



ZUM THEMA

Künstliches Leben

Seit einiger Zeit wandern virtuelle Ameisen durch die Rechner einiger Forschungslabors, denn seit Mitte der Achtzigerjahre gibt es ein neues Forschungsgebiet: künstliches Leben. Was zunächst wie ein Spiel aussah, ist zu einer ernsthaften Beschäftigung damit geworden, das existierende Leben besser zu verstehen. Hauptsächlich wird davon ausgegangen, dass mithilfe von Computerprozessen hilfreiche und nützliche Simulationstechniken erprobt und untersucht werden können. Das künstliche Leben, das in Computern existiert, hat zwar seinen Ursprung in der theoretischen Biologie, ist aber nicht notwendigerweise exakt an den natürlichen biologischen Vorbildern orientiert. Und so besteht die Chance, auch theoretisch mögliche Systeme zu beobachten und zu analysieren. Beide – die natürlichen und die theoretisch möglichen Systeme – sind Gegenstand von Beiträgen im vorliegenden Heft.

Das Titelbild zum Thema wurde von Marcel Rex, Gera, für LOG IN gestaltet.

Impressum	2	Zeit und Raum bei Quicksort von Michael Fothe	49
Editorial	3	Zeitaufwand von Sortierverfahren von Rüdiger Baumann	51
Berichte	4	Werkstatt: Objekte sortieren – Zur Verwendung von Bibliotheksprogrammen in JAVA von Alfred Heubaum	56
THEMA			
Künstliches Leben – Ein Überblick von Andreas Schwill und Helmut Witten	8		
Leben in der rekursiven Welt – Selbstreproduzierende Automaten und Programme von Andreas Schwill	15		
Mars und Venus im Krieg der Kerne – Von Knirpsen, Mäusen, Viren, Würmern und der Evolution im Computer von Helmut Witten	21		
Künstliches Leben im Biologieunterricht – Mikrosimulationen mit Multi-Agenten-Systemen von Joachim Wedekind und Horst Koschwitz	28		
DISKUSSION			
Kritisches zu „Stiften und Mäusen“ – Was ist objektorientierte Modellierung? von Siegfried Spolwig	35		
PRAXIS & METHODIK			
Lineare zelluläre Automaten von Alfred Hermes	40		
Virtuelle Ameisenwelt – Digitale Ameisen und Turmiten als Modelle künstlichen Lebens in JAVA (Teil 1) von Paola Prätorius	44		
COLLEG			
		Unterricht mit Star-Office 7 – Teil 1: Technische Vorbereitungen von Ingo-Rüdiger Peters	60
COMPUTER & ANWENDUNGEN			
		Aktuelles Lexikon: Spiel des Lebens	63
		Software: BugBrain – Käfergehirn	64
		Geschichte: Monte-Carlo-Methode und zelluläre Automaten	66
FORUM			
		Rezension: Wolfram, St.: A New Kind of Science	68
		Computer-Knobelei: Ulamspirale und Primzahlen	70
		Info-Markt	71
		Veranstaltungskalender	71
		Vorschau	72
		LOG OUT	72

Auf der Suche nach der Weltformel

Und wenn ich alle Weisheit der Welt hätte,
so wär's mir nichts nütze;
denn ich könnte noch nicht einmal weissagen,
ob eine winzig kleine Ameise
auf den Pfad der Tugend gerät.

Ian Stewart:
Ameisen und die Erklärung der Welt,
1995

Die Suche nach der Weltformel beschäftigt Wissenschaftler – vor allem Mathematiker und Astrophysiker – in ähnlicher Weise wie Dichter im Zeitalter der Romantik die Suche nach der blauen Blume.

Allein schon die Frage, was denn Leben sei, kann heute noch immer nur bruchstückhaft beantwortet werden. Zunächst antworten natürlich die Biologen: „Allgemein ist das Leben als das geordnete, komplizierte Zusammenspiel meist organischer chemischer Verbindungen eines offenen Systems mit physikalischen und chemischen Wechselwirkungen mit seiner Umwelt definiert.“ So jedenfalls wird es in *Wikipedia*, der freien Enzyklopädie im Internet, formuliert. Das irdische Leben ist dabei nur *eine* Form des Lebens unter vielen anderen. Zwar ist das Leben auf der Erde ein Produkt der Evolution, die durch natürliche Selektion auf der Grundlage von Kohlenstoff entstanden ist. Doch theoretisch ist der Evolutionsprozess weder auf das beschränkt, was auf der Erde vorkommt, noch auf Kohlenstoffchemie. Genau wie Leben auf anderen Planeten auftreten kann, so könnte es sich auch auf einer anderen Basis als der des Kohlenstoffs entwickeln: in Computern beispielsweise.

