

**SÜDWESTRUNDFUNK  
SWR2 WISSEN - Manuskriptdienst**

**„Geheimnisvolles Gehirn -  
Was wir über unser Denkorgan wirklich wissen“**

Autor und Sprecher: Michael Lange  
Redaktion: Sonja Striegl  
Sendung: Mittwoch, 1. Dezember 2010, 8.30 Uhr, SWR2

---

**Bitte beachten Sie:**

*Das Manuskript ist ausschließlich zum persönlichen, privaten Gebrauch bestimmt.  
Jede weitere Vervielfältigung und Verbreitung bedarf der ausdrücklichen  
Genehmigung des Urhebers bzw. des SWR.*

*Mitschnitte auf CD von allen Sendungen der Redaktion SWR2 Wissen/Aula  
(Montag bis Sonntag 8.30 bis 9.00 Uhr) sind beim SWR Mitschnittdienst in  
Baden-Baden für 12,50 € erhältlich.*

*Bestellmöglichkeiten: 07221/929-6030!*

**Kennen Sie schon das neue Serviceangebot des Kulturradios SWR2?**

*Mit der kostenlosen SWR2 Kulturkarte können Sie zu ermäßigten Eintrittspreisen  
Veranstaltungen des SWR2 und seiner vielen Kulturpartner im Sendegebiet besuchen.  
Mit dem kostenlosen Infoheft SWR2 Kulturservice sind Sie stets über SWR2 und die zahlreichen  
Veranstaltungen im SWR2-Kulturpartner-Netz informiert.*

*Jetzt anmelden unter 07221/300 200 oder [swr2.de](http://swr2.de)!*

*SWR2 Wissen können Sie ab sofort auch als Live-Stream hören im SWR2  
Webradio unter [www.swr2.de](http://www.swr2.de) oder als Podcast nachhören:  
<http://www1.swr.de/podcast/xml/swr2/wissen.xml>*

---

### **O-Ton 1 - Werner Gruber (Programm Science Busters):**

Heute sind wir in der Lage, mit einem Magnet-Resonanz-Tomografen, einem MRT, dem Gehirn beim Denken zuzusehen.

#### **Autor:**

Versuchspersonen liegen in einer engen Röhre, sehen Bilder, hören Töne, denken nach und treffen Entscheidungen. Wissenschaftler, sehen dabei ins Gehirn hinein. Was sie dort erkennen, wie diese bunten Bilder aus dem Computer zu interpretieren sind, das sorgt seit Jahren für wissenschaftliche Diskussionen.

### **O-Ton 2 - Diskussion Gehirn (Ausschnitte aus SWR2 - Forum):**

**(Gehring 1:)** Das wird ja tatsächlich durch die bildgebenden Medien suggeriert: Man könne in dieses Verschlussste, was es überhaupt gibt für uns Menschen, hineinschauen. **(Scheich 1:)** Diese Floskel „wir schauen beim Denken zu“ bedeutet mitnichten, dass wir den Gedanken erfassen können. **(Hartner 1:)** Die Tatsache, dass da irgendwo irgendetwas stattfindet, ist überhaupt keine Erklärung, was da stattfindet.

#### **Autor:**

„Geheimnisvolles Gehirn - Was wir über unser Denkgorgan wirklich wissen“. Eine Sendung von Michael Lange.

### **O-Ton 3 - Werner Gruber (Programm Science Busters):**

Das Gehirn besteht aus einzelnen Atomen. Die kann man durch starke Magnetfelder zum Schwingen bringen. Wenn sie hin- und her schwingen erzeugen sie ein elektrisches Feld und mit einem sehr guten Radioempfänger weiß ich, wo welche Atom- oder Molekülsorte sich befindet.

#### **Autor:**

Doktor Werner Gruber arbeitet als Neurophysiker an der Universität Wien. Dort entwickelt er Techniken, die den Blick ins Gehirn möglich machen. Den Ausdruck „dem Gehirn beim Denken zuschauen“ benutzt er gerne auf der Kabarettbühne, wo er als „Science Buster“ Wissenschaft unterhaltsam präsentiert. Und er ist nicht der einzige, der diese Formulierung wählt. In manchen populärwissenschaftlichen Artikeln entsteht der Eindruck, die Hirnforschung hätte ihr Untersuchungsobjekt weitgehend verstanden. Viele bunte Bilder suggerieren: Die Wissenschaftler können im Gehirn lesen, wie in einem offenen Buch.

