

# Das unentdeckte Land

VON TIM HOFMANN

Das Gehirn ist ein Computer. Diese beliebte Aussage stimmt nur so grob, dass man sie ebenso gut als falsch bezeichnen kann. Denn nimmt man heutige Computer für diesen Vergleich als Maßstab, müsste man mit einer ähnlichen Berechtigung auch sagen, ein iPhone sei ein Rechenschieber: Beide funktionieren irgendwie, weil sie Zahlen addieren und sich Zwischenergebnisse merken können. Darüber hinaus liegen aber mehr als nur ein paar Welten zwischen beiden Geräten.

Tatsache ist, dass es sich bei unserem Gehirn wie auch beim Computer um Informationsverarbeitungs-maschinen handelt. Doch während der Prozessor eines Rechners letztlich nur mit rasender Geschwindigkeit simple Additionen der Reihe nach ausführen kann, hat die Forschung die zahllosen komplizierten Funktions-Zusammenhänge des Gehirns nicht einmal ansatzweise verstanden: Das zentrale Steuerorgan aller höheren Lebewesen ist eine Art hochkomplexes Rechner-Netzwerk, bei dem eine Unzahl (man geht beim Menschen von 100 Milliarden aus) Neuronen über spezielle Leitungen, den sogenannten Synapsen, miteinander verschaltet sind.

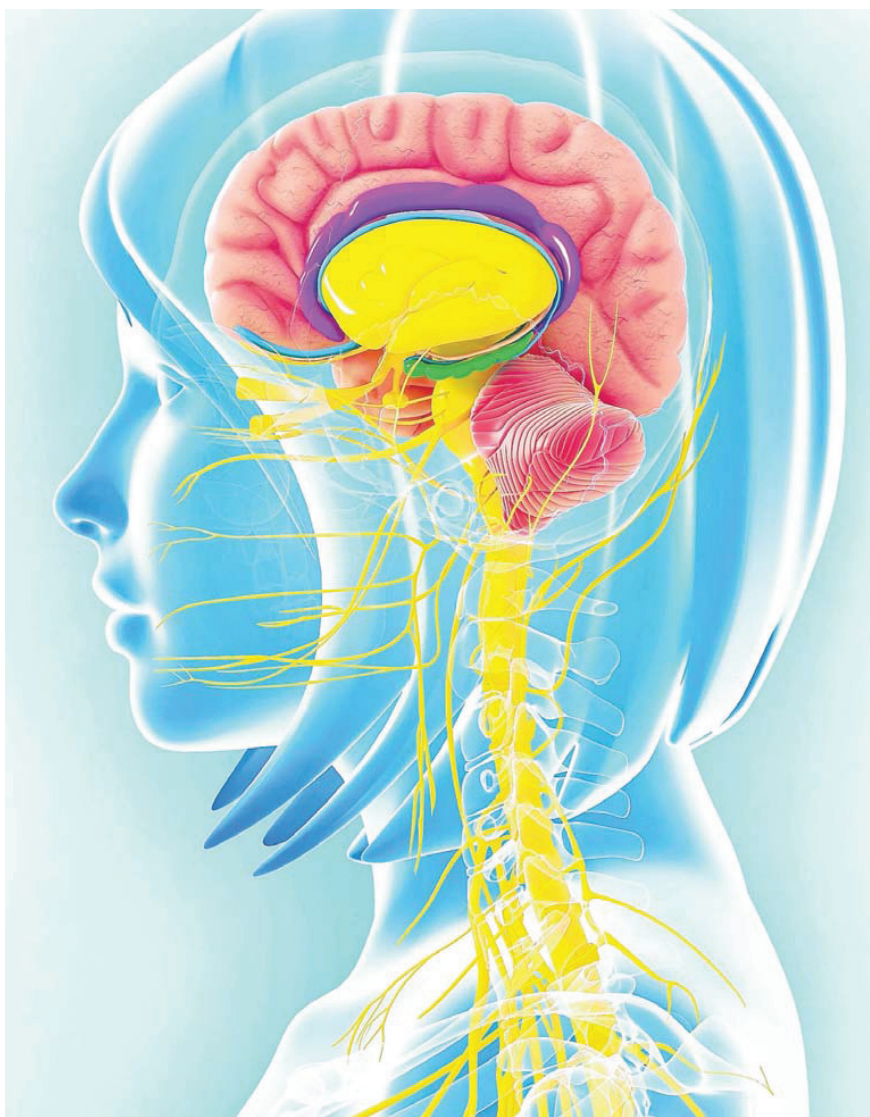
Das macht Hirnforscher zu den Sisyphus-Arbeitern unter den Wissenschaftlern, denn jede Nervenzelle ist über Synapsen mit bis zu 1000 anderen vernetzt – und zwar nicht fest: Das Netzwerk ist dynamisch, unter anderem bei Lernprozessen ändern sich die Verbindungen ständig. Dieses System mit seinen Programmabläufen, das nicht nur all unsere Sinnesindrücke verarbeitet und jegliche unbewusste Motorik von der Atmung bis zum Wimpernschlag steuert, sondern auch komplexe soziale Verhaltensweisen bis hin zur Fantasie hervorzubringen im Stande ist, ist für Forscher insgesamt noch undurchdringlich: Die aktuellen Untersuchungen sind also im Prinzip so, als würde man im Jahr 1970 ein iPad öffnen, um mithilfe diverser Strommessungen und eines damaligen Taschenrechners herauszufinden, wie das Spiel „Angry Birds“ programmiert wurde. Was vergleichsweise simpel wäre.

