

Fragenkatalog (Theorie) zur Vorlesung "Formale Systeme", WS 2025/26 (komplett)

1. Was versteht man unter einer aussagenlogischen Signatur?
2. Was versteht man in der Aussagenlogik unter "Atomen"?
3. Wie ist die Menge der aussagenlogischen Formeln über einer Signatur Σ definiert?
4. Wie ist in der Aussagenlogik ein Beweis für eine Eigenschaft E von Formeln nach dem Prinzip der strukturellen Induktion zu führen?
5. Was versteht man unter einer *Interpretation* über einer aussagenlogischen Signatur Σ ?
6. Wie wird eine Interpretation über einer aussagenlogischen Signatur Σ auf die Menge der Formeln über Σ ausgedehnt ("Auswertung" der Formeln)?
7. Welcher Zusammenhang besteht zwischen aussagenlogischen Formeln und booleschen Funktionen?
8. Was versteht man in der Aussagenlogik unter einem *Modell* einer Menge M von Formeln über der Signatur Σ ?
9. Wann heißt eine aussagenlogische Formel A über der Signatur Σ *allgemeingültig*, wann *erfüllbar*?
10. Nennen Sie 5 unterschiedliche Beispiele für aussagenlogische Tautologien.
11. Es sei Σ eine aussagenlogische Signatur, M eine Menge von aussagenlogischen Formeln und A eine Formel über Σ . Wie ist die Relation $M \models A$ (aus M folgt (semantisch) A) definiert?
12. Was versteht man in der Aussagenlogik unter einem *Literal* ?
13. Wann liegt eine aussagenlogische Formel in *konjunktiver Normalform* vor?
14. Geben Sie ein Beispiel für die Nicht-Eindeutigkeit der konjunktiven Normalform einer aussagenlogischen Formel.
15. Wie ist der aussagenlogische Shannon-Operator sh definiert?
16. Wie sind normierte Shannon-Formeln (sh -Formeln) in der Aussagenlogik definiert?
17. Wie ist ein (aussagenlogischer) Shannon-Graph (sh -Graph) definiert? Geben Sie auch ein Beispiel an.
18. Welche Konfigurationen werden in *reduzierten* Shannon-Graphen in der Aussagenlogik per Definition ausgeschlossen?
19. Wieso ist es gerechtfertigt, die reduzierten Shannon-Graphen in der Aussagenlogik als "Normalformen" für boolesche Funktionen zu betrachten?
20. Wie ist in der Aussagenlogik eine *Horn-Formel* definiert?

21. Was ist der Zweck eines (aussagenlogischen) *Kalküls* ?
22. Was versteht man in der Aussagenlogik unter einer *Ableitung* aus einer Menge M von Voraussetzungen in einer Menge von Formeln L unter Verwendung des Kalküls K ?
23. Wann heißt (in der Aussagenlogik) eine Formel A *ableitbar* aus einer Menge M von Formeln (Voraussetzungen) in einem Kalkül K ($M \vdash_K A$) ?
24. Wann heißt ein aussagenlogischer Kalkül K *korrekt*, wann *vollständig*?
25. Gegeben sei ein Verfahren, die Unerfüllbarkeit einer endlichen Menge aussagenlogischer Formeln zu zeigen. Wie lässt sich damit die Gültigkeit einer semantischen Folgerung $M \models A$ beweisen?
26. Wie ist eine Klausel im aussagenlogischen Resolutionskalkül definiert, und wie wird sie als aussagenlogische Formel interpretiert?
27. Wie gewinnt man in der Aussagenlogik die Resolvente zweier Klauseln?
28. Welche Regeln enthält der aussagenlogische Resolutionskalkül?
29. Wie erweist sich im aussagenlogischen Resolutionskalkül die Unerfüllbarkeit einer Menge von Klauseln?
30. Was versteht man in der Aussagenlogik unter *linearer Resolution* ?
31. Wie ist eine *Vorzeichenformel* des aussagenlogischen Tableaunkalküls syntaktisch definiert, und wie wird eine Interpretation auf die Menge der Vorzeichenformeln ausgedehnt?
32. Welche aussagenlogischen Junktoren und welche zugehörigen Vorzeichen führen im aussagenlogischen Tableaunkalkül zu einer Verzweigung (Hinweis: "Typ β ")?
33. Wieso ist der aussagenlogische Tableaunkalkül nichtdeterministisch, obgleich doch alle seine Regeln deterministisch sind?
34. Womit wird in einem aussagenlogischen Refutationsbeweis im Tableaunkalkül für die Formel A das Tableau initialisiert?
35. Wann ist im aussagenlogischen Tableaunkalkül ein Ast eines Tableaus "geschlossen"?
36. Was versteht man in der Aussagenlogik unter einer *Sequenz* ?
37. Wie wird eine aussagenlogische Sequenz unter einer gegebenen Interpretation semantisch ausgewertet?
38. Wie ist eine *prädikatenlogische Signatur* definiert?
39. Wie ist die Menge der prädikatenlogischen Terme über einer Signatur Σ definiert?
40. Was versteht man in der Prädikatenlogik unter einem *Grundterm* ?