In Wirklichkeit haben sie gerade erst begonnen, die Abläufe im Gehirn zu erforschen. Professor Bernd Weber äußert sich deshalb zurückhaltender, wenn es um die Möglichkeiten bildgebender Verfahren geht. Er nutzt die funktionelle Magnet-Resonanz-Tomographie, auch genannt Kernspin-Tomographie, für seine tägliche Forschung. In seinem Labor für Neuroökonomie an der Universität Bonn will er herausfinden, was im Gehirn abläuft, wenn wir Kaufentscheidungen treffen.

#### **O-Ton 4 - Bernd Weber:**

*(Hintergrund helles Geräusch)* Dieses Geräusch, das jetzt in dem Kernspintomografen abläuft, was die ganze Zeit während des Experiments läuft, das signalisiert uns, dass die Aufnahmen jetzt tatsächlich durchgeführt werden.

#### **Autor:**

Im Raum gleich neben Bernd Webers Büro im Erdgeschoss des „Life and Brain-Forschungszentrums“ auf dem Bonner Venusberg, befinden sich seine wichtigsten Forschungsgeräte: Zwei Kernspintomografen, die verschieden starke Magnetfelder erzeugen. So ist es ihm möglich, parallel vergleichende Untersuchungen durchzuführen.

#### **O-Ton 5 - Bernd Weber:**

Wir sind jetzt hier im Schaltraum, von dem aus wir die beiden Kernspintomografen bedienen können. Man sieht hier durch die Glasscheibe den Kernspintomografen von der Seite, und da liegt gerade ein Proband drin, von dem man jetzt nur die Beine sieht. Der Rest des Probanden liegt im Kernspintomografen und hat eine Videobrille vor den Augen, über die er das Experiment, das gleich laufen wird, sehen kann.

#### **Autor:**

Mit dieser Technik können Bernd Weber und seine Mitarbeiter ermitteln, wann und wo das Gehirn des Probanden arbeitet. Oder besser gesagt: Sie messen, wann und wo sein Denkorgan verstärkt Sauerstoff verbraucht. Der Monitor in der Schaltzentrale liefert erste Bilder - Live aus dem Innern des Kopfes.

#### **O-Ton 6 - Bernd Weber:**

Hier sieht man jetzt die Schichten, die alle 2,5 Sekunden aufgenommen werden vom Gehirn des Probanden. Das Gehirn ist jetzt quasi in Würfel unterteilt von einer bestimmten Größe von etwa drei Millimetern. Das gesamte Gehirn wird alle 2,5 Sekunden aufgenommen, und in den Grauwerten, die man hier sieht, ist eine Information über den Sauerstoffgehalt integriert, die wir nachher brauchen, um das ganze statistisch auswerten zu können.

#### **Autor:**

Die Bilder auf dem Monitor verraten noch nichts. Auch geübte Augen sehen nur wechselnde Grautöne. Aber wichtige Informationen sind darin verborgen. Erst die Auswertung am Computer liefert die Ergebnisse.

#### **O-Ton 7 - Bernd Weber:**

Das läuft nachher durch eine statistische Analyse. Diese bunten Bilder, die man so kennt, sind quasi statistische Karten, die einem sagen, mit welcher Wahrscheinlichkeit eine bestimmte Hirnregion mit einer bestimmten Aufgabe zusammenhängt.

#### **Autor:**

Einzelne Gedanken, die durch das Gehirn „huschen“, können die Forscher mit der funktionellen Kernspintomografie nicht sehen. Der Kernspintomograf braucht Sekunden,

um eine Veränderung im Gehirn zu erkennen. Ein Nervensignal jedoch jagt hundert Mal schneller durch den Kopf. Bis der Kernspintomograf etwas merkt, sind unzählige Signale gesendet und empfangen worden.

Es ist also nicht möglich, mit einem Kernspintomografen zu erkennen, was genau ein Proband zum jetzigen Zeitpunkt denkt. Das weiß Bernd Weber. Aber er weiß auch: Durch die Erfahrungen, die die Neurowissenschaftler mittlerweile mit dieser Technik gesammelt haben, lässt sich eine Voraussage treffen, in welche Richtung die Gedanken des Menschen im Kernspintomografen gehen.

