

Proseminar *"Artificial Life"*

Winfried Kurth
Lehrstuhl Computergrafik
und ökologische Informatik
Georg-August-Universität Göttingen

http://www.uni-forst.gwdg.de/~wkurth/psa122_home.htm

Artificial Life (ALife, AL) = Künstliches Leben (KL)

der Versuch, lebende Systeme künstlich zu erschaffen –
oder zumindest Systeme, die wichtige Eigenschaften mit lebenden Systemen gemeinsam haben

3 Haupt-Varianten von Artificial Life:

- künstliches Leben auf derselben stofflichen Basis wie natürlich vorkommendes Leben, d.h. basierend auf Kohlenstoff und Wasser ("Wetware")
- künstliches Leben auf stofflicher Basis, aber auf anderer stofflicher Basis als das natürliche Leben (→ Roboter)
- künstliches Leben als System im Computer ablaufender Prozesse (nichtstoffliches künstliches Leben)

Alle 3 Varianten sind aktuelle, interdisziplinäre Forschungsgebiete.

Im Proseminar Konzentration auf die dritte ALife-Variante:

Leben als Prozess im Rechner nachbauen

- geht das überhaupt??

Was ist Leben?

es gibt keine allgemein anerkannte Definition.

“What is it to be ‘really alive’? I’m certainly not going to be able to answer this question here, but I can suggest one thing that’s *not*: It’s not a matter of satisfying a definition, at least not at this time, for such a definition would have to be preceded by a true theory of life, which we do not yet have.”
(Harnad, 1995, p. 293)

Merkmale lebender Systeme:

- ein lebender Organismus existiert in Raum und Zeit
- er wächst oder dehnt sich aus
- er hat einen Stoffwechsel (ist fähig, chemische Energie aus aufgenommener Materie in andere Energieformen zu verwandeln)
- er wird aktiv in seiner Umgebung, insbesondere ist er reaktionsfähig auf Reize aus der Umgebung
- er speichert Informationen über sich selbst

- er reproduziert sich in seinem eigenen oder einem verbundenen Organismus
- er bleibt bei Veränderung der Umgebungsbedingungen (in gewissen Grenzen) stabil (Homöostase, Regenerationsfähigkeit), insbes.: er zeigt die Fähigkeit und den Drang zur Selbsterhaltung
- lebende Systeme halten ihre *Entropie* signifikant niedriger als die maximal mögliche Entropie, und dies auf Zeitskalen, die die natürliche Abbaurate des informationstragenden Substrats um Größenordnungen übersteigen
- lebende Systeme können sich hierarchisch organisieren (Zelle, Organismus, soziale Gruppe, Ökosystem)
- lebende Systeme bestehen aus voneinander abhängigen Teilen
- Leben entwickelt sich
- *stärker*: lebende Systeme evolvieren durch Darwinsche Evolution

(nach Farmer, Balin und Adami)

"Artificial Life" als Versuch, künstlich Systeme zu generieren, die einige dieser Eigenschaften haben.

Anfänge der Beschäftigung mit künstlichem Leben und künstlicher Intelligenz:

Die "Gründerväter" der "Künstlichen Intelligenz" (Alan Turing, John von Neumann) verfolgten im wesentlichen einen "top-down-Ansatz" (mit dem Gesamtproblem beginnen, es in seine Bestandteile zerlegen, es Stück für Stück untersuchen, ein Modell bilden)

– erfolgreich nur auf umgrenzten Spezialgebieten (Expertensysteme, Schachcomputer)

Grey Walter: elektronische Schildkröten (1950)
basierend auf dem Regelkreis-Prinzip
Walter behauptete, sie hätten einen "freien Willen"

um 1970 erste Zweifel am top-down-Ansatz der orthodoxen KI-Forschung

Erste Artificial Life-Tagung: 1987 in Los Alamos (160 TeilnehmerInnen)

organisiert von Christopher Langton (Programmierer und Biologe, dieser arbeitete am multidisziplinären Santa Fe Institute (SFI) zur Erforschung komplexer Systeme.

