

Informatik II

Vorlesung am D-BAUG der ETH Zürich

Vorlesung 11, 2017

Datenbanksysteme: Das Entity Relationship (ER) Modell,
das Relationale Modell und SQL.

Literatur

Literatur: Kemper, Eickler: Datenbanksysteme: Eine Einführung.
Oldenbourg Verlag, 9. Auflage, 2013.

Quellen: Basismaterial wurde von Prof. Donald Kossmann & Martin Kaufmann freundlicherweise zur Verfügung gestellt. Weitere Quelle: Folien zu *Datenbanksysteme: Eine Einführung*, Lehrstuhl III Datenbanksysteme, Prof. Kemper, TU München

2

Ziele

Nutzen von Datenbanksystemen verstehen,
Modellierungskennntnisse

- ER Modell (Modellierung der Weltsicht)
- Relationales Modell (Modellierung für die DB)

Datenbanksystem anwenden

- SQL

3

Datenbankverwaltungssysteme

- Ein Datenbankverwaltungssystem (DBMS) ist ein Werkzeug zur Erstellung und Ausführung datenintensiver Anwendungen
- grosse Datenmengen
- grosse Datenströme



4

Typische Anwendungen

- **Bank**
z.B. Konten / „Geldtransfer“
- **Bibliothek**
z.B. Bücher / „Ausleihen“
- **Facebook, Twitter, ...**
z.B. Freunde, „Sende Tweet“
- **Geoinformationssysteme**
z.B. Topographische Information, "Erzeuge Karte"
- "Alles, was Sie mit einer Tabelle machen wollen, mit Excel nicht erledigen können und nicht selbst programmieren möchten".

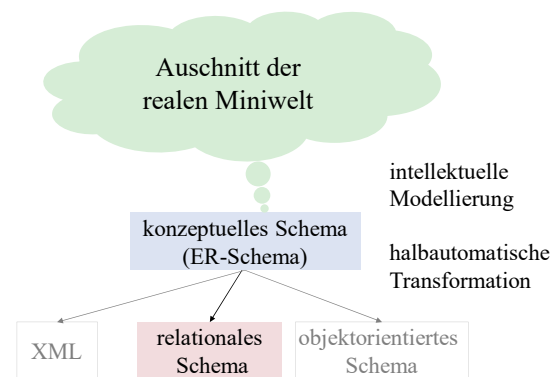
5

Wozu Datenbanksysteme?

- Vermeide Redundanz und Inkonsistenz
- Deklarativer Zugriff auf die Daten und Unabhängigkeit von der Implementation (physische Datenunabhängigkeit)
- Synchronisiere gleichzeitigen Datenzugriff
- Sicherheit, Vertraulichkeit
- **Minimiere Kosten und Aufwand**
Ähnliche Funktionalität selbst zu implementieren würde Jahre in Anspruch nehmen

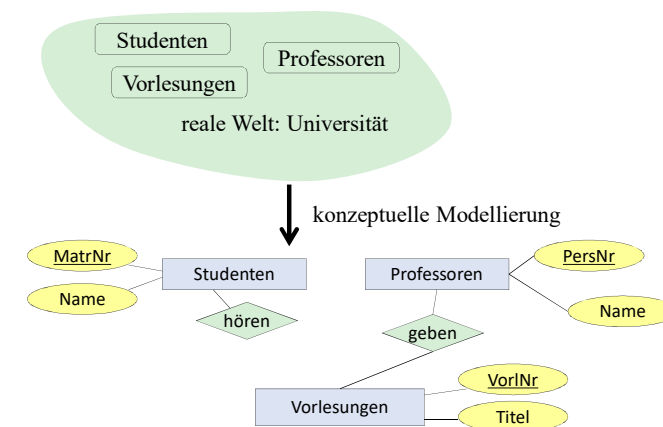
6

Datenmodellierung



7

1. Teil heutige Vorlesung: Modellierung (ER-Modell)



8

2. Teil heutige Vorlesung: Relationales Datenmodell

Studenten		hören		Vorlesungen	
Legi	Name	Legi	VorlNr	VorlNr	Titel
26120	Fichte	25403	5022	5001	Grundzüge
25403	Jonas	26120	5001	5022	Glaube und Wissen
...

```

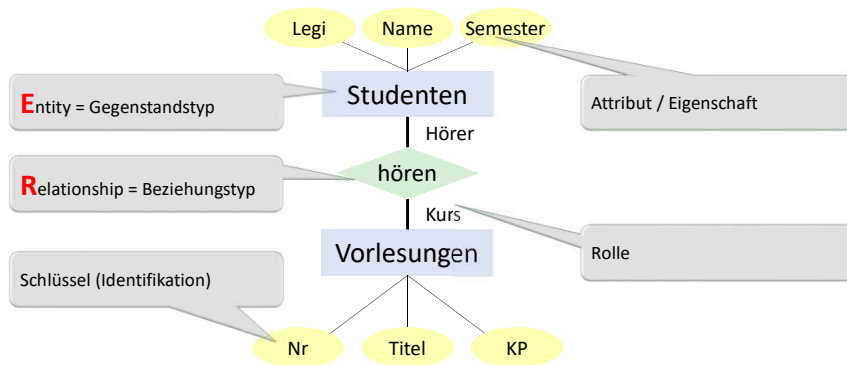
select Name
from Studenten, hören, Vorlesungen
where Studenten.Legi= hören.Legi and
       hören.VorlNr= Vorlesungen.VorlNr and
       Vorlesungen.Titel = 'Grundzüge';

update Vorlesungen
set Title = 'Grundzüge der Logik'
where VorlNr = 5001;
    
```