### **O-Ton 8 - Bernd Weber:**

Es gibt Daten, die wenn man - das muss man einschränkend sagen - diese Verfahren trainiert auf die individuelle Person, schon mit einer relativ großen Genauigkeit sagen kann, ob jemand addiert oder subtrahiert, ob er eine Landschaft oder ein Gesicht sieht. Man muss natürlich dabei einschränkend sagen, dass die Auflösung der funktionellen Kernspintomografie schon, wenn man das im Verhältnis zu Nervenzellen sieht, relativ grob ist.

### **Autor:**

Das läuft dann so ab: Der Proband im Kernspintomografen betrachtet das Bild einer Landschaft. Dann betrachtet er mehrere Gesichter, dann wieder Landschaften. Der Computer erkennt, die bei diesem Probanden typischen Aktivitätsmuster im Gehirn: Die Muster für Landschaften und die Muster für Gesichter. So lernt der Computer vorherzusagen, ob der Proband gerade eine Landschaft sieht oder ein Gesicht. Dann zeigt der Versuchsleiter das Bild eines Autos. Und die Muster im Gehirn ändern sich erneut. Sie ähneln entweder eher den Mustern für Landschaften oder denen für Gesichter - je nach Beziehung des Probanden zum Auto. Durch diese so genannten Korrelationen lässt sich indirekt manches über das Gehirn herausfinden.

So lassen sich nur mühsam bestimmte Aktivitäten, Wahrnehmungen oder Gedächtnisinhalte einzelnen Bereichen im Gehirn zuordnen. Diese Zuordnung hat in den letzten zehn Jahren allerdings Fortschritte gemacht. Dabei entstand vielfach die Vorstellung, man müsse mit bildgebenden Verfahren nur genau genug ins Gehirn hineinschauen und könne jeder Aktivität, jedem Gedanken oder Gedächtnisinhalt einen genauen Ort im Gehirn zuweisen.

### **O-Ton 9 - Michael Madeja:**

Eine Nervenzelle, die nur anspringt, wenn wir den Bundespräsidenten sehen, eine solche Nervenzelle gibt es nicht.

### **Autor:**

Der Buchautor und Hirnforscher Professor Michael Madeja von der Universität Frankfurt warnt vor einer vereinfachten Sichtweise. Hundert Milliarden Nervenzellen stehen nun einmal nicht für hundert Milliarden mögliche Denk- oder Wahrnehmungsinhalte. Ein Signal an einer bestimmten Stelle im Gehirn sage noch gar nichts, so Michael Madeja.

**O-Ton 10 - Michael Madeja:**

Daraus aber zu schließen, dass an dieser Stelle auch die Eigenschaft lokalisiert ist, ist sehr wagemutig, vorsichtig ausgedrückt, und eigentlich ist es nicht zulässig.

**Autor:**

Er kommt zu dem Schluss, dass die Mode, unser Gehirn allein mit so genannten bildgebenden Verfahren verstehen zu wollen, an ihre Grenze gestoßen ist. Denn das Gehirn funktioniert als Netzwerk, in dem viele Bereiche gleichzeitig aktiv sind.

**O-Ton 11 - Michael Madeja:**

Deswegen halte ich es für sehr gefährlich zu sagen, dass man gerade die höchsten Hirnleistungen an einzelne Stellen im Gehirn festlegen kann.

**Autor:**

Trotzdem haben Wissenschaftler immer wieder versucht, einzelne unbewusste Abläufe im Gehirn von Menschen zu messen und zu verstehen. Besondere Aufmerksamkeit finden sie stets dann, wenn es um den „freien Willen“ geht.

**O-Ton 12 - Gerhard Roth:**

Sind wir autonom? Sind wir frei? Wir möchten es doch gerne. Das ist unser existenzieller Konflikt.

**Autor:**

Der Hirnforscher Professor Gerhard Roth von der Universität Bremen stellte in einer Fernsehsendung des ZDF den freien Willen des Menschen in Frage. Seine Hauptaussage: Wenn wir glauben, wir treffen eine freie Entscheidung, weiß unser Gehirn bereits, wie wir uns entscheiden werden.

**O-Ton 13 - Gerhard Roth:**

Bevor ich das Gefühl habe: Ich will jetzt meine Hand bewegen, hat das Gehirn schon entschieden.