Zentrale Ideen des sich neu entwickelnden Gebietes "ALife":

- synthetischer Ansatz ("understanding by building")
- Computersimulationen und Roboter als Hilfsmittel zum Verstehen
- auf höheren Organisationsebenen können sich neue, "emergente" Eigenschaften einstellen: z.B. Biologie ist mehr als Chemie, Psychologie ist mehr als Biologie
- zentrales Forschungsthema sind Selbstorganisationsprozesse
- Untersuchung der Anwendung *lokaler Regeln* und ihrer Auswirkungen auf *globaler Ebene*

"I think that many of us went away from that tumultuous interchange of ideas with a very similar vision, strongly based on themes such as *bottom-up* rather than *top-down* modeling, *local* rather than *global* control, *simple* rather than *complex* specifications, *emergent* rather than *pre-specified* behavior, *population* rather than *individual* simulation, and so forth.

Perhaps, however, the most fundamental idea to emerge at the workshop was the following: Artificial systems which exhibit lifelike behaviors are worthy of investigation on their own rights, whether or not we think that the processes that they mimic have played a role in the development or mechanics of life as we know it to be. Such systems can help us expand our understanding of life as it *could* be. By allowing us to view the life that has evolved here on Earth in the larger context of *possible* life, we may begin to derive a truly general theoretical biology capable of making universal statements about life wherever it may be found and whatever it may be made of". (Langton, 1989, p. xvi)

Wie im Falle von "Artificial Intelligence", gibt es auch bei "Artificial Life" *extreme* und *gemäßigte* Vertreter.

- *die extreme Position*: Strukturen innerhalb eines Computers, die den Gesetzmäßigkeiten natürlichen Lebens folgen, *leben wirklich*. Artificial Life ist "echtes Leben". (z.B. Bruce McLennan, Univ. Tennessee).

Mark Bedau (Dartmouth) und Norman Packard (Univ. Illinois) haben einen "Turing-Test" für künstliches Leben vorgeschlagen (ähnlich dem Turing-Test der künstlichen Intelligenz), wobei als Beweis für Leben "Vitalität" gilt. Sie definieren Vitalität als messbar an der Ziel- oder Zweckgerichtetheit, die ein Organismus während seiner Entwicklung zeigt.

John McCaskill (früher am MPI in Göttingen) behauptete kürzlich, Artificial Life würde sehr wahrscheinlich innerhalb der nächsten 5 Jahre "eine physische Realität" werden, und fordert eine ethische Diskussion über die resultierenden Probleme. (GMD-Spiegel)

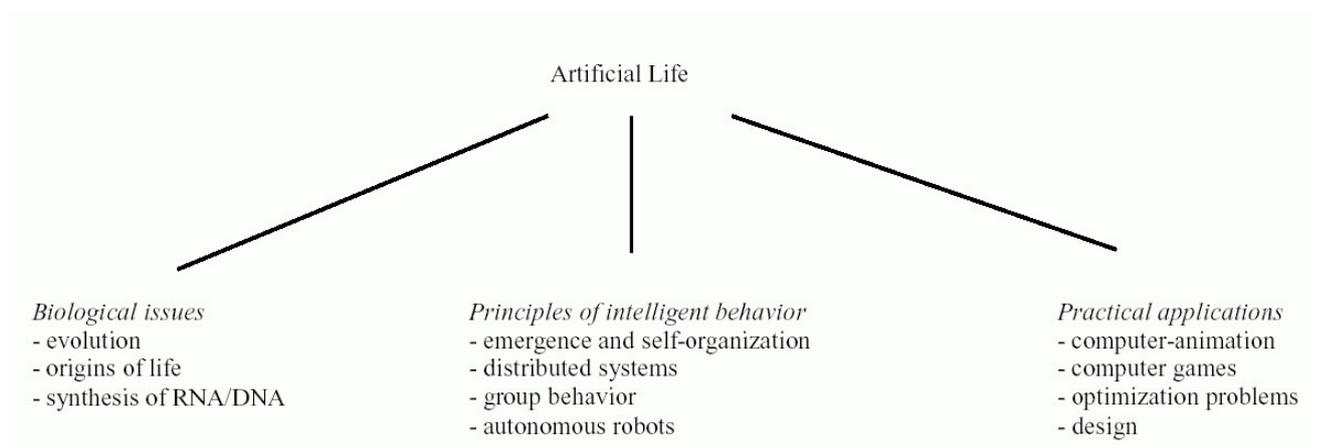
- Die *gemäßigten AL-Anhänger* behaupten *nicht*, dass ihre Schöpfungen im Rechner lebendig sind. Sie sagen, dass die Faktoren des natürlichen Lebens und die in Computerexperimenten resultierenden Verhaltensweisen interessante Studienobjekte sind und zur Unterstützung bei der Beantwortung von Fragen zu natürlichem Leben eingesetzt werden können (und für andere Zwecke, z.B. zur Unterhaltung).

