

Schriftliche Prüfung im Fach Mensch-Maschine-Kommunikation 1

Probeklausur

Lösungsvorschlag

Datum: Heute Nachname: _____

Beginn: Irgendwann Vorname: _____

Dauer: 100 Minuten Matr.-Nr.: _____

Raum: Arbeitszimmer ☐ Wahlfach ☐ DHP ☐ DVP

Platz-Nr.: _____ Unterschrift: _____

Wichtige Hinweise:

- ➔ Dies ist eine Probeklausur, sie ist umfangreicher als die Abschlussklausur, die Aufgaben entsprechen im Etwa Prüfungsniveau.
 - ➔ Bitte überprüfen Sie zunächst, ob Ihre Prüfungsunterlagen vollständig sind: Die Prüfung besteht aus **14 Seiten**. Die letzten drei Blätter sind für Nebenrechnungen vorgesehen.
 - ➔ Füllen Sie dann die obenstehenden Felder leserlich aus und unterschreiben Sie.
 - ➔ Bitte legen Sie Ihren Studentenausweis sowie einen Lichtbildausweis bereit.
 - ➔ Zugelassen zur Abschlussprüfung sind Schreibutensilien, ein nicht programmierbarer Taschenrechner und maximal zwei doppelseitig beschriebene DIN-A4 Blätter. Andere Hilfsmittel sind nicht zugelassen.
 - ➔ Teilaufgaben, zu deren Lösung Ergebnisse aus vorangegangenen Aufgaben nicht unbedingt benötigt werden, sind mit einem Stern (*) gekennzeichnet (ohne Gewähr).
 - ➔ Eigenes Papier darf (auch für Skizzen) nicht benutzt werden. Falls der vorgegebene Platz nicht ausreichen sollte, können Sie Zusatzblätter mit Lehrstuhlstempel erhalten (gilt nicht für diese Probeklausur).
 - ➔ Zum Erreichen der Bestnote müssen nicht alle Fragen korrekt beantwortet werden.
-

Bewertung (vom Prüfer auszufüllen):

Aufgabe	1	2	3	4	5
erreichte Punktzahl	■	■	■	■	■

Aufgabe	6	7	8	Summe	Note
erreichte Punktzahl	■	■	■	■	

Aufgabe 1: Hidden Markov Modelle (34 Punkte)

Sie betreiben ein automatisches Spracherkennungssystem, das ganze Wörter aus einem Wörterbuch mit 1000 Einträgen mit Hilfe von diskreten Hidden Markov Modellen erkennt. Als mögliche Beobachtungen werden *Silben* verwendet.

- 1 *a) ~~Nennen Sie einen Grund für den Einsatz automatischer Spracherkennungssysteme.~~

~~z. B. leichte Erlernbarkeit für die Benutzer.~~ ✓

- 2 *b) Wie viele Hidden Markov Modelle werden zur Erkennung in Ihrem System benötigt? Bitte begründen Sie Ihre Antwort.

Da der Erkenner auf Wortebene betrieben wird, ✓ benötigt man 1000 HMMs (für jedes Wort eines). ✓

- 2 *c) Welchen Vorteil bieten HMMs in einem Spracherkennungssystem?

HMMs kompensieren Variationen ✓ in der Aussprache sowie unterschiedlich lange ✓ Sequenzen.

Im Folgenden werde das HMM des Wortes „Ho-kus-po-kus“ betrachtet. Es ist charakterisiert durch $\lambda = (\vec{e}, \mathbf{A}, \mathbf{B})$ mit

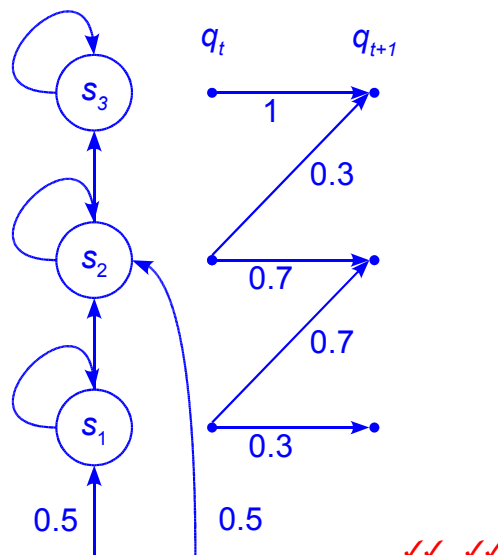
$$\mathbf{B} = \mathbf{e} = \begin{pmatrix} 0.5 \\ 0.5 \\ 0 \end{pmatrix}, \quad \mathbf{A} = \begin{bmatrix} 0.3 & 0.7 & 0.0 \\ 0 & 0.7 & 0.3 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad \mathbf{B} = \begin{bmatrix} 0.4 & 0.1 & 0.0 \\ 0 & 0.8 & 0.5 \\ 0.6 & 0.1 & 0.5 \end{bmatrix}, \quad \vec{v} = \begin{pmatrix} \text{'Ho'} \\ \text{'kus'} \\ \text{'po'} \end{pmatrix},$$

wobei der Vektor \vec{v} die möglichen Beobachtungen beschreibt.