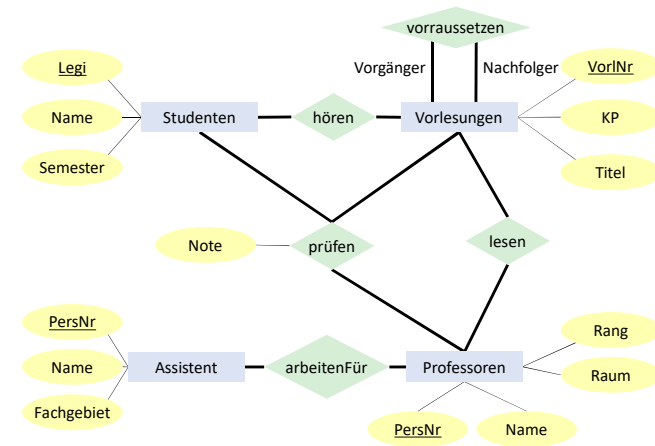
$\pi_{name} (studenten \bowtie hören \bowtie vorlesungen)$

Entity Relationship Modell

Entity/Relationship (ER) Modell



Modell einer Universität



... in natürlicher Sprache

- Studenten haben LegiNr, Name und Semester. Die LegiNr identifiziert einen Studenten eindeutig.
- Vorlesungen haben eine VorlNr, Kreditpunkte und einen Titel. VorlNr identifiziert eine Vorlesung eindeutig.
- Professoren haben PersNr, Name, Rang und Raum. PersNr identifiziert einen Professor eindeutig.
- Assistenten haben PersNr, Name und Fachgebiet. PersNr identifiziert einen Assistenten eindeutig.
- Studenten hören Vorlesungen
- Vorlesungen können Voraussetzung für andere Vorlesungen sein.
- Professoren lesen Vorlesungen.
- Assistenten arbeiten für Professoren
- Studenten werden von Professoren über Vorlesungen geprüft. Studenten erhalten Noten als Teil dieser Prüfungen.
- **Ist das die einzig mögliche Interpretation?**
- **Nein: zu einem ER-Model gehört immer noch Dokumentation und/oder gesunder Menschenverstand**

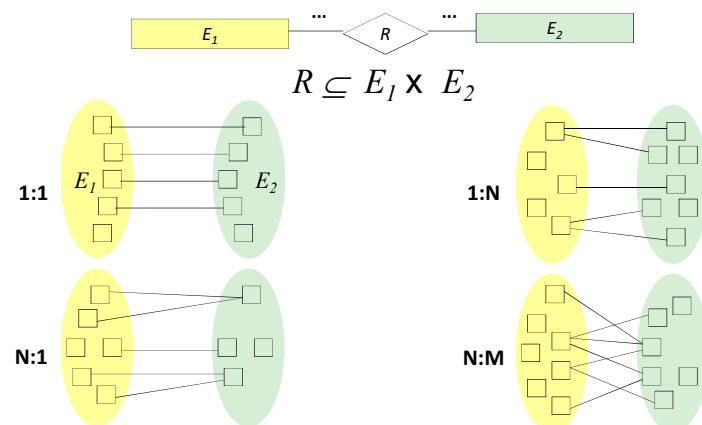
13

Warum ER?

- **Vorteile**
 - ER Diagramme sind einfach zu erstellen und editieren
 - ER Diagramme sind aufgrund der grafischen Darstellung einfach zu verstehen (vom Laien)
 - ER Diagramme beschreiben alle Informationsanforderungen
- **Allgemeines**
 - Viele Tools verfügbar
 - Kontroverse, ob ER/UML in der Praxis von Nutzen ist
 - Keine Kontroverse, dass jeder ER/UML lernen sollte

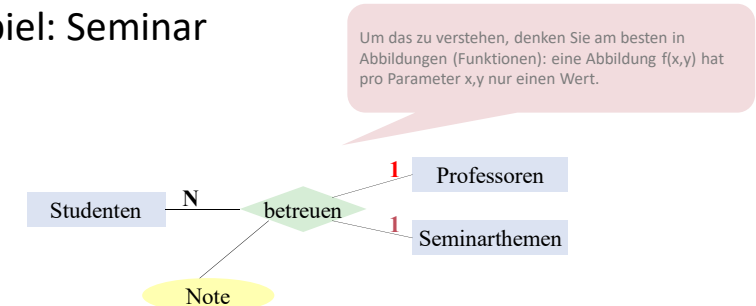
14

Funktionalitätsangaben



15

Beispiel: Seminar



betreuen: Professoren \times Studenten \rightarrow Seminarthemen

betreuen: Seminarthemen \times Studenten \rightarrow Professoren

16

Konsistenzbedingungen des Seminar

Einschränkungen

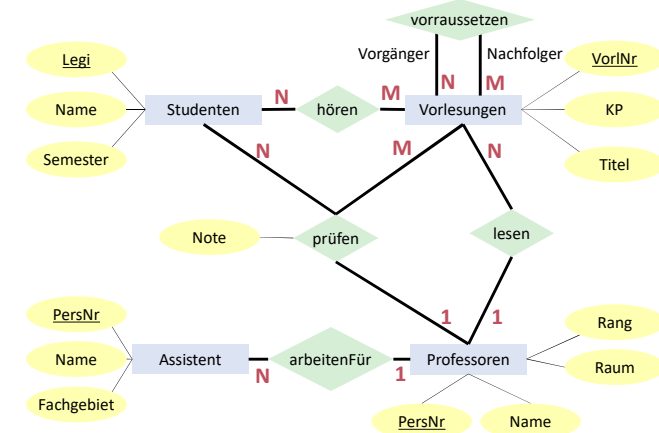
1. Studenten dürfen bei einem Professor nur ein Seminarthema bearbeiten
2. Studenten können dasselbe Seminarthema nur einmal bearbeiten

Möglichkeiten

1. Professoren können das Seminarthema für andere Studenten wiederverwenden
2. Dasselbe Thema kann von verschiedenen Professoren verwendet werden

17

Universität mit Funktionalitäten



18

Daumenregeln

Wann Attribut, wann Entität?

