

Zeitschrift: Tec21
Herausgeber: Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein
Band: 135 (2009)
Heft: 37-38: Natur inspiriert Technik

Artikel: Lebensähnliche Computersysteme
Autor: Fischer, Stefan / Wegener, Axel
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-108309>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 20.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

LEBENSÄHNLICHE COMPUTERSYSTEME

Computer sind mittlerweile nicht nur im Arbeitsleben, sondern auch in vielen anderen Lebensbereichen allgegenwärtig. Damit diese Vielzahl an Rechnern zuverlässig funktioniert, versucht die sogenannte «Bioinformatik» nach dem Vorbild der Natur Computersysteme zu schaffen, die sich selbst organisieren, optimieren oder «heilen» und somit auch in unerwarteten Situationen adäquat und flexibel reagieren können. Einsetzen lassen sich solche Systeme zum Beispiel zur Steuerung des Strassenverkehrs.

Auf den ersten Blick wirken die beiden Begriffe «Informatik» und «Natur» sehr gegensätzlich. Wenige technische Erfindungen des Menschen sind so anfällig gegenüber natürlichen Einflüssen wie Regen, Hitze, Kälte etc. wie der Computer. Auf der anderen Seite gibt es jedoch zum Beispiel schon seit einigen Jahren das Fach «Bioinformatik» und eine enge Zusammenarbeit von Biologen und Informatikern in einer Reihe von Anwendungsgebieten. Was steckt also dahinter?

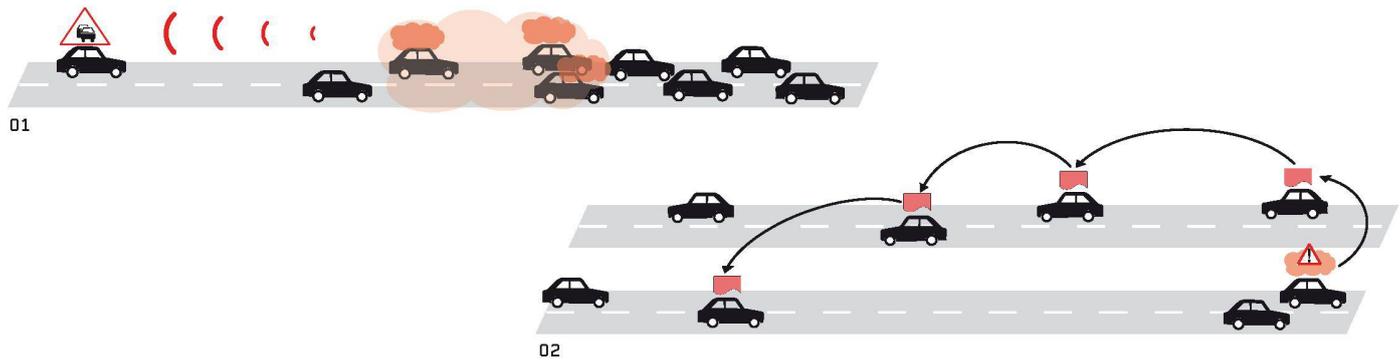
In der Informationstechnologie sind seit einiger Zeit zwei wichtige Trends zu beobachten. Auf der einen Seite werden Computersysteme immer kleiner und immer zahlreicher. Zu Beginn des Computerzeitalters mussten sich viele Benutzer einen Grossrechner teilen. Um 1980 begann sich dieses Verhältnis zu drehen: Mit der Erfindung des PC stand plötzlich ein eigener Rechner für jeden zur Verfügung. Heute hat man es im Alltagsleben mit einer Vielzahl von grösseren und kleineren Computersystemen zu tun, darunter so offensichtliche wie Handys und Notebooks, aber auch «unsichtbare» in Waschmaschinen und Autos. Diese beiden letzten Beispiele deuten bereits den zweiten Trend an: das zunehmende Eindringen von Informationstechnologie in das normale Alltagsleben. Die Vision des sogenannten «Pervasive Computing» (Rechnerdurchdringung) oder «Ubiquitous Computing» (Allgegenwart von Rechnern) sieht eine Verwebung der Rechner mit der Umwelt des Menschen und ihren Gegenständen kommen; bekannte Ausprägungen sind etwa Kühlschränke, die selbstständig Milch nachbestellen, wenn der Vorrat zur Neige geht.

