Max-Planck-Institut Saarbrücken
AG5: Datenbanken und Informationssysteme
Dozenten: Prof. Dr.-Ing. G. Weikum, Dr. Ralf Schenkel
Betreuer: Dipl.-Inform. Sergej Sizov, Dipl.-Inform. Christian Zimmer

Informationssysteme (SS 04)
Übungsblatt 4

Beispiellösungen

Aufgabe 1: Relationenalgebra

Betrachten Sie das Schema aus Aufgabe 1a). Formulieren Sie die folgenden Fragen als Ausdrücke der Relationenalgebra:

ACHTUNG: Beim Join zwischen Professor und Student wird (manchmal unerwünschter Weise) über die Fachrichtung_Nr verknüpft. Dies muß durch Projektion (evtl. Mit Umbenennung) gelöst werden.

a) An welchen Hausmeister muß sich Professor Weikum wenden, wenn er seinen Zimmerschlüssel vergessen hat.

$\pi_{\text{Hausmeister}} (\sigma_{\text{P\_Name='Weikum'}} (\text{Professor}) \;|\times|\; (\text{Gebäude}))$

b) Welche Studenten (Matrikel_Nr) haben eine Prüfung beim augenblicklichen Studiendekan ihres Fachbereichs abgelegt?

$\pi_{\text{Matrikel\_Nr}} (\sigma_{\text{Prüfer=Studiendekan}} (\text{Fachrichtung} \;|\times|\; \text{Prüfung}))$

c) Wo (Adresse, Raum) fand die Prüfung von Hugo Meier im Fach "Betriebssysteme" statt? (Annahme: Professoren prüfen in ihren Büros)

$\pi_{\text{Gebäude, Raum}} (\sigma_{\substack{\text{P\_Name=Prüfer} \wedge \\ \text{S\_Name='Hugo Meier'} \wedge \\ \text{Fach='Betriebssysteme'}}} (\text{Prof.} \;|\times|\; \text{Prüfung} \;|\times|\; \pi_{\text{Matrikel\_Nr, S\_Name}} (\text{Stud.})))$

d) Welche Studenten (Matrikel_Nr) mit mindestens 4 Semestern haben noch keine Prüfung abgelegt?

$\pi_{\text{Matrikel\_Nr}} (\sigma_{\text{Semester} \geq 4} (\text{Student})) - \pi_{\text{Matrikel\_Nr}} (\text{Prüfung}))$

e) Welche Studenten (Matrikel_Nr) haben ausschließlich Prüfungen bei Professoren ihrer Fachrichtung abgelegt?

Student'(Matrikel_Nr, S_Name, Semester, SFachrichtung_Nr) := Student(Matrikel_Nr, S_Name, Semester, Fachrichtung_Nr)

$\pi_{\text{Matrikel\_Nr}} (\text{Prüfung}) - \pi_{\text{Matrikel\_Nr}} (\sigma_{\text{Prüfer=P\_Name} \wedge \text{SFachrichtung\_Nr} \neq \text{Fachrichtung\_Nr}}$
$(\text{Professor} \;|\times|\; \pi_{\text{Matrikel\_Nr, Sfachrichtung\_Nr}} (\text{Student'}) \;|\times|\; \text{Prüfung}))$

f) Welche Studenten (Matrikel_Nr) haben alle ihre bisher abgelegten Prüfungen mit der Bestnote 1,0 bestanden?

$\pi_{\text{Matrikel\_Nr}} (\text{Prüfung} - \pi_{\text{Matrikel\_Nr}} (\sigma_{\text{Note}>1,0} (\text{Prüfung}))$

Aufgabe 2: Relationenalgebra

Gegeben ist das Schema der Musikdatenbank von Aufgabe 1b). Formulieren Sie folgende Anfragen in der Relationenalgebra:

a) Welche Musikstücke (DiskID, StückID) hat Paul McCartney arrangiert (Tätigkeit = ‚Arrangeur').