- Entität, wenn das Konzept mehr als eine Beziehung hat
- Attribut, wenn das Konzept nur eine 1:1 Beziehung hat

Partitionierung von ER-Modellen

- Realistische Modelle sind grösser als eine Seite
- Nach Bereichen / Organisationseinheiten partitionieren
- Kein gutes automatisches Graphenpartitionierungstool bekannt

Tipps

- Keine Redundanz modellieren
- Je weniger Entitäten desto besser

19

ER Modellierung: Zusammenfassung

ER beschreibt eine Miniwelt

- Das "was" und die Regeln
- ER ist statisch. Es beschreibt keine Übergänge

Nützlich zum Erstellen von Software zur Beantwortung von (An)fragen über die Miniwelt

- es folgt nun: ER-Modell → relationales Modell

Ähnliche Modellierungsmöglichkeiten bietet **UML** (mehr auf OOP zugeschnitten)

Auch andere graphische Darstellungen des ER Modells gebräuchlich, z.B.

"Krähfußnotation" optisch näher bei UML

20

Relationales Modell

Die Welt in Tabellen

21

Relationales Modell, Formalismus

- **Relation** R

- $R \subseteq D_1 \times \dots \times D_n$
- D_1, D_2, \dots, D_n sind Domänen

Beispiel: $\text{Telefonbuch} \subseteq \text{string} \times \text{string} \times \text{integer}$

- **Tupel:** $t \in R$

Beispiel: $t = (\text{„Mickey Mouse“}, \text{„Main Street“}, 4711)$

- **Relationenschemata** werden wie folgt beschrieben

$\text{Telefonbuch}: \{\{\text{Name}: \text{string}, \text{Strasse}: \text{string}, \underline{\text{Telefon#}}: \text{integer}\}\}$

{...} deuten an, dass ein Schema eine Menge von Tupeln [] ist

Name des Attributes

Typ des Attributes

22

Relationales Modell

Telefonbuch		
Name	Strasse	Telefon#
Mickey Mouse	Main Street	4711
Minnie Mouse	Broadway	94725
Donald Duck	Broadway	95672
...

Ausprägung: Zustand der Datenbank

Schlüssel: minimale Menge von Attributen, welche ein Tupel eindeutig identifizieren
z.B. {Telefon#} oder {Name, Geburtstag}

Primärschlüssel (durch Unterstreichung hervorgehoben): Ausgewählter Schlüssel, welcher üblicherweise zur Identifikation eines Tupels in einer Relation verwendet wird.

23

Regel #1: Darstellung von Entities

Studenten:

$\{\{\underline{\text{Legi}}: \text{integer}, \text{Name}: \text{string}, \text{Semester}: \text{integer}\}\}$

Vorlesungen:

$\{\{\underline{\text{VorlNr}}: \text{integer}, \text{Titel}: \text{string}, \text{KP}: \text{integer}\}\}$

Professoren:

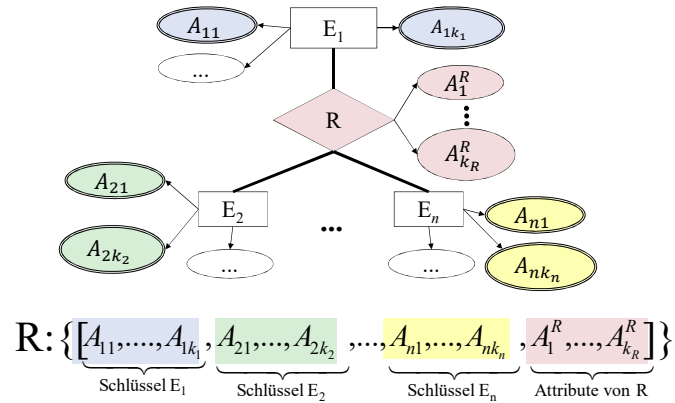
$\{\{\underline{\text{PersNr}}: \text{integer}, \text{Name}: \text{string}, \text{Rang}: \text{string}, \text{Raum}: \text{integer}\}\}$

Assistenten:

$\{\{\underline{\text{PersNr}}: \text{integer}, \text{Name}: \text{string}, \text{Fachgebiet}: \text{string}\}\}$

24

Regel #2: Darstellung von Beziehungen



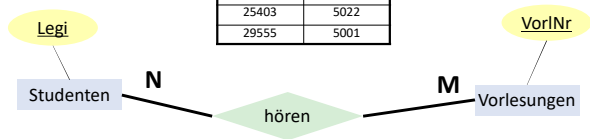
Darstellung von Beziehungen

- hören:**
 $\{[Legi: integer, VorlNr: integer] \}$
- lesen :**
 $\{[PersNr: integer, VorlNr: integer] \}$
- arbeitenFür :**
 $\{[AssiPersNr: integer, ProfPersNr: integer] \}$
- voraussetzen:**
 $\{[Vorgänger: integer, Nachfolger: integer] \}$
- prüfen :**
 $\{[Legi: integer, VorlNr: integer, PersNr: integer, Note: decimal] \}$