41. Wie ist die Menge der prädikatenlogischen *Formeln* über einer Signatur Σ definiert? (Die Definition von prädikatenlogischen *Termen* sei hierbei schon vorausgesetzt.)
42. Was versteht man unter dem *Allabschluss* einer prädikatenlogischen Formel A ?
43. Wie ist eine *Substitution* in der Prädikatenlogik definiert?
44. Was versteht man unter einer *Grundsubstitution*?
45. Geben Sie ein Beispiel für eine Substitution σ und für eine prädikatenlogische Formel A , so dass σ in Bezug auf A *nicht kollisionsfrei* ist.
46. Es sei T eine nichtleere Menge von prädikatenlogischen Termen. Was versteht man unter einem *Unifikator* von T ?
47. Was versteht man unter einer *Interpretation* einer prädikatenlogischen Signatur Σ ?
48. Was besagt das *Koinzidenzlemma* der Prädikatenlogik?
49. Es sei M eine Menge von prädikatenlogischen Formeln über der Signatur Σ ohne freie Variablen. Was versteht man unter einem *Modell* von M ?
50. Es sei Σ eine prädikatenlogische Signatur, M eine Menge von prädikatenlogischen Formeln ohne freie Variablen und A eine Formel über Σ . Wie ist die Relation $M \models A$ (aus M folgt (semantisch) A) definiert?
51. Wann heißt eine prädikatenlogische Formel ohne freie Variablen *allgemeingültig*; wann *erfüllbar*?
52. Wann heißt eine prädikatenlogische Formel *bereinigt*?
53. Wann befindet sich eine prädikatenlogische Formel in *Pränex-Normalform*?
54. Wann befindet sich eine prädikatenlogische Formel in *Skolem-Normalform*?
55. Was lässt sich über die Entscheidbarkeit der Prädikatenlogik 1. Stufe aussagen?
56. Was versteht man unter der "Kompaktheit" der Prädikatenlogik 1. Stufe?
57. Welche Konstruktionen kommen hinzu, wenn die Prädikatenlogik 1. Stufe zur Prädikatenlogik 2. Stufe erweitert wird?
58. Welchen Nachteil haben Kalküle für die Prädikatenlogik 2. Stufe?
59. Wie ist eine *Klausel* in der Prädikatenlogik 1. Stufe definiert?
60. Wie ist die *Resolvente* zweier Klauseln in der Prädikatenlogik 1. Stufe definiert?
61. Welches Regelschema verwendet der prädikatenlogische Resolutionskalkül?

