

Datenbank-Grundlagen

SS 2005

4. Bereichskalkül (=Domänenkalkül)

Prof. Dr. Stefan Böttcher
Universität Paderborn

mit Material von
Prof. Dr. Gregor Engels

Agenda:

Interpretation Beispiel-Anfragen Bereichskalkül-Syntax Sichere Anfragen Vollständigkeit
Datenbank-Grundlagen - SS 2005 - Prof. Dr. Stefan Böttcher - Folie 4 - 1

Relation als Interpretation ihres Schemas

Wenn A_1, \dots, A_n Attribute von R
und D_1, \dots, D_n die Wertebereiche von A_1, \dots, A_n ,
dann beschreibt $\text{schema}(R) = D_1 \times \dots \times D_n$
die Menge der möglichen Werte-Kombinationen für Tupel aus R

Einige Werte-Kombinationen gelten als wahr
(genau die werden in R gespeichert),
alle anderen gelten als falsch
(und werden nicht in R gespeichert).

Formal:

Zu $\text{schema}(R)$ gibt es eine Interpretation \mathcal{I} ,
also eine Funktion $\mathcal{I} : \text{schema}(R) \rightarrow \{ \text{true}, \text{false} \}$
und $R = \{ t \in \text{schema}(R) \mid \mathcal{I}(t) = \text{true} \}$

Interpretation Beispiel-Anfragen Bereichskalkül-Syntax Sichere Anfragen Vollständigkeit
Datenbank-Grundlagen - SS 2005 - Prof. Dr. Stefan Böttcher - Folie 4 - 2

Interpretation am Beispiel

bestNr	datum	teil	kunde
21	21.6.04	13	Reich
22	22.6.04	13	Reich

3 verschiedene Schreibweisen
für dasselbe

$\mathcal{I} : \text{schema}(R) \rightarrow \{ \text{true}, \text{false} \}$
 $\mathcal{I}(21, 21.6.04, 13, \text{Reich}) = \text{true}$
 $\mathcal{I}(22, 22.6.04, 13, \text{Reich}) = \text{true}$
 $\mathcal{I}(22, 22.6.04, 13, \text{Meier}) = \text{false}$
 ...

$\exists t \in R \exists u \in R$

$t.\text{bestNr}=21 \wedge t.\text{datum}=21.6.04 \wedge t.\text{teil}=13 \wedge t.\text{kunde}=\text{Reich}$
 $u.\text{bestNr}=22 \wedge u.\text{datum}=22.6.04 \wedge u.\text{teil}=13 \wedge u.\text{kunde}=\text{Reich}$

alles andere (in R nicht gespeicherte) gilt als falsch
(Closed World Assumption)

Interpretation Beispiel-Anfragen Bereichskalkül-Syntax Sichere Anfragen Vollständigkeit
Datenbank-Grundlagen - SS 2005 - Prof. Dr. Stefan Böttcher - Folie 4 - 3

Interpretation am Beispiel

bestNr	datum	teil	kunde
21	21.6.04	13	Reich
22	22.6.04	13	Reich

$P(\text{teil}, \text{kunde})^R$

teil	kunde
13	Reich
13	Reich

$\mathcal{I} : \text{schema}(R) \rightarrow \{ \text{true}, \text{false} \}$
 $\mathcal{I}(21, 21.6.04, 13, \text{Reich}) = \text{true}$
 $\mathcal{I}(22, 22.6.04, 13, \text{Reich}) = \text{true}$
 $\mathcal{I}(22, 22.6.04, 13, \text{Meier}) = \text{false}$
 ...

$\exists t \in R \exists u \in R$

$t.\text{bestNr}=21 \wedge t.\text{datum}=21.6.04 \wedge t.\text{teil}=13 \wedge t.\text{kunde}=\text{Reich}$
 $u.\text{bestNr}=22 \wedge u.\text{datum}=22.6.04 \wedge u.\text{teil}=13 \wedge u.\text{kunde}=\text{Reich}$

Interpretation Beispiel-Anfragen Bereichskalkül-Syntax Sichere Anfragen Vollständigkeit
Datenbank-Grundlagen - SS 2005 - Prof. Dr. Stefan Böttcher - Folie 4 - 4

Interpretation am Beispiel

bestNr	datum	teil	kunde
21	21.6.04	13	Reich
22	22.6.04	13	Reich

$P(\text{teil}, \text{kunde})^R$

teil	kunde
13	Reich
13	Reich

$\mathcal{I} : \text{schema}(R) \rightarrow \{ \text{true}, \text{false} \}$
 $\mathcal{I}(21, 21.6.04, 13, \text{Reich}) = \text{true}$
 $\mathcal{I}(22, 22.6.04, 13, \text{Reich}) = \text{true}$
 $\mathcal{I}(22, 22.6.04, 13, \text{Meier}) = \text{false}$
 ...

