

# Das egoistische Gehirn

Der Mensch ist egoistisch. Aber nicht nur. Am Arbeitsplatz beispielsweise ist Zusammenarbeit gefragt. Professor Walter Senn vom Institut für Physiologie und sein Team haben nun einen Vorschlag entwickelt, der möglicherweise das Erlernen kooperativen Verhaltens durch das Gehirn erklären könnte.

Von Stéphane Hess

Haben Sie schon einmal während der Arbeitszeit die privaten E-Mails gecheckt? Oder die Kaffee-Pause ein wenig verlängert? Solche kleinen Unterbrüche erleichtern den Arbeitsalltag – und solange sie sich in Grenzen halten, leidet auch die Produktivität des Betriebs nicht übermässig.

Andauerndes Faulenzen hingegen mag für den Arbeitnehmer zwar kurzfristig angenehm sein, muss aber langfristig vom Arbeitgeber unterbunden werden – etwa durch ständige Kontrollen oder Strafen. Die daraus resultierende Atmosphäre der ständigen Überwachung ist nicht nur für die Arbeitnehmerin unangenehm. Die Überwachung bedeutet auch für die Arbeitgeberin einen zusätzlichen Aufwand und damit Mehrkosten. Es verlieren also beide Seiten.

## Spieltheorie und Gewinnmaximierung

Angenommen beide Parteien – Arbeitnehmerin und Arbeitgeberin – handeln rein egoistisch, welche Strategie wäre dann für die jeweilige Partei vorteilhaft? Mit solchen Fragen beschäftigt sich die sogenannte Spieltheorie. Ihre Antwort lautet: Die Arbeitgeberin sollte häufig genug kontrollieren, um die Arbeitnehmerin von übermässigem Faulenzen abzuhalten, aber nicht soviel, dass die Kontrollen übermässige Kosten verursachen. Der Arbeitnehmer profitiert, wenn er gelegentlich faulenzte, aber nicht so oft, dass der Arbeitgeber häufig zu kontrollieren beginnt.

Gemäss der Theorie des berühmten Mathematikers John Nash hängen die optimalen Häufigkeiten von Faulenzen und Kontrollieren von der Höhe der Kontroll-

kosten, von der Höhe des Lohnabzugs für erwischte Faulenzer sowie von der absoluten Lohnhöhe ab und lassen sich berechnen. Die optimalen Häufigkeiten liegen jeweils dort, wo eine Partei durch Veränderung ihres Verhaltens keine Profitsteigerung mehr erreichen kann, vorausgesetzt die andere Partei ändert ihr Verhalten nicht. Man spricht vom sogenannten Nash-Gleichgewicht.

Um zu überprüfen, ob sich Menschen auch tatsächlich so verhalten, wurden Experimente durchgeführt: Zwei Versuchspersonen spielen dabei das sogenannte «Inspector-Game», ähnlich dem Schere-Stein-Papier-Spiel, das wir als Kinder gespielt haben: Die Arbeitgeberin muss bei jedem Durchgang zwischen den Möglichkeiten «kontrollieren» oder «nicht kontrollieren» entscheiden, die Arbeitnehmerin entscheidet zwischen «faulenzen» und «arbeiten». Nach jedem Durchgang werden Punkte verteilt. Wählt der Arbeitnehmer «arbeiten» und der Arbeitgeber wählt «nicht kontrollieren», erhält der Arbeitnehmer 0,5 Punkte (Lohn) und der Arbeitgeber 2 Punkte (maximaler Profit). Entscheidet sich der Arbeitgeber für «kontrollieren», erhält er weniger Punkte, da die Kontrollkosten von seinem Profit abgezogen werden. Der Arbeitnehmer erhält keine Punkte, wenn er beim Faulenzen erwischt wird (Lohnabzug). Wenn er aber faulenzte, ohne erwischt zu werden, erhält er einen ganzen Punkt, also doppelt so viel wie wenn er arbeitet, denn er hat ja Lohn erhalten, ohne dass er dafür etwas hätte tun müssen. Die Experimente haben ergeben, dass die Spielerinnen nach

