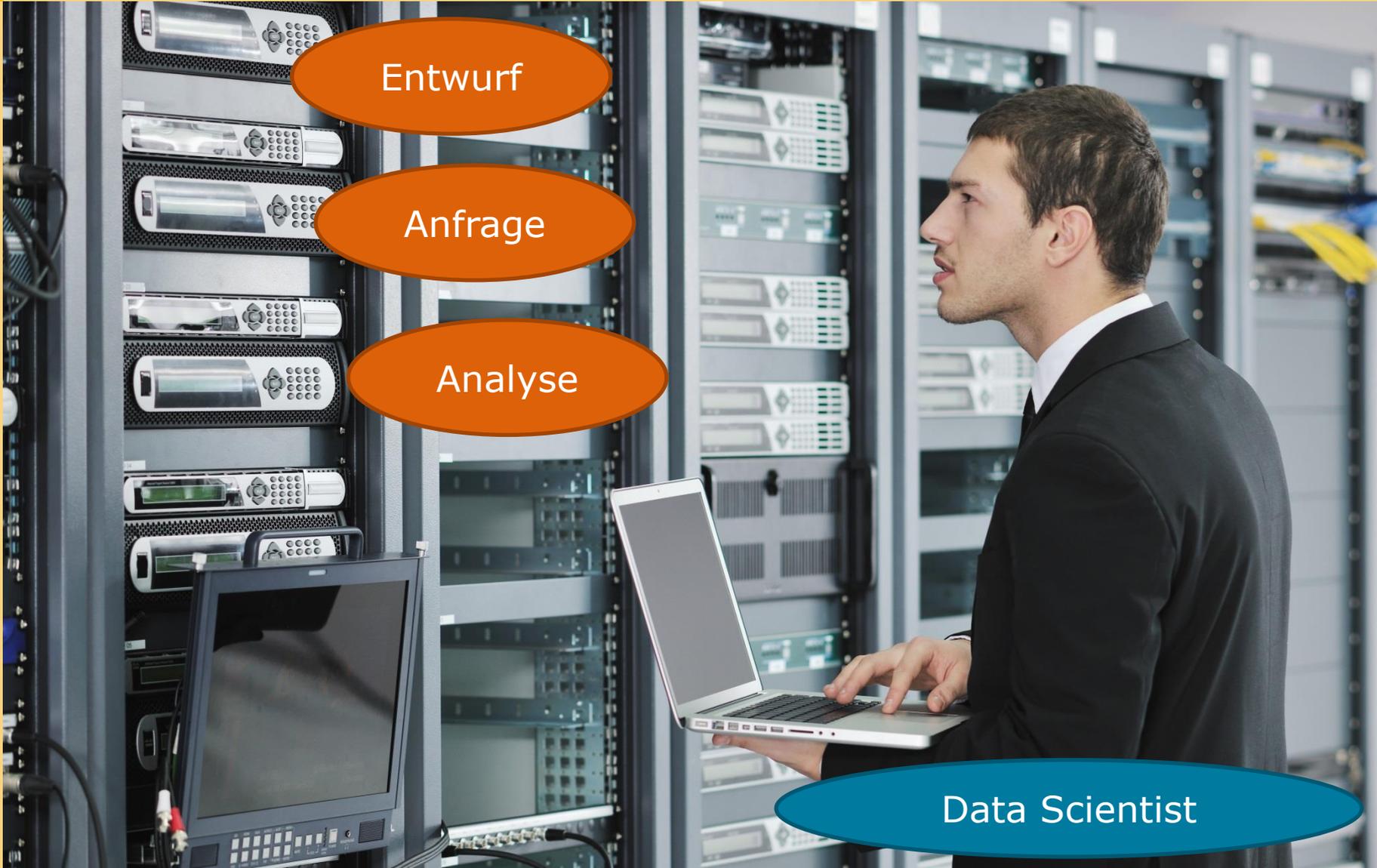
3

Entwurf

Anfrage

Analyse

Data Scientist



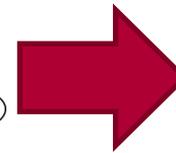
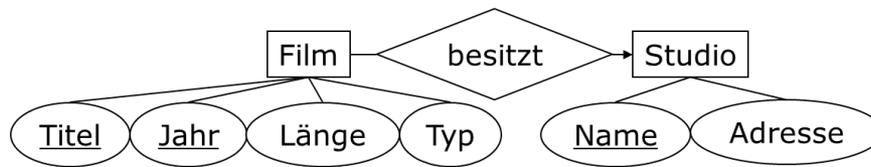
- Übung:
 - Wiederholen von Vorlesungsinhalten
 - Üben wichtigster Techniken
 - Hilfe bei Problemen
- Hausaufgaben:
 - Abgabesystem: <https://www.dcl.hpi.uni-potsdam.de/submit/>
 - Hinweise:
 - ausschließlich pdf-Dateien
 - eine Datei pro Aufgabe namens „Aufgabe-<aufgabeNr>.pdf“
 - jedes Blatt beschriftet mit Namen
 - Abgabetermin ist der angegebene Tag um 23:59 Uhr
 - bei Abgaben immer Partner mit angeben (case-sensitive!)



Übersicht: Themen Übung 1

5

1. ER-Diagramm → Relationales Schema



| Film | | | | besitzt | | |
|----------------|------|-------|-------|----------------|------|------------|
| Titel | Jahr | Länge | Typ | Titel | Jahr | studioName |
| Basic Instinct | 1992 | 127 | Farbe | Basic Instinct | 1992 | Fox |
| Total Recall | 1990 | 113 | Farbe | Total Recall | 1990 | Disney |
| Dead Man | 1995 | 121 | s/w | Dead Man | 1995 | Paramount |

| Studio | |
|----------------|-----------------|
| Name | Adresse |
| Basic Instinct | Union-Street 16 |
| Total Recall | Carrowstr. 1 |
| Dead Man | Myway 48 |

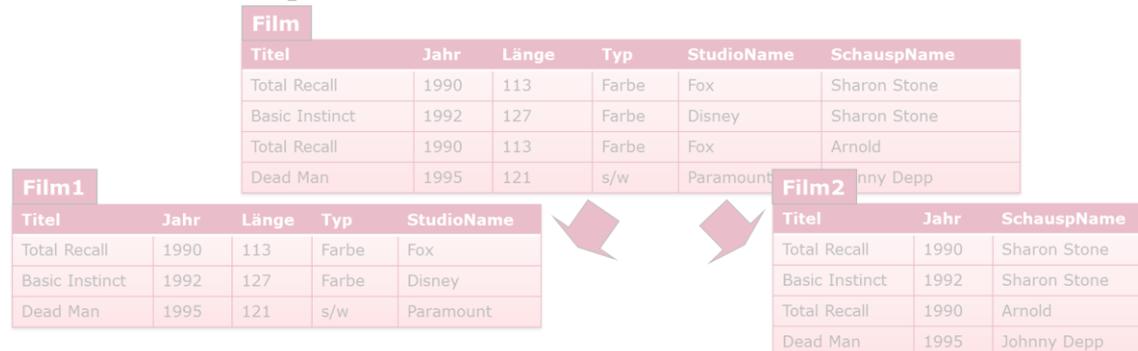
2. Funktionale Abhängigkeiten und Schlüssel

| Film | | | |
|----------------|------|-------|-------|
| Titel | Jahr | Länge | Typ |
| Basic Instinct | 1992 | 127 | Farbe |
| Total Recall | 1990 | 113 | Farbe |
| Dead Man | 1995 | 121 | s/w |

| Studio | |
|----------------|-----------------|
| Name | Adresse |
| Basic Instinct | Union-Street 16 |
| Total Recall | Carrowstr. 1 |
| Dead Man | Myway 48 |

