



Modul
Grundlagen von Datenbanken
Wintersemester 2020/21

Abschlussklausur
27.02.2021, 10.00 Uhr – 12.45 Uhr, online

Aufgabe	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Gesamt
Punkte	19	10	12	10	15	10	13	11	10	10	120
Ergebnis											

Rechtsmittelbelehrung:

Gegen die Bewertung dieser Prüfungsleistung kann innerhalb eines Monats nach ihrer Bekanntgabe Widerspruch erhoben werden. In diesem Zeitraum kann die Bewertung der Klausur eingesehen werden. Der Widerspruch ist schriftlich oder zur Niederschrift beim Vorsitzenden des B.Sc./M.Sc.-Prüfungsausschusses einzulegen. Es wird darauf hingewiesen, dass ein erfolgloses Widerspruchsverfahren kostenpflichtig ist.

Bearbeitungshinweise:

- Die Bearbeitungsdauer der Klausur beträgt insgesamt 120 + 45 Minuten.
- Es werden maximal 120 Punkte vergeben. Dabei entsprechen die den einzelnen Aufgaben zugeordneten Punkte den jeweils vorgesehenen Bearbeitungszeiten (in Minuten). Zum Bestehen der Klausur sind 50% der erreichbaren Punkte hinreichend.
- Es sind alle Hilfsmittel zugelassen, die keine Interaktion mit anderen Personen erfordern. Die Benutzung von Taschenrechnern ist somit erlaubt.

Viel Erfolg!

1 Informationsmodellierung mit dem Entity-Relationship-Modell

[19 P.]

Eine Webseite will Flugbewegungen darstellen. Dafür soll ein Informationssystem entwickelt werden.

Erstellen Sie im Folgenden dazu das zugrundeliegende Informationsmodell in Form eines ER-Diagramms. Beziehen Sie sich dabei genau auf die gegebene Beschreibung, ohne weiteres Wissen zu möglicherweise ähnlichen Anwendungsbereichen einfließen zu lassen. Markieren Sie in Ihrem Entwurf Primärschlüssel durch Unterstreichung und konkretisieren Sie die Abbildungstypen durch **Kardinalitätsrestriktionen** (Notation: [min;max]). Verwenden Sie unbedingt die aus der Vorlesung bekannte Notation. Benutzen Sie möglichst wenige Entity-Typen (Ausnahme: Vererbung).

Eine etwaige (Existenz-)Abhängigkeit soll nur dann modelliert werden, wenn dies eindeutig aus der Beschreibung hervorgeht (z.B. durch die Angabe eines schwachen Schlüssels).

Es gibt **Flughäfen**, diese sind eindeutig beschrieben durch ihr Kürzel. Außerdem haben sie eine Landebahnenanzahl. Manche Flughäfen sind **Passagierflughäfen**.

Es gibt **Flugstrecken**. Diese haben mehrere Flugnummern und eine Fluggesellschaft. Flugstrecken kommen **von** genau einem Passagierflughafen, fliegen **zu** genau einem Passagierflughafen und fliegen **über** maximal 1 Passagierflughafen. Flugstrecken sind eindeutig beschrieben durch die Kombination von ihrer Fluggesellschaft und den Passagierflughäfen, von denen sie fliegen und zu denen sie fliegen. Von Passagierflughäfen können beliebig viele Flugstrecken starten (von), landen (nach) oder zwischenlanden (über).

Es gibt **Flugzeugtypen**. Diese sind eindeutig beschrieben durch ihre Modellnummer.

Es gibt **Piloten**. Diese sind eindeutig beschrieben durch eine ID. Außerdem haben sie einen Namen, der aus Vornamen und Nachnamen besteht. Piloten **haben Lizenzen** für mindestens einen und maximal 3 Flugzeugtypen. Für einen Flugzeugtyp können beliebig viele Piloten eine Lizenz haben. Jede Lizenz hat ein Ausstelldatum.

Es gibt **Flugzeuge**. Diese haben ein Baujahr und ein Kennzeichen. Flugzeuge sind eindeutig beschrieben durch die Kombination von ihrem Kennzeichen und dem **zugehörigen** Flugzeugtyp. Es kann beliebig viele Flugzeuge geben die zu einem Flugzeugtyp gehören.