Wer die Weltformel entdecken will, muss zunächst eine Formel dafür finden, wie sich Leben entwickelt. Da bieten sich Computer als Werkzeug nahezu von selbst an. Die umfassenden Entwürfe der so genannten künstlichen Intelligenz haben ihre Grenzen an der natürlichen Dummheit der Menschen gefunden

– neue Erkenntnisse sind zurzeit nur in mikroskopisch kleinen Schritten zu beobachten. Dagegen hat sich – in verstärktem Maße seit den Achtzigerjahren des vorigen Jahrhunderts – eine neue Forschungsrichtung entwickelt: künstliches Leben. Bei der Beschäftigung mit künstlichem Leben geht es vor allem um die Simulation von Lebensstrukturen und -prinzipien auf dem Computer.

In der Biologie geht es darüber hinaus zwar auch noch um in der natürlichen Umwelt existenzfähiges, künstlich erzeugtes Leben. So ist es fast 200 Jahre nach der literarischen Erfindung Frankensteins amerikanischen Forschern um Eckard Wimmer im Jahr 2002 gelungen, ein Polio-Virus, den Erreger der Kinderlähmung, künstlich im Labor herzustellen. Die Forscher taten dies aber eher als Warnung an die Menschheit. Das künstliche Leben, das in Computern existiert, hat zwar auch seinen Ursprung in der theoretischen Biologie, ist aber nicht notwendigerweise exakt an den natürlichen biologischen Vorbildern orientiert.

Hauptsächlich wird in den Forschungen auf dem Gebiet des künstlichen Lebens davon ausgegangen, dass mithilfe von Computerprozessen hilfreiche und nützliche Simulationstechniken erprobt werden können, um das existierende Leben besser zu verstehen und um theoretisch mögliche Systeme zu beobachten und zu analysieren. Die Computerprogramme selbst sind allerdings nicht lebendig. Jedoch gibt es Forschergruppen, die mittlerweile behaupten, Strukturen innerhalb eines Computers, die den Gesetzmäßigkeiten des natürlichen Lebens folgen, lebten wirklich. Aus ethischer Sicht ist hier freilich die Frage erlaubt, ob dann Computer überhaupt noch ausgeschaltet werden dürften.

Die Beispiele für künstliches Leben sind inzwischen mannigfaltig.

Zwei der bekanntesten Simulationen sind das *Game of Life* von John Horton Conway oder das Computerspiel *Creatures*, bei dem primitive, lernfähige künstliche Lebewesen mit Stoffwechsel und Genom erzeugt werden. Doch nicht nur Computerspiele gehören zu den Anwendungen des künstlichen Lebens.

Wie immer im Computerbereich gibt es Einsatzmöglichkeiten zu militärischen Zwecken, vor allem zur Identifizierung feindlicher Waffen und Menschen und zur Bekämpfung dieser durch eigene autonome Waffen oder künstliche Soldaten. Ebenso existiert ein weites Feld künstlichen Lebens in der Raumfahrt mit dem Ziel, unbemannte Raumflüge zu starten, die die Lebensdauer von Menschen überschreiten. Aber auch für den Alltag bieten die Forschungen zum künstlichen Leben etwas – beispielsweise die Möglichkeiten, einen „Persönlichen Assistenten“, einen so genannten Agenten, als Datenfilter einzusetzen, der aus der nahezu unendlichen Fülle an Information im Internet nur die relevanten Informationen herausfiltern soll.

Eine Frage ist im Übrigen auch, ob Computerviren eine Art künstlichen Lebens sind. Denn bei den in der realen Welt existierenden Viren ist die Grenze zum natürlichen Leben sehr fließend: Die meisten von ihnen besitzen keine Zellstruktur und keinen eigenen Stoffwechsel. Computerviren sind ihnen daher sehr ähnlich. Und was unterscheidet solche Viren von den virtuellen Ameisen, die es mittlerweile in Hülle und Fülle gibt und die sogar schon zu Turmiten mutiert sind?

Diese und andere Fragen sollen im vorliegenden Heft geklärt und für den Unterricht aufbereitet werden.

Bernhard Koerber
Andreas Schwill
Helmut Witten