**Autor:**

Professor Gerhard Roth bezieht sich auf das so genannte Libet-Experiment. Benjamin Libet legte in den 1980er Jahren seinen Probanden ein Drahtgeflecht über den Kopf, einen Elektro-Enzephalografen, kurz EEG. Dann forderte er sie auf, irgendwann die Hand zu bewegen. Sie blickten auf eine Uhr und sollten selbst entscheiden, wann sie die Hand bewegten. Das Ergebnis überraschte die Fachwelt. Bereits eine halbe Sekunde bevor sich die Probanden bewusst waren, dass sie die Hand bewegen wollten, konnte Benjamin Libet mit dem EEG die dafür verantwortliche Gehirnaktivität messen. Das sorgte für zahlreiche Spekulationen und für Diskussionsstoff zwischen einigen Neurowissenschaftlern und Philosophen.

2008 sorgte das Libet-Experiment erneut für Diskussionsstoff. Der Neurowissenschaftler John Dylan Haynes, damals am Max-Planck-Institut für Neurowissenschaften in Leipzig,

hatte die Ideen von Benjamin Libet aufgegriffen und ein neues, verbessertes Experiment erdacht.

Er legte seine Probanden in einen modernen funktionellen Kernspintomografen. Medien sprachen und schrieben von einem „Gedankenlesegerät“. Dann ließ er sie entscheiden, ob sie die linke oder die rechte Hand bewegen wollten.

Und tatsächlich konnte er im Kernspintomografen das typische Aktivitätsmuster für die Handbewegung, rechts oder links, erkennen, bevor sich die Probanden bewusst waren, welche Hand sie bewegen wollten. In Einzelfällen geschah das zehn Sekunden vor der bewussten Entscheidung, manchmal aber auch nur wenige Zehntel Sekunden zuvor.

Ein interessantes, gut durchgeführtes Experiment, meint Haynes' Kollege Professor Bernd Weber von der Universität Bonn.

### **O-Ton 14 - Bernd Weber:**

Was er in seinen Experimenten sieht, ist, dass es Sekunden bevor es zur Ausführung einer Bewegung kommt, dass man da schon Unterschiede in der Aktivierung bestimmter Hirnbereiche sieht, die vorhersagen, ob jetzt diese oder jene Bewegung ausgeführt wird nachher. Wie die kausalen Zusammenhänge sind, ist im Moment relativ unklar. Auf jeden Fall wirft es ein interessantes Licht darauf, wie wir bestimmte Entscheidungen treffen.

### **Autor:**

Man könnte sagen: Die Entscheidung fand im Gehirn statt, lange bevor der Proband seine angeblich freie Entscheidung traf. Der freie Wille des Menschen - also doch nur eine Illusion? Diese Aussage trennt zwischen Gehirn und Mensch, statt beide als Einheit zu betrachten. Deshalb wird diese These von den meisten Neurowissenschaftlern und Philosophen abgelehnt. Das Experiment von John Dylan Haynes liefert zum Thema „Freier Wille“ insofern nichts Neues. Aber es trennt zwischen dem bewussten und dem unbewussten Teil einer Entscheidung. Es zeigt: Unser Gehirn wird aktiv, bevor wir eine bewusste Entscheidung treffen. Möglicherweise hat jede Entscheidung eine unbewusste Vorgeschichte.

Ob und wie frei die Entscheidung ist, darüber sagt das Experiment nichts. Vielmehr zeigt es etwas, was Neuroökonomie-Experten wie Bernd Weber aus ihrer Forschung kennen. Entscheidungen werden sowohl von bewusst als auch von unbewusst wirkenden Faktoren beeinflusst.

### **O-Ton 15 - Bernd Weber:**

Natürlich tangiert das irgendwie das Selbstbild, das man hat. Wenn man aber mal introspektiv über seine eigenen Entscheidungen nachdenkt, und sich überlegt, wie man durch einen Laden geht und Entscheidungen trifft, dann wird man sich relativ schnell klar, dass man nicht alle diese Entscheidungen bewusst überlegt. Dann würde ich zwei Stunden brauchen oder noch länger, um einmal einkaufen zu gehen.

**Autor:**

Die Außenwelt und unsere Erfahrungen beeinflussen uns, ohne dass wir es im Alltag zur Kenntnis nehmen.

Um wirklich zu verstehen, was die Signale im Gehirn zu bedeuten haben, wie sie unser Verhalten steuern, müssten die Hirnforscher genauer hinschauen. Die vielen schönen Bilder aus dem Gehirn kratzen nur an der Oberfläche.