$\pi_{\text{DiskID, StückID}} (\sigma_{\text{Tätigkeit='Arrangeur'}} (\text{Autor}) \,|\times|\, \sigma_{\text{Name='P.McCartney'}} (\text{Person}))$

b) Wer tritt als Solist in Musikstücken von F. Chopin auf?

$\pi_{\text{PID}} (\sigma_{\text{Funktion='Solist'}} (\text{Interpret}) \,|\times|$
$\pi_{\text{DiskID, StückID}} (\sigma_{\text{Tätigkeit='Komponist'}} (\text{Autor}) \,|\times|\, \sigma_{\text{Name='F. Chopin'}} (\text{Person})))$

c) Bei welchen Titeln ist Elton John sowohl Komponist als auch Solist?

$\pi_{\text{Titel}} (\text{Musikstück} \,|\times|\, \sigma_{\text{Funktion='Solist'}} (\text{Interpret}) \,|\times|\, \sigma_{\text{Tätigkeit='Komponist'}} (\text{Autor}) \,|\times|$
$\sigma_{\text{Name='E.John'}} (\text{Person}))$

d) Welche Disks (DiskTitel) enthalten Stücke von Joe Cocker?

$\pi_{\text{DiskTitel}} (\text{Disk} \,|\times|$
$\pi_{\text{DiskID}} (\sigma_{\text{Name='J. Cocker'}} (\text{Person}) \,|\times|\, \text{Interpret}) \cup$
$\pi_{\text{DiskID}} (\sigma_{\text{Name='J. Cocker'}} (\text{Person}) \,|\times|\, \text{Autor})$

e) In welchen Aufnahmen hat Ernst Mosch sowohl als Solist als auch als Dirigent mitgewirkt?

$\pi_{\text{DiskID, StückID}} (\sigma_{\text{Name='E. Mosch'}} (\text{Person}) \,|\times|\, \sigma_{\text{Funktion='Dirigent'}} (\text{Interpret})) \cap$
$\pi_{\text{DiskID, StückID}} (\sigma_{\text{Name='E. Mosch'}} (\text{Person}) \,|\times|\, \sigma_{\text{Funktion='Solist'}} (\text{Interpret}))$

Aufgabe 3: Spezifikation mit Prädikatenlogik

Formulieren Sie die folgenden Eigenschaften natürlicher Zahlen als prädikatenlogische Formeln:

a) Eine Zahl *x* ist prim, wenn sie keinen Teiler außer *Eins* und *x* selbst hat.
b) Der ggT zweier Zahlen *x* und *y* ist die größte Zahl, die sowohl *x* als auch *y* teilt.
c) Zwei Zahlen *x* und *y* heißen teilerfremd, wenn ihr einziger gemeinsamer Teiler die *Eins* ist.

Führen Sie dazu geeignete Prädikat- und Funktionssymbole ein, wobei Sie auf Lösungen der Teilaufgaben a) und b) zurückgreifen dürfen.

a) Prädikate: I(PRIM(x)) = {x | x ist Primzahl)
I(T(x,y) = {x,y | x ist Teiler von y}
I(G(x,y)) = {x,y | x = y}
I(e) = 1

$\forall x((\forall y(\neg T(y,x) \vee G(y,e) \vee G(y,x))) \Rightarrow PRIM(x))$

b) Prädikate: I(GR(x,y)) = {x,y | x > y}
I(ggT(x,y)) = {z | z ist ggT von x und y}

$\forall x \forall y \forall z\ (T(z,x) \wedge T(z,y) \wedge (\neg\exists w\ GR(w,z) \wedge T(w,x) \wedge T(w,y)) \Rightarrow G(z,\ ggT(x,y)))$

c) Prädikat: I(TF(x,y)) = {x,y | x und y sind teilerfremd}

$\forall x,y\ (G(e,\ ggT(x,y)) \Rightarrow TF(x,y))$

Aufgabe 4: Spezifikation mit Prädikatenlogik und Deduktion

a) Formulieren Sie die folgenden Sachverhalte mittels prädikatenlogischer Formeln:

i) Heinz Schenk ist Hesse.
ii) Heinz Becker ist Saarländer.
iii) Hessen trinken Äbbelwoi und Saarländer trinken Urpils.
iv) Wer Abbelwoi trinkt, trinkt auch Urpils.
v) Alle Urpils-Trinker sind Freunde.

