

**KOGNITIVE GESICHTSFELDREHABILITATION
MITTELS STRATEGIEN KOORDINierter
BLICKMOTORIK**

*EINE THERAPIESTUDIE ZUR
NEUROPSYCHOLOGISCHEN REHABILITATION
VON PATIENTEN MIT GESICHTSFELDSTÖRUNGEN*

VON

**Wolfgang H. Zangemeister
Klaus Poppensieker
und Helmar Hoekendorf**

**Prof. W.H. Zangemeister u. K. Poppensieker, Neurologische Universitätsklinik,
Martinistr. 52, D-20251 Hamburg, zangemei@uke.uni-hamburg.de
Dr. H. Hoekendorf, REHA-Zentrum Soltau, Neurologische Klinik,
Oeninger Weg 59, 29614 Soltau**

Berichte aus der Medizin

**W. H. Zangemeister, K. Poppensieker,
H. Hoekendorf**

**Kognitive Gesichtsfeldrehabilitation mittels
Strategien koordinierter Blickmotorik**

Eine Therapiestudie zur Neuropsychologischen
Rehabilitation von Patienten mit Gesichtsfeldstörungen

Shaker Verlag
Aachen 1999

Die Deutsche Bibliothek - CIP-Einheitsaufnahme

**Kognitive Gesichtsfeldrehabilitation mittels Strategien koordinierter
Blickmotorik : Eine Therapiestudie zur Neuropsychologischen Rehabili-**

**tation von Patienten mit Gesichtsfeldstörungen / W. H. Zangemeister,
K. Poppensieker, H. Hoekendorf. - Als Ms. gedr. -**

Aachen : Shaker, 1999

(Berichte aus der Medizin)

ISBN 3-8265-4547-8

Copyright Shaker Verlag 1999

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen
oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungs-
anlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Als Manuskript gedruckt. Printed in Germany.

ISBN 3-8265-4547-8

ISSN 0945-0890

Shaker Verlag GmbH • Postfach 1290 • 52013 Aachen

Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9

Internet: www.shaker.de • eMail: info@shaker.de

Die vorliegende Arbeit waere ohne die grosszuegige Unterstuetzung des Kuratoriums ZNS nicht denkbar gewesen. Die Verknuepfung von Neuro-Ophthalmologischer Forschung mit der praktischen Anwendung ihrer Ergebnisse zum Zwecke der Rehabilitation von Patienten hat durch diese Foerderung einen neuen und exemplarischen Impuls erhalten.

Hamburg u. Soltau, November 1998

**Wolfgang H. Zangemeister
Klaus Poppensieker
Helmar Hoekendorf**

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung

- 1.1 Einführung
- 1.2 Neuroanatomie und Physiologie des visuellen Systems
- 1.3 Klinische Zusammenfassung: Hemianopsie, Neglect
- 1.4 Therapeutische Aspekte
- 1.5 Kognitive Aspekte des Sehens
- 1.6 Zielsetzung der Therapiestudie

2. Material & Methoden

- 2.1 Beschreibung des Patientenkollektivs, Kasuistiken
- 2.2 Kontrollgruppen
- 2.3 Neuropsychologische Prüfung auf Neglectsyndrom
- 2.4 Aufgabe, Beschreibung der Versuchs-Meßanordnung
 - 2.4.1 Äußere Bedingungen
 - 2.4.2 Meßgeräte und experimenteller Aufbau
- 2.5 Beispielbilder und standardisierte Vorgaben
- 2.6 Ablauf der Therapie
- 2.7 Statistische Auswertung

3. Ergebnisse

I. Reines Augenprogramm:

- 3.1 Basale Leistungsmerkmale
 - 3.1.1 Blickfolgebewegungen
 - 3.1.2 prediktive Sakkaden
- 3.2 Main Sequence
- 3.3 Leistungsmerkmale bei Suchaufgaben (Searchpath)
- 3.4 Leistungsmerkmale des Kognitiven Sehens (Scanpath)
- 3.5 Weitere Analyse und Differenzierung der Resultate

