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 05)
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: 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:

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

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

Schema

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

Ausprägung

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

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

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

Aufgabe 4: Spezifikation mit Prädikatenlogik

Formulieren Sie die folgenden Eigenschaften natürlicher Zahlen als prädikatenlogische Formeln:

a) Eine Zahl *x* ist <u>prim</u>, wenn sie keinen Teiler außer *Eins* und *x* selbst hat.
b) Der <u>ggT</u> zweier Zahlen *x* und *y* ist die größte Zahl, die sowohl *x* als auch *y* teilt.
c) Zwei Zahlen *x* und *y* heißen <u>teilerfremd</u>, 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 5: 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 6: 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 ∈ Fachrichtung ∧ f.Fachrichtung_Nr = ‚6.2'}
DRK: {pro | ∃ nr, name: Fachrichtung(nr,name,pro) ∧ nr = ‚6.2'}

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

TRK: {p.Gebäude | p ∈ Professor ∧ p.Fachrichtung_Nr = ‚6.2'}
DRK: {geb | ∃ name,nr,raum,tel: Professor(name,nr,raum,tel) ∧ nr = ‚6.2'}

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

TRK: {p.Matrikel_Nr | p ∈ Prüfung ∧ p.Fach = ‚Datenbanksysteme' ∧
p.Prüfer = ‚Weikum' ∧ p.Note > 4.3}
DRK: {nr | ∃ fa,pr,no: Prüfung(nr,fa,pr,no) ∧ fa = ‚Datenbanksysteme' ∧ pr = ‚Weikum' ∧
no > 4.3}

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

TRK: {g.Hausmeister | g ∈ Gebäude ∧ ∃ p: (p ∈ Professor ∧ g.Gebäude = p.Gebäude ∧
p.P_Name = ‚Weikum'}
DRK: {hm | ∃ geb: Gebäude(hm,geb) ∧ ∃ na,fa,ra,tel: Professor(na,fa,geb,ra,tel) ∧
na = ‚Weikum'}

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

TRK: {s.S_Name | s ∈ Student ∧ s.Semester ≥ 6 ∧ ∀p: ((p ∈ Prüfung ∧
s.Matrikel_Nr = p.Matrikel_Nr) → p.Note ≤ 2.0)}
oder
{s.S_Name | s ∈ Student ∧ s.Semester ≥ 6 ∧ ∀p: (¬(p ∈ Prüfung ∨
s.Matrikel_Nr ≠ p.Matrikel_Nr ∨ p.Note ≤ 2.0)}

oder

{ s.S_Name | s $\in$ Student $\wedge$ s.Semester $\geq$ 6 $\wedge$ $\neg\exists$p: (p $\in$ Prüfung $\wedge$
s.Matrikel_Nr = p.Matrikel_Nr $\wedge$ p.Note > 2.0)}

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

oder

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

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

TRK: {p.Tel | p $\in$ Professor $\wedge$ $\exists$ f: (f $\in$ Fachrichtung $\wedge$ $\exists$s: (s $\in$ Student $\wedge$
p.Fachrichtung_Nr = f.Fachrichtung_Nr $\wedge$ p.P_Name = f.Studentendekan $\wedge$
s.Fachrichtung_Nr = f.Fachrichtung_Nr $\wedge$ s.S_Name = ‚Hugo Meier'))}

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

Aufgabe 7: 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 | p $\in$ Person $\wedge$ $\exists$m (m $\in$ Musikstück $\wedge$
$\exists$i (i $\in$ Interpret $\wedge$ i.Instrument != '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 |×| (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 | d $\in$ Disk $\wedge$ d.Preis < 20 $\wedge$
$\neg\exists$m (m $\in$ Musikstück $\wedge$ m.Länge < 10 $\wedge$ m.DiskID = d.DiskID)}