i) $H(hs)$
ii) $S(hb)$
iii) $\forall x\ H(x) \Rightarrow Ä(x)$
$\forall y\ S(y) \Rightarrow U(y)$
iv) $\forall x\ Ä(x) \Rightarrow U(x)$
v) $\forall x,y\ U(x) \wedge U(y) \Rightarrow F(x,y)$

b) Zeigen Sie mit den im Vorlesungsskript aufgeführten Äquivalenzregeln, daß aus i) bis v) folgt:

vi) Hessen und Saarländer sind Freunde.
$\forall x,y\ H(x) \wedge S(y) \Rightarrow F(x,y)$

z.z.: $(i \wedge ii \wedge iii \wedge iv \wedge v) \Rightarrow vi$ ist Tautologie

betrachte $iii \wedge iv$:

$(\forall x\ H(x) \Rightarrow Ä(x)) \wedge (\forall x\ Ä(x) \Rightarrow U(x))$
$\Leftrightarrow \quad \forall x\ (H(x) \Rightarrow Ä(x) \wedge Ä(x) \Rightarrow U(x))$ //wg. $\forall x\ F \wedge \forall x\ G \Leftrightarrow \forall x\ (F \wedge G)$
vii) $\Rightarrow \forall x\ (H(x) \Rightarrow U(x))$ //wg. Transitivität

betrachte $vii \wedge iii \wedge v$:

$\forall x\ (H(x) \Rightarrow U(x)) \wedge \forall y\ (S(y) \Rightarrow U(y)) \wedge \forall x,y\ (U(x) \wedge U(y) \Rightarrow F(x,y))$
$\Leftrightarrow \quad \forall x,y\ (H(x) \Rightarrow U(x) \wedge S(y) \Rightarrow U(y) \wedge (U(x) \wedge U(y)) \Rightarrow F(x,y))$
$\Rightarrow \quad \forall x,y\ (H(x) \wedge S(y) \Rightarrow F(x,y))$ //wg. Transitivität

Aufgabe 5: Relationenkalkül

Gegeben sei das aus der ersten Übung bekannte Schema einer Universitätsdatenbank:

Professor	(P_Name, Fachrichtung_Nr, Gebäude, Raum, Tel)
Fachrichtung	(Fachrichtung_Nr, F_Name, Studiendekan)
Gebäude	(Gebäude, Hausmeister)
Student	(Matrikel_Nr, S_Name, Semester, Fachrichtung_Nr)
Prüfung	(Matrikel_Nr, Fach, Prüfer, Note)

Formulieren Sie die folgenden Anfragen als Ausdrücke des Tupel-Relationenkalküls und des Domain-Relationenkalküls:

a) Wer ist Studiendekan der Fachrichtung 6.2?

TRK: {f.Studiendekan | f $\in$ Fachrichtung $\wedge$ f.Fachrichtung_Nr = ‚6.2'}
DRK: {pro | $\exists$ nr, name: Fachrichtung(nr,name,pro) $\wedge$ nr = ‚6.2'}

b) In welchem Gebäude befinden sich Professoren der Fachrichtung 6.2?

TRK: $\{p.\text{Gebäude} \mid p \in \text{Professor} \wedge p.\text{Fachrichtung\_Nr} = \text{‚6.2'}\}$

DRK: $\{\text{geb} \mid \exists\, \text{name,nr,raum,tel}: \text{Professor}(\text{name,nr,raum,tel}) \wedge \text{nr} = \text{‚6.2'}\}$

c) Welche Studenten haben sich im Fach Datenbanksysteme bei Prof. Weikum prüfen lassen und haben nicht bestanden?