II. Kopf-Augen-Blickprogramm:

- 4.1 Methodisches zum Auge-Kopf-Blickprogramm
- 4.2 Resultate

5. Diskussion

- 5.1 Adaptation und Rehabilitation
Literaturübersicht zu früheren Studien
- 5.2 Erörterung der eigenen Ergebnisse unter
rehabilitativem Aspekt
 - 5.2.1 gruppierte Wertungen
 - 5.2.2 herausragende Einzelergebnisse
 - 5.2.3 Effekt und Effizienz der Therapie
- 5.3 Erörterung der Ergebnisse unter kognitivem Aspekt
und Einordnung in die bestehende Literatur
- 5.4 Konklusion

6. Zusammenfassung

7. Literaturverzeichnis

8. Anlagen

9. Bildanhang

1. Einleitung

1.1

Allgemeine Einführung

Die vorliegende klinische Therapiestudie befaßt sich mit der neuropsychologischen Rehabilitation von Patienten mit Gesichtsfeldstörungen. Eine Gruppe von zwanzig Patienten mit überwiegend homonymen Hemianopsien nach meist vaskulären cerebralen Ereignissen oder Tumoroperationen unterzog sich einer Aufzeichnung ihrer Augenbewegungen per Infrarotokkulograph während einer vom Komplexitätsgrad her gestuften visuellen Stimulusdarbietung auf einem Monitor. Die gut einstündige Ableitung der Augenbewegungen wurde zur bildlichen Darstellung auf die gesehenen Objekte projiziert und zur Bearbeitung und Auswertung in einen Rechner übernommen. Nach Absolvierung eines ambulanten, spezifischen Augenbewegungstrainings unter Einbeziehung intakter kognitiv-blickmotorischer Funktionen wurde der Therapieeffekt durch Wiederholung der gesamten Augenbewegungsableitung geprüft.

Neben dem klinisch-rehabilitativen Aspekt als Beitrag zur Suche nach therapeutischen Strategien zur Behandlung von Patienten mit Gesichtsfeldstörungen befasst sich die vorliegende Arbeit mit theoretischen Fragen bezüglich des Einflusses höherer Hirnfunktionen - "top - down" Kontrollprozesse - auf die visuelle Perzeption.

1.2

Neuroanatomie und Physiologie des visuellen Systems

Die Ganglienzellaxone der Retina verbinden sich in der Papille (Discus nervi optici) und bilden so den myelinisierten Nervus opticus. Im Chiasma Opticum treffen sich die Fasern beider Augen und kreuzen gemischt. Axone der nasalen Ganglienzellen des einen Auges bilden mit den lateralen des anderen Auges den

Tractus Opticus jeder Seite. Diese projizieren jeweils in drei subkortikale Regionen: in das Corpus geniculatum laterale, das zum Thalamus gehört und der visuellen Verarbeitung von Sehipulsen dient; in die Area praetectalis, über die die Pupillenreflexe laufen; und in den Colliculus superior, der unterschiedliche sensorische Informationen koordiniert und über motorische Verbindungen direkt umsetzt.

Die Blindsight Theorie postuliert nach der sogenannten "Two visual system Hypothese" die Existenz zweier qualitativ unterschiedlicher Bahnsysteme zu okzipitalen Rindenfeldern (Campion et. al. 1983), die parallel arbeiten: Das "First visual system" - geniculostriatäres Bahnsystem und das "Second visual system" - die Mittelhirnbahn. Während über das Mittelhirn hauptsächlich Bewegungswahrnehmungen zu extrastriatären kortikalen Rindengebieten weitergeleitet werden und deshalb unbewußt bleiben, werden über das geniculostriatäre System visuell-inhaltliche Informationen zur primären Sehrinde (Brodmann Area 17) geleitet.

a) Geniculostriatäres System

Das Prinzip der visuellen Verarbeitung besteht initial in einer differenzierten Aufteilung und Separation einzelner Komponenten visueller Reize. Hierfür sind spezialisierte Nervenzellen nötig, die bestimmte Qualitäten separat topographisch im Kortex abbilden und verarbeiten. Durch die Spezialisierung bestimmter, in Gruppen zuordbarer Sinneszellen kommt es dann in Verbindung mit der topographischen Repräsentation in höheren Sehzentren durch Parallelverarbeitung zu einer Wahrnehmung der Umwelt (Hubel et al. 1979; Stone et. al. 1979).

