

Freie Entscheidung und biologischer Determinismus

Botschaften aus Area A 10

Was geht im Kopf vor, wenn man eine Entscheidung trifft? Neurologen, Psychologen und Neuroökonomien suchen gemeinsam Antworten, können sich aber offenbar nur schwer entscheiden.



Nehme ich den linken oder den rechten Weg? Lese ich diesen Artikel oder blättere ich weiter? In jedem Augenblick empfangen unsere Sinnesorgane zahllose Signale, die das Gehirn verarbeitet und als Grundlage für Entscheidungen nützt. Die meisten sind winzig, manche aber auch lebensbestimmend.

Wie dies im Einzelnen geschieht, beschrieb der kognitive Neurowissenschaftler Hauke R. Heekeren vom Max-Planck-Institut für Bildungsforschung in Berlin gemeinsam mit Kollegen aus USA kürzlich in Nature Reviews Neuroscience (2008,9,467-79). Bei einem der Experimente mussten gesunde Versuchspersonen zum Beispiel in einem Kernspintomografen liegend verschwommene Bilder betrachten. Per Knopfdruck sollten sie trotzdem eine Entscheidung treffen: Handelte es sich auf dem Foto um ein Haus oder ein Gesicht? Die Forscher kamen zu dem Ergebnis, dass das Gehirn wie eine Rechenmaschine Ja/Nein-Entscheidungen fällen kann: Widersprachen sich die Signale für Haus und Gesicht, so gewann das Hirnareal mit der höheren Aktivität die Oberhand. Im Gegensatz zum Computer arbeitet das Gehirn eigentlich nicht dual sondern analog, doch dieser „the-winner-takes-it-all“-Mechanismus führte zu einer eindeutigen Entscheidung.

Es gibt verschiedene Techniken, um Denkvorgänge im Gehirn direkt oder

indirekt zu verfolgen. Mit funktioneller Bildgebung wurden im geschilderten Experiment Veränderungen der lokalen Hirndurchblutung bestimmt, die eine gute räumliche Auflösung bieten: Es kam zu einer signifikanten Aktivierung zweier unterschiedlicher Areale im vorderen Anteil des Schläfenlappens. War auf dem Foto klar ein Gesicht erkennbar, sandte eine Neuronengruppe besonders starke Signale aus, die offenbar für die Erkennung von Gesichtern zuständig ist. Die Durchblutung der „Häuser-Neurone“ war hingegen nur schwach. Sahen die Versuchsteilnehmer ein Haus, war es genau umgekehrt.

Da die zeitliche Auflösung der funktionalen Bildgebung bei rund einer Sekunde liegt, müssen schnellere Denkvorgänge mit direkten Einzelableitungen aus dem Gehirn verfolgt werden. In Versuchen an Affen wurde festgestellt, dass etwa 0,2 Sekunden nach der Erkennung visueller Muster ein Bereich des vorderen Stirnhirns, der präfrontale Kortex aktiviert wird. Er dient dazu, die sensorischen Signale untereinander sowie mit Gedächtnisinhalten und emotionalen Bewertungen zu verrechnen und zu bewerten.

Kontroverse Diskussion

Dabei spielt auch der *Nucleus accumbens* eine wichtige Rolle, ein phylogenetisch altes Zentrum im basalen Vorderhirn. Er empfängt Signale aus Fasern einer kleinen Ansammlung sehr tief im Gehirn gelegener Neurone, die man als *Area A10* bezeichnet. Geschieht etwas Positives, wird von dort der Botenstoff Dopamin an den *Nucleus accumbens* ausgeschüttet. Man bezeichnet diese Achse deshalb als Belohnungssystem des Gehirns. Im einem Bereich hinter den Augen (orbitofrontal) sind die Resultate vieler solcher Bewertungsvorgänge langfristig gespeichert und sorgen für ausgewogene, erfahrungsbasierte Bewertungen.

Eine noch junge Wissenschaft, die sich mit praktischen Anwendungen solcher Forschungsergebnisse befasst, ist die Neuro-Ökonomie. Christian Elger und Bernd Weber, Universität Bonn, untersuchten beispielsweise, was in den Köp-

fen von Konsumenten beim Anblick von Rabattsymbolen geschieht. Hierzu zeigten sie ihren Probanden im Kernspintomografen Produkte wie Obst, Computer oder Autos mit Preisangaben und ließen die Teilnehmer entscheiden, ob sie ein Produkt kaufen wollten oder nicht. Bei einem Teil der Preise wurde neben dem Preis zusätzlich ein Rabattsymbol eingeblendet, das interessanterweise eine Überaktivierung von Belohnungsarealen im Gehirn auslöste. Diese beeinflusste das Verhalten klar in Richtung einer positiven Kaufentscheidung.