62. Geben Sie ein Beispiel für die Anwendung der prädikatenlogischen Resolutionsregel auf zwei Klauseln an.

63. Wann *schließt* eine Substitution σ ein prädikatenlogisches Tableau?

64. Was versteht man unter einem *Modell* eines prädikatenlogischen Tableaus T über einer Formelmengen M ?

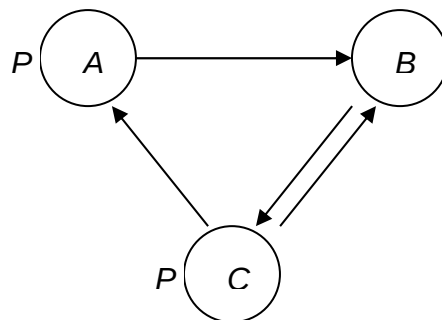
65. Was besagt der Korrektheitsatz des prädikatenlogischen Tableauekalküls?

66. Wie sind *modallogische Formeln* über einer aussagenlogischen Signatur Σ syntaktisch definiert?

67. Wie ist eine *Kripke-Struktur* über einer aussagenlogischen Signatur Σ definiert?

68. Es sei (S, R, I) eine Kripke-Struktur über Σ , s ein Zustand aus S und A eine modallogische Formel über Σ . Wie werden die modallogischen Formeln $\Box A$ und $\Diamond A$ in s ausgewertet?

69. Eine Kripke-Struktur mit den Zuständen A, B, C und der aussagenlogischen Variablen P sei durch das folgende Diagramm definiert:



Für welche Zustände liefern die folgenden modallogischen Formeln bei Auswertung in dieser Struktur jeweils den Wahrheitswert W (bzw. "true"): P , $\Box P$, $\Box\Box P$, $\Diamond P$?

70. Wie ist *logisches Folgern* in der Modallogik definiert?

71. Was versteht man in der temporalen Logik unter einer Omega-Struktur?

72. Welche 4 Modaloperatoren werden in der linearen temporalen Logik standardmäßig verwendet, und was ist jeweils ihre umgangssprachliche Interpretation?

73. Wie lassen sich die modallogischen Operatoren $\Box$ und $\Diamond$ auf den temporallogischen "until"- (**U**-) Operator zurückführen?

74. Skizzieren Sie die Semantik der temporallogischen Formel $A \mathbf{U} B$ anhand eines Zeitstrahls.

75. Wann ist eine Relation R eine (a) Halbordnung, (b) strikte Ordnung, (c) totale Ordnung?

76. Wie ist die *transitive Hülle* einer Relation R definiert?

77. Wann heißt eine Teilmenge einer partiell geordneten Menge $(M, \leq)$ eine *Kette*, wann eine *Antikette*?

78. Wie sind *Länge* und *Weite* einer endlichen, partiell geordneten Menge $(M, \leq)$ definiert?

79. Wie ist in einer partiell geordneten Menge $(M, \leq)$ zu zwei Teilmengen B, C das *verallgemeinerte Intervall* zwischen B und C definiert?

80. Wie sind *Infimum* und *Supremum* einer Menge T innerhalb einer partiell geordneten Menge $(M, \leq)$ definiert?

81. Wann ist eine partiell geordnete Menge $(M, \leq)$ ein *Verband*, wann sogar *vollständiger Verband*?

82. Wie ist ein *Multigraph* definiert?

83. Wie ist ein *Hypergraph* definiert?

84. Gegeben sei ein Objektraum $\Omega = X_1 \times \dots \times X_n$. Wie ist der Hypothesenraum H über Ω definiert? Wann erfüllt ein Objekt $x \in \Omega$ eine Hypothese $h \in H$?

85. Wie ist die partielle Ordnung auf dem Hypothesenraum H über dem Objektraum $\Omega = X_1 \times \dots \times X_n$ definiert (Generalisierungs-Halbordnung)?