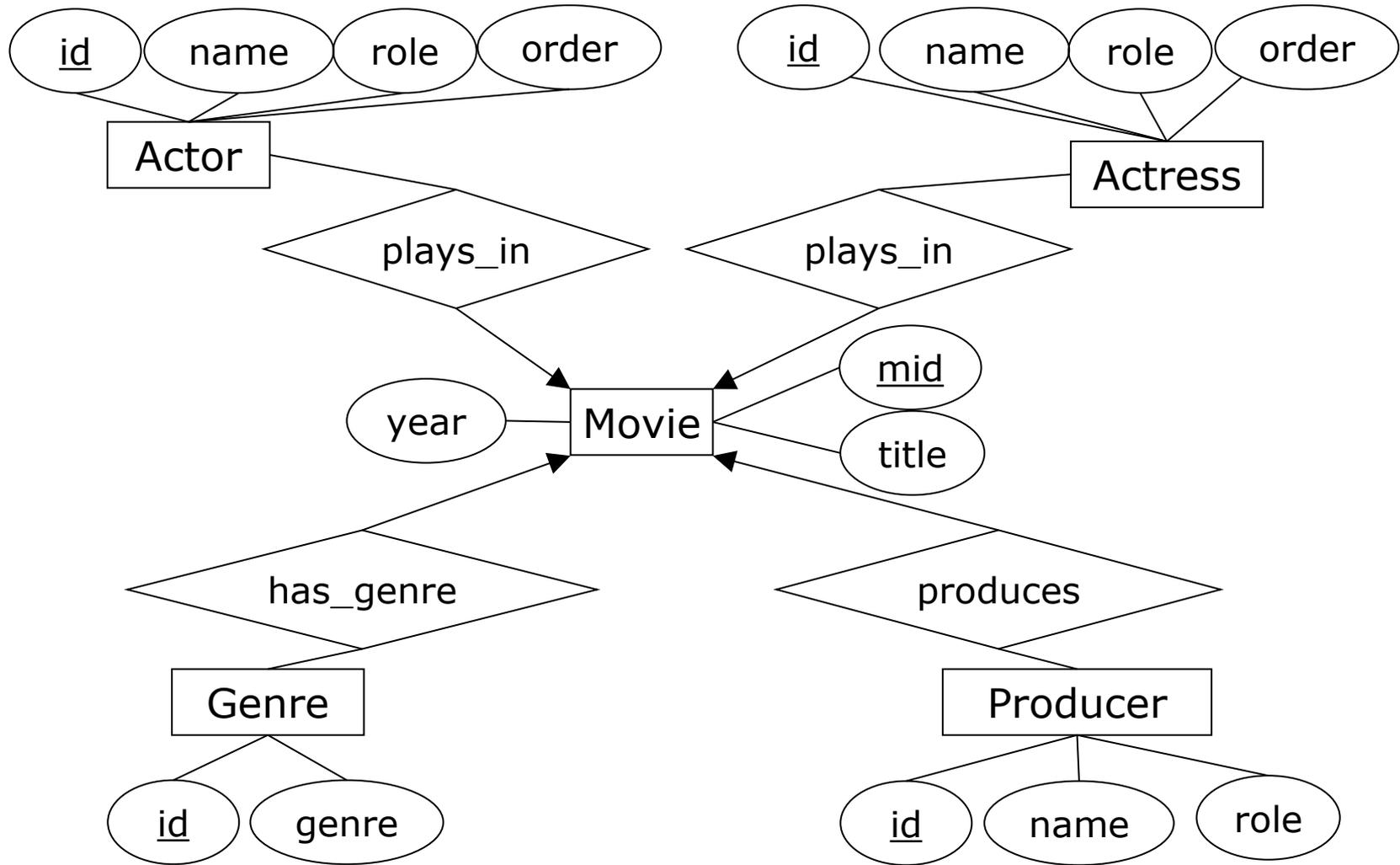
| besitzt | | |
|----------------|------|------------|
| Titel | Jahr | studioName |
| Basic Instinct | 1992 | Fox |
| Total Recall | 1990 | Disney |
| Dead Man | 1995 | Paramount |