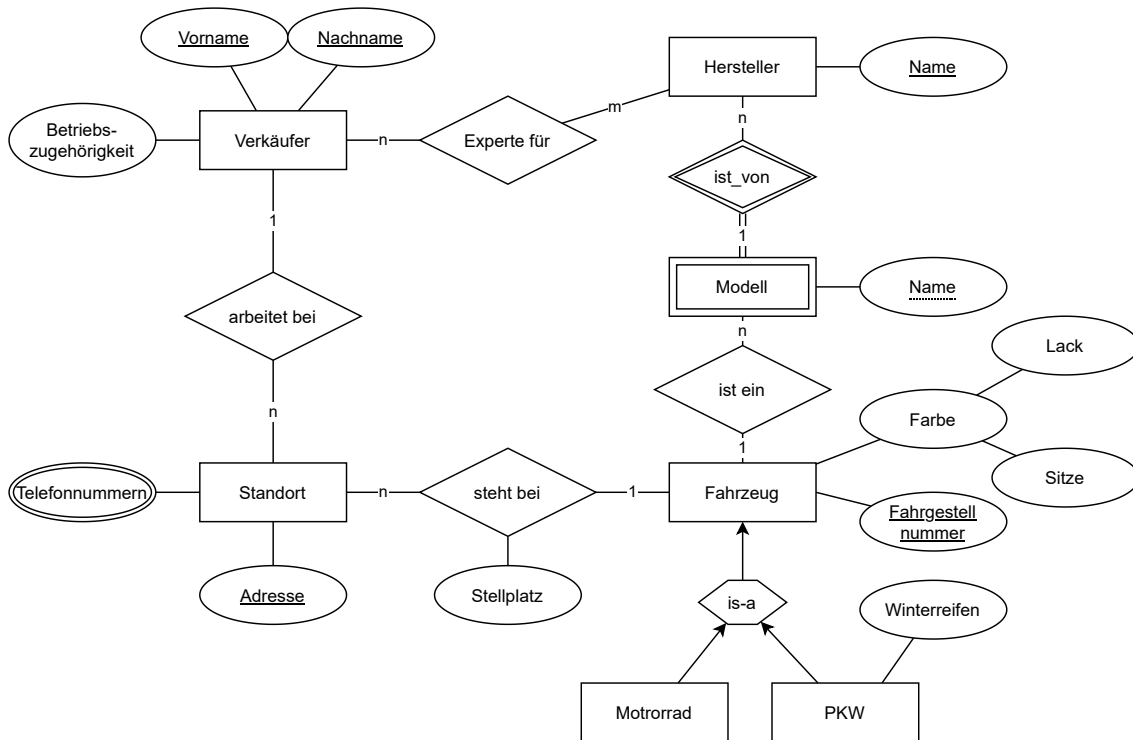
Flugzeuge haben genau einen Flughafen als **Heimatflughafen**. Flughäfen können für beliebig viele Flugzeuge der Heimatflughafen sein.

Flugzeuge sind **unterwegs auf** beliebig vielen Flugstrecken. Auf jeder Flugstrecke ist mindestens ein Flugzeug unterwegs.

2 Abbildung eines ER-Diagramms auf das relationale Datenmodell

[10 P.]

Gegeben sei folgendes ER-Diagramm:



Entwickeln Sie aus dem dargestellten ER-Diagramm ein entsprechendes relationales Datenbankschema anhand der in der Vorlesung erläuterten Abbildungsregeln. Stellen Sie sicher, dass Ihr Datenbankschema die minimale Anzahl von Relationen aufweist. Verwenden Sie **vertikale Partitionierung**, um die Vererbung abzubilden. Stellen Sie das resultierende DB-Schema dar, indem Sie die notwendigen Relationenschemata in der Form

$$Relation(Attribut_1, Attribut_2, \dots, Attribut_n)$$

anführen und dabei jeweils den Primärschlüssel unterstreichen. Gegebenenfalls enthaltene Fremdschlüssel sind zu „unterstrichen“ oder **Grau zu hinterlegen** und durch die aus den Übungen bekannte Pfeilnotation zu spezifizieren:

$$\underline{Attr_i} \rightarrow Rel_b. Attr_j$$

Hinweis zur Semantik von 1:n-Beziehungen: Nach dem dargestellten ER-Diagramm steht ein Fahrzeug an maximal einem Standort. An einem Standort können beliebig viele Fahrzeuge stehen.

3 Relationenalgebra

[12 P.]

Gegeben seien die folgenden Relationenschemata:

Ring(Ringname, Material, Kraft, ErschafferIn → Wesen.WNr)

Wesen(WNr, Vorname, Nachname, Volk, Alter, Gesinnung)

RingtraegerIn(RNr → Wesen.WNr, Ring → Ring.Ringname, von, bis)

Gruppierung(GNr, Gruppenname, AnfuehrerIn → Wesen.WNr)

Ort(ONr, Ortsname, AnzahlEinwohner, BuergermeisterIn → Wesen.WNr)

HatBesucht(BesucherIn → Wesen.WNr, Ort → Ort.ONr)

Benutzen Sie zur Lösung der folgenden Aufgaben ausschließlich die in der Vorlesung vorgestellten Operatoren der Relationenalgebra!

