

Aus der Klinik für Neurologie
der Medizinischen Fakultät der Charité – Universitätsmedizin Berlin

DISSERTATION

**Untersuchungen zur Rolle extraretinaler und visueller Signale
für die perzeptuelle Mislokalisierung beim Menschen**

zur Erlangung des akademischen Grades
Doctor medicinae (Dr. med.)

vorgelegt der Medizinischen Fakultät der Charité – Universitätsmedizin
Berlin

von

Hendrik Puhlmann
aus Berlin-Köpenick

Gutachter: 1. Priv.-Doz. Dr. med. C. J. Ploner
2. Prof. Dr. U. Ilg
3. Prof. Dr. med. A. Straube

Datum der Promotion: 23.06.2006

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	5
1.1	Vorwort	5
1.2	Theorien zur visuellen Stabilität	7
1.3	Das visuelle System	9
1.4	Das sakkadische System	11
1.5	Psychophysiologische und physiologische Befunde zur visuellen Wahrnehmung während sakkadischer Augenbewegungen	14
1.5.1	Die sakkadische Suppression	14
1.5.2	Die perisakkadische Mislokalisierung	16
1.6	Herleitung der Fragestellung	19
2	Material & Methoden	23
2.1	Experimente zur Untersuchung der Mislokalisierung während sakkadischer Augenbewegungen	23
2.1.1	Gemeinsame Parameter der Experimente I-A und I-B	23
2.1.2	Ablauf einer Experimentreihe mit sakkadischen Augenbewegungen	24
2.1.3	Experiment I-A: Das <i>gap</i> -Paradigma im Vergleich mit dem <i>step</i> -Paradigma	26
2.1.4	Experiment I-B: Das <i>block</i> -Paradigma im Vergleich mit dem <i>step</i> -Paradigma	28
2.2	Experimente zur Untersuchung der Mislokalisierung während Fixation	29
2.2.1	Gemeinsame Parameter der Experimente II-A, II-B und II-C	29
2.2.2	Experiment II-A: Das <i>blank</i> -Paradigma	30
2.2.3	Experiment II-B: Das <i>gap-blank</i> -Paradigma	31
2.2.4	Experiment II-C: Das Inkongruenz-Paradigma	34
2.3	Versuchspersonen und allgemeiner Versuchsaufbau	36
2.4	Datenerhebung	37
2.5	Datenanalyse	39
2.5.1	Methoden der Analyse der Daten des Experimentblocks I	40
2.5.2	Methoden der Analyse der Daten des Experimentblocks II	43

3	Ergebnisse	45
3.1	Experiment I-A: Das gap-Paradigma im Vergleich mit dem step-Paradigma..	45
3.2	Experiment I-B: Das block-Paradigma im Vergleich mit dem step-Paradigma	51
3.3	Experiment II-A: Das blank-Paradigma.....	55
3.4	Experiment II-B: Das gap-blank-Paradigma	56
3.5	Experiment II-C: Das Inkongruenz-Paradigma	59
3.6	Tabellarische Zusammenfassung der Ergebnisse dieser Arbeit.....	63
4	Diskussion	64
4.1	Untersuchung der Mislokalisierung während sakkadischer Augenbewegungen	65
4.1.1	Die perisakkadische Kompression.....	67
4.1.2	Der perisakkadische Shift.....	68
4.2	Untersuchung der Mislokalisierung während Fixation.....	70
4.3	Mögliche Ursachen der Mislokalisierungseffekte während sakkadischer Augenbewegungen und während Fixation.....	72
4.4	Bewertung der Theorien zur visuellen Stabilität.....	75
5	Zusammenfassung	81
6	Lebenslauf	83
7	Danksagung	84
8	Erklärung an Eides Statt	85
9	Literaturverzeichnis	86