$\mathcal{I} : \text{int} \times \text{char}(20) \rightarrow \{ \text{true}, \text{false} \}$
 $\mathcal{I}(13, \text{Reich}) = \text{true}$
 ~~$\mathcal{I}(\text{13}, \text{Reich}) = \text{true}$~~
 $\mathcal{I}(13, \text{Meier}) = \text{false}$
 ...

$\exists t \in R \exists u \in R$

$t.\text{bestNr}=21 \wedge t.\text{datum}=21.6.04 \wedge t.\text{teil}=13 \wedge t.\text{kunde}=\text{Reich}$
 $u.\text{bestNr}=22 \wedge u.\text{datum}=22.6.04 \wedge u.\text{teil}=13 \wedge u.\text{kunde}=\text{Reich}$

Interpretation Beispiel-Anfragen Bereichskalkül-Syntax Sichere Anfragen Vollständigkeit
Datenbank-Grundlagen - SS 2005 - Prof. Dr. Stefan Böttcher - Folie 4 - 5

Interpretation am Beispiel

bestNr	datum	teil	kunde
21	21.6.04	13	Reich
22	22.6.04	13	Reich

$P(\text{teil}, \text{kunde})^R$

teil	kunde
13	Reich
13	Reich

$\mathcal{I} : \text{schema}(R) \rightarrow \{ \text{true}, \text{false} \}$
 $\mathcal{I}(21, 21.6.04, 13, \text{Reich}) = \text{true}$
 $\mathcal{I}(22, 22.6.04, 13, \text{Reich}) = \text{true}$
 $\mathcal{I}(22, 22.6.04, 13, \text{Meier}) = \text{false}$
 ...

$\mathcal{I} : \text{int} \times \text{char}(20) \rightarrow \{ \text{true}, \text{false} \}$
 $\mathcal{I}(13, \text{Reich}) = \text{true}$
 ~~$\mathcal{I}(\text{13}, \text{Reich}) = \text{true}$~~
 $\mathcal{I}(13, \text{Meier}) = \text{false}$
 ...

$\exists t \in R \exists u \in R$

$t.\text{bestNr}=21 \wedge t.\text{datum}=21.6.04 \wedge t.\text{teil}=13 \wedge t.\text{kunde}=\text{Reich}$
 $u.\text{bestNr}=22 \wedge u.\text{datum}=22.6.04 \wedge u.\text{teil}=13 \wedge u.\text{kunde}=\text{Reich}$

$\exists t \in P(\text{teil}, \text{kunde})^R$

$\exists u \in P(\text{teil}, \text{kunde})^R$

$t.\text{teil}=13 \wedge t.\text{kunde}=\text{Reich}$
 $u.\text{teil}=13 \wedge u.\text{kunde}=\text{Reich}$

Anfrage-Auswertung als Beweis,
d.h. Anfrageergebnisse entsprechen abgeleiteten Prädikaten

Interpretation Beispiel-Anfragen Bereichskalkül-Syntax Sichere Anfragen Vollständigkeit
Datenbank-Grundlagen - SS 2005 - Prof. Dr. Stefan Böttcher - Folie 4 - 6

Anfrage-Kalkül

ist formale logische Sprache

dient zur Formulierung von Aussagen bzw. Anfragen

Ziel: deklarative Formulierung von Datenbank-Anfragen in Form von Aussagen über den gewünschten Daten

Beispiele: Prolog-Derivat *Datalog*; aber auch *SQL*

Logikbasierter Ansatz:

Tabellen entsprechen Interpretationen von Prädikaten
Anfrageergebnisse entsprechen abgeleiteten Prädikaten