- Geben Sie einen Relationenalgebra-Ausdruck an, der die ONr und AnzahlEinwohner aller Orte ausgibt, die schonmal von einem Wesen besucht wurden, das jünger als 30 Jahre alt ist, aber noch nie ein(e) RingtraegerIn war. [2.5 P.]
- Geben Sie einen Relationenalgebra-Ausdruck an, der die GNr, den Gruppenname und die WNr der AnfuehrerInnen aller Gruppierungen, deren AnfuehrerIn vom Volk der „Goblins“, ein(e) BuergermeisterIn eines Ort mit maximal 13.000 Einwohnern und jünger als 59 Jahre alt ist. [2.5 P.]
- Geben Sie einen Relationenalgebra-Ausdruck an, der zu dem unten angegebenen SQL-Ausdruck äquivalent ist. [2.5 P.]

```
SELECT DISTINCT r.Ringname, w.Vorname, w.Volk
FROM Ring r, Wesen w, RingtraegerIn rt
WHERE w.WNr = rt.RNr
      AND w.WNr = r.ErschafferIn
      AND rt.von < 3105
      AND r.Ringname <> rt.Ring;
```

- Geben Sie eine natürlichsprachliche Beschreibung der Ergebnismenge des folgenden Relationenalgebra-Ausdrucks an. [2.5 P.]

$$\sigma_{\text{Nachname}=\text{„Beutlin“}}(\text{Wesen}) \bowtie \left(\rho_{\text{WNr} \leftarrow \text{BuergermeisterIn}}(\pi_{\text{BuergermeisterIn}}(\text{Ort})) - \right. \\ \left. \rho_{\text{WNr} \leftarrow \text{AnfuehrerIn}}(\pi_{\text{AnfuehrerIn}}(\text{Gruppierung})) - \right. \\ \left. \rho_{\text{WNr} \leftarrow \text{RNr}}(\pi_{\text{RNr}}(\text{RingtraegerIn})) \right)$$

[2 P.]

- e) Seien R, S Relationen. $R.A$ und $S.A$ bezeichnen jeweils Attribute der Relationen R und S .

Gegeben sei der Operator \odot , definiert durch:

$$R \underset{R.A=S.A}{\odot} S := R - \left(\pi_{R.*} \left(R \underset{R.A=S.A}{\bowtie} S \right) \right)$$

Geben Sie eine natürlichsprachliche Beschreibung der Ergebnismenge des Ausdrucks $R \underset{R.A=S.A}{\odot} S$ an.

4 Optimierung

[10 P.]

Gegeben seien die aus Aufgabe 3 bekannten Relationenschemata:

Ring(Ringname, Material, Kraft, ErschafferIn → Wesen.WNr)

Wesen(WNr, Vorname, Nachname, Volk, Alter, Gesinnung)

RingtraegerIn(RNr → Wesen.WNr, Ring → Ring.Ringname, von, bis)

Gruppierung(GNr, Gruppenname, AnfuhrerIn → Wesen.WNr)

Ort(ONr, Ortsname, AnzahlEinwohner, BuergermeisterIn → Wesen.WNr)

HatBesucht(BesucherIn → Wesen.WNr, Ort → Ort.ONr)

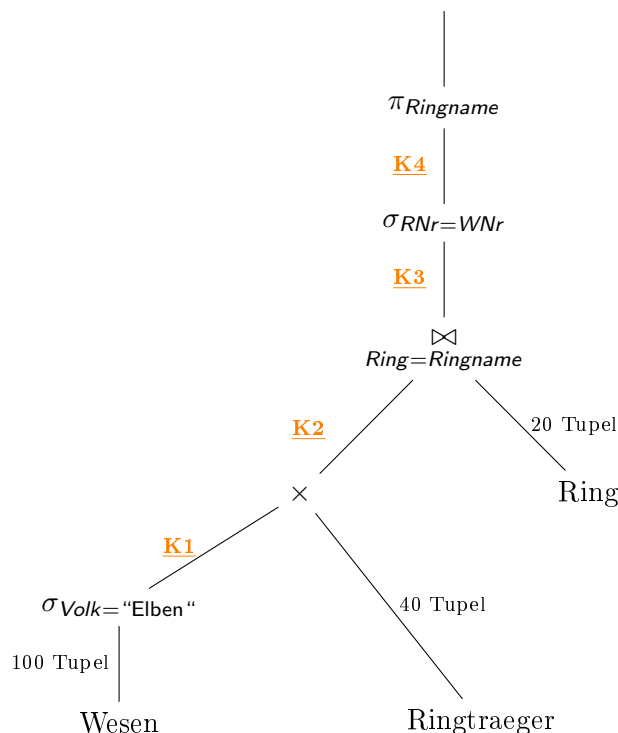
Bewerten Sie die drei im folgenden dargestellten Operatorbäume mit den Kardinalitäten der Zwischenergebnisse (Die Anzahl der Attribute soll dabei **nicht** betrachtet werden). Schreiben Sie die jeweiligen Kardinalitäten K1-K4 samt Berechnung auf.