3. BCNF und Dekomposition



Aufgabe 1: Einfache Ableitung

6



Lösung 1: Einfache Ableitung

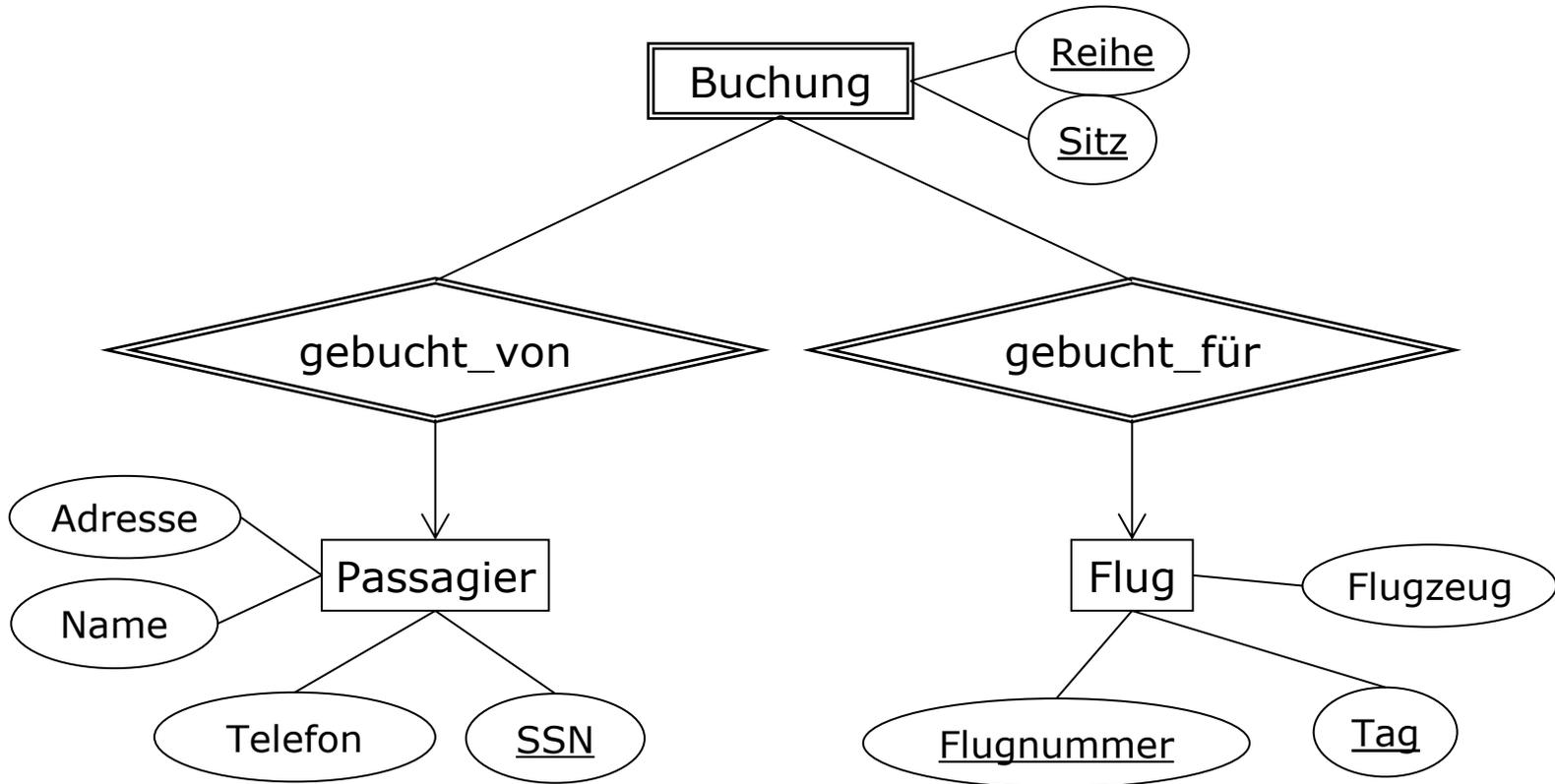
7

- Movie (mid, title, date)
- Actor (id, name, role, order, mid)
- Actress (id, name, role, order, mid)
- Genre (id, genre, mid)
- Producer (id, name, role, mid)

Wegen der n:1 Relationshiptypen können wir die Relationships direkt über die Entities abbilden!

Aufgabe 2: Schwache Entität

8



Lösung 2: Schwache Entität

9

- Passagier (SSN, Name, Adresse, Telefon)
- Flug (Flugnummer, Tag, Flugzeug)
- Buchung (Flugnummer, Tag, SSN, Reihe, Sitz)

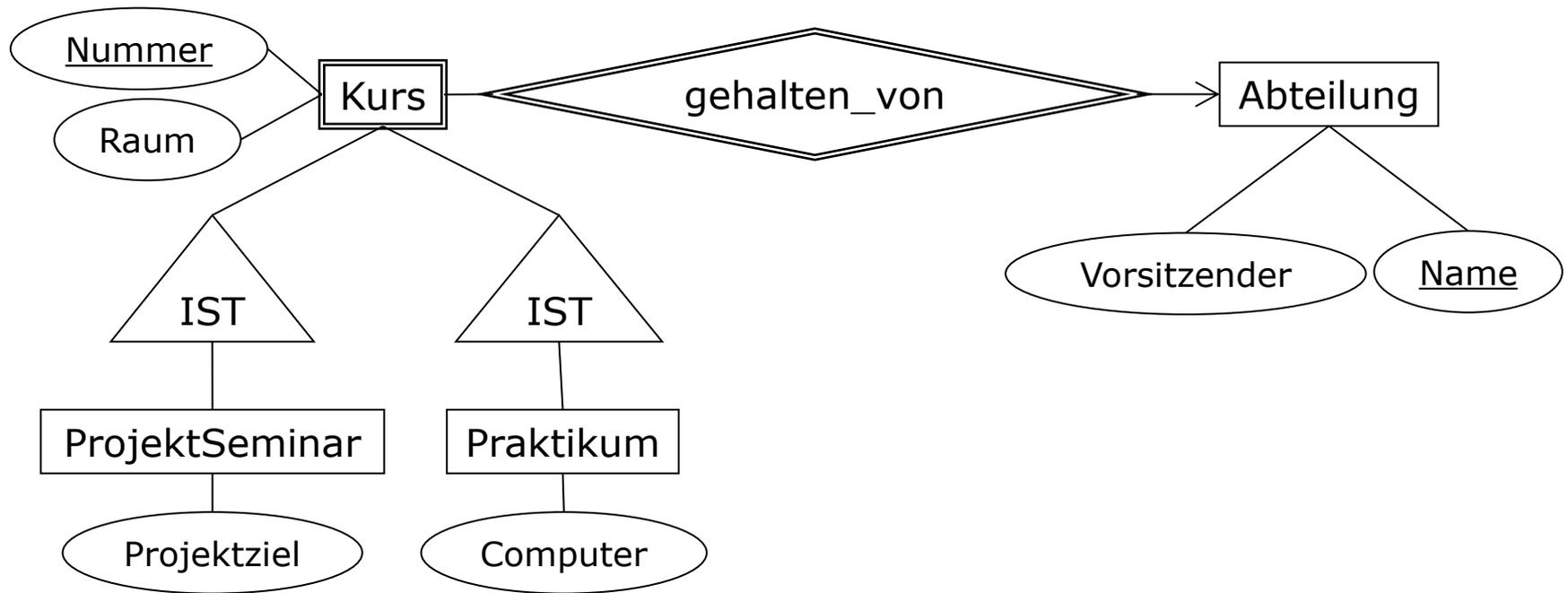
Alle Schlüsselattribute eines Schlüssels müssen zusammen unterstrichen werden:

(A, B) bedeutet, dass {A} und {B} jeweils Schlüssel sind
(A, B) bedeutet, dass {A, B} ein Schlüssel ist

ER-Diagramm → Relationales Schema: Aufgabe 3: IST-Relation

10

- Gib die Lösung in jedem der drei Stile an: ER, OO und Null-Werte



ER-Diagramm → Relationales Schema: Lösung 3: IST-Relation

11

▪ ER-Stil

- Abteilung (Name, Vorsitzender)
- Kurs (Nummer, AbteilungName, Raum)
- Praktikum (Nummer, AbteilungName, Computer)
- ProjektSeminar (Nummer, AbteilungName, Projektziel)

„Eine Relation pro Entitytyp mit allen Schlüssel-Attributen der Wurzel(n)“

▪ OO-Stil

- Abteilung (Name, Vorsitzender)
- Kurs (Nummer, AbteilungName, Raum)
- KursPraktikum (Nummer, AbteilungName, Raum, Computer)
- KursProjektSeminar (Nummer, AbteilungName, Raum, Projektziel)
- KursProjektSeminarPraktikum (Nummer, AbteilungName, Raum, Projektziel, Computer)

„Eine Relation für jeden Teilbaum, der auch die Wurzel enthält“

▪ Null-Werte

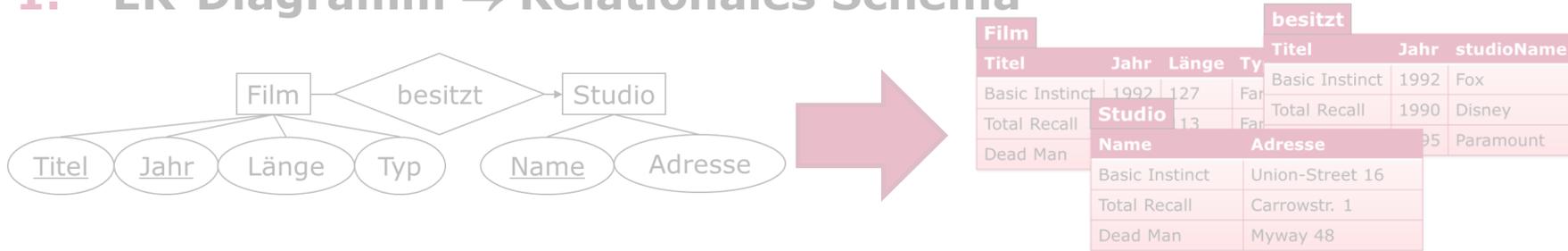
- Abteilung (Name, Vorsitzender)
- Kurs (Nummer, AbteilungName, Raum, Projektziel, Computer)