Interpretation Beispiel-Anfragen Bereichskalkül-Syntax Sichere Anfragen Vollständigkeit
Datenbank-Grundlagen - SS 2005 - Prof. Dr. Stefan Böttcher - Folie 4 - 7

Ein allgemeiner Anfrage-Kalkül

Motivation: mathematische Notation:

$$\{x^2 \mid x \in \mathbb{N} \wedge x^3 > 0 \wedge x^3 < 1000\}$$

Eine **Anfrage** hat die Form

$$\{f(\underline{x}) \mid p(\underline{x})\}$$

wobei

- \underline{x} bezeichnet Tupel von freien Variablen

$$\underline{x} = (x_1 : D_1, \dots, x_n : D_n)$$

- f bezeichnet **Ergebnisfunktion** über \underline{x}

Wichtige Spezialfälle:

- Angabe einer Variable selber (f ist hier die Identitätsfunktion)
- Tupelkonstruktion (Ergebnis vom Typ **tuple of**)

Interpretation Beispiel-Anfragen Bereichskalkül-Syntax Sichere Anfragen Vollständigkeit
Datenbank-Grundlagen - SS 2005 - Prof. Dr. Stefan Böttcher - Folie 4 - 8

Ein allgemeiner Anfrage-Kalkül

Eine **Anfrage** hat die Form

$$\{f(\underline{x}) \mid p(\underline{x})\}$$

wobei

- p ist **Selektionsprädikat** über freien Variablen \underline{x} , bestehend aus
 - Termen aus Variablen, Konstanten und Funktionsanwendungen
 - Prädikaten der Datentypen, etwa $=, <, >, \geq, \dots$
 - **atomare Formeln** über Termen und Prädikaten
 - Bezug zur aktuellen Datenbank über **Datenbankprädikate**, (Relationennamen im Relationenmodell)
 - prädikatenlogischen Operatoren $\wedge, \vee, \neg, \forall, \exists$
 - **Formeln**

Interpretation Beispiel-Anfragen Bereichskalkül-Syntax Sichere Anfragen Vollständigkeit
Datenbank-Grundlagen - SS 2005 - Prof. Dr. Stefan Böttcher - Folie 4 - 9

Relationen für Beispiele für Bereichskalkül

- Kunde (Kname, Adresse, Konto)
- bestellt (Kname, WareBez, Anzahl)
- Ware (WareBez, Preis, Vorrat)

Interpretation ✓ Beispiel-Anfragen Bereichskalkül-Syntax Sichere Anfragen Vollständigkeit
Datenbank-Grundlagen - SS 2005 - Prof. Dr. Stefan Böttcher - Folie 4 - 10

Beispiel für Anfrage im Bereichskalkül (I)

Relationenschema: Kunde (Kname, Adresse, Konto)

Anfrage:

"Alle (Namen von) Kunden in Magdeburg"

$$\{x \mid \exists y \exists z \text{ Kunde}(x, y, z) \wedge y = 'MD'\}$$

Formel als Selektionsprädikat

Beispielrelation:

Kunde		
Kname	Adresse	Konto
Mueller	MD	2300
Maier	PB	1111
Schmitz	MD	3333
Engels	GE	0001

Ergebnis:

Kname
Mueller
Schmitz

Interpretation ✓ Beispiel-Anfragen Bereichskalkül-Syntax Sichere Anfragen Vollständigkeit
Datenbank-Grundlagen - SS 2005 - Prof. Dr. Stefan Böttcher - Folie 4 - 11

Beispiele Bereichskalkül

- „Alle (Namen von) Kunden in Magdeburg“
 - $\{x \mid \text{Kunde}(x, y, z) \wedge y = 'MD'\}$
 - Vereinfachte Notation bedeutet: ungebundene Variablen (hier y und z) im Bedingungsteil existentiell mit \exists gebunden.
 - Vollständige Version: $\{x \mid \exists y \exists z \text{ Kunde}(x, y, z) \wedge y = 'MD'\}$
 - Weitere Vereinfachungen:
 - Einsparung von Bereichsvariablen, indem Konstanten als Parameter des Prädikats eingesetzt werden:
 - $\{x \mid \text{Kunde}(x, 'MD', z)\}$
 - Abkürzung „ $_$ “ für beliebige existentiell gebundene Variablen:
 - $\{x \mid \text{Kunde}(x, 'MD', _)\}$.
- Verschiedene Auftreten von „ $_$ “ stehen für paarweise verschiedene Variablen!