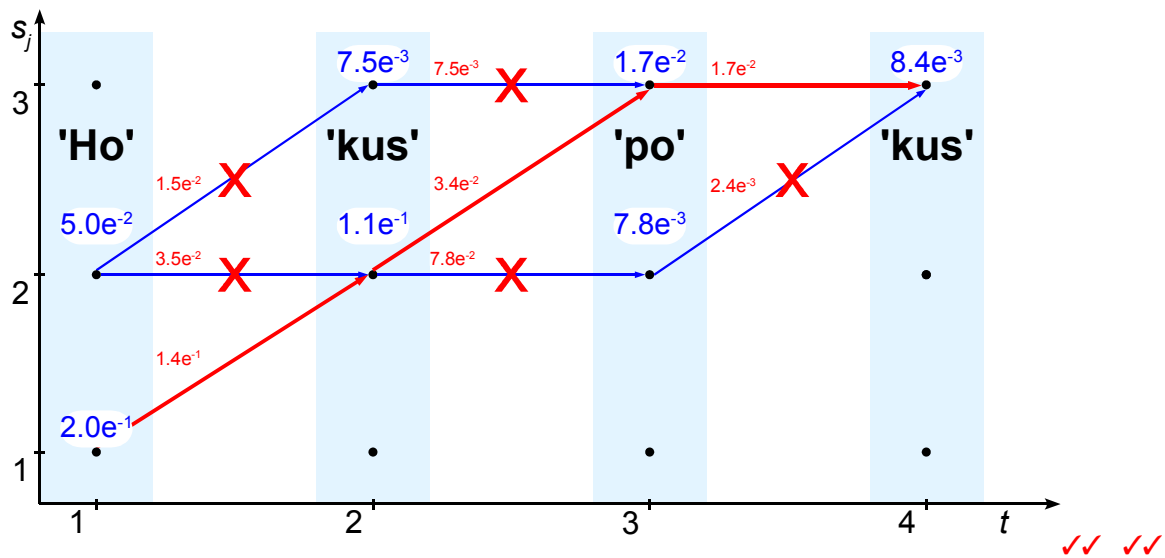
- 3 *d) Wie heißen die für die Sprachverarbeitung typischen HMMs? Wie äußert sich dies in der \mathbf{A} -Matrix? Handelt es sich bei dem obenstehenden HMM um ein solches? Bitte begründen Sie Ihre Antwort.

In der Sprachverarbeitung werden links-rechts Modelle ✓ verwendet, d. h. die \mathbf{A} -Matrix hat obere Dreiecksform. ✓ Dies ist bei der oben dargestellten Matrix der Fall. ✓

- 4 *e) Zeichnen Sie das Zustandsübergangsdiagramm des HMMs zusammen mit seiner Struktur



- 5 f) Tragen Sie alle möglichen Pfade der Beobachtung $\vec{O} = \{'Ho', 'kus', 'po', 'kus'\}$ in das untenstehende Trellis-Diagramm ein. Bitte beachten Sie, dass $q_T = 3$ gilt. Wie viele gültige Pfade gibt es?



✓✓ ✓✓ ✓✓ Es gibt fünf mögliche Pfade.✓

- 8 g) Berechnen Sie die Gesamtwahrscheinlichkeit für die Beobachtung $\vec{O} = \{'Ho', 'kus', 'po', 'kus'\}$, d. h. $p(\vec{O}|\lambda)$. Verwenden Sie dazu bitte den aus der Übung bekannten *Vorwärts-Algorithmus*.

$$\alpha_1(1) = 0.50 \cdot 0.40 = 2.00 \cdot 10^{-1} \checkmark$$

$$\alpha_1(2) = 0.50 \cdot 0.10 = 5.00 \cdot 10^{-2} \checkmark$$

$$\alpha_2(2) = [\alpha_1(1) \cdot 0.70 + \alpha_1(2) \cdot 0.70] \cdot 0.80 = 1.40 \cdot 10^{-1} \checkmark$$

$$\alpha_2(3) = \alpha_1(2) \cdot 0.30 \cdot 0.50 = 7.50 \cdot 10^{-3} \checkmark$$

$$\alpha_3(2) = \alpha_2(2) \cdot 0.70 \cdot 0.10 = 9.80 \cdot 10^{-3} \checkmark$$

$$\alpha_3(3) = [\alpha_2(2) \cdot 0.30 + \alpha_2(3)] \cdot 0.50 = 2.47 \cdot 10^{-2} \checkmark$$

$$\alpha_4(3) = [\alpha_3(2) \cdot 0.30 + \alpha_3(3)] \cdot 0.50 = 1.38 \cdot 10^{-2} \checkmark$$

(1)

$$p(\vec{O}|\lambda) = \alpha_4(3) = 1.38 \cdot 10^{-2} \checkmark$$

- 8 h) Bestimmen Sie mit Hilfe des *Viterbi-Algorithmus* den Pfad (die Zustandsfolge), der mit größter Wahrscheinlichkeit $\hat{p}(\vec{O}|\lambda)$ zu der Beobachtung $\vec{O} = \{'Ho', 'kus', 'po', 'kus'\}$ führt. Bitte machen Sie ihr Vorgehen im obigen Trellis-Diagramm deutlich. Welchen Wert nimmt $\hat{p}(\vec{O}|\lambda)$ an?