„Eine Relation für die gesamte IST-Hierarchie“

Übersicht: Themen Übung 1

12

1. ER-Diagramm → Relationales Schema



2. Funktionale Abhängigkeiten und Schlüssel

| Film | | | |
|----------------|------|-------|-------|
| Titel | Jahr | Länge | Typ |
| Basic Instinct | 1992 | 127 | Farbe |
| Total Recall | 1990 | 113 | Farbe |
| Dead Man | 1995 | 121 | s/w |

| Studio | |
|----------------|-----------------|
| Name | Adresse |
| Basic Instinct | Union-Street 16 |
| Total Recall | Carrowstr. 1 |
| Dead Man | Myway 48 |

| besitzt | | |
|----------------|------|------------|
| Titel | Jahr | studioName |
| Basic Instinct | 1992 | Fox |
| Total Recall | 1990 | Disney |
| Dead Man | 1995 | Paramount |

3. BCNF und Dekomposition

| Film | | | | | | |
|----------------|------|-------|-------|------------|--------------|--|
| Titel | Jahr | Länge | Typ | StudioName | SchauspName | |
| Total Recall | 1990 | 113 | Farbe | Fox | Sharon Stone | |
| Basic Instinct | 1992 | 127 | Farbe | Disney | Sharon Stone | |
| Total Recall | 1990 | 113 | Farbe | Fox | Arnold | |
| Dead Man | 1995 | 121 | s/w | Paramount | Johnny Depp | |

Die Tabelle wird in zwei Tabellen zerlegt:

| Film1 | | | | |
|----------------|------|-------|-------|------------|
| Titel | Jahr | Länge | Typ | StudioName |
| Total Recall | 1990 | 113 | Farbe | Fox |
| Basic Instinct | 1992 | 127 | Farbe | Disney |
| Dead Man | 1995 | 121 | s/w | Paramount |

| Film2 | | |
|----------------|------|--------------|
| Titel | Jahr | SchauspName |
| Total Recall | 1990 | Sharon Stone |
| Basic Instinct | 1992 | Sharon Stone |
| Total Recall | 1990 | Arnold |
| Dead Man | 1995 | Johnny Depp |

Funktionale Abhängigkeiten und Schlüssel:

Aufgabe 1: Definition

13

- a) Sei X eine Menge von Attributen und A ein weiteres Attribute. Was bedeutet die Aussage $X \rightarrow A$?

Alle Tupel-Paare, die in den Werten der Attributmenge X übereinstimmen, stimmen auch im Attributwert A überein.

Die Werte der Attributmenge X bestimmen funktional die Werte des Attributs A , wobei gleiche Eingaben gleiche Ausgaben liefern.

Wenn $t_1[X] = t_2[X]$, dann $t_1[A] = t_2[A]$.

- b) Beispiele:

$A \rightarrow B$
Was muss hier hin?

| A | B |
|---|---|
| 0 | 3 |
| 1 | 2 |
| 0 | 3 |
| 2 | 1 |

$A \not\rightarrow B$
Was muss hier hin?

| A | B |
|---|---|
| 0 | 0 |
| 1 | 1 |
| 1 | 0 |
| 1 | 1 |

Funktionale Abhängigkeiten und Schlüssel:

Aufgabe 1: Definition

14

c) Beweis: „Funktionale Abhängigkeiten sind nicht symmetrisch“

$$A \rightarrow B \not\Rightarrow B \rightarrow A$$

- Tipp: Gib zum Beweis eine Instanz der Relation $R(A,B)$ an, die folgende Regel verletzt:

| A | B |
|----------|----------|
| 0 | 2 |
| 1 | 2 |

Funktionale Abhängigkeiten und Schlüssel:

Aufgabe 1: Definition

15

- d) Sei X eine Menge von Attributen. Was bedeutet die Aussage „ X ist ein Schlüssel“?

Die Werte in X identifizieren jedes Tupel eindeutig.

Es gibt keine doppelten Werte in X .

- e) Wahr oder falsch?

Sei R ein relationales Schema und X ein Schlüssel, dann ist $X \rightarrow R/X$ eine gültige FA.



Die Attribute eines Schlüssels bestimmen alle anderen Attribute funktional!

Sei R ein relationales Schema und $X \rightarrow R/X$ eine gültige FA, dann ist X ein Schlüssel.



Ein Schlüssel darf keine doppelten Werte haben, die linke Seite einer FD aber schon!

Aber: ... oder es gibt keinen Schlüssel!



Funktionale Abhängigkeiten und Schlüssel: Motivation: Normalisierung

16

| <u>Name</u> | <u>Surname</u> | Postcode | City | Mayor |
|-------------|----------------|----------|-----------|----------|
| Thomas | Miller | 14482 | Potsdam | Jakobs |
| Sarah | Miller | 14482 | Potsdam | Jakobs |
| Peter | Smith | 60329 | Frankfurt | Feldmann |
| Jasmine | Cone | 01069 | Dresden | Orosz |
| Thomas | Cone | 14482 | Jakobs | |
| | Moore | 60329 | Frankfurt | Feldmann |

Postcode → City
Postcode → Mayor

| <u>Name</u> | <u>Surname</u> | <u>Postcode</u> |
|-------------|----------------|-----------------|
| Thomas | Miller | 14482 |
| Sarah | Miller | 14482 |
| Peter | Smith | 60329 |
| Jasmine | Cone | 01069 |
| Thomas | Cone | 14482 |
| Mike | Moore | 60329 |

| <u>Postcode</u> | City | Mayor |
|-----------------|-----------|----------|
| 14482 | Potsdam | Jakobs |
| 60329 | Frankfurt | Feldmann |
| 01069 | Dresden | Orosz |

+3

-6

Funktionale Abhängigkeiten und Schlüssel:

Aufgabe 3: Beispiel-Relation

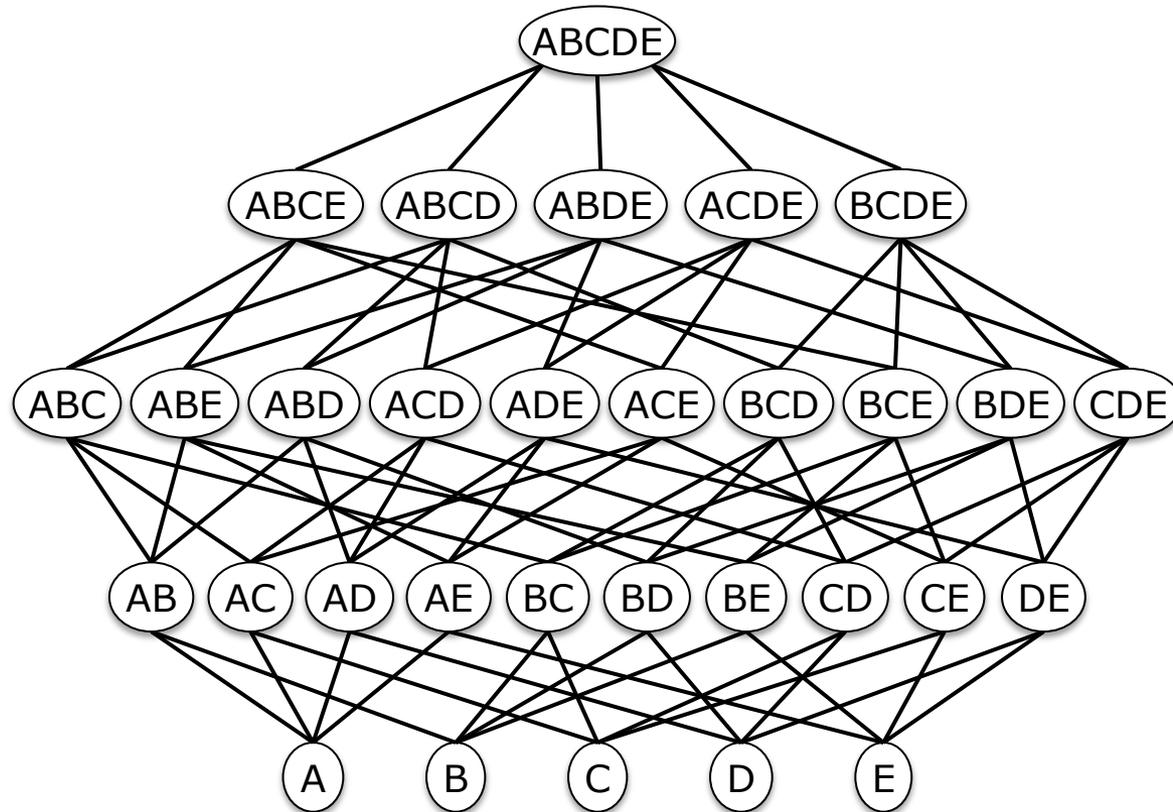
17

Verschiffung (Schiffsname, Schiffstyp, FahrtID, Ladung, Hafen, Ankunftsdatum)

- Welche FAs könnten hier gelten?
 - Schiffsname → Schiffstyp
 - FahrtID → Schiffsname, Ladung
 - Schiffsname, Ankunftsdatum → FahrtID, Hafen
- Was sind mögliche Schlüssel?
 - {Schiffsname, FahrtID}
 - {Schiffsname, Schiffstyp, FahrtID}

Funktionale Abhängigkeiten und Schlüssel: Forschung: FA Suche

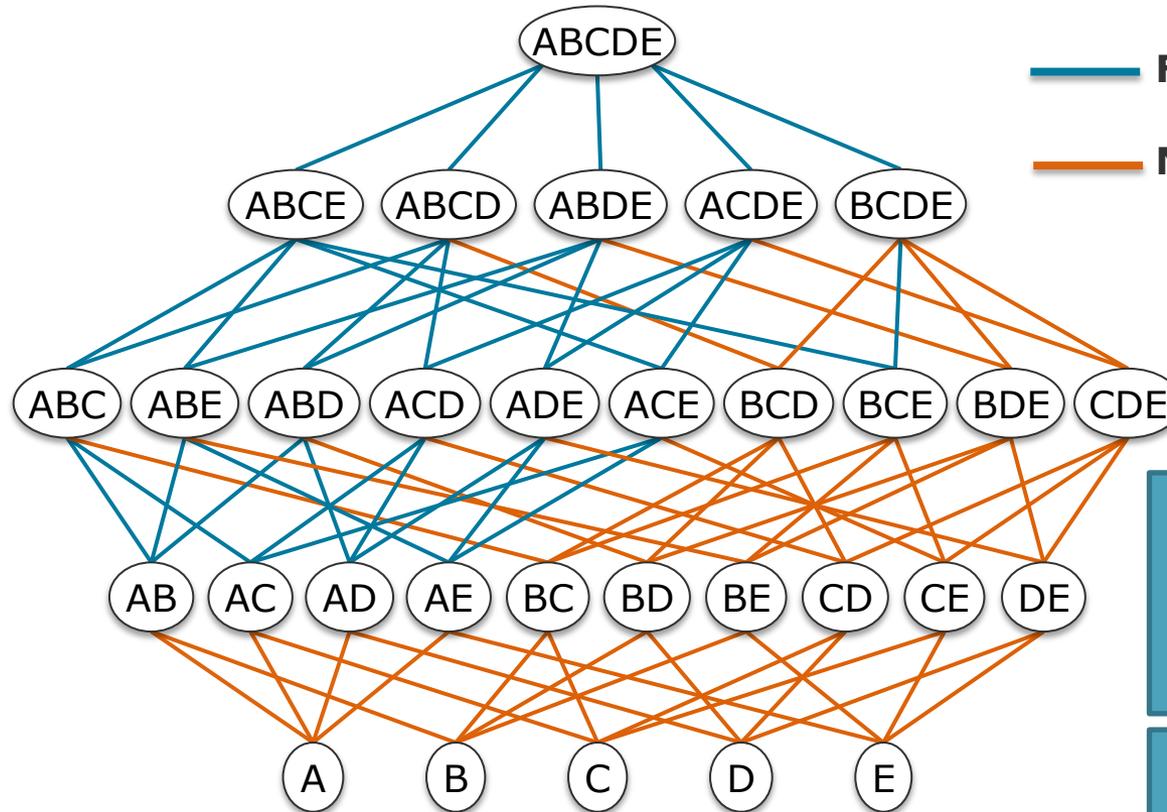
18



Hasse Diagramm

Funktionale Abhängigkeiten und Schlüssel: Forschung: FA Suche

19



Hasse Diagramm

— Functional Dependency
— Non-Functional Dependency

Number of candidates:

$$\sum_{k=1}^n \binom{n}{k} * (n - k)$$

Complexity: $O(2^n \cdot n)$
for n attributes

Example:

10 attr ~ 10,240 checks
30 attr ~ 32,212,254,720 checks

Funktionale Abhängigkeiten und Schlüssel: Hüllenbildung

20

Verschiffung (Schiffsname, Schiffstyp, FahrtID, Ladung, Hafen, Ankunftsdatum)

▪ kurz: $V(N, T, F, L, H, A)$

$N \rightarrow T$
 $F \rightarrow N, L$
 $N, A \rightarrow F, H$

▪ Funktionale Abhängigkeiten:

▪ Gesucht: Alle Schlüssel von V

▪ Vorgehen: Prüfe alle Teilmengen von Attributen ob sie Schlüssel sind

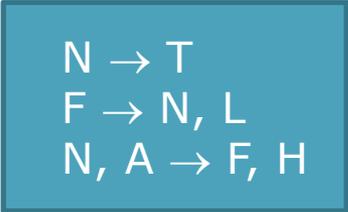
▪ Trick:

- A kommt auf keiner rechten Seite einer FA vor, d.h. A wird von keinem Attribut funktional bestimmt
- A muss in jedem Schlüssel sein!

