

# Fragenkatalog zur Vorbereitung auf die Prüfung zum Modul "Formale Systeme am Beispiel Artificial Life", Wintersem. 2009/10

1. Wie ist ein kontextfreies, nichtparametrisches L-System formal definiert?
2. Es sei  $w_n$  das  $n$ -te Wort der Ableitungskette, die durch iterierte Anwendung der L-System-Regeln  $A \rightarrow B, B \rightarrow AB$  aus dem Startwort (Axiom)  $A$  entsteht. Beweisen Sie, dass die Länge von  $w_n$  die  $n$ -te Fibonacci-Zahl ist.
3. Geben Sie ein kontextfreies, nichtsensitives L-System an, das (in Verbindung mit Turtle-Geometrie) bei iterierter Anwendung die Koch'sche Kurve generiert.
4. 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?
5. Wie ist die Vorgehensweise bei der Modellierung realer botanischer Objekte mit L-Systemen?
6. Skizzieren Sie die geometrische Struktur, die durch die Anwendung der folgenden L-System-Regeln in Zusammenhang mit Turtle-Geometrie in 6 Schritten erzeugt wird:  
 $Axiom \rightarrow [RU(90)M(1)RU(90)A(1)]A(1);$   
 $A(n) \rightarrow F(n)RU(90)A(n+1)$
7. Wie unterscheiden sich Interpretationsregeln von den gewöhnlichen (generativen) Regeln eines L-Systems, und wofür können sie angewandt werden?
8. Wie kann man mittels eines kontextsensitiven L-Systems die Weiterleitung eines Signals durch eine Struktur modellieren?
9. Welche Erweiterungen des L-System-Konzepts wurden jeweils benutzt, um die folgenden Vorgänge zu modellieren:
  - (a) Auslösung der Blütenbildung durch Pflanzenhormone
  - (b) Beeinflussung des Austriebsverhaltens durch Fremdbeschattung
  - (c) stetiges Wachstum einer Alge ohne vorgegebene zeitliche Diskretisierung
  - (d) Wachstum eines 3-dimensionalen Zellverbandes
10. Wie unterscheiden sich relationale Wachstumsgrammatiken von klassischen L-Systemen, und welche Nachteile der klassischen L-Systeme werden durch ihre Verwendung vermieden?
11. Nennen Sie drei unterschiedliche Eigenschaften der Programmiersprache XL, die diese als Erweiterung gegenüber Java kennzeichnen.
12. (a) Was leistet eine Graph-Query in der Programmiersprache XL?  
(b) Nennen Sie ein Anwendungsbeispiel, wo eine Graph-Query eingesetzt wird (ohne Programmcode).
13. Wie ist ein zellulärer Automat formal definiert?

14. Erläutern Sie 3 Varianten der Rand-Behandlung bei zellulären Automaten.
15. Was versteht man (bei zellulären Automaten) unter einer totalistischen Regel?
16. Was versteht man unter einer Garten-Eden-Konfiguration eines zellulären Automaten?
17. Erläutern Sie Wolfram's Klassifikation der 1-dimensionalen zellulären Automaten.
18. Wie wirkt sich eine kleine Änderung im Anfangszustand bei den unterschiedlichen Wolfram'schen Klassen von CA aus?
19. 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?
20. (a) Geben Sie eine vollständige Beschreibung des Pascalschen Dreiecks modulo 3  

$$(f(x, t) = \frac{t!}{x!(t-x)!} \text{ mod } 3)$$
 als eindimensionalen zellulären Automaten mit 3 Zuständen.  
 (Die Randzellen sollen konstant mit Nullen belegt sein.)  
 (b) Ist dieser zelluläre Automat totalistisch?  
 (c) Besitzt dieser zelluläre Automat eine Garten-Eden-Konfiguration? (mit Begründung.)
21. Charakterisieren Sie die folgenden drei formalen Systeme (als mathematische Modelle) hinsichtlich Diskretheit/Kontinuität von Raum, Zeit und erzeugten Strukturen: (a) Zelluläre Automaten, (b) Reaktions-Diffusions-Systeme, (c) nichtparametrische L-Systeme in Verbindung mit Turtle-Geometrie.
22. Was versteht man unter einem "Aktivator-Inhibitor-Modell" der Musterbildung?
23. Wie unterscheiden sich das Modell des akkretiven Wachstums (Edens Modell) und das Modell der diffusionslimitierten Aggregation (DLA; Witten-Sander-Modell)?
24. Skizzieren Sie Reaktionsenthalpie und Aktivierungsenergie einer chemischen Reaktion. Welchen Einfluss hat ein Katalysator auf diese Größen?
25. Was wird in klassischen Kompartiment-Modellen der Systemdynamik modelliert, und was sind die Nachteile dieses Ansatzes?
26. Skizzieren Sie den Aufbau eines Struktur-Funktions-Modells einer Pflanze.
27. Wie ist ein Petri-Netz formal definiert?
28. Wann ist eine Transition  $t$  eines Petri-Netzes aktiviert?
29. Wie berechnet sich der neue Zustand eines Petri-Netzes nach einem Schaltvorgang vermittelt der aktivierten Transition  $t$  ?
30. Was versteht man unter "katalytischer Abgeschlossenheit" eines metabolischen Netzwerks?