Interpretation ✓ Beispiel-Anfragen Bereichskalkül-Syntax Sichere Anfragen Vollständigkeit
Datenbank-Grundlagen - SS 2005 - Prof. Dr. Stefan Böttcher - Folie 4 - 12

Beispiel für Bereichskalkül I

Relationenschema: Kunde (Kname, Adresse, Konto)

“Alle (Namen von) Kunden in Magdeburg“

$$\{x \mid \exists y \exists z \text{Kunde}(x, y, z) \wedge y = 'MD'\}$$

Formel als Selektionsprädikat

Beispielrelation:

Kunde	Kname	Adresse	Konto
	Mueller	MD	2300
	Maier	PB	1111
	Schmitz	MD	3333
	Engels	GE	0001

Ergebnis:

Kname
Mueller
Schmitz

Interpretation ✓ [Beispiel-Anfragen](#) Bereichskalkül-Syntax Sichere Anfragen Vollständigkeit
Datenbank-Grundlagen · SS 2005 · Prof. Dr. Stefan Böttcher – Folie 4 - 13

Beispiele Bereichskalkül II

- “Städte mit mehr als einem Kunden (namen)“
 $\{y \mid \text{Kunde}(x, y, z) \wedge \text{Kunde}(x', y, z') \wedge x \neq x'\}$
- Verbundbildung über das 2. Attribut der Kunde-Relation; kann im Bereichskalkül durch die Verwendung derselben Bereichsvariablen y als Parameter in verschiedenen Relationsprädikaten erfolgen.

Beispielrelation 1:

Kunde	Kname	Adresse	Konto
	Mueller	MD	2300
	Maier	PB	1111
	Schmitz	MD	3333
	Engels	GE	0001

Ergebnis:

Adresse
MD

Interpretation ✓ [Beispiel-Anfragen](#) Bereichskalkül-Syntax Sichere Anfragen Vollständigkeit
Datenbank-Grundlagen · SS 2005 · Prof. Dr. Stefan Böttcher – Folie 4 - 14

Beispiele Bereichskalkül II

- “Städte mit mehr als einem Kunden (namen)“
 $\{y \mid \text{Kunde}(x, y, z) \wedge \text{Kunde}(x', y, z') \wedge x \neq x'\}$

Beispielrelation 2:

Kunde	Kname	Adresse	Konto
	Mueller	MD	2300
	Maier	PB	1111
	Mueller	MD	3333
	Engels	GE	0001

Ergebnis?

Adresse

Beispielrelation 3:

Kunde	Kname	Adresse	Konto
	Mueller	MD	2300
	Maier	PB	1111
	Schmitz	MD	2300
	Engels	GE	0001

Ergebnis?

Adresse
MD

Interpretation ✓ [Beispiel-Anfragen](#) Bereichskalkül-Syntax Sichere Anfragen Vollständigkeit
Datenbank-Grundlagen · SS 2005 · Prof. Dr. Stefan Böttcher – Folie 4 - 15

Beispiele Bereichskalkül II

- “Städte mit mehr als einem Kunden (namen) mit demselben Konto“
 $\{y \mid \text{Kunde}(x, y, z) \wedge \text{Kunde}(x', y, z) \wedge x \neq x'\}$

Beispielrelation 1:

Kunde	Kname	Adresse	Konto
	Mueller	MD	2300
	Maier	PB	1111
	Schmitz	MD	3333
	Engels	GE	0001

Ergebnis?

Adresse

Beispielrelation 3:

Kunde	Kname	Adresse	Konto
	Mueller	MD	2300
	Maier	PB	1111
	Schmitz	MD	2300
	Engels	GE	0001

Ergebnis?

Adresse
MD

Interpretation ✓ [Beispiel-Anfragen](#) Bereichskalkül-Syntax Sichere Anfragen Vollständigkeit
Datenbank-Grundlagen · SS 2005 · Prof. Dr. Stefan Böttcher – Folie 4 - 16

Beispiele Bereichskalkül III

- “Welcher Kunde hat Waren unter 1,- € bestellt?“
 $\{x, w \mid \text{Kunde}(x, y, z) \wedge \text{bestellt}(x, w, a) \wedge \text{Ware}(w, p, v) \wedge a > 0 \wedge p < 1.00\}$
- Diese Anfrage zeigt einen Verbund über drei Relationen.