Für die zugehörige Datenbank werden folgende Kardinalitäten angenommen:

$\text{Card}(\text{Wesen}) = 100$, $\text{Card}(\text{Ring}) = 20$, $\text{Card}(\text{Ort}) = 40$ und $\text{Card}(\text{Ringtraeger}) = 40$. Unter den Wesen gibt es 10 verschiedene Völker und die Hälfte aller Ringe sind aus Gold geschmiedet. Zudem sind alle Wesen zwischen 1 und 1000 Jahre alt. Dabei wird das Alter in ganzen Jahren abgespeichert (d.h. es handelt sich hierbei um einen diskreten Wertebereich). In allen Fällen wird von einer Gleichverteilung ausgegangen.

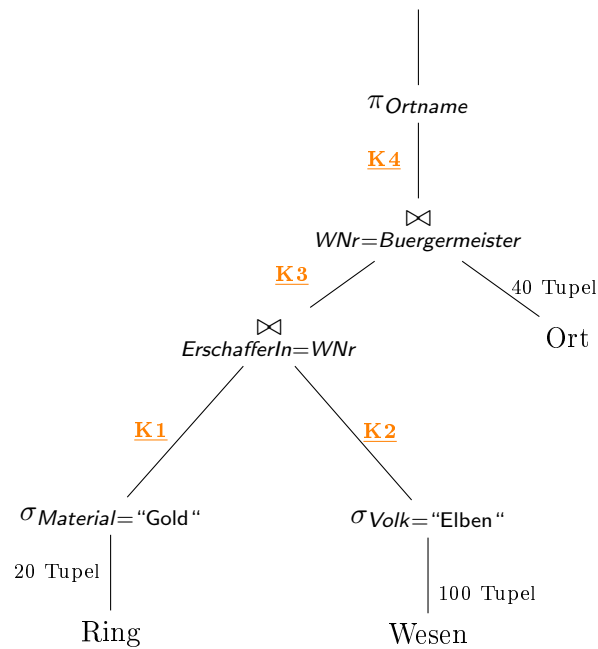
a) Operatorbaum 1:

[4 P.]



[4 P.]

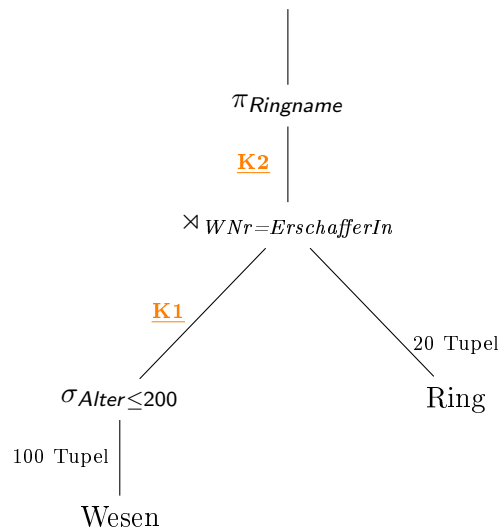
b) Operatorbaum 2:



Wdh.: Unter den Wesen gibt es 10 verschiedene Völker und die Hälfte aller Ringe sind aus Gold geschmiedet. Zudem sind alle Wesen zwischen 1 und 1000 Jahre alt.

[2 P.]

c) Operatorbaum 3:



5 SQL

[15 P.]

Gegeben seien die aus Aufgabe 3 bekannten Relationenschemata:

Ring(Ringname, *Material*, *Kraft*, ErschafferIn → *Wesen.WNr*)

Wesen(WNr, *Vorname*, *Nachname*, *Volk*, *Alter*, *Gesinnung*)

RingtraegerIn(RNr → *Wesen.WNr*, Ring → *Ring.Ringname*, *von*, *bis*)

Gruppierung(GNr, *Gruppenname*, AnfuhrerIn → *Wesen.WNr*)

Ort(ONr, *Ortsname*, *AnzahlEinwohner*, BuergermeisterIn → *Wesen.WNr*)

HatBesucht(BesucherIn → *Wesen.WNr*, Ort → *Ort.ONr*)