Corpus Geniculatum Laterale

Es stellt die prinzipielle subkortikale Region dar, die visuelle Reize für Wahrnehmung transformiert. Hierbei kommt es in großem Umfang zu einer Trennung der verschiedenen Komponenten visueller Information und einer parallelen Verarbeitung. Das Corpus Geniculatum Laterale besteht von

ventral nach dorsal aus sechs getrennten Zellschichten. Die zwei ventralen Schichten werden anatomisch dem "Magnocellularen System" zugeordnet. Der Hauptinput stammt von M-Zellen aus der Retina. Neurophysiologisch wird das magnocellulare System auch als "Transient System" bezeichnet, das durch eine hohe Kontrast- und zeitliche Auflösung bei geringer Farb- und Raumauflösung gekennzeichnet ist. Primär dient es der initialen Analyse von Bewegung (Breitmeyer et al. 1992).

Die vier dorsalen Schichten werden anatomisch dem "Parvocellularen System" zugeordnet mit Hauptinput aus den P-Zellen der Retina. Das neurophysiologische Korrelat ist das "Sustained System" mit Betonung der Farb- und Raumauflösung. Primär dient es der initialen Analyse von Feinstruktur und Farbenwahrnehmung (Kaas et al. 1972; Breitmeyer et al. 1992).

Primärer visueller Kortex und höhere visuelle Zentren

Der Okzipitallappen besteht aus sechs verschiedenen retinotopisch aufgebauten Regionen, in denen visuelle Information unterschiedlich verarbeitet wird: die primäre Sehrinde und somit das primäre Zentrum in Area 17 (V1), zwei Zentren in Area 18 (V2, V3) und drei in Area 19 (V3a, V4 und V5 = MT). MT (middle temporal area historisch nach dem Eulenaffen) liegt beim Menschen an der hinteren Kurve des Sulcus temporalis superior. Zeki (1976, 1978, 1983) zeigte am Rhesusaffen, daß V5 primär der Verarbeitung von Bewegung dient, während in V4 stärker Farbenverarbeitung stattfindet. Zusätzlich dient V5a aus Teilen von Area 19, 39 und 37 = MST (medial superior temporal area) an der vorderen Kurve des Sulcus temporalis superior und die Area 7a im posterioren parietalen Cortex der Verarbeitung visueller Information (Stone et al. 1979; Kennard et al. 1989).

b) Mittelhirnbahnen über den Colliculus superior

Im Colliculus superior werden visuelle, somatische und auditorische Reize unbewußt koordiniert, indem die Kopf- und

Augenmotorik an die registrierten Reize angepaßt und eingestellt wird. Er besteht aus sieben Zellschichten in denen drei verschiedene sensorische Abbildungen des Körpers topographisch dargestellt sind: (1) eine visuelle Repräsentation, (2) eine Karte der Körperoberfläche und (3) eine Karte für Geräusche im Raum. Durch die motorische Verbindung zwischen diesen sensorischen Systemen ist der Organismus in der Lage, reflexartig auf unterschiedlichste Stimuli zu reagieren (Principals of Neural Science, Kap. 29/30).

In seltenen Fällen kommt es auch bei Patienten mit homonymen Gesichtsfeldausfällen zur sogenannten statokinetischen Dissoziation. In diesen Fällen wird in der statischen Perimetrie ein homonymer Gesichtsfeldausfall diagnostiziert, trotzdem kann Bewegung im blinden Gesichtsfeld unbewußt registriert werden (Riddoch 1917), wofür die über den Colliculus superior in extrastriäre Sehzentren projizierenden Mittelhirnbahnen verantwortlich gemacht werden. Dieser von Riddoch geprägte Begriff ist als Vorläufer der Blindsight Theorie zu sehen.