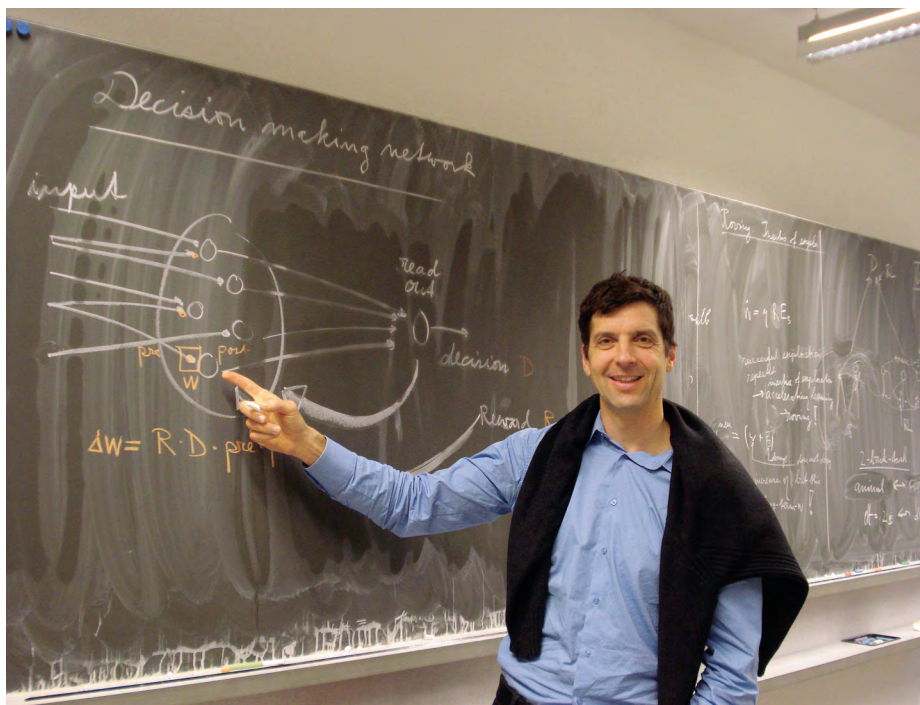
einigen Durchgängen lernen, mit der richtigen Häufigkeit zu faulenzen beziehungsweise zu kontrollieren, so dass diese Häufigkeiten dem Nash-Gleichgewicht entsprechen.

## Wie Nervenzell-Netzwerke lernen

Wir lernen bekanntlich mit unserem Hirn. Aber was genau geschieht im Gehirn eines lernenden Menschen, beispielsweise eines Spielers des Inspector-Games? Mit dieser Frage beschäftigt sich Walter Senn vom Institut für Physiologie der Universität Bern.

Das Gehirn besteht aus Nervenzellen, die in komplizierten Netzwerken miteinander verbunden sind. Von Nervenzellen, die mit Sinnesorganen in Verbindung stehen, empfangen diese Netzwerke Informationen in Form elektrischer Signale. Aufgrund dieser Informationen werden dann Entscheidungen zu bestimmten Handlungen (zum Beispiel Faulenzen oder Arbeiten) gefällt, die dann wiederum in Form elektrischer Signale über Nervenzellen an die ausführenden Organe weitergeleitet werden.

Senn und seine Forschungsgruppe schlagen in einem kürzlich publizierten Beitrag in der Zeitschrift «PLoS Computational Biology» vor, dass dem Entscheidungsprozess ein einfaches Netzwerk zu Grunde liegen könnte: Ganze Gruppen von Nervenzellen – nennen wir sie Arbeitszellen – stehen mit einer Nervenzelle in Verbindung, welche die von den Arbeitszellen kommenden elektrischen Signale sammelt. Diese «Sammelzelle» steht mit den ausführenden Organen, die wir zum Arbeiten brauchen, in Verbindung und



Der Neurowissenschaftler Werner Senn hat ein Modell des menschlichen Entscheidungsprozesses entwickelt und testet es mittels einer Computersimulation.

kann diese nur dann aktivieren, wenn sie von der Mehrheit der Arbeitszellen ein Signal bekommen hat. Wenn hingegen die Mehrheit der Arbeitszellen stumm bleibt, wird auch die Sammelzelle nicht aktiv. Damit stimmen die Arbeitszellen quasi darüber ab, ob die Sammelzelle das Signal zum Arbeiten gibt oder nicht.

Nun kann aber die Aktivität der Arbeitszellen durch rückläufige Signale der Sammelzelle verändert werden. Dies ist wichtig: Damit die Entscheidungen zum Arbeiten oder zum Faulenzen mit der optimalen Häufigkeit gefällt werden, muss die Aktivität der Arbeitszellen das richtige Niveau haben. Erleidet die Arbeitnehmerin eine Lohnkürzung wegen Faulenzens, führt die Rückmeldung der Sammelzelle zu einer leichten Steigerung der Aktivität unter den Arbeitszellen. Dabei wird aber nur die Aktivität derjenigen Arbeitszellen nach oben korrigiert, die bei der letzten Entscheidung stumm blieben und damit für das Faulenzen gestimmt haben. Profitiert eine Arbeitnehmerin hingegen von unentdecktem Faulenzen, ist es genau umgekehrt: Die Aktivität der Zellen, die ein Signal zum Arbeiten gesendet und damit gegen das Faulenzen gestimmt haben, wird leicht gesenkt. Wird dieser Vorgang mehrmals wiederholt, nähert sich die Erregbarkeit der verschiedenen Zellen allmählich dem richtigen Niveau an.