Beispielrelationen:

Kunde	Kname	Adresse	Konto
	Mueller	MD	2300
	Maier	PB	1111
	Schmitz	MD	3333
	Engels	GE	0001

bestellt	Kname	WareBez	Anzahl
	Mueller	Mehl	100
	Maier	Milch	95
	Schmitz	Mehl	35
	Engels	Milch	150

Ware	WareBez	Preis	Vorrat
	Mehl	100.30	10.000
	Milch	0.86	9.500

Ergebnis:

Kname	WareBez
Maier	Milch
Engels	Milch

Interpretation ✓ [Beispiel-Anfragen](#) Bereichskalkül-Syntax Sichere Anfragen Vollständigkeit
Datenbank-Grundlagen · SS 2005 · Prof. Dr. Stefan Böttcher – Folie 4 - 17

Beispiele Bereichskalkül IV

- “Welcher Kunde hat überhaupt etwas bestellt?“
 $\{x \mid \text{Kunde}(x, y, z) \wedge \exists w \exists a (\text{bestellt}(x, w, a) \wedge a > 0)\}$
- Da Variablen aufgrund unserer Notation implizit \exists -quantifiziert sind, können wir die \exists -Quantoren auch weglassen:
 $\{x \mid \text{Kunde}(x, y, z) \wedge (\text{bestellt}(x, w, a) \wedge a > 0)\}$

Beispielrelationen:

Kunde	Kname	Adresse	Konto
	Mueller	MD	2300
	Maier	PB	1111
	Schmitz	MD	3333
	Engels	GE	0001

bestellt	Kname	WareBez	Anzahl
	Schmitz	Mehl	35
	Engels	Milch	150

Ergebnis:

Kname
Schmitz
Engels

Interpretation ✓ [Beispiel-Anfragen](#) Bereichskalkül-Syntax Sichere Anfragen Vollständigkeit
Datenbank-Grundlagen · SS 2005 · Prof. Dr. Stefan Böttcher – Folie 4 - 18

Beispiele Bereichskalkül V

- "Welcher Kunde hat nur Waren in großer Anzahl bestellt?"
 $\{x \mid \text{Kunde}(x, y, z) \wedge \forall w \forall a (\text{bestellt}(x, w, a) \Rightarrow a > 100)\}$
- Im Gegensatz zu \exists -Quantoren (im vorigen Beispiel) können \forall -Quantoren nicht weggelassen werden.

Beispielrelationen:

Kunde	Kname	Adresse	Konto
	Mueller	MD	2300
	Maier	PB	1111
	Schmitz	MD	3333
	Engels	GE	0001

bestellt	Kname	WareBez	Anzahl
	Schmitz	Mehl	35
	Engels	Milch	150

Kname
Engels
Maier
Mueller

Ergebnis:
schließt auch die ein, die nichts bestellt haben

Interpretation ✓ [Beispiel-Anfragen](#) [Bereichskalkül-Syntax](#) [Sichere Anfragen](#) [Vollständigkeit](#)
Datenbank-Grundlagen - SS 2005 - Prof. Dr. Stefan Böttcher - Folie 4 - 19

Beispiele Bereichskalkül VI

bestellt	Kname	WareBez	Anzahl
	Müller	Kartoffeln	150
	Müller	Eis	100
	Maier	Kartoffeln	160
	Schmitz	Eis	130
	Schmitz	Kartoffeln	120

"Wer hat **nur** Waren in großer Anzahl bestellt?" Kname
Maier
Schmitz

$\{x \mid \forall w \forall a (\text{bestellt}(x, w, a) \Rightarrow a > 100)\}$

"Wer hat **mindestens eine** Ware nur in großer Anzahl bestellt?" Kname
Müller
Maier
Schmitz

$\{x \mid \exists a (\text{bestellt}(x, w, a) \Rightarrow a > 100)\}$

Interpretation ✓ [Beispiel-Anfragen](#) [Bereichskalkül-Syntax](#) [Sichere Anfragen](#) [Vollständigkeit](#)
Datenbank-Grundlagen - SS 2005 - Prof. Dr. Stefan Böttcher - Folie 4 - 20

Bereichskalkül (Syntax)