31. Erläutern Sie den Begriff der "Kristallisation" eines Zufallsnetzwerkes bei Veränderung des Verhältnisses der Kantenzahl zur Knotenzahl.
32. (a) Erläutern Sie die "Small-World-Netzwerke" von Watts & Strogatz.  
(b) Wie verändern sich mittlere Pfadlänge und Clustering-Koeffizient in Abhängigkeit vom Steuerparameter  $p$ ?
33. Wann heißt ein Netzwerk (d.h. ein Graph) skalenfrei?
34. Nennen Sie 2 Steuerparameter (nicht nur die Abkürzung, auch die Bedeutung) für Boolesche Zufallsnetzwerke, von denen geordnetes bzw. chaotisches Verhalten abhängt.
35. (a) Was versteht man (im Zusammenhang mit Booleschen Zufallsnetzwerken) unter einer "kanalisierenden" Booleschen Funktion?  
(b) Welchen Einfluss hat die Verwendung von kanalisierenden Funktionen auf die Struktur des Zustandsraumes eines Booleschen Zufallsnetzwerks?
36. Boolesche Zufallsnetzwerke wurden als formales System eingesetzt, um die Zelldifferenzierung bei Mehrzellern zu modellieren. Was modellieren bei dieser Anwendung (a) die Knoten des Netzwerks, (b) die Attraktoren im Zustandsraum?
37. Was versteht man unter einer "Artificial Chemistry"?
38. Geben Sie die Regeln einer Artificial Chemistry zur Erzeugung einer "Suppe" von Primzahlen an.
39. Erläutern Sie die Begriffe "Reflex", "Taxis" und "Appetenzverhalten", die im Zusammenhang mit der Charakterisierung des Verhaltens von belebten oder künstlichen Systemen verwendet werden.
40. Wie ist ein Klassifizierungssystem (nach John Holland) aufgebaut?
41. Nennen Sie 4 der 8 Lerntypen nach Gagné, jeweils zusammen mit einem Beispiel.
42. Wie wird "Lernen durch Erfolg" in Klassifizierungssystemen realisiert?
43. Durch welche Größen / Objekte ist ein Neuron eines künstlichen neuronalen Netzwerks charakterisiert?
44. Nennen Sie 3 unterschiedliche Entscheidungs-Modelle (nach Grad der Lernfähigkeit differenziert) für Animaten.
45. Was versteht man unter dem "Pacman-Syndrom" in ALife?
46. Nennen Sie 4 typische Eigenschaften, die man von "Agenten" fordert.
47. Wie kommunizieren Ameisen bei der Nahrungssuche, und wie lässt sich dieses Prinzip algorithmisch bei Optimierungsproblemen, z.B. in einem Netzwerk, umsetzen?
48. Skizzieren Sie die Grundregeln (Metabolismus, Sicht, Bewegung) für die Agenten im Sugarscape.

49. Wie wird im Sugarscape die Weitergabe kultureller Merkmale zwischen den Agenten simuliert?
50. Was versteht man unter einem Funktionsgen, was unter einem Mendel-Gen? Welche Relation besteht zwischen diesen?
51. Was versteht man in der Genetik unter "Epistasie"?
52. Wie lässt sich eine Turingmaschine durch einen 1-dimensionalen zellulären Automaten emulieren?
53. Was lässt sich über selbstreplikative Konfigurationen von zellulären Automaten, die Turing-Maschinen emulieren, beweisen? (Satz von Alvy Ray Smith)
54. Nennen Sie 3 unterschiedliche Funktionstypen von Computerviren.
55. Inwiefern sind Computerviren als "Artificial Life" anzusehen; was spricht andererseits dagegen?
56. Was sind die Komponenten des Spiels "Core Wars" ("Krieg der Kerne")?
57. Inwiefern sind die gegeneinander kämpfenden Programme in "Core Wars" als "Artificial Life" anzusehen; was spricht andererseits dagegen?
58. Erläutern Sie den Unterschied zwischen Lamarckscher und Darwinscher Evolution.
59. Nennen Sie 4 relevante, nichttriviale Fragen im Zusammenhang mit der Wirkungsweise von Darwinscher Evolution in der Natur.
60. Was versteht man unter subkritischem und suprakritischem Verhalten eines metabolischen Systems?
61. Welche Prozesse führen nach Kauffman zu einer Evolution zur subkritischesuprakritischen Grenze, wenn man die Begriffe "subkritisch" und "suprakritisch" auf Ökosystem-Ebene anwendet?
62. Erläutern Sie den "nichtergodischen Charakter" der Evolution in einem Genomraum.
63. Welche Größe steht in einem Genomraum in Analogie zur thermodynamischen Größe "Energie", und welcher Vorgang entspricht dort einem "Phasenübergang"?
64. Wie lässt sich die Entropie einer Population in einem Genomraum quantifizieren (die rel. Häufigkeiten der Genotypen seien nicht bekannt)?
65. Welche Größe steht in einem Genomraum in Analogie zur thermodynamischen Größe "Temperatur"?
66. Wie ist der genetische Abstand (Levenshtein-Distanz) zweier Strings definiert?
67. Wie ist die Distanzverteilungskomplexität einer Population von Strings definiert (in Worten)?