86. Wann ist eine Hypothese h *konsistent* mit einem Lerndatensatz (bestehend aus Positiv- und Negativbeispielen)?

87. Zeichnen Sie ein Liniendiagramm bzgl. der Generalisierungs-Halbordnung für die folgenden Hypothesen, die als partielle Attributbelegungen dargestellt sind:

$a = (\text{unsicher gebunden}, ?, \text{introvertiert}, \text{neurotisch}, \text{männlich})$

$b = (\text{unsicher gebunden}, \text{sprachgestört}, ?, \text{neurotisch}, \text{männlich})$

$c = (\text{sicher gebunden}, ?, \text{extrovertiert}, ?, \text{weiblich})$

$d = (?, ?, ?, \text{psychotisch}, ?)$

$e = (?, ?, ?, ?, ?)$

$f = (\text{unsicher gebunden}, ?, ?, \text{neurotisch}, \text{männlich})$

Die allgemeinsten Hypothesen sollen sich im Diagramm ganz unten befinden.

88. Beschreiben Sie das Verfahren "FIND-S" für das induktive Lernen aus einem Lerndatensatz mit Positivbeispielen.

89. Wie ist der *Versionenraum* eines Lerndatensatzes (aus Positiv- und Negativbeispielen) bezüglich eines Hypothesenraums H definiert?

90. Welche (speicherplatzeffiziente) Darstellung benutzt man im "Candidate-Elimination"-Lernalgorithmus für den Versionenraum der mit den (positiven und negativen) Lernbeispielen konsistenten Hypothesen?

91. Wie ist der *induktive Bias* eines Lernverfahrens formal definiert?

92. Warum ist ein Lernverfahren ohne induktiven Bias praktisch kaum sinnvoll?

93. Skizzieren Sie den Basis-Algorithmus für die *top-down*-Konstruktion eines Entscheidungsbaumes (Eingabe sind Trainingsdaten in Form einer endlichen Tabelle mit n als bekannt angenommenen, diskreten Attributen und einem binären Zielattribut, das nur auf der Trainingsmenge gegeben ist und nach dem im Anwendungsfall klassifiziert werden soll).

94. Nach was für einem Kriterium erfolgt sinnvollerweise im Algorithmus aus Frage 93 in jedem Schritt die Auswahl des Splitattributs? (in Worten; keine Formelangaben erforderlich)

95. Konstruieren Sie aus folgendem Datensatz einen Entscheidungsbaum für das Zielattribut "gefährlich" (mit Genauigkeit 100 % auf dem Datensatz).

Substanz	Aggregatzustand	Farbe	Geruch	gefährlich
1	fest	blau	schwach	nein
2	flüssig	gelb	intensiv	ja
3	flüssig	rot	intensiv	nein
4	flüssig	blau	schwach	nein
5	gasförmig	rot	schwach	nein
6	gasförmig	rot	intensiv	ja

96. Was ist der Unterschied zwischen "preference bias" und "restriction bias" ?

97. Wie würde sich "Overfitting" bei einem Entscheidungsbaum auswirken, und wie kann man es vermeiden?

98. Wie ist der (grobe) Ablauf des "Fehlerreduktions-Prunings" eines Entscheidungsbaumes?

99. Nennen Sie je 4 Vor- und Nachteile des Entscheidungsbaum-Verfahrens beim Lösen von Data-Mining-Problemen.

100. Wie ist eine (universelle) *Algebra* über einer Trägermenge A definiert?

101. Was versteht man unter dem *Typ* einer universellen Algebra (A, F) ?

102. Wie sind *Gruppoide*, *Halbgruppen*, *Monoide* und *Gruppen* definiert (ausgehend vom Begriff der universellen Algebra über einer Trägermenge A)?