1.3

Klinische Zusammenfassung:

Ein gleichseitiger Gesichtsfeldausfall, durch eine Schädigung der zentralen Sehbahn oder des primären Sehzentrum verursacht, wird als Homonyme Hemianopsie bezeichnet. Bei einer Läsion des Tractus opticus und/oder der Area 17 oder 18 resultiert eine der Läsion entgegengesetzte homonyme Gesichtsfeldeinschränkung.

Homonyme Hemianopsien sind im klinisch-neurologischen Alltag neben aphasischen und motorischen Störungen als eine der häufigsten Folgen nach Hirnerkrankungen unterschiedlicher Ätiologie anzutreffen (Zihl et al. 1988). Über 20-30% aller Patienten mit cerebrovaskulären Infarkten die in Rehabilitationszentren therapiert werden, haben homonyme

Gesichtsfeldausfälle (Rossi et al. 1990). Durch das sensorische Defizit werden die Patienten je nach Größe und Lokalisation der Schädigung in der Wahrnehmung und Verarbeitung von visuellen Informationen unterschiedlich stark betroffen. Es kommt zu Problemen in der Exploration des blinden Gesichtsfeldes, häufig zu hypometrischen, langsamen und kleinamplitudigen Augensakkaden sowie zu erheblichen Beeinträchtigungen in der Orientierung und Sicherheit im Alltag. Im Gegensatz zu Patienten mit visuellem Neglekt ist ihr mentales Gesichtsfeld, d.h. die Vorstellung die sie von ihrer Umwelt haben, intakt. Der Begriff Neglektssyndrom bezeichnet unterschiedliche Grade der Vernachlässigung von Körper- bzw. Raumhälften, die nicht durch das bestehende sensorische Defizit an sich oder andere bestehende motorische Defizite erklärt werden können (Chedru et al. 1973; Werth et al. 1986). Es werden homonyme Hemianopsien ohne oder mit einem Neglektssyndrom unterschieden, der Lokalisation der betroffenen Areale entsprechend und durch neuropsychologische Tests im Ausmaß quantifizierbar. Die ersteren sind durch ein rein sensorisches Defizit ohne weitere neurologische Ausfälle gekennzeichnet. Es handelt sich meist um diskrete Läsionen im Bereich des Okzipitallappens. Da die Makula relativ weitläufig in der Sehrinde repräsentiert ist, bleibt sie häufig ausgespart (Horton und Hoyt 1991). Bei den letzteren, vor allem bei rechtsseitigen temporoparietal gelegenen Läsionen, kann durch Schädigung übergeordneter visueller Zentren zusätzlich zum Gesichtsfeldausfall ein Neglektssyndrom auftreten.

1.4

Therapeutische Aspekte., unter Berücksichtigung der Literatur zu früheren Studien

Eine Gesichtsfeldstörung stellt den betroffenen Patienten je nach Ausmaß der Einschränkung vor zum Teil erhebliche Probleme in der Alltagsorientierung, im Beruf, im

Straßenverkehr und generell in der Anpassung an komplexe Umweltbedingungen und der Verarbeitung visueller Information.

Bis zu einem gewissen Grad kann das sensorische Defizit durch kompensatorische Augenbewegungsstrategien ausgeglichen werden (Riddoch 1917; Best 1917; Poppelreuter 1917; Gassel et al. 1963; Meienberg et al. 1981 und 1983; Zihl et al. 1981 und 1988; Zangemeister et al. 1982 und 1986; Hier et al. 1983; Pommerenke et al. 1989, Kerkhoff et al. 1992; Schoepf et al. 1992 und 1993).