- Teste alle **einelementigen** Mengen von Attributen auf Schlüsseleigenschaft
 - $\{A\}^+ = \{A\}$
 - kein Schlüssel, da A nicht alle Attribute funktional bestimmt
- Teste alle **zweielementigen** Mengen von Attributen auf Schlüsseleigenschaft
 - Welche Mengen kommen in Frage?
 - $\{A, N\}^+ = \{A, N, F, H, T, L\}$ Schlüssel
 - $\{A, T\}^+ = \{A, T\}$
 - $\{A, F\}^+ = \{A, F, N, L, H, T\}$ Schlüssel
 - $\{A, L\}^+ = \{A, L\}$
 - $\{A, H\}^+ = \{A, H\}$

$N \rightarrow T$
 $F \rightarrow N, L$
 $N, A \rightarrow F, H$

- Teste alle **dreielementigen** Mengen
 - Nebenbedingungen beachten
 - A muss enthalten sein
 - N oder/und F dürfen nicht enthalten sein (warum?)
 - Welche Mengen kommen dann noch in Frage?
 - $\{A, T, H\}^+ = \{A, T, H\}$
 - $\{A, T, L\}^+ = \{A, T, L\}$
 - $\{A, L, H\}^+ = \{A, L, H\}$
- Teste alle **vierelementigen** Mengen
 - Welche Mengen kommen noch in Frage?
 - $\{A, T, L, H\}^+ = \{A, T, L, H\}$
- Es kann keinen Schlüssel mit **5 bzw. 6** Attributen geben!
 - Begründung? (Tipp: Nebenbedingungen beachten)



$N \rightarrow T$
 $F \rightarrow N, L$
 $N, A \rightarrow F, H$

Funktionale Abhängigkeiten und Schlüssel: Aufgabe 4: FAs expandieren

23

- Gegeben: $V (N, T, F, L, H, A)$
- Gesucht: Expandierte FAs
- Vorgehen:
 - *Variante 1*: Immer wieder FAs transitiv erweitern
 - *Variante 2*: Hülle aller Teilmengen von Attributen bilden
 - Kann mit der Schlüsselsuche kombiniert werden!

$N \rightarrow T$
 $F \rightarrow N, L$
 $N, A \rightarrow F, H$

Funktionale Abhängigkeiten und Schlüssel: Lösung 4: FAs expandieren

24

- Gegeben: $V(N, T, F, L, H, A)$

- $\{N\}^+ = \{N, T\} \Rightarrow N \rightarrow T$
- $\{T\}^+ = \{T\}$
- $\{F\}^+ = \{F, N, L, T\} \Rightarrow F \rightarrow N, L, T$
- $\{L\}^+ = \{L\}$
- $\{H\}^+ = \{H\}$
- $\{A\}^+ = \{A\}$
- $\{A, N\}^+ = \{A, N, F, H, T, L\} \Rightarrow N, A \rightarrow F, H, T, L$
- $\{A, T\}^+ = \{A, T\}$
- $\{A, F\}^+ = \{A, F, N, L, H, T\} \Rightarrow A, F \rightarrow N, L, H, T$
- $\{A, L\}^+ = \{A, L\}$
- $\{A, H\}^+ = \{A, H\}$
- ...

$N \rightarrow T$
 $F \rightarrow N, L$
 $N, A \rightarrow F, H$

„Weg durch die Wüste“
Testen aller Kombinationen hat exponentielle Komplexität!
→ Aufwand ist im Dekompositionsalgorithmus geringer, da die Relationen schrittweise kleiner werden

Übersicht: Themen Übung 1

25

1. ER-Diagramm → Relationales Schema



| Film | | | | besitzt | | |
|----------------|------|-------|-------|----------------|------|------------|
| Titel | Jahr | Länge | Typ | Titel | Jahr | studioName |
| Basic Instinct | 1992 | 127 | Farbe | Basic Instinct | 1992 | Fox |
| Total Recall | 1990 | 113 | Farbe | Total Recall | 1990 | Disney |
| Dead Man | 1995 | 121 | s/w | Dead Man | 1995 | Paramount |

| Studio | |
|----------------|-----------------|
| Name | Adresse |
| Basic Instinct | Union-Street 16 |
| Total Recall | Carrowstr. 1 |
| Dead Man | Myway 48 |

2. Funktionale Abhängigkeiten und Schlüssel

| Film | | | | Studio | | besitzt | | |
|----------------|------|-------|-------|----------------|-----------------|----------------|------|------------|
| Titel | Jahr | Länge | Typ | Name | Adresse | Titel | Jahr | studioName |
| Basic Instinct | 1992 | 127 | Farbe | Basic Instinct | Union-Street 16 | Basic Instinct | 1992 | Fox |
| Total Recall | 1990 | 113 | Farbe | Total Recall | Carrowstr. 1 | Total Recall | 1990 | Disney |
| Dead Man | 1995 | 121 | s/w | Dead Man | Myway 48 | Dead Man | 1995 | Paramount |

3. BCNF und Dekomposition

| Film | | | | | |
|----------------|------|-------|-------|------------|--------------|
| Titel | Jahr | Länge | Typ | StudioName | SchauspName |
| Total Recall | 1990 | 113 | Farbe | Fox | Sharon Stone |
| Basic Instinct | 1992 | 127 | Farbe | Disney | Sharon Stone |
| Total Recall | 1990 | 113 | Farbe | Fox | Arnold |
| Dead Man | 1995 | 121 | s/w | Paramount | Johnny Depp |

| Film1 | | | | |
|----------------|------|-------|-------|------------|
| Titel | Jahr | Länge | Typ | StudioName |
| Total Recall | 1990 | 113 | Farbe | Fox |
| Basic Instinct | 1992 | 127 | Farbe | Disney |
| Dead Man | 1995 | 121 | s/w | Paramount |

| Film2 | | |
|----------------|------|--------------|
| Titel | Jahr | SchauspName |
| Total Recall | 1990 | Sharon Stone |
| Basic Instinct | 1992 | Sharon Stone |
| Total Recall | 1990 | Arnold |
| Dead Man | 1995 | Johnny Depp |

Funktionale Abhängigkeiten und Schlüssel:

Aufgabe 1: BCNF Theorie

26

- Gegeben: $V (N, T, F, L, H, A)$

$N \rightarrow T$
 $F \rightarrow N, L$
 $N, A \rightarrow F, H$

- Definition:

R ist in BCNF \Leftrightarrow die linke Seite jeder nicht-trivialen FD ist Schlüssel oder Superschlüssel

- Warum BCNF?

- Redundanz und Anfälligkeit für Inkonsistenzen vermindern
- FDs explizit machen

- Welche FDs verletzen hier die BCNF?

- $N \rightarrow T$ und $F \rightarrow N, L$

Weder $\{N\}$ noch $\{F\}$ sind Schlüssel oder Superschlüssel in der Relation Verschiffung

Funktionale Abhängigkeiten und Schlüssel: Dekomposition zur BCNF

27

- Wiederhole bis BCNF erreicht:

1. Schlüssel bestimmen

$$\{A, N\}^+ = \{A, N, F, H, T, L\}$$

$$\{A, F\}^+ = \{A, F, N, L, H, T\}$$

2. FAs expandieren (verletzende FA)

| | | |
|-------------------------|---------------|-------------------------------|
| $N \rightarrow T$ | \rightarrow | $N \rightarrow T$ |
| $F \rightarrow N, L$ | \rightarrow | $F \rightarrow N, L, T$ |
| $N, A \rightarrow F, H$ | \rightarrow | $N, A \rightarrow F, H, L, T$ |
| | \rightarrow | $A, F \rightarrow N, L, H, T$ |

3. Dekomponieren

- Verletzende FA identifizieren
- Relation an verletzender FA trennen

$N \rightarrow T$
 $F \rightarrow N, L$
 $N, A \rightarrow F, H$

Einen dieser beiden Schlüssel als Primärschlüssel wählen!