Aus dem Trellisdiagramm: Die Zustandsfolge '1', '2', '3', '3' führt mit der Wahrscheinlichkeit $\hat{p}(\vec{O}|\lambda) = 8.4 \cdot 10^{-3}$ zur Beobachtung \vec{O} .✓✓

- 1 *i) Wie nennt man ein HMM mit vollbesetzter **A**-Matrix (d. h. die Matrix **A** enthält keine ,Nullen')?

Ein solches HMM nennt man *ergodisch*.✓

Aufgabe 2: Suchverfahren (29 Punkte)

Die Klassifizierung mit Hidden-Markov-Modellen (errechnen der Produktionswahrscheinlichkeit $p(\mathbf{o}|\lambda)$) kann auch als Suchproblem aufgefasst werden. Dabei entsprechen den Knoten des Suchbaums die Knoten im Trellisdiagramm, d. h. $(s_i; o_t)$. Ein Knoten besitzt so viele Nachfolger, wie Zustände von ihm aus erreicht werden können. Die Kosten, mit denen die Knoten erreicht werden, errechnen sich in Abhängigkeit zu den Vorgängerknoten zu $g(n) = -\log_{10}(a_{ij} \cdot b_j(o_{t+1}))$ (negierte Log-Likelihoods). Der Startknoten START enthält als mögliche Nachfolger diejenigen Knoten (s_i, o_1) , in denen die erste Beobachtung gemacht werden kann. Die Kosten zu diesen Knoten errechnet sich zu $g(n) = -\log_{10}(e_i \cdot b_i(o_1))$.

Im Folgenden ist das (einfache) HMM mit den Parametern

$$\mathbf{A}_1 = \begin{bmatrix} 0.1 & 0.2 & 0.7 \\ 0 & 0.2 & 0.8 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \mathbf{B}_1 = \begin{bmatrix} 0.1 & 0.2 & 0.3 \\ 0.9 & 0.8 & 0.7 \end{bmatrix}, \mathbf{e} = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \mathbf{v}_1 = \begin{bmatrix} \text{'M'} \\ \text{'K'} \end{bmatrix}$$

gegeben, sowie die Beobachtung $\mathbf{o} = \text{'M'}, \text{'M'}, \text{'K'}$. Es gilt $q_T = 3$. Somit hat Startknoten 'START' einen Nachfolger, nämlich den Knoten $(s_1; o_1 = \text{'M'})$.

- 2 *a) Berechnen Sie die Kosten, mit denen der Knoten $(s_1; o_1 = \text{'M'})$ erreicht wird. (Zur Kontrolle: $g(n) = 1$.)

$$\text{Aus Angabe: } g(n) = -\log_{10} \left[\underbrace{e_1}_{=1} \cdot \underbrace{b_i(\text{'M'})}_{=0.1} \right] = \checkmark - \log_{10}(0.1) = 1 \checkmark$$

- 12 *b) Erstellen Sie einen vollständigen Suchbaum für die HMM-Klassifizierungsaufgabe. Verwenden Sie dazu das nebenstehende Diagramm. (Hinweis: Bestimmen sie für jeden Knoten im Baum alle Nachfolger und die Kosten, um Sie zu erreichen. Überlegen Sie, welche Knoten die Zielknoten beschreiben). Errechnen Sie daraus $p(\mathbf{o}|\lambda)$.

$p(\mathbf{o}|\lambda)$ errechnet sich durch Umrechnung der Knotengewichte der Zielknoten in Wahrscheinlichkeiten und anschließender Summation. ✓

Man erhält so $p(\mathbf{o}|\lambda) = \underbrace{10^{-3.31}}_{=4.9 \cdot 10^{-4}} + \underbrace{10^{-2.65}}_{=2.24 \cdot 10^{-3}} + \underbrace{10^{-1.83}}_{=1.48 \cdot 10^{-2}} = \checkmark \checkmark$

$$= 1.75 \cdot 10^{-2} \checkmark$$

Im Folgenden sind sie auf der Suche nach einem Pfad durch den Suchbaum, um die Beobachtung \mathbf{o} zu machen.

- 5 c) Markieren Sie in ihrem Suchbaum die Knoten, die bei der *Breitensuche* durchsucht werden (z. B. durch Markierung mit einem 'B'), sowie der Knoten beim Anwenden der *Tiefensuche* (z. B. mit einem 'T'). Wie viele Schritte werden benötigt, um zu einem Zielknoten zu gelangen? Welche Wahrscheinlichkeiten ergeben sich jeweils, die Beobachtung \mathbf{o} auf diesem Wege zu machen?

Die Breitensuche benötigt acht, ✓ die Tiefensuche sechs Suchschritte, ✓ um den selben Zielknoten zu erreichen. Die Wahrscheinlichkeit den die Beobachtung auf diese Weise zu machen errechnet sich zu $p(\mathbf{o}, \mathbf{q} = (s_1, s_1, s_3)|\lambda) = 10^{-3.31} = 4.9 \cdot 10^{-4} \checkmark$

Sie sind mit den Lösungen der Breiten- und Tiefensuche nicht zufrieden. Deswegen wollen Sie denjenigen Pfad finden, der mit Sicherheit die geringsten Kosten für die Beobachtung \bullet liefert.

