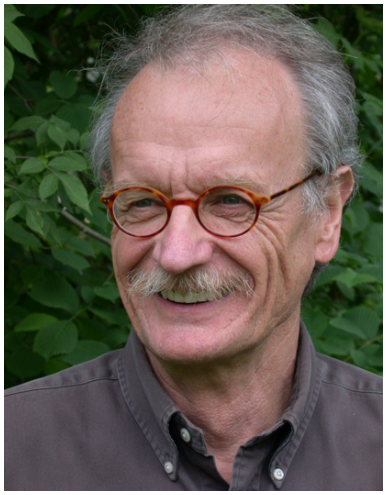

Holk Cruse, Dr. rer. nat.

Professor der Biologie

Universität Bielefeld

Born in 1942 in Stuttgart

Studied Biology, Physics, Mathematics at the Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

SCHWERPUNKT

ARBEITSVORHABEN

The Talking Stick Project

The human brain is often considered the most complex system known. The members of the "understanding the brain" group, Lisa Aziz-Zadeh, Thomas Metzinger, Srini Narayanan, Rafael Núñez, Luc Steels and myself, suppose that a better understanding of how the brain works might be gained if results from quite diverse research domains are combined.

To this end, we exploit the observation that the neuronal system traditionally assumed to be responsible for motor control, i.e., for control of action, has recently been shown to share a common structural and functional basis with sensory analysis of an action, i.e., traditional perception, and also with imagining of an action, i.e., with subjective experience. Furthermore, linguists have advanced another quite contra-intuitive idea postulating that language is directly coupled with basic motor control structures. Our aim is to test to what extent these hypotheses can be combined by a single functioning neural network.

We start with an artificial, i.e., simulated neuronal network that is able to control complex motor behavior, namely the walking and climbing of an insect, the walking stick. The system is furthermore equipped with the ability to plan ahead. Applying Narayanan's ideas to this network will result in a system that, on a low level, can probably be used for language comprehension and language production (therefore called "the talking stick project"). Later the simulation will be endowed with more complex memory structures including procedural and declarative types of memory.

To verify the feasibility of our concept, the final goal will be to test the new memory structure on a robot. Using this strategy, we hope to detect basic principles of the functioning of brains on the system level.

Recommended Reading

Cruse, H. 2003. "The evolution of cognition - a hypothesis." Cog. Science 27, 135-155.

Schilling, M. und H. Cruse. 2007. "The evolution of cognition - from first order to second order embodiment." In Modeling Communication with Robots and Virtual Humans, edited by I. Wachsmuth and G. Knoblich. Berlin: Springer, 2008 (in press). [Springer Series Lecture Notes in Computer Science (LNCS), subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence (LNAI).]

Cruse, H., V. Dürr, and J. Schmitz. 2006. "Insect walking is based on a decentralised architecture revealing a simple and robust controller." Phil. Trans. R. Soc. 365, 221-250.

ABENDKOLLOQUIUM

,

12.11.2008

Understanding the Brain: Bewegung, Sprechen, Denken, Fühlen

Ein System, das Verhalten - also Bewegungen - kontrollieren kann, und das außerdem die Fähigkeit besitzt, denken und fühlen zu können, wird häufig als "kognitives" System bezeichnet. Es wird weitergehend auch die Auffassung vertreten, dass Sprachfähigkeit eine konstituierende Eigenschaft kognitiver Systeme darstellt. Das Ziel unserer Schwerpunktgruppe besteht darin, quantitative Modelle in Form von Computersimulationen neuronaler Strukturen zu entwickeln, die diese vier Eigenschaften aufweisen. Wir folgen dabei Feynman, der sagt, "nur was ich nachbauen kann, habe ich verstanden". Solche Modelle stellen grundsätzlich Vereinfachungen der Realität dar, da sie nicht alle Details, sondern nur die wesentlichen Prinzipien beschreiben sollen. Ob beim Erstellen eines Modells - Intuition spielt hier eine zentrale Rolle - das Ziel, die wesentlichen Prinzipien zu erfassen, tatsächlich erreicht wurde, lässt sich jeweils erst im Nachhinein feststellen.