Fremdschlüssel, identifizieren
Tupel aus anderen Entitäten

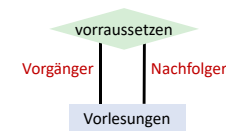
Ausprägung von hören

Studenten		hören		Vorlesungen	
Legi	...	Legi	VorlNr	VorlNr	...
26120	...	26120	5001	5001	...
27550	...	27550	5001	4052	...
27550	...	27550	4052	4052	...
...	...	28106	5041
		28106	5052		
		28106	5216		
		28106	5259		
		29120	5001		
		29120	5041		
		29120	5049		
		29555	5022		
		25403	5022		
		29555	5001		

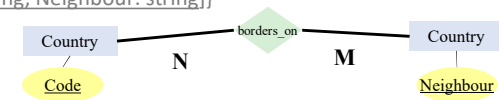


Zur Regel #2: Benennung der Attribute?

- Spezifiziert das ER-Modell **Rollen**, dann
 - nimm den Namen der jeweiligen Rolle
 $voraussetzen: \{[Vorgänger: string, Nachfolger: string] \}$



- andernfalls
 - benutze die Namen der Schlüsselattribute der Entitäten
 - bei Mehrdeutigkeit erfinde aussagekräftigen Namen
 $borders_on: \{[Code: string, Neighbour: string] \}$



Regel #3: Zusammenfassung von Relationen

Vorlesungen : {{VorlNr, Title, CP}}
Professoren: {{PersNr, Name, Level, Room}}
lesen: {{VorlNr, PersNr}}

Fasse (nur) Relationen mit **gleichem Schlüssel** zusammen
 (also auch nur (N:1), (1:N) oder (1:1) Beziehungen)

Zusammenfassen:

Vorlesungen : {{VorlNr, Title, CP, **gelesenVon**}}
Professoren : {{PersNr, Name, Level, Room}}



Ausprägung von Professoren und Vorlesungen

Professoren				Vorlesungen			
PersNr	Name	Rang	Raum	VorlNr	Titel	KP	gelesenVon
2125	Sokrates	FP	226	5001	Grundzüge	4	2137
2126	Russel	FP	232	5041	Ethik	4	2125
2127	Kopernikus	AP	310	5043	Erkenntnistheorie	3	2126
2133	Popper	AP	52	5049	Mäeutik	2	2125
2134	Augustinus	AP	309	4052	Logik	4	2125
2136	Curie	FP	36	5052	Wissenschaftstheorie	3	2126
2137	Kant	FP	7	5216	Bioethik	2	2126
				5259	Der Wiener Kreis	2	2133
				5022	Glaube und Wissen	2	2134
				4630	Die 3 Kritiken	4	2137



Das funktioniert **NICHT**

Professoren					Vorlesungen		
PersNr	Name	Rang	Raum	liest	VorlNr	Titel	KP
2125	Sokrates	FP	226	5041	5001	Grundzüge	4
2125	Sokrates	FP	226	5049	5041	Ethik	4
2125	Sokrates	FP	226	4052	5043	Erkenntnistheorie	3
...	5049	Mäeutik	2
2134	Augustinus	AP	309	5022	4052	Logik	4
2136	Curie	FP	36				3
							2
							2
							2
							4

Problem: Redundanz und Anomalien
 PersNr ist kein gültiger Schlüssel für Professoren mehr



Relationales Modell der Uni-DB

Professoren				Studenten			Vorlesungen				hören	
PersNr	Name	Rang	Raum	Legi	Name	Semester	VorlNr	Titel	KP	gelesenVon	Legi	VorlNr
2125	Sokrates	FP	226	24002	Xenokrates	18	5001	Grundzüge	4	2137	26120	5001
2126	Russel	FP	232	25403	Jonas	12	5041	Ethik	4	2125	27550	5001
2127	Kopernikus	AP	310	26120	Fichte	10	5043	Erkenntnistheorie	3	2126	27550	4052
2133	Popper	AP	52	26830	Aristoxenos	8	5049	Mäeutik	2	2125	28106	5041
2134	Augustinus	AP	309	27550	Schopenhauer	6	4052	Logik	4	2125	28106	5052
2136	Curie	FP	36	28106	Carnap	3	5052	Wissenschaftstheorie	3	2126	28106	5216
2137	Kant	FP	7	29120	Theophrastos	2	5216	Bioethik	2	2126	28106	5259
				29555	Feuerbach	2	5259	Der Wiener Kreis	2	2133	29120	5001
							5002	Glaube und Wissen	2	2134	29120	5041
								Die 3 Kritiken	4	2137	29120	5049
											29555	5022

Assistenten				voraussetzen	
PerslNr	Name	Fachgebiet	Boss	Vorgänger	Nachfolger
3002	Platon	Ideenlehre	2125	5001	5041
3003	Aristoteles	Syllogistik	2125	5001	5043
3004	Wittgenstein	Sprachtheorie	2126	5001	5049
3005	Rhetikus	Planetenbewegung	2127	5041	5216
3006	Newton	Keplersche Gesetze	2127	5043	5052
3007	Spinoza	Gott und Natur	2126	5041	5052
				5052	5259

prüfen			
Legi	Nr	PersNr	Note
28106	5001	2126	1
25403	5041	2125	2
27550	4630	2137	2