- 2 *d) Welchem Pfad im *Trellisdiagramm* würde der Suchpfad mit geringsten Kosten entsprechen und wie würde er dort gefunden werden?

Der günstigste Pfad im Suchbaum entspricht dem, mit dem Viterbi-Algorithmus ✓ gefundene Pfad mit größter Wahrscheinlichkeit ✓, im Trellis-Diagramm.

- 7 e) Mit welchem heuristischen Suchverfahren können Sie im Suchbaum den Pfad mit den geringsten Kosten ermitteln. Wie müssen sie die heuristische Funktion $h(n)$ wählen? Wenden Sie den Such-Algorithmus an und geben Sie die Kosten des günstigsten Pfades an. Welche Pfadwahrscheinlichkeit ergibt sich?

Man verwende den A^* -Algorithmus ✓ mit der heuristischen Funktion $h(n) = 0$. ✓ Mit Hilfe der aus der Übung bekannte Schreibweise mit Listen ergibt sich

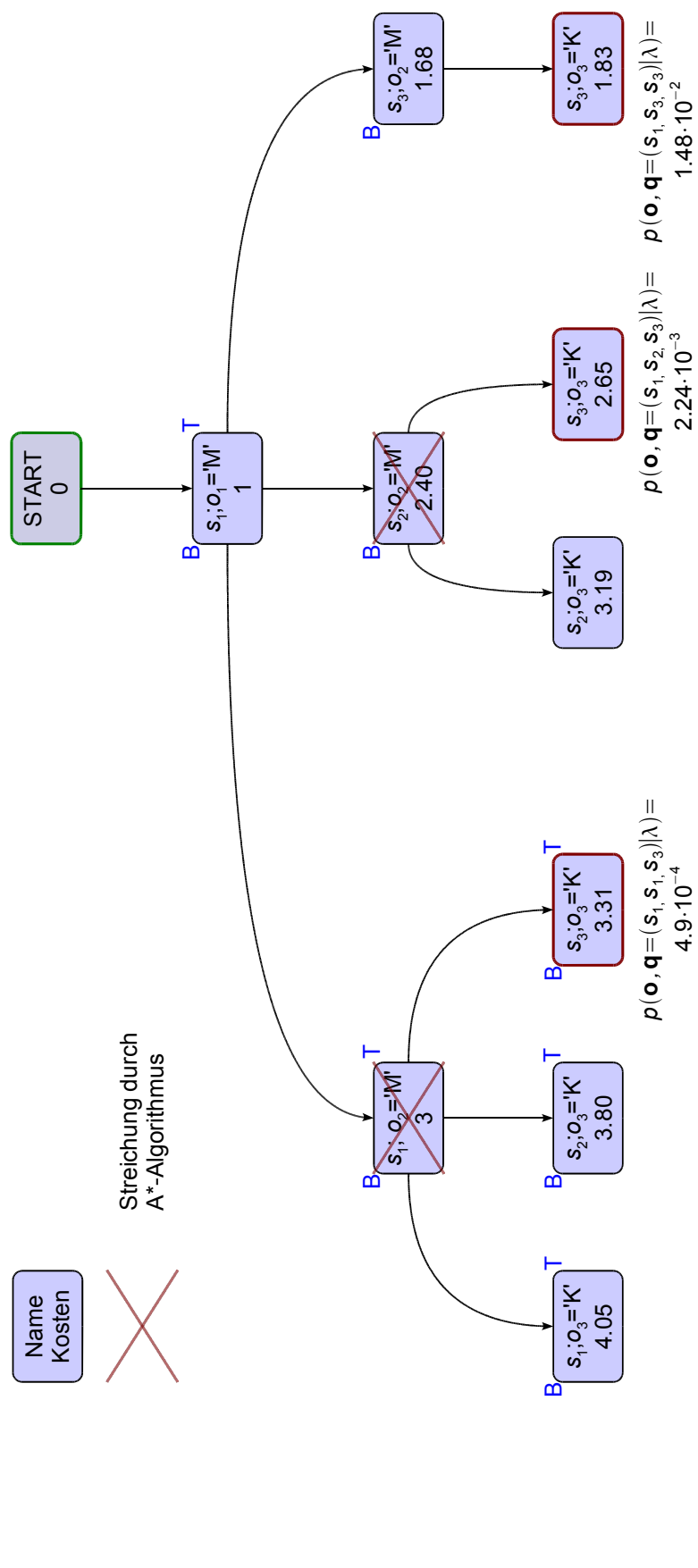
$$L_1 = [\text{START} : 0 \parallel]$$

$$L_2 = [s_1; o_1 = ,M' (\text{START}): 1 \parallel] \quad \checkmark$$

$$L_3 = \left[\begin{array}{l} s_3; o_2 = ,M' (s_1; o_1 = ,M', \text{START}): 1.6778 \parallel \\ s_2; o_2 = ,M' (s_1; o_1 = ,M', \text{START}): 2.3979 \parallel \\ s_1; o_2 = ,M' (s_1; o_1 = ,M', \text{START}): 3 \parallel \end{array} \right] \quad \checkmark \checkmark$$

$$L_4 = \left[\begin{array}{l} s_3; o_3 = ,K' (s_3; o_2 = ,M', s_1; o_1 = ,M', \text{START}): 1.8327 \parallel \checkmark \\ \cancel{s_2; o_2 = ,M' (s_1; o_1 = ,M', \text{START}): 2.3979 \parallel} \\ \cancel{s_1; o_2 = ,M' (s_1; o_1 = ,M', \text{START}): 3 \parallel} \end{array} \right]$$