Kopfbewegungen kommen aufgrund einer gestörten Augen-Kopf Koordination eine geringere Bedeutung zu (Zangemeister et al. 1982 und 1986; Schoepf et al. 1992 und 1993). Ein spezifisches und systematisches Explorationstraining im blinden Gesichtsfeld durch perimetrisches Sakkadentraining kann zu einer entscheidenden Verbesserung des visuell-räumlichen Verhaltens führen (Pommerenke und Markowitsch 1989). Auch subkortikale Einflüsse und in diesem Zusammenhang die Blindsight Theorie wurden untersucht und es zeigte sich, daß Patienten mit homonymer Hemianopsie über visuelle Restkapazitäten verfügen (Weißkrantz 1974 und 1982; Campion et al. 1983; Zihl et al. 1979, 1984, 1985, 1988).

Bei Hemianopikern wirken sich wie bereits beschrieben, kognitive Aspekte aus. Das von den Patienten im Rahmen dieser Studie durchgeführte Training kann als "medium-high level" oder "Misch-level" Training verstanden werden. Sowohl basale eher blickmotorische Strategien wie Blickfolgen und Erweiterung der Sakkaden in das blinde Feld als auch komplexere Such- und Betrachtungsebenen wurden stimuliert.

Die top-down Kontrollprozesse des Sehens können auf verschiedenen Ebenen geschädigt werden. Augenkrankheiten, Schädigungen im Bereich der Sehbahn und -strahlung, des visuellen oder des motorischen Cortex oder von Verbindungen zwischen diesen Systemen können zumindest einen der drei Bereiche der top-down Kontrolle beeinträchtigen. Den sensorischen, den kognitiven oder den motorischen Aspekt der zum Funktionieren der "high level" der visuellen

Kontrollfunktionen beiträgt. Im Bereich der sensorischen Störungen wie z.B. bei den Hemianopsien konnte gezeigt werden, daß es möglich und quantifizierbar ist, Kurzzeitadaptation als Effekt von gezieltem Kurzzeitraining bei Patienten mit Gesichtsfelddefekten zu beobachten. Das spezifische Training bestand in der Verwendung und Optimierung von "high level", top-down visuell-motorischen Strategien bei Suchaufgaben und Betrachtungsaufgaben. (Zangemeister & Oechsner 1995; Zangemeister et al. 1982,1985,1995).

Weiterhin wurde durch diese Studien gezeigt, daß bei Hemianopikern mehr lokale und mehr bottom-up als globale oder top-down Sehstrategien verwendet werden, daß sie sich mehr um die optimale Abfolge ihrer Augenbewegungen bemühen müssen um die Gesamtheit eines Objektes erfassen zu können.

1.5

Kognitive Aspekte des Sehens unter Berücksichtigung der Literatur zu früheren Studien

Auch bei gesunden Personen sind kognitive Funktionen verantwortlich für den Eindruck eines geschlossenen, kopfzentrischen Gesichtsfeldes. Nur etwa 1 Sehwinkelgrad um den jeweiligen Blick- oder Fixationspunkt wird mit hoher Auflösung wahrgenommen. Die peripheren Areale der Netzhaut haben eine geringe räumliche, aber eine hohe zeitliche Auflösung. Sie beliefern das mentale Gesichtsfeld mit Informationen über die relative Lage und über schnelle Veränderungen der modellhaft wahrgenommenen Objekte der äußeren Umwelt. Diese Hauptfunktion der peripheren Anteile der Retina wurde bildlich verglichen mit der von Wachtposten die, wenn sie Lichtveränderungen bemerken ausrufen: "Wer geht da?" und dann quasi die Fovea zu diesem Punkt rufen. (William James, 1890).

Die schnellen Augenbewegungen (Sakkaden) dienen dazu, den Bereich des scharfen Sehens auf dem mentalen Abbild der

Umwelt hin- und herzubewegen. Dabei wird nur ein kleiner Teil der im Blickfeld vorhandenen Objekte genau abgetastet. Es wird zunächst nur über grobe Kategorien wie u.a. Größe, Form und Oberflächenbeschaffenheit die Assoziation des bereits vorhandenen inneren Modells oder Erinnerungsbildes des jeweiligen Objektes ausgelöst. Das kognitive Modell des "gesehenen" Objektes vertritt das reale Objekt im mentalen Gesichtsfeld.