Um die Spieler im Gehirn, die Nervenzellen und ihre Fortsätze, die Axone, zu sehen, benötigt man eine höhere Auflösung. Dabei geht es um tausendstel Millimeter. Diese Feinheiten lassen sich nur unter dem Mikroskop erkennen. Um diese Ebene der einzelnen Nervenzellen zu erreichen, müssen die Forscher direkt an das Gehirn eines Menschen heran. Das muss so stattfinden, dass der Proband oder Patient weder geschädigt noch unverantwortlich belastet wird, betont Bernd Weber. Das sei nur im Rahmen einer ohnehin notwendigen Diagnose oder Operation am offenen Schädel von Patienten möglich.

Bernd Weber arbeitet dazu mit der benachbarten Klinik für Epileptologie zusammen.

**O-Ton 16 - Bernd Weber:**

Auch wir hier in der Klinik für Epileptologie werden so ein System aufbauen, so dass es möglich ist, einzelne Nervenzellen zu erfassen. Das wird uns ermöglichen einfache Experimente auf einzelner Nervenzellebene durchzuführen und dann zu gucken: Wie hängt das zusammen mit den Aktivierungsmustern, die ich im Kernspintomografen feststelle.

**Autor:**

Um die Sprache der Nervenzellen zu verstehen, reichen diese seltenen Einblicke ins Gehirn eines Menschen nicht aus. Grundlagenforscher, wie Professor Stefan Rotter vom Bernstein-Center für Computer-Neurowissenschaften an der Universität Freiburg, setzen deshalb bei ihrer Arbeit auf Daten aus Versuchen mit Mäusen oder Ratten.

**O-Ton 17 - Stefan Rotter:**

Diese mikroskopischen Prozesse lassen sich derzeit nur mit Elektroden messen. Also mit Nadeln oder Drähten, die man in die Nervenzellen hineinführt oder an Nervenzellen heranführt, so dass man elektrische Aktivität direkt messen kann. Bildgebende Verfahren erlauben diese Auflösung im Moment nicht.

**Autor:**

In den Nervenzellen werden geladene Teilchen, so genannte Ionen, durch Membranen transportiert. So entstehen in Bruchteilen von Sekunden elektrische Ladungen, und die rasen mit großer Geschwindigkeit über lange Ausläufer, die Axone, von Nervenzelle zu Nervenzelle.

### **O-Ton 18 - Stefan Rotter:**

Nervenzellen kommunizieren über den Austausch von elektrischen Impulsen. Das ist die Art und Weise wie Zellen miteinander reden. Diese Impulse, die sogenannten Aktionspotentiale, sind die einzigen Signale, die Zellen miteinander austauschen. Das heißt: Wenn man diese Aktionspotentiale beobachtet, hört man den Zellen bei der Kommunikation zu. Im Prinzip kann man durch Aufzeichnung dieser Kommunikationssignale rekonstruieren, welche Prozesse in diesem Netzwerk abgelaufen sind. Bildgebende Verfahren erlauben das nicht, weil sie nur auf sehr pauschale Weise das Plappern in sehr großen Nervenzellpopulationen sichtbar machen.

### **Autor:**

Wer im Gehirn spricht mit wem? Wer sagt was? Und wie können die Forscher lernen, diese Information zu verstehen? Das ist das große Thema der Neurowissenschaftler am Bernstein-Center in Freiburg.

Dazu vergleichen die Forscher Nervensignale, die bei einfachen Tierversuchen auftreten, zum Beispiel wenn die Tiere Vorder- oder Hinterbeine bewegen. Daraus müssen sie dann Rückschlüsse auf das gesamte Gehirn ziehen. Das geht nur mit modernster Computertechnik.

### **O-Ton 19 - Stefan Rotter:**

Man muss sich vor Augen halten, dass das, was man sieht oder beobachtet, nur ein ganz kleiner Ausschnitt ist aus dem, was das Gehirn insgesamt beiträgt zur Steuerung des Verhaltens. Es ist, als ob man durch ein Schlüsselloch guckt in ein Zimmer, in dem viele Dinge gleichzeitig passieren, viele Personen miteinander interagieren. Man sieht durch das Schlüsselloch aber nur einen kleinen Ausschnitt zu der Szene. Und der Computer hilft uns, aus diesen Teilbeobachtungen zu rekonstruieren, was in diesem Raum oder diesem Gehirn insgesamt vorgeht.

### **Autor:**

Rotter und seine Kollegen wollen das Zusammenwirken der einzelnen Nervenzellen im Netzwerk erfassen. Wie schalten sie sich zusammen, wenn es darum geht, einen Wahrnehmungsinhalt zu speichern oder einen Gedächtnisinhalt ins Bewusstsein zu rufen. Da hilft nur ausgefeilte Mathematik.