103. Beweisen Sie, dass durch die folgende Verknüpfungstafel keine Gruppe definiert wird:

$\circ$	a	b	c	d	e
a	a	b	c	d	e
b	b	d	e	a	c
c	c	a	b	e	d
d	d	e	a	c	b
e	e	c	d	b	a

104. Wie ist eine *Unteralgebra* einer universellen Algebra (A, F) definiert?

105. Nennen Sie drei unterschiedliche Unterhalbgruppen der multiplikativen Halbgruppe der ganzen Zahlen.

106. Was versteht man unter dem *Transformationsmonoid* einer Menge M ?

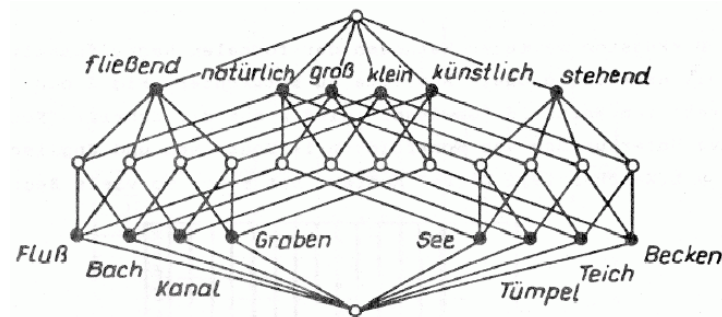
107. Zählen Sie die 4 Elemente des Transformationsmonoids einer zweielementigen Menge $\{a, b\}$ auf und stellen Sie dessen Verknüpfungstafel auf.
108. Es sei (A, F) eine universelle Algebra und X eine Teilmenge der Trägermenge A . Wie ist die von X erzeugte Unter algebra von (A, F) definiert?
109. Wie lässt sich im Falle einer Halbgruppe die von X erzeugte Unterhalbgruppe $\langle X \rangle$ der Halbgruppe $(A, \cdot)$ konstruktiv darstellen?
110. Was versteht man unter einem *Homomorphismus* der universellen Algebra (A, F) in (B, F) ?
111. Wie ist das *direkte Produkt* zweier Algebren (A, F) und (B, F) definiert?
112. Es sei $\mathbf{A}$ die (multiplikativ geschriebene) zweielementige Gruppe mit $aa = a$, $ab = b$, $ba = b$, $bb = a$. Bestimmen Sie das direkte Produkt von $\mathbf{A}$ mit sich selbst und geben Sie dessen Verknüpfungstafel an.
113. Wann heißt eine Algebra $\mathbf{A}$ vom Typ $(2, 2)$ ein *Halbring*, wann ein *Ring* ?
114. Wann heißt eine Relation $<$ auf der Trägermenge eines Gruppoids $(A, \circ)$ *linkskompatibel* (mit der Verknüpfung $\circ$) ?
115. Was versteht man unter einer *Kongruenzrelation* auf einem Gruppoid $(A, \circ)$?
116. Es sei $\sim$ eine Kongruenzrelation auf dem Gruppoid $(A, \circ)$. Wie sind Trägermenge und Verknüpfung im *Faktorgruppoid* $(A/\sim, \circ)$ definiert?
117. Es sei $\sim$ die Relation "liefert bei ganzzahliger Division durch 3 den gleichen Rest" auf der Halbgruppe $(\mathbb{N}, +)$ der natürlichen Zahlen (ohne 0) mit der üblichen Addition als Verknüpfung.
 (a) Schreiben Sie die Elemente von $\mathbb{N}/\sim$ auf.
 (b) Geben Sie die vollständige Verknüpfungstafel der Faktorhalbgruppe $(\mathbb{N}/\sim, +)$ an.
118. Es sei X eine nichtleere Menge. Wie sind Trägermenge und Verknüpfung für die *freie Halbgruppe* über X definiert?
119. Skizzieren Sie den Cayley-Graphen (a) der zyklischen Gruppe der Ordnung 6, (b) des direkten Produkts $Z_2 \times Z_2$, wobei Z_2 die zyklische Gruppe der Ordnung 2 ist.
120. Skizzieren Sie den Cayley-Graphen des Monoids mit einem Erzeugenden a und der definierenden Relation $a^5 = a$.
121. Wie ist ein $\wedge$ -Halbverband algebraisch definiert?
122. Wie wird jedem algebraischen $\wedge$ -Halbverband kanonisch ein ordnungstheoretischer $\wedge$ -Halbverband zugeordnet, und wie ist die dazu inverse Zuordnung definiert?
123. Welche Eigenschaften muss eine *Boolesche Algebra* zusätzlich zu den Verbandsaxiomen erfüllen?