TRK: $\{p.\text{Matrikel\_Nr} \mid p \in \text{Prüfung} \wedge p.\text{Fach} = \text{‚Datenbanksysteme'} \wedge$
$p.\text{Prüfer} = \text{‚Weikum'} \wedge p.\text{Note} > 4.3\}$

DRK: $\{\text{nr} \mid \exists\, \text{fa,pr,no}: \text{Prüfung}(\text{nr,fa,pr,no}) \wedge \text{fa} = \text{‚Datenbanksysteme'} \wedge \text{pr} = \text{‚Weikum'} \wedge$
$\text{no} > 4.3\}$

d) An welchen Hausmeister muß sich Prof. Weikum wenden, wenn er seinen Zimmerschlüssel vergessen hat?

TRK: $\{g.\text{Hausmeister} \mid g \in \text{Gebäude} \wedge \exists\, p: (p \in \text{Professor} \wedge g.\text{Gebäude} = p.\text{Gebäude} \wedge$
$p.\text{P\_Name} = \text{‚Weikum'}\}$

DRK: $\{\text{hm} \mid \exists\, \text{geb}: \text{Gebäude}(\text{hm,geb}) \wedge \exists\, \text{na,fa,ra,tel}: \text{Professor}(\text{na,fa,geb,ra,tel}) \wedge$
$\text{na} = \text{‚Weikum'}\}$

e) Welche Studenten, die mindestens im sechsten Semester sind, haben in allen bisherigen Prüfungen mindestens die Note 2.0 erreicht?

TRK: $\{s.\text{S\_Name} \mid s \in \text{Student} \wedge s.\text{Semester} \geq 6 \wedge \forall p: ((p \in \text{Prüfung} \wedge$
$s.\text{Matrikel\_Nr} = p.\text{Matrikel\_Nr}) \rightarrow p.\text{Note} \leq 2.0)\}$

oder

$\{s.\text{S\_Name} \mid s \in \text{Student} \wedge s.\text{Semester} \geq 6 \wedge \forall p: (\neg(p \in \text{Prüfung} \vee$
$s.\text{Matrikel\_Nr} \neq p.\text{Matrikel\_Nr} \vee p.\text{Note} \leq 2.0)\}$

oder

$\{ s.\text{S\_Name} \mid s \in \text{Student} \wedge s.\text{Semester} \geq 6 \wedge \neg\exists p: (p \in \text{Prüfung} \wedge$
$s.\text{Matrikel\_Nr} = p.\text{Matrikel\_Nr} \wedge p.\text{Note} > 2.0)\}$

DRK: $\{\text{na} \mid \exists\, \text{nr,se,fa}: \text{Student}(\text{nr,na,se,fa}) \wedge \text{se} \geq 6 \wedge$
$\neg(\exists\, \text{nr2,pfa,pr,no}: \text{Prüfung}(\text{nr2,pfa,pr,no}) \wedge \text{nr2} = \text{nr} \wedge \text{no} > 2.0)\}$

oder

$\{\text{na} \mid \exists\, \text{nr,se,fa}: \text{Student}(\text{nr,na,se,fa}) \wedge \text{se} \geq 6 \wedge$
$\neg(\exists\, \text{pfa,pr,no}: \text{Prüfung}(\text{nr,pfa,pr,no}) \wedge \text{no} > 2.0)\}$

f) Student Hugo Meier will den Studentendekan seiner Fachrichtung anrufen, wie lautet seine Telefonnummer?