Die Relationale Algebra und SQL

33

Die relationale Algebra

- σ Selektion
- π Projektion
- \times kartesisches Produkt
- \bowtie Join (Verbund)
- ρ Umbenennung

- \cup Vereinigung
 - $-$ Mengendifferenz
 - \div Division
 - \cap Durchschnitt
 - F Semi-Join (links)
 - E Semi-Join (rechts)
 - C linker äusserer Join
 - D rechter äusserer Join
- werden wir nicht diskutieren

34

SQL (Structured Query Language)

Nachfolger von
Sequel = Structured English Query Language

Familie von Standards

- Anfrage- (Query)-Sprache – Anfragen
- Datendefinitionssprache (DDL) – Schemas
- Datenmanipulationssprache (DML) – Updates

SQL implementiert die Relationale Algebra

35

Selektion σ

Auswahl von Tupeln (**Zeilen**) der Relation (Tabelle), so dass das **Selektionsprädikat** jeweils erfüllt ist.

$\sigma_{\text{Semester} > 10}$ (Studenten)		
Legi	Name	Semester
24002	Xenokrates	18
25403	Jonas	12

36

SQL: Anzeigen einer existierenden Tabelle

SELECT * FROM Tabellename

gibt den Inhalt einer Tabelle (Relation) aus

SELECT * FROM Professoren

PersNr	Name	Rang	Raum
2125	Sokrates	FP	226
2126	Russel	FP	232
2127	Kopernikus	AP	310
2133	Popper	AP	52
2134	Augustinus	AP	309
2136	Curie	FP	36
2137	Kant	FP	7

5/19/2017

37

SQL Selektion

SELECT * FROM Tabellen WHERE Selektionsprädikat
entspricht der Selektion σ

SELECT * FROM country WHERE SurfaceArea < 10

Code	Name	Continent	Region	SurfaceArea	IndepYear	Population	LifeExpectancy	GNP	GNPOld	LocalName	GovernmentForm
GIB	Gibraltar	Europe	Southern Europe	6.00	NULL	25000	79.0	258.00	NULL	Gibraltar	Dependent Territory of the UK
MCO	Monaco	Europe	Western Europe	1.50	1861	34000	78.8	776.00	NULL	Monaco	Constitutional Monarchy
VAT	Holy See (Vatican City State)	Europe	Southern Europe	0.40	1929	1000	NULL	9.00	NULL	Santa Sede/Città del Vaticano	Independent Church State

$\sigma_{\text{SurfaceArea} < (\text{country})}$

5/19/2017

38

Projektion π

Extraktion von Attributen (Spalten) der Relation (Tabelle)

$\pi_{\text{Rang}}(\text{Professoren})$
Level
FP
AP

39


Einfaches SQL Statement

SELECT Spaltennamen FROM Tabellennamen

entspricht der Projektion π ohne Duplikatelimination:

SELECT Rang FROM Professoren

PersNr	Name	Rang	Raum
2125	Sokrates	FP	226
2126	Russel	FP	232
2127	Kopernikus	AP	310
2133	Popper	AP	52
2134	Augustinus	AP	309
2136	Curie	FP	36
2137	Kant	FP	7



Rang
FP
FP
AP
AP
AP
FP
FP

5/19/2017

40

Projektion

`SELECT DISTINCT Spaltennamen FROM Tabellennamen`
entspricht der Projektion π :

`SELECT DISTINCT Rang FROM Professoren`

PersNr	Name	Rang	Raum
2125	Sokrates	FP	226
2126	Russel	FP	232
2127	Kopernikus	AP	310
2133	Popper	AP	52
2134	Augustinus	AP	309
2136	Curie	FP	36
2137	Kant	FP	7



Rang
FP
AP

$\pi_{\text{Rang}}(\text{Professoren})$

5/19/2017

41

Projektion

Anderes Beispiel

`SELECT Name, Population, SurfaceArea FROM country`

Name	Population	SurfaceArea
Aruba	103000	193.00
Afghanistan	22720000	652090.00
Angola	12878000	1246700.00
Anguilla	8000	96.00
Albania	3401200	28748.00
Andorra	78000	468.00
Niederlande Antillen	217000	800.00

$\pi_{\text{Name,Population,SurfaceArea}}(\text{country})$

5/19/2017

42

Selektion und Projektion

`SELECT Spalten FROM Tabellen WHERE Selektionsprädikat`
entspricht der Projektion auf das Ergebnis der Selektion

`SELECT Name, Population FROM country WHERE SurfaceArea < 10`

Name	Population
Gibraltar	25000
Monaco	34000
Holy See (Vatican City State)	1000

$\pi_{\text{Name,Population}}(\sigma_{\text{SurfaceArea} < 10}(\text{country}))$

5/19/2017

43

Kartesisches Produkt \times

- enthält alle $|L| \cdot |R|$ mögliche Paare von Tupeln aus L und R

L			R		L \times R				
A	B	C	D	E	L			R	
a ₁	b ₁	c ₁	d ₁	e ₁	A	B	C	D	E
a ₂	b ₂	c ₂	d ₂	e ₂	a ₁	b ₁	c ₁	d ₁	e ₁
					a ₁	b ₁	c ₁	d ₂	e ₂
					a ₂	b ₂	c ₂	d ₁	e ₁
					a ₂	b ₂	c ₂	d ₂	e ₂