68. Ein Genom eines virtuellen Organismus bestehe aus  $n$  Genen. Jedes dieser Gene kann in unterschiedlichen Allelen vorliegen. Die Genome  $\alpha$  und  $\beta$  zweier unterschiedlicher Individuen unterscheiden sich in  $m$  Genen ( $0 \leq m \leq n$ ). Wieviele kürzeste Pfade zwischen  $\alpha$  und  $\beta$  gibt es im Genomraum?
69. Skizzieren Sie den grundlegenden Ablauf eines Genetischen Algorithmus.
70. Nennen Sie 3 verschiedene Selektionsregeln, die in Genetischen Algorithmen angewandt werden.
71. Wie wird einfaches Crossing Over bei stringcodierten Objekten in Genetischen Algorithmen durchgeführt (mit Skizze)?
72. Skizzieren Sie ein sinnvolles Crossing-Over-Verfahren für Permutationsstrings (d.h. das Resultat des Crossing-Over soll wieder ein Permutationsstring sein).
73. Wie unterscheiden sich (a) Evolutionsstrategien, (b) Genetisches Programmieren von den Genetischen Algorithmen?
74. Was versteht man im Zusammenhang mit Genetischen Algorithmen unter "intrinsischer Adaptation"?
75. Erläutern Sie in Stichworten die beiden Varianten der Genominterpretation in LindEvol. Warum wurde eine zweite Variante eingeführt?
76. Wie funktioniert der template-gesteuerte Suchbefehl `jmp` in Tierra, und warum verwendet man ihn anstelle einer operandengesteuerten Adressierung (wie sie etwa in Redcode verwendet wurde)?
77. Wie funktioniert die "reaper queue" in Tierra?
78. Welche Arten von Mutationen gibt es in Tierra?
79. Was ist die Bedeutung der Eigenschen Fehlerschranke bei genomischer Evolution, und welche Größen fließen in die Formel für diese Fehlerschranke ein?
80. Wie ist die Anpassungsrate ("learning fraction") bei  $n$  ALife-Testläufen definiert?
81. Skizzieren Sie grafisch den Verlauf der Anpassungsrate in Abhängigkeit von der Rate der Punktmutationen. Wo findet man die Eigensche Fehlerschranke?
82. Was versteht man unter der "Korrelationslänge" einer Fitnesslandschaft?
83. Erläutern Sie die beiden Extremformen nichtkonstanter Fitnesslandschaften.
84. Wie ist das Kauffman'sche Modell der "NK-Fitnesslandschaft" definiert?
85. Wie lässt sich die beobachtbare exponentielle Verlangsamung der evolutiven Optimierung bei vorgegebener Fitnesslandschaft im NK-Modell erklären?
86. Warum kann sexuelle Fortpflanzung in korrelierten Fitnesslandschaften Vorteile bringen?

87. Wie ist die Kolmogorov-Komplexität eines Strings definiert?
88. Warum ist die Kolmogorov-Komplexität zur Beschreibung der Komplexität von ALife-Genomen wenig geeignet?
89. Wie ist die "mutual complexity"  $K(s:u)$  eines Strings  $s$  in Bezug auf einen Kontext(string)  $u$  definiert?
90. Aus welchen beiden Anteilen (im Hinblick auf das umgebende "Universum"  $U$ ) setzt sich der Informationsgehalt  $H(S)$  einer Menge von Genom-Strings  $S$  zusammen, und wie verändert sich das Verhältnis dieser beiden Anteile im Laufe einer (im Kontext  $U$ ) "erfolgreichen" Evolution? Was bedeutet "erfolgreich" in diesem Zusammenhang?
91. Nennen Sie mindestens 6 grundlegende Eigenschaften von "Leben", die in der ALife-Forschung behandelt werden.
92. Nennen Sie zwei Beispiele für konkret realisierte ALife-Projekte, bei denen Agenten auf der Grundlage einfacher, lokaler Regeln zusammenwirken und ein emergentes Verhalten auf globaler Ebene hervorbringen. (Erläutern Sie dabei auch knapp die Regeln und das beobachtbare, emergente Verhalten.)