5 Zusammenfassung

Um Details in seiner Umgebung zu fokussieren, führt der Mensch eine Vielzahl sakkadischer Augenbewegungen durch. Trotz der sich verändernden retinalen Informationen ist er in der Lage, seine räumliche Umgebung als visuell stabil wahrzunehmen und in ihr orientiert zu bleiben. Es konnte jedoch gezeigt werden, dass perisakkadisch, d. h. im zeitlichen Umfeld der Sakkade, kurz präsentierte visuelle Stimuli nicht an ihrer tatsächlichen Position wahrgenommen, sondern mislokalisiert wurden (Schlag et al. 2002). Als zwei Komponenten dieser perzeptuellen Mislokalisation wurden der Shift, eine uniforme Verschiebung der wahrgenommenen Stimuli in eine Richtung, und die räumliche Kompression der Stimuli auf das Sakkadenziel identifiziert (Ross et al. 1997). Weiterhin wurde beschrieben, dass der Shift bei Fehlen, die Kompression bei Vorhandensein von visuellen Referenzen besonders ausgeprägt waren (Lappe et al. 2000). Als ein entscheidender Faktor für die Aufrechterhaltung der visuellen Stabilität wurde ein extraretinales Positionssignal (ERP-Signal) beschrieben, das unter anderem Informationen der intendierten sakkadischen Augenbewegung beinhalten und durch eine zeitliche Inkongruenz mit der tatsächlichen Augenbewegung die Mislokalisation bewirken würde (Mittelstaedt 1990). Die Beobachtung einer gleichartigen Mislokalisation auch während visuell simulierter Sakkaden (Ostendorf et al. 2005) sowie die Beeinflussung der Kompression durch postsakkadische Referenzstimuli (Lappe et al. 2000) warfen jedoch Zweifel an dieser Erklärung auf und deuteten auf einen bedeutenden Einfluss visueller Signale hin. Ziel der vorliegenden Arbeit war es, den Einfluss extraretinaler und visueller Signale auf die beschriebene Mislokalisation sowohl während sakkadischer Augenbewegungen als auch während Fixation zu prüfen. Hierzu wurden psychophysiologische Experimente durchgeführt, in denen die Positionsangaben für kurz dargebotene visuelle Balkenstimuli untersucht wurden. In Experimentblock I wurde die Mislokalisation während sakkadischer Augenbewegungen untersucht. Hierzu wurden Konditionen verglichen, durch die Neuronenpopulationen im Colliculus superior, die an der Generierung eines ERP-Signals beteiligt sein sollen (Sommer et al. 2002), eine unterschiedlich hohe Aktivität aufweisen. Es wurde erwartet, dass sich bei maßgeblichem Einfluss dieses Signals auf die Mislokalisation entsprechende Unterschiede zeigen würden. Das Verlöschen eines Fixationsstimulus wurde mit einer

sakkadischen Augenbewegung zu einem Zielstimulus an zwei möglichen Positionen beantwortet. Dieser wurde entweder I) unmittelbar, II) erst nach einem Zeitintervall oder III) unmittelbar an einer bekannten Position präsentiert. Um die neuronalen Auswirkungen dieser Modulationen zu belegen, wurden die sakkadischen Latenzen erfasst. Es konnte gezeigt werden, dass bei signifikant unterschiedlichen Latenzen nur der Shift, nicht jedoch die Kompression, durch die Modulation extraretinaler Signale signifikante Unterschiede zeigte. Da sich diese jedoch weit über den bislang beschriebenen perisakkadischen zeitlichen Einfluss eines ERP-Signals hinaus erstreckten (z. B. Morrone et al. 1997, Ross et al. 1997), konnten diese Ergebnisse nicht mit dem beschriebenen ERP-Signal zur Aufrechterhaltung der perisakkadischen visuellen Stabilität erklärt werden. Stattdessen wurde ein Erklärungsmodell entwickelt, das diese Unterschiede mit einer verschiedenen starken Verschiebung der visuellen Aufmerksamkeit auf behavioral wichtige Stimuli zurückführte. In Experimentblock II wurde die Mislokalisierung von kurz dargebotenen Stimuli bei vollständigem Verlöschen aller visuellen Referenzen, einem visuellen *blank* (engl., dt. Leerraum), während Fixation untersucht. Ein ERP-Signal sollte ohne Durchführung einer Augenbewegung nur von geringer Relevanz sein. Der Versuchsablauf orientierte sich hierbei am ersten Experimentblock. Es wurde geprüft, welchen Einfluss visuelle Referenzen vor und nach dem *blank* ausübten. Dazu wurde die zeitliche Präsentation durch kurzes Verlöschen visueller Referenzen entweder vor oder nach dem *blank* sowie ihre räumliche Präsentation durch ihren Versatz nach dem *blank* moduliert. Es konnte das Auftreten einer räumlichen Mislokalisierung auch während Fixation demonstriert werden, die sich von der Anordnung der visuellen Stimuli nach dem *blank* abhängig zeigte.