- **Terme:**
 - Konstanten, etwa 42 oder 'MD'
 - Variablen zu Datentypen, etwa x
 - Die Datentypangabe erfolgt in der Regel implizit und wird nicht explizit deklariert!
 - Funktionsanwendung $f(t_1, \dots, t_n)$ für n-stellige Funktion f und passende Terme t_i
- **Beispiel:** plus(12, x) bzw. in Infixnotation 12 + x

Interpretation ✓ [Beispiel-Anfragen](#) ✓ [Bereichskalkül-Syntax](#) [Sichere Anfragen](#) [Vollständigkeit](#)
Datenbank-Grundlagen - SS 2005 - Prof. Dr. Stefan Böttcher - Folie 4 - 21

Bereichskalkül (Syntax)

- **Atomare Formeln:**
 - Prädikatanwendung $\theta(t_1, \dots, t_n)$ mit n-stelligem Datentypprädikat $\theta \in \{<, >, \leq, \geq, \neq, =, \dots\}$ und passenden Termen t_i . (Zweistellige Prädikate wie üblich infix.)
 - **Beispiele:** $x = y$, $42 > x$ oder $3 + 7 = 11$
 - Anwendungen eines Datenbankprädikats $R(t_1, \dots, t_n)$ für eine n-stellige Relation R und passende Terme t_i .
 - **Beispiel:** bestellung(21, 21.6.04, 13, 'Reich')

Interpretation ✓ [Beispiel-Anfragen](#) ✓ [Bereichskalkül-Syntax](#) [Sichere Anfragen](#) [Vollständigkeit](#)
Datenbank-Grundlagen - SS 2005 - Prof. Dr. Stefan Böttcher - Folie 4 - 22

Bereichskalkül (Syntax)

- **Formeln:** wie üblich mit $\wedge, \vee, \neg, \forall$ und \exists .
- **Anfragen:** $\{x_1, \dots, x_n \mid \phi(x_1, \dots, x_n)\}$ mit ϕ Formel über den in der Ergebnisliste aufgeführten Variablen x_1 bis x_n .
- Das Ergebnis ist eine Menge von Tupeln (x_1, \dots, x_n)
- Die Tupelkonstruktion erfolgt implizit aus den Werten der Variablen in der Ergebnisliste.

Interpretation ✓ [Beispiel-Anfragen](#) ✓ [Bereichskalkül-Syntax](#) [Sichere Anfragen](#) [Vollständigkeit](#)
Datenbank-Grundlagen - SS 2005 - Prof. Dr. Stefan Böttcher - Folie 4 - 23

Ergebnisbestimmung einer Anfrage $\{f(x) \mid p(x)\}$

- Bestimme alle Belegungen der freien Variablen in $x = (x_1 : D_1, \dots, x_n : D_n)$ für die das Prädikat p wahr wird.
- Wende Funktion f auf die durch diese Belegungen gegebenen Werte an.

- **Problem:** Unter welchen Umständen liefern Kalkülanfragen endliche Ergebnisse?
- → Begriff der **Sicherheit von Anfragen**

Interpretation ✓ [Beispiel-Anfragen](#) ✓ [Bereichskalkül-Syntax](#) ✓ [Sichere Anfragen](#) [Vollständigkeit](#)
Datenbank-Grundlagen - SS 2005 - Prof. Dr. Stefan Böttcher - Folie 4 - 24

(Semantisch) Sichere Anfragen

- Anfragen, die für jeden Datenbankzustand $\sigma(R)$ ein endliches Ergebnis liefern.
- **Beispiel einer nicht sicheren Anfrage:** $\{x, y \mid \neg R(x, y)\}$
- **Sichere Anfragen:**
 - $\{x, y \mid R(x, y)\}$ wegen Endlichkeit von R
 - $\{x, y \mid x, y \in \mathbb{N} \wedge y = 10 \wedge x > 0 \wedge x < 10\}$ folgt direkt aus den Regeln der Arithmetik.
- Semantische Sicherheit ist im allgemeinen **nicht entscheidbar!**

Interpretation ✓ Beispiel-Anfragen ✓ Bereichskalkül-Syntax ✓ Sichere Anfragen ✓ Vollständigkeit
Datenbank-Grundlagen - SS 2005 - Prof. Dr. Stefan Böttcher - Folie 4-25