Definition von "Artificial Life" nach Langton:

"Artificial Life is the study of man-made systems that exhibit behaviors characteristic of natural living systems. It complements the traditional biological sciences concerned with the analysis of living organisms by attempting to *synthesize* life-like behaviors within computers and other artificial media. By extending the empirical foundation upon which biology is based *beyond* the carbon-chain life that has evolved on Earth, Artificial Life can contribute to theoretical biology by locating *life-as-we-know-it* within the larger picture of *life-as-it-could-be*. (Langton, 1989, p. 1)

→ Untersuchung *allgemeiner* Lebens-Prinzipien

Neben diesem Grundlagenforschungs-Ziel werden in der ALife-Forschung auch praktische Ziele verfolgt (rechter Zweig im Diagramm):



Themenliste

L-Systeme

Thema 1:

Danks, G. B.; Stepney, S.; Caves, L. S. D. (2007): Folding protein-like structures with Open L-systems. In: ECAL 2007. Lecture Notes in Artificial Intelligence 4648 (Springer, Berlin 2007), elektronische Fassung: <http://www.springerlink.com/content/g666632xt231/> (17. 4. 2009; Zugang nur lizenziert möglich, z.B. von Uni-Rechnern), pp. 1100-1109.

Thema 2 :

Bornhofen, S.; Lattaud, C. (2008): On hopeful monsters, neutral networks and junk code in evolving L-systems. In: GECCO'08, July 12-16, 2008, Atlanta. ACM, elektron. Fassung: <http://www.cs.bham.ac.uk/~wbl/biblio/gecco2008/docs/p193.pdf> (letzter Zugriff 6. 4. 2016), pp. 193-200.

Zelluläre Automaten

Thema 3:

Glover, T. E.; Lind, P.; Yazidi, A.; Osipov, E.; Nichele, S. (2021): The dynamical landscape of reservoir computing with elementary cellular automata. In: ALIFE 2021: The 2021 Conference on Artificial Life, MIT Press, Cambridge, MA, <https://direct.mit.edu/isal/proceedings/isal/102/102888> (letzter Zugriff 8. 4. 2022).

Thema 4:

Hudcová, B.; Mikolov, T. (2021): Computational hierarchy of elementary cellular automata. In: ALIFE 2021: The 2021 Conference on Artificial Life, MIT Press, Cambridge, MA, 353-360, <https://arxiv.org/abs/2108.00415> (letzter Zugriff 8. 4. 2022).

Artificial Chemistry

Thema 5:

Dorin, A.; Korb, K. B. (2007): Building virtual ecosystems from artificial chemistry. In: ECAL 2007, Lecture Notes in Artificial Intelligence 4648 (Springer, Berlin 2007) (URL s. oben), pp. 103-112.

Evolution

Thema 6:

Trujillo, L.; Banse, P.; Beslon, G. (2021): Simulating short- and long-term evolutionary dynamics on rugged landscapes. In: ALIFE 2021: The 2021 Conference on Artificial Life, MIT Press, Cambridge, MA, <https://arxiv.org/abs/2105.05520> (letzter Zugriff 8. 4. 2022).

Thema 7:

Pugh, J. K.; Soros, L. B.; Frota, R.; Negy, K.; Stanley, K. O. (2017): Major evolutionary transitions in the Voxelbuild virtual sandbox game. In: Knibbe, C., et al. (eds.): Proceedings of the ECAL 2017, Lyon, France, 4-8 September 2017 (MIT Press, Cambridge, MA), pp. 553-560, <https://direct.mit.edu/isal/proceedings/ecal2017/553/99504> (letzter Zugriff: 8. 4. 2022).

Thema 8:

Disset, J.; Cussat-Blanc, S.; Duthen, Y. (2014): Self-organization of symbiotic multicellular structures. In: Sayama, H.; Rieffel, J.; Risi, S.; Doursat, R.; Lipson, H. (eds.): Artificial Life 14: Proceedings of the 14th International Conference on the Synthesis and Simulation of Living Systems. MIT Press, Cambridge, MA, 2014, pp. 541-548.

Thema 9:

Lalejini, A.; Wisser, M. J.; Ofria, C. (2017): Gene duplications drive the evolution of complex traits and regulation. In: Knibbe, C., et al. (eds.): Proceedings of the ECAL 2017, Lyon, France, 4-8 September 2017 (MIT Press, Cambridge, MA), pp. 257-264, <https://direct.mit.edu/isal/proceedings/ecal2017/29/257/99588> (letzter Zugriff: 8. 4. 2022).