Was man jedoch dabei oft nicht bedenkt, ist die Tatsache, dass Rechensysteme heutzutage erhebliche Hilfe benötigen, um lauffähig zu bleiben. Man nennt diese Hilfe Systemadministration. In kontrollierten und überschaubaren Büro- und Laborumgebungen ist dies unproblematisch, da typischerweise Systemadministratoren verfügbar sind. Aber zu Hause oder auf der Strasse oder in unzugänglichen Waldgebieten? Hinzu kommt dort die viel grössere Komplexität der – wie oben schon erwähnt – vielfach eher feindlichen Umwelt.

Muss jetzt also jeder Mensch ein in IT-Fragen gut ausgebildeter Administrator werden, um das «Überleben» aller Rechensysteme zu garantieren? Genau das wollen naturinspirierte Verfahren verhindern.¹ Das Ziel besteht darin, Computersysteme zu schaffen, die lebensähnliche Eigenschaften besitzen, die sich quasi selbst organisieren können und damit auf jede Situation, auch eine unerwartete, adäquat reagieren können. Solche Systeme wären dann sehr viel robuster als herkömmliche Computer.

SELBST-X-EIGENSCHAFTEN

Dieser Begriff der «Selbstorganisation» hat in der Informatik inzwischen eine erhebliche Bedeutung gewonnen. Man versteht darunter «das spontane Auftreten neuer, stabiler, effizient erscheinender Strukturen ... in offenen Systemen»², wobei das System seine Strukturen selbstständig ändert. Dabei ist es aus Kosten- und Komplexitätsgründen oft wünschenswert,



01 Eine Hovering Data Cloud am Ende eines Staus, die ankommende Fahrzeuge vorwarnt
02 Springen der Hovering Data Clouds von Fahrzeug zu Fahrzeug
03 Ampelassistent: Abbremsen, falls die Ampel nicht mehr bei Grün erreicht werden kann
04 Ampelassistent: Motor ausschalten, wenn die Ampel noch mindestens 20s Rot anzeigt
 (Grafiken: Autoren)

dass die Komponenten des Systems nach sehr einfachen, lokal (also nur innerhalb eines Computersystems) anzuwendenden Regeln handeln. Dies trifft insbesondere auf einen in letzter Zeit populär gewordenen Zweig der Selbstorganisation von Computersystemen zu, die sogenannte Schwarmintelligenz. Ein zentrales Ziel beim Entwurf solcher «Schwärme» von Einfach-Computern besteht dann darin, dass die Systementwicklung kontrolliert, d. h. in Richtung eines gewünschten übergreifenden Zieles verläuft, das nicht von einem Rechner allein erreicht werden kann, sondern nur von der Gemeinschaft.

Neben dem zentralen Begriff der Selbstorganisation wurden weitere sogenannte «Selbst-X-Eigenschaften» eingeführt, wie etwa Selbstkonfiguration, Selbstoptimierung, Selbststabilisierung oder Selbstheilung – Fähigkeiten, die ebenfalls bei natürlichen Vorbildern beobachtet werden können. Mit Selbstheilung wird bspw. die Eigenschaft eines Systems bezeichnet, ausgehend von einem als nicht akzeptabel definierten Zustand einen als akzeptabel definierten Zustand des Systems in beschränkter Zeit zu erreichen.

Der Versuch, Selbst-X-Eigenschaften in reale Informatiksysteme einzubauen, wurde in einigen grösseren nationalen und internationalen Forschungsvorhaben unternommen. Bekannt wurde insbesondere der Ansatz des «Autonomic Computing», der Anfang des 21. Jahrhunderts von der Firma IBM entwickelt wurde. In Deutschland begann man diese Idee im Rahmen eines eigenen Ansatzes zu verfolgen, dem Organic Computing.