Für die geringsten Kosten ergibt sich somit $k_{\min} = 1.83$, was einer Wahrscheinlichkeit von $p_{\max} = 1.48 \cdot 10^{-2}$ entspricht ✓



✓
✓✓
✓✓
✓✓
✓✓
✓✓
✓✓

Aufgabe 3: Prädikatenlogik (15 Punkte)

Sie lesen folgende Geschichte:

„Im Haus von Erbtante Frida (F) leben außer Frida selbst nur der Butler (B) und der Hausfreund Karl (K).“
Den Rest der traurigen Geschichte kann mit den folgenden wahren Formeln dargestellt werden:

$$(\forall x)(\forall y)\{\text{ermordet}(x, y) \Rightarrow \text{hasst}(x, y) \cdot (\neg \text{reicher}(x, y))\} \quad (2)$$

$$(\forall x)\{\text{hasst}(F, x) \Rightarrow (\neg \text{hasst}(K, x))\} \quad (3)$$

$$(\forall x)\{\neg(x \Rightarrow B) \Rightarrow \text{hasst}(F, x)\} \quad (4)$$

$$(\forall x)\{\neg \text{reicher}(x, F) \Rightarrow \text{hasst}(B, x)\} \quad (5)$$

$$(\forall x)\{\text{hasst}(F, x) \Rightarrow \text{hasst}(B, x)\} \quad (6)$$

$$\neg(\exists x)(\forall y)\{\text{hasst}(x, y)\} \quad (7)$$

$$(\exists z)\{\text{ermordet}(z, F)\} \quad (8)$$

Es gilt, dass *ermordet*, *hasst* und *reicher* zweistellige Prädikate, *F*, *B* und *K* Konstanten sind. Desweiteren seien $x, y, z \in \{F, B, K\}$.

- 6 *a) Aus Gleichung 8 entnehmen Sie, dass die arme Tante Frida ermordet worden ist. Erzählen Sie auch den Rest der Geschichte in natürlicher Sprache.

Aus 2: „Ein Mörder hasst immer das Opfer und ist niemals reicher als das Opfer.“ ✓

Aus 3: „Karl hasst niemand, den Frida hasst.“ ✓

Aus 4: „Frida hasst jeden, außer den Butler.“ ✓

Aus 5: „Der Butler hasst jeden, der nicht reicher als Tante Frida ist.“ ✓

Aus 6: „Der Butler hasst jeden, den Tante Frida hasst.“ ✓

Aus 7: „Niemand hasst alle.“ ✓

Für die nachfolgenden Aufgaben ist wieder die Prädikatenlogik-Schreibweise zu verwenden.

- 2 *b) Was folgt aus Gleichung 3 und Gleichung 4 für $x = F$ bzw. $x = K$ für Karl (zwei Folgerungen).

$$\neg \text{hasst}(K, K) \quad \checkmark$$

$$\neg \text{hasst}(K, F) \quad \checkmark \quad (9)$$

- 1 c) Aus 2 und 9 folgt demnach (mit $y = F$)

$$\neg \text{ermordet}(K, F) \quad \checkmark \quad (10)$$

Karl kann also bereits entlastet werden.

- 2 *d) Welche zwei Folgerungen können Sie aus Gleichung 4 und Gleichung 6 für $x = F$ bzw. $x = K$ in Bezug auf den Buttler ziehen?

hasst(B, F)✓

hasst(B, K)✓ (11)

- 1 e) Wenden Sie die Aussagen aus Gleichung 11 auf Gleichung 7 für alle Personen (F, K, B) an.

¬hasst(B, B)✓ (12)

- 1 f) Welche überraschende Wendung ergibt sich aus Gleichung 5 und Gleichung 12?

reicher(B, F)✓ (13)

- 1 g) Prüfen Sie, ob der Buttler als Mörder in Frage kommt, indem Sie Gleichung 2 und Gleichung 13 resolvieren.