Treisman`s "feature integration theory " (Treisman et al. 1980) beschreibt, daß einfache Merkmale relativ schnell parallel gesucht werden können. Komplexere Merkmale und Merkmalskombinationen benötigen einen seriellen Suchprozeß der verborgene oder offene "attentional shifts" einschließt. Die Treisman Theorie wird kritisiert, weil sie sich auf indirekte Messungen und Modelle der Attention stützt und nur wenig auf die detaillierteren Mechanismen wie z.B. okulomotorische Kontrollvorgänge eingeht.

Das visuelle System des Menschen wird ständig mit großen Datenmengen und schnell veränderlichen komplexen Situationen konfrontiert. Dies erfordert eine schnelle Verarbeitungs- und Entscheidungsfähigkeit sowie eine Selektivität bezüglich relevanter bzw. nicht essentieller visueller Information. Bereits Noton & Stark vermuteten 1971, daß mit einzelnen groben oder wenigen Elementen einer Szene durch top-down Prozesse gewissermaßen high level Assoziationen verknüpft werden (Noton, Stark 1971). Diese wiederum sind verbunden mit Lern- und Gedächtnisfunktionen. Nicht jedes Element einer visuellen Szene muß genau durchgesehen werden, Geschwindigkeit und Effektivität der Verarbeitung visueller Information werden somit erklärt. Es wird postuliert, daß bei der Entstehung dieser high level Assoziationen z.B. die Form und die räumlichen Beziehungen der Elemente einer Szene herangezogen werden. (Ullmann 1985). Auch die inhaltlich-kontextuelle Bedeutung basierend auf den Beziehungen der Elemente untereinander verstärkt die Informationsverarbeitung. Es konnte gezeigt werden (Hung et

al. 1995), daß simultan dargebotene Information generell schneller verarbeitet wird als sequentielle. Die Annahme eines parallelen "visual buffer" und eines fortlaufenden Zugriffs- oder Rückholmechanismus verknüpft mit dem Kurzzeitgedächtnis wurde vorgeschlagen. Beides sei bei den frühen Stadien visueller Informationsverarbeitung beteiligt. Top-down Prozesse sind somit schon unmittelbar mit den bottom-up Aspekten des Sehens verbunden. Die assoziativen Verbindungen zwischen den inhaltlich-kontextuellen Auslöse-Effekten und den komplexeren Beziehungen zwischen gesehenen Objekten konnten sehr schnell auch für kurz dargebotene Stimuli gebildet werden. Dies spricht dafür, daß corticale neuronale Verbindungen bereits vorhanden sein müssen, die dann die beschriebenen Interaktionen ermöglichen. Das Gedächtnissystem des Gehirns muß somit innere Repräsentanzen eines jeden Musters besitzen, welches erkannt werden soll.

Eine Sichtweise besteht in der Annahme, daß das innere mentale Modell aus Einzelkomponenten und Merkmalen besteht, die Schritt für Schritt in quasi zyklischer Form mit dem Objekt während der Erkennungsphase verglichen werden. Die Augen folgen hierbei den Einzelmerkmalen eines Objekts in quasi regelhafter, stereotyper Abfolge im Sinne von Search- oder Scanpaths. Der Scanpath wurde 1971 von Noton & Stark als quasi Ablesen des kognitiven Modells, der inneren Repräsentation von Bildern eingeführt. Jedes Subjekt schien einen typischen Scanpath für jedes Objekt zu haben.

Während längerer Betrachtungen des Objektes wurde der Scanpath mehrmals wiederholt. Hieraus entwickelten Noton & Stark die "feature ring Hypothese", welche behauptet, daß ein Objekt im Gedächtnis durch seine prinzipiellen Merkmale und durch die Augenbewegungen (Sakkaden) repräsentiert ist welche notwendig sind um von einem zum nächsten Merkmal voranzuschreiten.

