

Rechts, links oder doch lieber durch die Mitte

Studie von Primatenzentrum und Bernstein Zentrum: Gehirn plant alle Optionen bis ins Detail

Der Stürmer läuft sich frei, bekommt den Ball, schießt – und Tor, Tor, Tor! Was ist da passiert? Der anlaufende Stürmer musste sich entscheiden: Zielt er auf den Torwart in der Annahme, dass dieser in eine der Ecken springen wird, oder zielt er auf den leeren Raum links oder rechts neben ihm? Die beiden Alternativen erfordern eine unterschiedliche Planung der Bewegung. Während der Torwart ein direktes, also physisch sichtbares Ziel darstellt, ist die Ecke ein indirektes Ziel, ein leerer Raum, der sich nur aus der Lage der ihn umgebenden Objekte und Personen ergibt. Wissenschaftler vom



C. Klaes

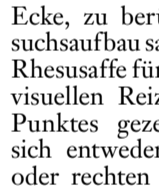
Deutschen Primatenzentrum (DPZ) und vom Bernstein Zentrum für Computational Neuroscience in Göttingen haben in ihrer jetzt veröffentlichten Studie entschlüsselt, wie die Nervenzellen im Gehirn von Rhesusaffen die Entscheidung für die eine oder andere Bewegung ermöglichen. Sie konnten zeigen, dass das Gehirn sich nicht nur auf abstrakte Entscheidungen verlässt, sondern die erforderlichen Bewegungen mit in die Kosten-Nutzen-Rechnung einfließen lässt.

„Der Stürmer muss sich in einer unsicheren Wahlsituation – er weiß nicht, was der Torwart tun wird – für eines von zwei Zielen mit unterschiedlichem Charakter entscheiden. Wie dieser Entscheidungsprozess im Hirn gesteuert wird, wollten wir herausfinden“, so Christian Klaes, Erstautor der Studie. Sowohl der Torwart als auch die Ecke sind so genannte motorische Ziele, also Ziele, die wir durch eine Bewegung von Armen oder Beinen erreichen wollen. Es ist seit längerem bekannt, dass die Planung zielgerichteter Bewegungen von zwei Großhirnregionen gesteuert wird: von der parietalen Arm-

bewegungsregion und der dorsalen prämotorischen Rinde.

Die Göttinger Neurowissenschaftler wollten feststellen, was in den für die Bewegungsplanung zuständigen Gehirnregionen passiert, wenn erst noch überlegt werden muss, welche der Bewegungen ausgeführt werden soll. Die Entscheidung könnte auf der Ebene der Informationsverarbeitung getroffen werden, auf der die verschiedenen Regeln kodiert werden, nach denen das Bewegungsziel gewählt werden kann. In dem Fall würden die räumlichen Regeln „direkt“ (also auf den Torwart) und „indirekt“ (in die Ecke) gegeneinander abgewogen werden. Trifft dies zu, so sollten in den Planungsarealen des Gehirns nur die Nervenzellen aktiv sein, welche die Bewegung auf das Ziel planen, das der ausgewählten Regel entspricht. Alternativ könnte die Entscheidung auf der Ebene erfolgen, auf der die konkurrierenden motorischen Ziele gespeichert sind, die mit den beiden Regeln (direkt und indirekt) verknüpft sind. In diesem Fall würde der Bewegungsplan für den Geradeausschuss gegen den Plan für den Eckschuss abgewogen. Dementsprechend sollten die beiden alternativen Bewegungspläne gleichzeitig nebeneinander im Gehirn existieren und miteinander konkurrieren.

Die Wissenschaftler um Alexander Gail haben Rhesusaffen darauf trainiert, entweder ein direktes Ziel in Form eines Punktes auf einem Monitor, in unserem Beispiel also den Torwart, oder ein indirektes Ziel, wie die leere



A. Gail

Ecke, zu berühren. Der Versuchsaufbau sah so aus, dass der Rhesusaffe für kurze Zeit einen visuellen Reiz in Form eines Punktes gezeigt bekam, der sich entweder auf der linken oder rechten Seite des Moni-



Rechts vorbei oder auf den Mann: Wie Nervenzellen die Entscheidung für die eine oder die andere Bewegung ermöglichen. dpz

tors befand. Nach einer kurzen Merkphase erschien manchmal ein grünes oder ein blaues Viereck. Erschien das grüne Viereck, so musste der Punkt direkt berührt werden, erschien das blaue Viereck, so sollte die dem Punkt gegenüberliegende Seite berührt werden. Erhielt der Affe keinen grünen oder blauen Hinweisreiz, so konnte er selbst entscheiden, welche Monitorseite er berühren wollte. Gleichzeitig wurde die Aktivität der Nervenzellen im sensomotorischen Bereich des Gehirns mit Mikroelektroden gemessen. Diese Methode erlaubt es, die elektrische Aktivität der Nervenzellen präzise und zeitlich genau zu erfassen, was eine Voraussetzung ist, um die sehr selektiven und dynamischen Entscheidungsvorgänge untersuchen zu können. Dabei zeigte sich, dass sowohl die Neurone für die direkten als auch für die indirekten räumlichen Ziele aktiv waren.

„Unsere Ergebnisse zeigen,

dass das Gehirn die alternativen Bewegungen, also sowohl den Schuss in die Mitte als auch den in die Ecke, parallel plant, bevor die letztendliche Entscheidung fällt“, so Klaes. Gail sieht eine deutliche Parallele zu Entscheidungen für verschiedene physische Ziele, wie beispielsweise die Mitspieler der Mannschaft.

„Das sensomotorische System scheint bei regelbasierten Entscheidungen zunächst alle möglichen Bewegungsziele abzubilden, um dann dieselben Verarbeitungsmechanismen zu nutzen, die auch bei der Wahl zwischen verschiedenen physischen Zielen zum Einsatz kommen“, so Gail. Die Wissenschaftler konnten außerdem zeigen, dass gleichzeitig vorhandene Bewegungsziele miteinander konkurrieren und dass sie von bestimmten Vorlieben der Affen beeinflusst werden. Letztere wurden durch Gabe von Belohnungen bei den Tieren hervorgerufen.

Primaten fällen ihre Entscheidungen für bestimmte Verhaltensweisen also nicht nur durch ein Abwägen von abstrakten Regeln, sondern beziehen auch die Bewegungsziele mit ein, die mit den verschiedenen Regeln verbunden sind. Den Entscheidungsprozess auf verschiedene Verarbeitungsschritte im Gehirn zu verteilen hat den Vorteil, dass eine umfassendere Kosten-Nutzen-Rechnung möglich ist.

„Unserem Torhüter reicht es nicht zu wissen, dass der Torwart meistens nach links springt, er muss auch bedenken, dass ihm die Schüsse auf die gegenüberliegende Seite oft nicht gut gelingen. Er muss also beide Faktoren abwägen, um erfolgreich zu sein“, so Alexander Gail. „Unsere Damen-nationalmannschaft scheint diese Zusammenhänge intuitiv zu verstehen – zumindest lässt ihr Erfolg dies vermuten“, so Gail mit Blick auf die kommende Fußballweltmeisterschaft. eb