

# Computerprogramm oder Lebewesen? Forscher übertragen Nervensystem eines Fadenwurms in einen Computercode



*Das analoge, natürliche Vorbild: der Fadenwurm C.elegans  
Copyright: Zeynep F. Altun, Lizenz: Creative Commons Share Alike*

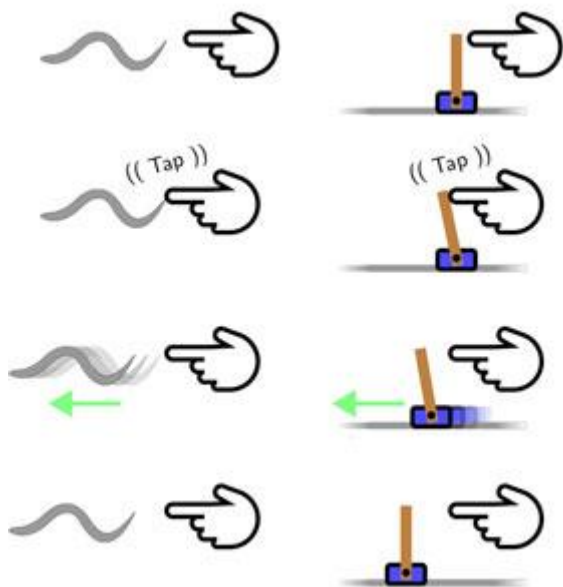
**Wien (Österreich) – Nachdem Informatiker der TU Wien das Nervensystem eines Fadenwurms in einen Computercode übersetzt haben, verschwimmt die Grenze zwischen lebendigem Wesen und Computerprogramm. Der so generierte “Computerwurm” kann sogar ein ihm gestelltes Problem bewältigen, ohne dass das Programm hierfür konzipiert wurde.**

Schon lange ist der gerade einmal einen Millimeter lange und absolut einfach gebaute Fadenwurm C.elegans für Wissenschaftler von großem Interesse. Der Grund: Er ist das einzige Lebewesen, dessen Nervensystem mit gerade einmal knapp über 300 Nervenzellen so einfach ist, dass man es vollständig analysieren konnte. “Es kann als Schaltplan aufgezeichnet oder in einem Computerprogramm nachgebildet werden. Die Nervenaktivität des Tieres lässt sich somit eins zu eins auf den Computer übertragen”, erläutert die Pressemitteilung der TU Wien.

Nachdem Mathias Lechner, Ramin Hasani und Radu Grosu genau das getan hatten, gelang es den Informatikern nun sogar, dem so erstellten künstlichen *C. elegans* ein Kunststück beizubringen: Der Computer-Wurm lernte, einen Stab auf seiner Schwanzspitze zu balancieren.

Tatsächlich genügt es dem natürlichen Vorbild, mit knapp über 300 Nervenzellen auszukommen, um sich in seiner Umwelt zurechtzufinden, Bakterien zu fressen und auf gewisse äußere Impulse zu reagieren. Auf diese Weise spürt der Fadenwurm etwa, wenn er auf ein Hindernis stößt, und schlängelt sich reflexartig in die entgegengesetzte Richtung.

Auch die Frage danach, warum er das tut, lasse sich genau erklären, so die Wiener Forscher: “Sein Verhalten wird durch seine Nervenzellen und die Stärke der Verbindungen zwischen ihnen festgelegt. Wenn man dieses einfache Reflex-Netzwerk des Wurms am Computer nachbildet, dann reagiert der computersimulierte Wurm genauso auf den Zusammenstoß mit einem virtuellen Hindernis. Nicht, weil man es ihm einprogrammiert hätte, sondern weil dieses Verhalten von vornherein fest in sein neuronales Netz eingebaut ist.”



*So wie der Wurm im realen Leben auf eine Berührung reagiert, reagiert sein Neuronales Netz in digitaler Form auch auf digitale Inputs – z.B. über die Bewegung eines Pendels.  
Copyright: TU Wien*

Tatsächlich habe die Aufgabe, die der Wurm mit diesem einfachen Schaltkreis löst, eine starke Ähnlichkeit mit einem klassischen Problem aus der Technik – dem Balancieren eines Stabs. “Dabei handelt es sich um eine ganz typische Aufgabe, die ein computergesteuerter Controller normalerweise gut bewältigen kann”, so Hasani und erläutert weiter: “Ein Stab wird am unteren Ende festgehalten, und je nachdem, in welche Richtung er zu kippen droht, führt man eine Gegenbewegung aus, um den Stab zu stabilisieren. Genau wie sich der Wurm beim Zusammenstoß mit einer Wand reflexartig in die Gegenrichtung bewegt, muss auch der Aufhängepunkt des Stabes beim drohenden Kippen rasch bewegt werden.”

In Ihrem Experiment wollten die Wissenschaftler nun herausfinden, “ob auch das auf einen Computer übertragene Nervensystem von *C. elegans* diese Aufgabe lösen kann – und zwar ohne zusätzliche Nervenzellen hinzuzufügen, nur durch ein Modifizieren der Synapsenverbindungen zwischen den Nervenzellen. Genau dieses Verändern der Synapsenstärken charakterisiert auch natürliche Lernprozesse.”

Mit Hilfe von sog. “bestärkendem Lernen” (engl.: reinforcement learning), einer speziellen Methode aus dem Bereich des maschinellen Lernens, wurde das künstliche Reflex-Netzwerk am Computer trainiert und optimiert.

Tatsächlich gelang es auf diese Weise, dem extrem einfachen virtuellen Nervensystem die Fähigkeit zu verleihen, einen Stab zu balancieren. “Das Ergebnis ist ein Controller, der ein reales technisches Problem lösen kann – nämlich das Stabilisieren eines balancierten Stabs. Doch kein Mensch hat je eine Zeile Code dieses Controllers programmiert, er entstand einfach durch Trainieren eines biologisch entstandenen Nervensystems”, erklärt Lechner.

Die Fähigkeiten solcher Controller-Schaltkreise will das Team in Zukunft noch weiter erforschen: “Jedenfalls werfen solche Projekte die Frage auf, ob zwischen Computercode und lebendigen Nervensystemen überhaupt ein fundamentaler Unterschied besteht. Ist maschinelles Lernen und das, was in unserem Gehirn passiert, auf fundamentaler Ebene dasselbe?”