Syntaktisch sichere Anfragen

- Anfragen, die syntaktischen Einschränkungen unterliegen, um die semantische Sicherheit zu erzwingen.
- **Grundidee:**
 - Jede freie Variable x_i muss überall in $\phi(x_1, \dots)$ durch positives Auftreten $x_i = t$ oder $R(\dots, x_i, \dots)$ an endliche Bereiche gebunden werden.
 - Die Bindung an endliche Bereiche muss für die ganze Bedingung, also insbesondere für alle Zweige einer Disjunktion, gelten
- (Das gilt unter der Annahme, dass Formel in *disjunktiver Normalform* vorliegt, d.h. als Disjunktion von Konjunktionen von positiven und negativen Prädikaten.)

Interpretation ✓ Beispiel-Anfragen ✓ Bereichskalkül-Syntax ✓ Sichere Anfragen ✓ Vollständigkeit
Datenbank-Grundlagen - SS 2005 - Prof. Dr. Stefan Böttcher - Folie 4-26

Ausdrucksfähigkeit Bereichskalkül

- Der Bereichskalkül ist **relational vollständig**, d.h. zu jedem Term τ der Relationenalgebra gibt es einen äquivalenten (sicheren) Ausdruck η des Bereichskalküls.

Begründung: folgende Folien

Interpretation ✓ Beispiel-Anfragen ✓ Bereichskalkül-Syntax ✓ Sichere Anfragen ✓ Vollständigkeit
Datenbank-Grundlagen - SS 2005 - Prof. Dr. Stefan Böttcher - Folie 4-27

Umsetzung von Relationenoperationen

Seien zwei Relationenschemata $R(A_1, \dots, A_n)$ und $S(B_1, \dots, B_m)$ gegeben.

Vereinigung (für $n = m$)

$$R \cup S \equiv \{x_1 \dots x_n \mid R(x_1, \dots, x_n) \vee S(x_1, \dots, x_n)\}$$

Differenz (für $n = m$)

$$R - S \equiv \{x_1 \dots x_n \mid R(x_1, \dots, x_n) \wedge \neg S(x_1, \dots, x_n)\}$$

Kartesisches Produkt

$$R \times S \equiv \{ \begin{array}{l} x_1 \dots x_n \quad x_{n+1} \dots x_{n+m} \\ R(x_1, \dots, x_n) \wedge S(x_{n+1}, \dots, x_{n+m}) \end{array} \}$$

Interpretation ✓ Beispiel-Anfragen ✓ Bereichskalkül-Syntax ✓ Sichere Anfragen ✓ Vollständigkeit
Datenbank-Grundlagen - SS 2005 - Prof. Dr. Stefan Böttcher - Folie 4-28

Umsetzung von Relationenoperationen II

Projektion

$$\pi_{\underline{A}}(R) \equiv \{x_1 \dots x_k \mid \exists x_{k+1} \dots \exists x_n : R(x_1, \dots, x_n)\}$$

Hierbei ist die Attributliste der Projektion $\underline{A} = (A_1, \dots, A_k)$, und A_i ist das Attribut zu X_i .

Selektion

$$\sigma_{\phi'}(R) \equiv \{x_1 \dots x_n \mid R(x_1, \dots, x_n) \wedge \phi'\}$$

Die Formel ϕ' wird hierbei aus ϕ gewonnen, indem Variable x_i an Stelle der Attributnamen A_i eingesetzt werden.

Interpretation ✓ Beispiel-Anfragen ✓ Bereichskalkül-Syntax ✓ Sichere Anfragen ✓ Vollständigkeit
Datenbank-Grundlagen - SS 2005 - Prof. Dr. Stefan Böttcher - Folie 4-29

Es gibt 2 verschiedene Relationale Kalküle

- Der **Bereichskalkül** ist dadurch gekennzeichnet, dass Variablen Werte elementarer Datentypen (Bereiche) annehmen.
- Im **Tupelkalkül** hingegen variieren Variablen über Tupelwerte (entsprechend den Zeilen einer Relation).

Interpretation ✓ Beispiel-Anfragen ✓ Bereichskalkül-Syntax ✓ Sichere Anfragen ✓ Vollständigkeit ✓
Datenbank-Grundlagen - SS 2005 - Prof. Dr. Stefan Böttcher - Folie 4-30