Mesulam (1990) postuliert aufgrund von Untersuchungen des "visual attention shifting" mit PET scan Methoden das Konzept

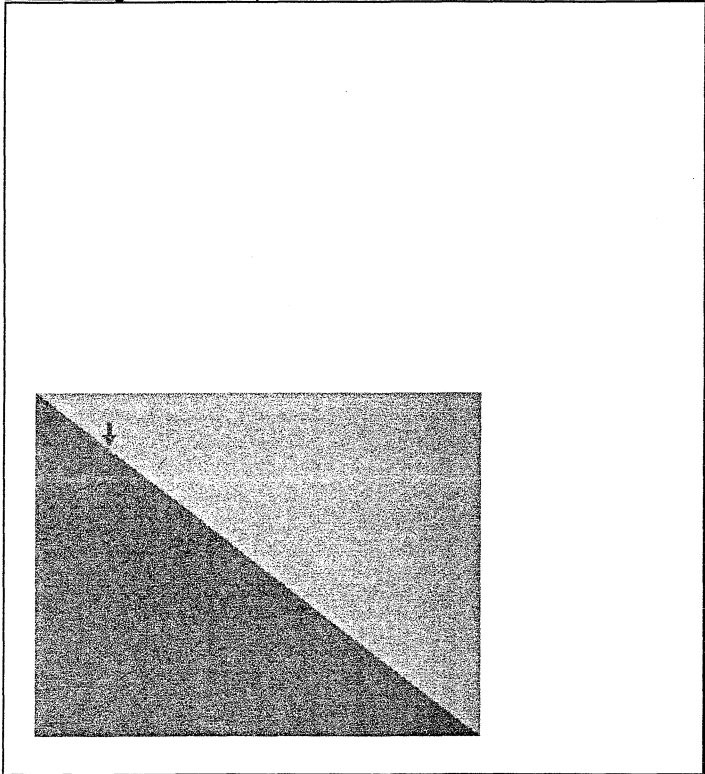
eines groß angelegten neuronalen Systems als Substrat der visuellen Attention.

Husain & Kennard (Husain und Kennard 1995) beschreiben visuelle Attention als einen Vorgang, der sich bereits vor der Augenbewegung dem Ziel der dann folgenden Sakkade zuwendet. Sie sehen ausreichende Beweise für die Schlußfolgerung, daß parietaler Cortex, Pulvinar und Colliculus superior einen Teil der neuronalen Kernarchitektur bilden, die normalerweise für die Ausrichtung visueller Attention verantwortlich ist.

Aus den bisher beschriebenen Zusammenhängen ergibt sich unter anderem, daß über top-down Mechanismen bzw. über innere mentale Bilder und Repräsentanzen, jedenfalls auch über kognitive Funktionen ein erheblicher Einfluß auf unser Sehen ausgeübt wird.

