Unterschrift (signature):

Studierendenausweis (student id card)

B1	B2	B3	B4	$\sum_{\mathrm{B}i}$	UE	$\sum$	N

Prüfung (Exam)
VU Einführung in wissensbasierte Systeme 2020W, 184.737
18.03.2021

Name:

Matrikelnummer (Student ID):

Kennzahl (Study Code):

Bitte leserlich mit Füllfeder oder Kugelschreiber schreiben. *Kein Bleistift*!
(Please give readable answers and use a fountain or ball pen. *No pencil*!)

Für die Multiple-Choice Fragen: Jede richtige Antwort zählt positiv, jede falsche Antwort negativ! Die minimale Punktezahl pro Teilaufgabe beträgt 0 Punkte.
(Multiple-Choice Questions: Correct answers give positive points, but wrong answers give negative points! You cannot get less than 0 points per subtask.)

Beispiel (Subtask) 1: **17 Punkte (points)**

Logikbasierte Wissensrepräsentation (Logic-based knowledge representation):

a) Definieren Sie den Begriff einer *Interpretationsstruktur* in der Prädikatenlogik erster Stufe. Gegeben ist eine Formel λ, erklären Sie den Unterschied zwischen einer Interpretationsstruktur und einem Modell für λ.
Zeigen oder widerlegen Sie mithilfe von Interpretationsstrukturen, dass für beliebige geschlossene Formeln φ, ψ und ρ aus $\psi \models \varphi \land \rho$ immer $\psi \models \rho$ folgt. Wenn Sie zusätzliche Theoreme aus der Vorlesung verwenden, so müssen Sie diese beweisen.

(Define the notion of an *interpretation structure* of first-order predicate logic. Given a formula λ, explain the difference between an interpretation structure and a model for λ.
Show or refute by means of interpretation structures: From $\psi \models \varphi \land \rho$ follows $\psi \models \rho$ for arbitrary closed formulas φ, ψ, and ρ. If you use additional theorems from the lecture you have to prove them.) **5 Punkte (points)**

b) Gegeben sei die Wissensbasis

$$\Gamma := \{\forall x \forall y(R(x,y) \to S(x,y,y)), \forall x \forall y \forall z(S(x,y,z) \to R(y,x))\}.$$

Verwenden Sie TC1 um zu zeigen, dass der Satz $\forall x \forall y(R(y,x) \to R(x,y))$ eine logische Konsequenz von Γ ist. Machen Sie dabei den logischen Zusammenhang zwischen den Formeln in unterschiedlichen Transformationsschritten klar.

(Consider the knowledge base

$$\Gamma := \{\forall x \forall y(R(x,y) \to S(x,y,y)), \forall x \forall y \forall z(S(x,y,z) \to R(y,x))\}.$$

Use TC1 to show that the sentence $\forall x \forall y(R(y,x) \to R(x,y))$ is a logical consequence of Γ. Clarify the logical relation between the formulas in each transformation step.)

4 Punkte (points)

c) Überprüfen Sie, welche Eigenschaften auf die nachfolgend angeführten aussagenlogischen Formeln zutreffen und kreuzen Sie jeweils alle zutreffenden Eigenschaften an:
(Which properties do the following propositional formulas have? Check all correct properties:)

i. $(p \to (p \land q)) \leftrightarrow p$

☐ erfüllbar (satisfiable) ☐ widerlegbar (refutable)
☐ Tautologie (tautology) ☐ Kontradiktion (contradiction)

ii. $(p \to q) \to (q \to p \lor q)$

☐ erfüllbar (satisfiable) ☐ widerlegbar (refutable)
☐ Tautologie (tautology) ☐ Kontradiktion (contradiction)

2 Punkte (points)

d) Kreuzen Sie Zutreffendes an:
(Check the correct answers:)

i. Für jede erfüllbare Formel der Prädikatenlogik gibt es ein geschlossenes TC1-Tableau.
(There is a closed TC1-tableau for every satisfiable formula in predicate logic.)
☐ richtig (true) ☐ falsch (false)

ii. Ist φ unerfüllbar, so ist $\exists x(\varphi \to \psi) \to \forall x(\varphi \to \psi)$ gültig für beliebiges ψ.
(If φ is unsatisfiable, then $\exists x(\varphi \to \psi) \to \forall x(\varphi \to \psi)$ is valid for any ψ.)
☐ richtig (true) ☐ falsch (false)