Die aktuelle Forschung kann sich also auf drei wesentliche Erkenntnisbereiche stützen. Erstens: Im Detail hat die Wissenschaft viele Erkenntnisse über den Mikro-Aufbau des Hirns. Man weiß zum Beispiel ziemlich genau, wie einzelne Nervenzellen funktionieren, wie sie sich biologisch verschalten, was für Arten es gibt. Die punktuellen Erkenntnisse sind nach rund 150 Jahren Hirnforschung beachtlich – Man weiß, aus was die Bauteile und Drähte sind. Zweitens: Man hat eine recht gute Vorstellung davon, welche Vorgänge im Körper das Hirn steuert und welche nicht. Dabei hat man in vielen Fällen herausgefunden, welche Teile des Gehirns an bestimmten Vorgängen beteiligt sind und weiß, wo welche Aufgaben erledigt werden. Drittens ist in vielen Fällen bekannt, wie die „Software“ im Hirn Eingangsgrößen zu bestimmten Ausgangsgrößen verarbeitet, sei es aus der Erforschung komplexer Verhaltensmuster, bei Reflexen oder der unbewussten Steuerung von Körperfunktionen. Hirnforscher versuchen nun, erst einmal die Funktionsweise einzelner, kleiner Hirnareale genauer zu bestimmen. Oder, um beim 1970er iPad-Vergleich zu bleiben: zu verstehen, was im USB-Anschluss oder im Touchscreen genau vor sich geht und warum dort passiert, was ja oft feinkundig passiert.

## Warum ist das nötig?

In der Medizin hat man bestimmte Hirn-Areale eingegrenzen können, die offenkundig mit bestimmten Krankheiten zusammenhängen. So ist beispielsweise bekannt, dass im Zusammenhang mit der Parkinson-Krankheit Nervenzellen, die den Botenstoff Dopamin produzieren, ab-

Forscher – sind das nicht jene Menschen, die durch Labore irrliehern, um plötzlich vom Geistesblitz getroffen Menschheitsveränderndes aus dem Hut zu ziehen? Mitnichten: Forschung ist Sisyphus-Arbeit, mit der auf fruchtbarem sächsischen Boden Fortschritt wächst. Wir stellen die spannendsten Projekte vor – zum Beispiel die Arbeit des Lehrstuhls für Künstliche Intelligenz an der Technischen Universität Chemnitz, wo man mithilfe ausgeklügelter Computersimulationen bestimmten Hirnfunktionen auf den Grund zu gehen versucht.