Um auszuprobieren, ob dieser Mechanismus funktionieren könnte, haben die Neurowissenschaftler mit Hilfe eines Computers und mathematischer Formeln zwei virtuelle Netzwerke konstruiert, welche den Entscheidungsprozess echter

Gehirne simulieren sollen. Interessanterweise sind diese Netzwerke nicht nur in der Lage, gegeneinander das Inspector-Game zu spielen, sondern wie echte Gehirne lernen auch sie mit der Zeit, entsprechend dem Nash-Gleichgewicht mit der optimalen Häufigkeit zu faulenzten, zu arbeiten oder Kontrollen durchzuführen.

### Gewinnmaximierung durch Kooperation

Mathematische Modelle, die Lernprozesse simulieren sollen, gibt es schon länger. Ein Beispiel ist das kürzlich mit dem Nobelpreis ausgezeichnete Modell des Ökonomen Alvin Roth. Die bisherigen Modelle waren allerdings im Vergleich zu Senns Modell weniger gut in der Lage, das Lernverhalten echter Menschen beim Inspector-Game zu simulieren. Des Weiteren zeichnet Senns Modell aus, dass es auf plausiblen Annahmen über die Biologie des Gehirns beruht, während die früheren Ansätze vor allem Rechenmodelle ohne viel Bezug zur Funktionsweise echter Gehirne waren. Ob Senns imaginäre Nervenzell-Netzwerke in der Natur wirklich existieren, ist zurzeit zwar noch nicht klar. Aber immerhin gleichen sie anderen, in wirklichen Gehirnen nachgewiesenen Netzwerken. Dies könnte für experimentelle Hirnforscher ein Hinweis sein.

Senns Modell weist aber noch eine weitere Besonderheit auf: «Wenn wir unsere Netzwerke über einige hunderttausend Durchgänge – also viel länger als die Testpersonen im Experiment – spielen lassen, dann beginnen diese sogar zu kooperieren», erklärt Senn begeistert. Die Arbeiterin faulenz «freiwillig» etwas

## Uni Bern beteiligt sich am «Human Brain Project»

Der Berner Neurophysiologie-Professor Walter Senn arbeitet auch beim «Human Brain Project» mit, das die EU kürzlich zum europäischen Flaggschiff-Projekt gekürt hat. Das Forschungsvorhaben unter der Leitung der ETH Lausanne (EPFL) hat sich zum Ziel gesetzt, das menschliche Gehirn am Computer zu simulieren. In diesem Rahmen wird auch versucht, Aspekte des Lernens durch Veränderungen in den zugrunde liegenden Netzwerken zu verstehen. Walter Senn freut sich auf die Arbeit im internationalen Riesen-Vorhaben: «Das «Human Brain Project» integriert auf eine noch nie dagewesene Weise das viele Detailwissen über das Gehirn und sucht mit neuen Mitteln eine Verbindung von Gen, Zelle, Netzwerk und Verhalten.»

[www.humanbrainproject.eu](http://www.humanbrainproject.eu)

weniger, und die Arbeitgeberin verzichtet «freiwillig» auf einige Kontrollen. Dieses Ergebnis ist erstaunlich, da ja beide Netzwerke primär egoistisch funktionieren und daher nicht auf Kooperation ausgelegt sind. Bei näherem Hinschauen zeigt sich aber, dass beide davon profitieren, das heisst, sie kriegen unter dem Strich noch mehr Punkte als dies beim Nash-Gleichgewicht der Fall wäre. «Kooperation ist ein Weg, für beide den Gewinn zu steigern», sagt Senn.

In unserem Alltag – auch bei der Arbeit – ist Kooperation weit verbreitet. In einem motivierten Team etwa strengen sich die Arbeitnehmer auch ohne ständige Kontrolle des Arbeitgebers überdurchschnittlich an. Möglicherweise spielen wir im Alltag andauernd Varianten des Inspector-Games. Das Spiel des Lebens dauert natürlich viel länger als ein Inspector-Game-Experiment. Vielleicht ermöglicht uns diese längere Lernzeit, Kooperation zu erlernen. Kooperatives Verhalten könnte aber auch andere Ursachen haben, denn im Gegensatz zu den virtuellen Netzwerken aus Senns Gruppe sind echte Gehirne auch zu bewusstem Nachdenken und Überlegen fähig. Senn betont denn auch: «Unser Modell erklärt lediglich, wie Bauchgefühl-Entscheidungen zustande kommen könnten, die keine bewusste Denkarbeit erfordern.»

**Kontakt:** Prof. Dr. Walter Senn, Institut für Physiologie und Center for Cognition, Learning and Memory, [senn@pyl.unibe.ch](mailto:senn@pyl.unibe.ch)

**Autor:** Stéphane Hess ist freier Wissenschaftsjournalist in Wabern, [stephane.hess@hotmail.com](mailto:stephane.hess@hotmail.com)