iii. Für eine PL1-Formel φ gilt in einer Interpretation I entweder $I \models \varphi$ oder $I \models \neg\varphi$.
(For a PL1 formula φ it holds that in any interpretation I either $I \models \varphi$ or $I \models \neg\varphi$.)
☐ richtig (true) ☐ falsch (false)

iv. TC1 terminiert immer.
(TC1 always terminates.) ☐ richtig (true) ☐ falsch (false)

v. $F \cup \{\varphi\} \models \neg\psi$ genau dann, wenn $F \cup \{\psi\} \models \neg\varphi$.
($F \cup \{\varphi\} \models \neg\psi$ if and only if $F \cup \{\psi\} \models \neg\varphi$.) ☐ richtig (true) ☐ falsch (false)

vi. Eine Formel ist genau dann unerfüllbar wenn ihre Negation gültig ist.
(A formula is unsatisfiable if and only if its negation is valid.)
☐ richtig (true) ☐ falsch (false)

vii. Die leere Disjunktion ist in allen Interpretationsstrukturen falsch.
(The empty disjunction is false in every interpretation structure)
☐ richtig (true) ☐ falsch (false)

viii. $\forall x(P(x) \lor Q(x)) \models \forall x P(x) \lor \forall x Q(x)$ ☐ richtig (true) ☐ falsch (false)

4 Punkte (points)

Unterschrift (signature):

Beispiel (Subtask) 2: **16 Punkte (points)**
Nichtmonotones Schließen (Nonmonotonic reasoning):

a) Gegeben ist folgende Wissensbasis T über einer Sprache mit den einzigen Konstantensymbolen a und b, dem Variablensymbol x und den einzigen Prädikatensymbolen P, Q und S.

(Let T be the following knowledge base over a language with the constant symbols a and b, the variable symbol x and the predicate symbols P, Q and S.)

$$T = \{\forall x\big(P(x) \vee Q(x) \rightarrow S(x)\big), \forall x\big(P(x) \wedge \neg Q(x) \rightarrow S(x)\big), Q(a), P(b), S(b)\}.$$

i. Geben Sie die *generalisierte Closed World Assumption* $\mathrm{CWA}^{Q,S}(T)$ von T an, indem Sie folgende Gleichung ergänzen:
(Provide the elements of the *generalised closed world assumption* $\mathrm{CWA}^{Q,S}(T)$ of T by supplementing the following equation:)

$$\mathrm{CWA}^{Q,S}(T) = Cn(T \cup \{\underline{\hspace{10cm}}\}).$$

ii. Welche der folgenden Eigenschaften treffen zu?
(Which of the following properties hold?)

- $T \cup T_{asm}^{Q,S}$ ist *deduktiv abgeschlossen*. ($T \cup T_{asm}^{Q,S}$ is *deductively closed*.)
  □ richtig (true) □ falsch (false)
- $\mathrm{CWA}^{Q,S}(T)$ ist *inkonsistent*. ($\mathrm{CWA}^{Q,S}(T)$ is *inconsistent*.)
  □ richtig (true) □ falsch (false)

4 Punkte (points)

b) Was ist eine definite Horn Klausel? Sei T eine Theorie, welche nur aus definiten Horn Klauseln besteht. Welche Eigenschaft gilt für $CWA(T)$, welche im Allgemeinen nicht gilt?
(What is a definite Horn clause? Let T be theory containing only definite Horn clauses. What property holds for $CWA(T)$ that does not hold in general?)

2 Punkte (points)

c) Beweisen oder widerlegen Sie:
(Prove or disprove:)

$$Cn(T_1) \cup Cn(T_2) \subseteq Cn(T_1 \cup T_2).$$

4 Punkte (points)

d) Gegeben seien folgende Defaults:
(Consider the following defaults:)

$$\Delta = \left\{ \frac{P(x) : \neg Q(x)}{\neg Q(x)}, \frac{Q(x) : P(x), R(x)}{R(x)}, \frac{\top : \neg P(x), \neg R(x)}{P(x) \land Q(x)} \right\}$$

$$W_1 = \{Q(a), R(b)\}, \qquad W_2 = \{P(a), \neg R(a)\}, \qquad W_3 = \{R(a)\}.$$
$$E_1 = Cn(W_1), \qquad E_2 = Cn(W_2 \cup \{\neg Q(a)\}), \qquad E_3 = Cn(W_3).$$

(1) Geben Sie die *klassischen Redukte* Δ^{E_i} von Δ bezüglich den Mengen E_i an, für $i = 1, 2, 3$.
(Provide the *classical reducts* Δ^{E_i} of Δ with respect to the sets E_i, for $i = 1, 2, 3$.)

