



Doctoral Thesis

Quantifizierung von visuellen und motorischen Leistungen des menschlichen Zentralnervensystems

Author(s):

Sutter, Martin

Publication Date:

1986

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-000413231> →

Rights / License:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

Diss. ETH Nr. 8122

**QUANTIFIZIERUNG VON VISUELLEN
UND MOTORISCHEN LEISTUNGEN
DES MENSCHLICHEN ZENTRALNERVENSYSTEMS**

ABHANDLUNG

zur Erlangung des Titels eines
DOKTORS DER TECHNISCHEN WISSENSCHAFTEN
der
EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE ZÜRICH

vorgelegt von
MARTIN SUTTER
Dipl. El.-Ing ETHZ
geboren am 12. Juni 1951
von Rüti b. Riggisberg BE

Angenommen auf Antrag von
Prof. Dr. M. Anliker, Referent
Prof. Dr. G. Baumgartner, Korreferent

ADAG Administration & Druck AG

Zürich 1986

KURZFASSUNG

Die Diagnose und Beurteilung von Krankheiten oder Läsionen, die die höheren Funktionen des Zentralnervensystems betreffen, ist oft schwierig und nur qualitativ möglich. Eine Methode, mit der Hirnleistungen quantitativ erfasst werden können, ist deshalb als objektive Bestätigung oder Ergänzung des neurologischen und neuropsychologischen Untersuchungs von Interesse.

Es wird eine Messapparatur vorgestellt, die durch ein zentrales Computersystem auf zwei Bildschirmen bewegte dynamische stochastische Punktstereogramme (SPS) erzeugt. Bei stereoskopischer Betrachtung mit Hilfe von polarisierenden Filtern erscheint im SPS als Sehziel ein schmales vertikales, von der Bildschirmfläche abgehobenes Rechteck ("Testfläche"). Diese Testfläche kann nur binokular bei funktioneller Stereopsis, ein in der Sehrinde ablaufender Vorgang, erkannt werden. Monokular betrachtet ist die Testfläche unsichtbar. Die Testfläche wird nach vorgegebenen, unvorhersagbaren Bewegungsmustern horizontal um je maximal $7,8^\circ$ nach links und nach rechts bewegt, wobei die höchste Winkelgeschwindigkeit im Bereich von 10 bis $100^\circ/\text{s}$ verstellt werden kann. Durch Zugabe von Helligkeitsunterschieden von bis zu 25% gegenüber der Umgebungsfläche kann der binokularen Sichtbarkeit der Testfläche auch monokulare Sichtbarkeit beigefügt werden. Zusätzlich besteht die Möglichkeit, durch manuelle Betätigung eines Steuerknüppels (Joystick) eine monokular sichtbare schwarze Marke, die in den Bildschirmen eingeblendet wird, ebenfalls in horizontaler Richtung hin und her zu bewegen.

Die Aufgabe der Versuchspersonen oder der Patienten besteht darin, den Bewegungen der Testfläche sowohl mit den Augen als auch mit der schwarzen Marke durch entsprechende Manipulation des Joystick zu folgen. Die Augenbewegungen werden mit der Methode der Elektrookulografie, die Joystickbewegungen direkt gemessen und gespeichert. Eine Messung umfasst 20 bis 25 Messdurchgänge von je 30 s Dauer. Begonnen wird mit der langsamen Stimulationsgeschwindigkeit von $15^\circ/\text{s}$ bei starker monokularer Sichtbarkeit von 25%, danach werden die Anforderungen mit jedem neuen Messdurchlauf schwieriger durch stufenweise Erhöhung der Stimulationsgeschwindigkeit und/oder Abnahme der monokularen Sichtbarkeit bis zu rein stereoskopischen SPS. Die Disparität der Testfläche bleibt mit 11 Winkelminuten während der Dauer der Messungen konstant und entspricht einer subjektiv empfundenen Überhöhung gegenüber der Umgebungsfläche von etwa 9 mm. Eine Messung dauert $3/4$ bis 1 h.

Als Parameter werden anschliessend Ähnlichkeit und Verzögerung zwischen dem Bewegungsmuster des Sehziels und den dem Sehziel folgenden Augen- und Joystickbewegungen ausgewertet. Die gute Reproduzierbarkeit dieser Messparameter wird durch je vier Messungen, verteilt über mehrere Monate, an zwei Versuchspersonen gezeigt.