44

Kartesisches Produkt

Professoren × hören					
Professoren				hören	
PersNr	Name	Rang	Raum	Legi	Nr
2125	Sokrates	FP	226	26120	5001
...
2125	Sokrates	FP	226	29555	5001
...
2137	Kant	FP	7	29555	5001

Riesiges Ergebnis ($|Professoren| \cdot |hören|$)

Wird meist in Verbindung mit Selektion eingesetzt
 → Vermeidung riesiger Zwischenergebnisse durch Einführung eines separaten Operators (Join)

45

Kartesisches Produkt

SELECT ... FROM *Tabelle1*, *Tabelle2* ...

entspricht dem kartesischen Produkt $Tabelle1 \times Tabelle2$

SELECT * FROM studenten, hören

Legi	Name	Semester	Legi	VorNr
24002	Xenokrates	18	26120	5001
25403	Jonas	12	26120	5001
26120	Fichte	10	26120	5001
26830	Aristoxenos	8	26120	5001
27550	Schopenhauer	6	26120	5001
28106	Carnap	3	26120	5001
29120	Theophrastos	2	26120	5001
29555	Feuerbach	2	26120	5001
4711	Unbekannter	NULL	26120	5001
24002	Xenokrates	18	27550	5001
25403	Jonas	12	27550	5001
26120	Fichte	10	27550	5001

studenten × hören

5/19/2017

46

Umbenennung ρ

Umbenennung von Relationen

Ermittlung indirekter Vorgänger 2. Stufe der Vorlesung 5216

$$\Pi_{V1. \text{Vorgänger}}(\sigma_{V2. \text{Nachfolger}=5216 \wedge V1. \text{Nachfolger} = V2. \text{Vorgänger}}(\rho_{V1}(\text{voraussetzen}) \times \rho_{V2}(\text{voraussetzen})))$$

Umbenennung von Attributen

$$\rho_{\text{Voraussetzung} \leftarrow \text{Vorgänger}}(\text{voraussetzen})$$

47

Umbenennung von Attributen

SELECT ... *Name as NeuerName* ... FROM *Tabellen* ...

entspricht der Umbenennung ρ .

SELECT Titel, *gelesenVon as Dozent* FROM Vorlesungen

VorNr	Titel	KP	gelesenVon
5001	Grundzuege	4	2137
5041	Ethik	4	2125
5043	Erkenntnistheorie	3	2126
5049	Maeeutik	2	2125
4052	Logik	4	2125
5052	Wissenschaftstheorie	3	2126
5148	Biologie	2	2126



Titel	Dozent
Grundzuege	2137
Ethik	2125
Erkenntnistheorie	2126
Maeeutik	2125
Logik	2125
Wissenschaftstheorie	2126
Biologie	2126

$$\pi_{\text{Titel}, \text{Dozent}}(\rho_{\text{gelesenVon} \leftarrow \text{Dozent}}(\text{Vorlesungen}))$$

48

Umbenennung von Tabellen

SELECT ... FROM *Tabellenname Alias* ...
entspricht der Umbenennung ρ .

SELECT v.Titel FROM Vorlesungen v

VorNr	Titel	KP	gelesenVon
5001	Grundzuege	4	2137
5041	Ethik	4	2125
5043	Erkenntnistheorie	3	2126
5049	Maeeutik	2	2125
4052	Logik	4	2125
5052	Wissenschaftstheorie	3	2126



wozu?
→ kommt gleich!

Titel
Grundzuege
Ethik
Erkenntnistheorie
Maeeutik
Logik
Wissenschaftstheorie

$\pi_{\text{Titel}}(\rho_v(\text{Vorlesungen}))$

Kartesisches Produkt plus Selektion

SELECT * FROM studenten, hören
WHERE studenten.Legi = hören.Legi

Legi	Name	Semester	Legi	VorNr
25403	Jonas	12	25403	5022
26120	Fichte	10	26120	5001
27550	Schopenhauer	6	27550	4052
27550	Schopenhauer	6	27550	5001
28106	Carnap	3	28106	5041
28106	Carnap	3	28106	5052
28106	Carnap	3	28106	5216
28106	Carnap	3	28106	5259
29120	Theophrastos	2	29120	5001
29120	Theophrastos	2	29120	5041
29120	Theophrastos	2	29120	5049
29555	Feuerbach	2	29555	5001
29555	Feuerbach	2	29555	5022

$\sigma_{\text{studenten.Legi} = \text{hören.Legi}}(\text{studenten} \times \text{hören})$

Etwas kürzer mit Umbenennung

SELECT * FROM studenten s, hören h
WHERE s.Legi = h.Legi

Legi	Name	Semester	Legi	VorNr
25403	Jonas	12	25403	5022
26120	Fichte	10	26120	5001
27550	Schopenhauer	6	27550	4052
27550	Schopenhauer	6	27550	5001
28106	Carnap	3	28106	5041
28106	Carnap	3	28106	5052
28106	Carnap	3	28106	5216
28106	Carnap	3	28106	5259
29120	Theophrastos	2	29120	5001
29120	Theophrastos	2	29120	5041
29120	Theophrastos	2	29120	5049
29555	Feuerbach	2	29555	5001
29555	Feuerbach	2	29555	5022