Unsere Gruppe versucht also, die Mechanismen zu verstehen, die der Funktion unseres Gehirns und damit letztlich unserer Existenz als Person zugrunde liegen. Wie wird Verhalten von Gehirnen kontrolliert? In klassischen Darstellungen wird dies mit der Kette "Sense - Plan - Act" abgekürzt. Bisher weitgehend ungeklärt sind dabei die Prozesse, die in dem hier mit "Plan" bezeichneten Bereich ablaufen. Diese Prozesse betreffen die Auswahl relevanter Daten aus einem komplexen sensorischen Input, die Entscheidung über das Verhaltensziel - möglicherweise mit einzuschiebenden Zwischenzielen - , sowie die Auswahl aus (sehr) vielen motorischen Möglichkeiten um dieses Ziel zu erreichen, wobei natürlich die aktuellen Randbedingungen berücksichtigt werden müssen. Diese Probleme haben nicht nur Menschen zu lösen, sondern alle Tiere, auch Insekten.

Um die diesen Prozessen zugrunde liegenden Mechanismen zu verstehen, haben wir zunächst ein einfaches, aber keineswegs triviales Verhalten, nämlich das Laufen und Klettern von Insekten ausgewählt. Ein Insekt besitzt sechs Beine und muss damit insgesamt mindestens 18 Gelenke ansteuern. Die Aufgabe ist nicht einfach: Selbst moderne Laufroboter sind noch weit von den entsprechenden Fähigkeiten eines Insekts entfernt.

Verhaltensuntersuchungen haben inzwischen zu einem aus künstlichen Neuronen bestehenden Computermodell geführt. Mit dessen Hilfe kann - einschließlich der wichtigen Rolle, die die Körpermechanik spielt - Verhalten kontrolliert werden, das dem bei den Tieren beobachteten Verhalten recht

ähnlich ist. Um Letzteres zu überprüfen, werden sowohl Software- als auch Hardwaresimulationen (Roboter) eingesetzt.

Das beschriebene neuronale Modell kann als prozedurales Gedächtnis interpretiert werden. Solche sogenannten reaktiven Strukturen erlauben allerdings keine Vorhersage darüber, welchen Zustand die Außenwelt nach der Durchführung des Verhaltens angenommen haben wird. Um Vorhersagen machen zu können, muss das neuronale System um ein wesentliches Element, nämlich ein manipulierbares Weltmodell, erweitert werden. Da der Körper, aus der Sicht des Gehirns, den wichtigsten Teil der Welt darstellt, ist ein Modell des eigenen Körpers zentrales Element dieses Weltmodells. Mit einem derartigen Körper- und (Teil-)weltmodell wäre die Voraussetzung für "Probehandeln" gegeben, ein Begriff, den schon S. Freud als Synonym für "Denken" eingeführt hat (es handelt sich dabei also zunächst um vorbegriffliches Denken). Unsere erste Aufgabe wird darin bestehen, ein solches Körper/Weltmodell zu konstruieren.

Der für unser Projekt entscheidende Schritt basiert auf einer auf den ersten Blick abwegigen Idee: Repräsentation von menschlicher Sprache, d.h. sowohl das Sprechen als auch das Verstehen von Sprache, soll mit Hilfe von Strukturen beschrieben werden, die denen eines modellhaft vereinfachten Insektengehirns entsprechen. Auf diese Weise kann natürlich nur eine erste Stufe beschritten werden. Wir werden hierfür ein Element des im Labor von S. Narayanan entwickelten Konzeptes verwenden. Gedächtnisstrukturen, die sowohl für das Aussprechen als auch für das Erkennen eines Wortes zuständig sind, sollen direkt mit den Gedächtnisstrukturen verknüpft werden, die die entsprechenden Verhaltenselemente repräsentieren. Auf diese Weise wäre es möglich, dass das System, denken wir zum Beispiel an einen insektenähnlichen Roboter, nicht nur diese Verhaltensweisen durchführen kann, sondern auch in Form einzelner Wörter oder einer Folge von Wörtern über sein Verhalten "berichten" kann. Unter Verwendung seines Köpermodells könnte es auch über nur vorgestelltes (intern simuliertes) Verhalten berichten. Umgekehrt könnten gehörte Wörter interpretiert werden, entweder dadurch, dass das zugehörige Verhalten intern simuliert wird oder dadurch, dass es tatsächlich ausgeführt wird. Eine weitere Qualität könnte erreicht werden, wenn das, zum Beispiel visuell, erfasste Bild eines "Artgenossen" auf das eigene Körpermodell abgebildet werden könnte. Dann wäre das System auch in der Lage, entsprechende Verhaltensweisen dieses Genossen zu interpretieren und darüber zu berichten. Das sogenannte Spiegelsystem ("Spiegelneurone"), an dem L. Aziz-Zadeh arbeitet, wird als Grundlage für diese Fähigkeiten angesehen.