Trotz bunter Anatomie-Grafiken wie dieser: Das menschliche Gehirn ist Wissenschaftlern immer noch größtenteils ein Rätsel.

sterben und so die Mechanismen der sogenannten Basalganglien (siehe Kasten) stören. Ein Informatiker-Team der TU Chemnitz von der Professur für Künstliche Intelligenz widmet sich daher zusammen mit Wissenschaftlern aus Berlin und Okazaki (Japan) genau diesen Basalganglien: Unter der Leitung von Professor Fred Hamker wollen sie herausfinden, was in dieser winzigen Hirnregion genau passiert. Denn wusste man, wie die Basalganglien an Parkinson beteiligt sind, könnte man eventuell die Krankheit heilen!

## Gibt es einen passenden Trick?

Da sich am lebenden Gehirn aus medizinischen wie ethischen Gründen nur sehr wenig direkt untersuchen lässt, arbeiten die Forscher mit einem Computermodell, das die Hirnfunktionen in Form von künstlicher Intelligenz virtuell nachstellt. Am Chemnitzer Lehrstuhl für Künstliche Intelligenz wurde dafür vor einigen Jahren ein sogenannter Neurosi-

mulator entwickelt. Das ist ein Computerprogramm, welches die Funktionen einzelner Neuronen sowie deren Verbindungen mit mathematischen Formeln nachstellt. Aus diesen Teilen lassen sich am Bildschirm Hirnstrukturen nachbauen, die dann im Idealfall auf bestimmte Anregungen genau so reagieren wie die im echten Gehirn.



Prof. Dr. Fred Hamker  
Informatiker und Psychologe

FOTO: TU CHEMNITZ

## Wie funktioniert das?

Nach dem Prinzip der sogenannten Black Box: Man gibt in diese verschiedene Eingangsgrößen, die in der Box auf bekannte oder auch unbekannte Weise zu Ausgangsgrößen verarbeitet werden. Kennt man Ein-

gangs- und Ausgangsgrößen des natürlichen Systems, kann man diese mit denen des künstlichen Systems vergleichen. Ist das künstliche System richtig abgestimmt, lassen sich damit auch Dinge erforschen, die in der Natur unmöglich sind: Zum Beispiel ist man so am Computer in der Lage, bestimmte Krankheitszustände im Hirn, die man bisher nur vermuten kann, im Rechner genau zu erforschen.

## Wo ist das Problem?

Theoretisch könnte man eine Hirnregion im Computermodelell Zelle für Zelle aus entsprechenden Zellsimulationen zusammensetzen und hätte dann ein exaktes Modell. Praktisch ist das jedoch unmöglich: Die hochkomplexe, dynamische Verschaltung der Zellen würde einen Programmcode erzeugen, der jeden aktuellen Hochleistungsrechner um viele Zehnerpotenzen überfordern würde. Die Forscher sind also gezwungen, mit starken Vereinfachungen zu arbeiten. Da man allerdings noch nicht weiß, wie die Basalganglien wirklich funktionieren, ist es knifflig, diese vorzunehmen. Dazu kommt, dass die Forscher nur sehr wenige Eingangs- und Ausgangsgrößen in den Hirnprozessen wirklich kennen. Viele dieser Daten, die aus der medizinischen Forschung kommen, sind zudem widersprüchlich: Man kann daher oft nicht sagen, ob sie wirklich über die Basalganglien miteinander zusammenhängen. Und: Die Einflussgrößen von außen sind enorm – und größtenteils unbekannt, was das Black-Box-Verfahren sehr erschwert.

Dem Chemnitzer Forscherteam ist es in den letzten vier Jahren gelungen, die Basalganglien durch das vereinfachte Zusammenschalten von bis zu 100.000 Neuronen in mehreren Gigabyte so gut nachzubilden, dass das virtuelle Hirnareal im Rechner die aktuellen medizinischen Erkenntnisse replizieren kann. Was wenig klingt, ist dabei sehr viel:

„Auch wenn wir natürlich wissen, dass das Modell die Realität derzeit nur bedingt abbilden kann, lassen sich daraus viele neue Ansätze entwickeln, wie man bei Parkinson vorgehen könnte“, sagt Hamker.