DIE IDEE DES ORGANIC COMPUTING

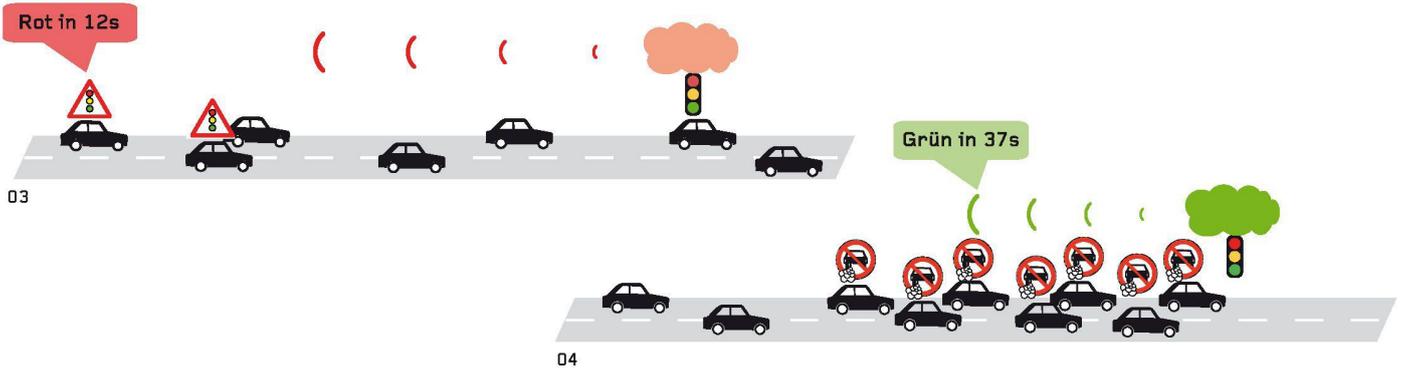
In einem Positionspapier aus dem Jahre 2003 beschreibt die Organic-Computing-Community innerhalb der deutschen Gesellschaft für Informatik, was «organische» Systeme ausmachen soll. Genannt werden vor allem die folgenden Eigenschaften:

- Organische Systeme sind robust, adaptiv und flexibel.
- Sie passen sich den Bedürfnissen des Anwenders an.
- Sie zeigen lebensähnliche Eigenschaften.
- Sie bestehen aus autonomen kooperierenden Einheiten, die soweit wie möglich selbstorganisiert arbeiten.
- Sie arbeiten angetrieben von Zielvorstellungen.
- Sie sind vertrauenswürdig.

Um den Aufbau und anschliessenden Nutzen solcher Systeme zu erproben, wurde zwei Jahre später in Deutschland ein grosses Forschungsprogramm zu Organic Computing gestartet, in dem bis heute mehr als 20 Projekte im Umfang von mehreren Millionen Euro bearbeitet wurden. Die Themen stammen aus allen Bereichen der Informatik, von der Algorithmik über die technische bis zur praktischen und angewandten Informatik.

ORGANIC COMPUTING IN DER VERKEHRSTEUERUNG

Ein Anwendungsgebiet für Organic Computing, das sich nachgerade aufdrängt, ist der Strassenverkehr. Ein Verkehrssystem besteht aus einer grossen Zahl miteinander interagierender Individuen, die jeweils einfache Aktionen beherrschen, wie etwa Bremsen, Gasgeben, Spurwechsel etc. Trotz diesem einfachen Ansatz lassen sich tagtäglich erstaunliche Selbstorganisationsphänomene auf den Strassen beobachten. Eines der wichtigsten, weil ökonomisch bedeutsamsten, ist der Verkehrsstau, der zumindest für den Laien aus dem Nichts entstehen kann und plötzlich auch wieder verschwindet. Wegen der hohen wirtschaft-



lichen Bedeutung – neben der unnützen Verbrennung von Treibstoff kommen unzählige unproduktive Wartestunden zusammen – und da einfach fast jeder betroffen ist, lohnt es sich, über den Einsatz von Organic-Computing-Prinzipien im Verkehr nachzudenken. Dies geschieht beispielsweise im Rahmen des Projekts «AutoNomos», das die Universitäten Lübeck und Braunschweig gemeinsam im Rahmen des oben genannten Forschungsprogrammes durchführen.