$\Delta^{E_1} = \{$ ________________________________ $\}$
$\Delta^{E_2} = \{$ ________________________________ $\}$
$\Delta^{E_3} = \{$ ________________________________ $\}$

(2) Kreuzen Sie die korrekten Aussagen an:
(Check the correct statements:)

i. E_1 ist eine Extension der Default Theorie $T_1 = \langle W_1, \Delta \rangle$.
(E_1 is an extension of the default theory $T_1 = \langle W_1, \Delta \rangle$.)
☐ richtig (true) ☐ falsch (false)

ii. E_2 ist eine Extension der Default Theorie $T_2 = \langle W_2, \Delta \rangle$.
(E_2 is an extension of the default theory $T_2 = \langle W_2, \Delta \rangle$.)
☐ richtig (true) ☐ falsch (false)

iii. E_3 ist eine Extension der Default Theorie $T_3 = \langle W_3, \Delta \rangle$.
(E_3 is an extension of the default theory $T_3 = \langle W_3, \Delta \rangle$.)
☐ richtig (true) ☐ falsch (false)

6 Punkte (points)

Unterschrift (signature):

Beispiel (Subtask) 3: **16 Punkte (points)**

Answer-Set Programming:

a) Gegeben ist folgendes Answer-Set Programm: (Consider the following answer-set program:)

$$\mathcal{P} := \left\{ \begin{array}{l} C(r).\ \ P(t). \\ F(X) \leftarrow B(X),\ \ not\ \ \neg F(X). \\ \neg F(X) \leftarrow P(X). \\ B(X) \leftarrow P(X). \\ B(X) \leftarrow C(X). \end{array} \right\}.$$

i. Bestimmen Sie die Grundierung $grnd(\mathcal{P})$ von $\mathcal{P}$.
(Determine the grounding $grnd(\mathcal{P})$ of $\mathcal{P}$.)

ii. Bestimmen Sie für $E := \{B(r), B(t), \neg F(t), F(r), P(t), C(r)\}$ das Gelfond-Lifschitz Redukt $\mathcal{P}^E$ von $\mathcal{P}$. Ist E ein Answer Set von $\mathcal{P}$? Begründen Sie Ihre Antwort!
(Given $E := \{B(r), B(t), \neg F(t), F(r), P(t), C(r)\}$, determine the Gelfond-Lifschitz reduct $\mathcal{P}^E$ of $\mathcal{P}$. Is E an answer set of $\mathcal{P}$? Justify your answer!) **6 Punkte (points)**

b) Kreuzen sie bei den folgenden Aussagen an, ob sie richtig sind oder nicht.

(Check whether the following propositions are true or not.)

i. Constraints können beim guess-and-check Paradigma nicht vorkommen. (Constraints cannot appear in the guess-and-check paradigm.) □ richtig (true) □ falsch (false)

ii. Grundierte Literale enthalten Variablen.
(Ground literals contain variables.) □ richtig (true) □ falsch (false)

iii. $M \subseteq HB(P)$ ist ein Answer-Set von P, wenn M ein Answer-Set von $grnd(P)$ ist.
($M \subseteq HB(P)$ an answer set of P if M is an answer set of $grnd(P)$.)
□ richtig (true) □ falsch (false)

iv. Das Programm $\mathcal{P} = \{a \vee c \leftarrow ., \; b \leftarrow \; not \; a.\}$ ist *normal*.
(The program $\mathcal{P} = \{a \vee c \leftarrow ., \; b \leftarrow \; not \; a.\}$ is *normal*.)
□ richtig (true) □ falsch (false)

v. Die Disjunktion in Logikprogrammen ist minimal.
(The disjunction in logic programs is minial.) □ richtig (true) □ falsch (false)

5 Punkte (points)

c) Gegeben sei das folgende disjunktive Answer-Set Programm:

(Consider the following disjunctive answer-set program:)

$$\mathcal{P} := \left\{ \begin{array}{l} a \vee b \vee d \vee e. \\ c \leftarrow b. \end{array} \right\}.$$

Berechnen Sie die Answer Sets der folgenden Programme:

(Determine the answer sets of the following programs:)

i. $\mathcal{P} \cup \{\leftarrow a, e.\}$

ii. $\mathcal{P} \cup \{\leftarrow b.\}$

5 Punkte (points)

Unterschrift (signature):

Beispiel (Subtask) 4: **16 Punkte (points)**

Probabilistisches Schließen (Probabilistic reasoning):

a) 471 Menschen nehmen an einer Studie teil, von denen 59 die Krankheit X haben. Ein Test ergibt bei erkrankten Personen in 57 von 59 Fällen *true*. Bei gesunden Personen meldet der Test fälschlicherweise bei 4 von 412 Fällen *true*.
Bestimmen Sie $P(X = true|Test = true)$.