- a) Formulieren Sie entsprechende SQL-Anweisungen für die in den nachfolgenden Teilaufgaben angeführten natürlichsprachlich formulierten Mengenbeschreibungen. **Verwenden Sie den in der Vorlesung verwendeten SQL-Standard.** Die SQL-Schlüsselwörter JOIN und EXCEPT dürfen dabei nicht verwendet werden.
- i) Für jeden Ring soll der Ringname und das Durchschnittsalter seiner RingtraegerInnen angegeben werden. [3 P.]
 - ii) Der Ringname, die Kraft und das Alter seiner ErschafferIn aller Ringe, die noch nie von einem/einer BuergermeisterIn vom Volke der „Zwerge“ getragen wurden. [3 P.]
 - iii) Die GNr und die Gruppennamen aller Gruppierungen, deren AnfuhrerInnen vom gleichen Volk stammen wie das Wesen Gimli Elbenfreund¹. Das Ergebnis soll absteigend alphabetisch nach dem Nachnamen der AnfuhrerInnen sortiert werden. [3 P.]
 - iv) Die ONr, die Ortsnamen und die AnzahlEinwohner aller Ort, die mindestens 5.000 sowie maximal 25.000 Einwohner haben und bei denen das maximale Alter aller Besucher größer als 15 (Jahre) ist. [3 P.]
- b) Schreiben Sie folgenden Ausdruck so um, dass anstelle des Subqueries ein Join verwendet wird. [3 P.]

```
SELECT DISTINCT o.ONr, o.Ortsname
FROM Ort o, HatBesucht hb
WHERE o.ONr = hb.Ort
AND EXISTS (
  SELECT *
  FROM Ringtraeger rt, Gruppierung g, Wesen w
  WHERE (hb.Besucher = rt.RNr OR hb.Besucher = g.AnfuhrerIn)
  AND w.WNr = hb.Besucher
  AND (w.Volk = 'Elben' OR w.Volk = 'Menschen')
);
```

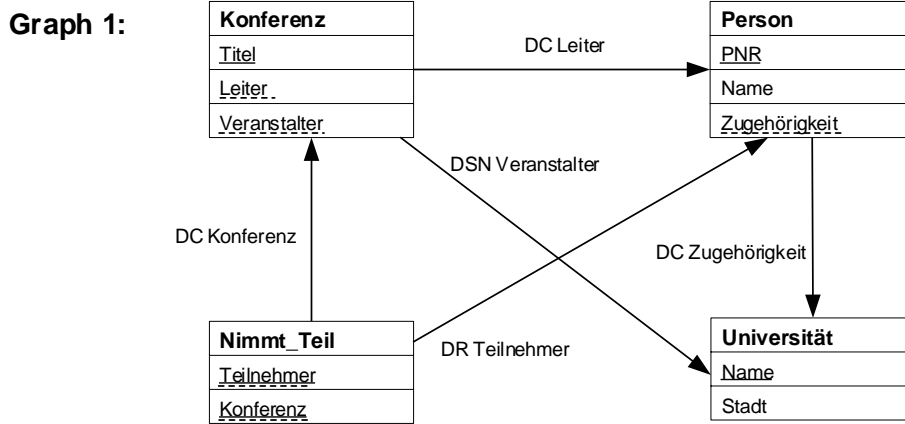
¹Vorname: „Gimli“, Nachname: „Elbenfreund“

6 Referentielle Aktionen

[9 P.]

[4 P.]

a) Gegeben sei folgender Referenzgraph für eine Konferenzdatenbank.



Hinweis: DC = On Delete Cascade, DR = On Delete Restrict, DSN = On Delete Set Null.

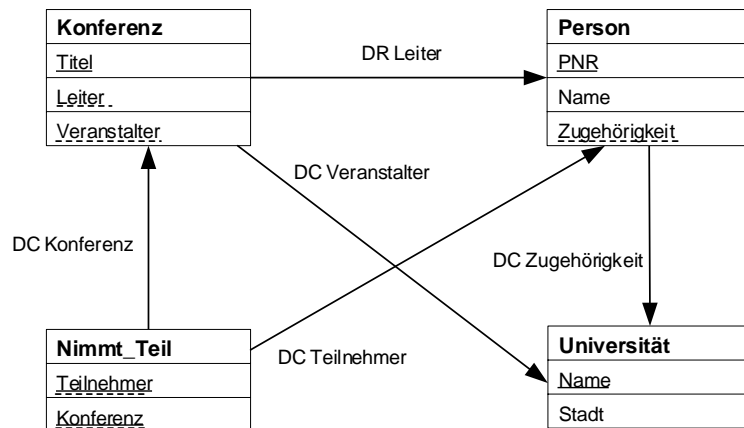
In welchen der folgenden Szenarien können reihenfolgeabhängige Ergebnisse auftreten. Geben Sie jeweils „Ja“ oder „Nein“ an.

Ja Nein

- ☐ ☐ **A1:** Es gibt keine Szenarien in denen reihenfolgeabhängige Ergebnisse auftreten können (d.h. das Schema ist sicher).
- ☐ ☐ **A2:** Wenn eine Person gelöscht wird, die nur solche Konferenzen geleitet hat, bei denen sie der einzige Teilnehmer war, sie aber auch an anderen Konferenzen teilnahm.
- ☐ ☐ **A3:** Wenn eine Universität gelöscht wird, deren zugehörige Personen nur Konferenzen geleitet haben, die von dieser Universität veranstaltet wurden, aber einige Konferenzen dieser Universität von Externen geleitet wurden.
- ☐ ☐ **A4:** Wenn eine Person gelöscht wird, die nur an solchen Konferenzen teilnahm, die sie auch geleitet hat, sie aber auch Leiter von anderen gut besuchten Konferenzen war.