Geht das noch was?

Die Chemnitzer Forscher wollen das Modell kontinuierlich verbessern und arbeiten derzeit das sogenannte Oszillationsverhalten ein – ein Phänomen, bei dem in den Basalganglien zu viele Neuronen gleichzeitig in einem bestimmten Rhythmus feuern und das unter anderem bei Parkinson auftritt, bei dem Ursachen und funktionale Zusammenhänge noch – wie so oft in der Hirnforschung – völlig unbekannt sind. Damit geht das Team um Hamker einen weiteren kleinen Schritt auf dem Weg, der Hirnforschung auf aller Welt näher an das Verständnis heranzuführen, wie diese faszinierende biologische Informationsverarbeitungs-maschine funktioniert.

## Das Parkinson-Syndrom

Bei Morbus Parkinson handelt es sich um eine Gruppe von Erkrankungen mit 13 bekannten Ausprägungen von klinisch bis pathologisch. Bekannteste Symptome sind unkontrolliertes Zittern (Tremor) oder versteifte Muskeln (Rigor). In früheren Stadien führt Parkinson aber schon dazu, dass der Körper den Gedanken nicht mehr „gehört“. Eine Bewegung, die man machen möchte, wird nach dem „Gedankenbefehl“ beispielsweise vom Körper nur verzögert ausgeführt.

Die Auslöser sind nicht sicher bekannt: Parkinson kann vererbt werden, wird aber auch durch äußere Faktoren ausgelöst. Charakteristisch ist nur, dass im Verlauf der Krankheit Nervenzellen in der Mittelhirn-Region substantia nigra absterben, die den Botenstoff Dopamin produzieren. Dessen Mangel vermindert die Wirkung der für die motorische Steuerung mit verantwortlichen Basalganglien auf die Großhirnrinde. Neben dem Dopaminmangel gibt es allerdings auch einen Rückgang anderer Neurotransmitter wie Serotonin-, Acetylcholin- und Noradrenalin.

Die Erkrankung beginnt meist zwischen dem 50. und 79. Lebensjahr, vor dem 40. Lebensjahr ist das Parkinson-Syndrom sehr selten. In Deutschland schätzen Fachleute die Zahl der erkrankten Menschen derzeit auf 300.000 bis 400.000. (tim)

## Basalganglien

Als ein Teil des sogenannten Extrapyramidal-motorischen Systems (EPMS) sind die unterhalb der Großhirnrinde gelegenen Basalganglien nach Stand der Forschung unter anderem an der motorischen Steuerung beteiligt. Es handelt sich beim EPMS aber um ein System, das als Konstrukt der Hirnstruktur schon wieder umstritten ist. Die Zusammenordnung von Hirnstrukturen erfolgt im Zuge von Theorien ihrer Funktionsweise – medizinisch ist sie nicht belegbar.

Die genaue Funktion der Basalganglien ist unbekannt – die Forscher wissen nur, dass dort hochkomplexe Vorgänge ablaufen, die derzeit nur im Ansatz zu verstehen sind. Man geht davon aus, dass die Basalganglien eine Art Informations-Filter darstellen, der in einer größeren Programmschleife zwischen Hirnrinde, Thalamus und Frontallappen eingebunden ist: Ja, die Wissenschaftler tippen da durchaus so sehr im Dunklen wie diese Beschreibung klingt – Hirnforschung basiert vorerst an sehr vielen Stellen auf oft wilden Theorien.

Klar ist allerdings, dass die Basalganglien beim Parkinson-Syndrom sehr charakteristische Störungen aufweisen, und man kennt auch die Reaktion auf bestimmte Behandlungen, etwa auf die tiefe Hirnstimulation oder Dopamin-Zugabe. Solche Daten nutzen die Chemnitzer Forscher. (tim)