Neuartige Datenstrukturen

AutoNomos basiert auf der direkten Kommunikation zwischen Fahrzeugen. Die Folge davon ist, dass relevante Verkehrsinformation sehr viel schneller beim Adressaten ankommt, als dies mittels zentraler Verkehrsinformationssysteme möglich ist – jeder kennt die eingeschränkte Präzision von Staumeldungen im Verkehrsfunk. Während dies noch keine neue Erkenntnis ist (Car-to-Car-Kommunikation wird seit einigen Jahren untersucht), wurden in AutoNomos jedoch neuartige Datenstrukturen entwickelt, die die Verkehrsinformation direkt am Ort des Geschehens festhalten und somit zu jeder Zeit unmittelbar verfügbar machen können (Abb. 1). Diese sogenannten Hovering Data Clouds erzeugen beispielsweise aufgrund der Erfassung mehrerer Brems- und Geschwindigkeitsmeldungen die Information, dass sich an einer bestimmten Stelle ein Stauende befindet. Da sich mit der Zeit die Individuen (also die Fahrzeuge), die das Stauende repräsentieren, ändern, muss die Datenwolke sozusagen mitwandern, was sich nur durch ein Springen von Fahrzeug zu Fahrzeug realisieren lässt, manchmal auch über Umwege, wenn sich ansonsten Lücken ergäben (Abb. 2). Mehrere Hovering Data Clouds lassen sich zu höherwertigen Informationen zusammenfassen, aus denen sich beispielsweise sehr präzise die Länge und Position eines Staus ablesen lässt.

Anwendungen

Basierend auf dem obigen Konzept wurden in AutoNomos mehrere Anwendungen beispielhaft und bisher simulativ umgesetzt.

- Mittels der sogenannten Ampelassistenten, in der Fahrzeuge untereinander und mit Ampeln kommunizieren, wird ein treibstoffeffizientes Fahrverhalten im innerstädtischen Verkehr ermöglicht (Abb. 3 und 4).
- In der «adaptiven Routenplanung» wird die Zeit, die andere Fahrzeuge für eine Strecke benötigen haben, in die Wegplanung einbezogen.
- Die «dezentrale Stauerkennung» realisiert genau die oben schon kurz beschriebene präzisere Erkennung von Stockungen im Verkehrsfluss.
- Die «Stauvermeidung» passt die Geschwindigkeit der Fahrzeuge lokal an, sodass ein günstiger Verkehrsfluss entsteht.

Die bisherigen Ergebnisse sind sehr vielversprechend. So zeigen die Simulationen der Stauvermeidung zum Beispiel ein erhebliches Treibstoffsparpotenzial. Insgesamt erscheint es sehr sinnvoll, Organic-Computing-Prinzipien auch in der realen Verkehrssteuerung zu erproben.

Anmerkungen

- 1 Dieser Artikel stellt nicht alle in der Vergangenheit entwickelten naturinspirierten Verfahren in der Informatik vor. Insbesondere evolutionäre Algorithmen werden ausgespart
- 2 Wikipedia vom 29. Juli 2009

Stefan Fischer, Diplom-Wirtschaftsinformatiker, Professor für Informatik, Universität zu Lübeck, Institut für Telematik, fischer@itm.uni-luebeck.de

Axel Wegener, Diplom-Informatiker, Geschäftsführer der EDV-Unternehmensberatung SOL-Computer, Uslar, wegener@sol-computer.de