TRK: $\{p.\text{Tel} \mid p \in \text{Professor} \wedge \exists\, f: (f \in \text{Fachrichtung} \wedge \exists s: (s \in \text{Student} \wedge$
$p.\text{Fachrichtung\_Nr} = f.\text{Fachrichtung\_Nr} \wedge p.\text{P\_Name} = f.\text{Studentendekan} \wedge$
$s.\text{Fachrichtung\_Nr} = f.\text{Fachrichtung\_Nr} \wedge s.\text{S\_Name} = \text{‚Hugo Meier'}))\}$

DRK: $\{\text{te} \mid \exists\, \text{fnr,fna,pr}: \text{Fachrichtung}(\text{fnr,fna,pr}) \wedge \exists\, \text{na,ge,ra}: \text{Professor}(\text{pr,fnr,ge,ra,te}) \wedge$
$\exists\, \text{nr,sna,se}: \text{Student}(\text{nr,sna,se,fnr}) \wedge \text{sna} = \text{‚Hugo Meier'}\}$

Aufgabe 6: Äquivalenz von RA und TRK

Betrachten Sie erneut die Musikdatenbank.
Geben Sie für die folgenden Relationenalgebra-Anfragen äquivalente Anfragen im sicheren Tupelrelationenkalkül an.

a) π [Name]
((σ[Instrument != 'Klavier'] (Interpret) |×| σ [Tätigkeit = 'Komponist'] (Autor)) |×| Person)

Die intuitive Bedeutung der Anfrage ist:
Finde alle Komponisten, die bei einer Aufnahme eines ihrer Stücke mitspielen, aber nicht Klavier.

$\{p.Name \mid p \in Person \wedge \exists m\ (m \in Musikstück \wedge$
$\exists i\ (i \in Interpret \wedge i.Instrument \mathrel{!=} 'Klavier' \wedge i.PID=p.PID \wedge m.DiskID = i.DiskID \wedge$
$m.StückID = i.StückID) \wedge$
$\exists a\ (a \in Autor \wedge a.Tätigkeit = 'Komponist' \wedge a.PID=p.PID \wedge m.DiskID = a.DiskID \wedge$
$m.StückID = a.StückID))\}$

b) π [DiskTitel]
(Disk |x| (π [DiskID](σ [Preis < 20](Disk)) - π [DiskID](σ [Länge < 10] (Musikstück)))

Die intuitive Bedeutung der Anfrage ist:
Finde CDs unter 20 DM, die kein einziges Stück mit einer Spieldauer unter 10 Minuten enthalten.

$\{d.DiskTitel \mid d \in Disk \wedge d.Preis < 20 \wedge$
$\neg\exists m\ (m \in Musikstück \wedge m.Länge < 10 \wedge m.DiskID = d.DiskID)\}$

Aufgabe 7: Relationenalgebra

Beweisen Sie, dass in der Relationenalgebra die Selektion distributiv über dem natürlichen Join ist, dass also für eine Filterformel F, die sich nur auf Attribute aus sch(R) bezieht, gilt:

$\sigma[F](R \mid x \mid S) = (\sigma[F](R)) \mid x \mid S$.

Zu zeigen ist dabei, dass Schema und Ausprägung auf beiden Seiten der Gleichung identisch sind:

Schema

- $sch(\sigma[F](R \mid x \mid S)) = sch(R \mid x \mid S) = sch(R) \cup sch(S)$
- $sch((\sigma[F](R)) \mid x \mid S) = sch(\sigma[F](R)) \cup sch(S) = sch(R) \cup sch(S)$

Ausprägung

A:=sch(R)
B:=sch(S)

- $val(\sigma[F](R \mid x \mid S) = \{t \mid t \in val(R \mid x \mid S) \wedge F(t)\}$
  $= \{t \mid \exists r \in val(R)\ \exists s \in val(S): t.A=r.A \wedge t.B=s.B \wedge F(t)\}$
- $val((\sigma[F](R)) \mid x \mid S) = \{t \mid \exists r \in val(\sigma[F](R))\ \exists s \in val(S): t.A=r.A \wedge t.B=s.B\}$
  $= \{t \mid \exists r \in val(R)\ \exists s \in val(S): t.A=r.A \wedge t.B=s.B \wedge F(t)\}$

wobei F(t) bedeutet, dass t die Bedingung F erfüllt, die sich allerdings nur auf Attribute von sch(R) bezieht.