124. Nennen Sie zwei verschiedene Beispiele für Boolesche Algebren.

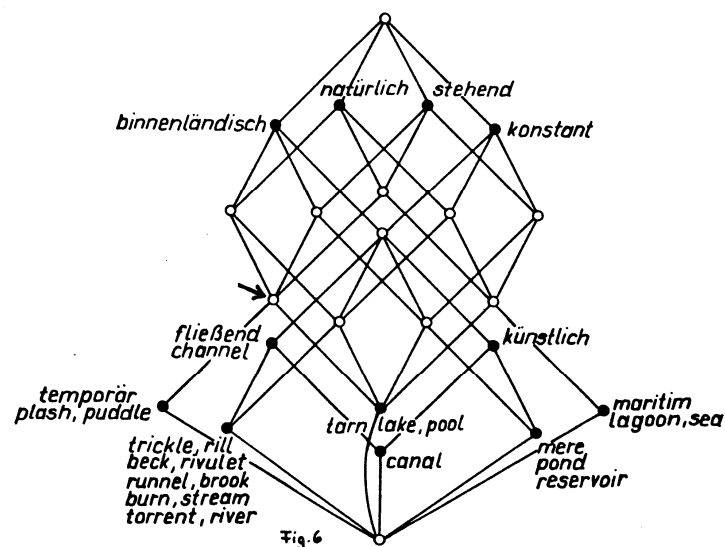
125. Welche Elementezahlen können endliche Boolesche Algebren (nur) haben?

126. Wie ist in der formalen Begriffsanalyse ein "Begriff" definiert?

127. Erstellen Sie aus folgendem Liniendiagramm eines Begriffsverbandes eine Kreuztabelle des zugrundeliegenden zweiwertigen Kontexts (Gegenstände: Gewässertypen, Merkmale: Eigenschaften von Gewässern).



128. Welche Gegenstände und welche Merkmale hat der im folgenden begriffsanalytischen Liniendiagramm mit dem Pfeil markierte Begriff?



129. Wie ist der *Gegenstandsbegriff* eines Gegenstandes aus einem Kontext definiert, und welche Minmaleigenschaft hat er?

130. Was versteht man unter "Bereinigung" eines Kontexts?

131. (a) Was versteht man unter einer "Skala" zu einem Merkmal m eines mehrwertigen Kontexts?

(b) Wie gelangt man mit Hilfe der Skalenkontexte von einem mehrwertigen Kontext zu einem einfachen Kontext?