Thema 10:

Dolson, E.; Ofria, C. (2017): Spatial resource heterogeneity creates local hotspots of evolutionary potential. In: Knibbe, C., et al. (eds.): Proceedings of the ECAL 2017, Lyon, France, 4-8 September 2017 (MIT Press, Cambridge, MA), pp. 122-129, <https://direct.mit.edu/isal/proceedings/ecal2017/29/122/99574> (letzter Zugriff: 8. 4. 2022).

Ökosysteme**Thema 11:**

Ito, T.; Pilat, M. L.; Suzuki, R.; Arita, T. (2014): Population and evolutionary dynamics based on predator-prey relationship in 3D physical simulation. In: Sayama, H.; Rieffel, J.; Risi, S.; Doursat, R.; Lipson, H. (eds.): Artificial Life 14: Proceedings of the 14th International Conference on the Synthesis and Simulation of Living Systems. MIT Press, Cambridge, MA, 2014, pp. 105-112.

Hinweis zu den Quellen:

Für jedes Thema gibt es einen Haupttext. Die TeilnehmerInnen sind aufgefordert, nach weiterem, ergänzenden Material zum Thema zu recherchieren.

Die Haupttexte *müssen* jedoch im Seminarvortrag eingehend behandelt werden (insbesondere dürfen Haupttexte nicht einfach zugunsten anderer Quellen ignoriert werden).

Ergänzendes Material kann den Haupttext nicht ersetzen!

Hinweise

Die Vorträge sollen als elektronische Präsentationen (Powerpoint oder pdf) konzipiert werden. Anschließend sollen die Präsentationen in pdf-Form ins Web gestellt werden und somit eine Webdokumentation des Seminars bilden, auf die auch später zurückgegriffen werden kann.

Eine **schriftliche Ausarbeitung** ist zusätzlich bis Ende des Semesters (30. 9.) abzugeben.

Die Vorträge, Präsentationen und Ausarbeitungen sollen in *deutscher* Sprache abgefasst sein. Die Präsentationen sollen stichwortartig aufgebaut sein, mit eventuellen Zitaten *wichtiger, kurzer* Passagen. Alle wesentlichen Punkte des Vortrags sollten enthalten sein, so dass anhand der Präsentationen eine grobe Rekapitulation des Inhalts möglich ist. Richtgröße für die Zahl der Folien (Seiten): 15. Auf Übersichtlichkeit und auf Einhaltung der Rechtschreibregeln sollte geachtet werden. Schriftgröße in der Präsentation: empfohlen werden 18-24 pt.

Zeit: 30 Min. Vortrag, 10 Min. Diskussion. Vortragsstil: freie Rede, als "Spickzettel" sollte nur die Powerpointpräsentation dienen.

Bewertungskriterien:

Der Erwerb des Proseminarscheins setzt folgende Teilleistungen voraus:

- aktive Beteiligung an allen Seminarsitzungen, ersichtlich durch Diskussion / Fragen zu den Vorträgen.

Im Proseminar besteht Anwesenheitspflicht (online).

- Einen selbst ausgearbeiteten und in freier Rede (mit ppt- oder pdf-Präsentation) gehaltenen Vortrag,
- die Abgabe der Präsentation im ppt-, (Word-) doc- oder pdf-Format,
- die Abgabe einer Ausarbeitung im (Word-) doc- oder pdf-Format (über e-mail (wk<at>informatik.uni-goettingen.de)). Diese Ausarbeitung muss in der äußeren Form einwandfrei sein und alle verwendeten Quellen *mit kompletten bibliographischen Angaben* am Schluss auflisten, wie bei wissenschaftlichen Arbeiten üblich. Bitte selber die Ausarbeitung vor der Abgabe von einem/r Kommiliton*in oder Freund*in korrekturlesen lassen (auf Rechtschreibfehler), das ist nicht die Aufgabe des Seminarleiters.

Betreuung:

Die Studierenden werden ermuntert, einen der Seminarleiter vor dem Vortrag, also während der Einlese- und Ausarbeitungszeit, aufzusuchen, um eventuelle Verständnis- und Präsentationsprobleme frühzeitig zu besprechen und gemeinsam zu lösen. Nichtwahrnehmung der Betreuungsmöglichkeit führt bei Problemen während des Vortrags zu ungünstiger Bewertung!

Anmeldung (und ggf. Abmeldung) bis 19. 5. 2022 erforderlich!