So stellt sich als Resultat dieser neurowissenschaftlichen Erkenntnisse die Frage nach der Freiheit menschlicher

Die Magnetenzephalographie (MEG) ist ein aufwändiges Verfahren zur Messung winziger elektromagnetischer Felder. Sie erfasst Stromflüsse zwischen Nervenzellen der Hirnrinde mit hoher zeitlicher und akzeptabler räumlicher Auflösung.



Bildquelle: Burkhard Maess, MPI für Kognitions- und Neurowissenschaften Leipzig.

Entscheidungen. Der Hirnforscher Wolf Singer löste mit seiner Behauptung heftige Diskussionen aus, alle Entscheidungen seien durch deterministische neuronale Prozesse im Gehirn vorherbestimmt. Falsch, entgegnet der Psychiater Manfred Spitzer. Die Gehirnforschung zeige zum ersten Mal eindeutig, dass wir uns selbst bestimmen, da wir uns eben nicht allein auf den Automatismus des Belohnungssystems verlassen, sondern zusätzlich den orbitofrontalen Kortex einschalten. Wieder andere bezweifeln den Wert der funktionalen Bildgebung gänzlich.

Wer Recht hat, entscheiden Sie am besten selbst.

cbt

Vom Umgang mit der Unsicherheit

Probabilistische entscheidungsanalytische Modelle sind ein geeignetes Mittel, unsicheres Wissen transparent und mathematisch fundiert zu verarbeiten. Sie können auch Medizinern helfen, die richtige Entscheidung in schwierigen Situationen zu treffen.

Professor Dr. Uwe Siebert, Leiter des Instituts für Public Health und Medical Decision Making der Universität Hall bei Innsbruck, hält alljährlich an der Münchner Uni einen gut besuchten Kurs über „Fortgeschrittene Methoden der Entscheidungsanalyse für Mediziner“ ab. Dabei konfrontiert er zu Beginn die meist jungen Zuhörer mit einer schwierigen ethischen

durch und zeigt, dass sich Nutzen und Schaden – nicht ungewollt – genau die Waage halten. Jede der beiden Entscheidungen ist gleichermaßen richtig wie falsch.

Wie der Experte aus unsicheren Daten im Einzelfall die richtigen Schlussfolgerungen zieht und wie man diesen Prozess maschinell modellieren und simulieren kann, beschäftigt die Wissenschaft seit der Zeit, als man Computer noch Elektronengehirne nannte. Grundlage für die Entscheidungsfindung ist das Eintreten beziehungsweise Nichteintreten eines Ereignisses, dessen Wahrscheinlichkeit aus realen Studiendaten abgelesen wird.

Auch die Realität des Arztberufs ist selten schwarz-weiß. Abwarten heißt nicht sofort

vom Zusammenhang abhängig: Die Wahrscheinlichkeit sinkt drastisch, sobald man zum Beispiel weiß, dass der Betreffende Leistungssportler ist.

Markovmodelle

Um auch komplizierte Abhängigkeiten im Computer angemessen abzubilden, wurden sogenannte Schlussfolgerungsnetze entwickelt. Das sind Graphen, deren Knoten aus Variablen bestehen und deren Kanten die Abhängigkeiten zwischen diesen Variablen beschreiben. Zu den bekanntesten Netztypen gehören die Markovmodelle, benannt nach dem russischen Mathematiker Andrej Andrejewitsch Markov (1856-1922).

In der Medizin beschreiben sie oft eine endliche Anzahl von Gesundheitszuständen, die die Patienten durchlaufen können. Dabei wird die Zeit in gleich große Intervalle eingeteilt. In jedem Zeitabschnitt sind Übergangswahrscheinlichkeiten (transition probabilities) möglich.