Von 46 normalen Versuchspersonen verschiedenen Alters und Geschlechts sind die Mittelwerte der erwähnten Parameter bestimmt worden. Dabei lässt sich mit statistischer Signifikanz eine Abhängigkeit der Messparameter von der monokularen Sichtbarkeit der Testfläche nachweisen. Zusätzlich können zum Teil statistisch signifikante Unterschiede der Parameter in Abhängigkeit von Alter und Geschlecht der Versuchspersonen gefunden werden. Mit Hilfe dieser Mittelwerte sind die Messresultate von 20 Patienten mit diversen neurologischen Krankheitsbildern evaluiert worden. Dabei lassen sich in vielen Fällen differenzierte quantitative Aussagen machen in bezug auf verminderte Leistungen der Augen- und Handbewegungen, als Funktion der variablen Stimulationsgeschwindigkeit und der monokularen Sichtbarkeit. Bei 2 Patienten mit einem Parkinsonsyndrom haben Langzeitstudien mit bis zu 6 Messungen innerhalb von mehreren Monaten einen messbaren Erfolg der medikamentösen Therapie aufgezeigt.

Ausgehend von der Hypothese, dass die Perzeption der rein binokularen SPS kortikale Hirnleistung voraussetzt, und dass weitere Hirnleistungen für die Steuerung der Augenbewegungen und die Bedienung des Steuerknüppels nötig sind, kann aufgrund der Resultate gefolgert werden, dass die Quantifizierung von Hirnleistungen durch messtechnische Methoden möglich ist.

A B S T R A C T

The quantitative diagnosis and assessment of neurological disorders or lesions affecting the more complex functions of the central nervous system is often impossible. Therefore a measuring procedure capable of quantitatively sensing brain functions would be helpful to objectively confirm and complement the information obtained through clinical neurologic and neuropsychologic examination.

Generated by a central computer system, a dynamic stochastic random dot stereogram (RDS) is presented on two screens, which when binocularly viewed through polarizing filters depicts a narrow vertical rectangle hovering over the background pattern. This rectangular pattern serves as the visual target and can only be perceived by operational stereopsis which in turn constitutes a central process in the visual cortex. Monocular viewing does not unveil the target. The target is moved horizontally according to an unpredictable function by 7.8° maximum to the left and to the right. The target velocity can be varied in the range from 10 to 100 %/s. Variable luminance contrasts of up to 25% of the target with respect to the background pattern add monocularly visible cues to the stereoscopic target. In addition, a monocularly visible black mark projected into the screens can be moved horizontally by means of a joystick.

The subjects are advised to pursue the moving target with their eyes as well as with the black mark by proper manipulation of the joystick. Eye movements (by recording the electrooculogram) and joystick movements are both measured and stored. A session encompasses 20 to 25 runs of 30 s duration each, accumulating to a total duration of $3/4$ to 1 h. Beginning with a low velocity of 15 %/s and a high monocular contrast of 25%, each consecutive run is made more difficult by an increased velocity and/or a decreased monocular visibility down to purely stereoscopic RDS. The horizontal disparity of the target, which is kept constant during all measurements, equals 11 minutes of arc corresponding to a perceived height of 9 mm.

The similarity and delay of the eye and hand movements with respect to the target movements are evaluated as parameters. The reproducibility of these parameters is demonstrated by the results of four sessions each administered to two different subjects over a period of three to four months.

The average parameters of 46 normal subjects of differing age and sex are computed. A statistically significant

dependency of said parameters on the degree of monocular visibility can be shown. In addition, age and sex dependency of the same parameters can at least partly be shown to be statistically significant. The results of 20 patients with various neurological disorders are compared to the average parameters of the normal subjects. A differentiated quantitative interpretation can be given for many of the cases in terms of impaired control of eye and hand movements as a function of the varying stimulus velocity and monocular cues. The results of a longitudinal study of up to 6 sessions within several months in two cases of patients with a Parkinson syndrome are discussed. It is shown that the successful medical treatment can be objectively measured.

On condition that the perception of the purely binocular RDS evokes cortical processing and that additional brain functions are required for the control of eye movements and the manipulation of the joystick, the results infer that it is possible to quantify brain functions by means of an objective measuring procedure.