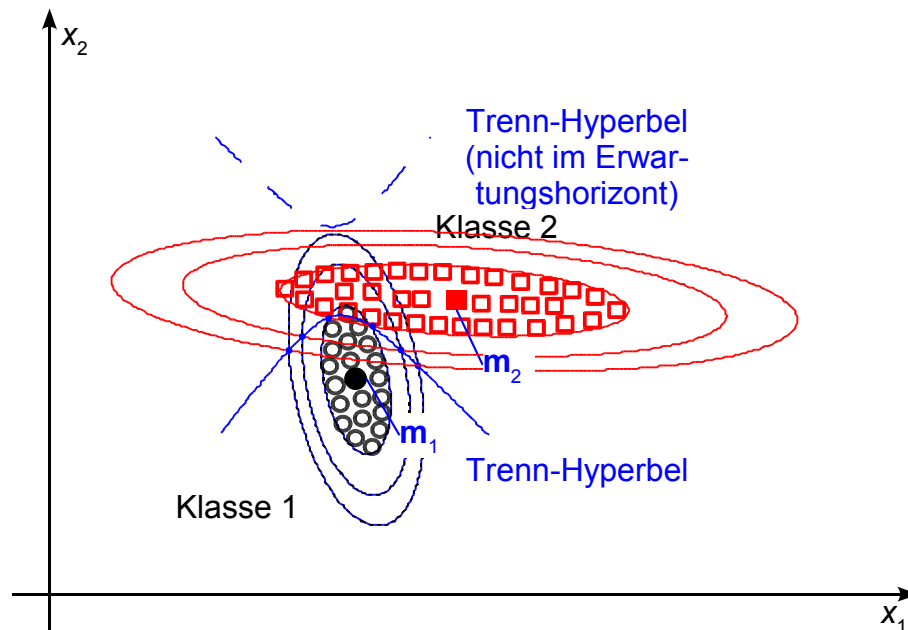
¬ermordet(B, F)✓ (14)

- 1 h) Was ist demnach in Tante Fridas Haus geschehen?

Tante Frida hat allem Anschein nach Selbstmord begangen (ermordet(F, F)).✓

Aufgabe 4: Abstandsklassifikation (12 Punkte)

- *a) Gegeben ist ein zweidimensionaler Merkmalsraum (siehe Abb. unten), der Merkmalsvektoren aus den Klassen 1 und 2 enthält, welche als Kreise bzw. Quadrate dargestellt sind. Die Klassen 1 und 2 sollen mit Hilfe des *Mahalanobis-Klassifikators* getrennt werden.



- 1 a1) Zeichnen Sie in die Abbildung qualitativ die Klassenmittelpunkte \mathbf{m}_1 und \mathbf{m}_2 als ausgefüllten Kreis bzw. ausgefülltes Quadrat ein.

s. Abb. ✓

- 3 a2) Skizzieren Sie qualitativ zu jedem der Klassenmittelpunkte \mathbf{m}_1 und \mathbf{m}_2 jeweils drei Kurven konstanten Mahalanobis-Abstands.

s. Abb.: Konzentrische Ellipsen ✓ um die Klassenmittelpunkte, die sich an die Verteilung der jeweiligen Merkmalsvektoren dieser Klasse anpassen. ✓✓

- 4 a3) Konstruieren Sie qualitativ aus diesen Kurven die Trennfunktion zur Trennung der Klassen A und B. Um welche Art Kurve handelt es sich?

s. Abb.: Die Trennfunktion ist die Menge aller Punkte, die den gleichen (Mahalanobis-) Abstand zu beiden Klassenmittelpunkten haben. ✓ ✓✓ In diesem Fall handelt es sich um eine Hyperbel. ✓

- 2 *b) Ist der Mahalanobis-Abstandsklassifikator linear. Bitte begründen Sie Ihre Antwort

Da der Mahalanobis-Abstandsklassifikator Kegelschnitte als allgemeine Trennfunktionen besitzt ✓ ist er nicht linear. ✓

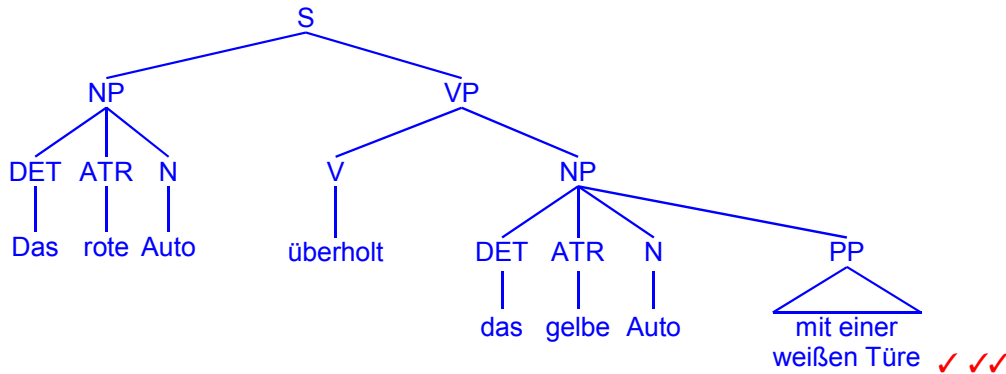
- 2 *c) Welchen weiteren Abstandsklassifikator kennen Sie? Ist er linear?