$\sigma_{s.Legi = h.Legi}(\rho_s(\text{studenten}) \times \rho_h(\text{hören}))$

Der natürliche Verbund (Join) \bowtie

Gegeben Relationen: $R(A_1, \dots, A_m, B_1, \dots, B_k)$
 $S(B_1, \dots, B_k, C_1, \dots, C_n)$

$$R \bowtie S = \Pi_{A_1, \dots, A_m, R.B_1, \dots, R.B_k, C_1, \dots, C_n} (\sigma_{R.B_1 = S.B_1 \wedge \dots \wedge R.B_k = S.B_k} (R \times S))$$

R \bowtie S											
R - S				R \cap S				S - R			
A ₁	A ₂	...	A _m	B ₁	B ₂	...	B _k	C ₁	C ₂	...	C _n
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

Beispiel: hören ⋈ Vorlesungen

Legi	VorNr	VorNr	Titel	KP	gelesenVon
25403	5022	5001	Grundzuege	4	2137
26120	5001	5041	Ethik	4	2125
27550	4052	5043	Erkenntnistheorie	3	2126
27550	5001	5049	Maeeutik	2	2125
28106	5041	4052	Logik	4	2125
28106	5052	5052	Wissenschaftstheorie	3	2126
28106	5216	5216	Bioethik	2	2126
28106	5259				
29120	5001				
29120	5041				
29120	5049				
29555	5001				
29555	5022				

 \bowtie

VorNr	Titel	KP	gelesenVon
5001	Grundzuege	4	2137
5041	Ethik	4	2125
5043	Erkenntnistheorie	3	2126
5049	Maeeutik	2	2125
4052	Logik	4	2125
5052	Wissenschaftstheorie	3	2126
5216	Bioethik	2	2126

 $=$

Legi	VorNr	Titel	KP	gelesenVon
25403	5022	Glaube und Wissen	2	2134
26120	5001	Grundzuege	4	2137
27550	4052	Logik	4	2125
27550	5001	Grundzuege	4	2137
28106	5041	Ethik	4	2125
28106	5052	Wissenschaftstheorie	3	2126
28106	5216	Bioethik	2	2126
28106	5259	Der Wiener Kreis	2	2133
29120	5001	Grundzuege	4	2137
29120	5041	Ethik	4	2125
29120	5049	Maeeutik	2	2125
29555	5001	Grundzuege	4	2137
29555	5022	Glaube und Wissen	2	2134

L R $L - R$ $R \cap L$ $R - L$

Beispiel: Studenten ⋈ hören

Legi	Name	Semester	Legi	VorNr
24002	Xenokrates	18	25403	5022
25403	Jonas	12	26120	5001
26120	Fichte	10	27550	4052
26830	Aristoxenos	8	27550	5001
27550	Schopenhauer	6	28106	5041
28106	Carnap	3	28106	5052
29120	Theophrastos	2	28106	5216
29555	Feuerbach	2	28106	5259
4711	Unbekannter	NULL	29120	5001
			29120	5041
			29120	5049
			29555	5001
			29555	5022

 \bowtie

Legi	Name	Semester	VorNr
25403	Jonas	12	5022
26120	Fichte	10	5001
27550	Schopenhauer	6	4052
27550	Schopenhauer	6	5001
28106	Carnap	3	5041
28106	Carnap	3	5052
28106	Carnap	3	5216
28106	Carnap	3	5259
29120	Theophrastos	2	5001
29120	Theophrastos	2	5041
29120	Theophrastos	2	5049
29555	Feuerbach	2	5001
29555	Feuerbach	2	5022

Drei-Wege-Join: Studenten ⋈ hören ⋈ Vorlesungen

Legi	Name	Semester	Legi	VorNr	VorNr	Titel	KP	gelesenVon
24002	Xenokrates	18	25403	5022	5001	Grundzuege	4	2137
25403	Jonas	12	26120	5001	5041	Ethik	4	2125
26120	Fichte	10	27550	4052	5043	Erkenntnistheorie	3	2126
26830	Aristoxenos	8	27550	5001	5049	Maeeutik	2	2125
27550	Schopenhauer	6	28106	5041	4052	Logik	4	2125
28106	Carnap	3	28106	5052	5052	Wissenschaftstheorie	3	2126
29120	Theophrastos	2	28106	5216	5216	Bioethik	2	2126
29555	Feuerbach	2	28106	5259				
4711	Unbekannter	NULL	29120	5001				
			29120	5041				
			29120	5049				
			29555	5001				
			29555	5022				

 \bowtie

Legi	Name	Semester	VorNr	Titel	KP	gelesenVon
25403	Jonas	12	5022	Glaube und Wissen	2	2134
26120	Fichte	10	5001	Grundzuege	4	2137
27550	Schopenhauer	6	4052	Logik	4	2125
27550	Schopenhauer	6	5001	Grundzuege	4	2137
28106	Carnap	3	5041	Ethik	4	2125
28106	Carnap	3	5052	Wissenschaftstheorie	3	2126
28106	Carnap	3	5216	Bioethik	2	2126
28106	Carnap	3	5259	Der Wiener Kreis	2	2133
29120	Theophrastos	2	5001	Grundzuege	4	2137
29120	Theophrastos	2	5041	Ethik	4	2125
29120	Theophrastos	2	5049	Maeeutik	2	2125
29555	Feuerbach	2	5001	Grundzuege	4	2137
29555	Feuerbach	2	5022	Glaube und Wissen	2	2134

Join ist assoziativ:
(Studenten ⋈ hören) ⋈ Vorlesungen =
Studenten ⋈ (hören ⋈ Vorlesungen)

Join

SELECT ... FROM *Tabelle1* NATURAL JOIN *Tabelle2* ...
entspricht dem Join ⋈

SELECT *
FROM studenten NATURAL JOIN hören

Im Unterschied zu
SELECT * FROM studenten s, hören h
WHERE s.Legi = h.Legi
kommt Legi nur einmal vor in der Tabelle:
Join fasst gleichnamige Attribute zusammen.