### **O-Ton 20 - Stefan Rotter:**

Die Mathematik macht sich Werkzeuge zunutze, die aus der Physik lange bekannt sind. Das sind so genannte Differentialgleichungen. Gleichungen wie die, die Newton erfunden hat, um den Fall des Apfels hin zum Mittelpunkt der Erde quantitativ zu beschreiben. Ganz ähnliche Gleichungen kann man auch einsetzen, um das Verhalten von Nervenzellen zu beschreiben, die sich in einem großen Netzwerk befinden. Was im Netzwerk hinzukommt, ist, dass man nicht nur einen Apfel hat, sondern viele solche Äpfel, die miteinander wechselwirken, indem sie Signale austauschen. Das macht die Gleichungen sehr kompliziert, und neue Methoden entstehen gerade, um diese

Komplexität zu bewältigen und sinnvolle Aussagen zu machen über die dynamischen Eigenschaften der Netzwerke.

**Autor:**

Ebenfalls am Bernstein-Center in Freiburg arbeitet Doktor Arvind Kumar. Er will verstehen, was die Signale im Gehirn zu bedeuten haben. Vom „Gedankenlesen“ ist er weit entfernt. Seine Forschung steht noch ganz am Anfang.

**O-Ton 21 - Arvind Kumar:**

Proof of principle exists that we can decode activity ...

**Übersetzung:**

Es ist erwiesen, dass wir die Aktivität des Gehirns entschlüsseln können. Aber es ist noch ein weiter Weg, bis wir einzelne Gedanken im Gehirn lesen können. Wir brauchen bessere Experimente, um herauszufinden, was Gedanken überhaupt sind. Wir fangen deshalb an mit der Untersuchung von Bewegungen. Bewegungen lassen sich einfacher untersuchen als Gedanken, denn wir wissen, was Bewegungen sind. Bei Gedanken ist das komplizierter. Wenn ich an das Wort Radio denke, denke ich als Hörer an etwas anderes als jemand, der selbst Radiostücke produziert. Das macht es kompliziert. Aber im Prinzip lässt sich herausfinden, wie Denken funktioniert. Die ersten Schritte in diese Richtung sind getan.

... at least steps have already been taken in this direction.

**Autor:**

Das Geheimnis steckt in den elektrischen Signalen, die durch das Gehirn sausen. Jedes sogenannte Aktionspotential ist nur eine Änderung von Ladungszustand und elektrischer Spannung. Aber gemeinsam tragen diese Aktionspotentiale eine Information, die es zu entschlüsseln gilt, wie einen Code.

**O-Ton 22 - Arvind Kumar:**

When we look at spike trains, which properties of spike trains are carrying informations?  
...

**Übersetzung:**

Wir schauen uns die aufeinanderfolgenden Aktionspotentiale an, die durch die Nervenfortsätze geleitet werden, und wollen wissen: Welche Eigenschaft der Aktionspotentiale trägt die Information? Ist die Zahl dieser elektrischen Signale entscheidend oder kommt es auf das zeitliche Muster an? Wenn fünf Nervenzellen gemeinsam feuern, wie wichtig ist dann die zeitliche Abstimmung? Solche Fragen meinen wir, wenn wir von einem Code im Nervensystem sprechen. Es geht um die Bedeutung der Aktionspotentiale.

... this is what we mean by neural code, the property of spike trains.

**Autor:**

Den Stein der Weisen hat Arvind Kumar bei der Untersuchung der Aktionspotentiale bisher nicht entdeckt, aber er konnte mit Hilfe von Computerprogrammen bereits einige Gesetzmäßigkeiten im Gehirn aufspüren.

**O-Ton 23 - Arvind Kumar:**

Neurons are in a very special relationship with other neurons ...

**Übersetzung:**

Nervenzellen bauen besondere Beziehungen zu anderen Nervenzellen auf. Wenn zum Beispiel die Nervenzelle A feuert, dann folgt stets die Nervenzelle B nach einer genau bemessenen Zeitspanne. Und in diesem Zusammenspiel könnte eine bestimmte Information codiert sein. Und das müssen wir herausfinden. Wie arbeiten diese Nervenzellen zusammen? Wie lernen sie? Das ist die theoretische Herausforderung. Da gibt es erste Fortschritte, aber wir müssen noch viel mehr herausfinden.

... some progress has been made, but a lot more is to be done still.