Das Quadratische Abstandsmaß. ✓ Es ist linear. ✓

Aufgabe 5: Grammatikalische Zerlegung (17 Punkte)

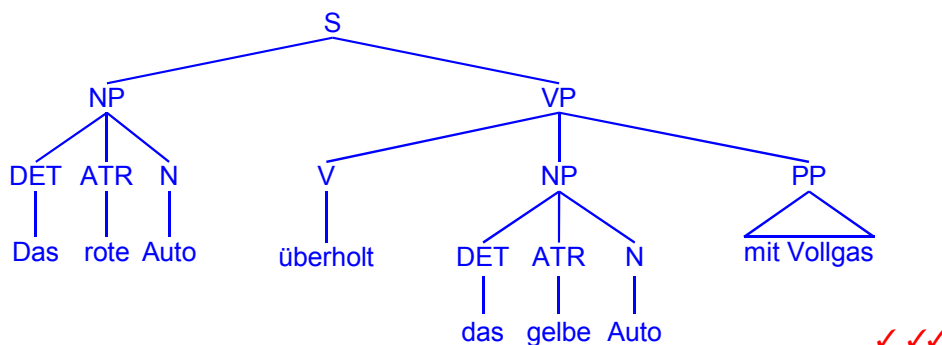
Stellen Sie den folgenden Satz mit Hilfe eines Zerlegungsbaumes grafisch dar. Bei Mehrdeutigkeit wählen Sie die *semantisch* richtige Lösung und geben das nötige Wissen an. Unterstrichene Ausdrücke müssen nicht weiter zerlegt werden. (Hinweis: Farben sind Attribute (ATR) und gehören zu dem Nomen in der jeweiligen Phrase.)

- 4 *a) „Das rote Auto überholt das gelbe Auto mit einer weißen Türe.“



Nötiges Wissen: Das gelbe Auto hat eine weiße Türe.✓

- 4 *b) „Das rote Auto überholt das gelbe Auto mit Vollgas.“



Nötiges Wissen: Das rote Auto überholt mit Vollgas.✓

Betrachten Sie die folgenden fünf Sätze.

1. Das rote Auto überholt das gelbe Auto obwohl es stärker war.
2. Das rote Auto überholt das gelbe Auto obwohl es dunkel war.
3. Das rote Auto überholt das gelbe Auto obwohl es glatt war.
4. Das rote Auto überholt das gelbe Auto obwohl es neblig war.
5. Das rote Auto überholt das gelbe Auto obwohl es verboten war.

- 2 *c) Beurteilen Sie die Sätze hinsichtlich ihrer syntaktischen Struktur.

Die Sätz sind syntaktisch richtig✓ und identisch.✓

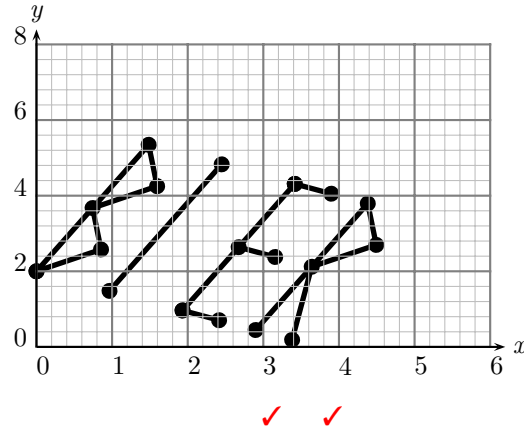
- 7 *d) Wodurch stellen sich die semantischen Unterschiede ein? Worauf bezieht sich das Wort „es“ jeweils und weswegen gelingt Ihnen die eindeutige Zuordnung?

Die semantischen Unterschiede stellen sich durch das verwendete Adjektiv ein.✓ Satz 1: Das gelbe Auto,✓ Satz 2: Umgebungslicht,✓ Satz 3: Die Straße,✓ Satz 4: Das Wetter,✓ Satz 5: Die Gesetzeslage.✓ Bei der Interpretation des semantischen Inhalts kann der Mensch auf eine über Jahre entwickelte Wissensbasis zurückgreifen.✓

Aufgabe 6: Handschrifterkennung (19 Punkte)

- 4 *a) Zeichnen Sie in untenstehendes Diagramm ein, welche Abtastpunkte unbedingt notwendig sind um das Wort *BIER* rekonstruieren zu können. Geben sie die Anzahl für jeden Buchstaben einzeln an.

Buchstabe	Anzahl
B	5
I	2✓
E	6
R	5✓



- 2 *b) Sind die Koordinateninformationen zu den einzelnen Stützstellen aus Aufgabe a) ausreichend für eine online Handschrifterkennung? Begründen Sie ihre Antwort.

nein✓ , man benötigt die Zeit- und Druckinformationen✓ .

- 3 c) Welche Vorverarbeitungsschritte müssen für den obigen Schriftzug nach der Abtastung angewendet werden, um die bestmögliche Erkennungsleistung zu erzielen? Achten Sie auf die korrekte Reihenfolge!

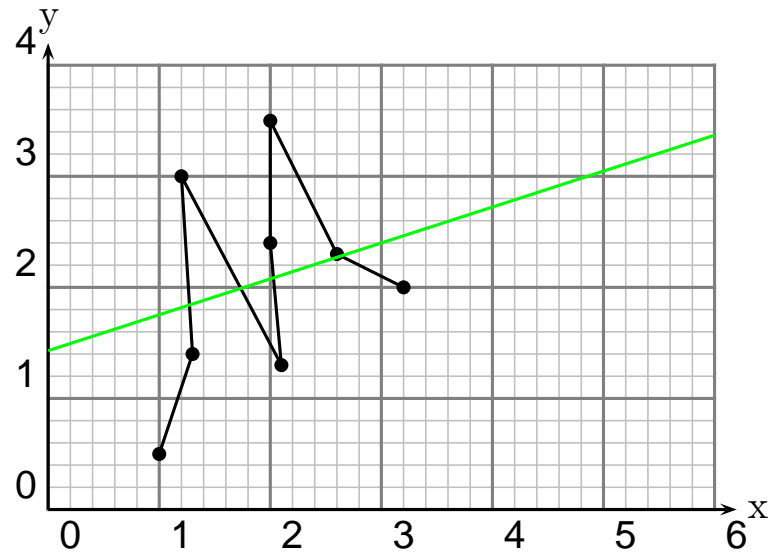
- 1.) Kompensation der Zeilenneigung✓
- 2.) Kompensation der Schriftneigung✓
- 3.) Größennormierung auf eine Kernhöhe von 1✓