Durch die vorliegende Arbeit wurde belegt, dass vergleichbare Mislokalisierungseffekte sowohl während sakkadischer Augenbewegungen als auch während Fixation auftraten. Als eine mögliche Ursache für die Mislokalisierung wurde die Art der neuronalen Reizverarbeitung visueller Stimuli angeführt, die durch eine unterschiedlich lange visuelle Persistenz und eine entsprechend unterschiedlich lange und starke neuronale Repräsentation eine perzeptuelle Mislokalisierung bewirken könnte. Die Bedeutung eines ERP-Signals für die Wahrnehmung visueller Stabilität in den benutzten Paradigmen wurde in Frage gestellt und ein Erklärungsmodell entworfen, dass durch Bewertung der Anordnung visueller Referenzstimuli vor und nach der Sakkade bzw. dem *blank* eine stabile Wahrnehmung der Umwelt ermöglicht.

6 Lebenslauf

Hendrik Puhmann
Heinrich-Heine-Str. 16
10179 Berlin

Geburtstag: 01. Februar 1979
Geburtsort: Berlin-Köpenick

Schulbildung und Wehrdienst

1986 – 1992 Grundschule, Berlin-Köpenick
1992 – 1998 Bölsche-Oberschule, Berlin-Köpenick
18.06.1998 Erlangen der Hochschulreife
1998 –1999 Grundwehrdienst im 1. PzArtBtl 515, Kellinghusen

Universitäre Ausbildung

01.10.1999 Beginn des Medizinstudiums an der Humboldt-Universität zu Berlin
05.09.2001 Ärztliche Vorprüfung
25.03.2003 Erster Abschnitt der Ärztlichen Prüfung
22.03.2005 Zweiter Abschnitt der Ärztlichen Prüfung
21.04.2005 Fremdsprachenzertifikat UNICert III Englisch
25.04.2005 Beginn des Praktischen Jahres

Doktorarbeit

seit März 2003 Doktorarbeit „Untersuchungen zur Rolle extraretinaler und visueller Signale für die perzeptuelle Mislokalisierung beim Menschen“ an der Klinik für Neurologie der Medizinischen Fakultät der Charité – Universitätsmedizin Berlin

Berlin, 02.02.2005

Hendrik Puhmann

7 Danksagung

An erster Stelle möchte ich mich besonders bei Herrn PD Dr. Christoph J. Ploner für die Betreuung meiner Promotionsarbeit bedanken. Sein persönliches Engagement und seine Unterstützung waren für mich von unschätzbarem Wert bei der Verfassung dieser Arbeit. Darüber hinaus ist es ihm durch seine wissenschaftliche Begeisterung und das Lassen von Freiräumen für meine eigenen Ideen gelungen, mein Interesse an wissenschaftlicher Arbeit zu wecken. Dafür gebührt ihm mein Dank und mein Respekt.

Weiterhin bedanken möchte ich mich bei den Kollegen meiner Arbeitsgruppe, insbesondere jedoch bei Herrn Dr. Florian Ostendorf. Er war mir von Anfang an mit seiner Geduld und seinen Anregungen eine enorme Hilfe. Frau Constance Fischer möchte ich für Ihren Beistand und Ihren Optimismus danken.

Ein besonderes Dankeschön möchte ich hier meinen Eltern aussprechen. Soweit ich mich zurückerinnern kann, haben sie mich in wirklich jeder Hinsicht unterstützt und mir ermöglicht, meinen eigenen Weg zu gehen. Ich danke Euch!

8 Erklärung an Eides Statt

„Ich, Hendrik Puhmann, erkläre, dass ich die vorgelegte Dissertationsschrift mit dem Thema:

Untersuchungen zur Rolle extraretinaler und visueller Signale für die perzeptuelle Mislokalisierung beim Menschen

selbst verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt, ohne die (unzulässige) Hilfe Dritter verfasst und auch in Teilen keine Kopien anderer Arbeiten dargestellt habe.“

Berlin, 02.02.2005

Hendrik Puhmann