**Autor:**

Es kann sein, dass der Code des Gehirns irgendwann durch eine geniale Idee geknackt wird. Das wäre ein Durchbruch - und einen Nobelpreis wert - vergleichbar mit der Entdeckung der Doppelhelix als Struktur des Erbmoleküls D N A. 1953 fanden Watson und Crick den Schlüssel, um die genetische Information zu lesen. Einen solchen Schlüssel für die Information im Gehirn gibt es bisher nicht.

Vielleicht muss man einfach nur so lange herum probieren, bis man das Geheimnis des Gehirns entdeckt. Eine Methode, die in der Wissenschaft bereits häufig zum Erfolg geführt hat. Auf sie setzt auch Professor Gero Miesenboeck. Der aus Österreich stammende Wissenschaftler forscht an der Universität Oxford.

**O-Ton 24 - Gero Miesenboeck:**

Die große Herausforderung ist, wie Intelligenz aus unintelligenten Komponenten heraus entsteht. Davon haben wir keine Ahnung. Aber es ist ganz wesentlich, das Problem auf der Ebene der Komponenten, der individuellen Zellen, zu studieren. Die großen bildgebenden Verfahren besitzen einfach nicht die Auflösung, um wirklich die Interaktionen, die aller Informationsverarbeitung unterliegen, darstellen zu können.

**Autor:**

Gero Miesenboeck ist skeptisch, was die Aussagekraft bildgebender Verfahren in der Hirnforschung angeht. Seine Philosophie: Beobachten allein reicht nicht. Man muss das Gehirn gezielt in Aktion versetzen, damit es seine Geheimnisse preisgibt.

**O-Ton 25 - Gero Miesenboeck:**

Wie jeder Code-Knacker weiß, ist es ganz wesentlich, um einen Code zu brechen, mit den Symbolen zu spielen. Die Dinge herum zu arrangieren, und durch die gezielte

Beeinflussung bestimmter Zelltypen während ein Tier sich verhält können wir das endlich jetzt tun.

**Autor:**

Was er damit meint, demonstriert Gero Miesenboeck mit einem Experiment. Dutzende Taufiegen der Gattung Drosophila laufen auf dem Boden einer Dose aus Glas kreuz und quer durcheinander. Dann ein kaum sichtbarer blauer Lichtblitz. Wie auf Kommando fliegen alle Fliegen gleichzeitig gegen den Glasdeckel. Auch blinde Fliegen zeigen dieses Verhalten.

**O-Ton 26 - Gero Miesenboeck:**

Das Experiment, das ich gezeigt habe mit den Fliegen, ist ein Zucken der Fliege auf einen Lichtblitz. Aber der Lichtblitz ist nicht durch die Augen wahrgenommen, sondern direkt durch lichtgesteuerte Ionenkanäle ins Nervensystem der Fliege hinein programmiert.

**Autor:**

Denn das Licht wirkt über einen Schalter im Gehirn der Tiere. Gero Miesenboeck hat diesen Schalter selbst eingebaut. Er hat einige Nervenzellen im Gehirn der Tiere genetisch so verändert, dass sie auf blaues Licht reagieren.

**O-Ton 27 - Gero Miesenboeck:**

In den Fliegen wird die genetische Manipulation typischerweise an der Keimbahn durchgeführt. Das heißt: Ein Stück DNA wird in den Fliegen-Embryo hinein injiziert, integriert dann in das Genom, und alle Abkömmlinge der Fliege, dieses ursprünglich hergestellten so genannten transgenen Tiers, tragen dann ein Gen, das für einen lichtgesteuerten Ionenkanal codiert.

**Autor:**

Die fremde genetische Information funktioniert wie eine Art Schalter. Alle Nervenzellen, die so verändert wurden, sind nun von außen steuerbar. Und zwar durch Licht einer bestimmten Wellenlänge. Der Kopf der Fliegen ist lichtdurchlässig, so dass der Lichtstrahl direkt auf die empfangsbereiten Nervenzellen trifft.

Diese neue Technik nennt sich Optogenetik. Immer mehr Neurowissenschaftler erkennen und nutzen ihre Möglichkeiten. Erstmals erhalten sie nun die Chance, von außen gezielt in die Abläufe im Gehirn eines Tieres einzugreifen. Wie ferngesteuert lassen sich die Versuchstiere vom Wissenschaftler dirigieren.

