

Alle Rechte beim Urheber.

Abdruck nur gegen Belegexemplar, Honorar plus 7% MwSt.

### **Erkenntnis in der ökologischen Nische von Robotern**

Füttert man das Gehirn mit Daten, macht es daraus die Welt, die wir sehen, hören, riechen, schmecken und tasten. Wäre das Gehirn eine Maschine, wäre dem wohl so. Doch ist das Gehirn nicht fertig vom Band gelaufen, sondern es ist gewachsen, hat sich entwickelt. Und mit ihm der Körper, dessen Sinnesorgane das Gehirn mit Daten versorgen. Statt der Maschinenmetapher, in der das Gehirn die Daten immer gleich verarbeitet, immer dasselbe Weltbild zusammenfügend, drängt sich im organischen Gleichnis eine dynamische Verarbeitung von Sinnesinformationen auf, die einem Zusammenwirken von Gehirn, Körper und Umwelt folgt, das man beschreiben könnte als Anpassung des Organismus an die Umwelt. Die Güte der Sinnesdaten und die Trefflichkeit ihrer Auswertung entscheidet in der Evolution über Leben und Tod. Ein Lebewesen, das Gelegenheiten und Gefahren nicht erkennt oder langsamer erkennt als andere, stirbt aus.

Gehirne befinden sich nicht in Tanks. Es ruht geschützt in einem Körper, der es nicht nur mit Daten, sondern auch mit Nahrung füttert. Den Nahrungsstrom hält das Gehirn aufrecht, indem es Verhaltensprogramme für den Körper erstellt, die dessen Überleben begünstigen. Der Körper führt die Programme aus und versorgt zugleich das Gehirn. Das Gehirn optimiert die Versorgung, indem es die Verhaltensprogramme verbessert. Dazu benötigt es mehr und genauere Daten aus der Umwelt. Das Gehirn erhält diese Daten, indem es das Verhalten entsprechend programmiert. Auf diese Weise erweitert jede Interaktion mit der Umwelt den Datensatz und das Verhaltensrepertoire. Körper und Gehirn entwickeln sich als Einheit fort.

Dieser Ansicht ist auch Olaf Sporns. „Gehirn und Körper sind niemals wirklich getrennt und selbstverständlich haben sie sich zusammen entwickelt“, sagt der Neurologe von der Indiana University in Bloomington und fügt hinzu: „Wenn es um die Verarbeitung von Information geht, sollten Gehirn und Körper nicht als getrennte Dinge betrachtet werden.“ Die Einheit von Körper und Gehirn unterscheidet nur vordergründig die Intelligenz von Organismen von der von Robotern. Denn wie Organismen bewegen Roboter ihren Körper durch den Raum, verhalten sich gemäß dem Programm der zentralen Recheneinheit. An sie leiten Roboter Informationen aus der Umwelt über

Alle Rechte beim Urheber.

Abdruck nur gegen Belegexemplar, Honorar plus 7% MwSt.

Sensoren, wie ein Lebewesen Informationen an das Gehirn über Sinnesorgane leiten.

An Robotern erforscht Sporns, wie das Verhalten auf das Verhaltensprogramm zurückwirkt, um daraus Rückschlüsse ziehen zu können, wie Nervenzellen des Gehirns mit Reizen aus der Umwelt umgehen, um die Beschaffenheit der Umwelt möglichst genau zu erfassen. Wird die Umwelt zutreffend erfasst, wird die Erkenntnisleistung belohnt. Erkennt ein Jäger seine Beute schnell und zuverlässig, kann er sie erlegen und fressen. Ähnlich belohnt werden Sporns' Roboter, wenn sie eine Aufgabe erfolgreich lösen: Der Punktestand ihres elektronischen Zählwerks erhöht sich. Nach oben treibt den Punktestand die Interaktion des Körpers mit der Umwelt. Ihr Erfolg hängt nicht zuletzt ab von der Qualität der Sinnesdaten. Letztere ändert sich, wenn ein Sinnesorgan ausfällt oder an eine andere Stelle des Körpers wandert. Sind die Augen nicht mehr paarig angeordnet, entfällt das räumliche Sehen; stimmt der Abstand zwischen den Ohrmuscheln nicht mehr, wird die akustische Orientierung im Raum schwierig bis unmöglich. Entsprechend müsste der Aufbau des körperlichen Sinnesapparates entscheidend dafür sein, wie das Gehirn die eingehenden Daten verarbeitet, um daraus überlebensfähige Verhaltensprogramme zu erstellen. Keine Punkte kann das Gehirn schließlich erzielen, wenn die Interaktion mit der Umwelt ganz ausfällt.

Derlei Szenarien spielte Sporns durch zusammen mit dem Robotiker Max Lungarella von der Universität Tokio. Sie maßen den Informationsfluss, der von der Umwelt über Sensoren in die Roboter strömte. Und sie bestimmten umgekehrt die Informationsmenge, die der Roboter durch sein Verhalten gegenüber der Umwelt an den Tag legte. Die Interaktion des Roboters mit der Umwelt unterbrachen die Wissenschaftler zwischendurch, erhöhten und verminderten die Anzahl der Sensoren oder brachten einen Sensor mal oben, mal seitlich am Roboter an. Mit Folgen: Die Roboter erzeugten - erfolgsorientiert - statistische Regelmäßigkeiten bei der Wahrnehmung der Umwelt durch ihre Sensoren, die eine effizientere Verarbeitung der Information gestattet. Anders gesagt: Die Sensoren haben die Information vorstrukturiert.

Analog dazu beeinflusst die Verkörperung der Sinne Art und Zusammensetzung der Sinnesdaten. Entscheidend hierbei ist, wie

Alle Rechte beim Urheber.

Abdruck nur gegen Belegexemplar, Honorar plus 7% MwSt.

die Sinnesorgane bei ihrer Datenaufnahme an die Umwelt herangeführt werden. Das heißt, die Art der Information, die das Gehirn über die Sinne erhält, hängt davon ab, wie das Gehirn den Körper durch die Umwelt navigiert. Entsprechend vernetzen sich die Nervenzellen im Gehirn gemäß der körperlichen Anordnung der Sinnesorgane, um die Umwelt adäquat zu erfassen. Demnach kann es das universale Muster eines neuronalen Netzes nicht geben, das maschinenartig bestimmte Aufgaben erledigt, weil jedes Netz die relative Stellung der Sensoren zueinander berücksichtigen muss. Deshalb muss laut Lungarella und Sporns bei der Bildung neuronaler Netze die ökologische Nische eines Organismus berücksichtigt werden.