
Hirnstrommessung: Was die Methode alles kann

Die Hirnstrommessung – medizinisch als Elektroenzephalografie (EEG) bezeichnet – ist schon fast 90 Jahre alt, liefert aber immer noch neue Erkenntnisse

Roboterhaft tönt es aus dem Computer: „Jazz“ spricht die Stimme. Nicht gerade klangvoll, aber unmissverständlich verrät der Rechner, welches Wort die Versuchsteilnehmer zuvor gehört haben. Den Begriff rekonstruiert das Programm einzig aus der Hirnstromkurve der Probanden, die während des Hörexperiments aufgezeichnet worden war: Die Analyse der Hirnerregung macht das Gehörte wieder hörbar.

Dass das Elektroenzephalogramm (EEG) einmal einen derart indiskreten Einblick in die Gedankenwelt ermöglichen würde, hätte sein Erfinder Hans Berger sicher kaum für möglich gehalten. 1924 hatte der Nervenarzt aus Jena ein Verfahren entwickelt, die elektrische Aktivität der Gehirnzellen mit Elektroden abzuleiten und als Kurve auf Papier sichtbar zu machen. Viel mehr als ein „Grundrauschen“ der Nerven zeichnete Berger nicht auf. Doch heute, fast 90 Jahre später, gehört das EEG nicht nur nach wie vor zum unverzichtbaren Diagnostik-Repertoire der Neurologen, es eröffnet auch der modernen Hirnforschung immer noch neue Möglichkeiten und Erkenntnisse.

Das oben beschriebene Experiment, das Forscher der University of California in Berkeley (USA) Anfang des Jahres publik machten, ist dafür nur ein Beispiel von vielen. „Wir können aus den EEG-Daten heute sehr viel herauslesen“, berichtet Professor Markus Diesmann, Direktor des Instituts für Neurowissenschaften und Medizin am Forschungszentrum Jülich. Die Kurven sind zwar immer noch die gleichen wie zu Hans Bergers Zeiten, doch moderne Computer erlauben heute ihre detaillierte Deutung. Diesmann und sein Team haben mithilfe von 30.000 zusammengeschalteten Prozessoren ein mathematisches Modell entwickelt, das den Ursprung des elektrischen Signals äußerst genau zurückberechnet.

Vergleicht man die EEG-Kurve mit dem Wellenschlag in einem Teich, in den ein Stein geworfen wurde, so kann der „Supercomputer“ gewissermaßen aus dem Muster der Wellen rückschließen, wohin der Stein geworfen wurde, wie groß und wie schwer er war. Entwickelt und überprüft haben die Forscher in Jülich das Modell bisher erst an einem relativ übersichtlichen Areal: Sie untersuchten einen Kubikmillimeter Hirngewebe, analysierten die Messwerte und entwickelten daran das Modell. Immerhin eine Milliarde Nervenschaltstellen befinden sich in so einem nur krümelgroßen Bereich: eine Milliarde elektrische Signale – „Steine“ – also, pro Millisekunde.

Astronomisch fällt dagegen die Anzahl unbekannter Größen in der gesamten Hirnrinde aus. Dazu kommen Störfaktoren wie Hirnhäute und Schädelknochen, die das Signal stark filtern, bevor es registriert wird.

„Diese Einflüsse zu berücksichtigen ist aber letztendlich nur eine Frage der Rechenkapazität“, betont Diesmann. „Wenn das Modell im Kleinen stimmt, stimmt es auch im Großen.“ Zwar sei man von derartigen Kapazitäten noch weit entfernt, doch ließen sich mit solchen Berechnungen EEG-Daten in Zukunft räumlich sehr viel genauer zuordnen.

Alternative: funktionelle Kernspintomografie

Eine bessere „räumliche Auflösung“ gemessener Hirnaktivität bietet die funktionelle Kernspintomografie (fMRT), welche die Hirnforschung in den vergangenen Jahren stark geprägt hat. Die Technik weist Stoffwechselaktivität im Gewebe nach und macht sie auf Schnittbildern zentimetergenau lokalisierbar. Dabei ist das Verfahren vergleichsweise „langsam“: Etwa zwei Sekunden dauert eine Kernspin-Aufnahme – eine „Ewigkeit“, wenn man geistige Prozesse aufzeichnen möchte. Das EEG hingegen kann Erregungen im Millisekundenbereich erfassen. „Es ist häufig sinnvoll, beide Methoden zu kombinieren“, sagt Professor Andreas Fallgatter, Direktor der Psychiatrie am Universitätsklinikum Tübingen.

Welche Prozesse hinter der gemessenen Hirnaktivität stecken, lässt sich bisher nur experimentell und indirekt nachweisen. Aufwendige Statistikprogramme können EEG-Muster erkennbar machen, die charakteristisch bei einer bestimmten geistigen Tätigkeit auftreten. Diese sogenannten ereigniskorrelierten Potenziale (EKP) entsprechen somit der Aktivität der Nerven bei dieser Tätigkeit. Auch der „Lauschangriff“ der kalifornischen Wissenschaftler auf die Gehirne ihrer Versuchspersonen gelang nur, weil die typische Erregung beim Hören der Begriffe durch vorherige Messungen bekannt war. Die Gedanken bleiben im Dunkeln, werden aber immer berechenbarer.

Wie läuft eine Elektroenzephalografie ab?

Elektroden auf der Kopfhaut messen die elektrische Aktivität im Gehirn, die beim Informationsaustausch zwischen Nerven entsteht. Die dabei auftretenden Spannungsschwankungen zwischen den Elektroden werden in einer charakteristischen Kurve abgebildet. Daraus lassen sich bestimmte Zustände der Hirnerregung ablesen. Anhand der Positionen der Elektroden lässt sich die gemessene Aktivität grob verschiedenen Hirnbereichen zuordnen.

Auf welche Krankheit kann der Arzt mit einem EEG schließen?

Bei Epilepsien stellt die Hirnstromkurve ein entscheidendes Diagnoseinstrument dar: Sogenannte Anfallsmuster, also synchronisierte Erregungen während des Ereignisses, kennzeichnen die Krankheit und grenzen sie von anderen Anfallsleiden ab. Die Epilepsie-typischen Potenziale können lokal oder generalisiert auftreten.

Herdbefunde sind unspezifische Veränderungen der Hirnströme – typischerweise Verlangsamungen –, die lokal begrenzt sind. Sie weisen beispielsweise auf einen Tumor hin.

Allgemeinveränderungen des EEGs treten bei Bewusstseinsstörungen auf. So ist während einer Narkose oder eines tiefen Schlafkomas der EEG-Rhythmus deutlich verlangsamt. Vergiftungen, Entzündungen oder eine fortgeschrittene Demenz führen ebenfalls zu Allgemeinveränderungen.

Unser Experte: Professor Markus Diesmann, Direktor des Instituts für Neurowissenschaften und Medizin am Forschungszentrum Jülich