132. Wann heißt ein Reduktionssystem *konfluent*, wann *lokal konfluent* ?

133. Wann heißt ein Reduktionssystem *terminierend* ?
134. Welche interessante Eigenschaft haben terminierende, lokal konfluente Reduktionssysteme?
135. Was versteht man unter einem *Termersetzungssystem* über einer Signatur Σ , und wie werden dessen Regeln angewandt?
136. Wie ist die Regelanwendung bei einem Stringersetzungssystem definiert?
137. Beweisen Sie, dass das Stringersetzungssystem mit der einzigen Regel $abba \rightarrow ababa$ terminierend ist.
138. Beweisen Sie, dass das Stringersetzungssystem mit der einzigen Regel $bab \rightarrow abba$ *nicht* terminierend ist. (Tipp: Versuchen Sie, ein Startwort zu finden, auf das Sie die Regel mehrmals hintereinander anwenden können.)
139. Wie ist ein (kontextfreies, nichtparametrisches) *L-System* formal definiert?
140. Wenden Sie die L-System-Regeln
 $a \rightarrow b$ und
 $b \rightarrow aab$
 5 mal auf das Startwort a an und notieren Sie die sich ergebende Ableitungskette von Wörtern. Welche Rekursionsformel (ähnlich der für die Fibonacci-Zahlen) erfüllen die Wortlängen?
141. Was ist der Unterschied zwischen den L-System-Regeln
 $a \rightarrow [RU45F]Fa$ und $a \rightarrow [RU45Fa]Fa$?
 Wie verhält sich die Wortlänge (quantitativ) bei wachsender Zahl von Ableitungsschritten in den beiden Fällen?
142. Wie kann man mittels eines kontextsensitiven L-Systems die Weiterleitung eines Signals durch eine Struktur modellieren?
143. Wie unterscheiden sich relationale Wachstumsgrammatiken von klassischen L-Systemen, und welche Nachteile der klassischen L-Systeme werden durch ihre Verwendung vermieden?
144. Erläutern Sie 3 Varianten der Rand-Behandlung bei zellulären Automaten.
145. Was versteht man (bei zellulären Automaten) unter einer *totalistischen* Regel?
146. Was versteht man unter einer *Garten-Eden-Konfiguration* eines zellulären Automaten?
147. Erläutern Sie Wolfram's Klassifikation der 1-dimensionalen zellulären Automaten.
148. Wie wirkt sich eine kleine Änderung im Anfangszustand bei den unterschiedlichen Wolfram'schen Klassen von CA aus?

149. Welchen Parameter benutzten Li, Packard und Langton zur Anordnung des "rule space" von 1-dimensionalen zellulären Automaten? Wo liegen bei dieser Anordnung die Klasse-4-CA?
150. Wann werden zwei Ereignisse als "nebenläufig" bezeichnet?
151. Wie ist ein *Transitionssystem* über einer Aktionsmenge *Act* definiert?
152. Wie ist Determinismus bei Transitionssystemen formal definiert?
153. Geben Sie Definitionen für die 3 Varianten von *Sprachen* eines Zustands z in einem Transitionssystem über einer Aktionsmenge *Act*. ($S(z)$, $S^{\omega}(z)$, $S^{\infty}(z)$)
154. Wann heißen zwei Zustände eines Transitionssystems *S-sprachäquivalent*?
155. Wie ist ein *Verweigerungs paar* eines Transitionssystems definiert?
156. Wann heißen zwei Zustände eines Transitionssystems *verweigerungsäquivalent*?
157. Wie ist ein *Petrinetz* formal definiert?
158. Wie ist eine *Markierung* eines Petrinetzes formal definiert, und wann ist eine Transition des Petrinetzes für eine Markierung *aktiviert* ?
159. Wie lässt sich die *Nachfolgemarkierung* nach dem Schalten einer Transition t eines Petrinetzes beschreiben?
160. Wann heißt eine Markierung m eines Petrinetzes *erreichbar* ?
161. Wann heißt ein Petrinetz *sicher* ?
162. Wann heißt eine Transition t eines Petrinetzes *tot* ?
163. Wann heißt eine Transition t eines Petrinetzes *aktivierbar* ?
164. Wann heißt eine Transition t eines Petrinetzes *lebendig* ?
165. Wann heißt ein Petrinetz *todesgefährdet* ?
166. Wann heißt ein Petrinetz *schwach lebendig* ?
167. Wann heißt ein Petrinetz *stark lebendig* ?
168. Was versteht man in einem Petrinetz unter einem *Konflikt* ?
169. Nennen Sie drei konzeptionelle Erweiterungen von Petrinetzen.
170. Was versteht man unter einem "farbigen Petrinetz"?
171. Nennen Sie Anwendungsmöglichkeiten von Petrinetzen aus 3 unterschiedlichen Wissensgebieten.