



Die Suche nach neuronalen Korrelaten der Aufmerksamkeit



Von Robert Wurtz

Als ich zusammen mit Jim Olds an der University of Michigan Psychologie studierte, erkannte ich, dass man die neuronale Aktivität, welche höheren kognitiven Funktionen wie der Aufmerksamkeit zugrunde liegt, nur bestimmen konnte, wenn man die Aktivität an der richtigen Stelle im Gehirn aufzeichnete und das

Versuchstier die richtige Verhaltensaufgabe durchführen ließ. Nachdem ich im Jahre 1961 einen Vortrag von David Hubel gehört hatte, wurde mir klar, dass das visuelle System genau das richtige Forschungsterrain für mich war. Die wunderbare Ordnung und die spezifische Verarbeitung in der primären Sehrinde machten sie zum idealen Ort, um nach Modulationen zu suchen, die durch Faktoren wie Aufmerksamkeit ausgelöst wurden. Aber das Verhalten stellte ein Problem dar, weil die eleganten Studien von Hubel und Wiesel zu den rezeptiven Feldern von Neuronen an anesthetisierten, paralysierten Katzen durchgeführt worden waren. Im Wachzustand würden diese Tiere ihre Augen bewegen, wie es ihnen passt, und es so unmöglich machen, eben die visuelle Verarbeitung zu untersuchen, die das System so attraktiv machte. Würde es mir aber gelingen, die visuellen Antworten der Zellen in Fixationsperioden zu untersuchen, ohne dass die Tiere ihre Augen bewegten, so würde ich die Verarbeitung im Zusammenhang mit Verhalten erforschen können.

Die Gelegenheit dazu bot sich mir, als ich im Juli 1966 meine Arbeit im Labor von Ichiji Tasaki an den National Institutes of Health (NIH) aufnahm. Ich begann damit, einen Affen immer dann mit Fruchtsaft zu belohnen, wenn er bei einem Lichtpunkt auf einem Bildschirm vor ihm eine Veränderung bemerkte. Diese Veränderung war so geringfügig, dass ich hoffte, er würde den Punkt direkt anschauen, um sie wahrnehmen zu können. Der Affe erlernte die Aufgabe problemlos, und als ich die technische Ausrüstung zur Aufzeichnung der Gehirnaktivität zusammengesucht hatte, war ich bereit, meine Hypothese zu testen. Glücklicherweise hatte ich ein paar Jahre zuvor bei Hubel und Wiesel in Harvard gelernt, wie diese Aufzeichnungen funktionierten. Mein Kollege Ed Evarts von den NIH half mir dabei, das Datenaufnahmesystem anzupassen, das er speziell für Affen entworfen hatte. Um Augenbewegungen abzuleiten, verwendete ich eine selbsterdachte Methode und klebte Elektroden nahe der Augen auf die Haut des Affen. Die Methode funktionierte, aber die Elektroden fielen ständig ab, und es gelang mir nicht, kleinere Augenbewegungen zu registrieren. Die Ergebnisse waren trotzdem ermutigend, weil sie zeigten, dass der Affe tatsächlich etwas fixierte. Am Tag vor dem Erntedankfest 1966 gelang mir meine erste Ableitung aus

der Sehrinde des Affen. Es war einer der aufregendsten Tage meines Lebens. Es gelang mir, das rezeptive Feld eines VI-Neurons zu charakterisieren, das am besten auf einen Lichtschlitz mit einer bestimmten Orientierung reagierte. Ich wusste nun, dass meine Methode funktionierte, und verbrachte die Feiertage in bester Stimmung.

Die nächsten zwei Jahre verbrachte ich fast ausschließlich damit, meine Methoden weiterzuentwickeln. Da das Computerzeitalter noch nicht begonnen hatte, war ich vor allem auf digitale Logikkarten (*digibits*) angewiesen. Ich konstruierte eine wenig elegante Versuchsanordnung, aber sie funktionierte immerhin so gut, dass ich bestimmte Fragen beantworten konnte. Dazu gehörten die Fragen, ob sich die Neuronen der Sehrinde beim wachen Tier wesentlich anders verhielten als beim anesthetisierten Tier und ob sie während der Augenbewegung aktiv ausgeschaltet wurden. Die Antwort lautete in beiden Fällen „Nein“. Meine Euphorie an jenem ersten Erntedanktag war voreilig gewesen; und für die Fragen, die ich stellte, war ich am falschen Ort.

Daraufhin beschloss ich, mich einer anderen Region des visuellen Systems, dem Colliculus superior im Mittelhirndach, zuzuwenden, und Mickey Goldberg war mit von der Partie. Bei den ersten Experimenten wussten wir gar nicht, wo genau im Colliculus und Hirnstamm wir uns gerade befanden. Nach einem besonders anstrengenden Tag mutmaßte Mickey, dass der Colliculus als reines Übungsareal für Physiologen ins Gehirn gesetzt worden war, weil sich offenbar jegliche Art von Neuron hier finden ließ. Eine zufällige Beobachtung erwies sich als besonders wichtig: Uns fiel auf, dass die visuelle Reaktion jedes Mal stärker wurde, wenn der Affe eine rasche sakkadische Augenbewegung zu dem Lichtpunkt machte, der in das rezeptive Feld eines Colliculus-Neurons fiel. Also konzipierten wir eine Aufgabe, um unsere Vermutung zu testen: Wir beließen den Lichtpunkt immer an derselben Stelle, differenzierten aber, ob der Affe eine Sakkade zum Lichtpunkt oder zu einem anderen Ort im Feld machte. Die gesteigerte Reaktion trat nur bei Sakkaden zum Lichtpunkt auf, und wir schlossen daraus, dass diese Steigerung ein Korrelat der Aufmerksamkeit des Affens zu dem Lichtpunkt war. In nachfolgenden Experimenten untersuchten wir die Beziehung zwischen der Antwortsteigerung und der Generierung der Bewegung genauer und testeten, ob der Effekt auch in der Hirnrinde nachweisbar war.

Heute verwenden die meisten Forschungslabore sehr viel elegantere Aufmerksamkeitsparadigmen, und sie haben solche Antworterhöhungen in zahlreichen Hirnrindenarealen gefunden. Obwohl mein Labor und viele andere die Techniken entwickelt haben, die die Untersuchungen des visuellen Systems beim wachen Affen zu einem Grundstein der kognitiven Neurowissenschaft gemacht haben, kommt es noch immer auf den richtigen Ort im Gehirn und die richtige Verhaltensaufgabe an.