Um menschlicher Sprache näher zu kommen, muss weiterhin die Fähigkeit zur

Verwendung grammatischer Strukturen eingeführt werden und es muss berücksichtigt werden, dass - bei sehr großen Speicherumfängen - spezifische Lösungen für das dynamische Verknüpfen einzelner Gedächtnisinhalte nötig werden. An Lösungen für diese Fragen arbeiten S. Narayanan und L. Steels. Beide Kollegen wie auch R. Núñez beschäftigen sich darüber hinaus mit der Frage, wie zunächst nur den Bereich der Motorik betreffende Begriffe auf abstrakte Konzepte übertragen werden können.

Wir wollen so vorgehen, dass die Assoziation zwischen Wort und zugehöriger Aktion zunächst vom Entwickler des Programms vorgegeben wird. Wäre es aber auch denkbar, dass das System selbst Kategorien erstellen und den zunächst zufälligen Symbolen eine Bedeutung zuordnen kann? Hier helfen uns die Experimente von L. Steels, in denen er in der Tat Mechanismen entwickelt hat, die solche Fähigkeiten ermöglichen.

Für das Verständnis kognitiver Fähigkeiten im oben genannten Sinn bleibt noch eine wichtige Frage zu diskutieren. Ist es denkbar, dass ein physikalisches System, das aus (realen oder künstlichen) Nervenzellen aufgebaut ist, die Fähigkeit besitzt, fühlen zu können? Damit ist gemeint, dass zum Beispiel ein Schmerzreiz nicht nur die entsprechenden neuronalen Reaktionen auslöst (die im Prinzip auch von außen beobachtbar sind), sondern dass das System selbst tatsächlich Schmerz empfindet, ein Erleben, das nur dem System selbst zugänglich ist. Ich will, soweit es die Zeit erlaubt, in meinem Vortrag spekulieren, welches die Eigenschaften sein könnten, die notwendig sind, um ein physikalisches System mit der Fähigkeit zu subjektivem Erleben auszustatten. Th. Metzinger wird unsere Spekulationen kritisch hinterfragen.

PUBLIKATIONEN AUS DER FELLOWBIBLIOTHEK

Cruse, Holk (2017)

ReaCog, a minimal cognitive controller based on recruitment of reactive systems

https://kxp.k10plus.de/DB=9.663/PPNSET?PPN=1040832334

Cruse, Holk (2016)

Perception

https://kxp.k10plus.de/DB=9.663/PPNSET?PPN=856657948

Cruse, Holk (Warszawa,2016)

A grain of sand in the pupil of the eye

https://kxp.k10plus.de/DB=9.663/PPNSET?PPN=856656313

Cruse, Holk ([Piscataway, NJ],2014)

Bridging an interspecies gap? toward human-insectoid robot interaction

https://kxp.k10plus.de/DB=9.663/PPNSET?PPN=1686705018

Cruse, Holk (2013)

How and to what end may consciousness contribute to action? : attributing properties of consciousness to an embodied, minimally cognitive artificial neural network

https://kxp.k10plus.de/DB=9.663/PPNSET?PPN=104371944X

Cruse, Holk (San Francisco, Calif.,2011)

No need for a cognitive map : decentralized memory for insect navigation

https://kxp.k10plus.de/DB=9.663/PPNSET?PPN=778191478

Cruse, Holk (2009)

From 1st order embodiment to 2nd order embodiment : toward a cognitive walker

https://kxp.k10plus.de/DB=9.663/PPNSET?PPN=1665318198

Cruse, Holk (2009)

Neural networks as cybernetic systems : [Elektronische Ressource]

https://kxp.k10plus.de/DB=9.663/PPNSET?PPN=669199672

Brains, minds & media

https://kxp.k10plus.de/DB=9.663/PPNSET?PPN=669199672

Cruse, Holk (2008)

The evolution of cognition - from first order to second order embodiment

https://kxp.k10plus.de/DB=9.663/PPNSET?PPN=838342426

Cruse, Holk (2008)

Winching up heavy loads with a compliant arm : a new local joint controller

https://kxp.k10plus.de/DB=9.663/PPNSET?PPN=786504471