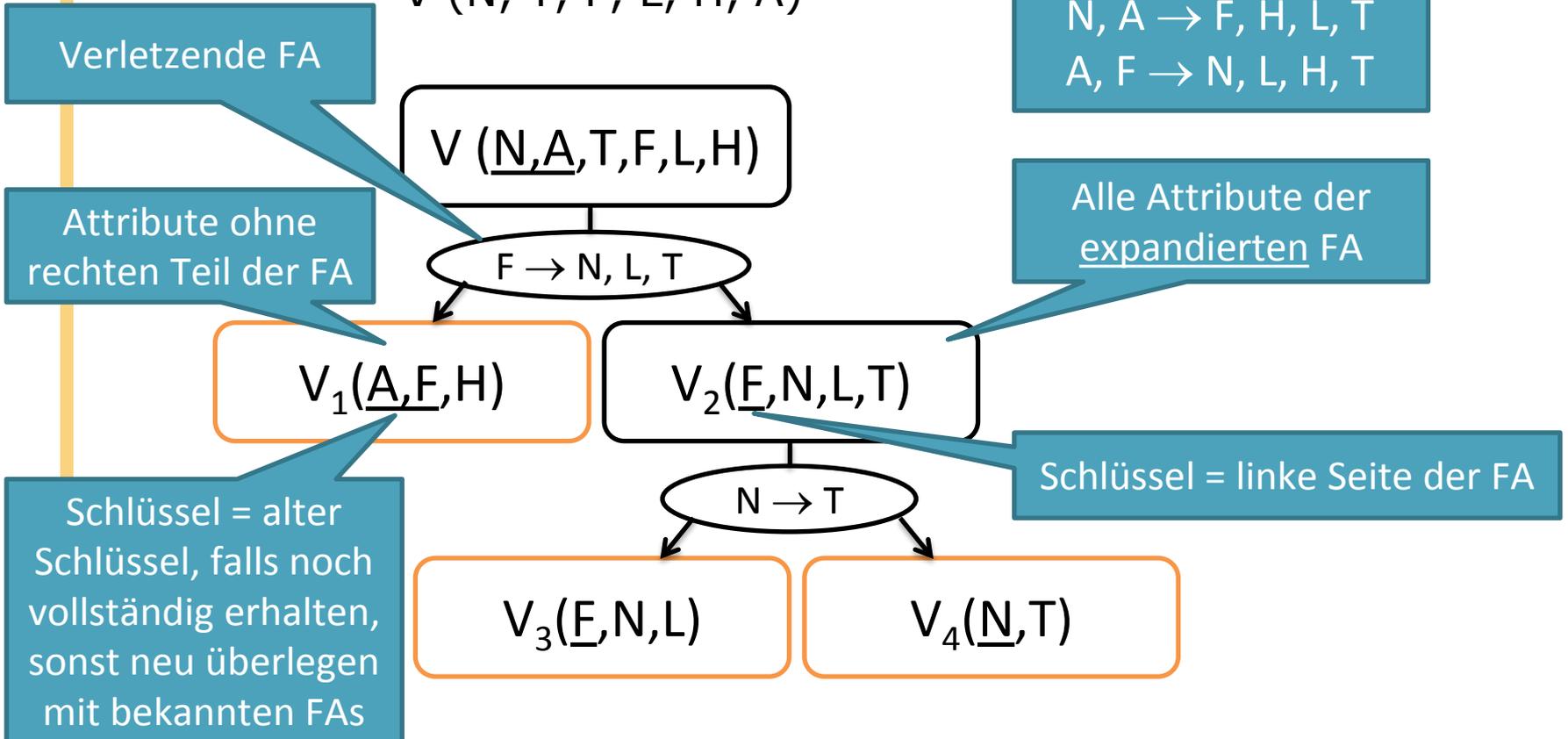
Es reicht, nur die verletzende FA zu expandieren!
Falls man diese nicht sofort findet, müssen alle FAs so lange expandiert und geprüft werden, bis man sicher ist, dass keine verletzende FA mehr existiert!

Funktionale Abhängigkeiten und Schlüssel: Dekomposition zur BCNF

28

- Dekomponieren:

$V(N, T, F, L, H, A)$

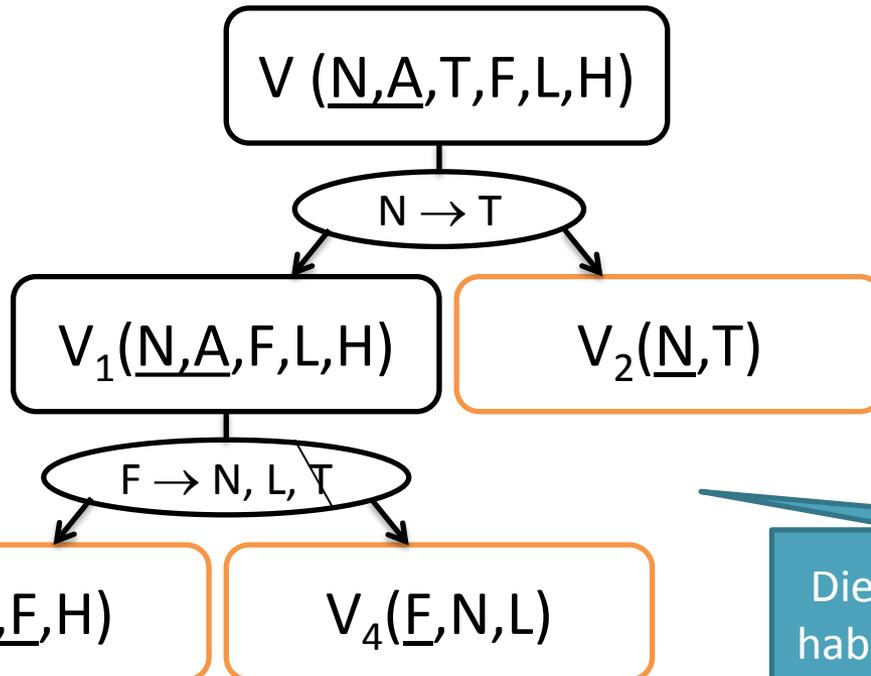


Funktionale Abhängigkeiten und Schlüssel: Dekomposition zur BCNF

29

- Dekomponieren:

$V(N, T, F, L, H, A)$



$N \rightarrow T$
 $F \rightarrow N, L, T$
 $N, A \rightarrow F, H, L, T$
 $A, F \rightarrow N, L, H, T$

Die beiden Dekompositionsreihenfolgen haben hier zufällig dasselbe Ergebnis. Das ist aber nicht immer so!