- b) Gegeben sei folgender Referenzgraph für eine Konferenzdatenbank.

[4 P.]

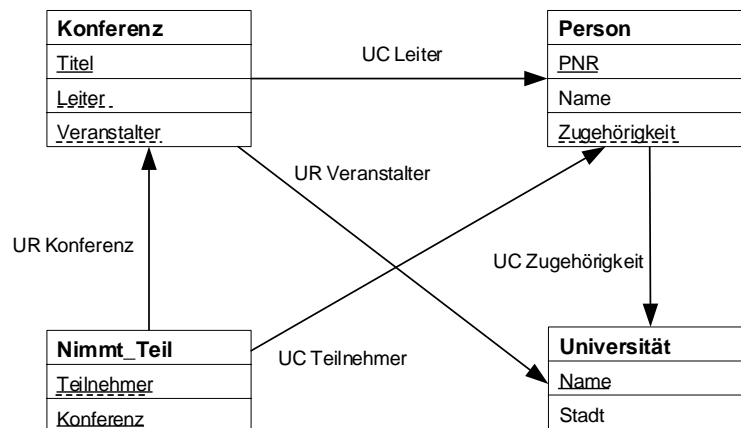
Graph 1:

Hinweis: DC = On Delete Cascade, DR = On Delete Restrict, DSN = On Delete Set Null.

Das im Graph dargestellte Schema ist nicht sicher. Beschreiben Sie ein Szenario in dem reihenfolgeabhängige Ergebnisse auftreten können. Eine Nennung und/oder Beschreibung der verschiedenen Löschpfade ist dabei nicht erforderlich.

- c) Referentielle Aktionen werden nicht nur für das Löschen, sondern auch für das Ändern (ON UPDATE) von Tupeln definiert. Gegeben sei folgender Referenzgraph für eine Konferenzdatenbank.

[2 P.]

Graph 3:

Hinweis: UC = On Update Cascade, UR = On Update Restrict.

Bestimmen Sie, ob das im Graph dargestellte Schema sicher ist und begründen Sie Ihre Antwort.

7 Änderbarkeit von Sichten

[13 P.]

Gegeben sei folgendes Relationenschemata:

Haustier(ID, Name, Familie, Geburtsjahr, Gewicht, Besitzer → Besitzer.ID)

Besitzer(ID, Vorname, Name, Alter, Wohnort → Stadt.ID)

Stadt(ID, Name, Bundesland)

[3 P.]

- a) Geben Sie die SQL-Anweisung an, die notwendig ist, um die folgende Sicht *HundeNamenAnzahlBundesland* zu erstellen: Jeden Namen, sowie die Vorkommnisse des Namens der Familie 'Hund', gruppiert nach Bundesland (Teil der Ausgabe), aufsteigend sortiert nach Bundesland und absteigend nach der Anzahl.

[2 P.]

- b) Ist die angegebene Sicht änderbar? Begründen Sie Ihre Antwort.

[8 P.]

- c) Auf der Relation seien folgende Sichten definiert:

```
CREATE VIEW Jungtier
AS SELECT * FROM Haustier
WHERE Geburtsjahr = 2021;
```

```
CREATE VIEW GuterHund
AS SELECT * FROM Haustier
WHERE Familie = 'Hund';
```

```
CREATE VIEW Katzen
AS SELECT * FROM Haustier
WHERE Familie = 'Katze' WITH CASCADED CHECK OPTION;
```

```
CREATE VIEW Chonker
AS SELECT * FROM Katzen
WHERE Gewicht > 7000 WITH CASCADED CHECK OPTION;
```

Es handelt sich bei allen obigen Sichtdefinitionen um änderbare Sichten. Geben Sie für die nachfolgend dargestellten Operationen an, ob diese von einem Datenbanksystem erlaubt bzw. zurückgewiesen werden. Begründen Sie jeweils Ihre Antwort, falls die Änderung bzw. das Einfügen nicht zulässig ist. Für die Fälle, in denen die Änderung bzw. das Einfügen zulässig ist, geben Sie außerdem an, in welchen Sichten die geänderten/eingefügten Tupel nach Abschluss der Operation sichtbar werden.

- i) **INSERT INTO** Chonker
(Name, Familie, Geburtsjahr, Gewicht, Besitzer) **VALUES**
('Milo', 'Hund', 2010, 10000, 1);
- ii) **INSERT INTO** Jungtier
(Name, Familie, Geburtsjahr, Gewicht, Besitzer) **VALUES**
('Heinrich', 'Vogel', 2020, 30, 2);
- iii) **INSERT INTO** GuterHund
(Name, Familie, Geburtsjahr, Gewicht, Besitzer) **VALUES**
('Kiki', 'Katze', 2021, 150, 3);
- iv) **INSERT INTO** Katzen
(Name, Familie, Geburtsjahr, Gewicht, Besitzer) **VALUES**
('Nana', 'Hund', 2021, 8000, 4);

8 Transaktionen

[11 P.]