**O-Ton 28 - Gero Miesenboeck:**

Wir üben diese Fernsteuerung nicht aus, um die Fliegen zu willfährigen Exekutoren unserer größtenwahnsinnigen Pläne zu machen, sondern um zu verstehen, wie das Gehirn funktioniert. Wenn man sich die Geschichte der Wissenschaft anschaut, ist oft ein Schritt zur Kontrolle des experimentellen Systems notwendig, um Mechanismen und kausale Faktoren, Ursachen tief zu verstehen. Ab einem bestimmten Punkt ist es ganz

wesentlich, das System beeinflussen zu können. Und das hat in der Neurobiologie für lange Zeit gefehlt, oder es war zumindest sehr schwierig.

**Autor:**

Wissenschaftler der Universität Stanford in den USA konnten mit Hilfe der Optogenetik Mäuse so präparieren, dass ein Lichtsignal sie dazu bringt, ständig im Kreis herum zu laufen. Wahlweise: links herum oder rechts herum. Dazu mussten sie allerdings das Licht mit Glasfaserkabeln in das Gehirn der Tiere bringen.

Gero Miesenboeck will nun mit dieser Methode untersuchen, wie Entscheidungsprozesse im Gehirn ablaufen. Er will den so genannten „Kritiker im Gehirn“ der Tiere aufspüren. Das sind Nervenzellen, die dann eingreifen, wenn etwas falsch läuft. Diesen „Kritiker“ hat er bei Fliegen bereits gezielt aktivieren können.

**O-Ton 29 - Gero Miesenboeck:**

Wir haben unsere Fliegen in eine ganz einfache künstliche Welt gebracht. Eine kleine Kammer, deren Hälften jeweils mit einem anderen künstlichen Geruchsstoff gefüllt wurden. Und die Fliege hat sich entscheiden müssen, ihr Leben beim Geruch von Äpfeln oder von alten Tennisschuhen zu verbringen. Die meisten Fliegen haben den Geruch der Äpfel ursprünglich vorgezogen. Aber wir haben - wenn immer sich eine Fliege Richtung Apfelgeruch bewegt hat - den Kritiker im Gehirn aktiviert. Und zu unserer großen Freude haben die meisten Fliegen, bei denen wir den Kritiker im Gehirn aktiviert haben, den Geruch der alten Tennisschuhe dem der frischen Äpfel vorgezogen.

**Autor:**

Diese Fliegen haben tatsächlich keinen freien Willen mehr. Der Versuchsleiter bestimmt, welchen Geruch sie bevorzugen. Wenn es der Geruch von alten Tennisschuhen sein soll, dann sind es eben alte Tennisschuhe. Im Labor ist Gero Miesenboeck der „Herr der Fliegen“. Er kann bestimmen, was die Fliegen mögen, wie sie sich entscheiden und was sie tun. Und je mehr er über das Gehirn der Fliegen weiß, umso besser kann er ihre Gehirne kontrollieren.

Beim Menschen geht das nicht so leicht, zumal unsere Nerven unter der Schädeldecke, vom Licht abgeschirmt im Dunkeln arbeiten. Aber die Mechanismen, die Gero Miesenboeck und andere Optogenetiker derzeit entdecken, ließen sich auch auf den Menschen übertragen.

Eine Gefahr für den Menschen, zum Beispiel durch gezielte Gehirn-Manipulation, sieht er nicht. Im Gegenteil: Die Grundlagenforschung bringe wichtiges Wissen für jeden Menschen.

**O-Ton 30 - Gero Miesenboeck:**

Ich glaube, es ist ganz wesentlich für unser Selbstbild, für unseren Humanismus, wenn Sie das große Wort benützen wollen, dass wir wirklich verstehen, wie die neuronalen

Mechanismen sind, die all diesen Phänomenen zugrunde liegen. Das wird uns sehr viel über uns selbst lehren.

**Autor:**

Noch haben die Hirnforscher den Code der Nervenzellen nicht geknackt und auch die Fremdsteuerung der Nervenzellen im Gehirn beschränkt sich auf wenige Beispiele bei Versuchstieren.

Die Beobachtung des Gehirns, ob im Kernspintomografen oder auf Nervenzell-Ebene, und auch Kontrolle über einzelne Nervenzellen führen eben nicht sofort zum Verständnis, resümiert die Philosophin Petra Gehring von der Technischen Universität Darmstadt.

**O-Ton 31 - Petra Gehring:**

Was letztlich bleibt ist, dass sie sagen können: Wenn ich das mache, passiert das. Aber sie haben keine schlüssige Theorie dafür.

\*\*\*\*\*