- 8 *d) Gegeben seien folgende Abtastpunkte eines Schriftzuges:

	1	2	3	4	5	6	7	8
x:	1,0	1,3	1,2	2,1	2,0	2,0	2,6	3,2
y:	0,5	1,4	3,0	1,3	2,4	3,5	2,3	2,0

Zeichnen Sie die Punkte in das untenstehende Koordinatensystem ein und verbinden Sie sie in Reihenfolge. Bestimmen Sie dann die Regressionsgerade $y = mx + b$, die von allen Punkten den geringsten Abstand hat und zeichnen Sie diese auch in das Koordinatensystem ein. Welche Steigung besitzt diese Gerade? Welchem Zeilenneigungswinkel α entspricht dies?

$$\begin{aligned} \bar{x} &= 1,925; \quad \bar{y} = 2,05; \checkmark \\ (x - \bar{x}) &= [-0,925; -0,625; -0,725; 0,175; 0,075; 0,075; 0,675; 1,275]; \checkmark \\ (y - \bar{y}) &= [-1,55; -0,65; 0,95; -0,75; 0,35; 1,45; 0,25; -0,05]; \checkmark \\ m &= \frac{(x - \bar{x}) \cdot (y - \bar{y})^T}{(x - \bar{x}) \cdot (x - \bar{x})^T} = \frac{1,26}{3,895} = 0,3235 \checkmark \checkmark \\ b &= \bar{y} - m\bar{x} = 1,427 \checkmark \end{aligned}$$



Regressionsgerade: $y = 0,3235 \cdot x + 1,427$ ✓

$\tan(\alpha) = m \Rightarrow \alpha = 18^\circ$ ✓

- 2 e) Ist die Bestimmung der Zeilenneigung nach Teilaufgabe b) geeignet, um bei dem gegebenen Buchstaben die Zeilenneigung zu korrigieren? Bitte begründen Sie Ihre Antwort.

Nur bedingt geeignet. ✓ Hier hat die Regressionsgerade eine zu geringe Steigung für ein optimales Ergebnis. ✓

Aufgabe 7: ~~Sehen und Hören~~ (20 Punkte)

- 4 *a) Charakterisieren Sie ~~Licht und~~ Schallwellen hinsichtlich ihrer Wellennatur und Ausbreitungsrichtung.
- ➔ ~~Licht: elektromagnetische Transversalwellen, Ausbreitung senkrecht zur Schwingungsebene~~✓
 - ➔ ~~Schall: longitudinale Teilchenschwingungen (Druckwellen), Ausbreitung parallel zur Schwingungsebene~~✓
- 3 *b) Nennen Sie zwei psychoakustische ~~und drei psychooptische~~ Messgrößen.
- ➔ ~~Psychoakustik: Lautheit, Tonheit~~✓
 - ➔ ~~Psychooptik: Helligkeit, Farbton, Sättigung~~✓✓
- 4 *c) Charakterisieren Sie ~~Tag, Dämmerlicht bzw. Nachtsehen bezüglich Farbempfindung und aktivem Rezeptortyp~~
- ➔ ~~Tagsehen: Farbempfindung, Zapfen aktiv~~✓
 - ➔ ~~Dämmerlichtsehen: schwächere Farbempfindung, Zapfen und Stäbchen aktiv~~✓
 - ➔ ~~Nachtsehen: keine Farbempfindung, Stäbchen aktiv~~✓
- 2 *d) Welche Effekte werden bei der verlustbehafteten Komprimierung von Audiodaten ausgenutzt?
- ~~psychoakustische Effekte, wie zeitliche und spektrale Verdeckung (Mithörschwelle)~~✓
- 3 *e) In welche drei Bereiche gliedert sich das Ohr? Welches Medium wird jeweils in den Bereichen zum Schalltransport verwendet? Nennen Sie zu jedem Bereich einen Bestandteil.
- ➔ ~~Außenohr: Luft, Gehörgang~~✓
 - ➔ ~~Mittelohr: Festkörper, Hammer~~✓
 - ➔ ~~Innenohr: Flüssigkeit, Basilarmembran~~✓
- 4 *f) Erläutern Sie kurz die Verarbeitung von Schall im Innenohr.
- ~~Haarzellen an bestimmten Orten auf der Basilarmembran im Inneren der Schnecke (Cochlea) werden von bestimmten Frequenzen angeregt (Frequenz-Orts-Transformation) und geben neuronale Signale ab.~~✓