Gegeben sind die vier Objekte a, b, c und d, welche von den Transaktionen T_1 , T_2 und T_3 gelesen bzw. geschrieben werden. Dabei bezeichnet $w_i(a)$ den Schreibzugriff der Transaktion T_i auf das Objekt a und $r_i(a)$ den Lesezugriff der Transaktion T_i auf a.

- a) **Serialisierbarkeit:** Die Schedules S_1 , S_2 und S_3 der drei folgenden Teilaufgaben zeigen jeweils an, in welcher Reihenfolge die Operationen der jeweiligen drei Transaktionen T_1 , T_2 und T_3 beim Scheduler eines Datenbanksystems eintreffen. Die Operation c_i soll das Commit der Transaktion T_i darstellen.

Welche Abhängigkeiten existieren jeweils zwischen den Operationen der drei Transaktionen innerhalb der Schedules? Nutzen Sie dabei die folgende Notation: Sind $w_i(a)$ und $r_j(a)$ voneinander abhängig und wird $w_i(a)$ zeitlich vor $r_j(a)$ ausgeführt, so wird dies durch $w_i(a) \rightarrow r_j(a)$ notiert.

Geben Sie außerdem an, ob die Schedules seriell, serialisierbar oder nicht serialisierbar sind? Begründen Sie die Antwort mit Hilfe der Abhängigkeiten und geben Sie jeweils einen äquivalenten seriellen Schedule an, sofern der Schedule serialisierbar ist.

- | | |
|--|--------|
| i) $S_1 = r_1(b) \ r_2(a) \ w_1(c) \ r_3(a) \ c_1 \ w_3(c) \ w_2(a) \ w_3(a) \ r_3(b) \ c_2 \ c_3$ | [2 P.] |
| ii) $S_2 = r_1(a) \ w_3(b) \ r_2(a) \ w_2(c) \ w_1(b) \ r_1(b) \ r_3(c) \ w_2(a) \ c_1 \ c_3 \ c_2$ | [2 P.] |
| iii) $S_3 = r_1(c) \ r_1(a) \ w_1(b) \ c_1 \ r_2(b) \ c_2 \ r_3(a) \ r_3(b) \ w_3(c) \ w_3(a) \ c_3$ | [2 P.] |

[5 P.]

- b) **2PL-Synchronisation mit R/X-Sperren:** Bei der Ausführung von S_4 soll das RX-Sperrverfahren mit 2PL zum Einsatz kommen. Vervollständigen Sie die unten angegebene Tabelle, indem Sie die Sperranforderungen (lock) und -freigaben (unlock) der Transaktionen, deren Lese- und Schreibzugriffe (read bzw. write) und Commits (commit) eintragen. Beachten Sie, dass eine Transaktion innerhalb eines Zeitschritts nur jeweils eine Operation durchführen kann. Nutzen Sie die Spalte „Bemerkungen“ für etwaige Wartebeziehungen und Benachrichtigungen an wartende Transaktionen.

$S_4 = r_2(b) \ r_1(b) \ w_2(a) \ r_3(a) \ c_3 \ w_1(c) \ c_1 \ c_2$

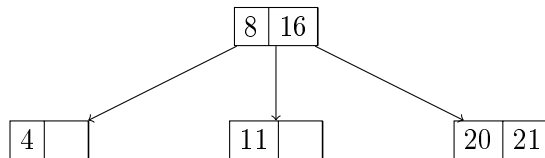
Zeitschritt	T_1	T_2	T_3	Bemerkung
0				
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				

9 B-Bäume

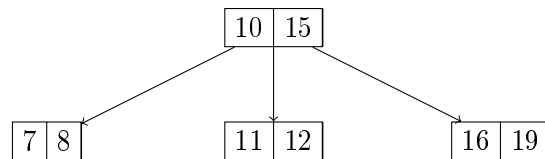
[10 P.]

Die B-Bäume sind im Folgenden stets gemäß der vereinfachten Darstellungsart aus der Vorlesung abgebildet.