Hinweis: Der konkrete numerische Wert muss nicht explizit berechnet werden; es genügt die Angabe der Formel mit den entsprechenen Werten.

(471 people participate in a medical study; 59 people have the disease X. For diseased patients, a test returns *true* in 57 of 59 cases. For healthy people, it falsely returns *true* in 4 of 412 cases. Determine $P(X = true|Test = true)$.

Hint: It is sufficient to provide the formulas with the correct values. You do not have to calculate the exact value.) **5 Punkte (points)**

b) Bestimmen Sie die Richtigkeit oder Falschheit folgender Aussagen, für beliebige Boole'sche Zufallsvariablen A, B, T und W:

(Determine which of the following relations hold, for any Boolean random variable A, B, T, and W:)

i. $\mathrm{P}(A \mid B) + \mathrm{P}(\neg A \mid B) = 1$. ☐ richtig (true) ☐ falsch (false)

ii. $\mathrm{P}(A \mid B) = \frac{\mathrm{P}(B|A)\mathrm{P}(B)}{\mathrm{P}(A)}$. ☐ richtig (true) ☐ falsch (false)

iii. $\mathrm{P}(A \mid \neg B) + \mathrm{P}(A \mid B) = 1$. ☐ richtig (true) ☐ falsch (false)

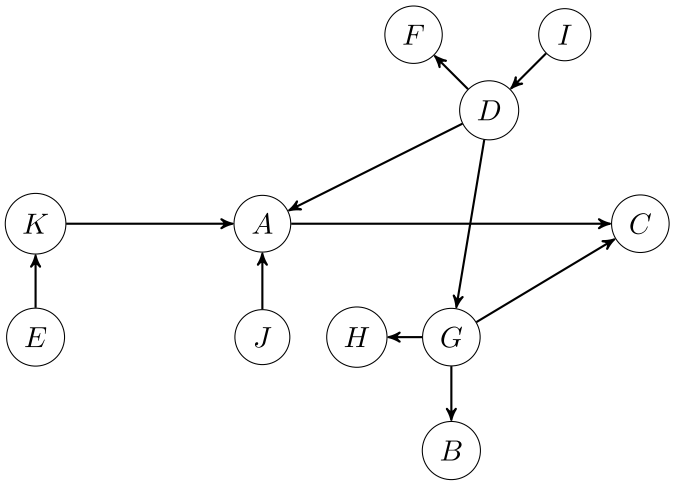
iv. $\mathrm{P}(B, \neg T \mid \neg A, W) = \frac{\mathrm{P}(B,\neg T,\neg A,W)}{\mathrm{P}(\neg A,W)}$. ☐ richtig (true) ☐ falsch (false)

4 Punkte (points)

Unterschrift (signature):

c) Nennen und erklären Sie die drei Arten von Zufallsvariablen, die in der Vorlesung besprochen wurden. (Name and explain the three types of random variables which were discussed in the lecture.) **3 Punkt (points)**

d) Gegeben ist folgender Graph eines *Bayes'schen Netzes*:
(Consider the following graph of a Bayesian network:)



Welche der folgenden Eigenschaften treffen zu? (Which of the following properties hold?)

i. H ist bedingt unabhängig von B bei Evidenz E. (H is conditionally independent of B given evidence E.) ☐ richtig (true) ☐ falsch (false)

ii. E ist bedingt unabhängig von B bei Evidenz K. (E is conditionally independent of B given evidence K.) ☐ richtig (true) ☐ falsch (false)

iii. F ist bedingt unabhängig von C bei Evidenz D und I. (F conditionally independent of C given evidence D and I.) ☐ richtig (true) ☐ falsch (false)

iv. H ist bedingt unabhängig von A bei Evidenz D. (H conditionally independent of A given evidence D.) ☐ richtig (true) ☐ falsch (false)

4 Punkte (points)