Für ein menschliches Gehirn sind solche Modelle in der Regel zu kompliziert, für den Computer jedoch schnell durchzurechnen. Da allerdings die Übergangswahrscheinlichkeiten in einem Zyklus ausschließlich vom aktuellen Zustand und nicht von der Geschichte der bereits durchlaufenen Zustände abhängen, verfügen Markovmodelle über kein „Gedächtnis“. Diese Bedingung kann softwaretechnisch aufgehoben werden, indem man im Computer Patienten einzeln simuliert und dann in Gruppen zusammenfasst. Es sollte dabei berücksichtigt werden, dass ein mathematisches Modell Entscheidungen immer nur unterstützen kann. Die Entscheidung selbst kann nicht aus dem Computerergebnis abgelesen werden, sondern muss von Arzt und Patient unter Berücksichtigung der Faktenlage und der individuellen Erfahrungen und Präferenzen getroffen werden – und das ist gut so.

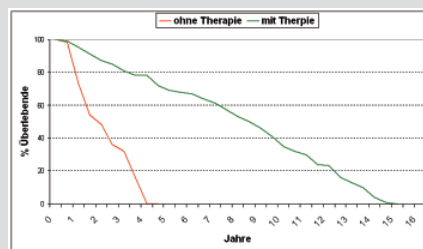
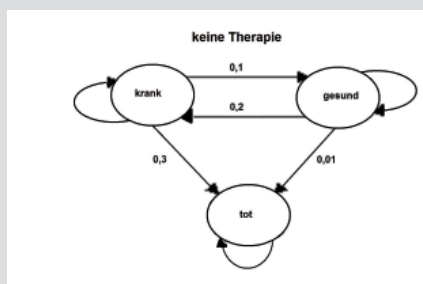
Die Entscheidungsanalyse bietet Ärzten laut Siebert also eine gute Chance zur strukturierten und quantitativen Entscheidungsfindung in komplexen Situationen und sollte stärker als bisher gelehrt werden. Als Lektüre eignet sich *Siebert U: Transparente Entscheidungen in Public Health mittels systematischer Entscheidungsanalyse* (Public Health Buch 2003).

Ganz einfach

und man kann es sich doch nicht merken

Unwillkürlich fühlt man sich beim Anblick der nicht ganz unkomplizierten Formeln zur Entscheidungsanalyse an dieses Zitat von Karl Valentin erinnert. Aber wenn man den Computer rechnen lässt, ist das Ergebnis tatsächlich transparent.

Nehmen wir als Beispiel zwei Markovketten mit drei Zuständen: „gesund“, „krank“ und „tot“. Lässt man die Markov-Simulation ablaufen, bis alle (virtuellen) Versuchspersonen gestorben sind, beträgt die Lebenserwartung mit Therapie 13,3 Jahre, ohne Therapie hingegen lediglich 4,8 Jahre. Das versteht auch der Nichtmathematiker.



Abwägung zwischen Nutzen und Nebenwirkungen einer aggressiven Krebstherapie. Er projiziert eine Vielzahl von Prozentwerten für Heilungs- und Sterberaten mit und ohne Therapie und fragt: „Wie würden Sie entscheiden? Geben Sie das Medikament oder nicht? Wie vielen Patienten werden Sie wohl helfen? Wie viele Tote können Sie verantworten?“ Jeder Teilnehmer muss sich entscheiden und sein Verhalten begründen. Wer lieber abwarten würde, entscheidet sich de facto gegen die Behandlung.

Zwangsläufig bilden sich zwei Lager, und sowohl Befürworter als auch Gegner der Therapie haben gute Argumente. Am Ende führt Siebert eine explizite mathematisch nachvollziehbare Entscheidungsanalyse

Therapieverweigerung, sondern meist Beobachten und verlaufsangepasst handeln. Zur Modellierung von solch unsicherem Wissen mit Begriffsunscharfen hat sich die Fuzzy Logic (unscharfe Logik) als nützlich erwiesen, die Wahrheitsgehalte in Randbereichen anders gewichtet als im Zentrum der Wahrheit. Das ist mathematisch noch relativ leicht modellierbar.

Schwieriger wird es, wenn unsicheres Wissen in Form von Schlussregeln der Form wenn-dann vorliegt: „Wenn bei einem Menschen eine Herzvergrößerung besteht, dann leidet er mit 90-prozentiger Wahrscheinlichkeit unter einer Erkrankung des Herz-Kreislauf-Systems.“ Derartige Schlussfolgerungen sind stark

cbt, gh