Funktionale Abhängigkeiten und Schlüssel: Dekomposition zur BCNF

30

- Dekomponieren:

$V(N, T, F, L, H, A)$

$N \rightarrow T$
 $F \rightarrow N, L, T$
 $N, A \rightarrow F, H, L, T$
 $A, F \rightarrow N, L, H, T$

- Ergebnis:

$V_1(\underline{A}, F, H)$ $V_2(\underline{N}, T)$ $V_3(\underline{E}, N, L)$

Name? (Schiffsname, Schiffstyp)

- Schiff (Schiffsname, Schiffstyp)

Name? (FahrtID, Schiffsname, Ladung)

- Fahrt (FahrtID, Schiffsname, Ladung)

Name? (FahrtID, Ankunftsdatum, Hafen)

- FahrtStationen (FahrtID, Ankunftsdatum, Hafen)

Funktionale Abhängigkeiten und Schlüssel:

Aufgabe 2: Schlüssel & BCNF

31

Gegeben:

- $R(A, B, C, D)$
 - $A, B \rightarrow C$
 - $C \rightarrow D$
 - $D \rightarrow A$

Gesucht:

1. Schlüssel
2. Expandierte FAs
3. BCNF

$\{A,B\}, \{B,C\}, \{B,D\}$

Immer wieder Regeln anwenden:

$A, B \rightarrow C, D$

$C \rightarrow D, A$

$D \rightarrow A$

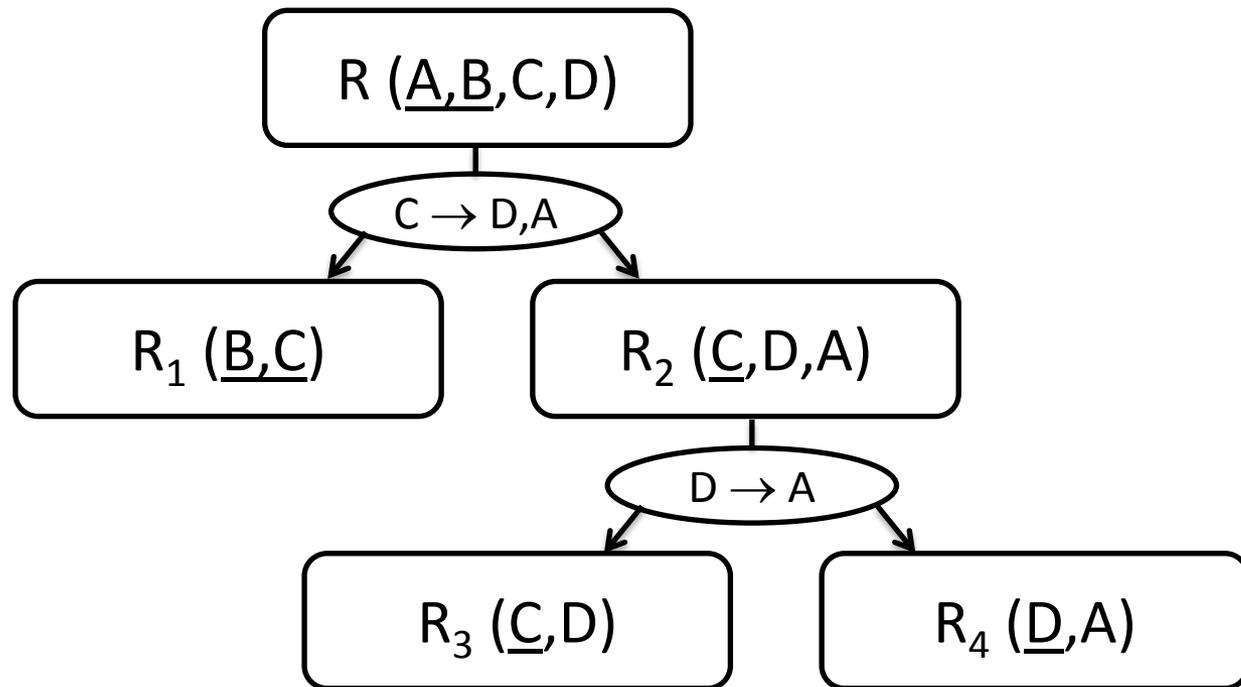
$R_1(\underline{B}, C)$

$R_2(\underline{C}, D)$

$R_3(\underline{D}, A)$

Funktionale Abhängigkeiten und Schlüssel: Lösung 2: Schlüssel & BCNF

32

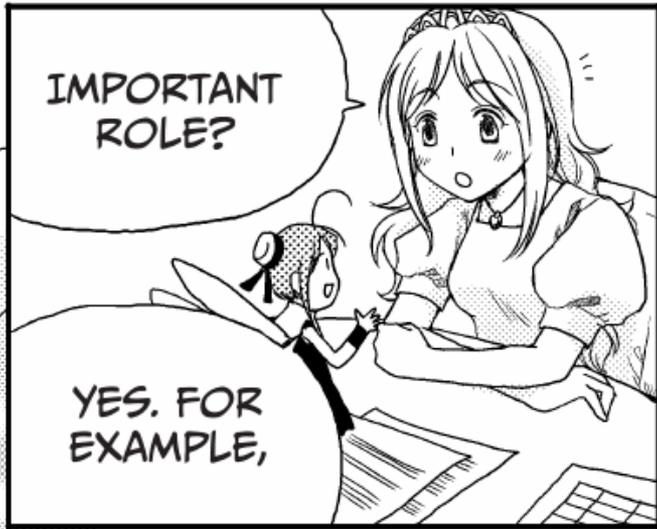


A large illustration of a girl with short hair, wearing a black dress and a headband. She is holding a large key-shaped wand with a circular ring at the top and a ribbon tied around the handle. The background is a light, textured pattern.

IN ADDITION,
A FIELD IS
SOMETIMES GIVEN
AN IMPORTANT
ROLE IN THE
DATABASE.

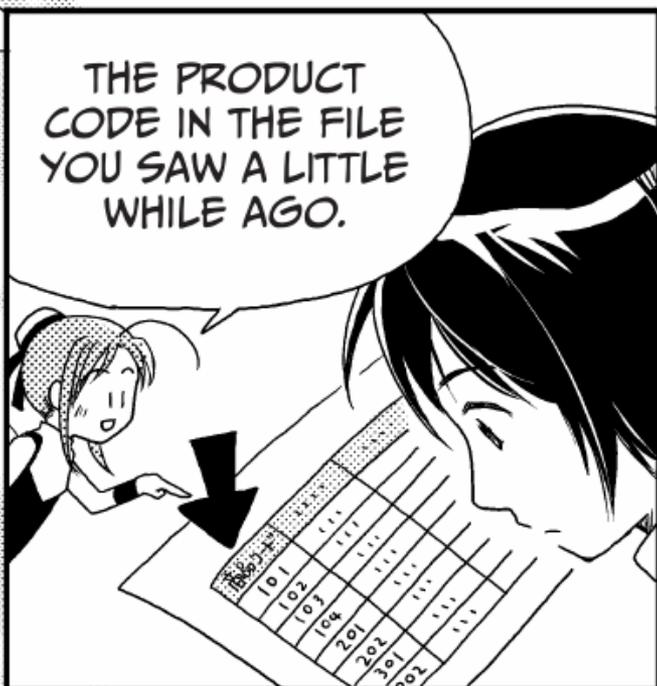
THIS SPECIAL FIELD
IS CALLED A KEY.

Key

A girl with long hair and a tiara is sitting at a desk, looking surprised. A smaller girl with a headband is standing next to her, pointing at a document on the desk.

IMPORTANT
ROLE?

YES. FOR
EXAMPLE,

A girl with long hair is pointing to a table on a desk. A larger girl with short hair is looking at the table. A large black arrow points to a specific cell in the table.

THE PRODUCT
CODE IN THE FILE
YOU SAW A LITTLE
WHILE AGO.

| | | |
|-----|-----|-----|
| 101 | ... | ... |
| 102 | ... | ... |
| 103 | ... | ... |
| 201 | ... | ... |
| 202 | ... | ... |
| 201 | ... | ... |
| 202 | ... | ... |