Legi	Name	Semester	VorNr
25403	Jonas	12	5022
26120	Fichte	10	5001
27550	Schopenhauer	6	4052
27550	Schopenhauer	6	5001
28106	Carnap	3	5041
28106	Carnap	3	5052
28106	Carnap	3	5216
28106	Carnap	3	5259
29120	Theophrastos	2	5001
29120	Theophrastos	2	5041
29120	Theophrastos	2	5049
29555	Feuerbach	2	5001
29555	Feuerbach	2	5022

studenten ⋈ hören

Allgemeiner Join (Theta-Join)

- Gegeben Relationen(-Schemata) $R(A_1, \dots, A_n)$ und $S(B_1, \dots, B_m)$

$$R \bowtie_{\theta} S = \sigma_{\theta}(R \times S)$$

$R \bowtie_{\theta} S$							
R				S			
A_1	A_2	...	A_n	B_1	B_2	...	B_m
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

57

Beispiel: Allgemeiner Join

- Relationen $Z\u00fcge(name, start, ziel, \dots, l\u00e4nge)$
 $Gleise(station, nummer, \dots, l\u00e4nge)$

Finde alle m\u00f6glichen Gleise f\u00fcr den „CIS Alpino“ in Z\u00fcrich

$\sigma_{station='Z\u00fcrich'}(Gleise)$

$\bowtie Z\u00fcge.l\u00e4nge < Gleise.l\u00e4nge$

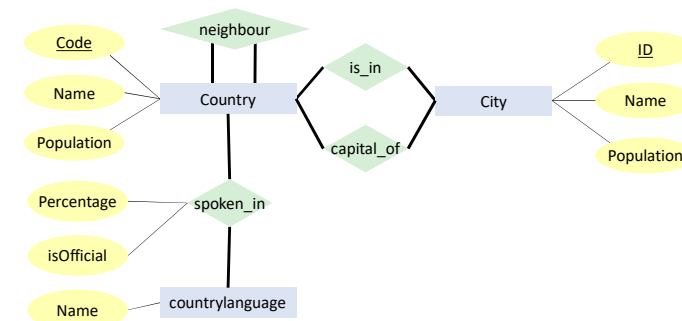
$\sigma_{name='CIS'}(Z\u00fcge)$

58

ANHANG: WELT-DATENBANK

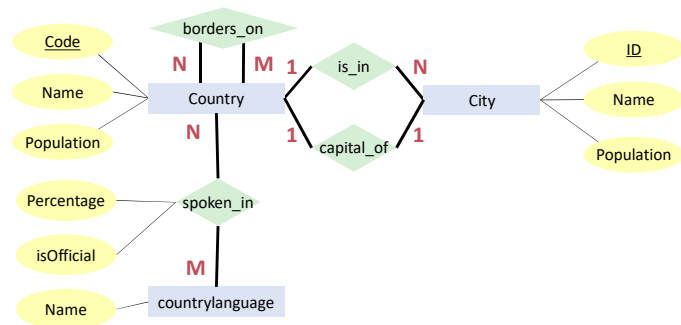
59

[Ein Modell der Welt]



60

[Modell der Welt mit Funktionalitäten]



[Die Welt in Tabellen]

ID	Name	CountryCode	District	Population	Code	Name	Continent	Region	SurfaceArea	IndepYear	Population	LifeExpectancy	GDP	GNPOld	LocalName
3248	Bern	CHE	Bern	122700	ABW	Aruba	North America	Caribbean	193.00	NULL	120000	78.4	628.00	793.00	Aruba
3247	Basel	CHE	Basel-Stadt	166700	AFG	Afghanistan	Asia	Southern and Central Asia	652090.00	1919	22720000	45.9	5976.00	NULL	Afghanistan/Afg
3246	Geneve	CHE	Geneve	173500	AGO	Angola	Africa	Central Africa	1246700.00	1975	12876000	38.3	6648.00	7984.00	Angola
3245	Zürich	CHE	Zürich	338800	AIA	Anguilla	North America	Caribbean	96.00	NULL	8000	76.1	63.20	NULL	Anguilla
3249	Lausanne	CHE	Vaud	114500	ALB	Albania	Europe	Southern Europe	28748.00	1912	3461200	71.6	3205.00	2500.00	Shqipëria
3117	Oldenburg	DEU	Niedersachsen	154125	AND	Andorra	Europe	Southern Europe	468.00	1278	78000	83.5	1630.00	NULL	Andorra
3130	Reimscheid	DEU	Nordrhein-Westfalen	120125	ANT	Netherlands Antilles	North America	Caribbean	800.00	NULL	217000	74.7	1941.00	NULL	Nederlandse A
3131	Heilbronn	DEU	Baden-Württemberg	119526											
3132	Pforzheim	DEU	Baden-Württemberg	117227											
3133	Offenbach am Main	DEU	Hessen	116627											
3134	Ilm	DEU	Baden-Württemberg	116110											

CountryCode	Language	isOfficial	Percentage
ABW	Dutch	T	5.3
ABW	English	F	9.5
ABW	Papiamentu	F	76.7
ABW	Spanish	F	7.4
AFG	Balochi	F	0.9

▪ (borders_on nicht modelliert)