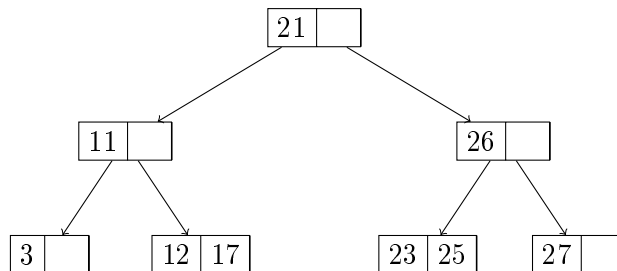
- a) Löschen Sie aus den unten abgebildeten **B-Bäumen** der Klasse $\tau(1, h)$ die Datensätze mit den jeweils angegebenen Schlüsselwerten (in der vorgegebenen Reihenfolge). Geben Sie jeweils kurz an, welche konkrete Maßnahme Sie durchgeführt haben (Mischen, Ausgleichen, einfaches Löschen) und **zeichnen Sie den jeweiligen Baum nach Ausführung aller Maßnahmen neu** (d. h. eine Zeichnung pro Teilaufgabe). Für Ausgleichs- und Mischoperationen sollen nur direkt benachbarte Geschwisterknoten (bevorzugt der rechte) herangezogen werden. [6 P.]
- i) Löschen Sie die Datensätze mit den Schlüsselwerten **21** und **11** in dieser Reihenfolge.



- ii) Löschen Sie die Datensätze mit den Schlüsselwerten **12** und **11** in dieser Reihenfolge.



- iii) Löschen Sie die Datensätze mit den Schlüsselwerten **12** und **3** in dieser Reihenfolge.



[4 P.]

- b) Gegeben sei ein **B-Baum** der Klasse $\tau(k, h)$. Innerhalb des zugehörigen (fiktiven) DBS wird vereinfachend eine Seitengröße von 1.240B ($L=1.240B$) angenommen. Die weiteren Kenngrößen sind dabei wie folgt festgelegt:

$$l_M = 16B$$

$$l_K = 6B$$

$$l_P = 6B$$

$$k = 7$$

Die Blattknoten entsprechen jeweils genau einer Seite. Wie lang ist demnach ein Datensatz? (gesucht ist also die Kenngröße l_D). Begründen Sie Ihr Ergebnis durch einen Rechenweg.

Hinweis: Die oben genannten Kenngrößen haben folgende Bedeutung:

l_M	die Länge der Seiteninformationen einer Seite
l_K	die Länge eines Schlüsselwertes
l_P	die Länge eines Zeigers

10 B*-Bäume

[10 P.]

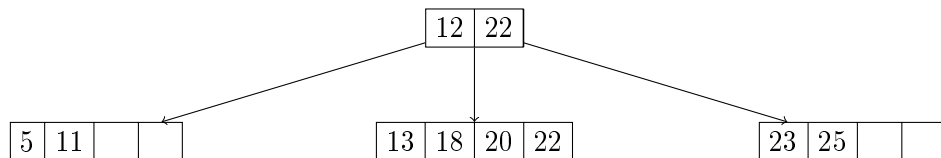
Die B*-Bäume sind im Folgenden stets gemäß der vereinfachten Darstellungsart aus der Vorlesung abgebildet.

- a) Nehmen Sie den **Split-Faktor 2** an und fügen Sie in die unten abgebildeten **B*-Bäume** der Klasse $\tau(1, 2, h^*)$ die Datensätze mit den jeweils angegebenen Schlüsselwerten in der vorgegebenen Reihenfolge ein. Nennen Sie jeweils die durchgeführten Maßnahmen (Splitten, Überlauf, einfaches Einfügen) und **zeichnen Sie den jeweiligen Baum nach Ausführung aller Maßnahmen neu** (d. h. eine Zeichnung pro Teilaufgabe). [6 P.]

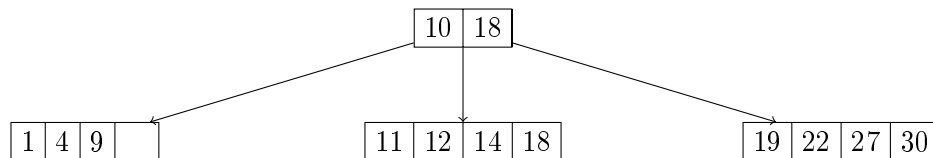
- i) Fügen Sie die Datensätze mit den Schlüsselwerten **10** und **20** in dieser Reihenfolge ein.

3	8	16	17
---	---	----	----

- ii) Fügen Sie die Datensätze mit den Schlüsselwerten **19** und **12** in dieser Reihenfolge ein.



- iii) Fügen Sie die Datensätze mit den Schlüsselwerten **15** und **26** in dieser Reihenfolge ein.



- b) Gegeben sei ein B*-Baum der Klasse $\tau(k, k^*, h^*)$ mit $k^* = 7$ und $h^* = 5$. Im Baum seien die **inneren Knoten minimal** und die **Blattknoten maximal** befüllt und halte 18.144 Datensätze. Ermitteln Sie den Befüllungsgrad k eines inneren Knoten! Geben Sie einen Rechenweg an! [4 P.]

Hinweis: Überlegen Sie sich hierzu den Aufbau ausgehend von der Blattebene.