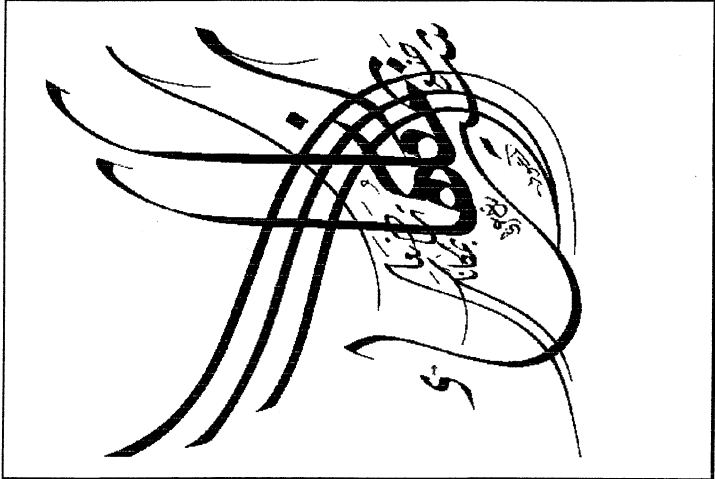
Unter kognitiven Gesichtspunkten ergeben sich somit hierarchische Zusammenhänge im Bezug auf den Komplexitätsgrad der Sehaufgabe bzw. den "level" des Sehens. Je höher der level bzw. je komplexer die Sehaufgabe, desto mehr wirken sich kognitive Faktoren auf die Verarbeitung und das Verständnis der visuellen Information aus. Auch bei Patienten mit Gesichtsfeldstörungen müßten sich daher kognitive Prozesse zur Kompensation der jeweiligen Störung nutzen lassen. Die hierarchische Abstufung wurde in unserem experimentellen Aufbau sowohl bei den dargebotenen visuellen Stimuli als auch im Rahmen des ambulanten Therapieprogrammes berücksichtigt. Den Patienten wurden quasi auf der untersten hierarchischen Ebene einfache Blickfolgebewegungen in unterschiedlicher Frequenz sowie vorhersehbare und nicht vorhersehbare (prediktiv und random) sakkadische Augenbewegungen abverlangt indem entsprechende Stimuli angeboten wurden. Der nächsthöhere Komplexitätsgrad zeigt sich dann auf der Ebene von Suchaufgaben (Searchpath) mit unterschiedlichem Schwierigkeitsgrad. Schließlich kamen als höchste Stufe Bildbetrachtungen (Scanpath) sowohl von realistischen als auch von abstrakten Bildern mit unterschiedlichen standardisierten Vorgaben zum Einsatz.

Abbildung 1: Searchpath



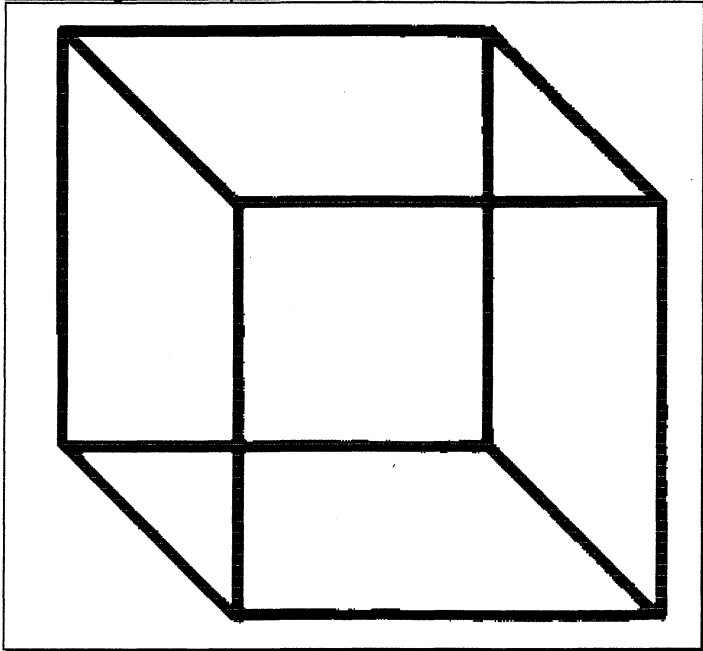
Das Bild zeigt ein durch eine Diagonale geteiltes zweifarbiges *Rechteck* in dem sich als Suchaufgabe ein Pfeil befindet. Dieser liegt bei jeder Präsentation an anderer Stelle auf der Diagonale. Auch die Position des Rechteckes insgesamt ändert sich jeweils während des Meßdurchlaufes. Die Fragen sind: 1. Findet der Proband den Pfeil? 2. Erkennt er dessen Richtung? 3. Benutzt er, und wenn ja ab wann als Orientierungshilfe den Verlauf der Diagonale? Farbintensität, Kontrast und Dicke des Pfeiles variierten im Verlauf der Messung mit zunehmendem Schwierigkeitsgrad, jeweils angepasst an die Visusverhältnisse des Probanden. Ziel war es, durch diese gestufte Stimulusdarbietung die Augenbewegungsmessung im Grenzbereich des Sehvermögens durchzuführen.

Abbildung 2: Searchpath



Das Bild zeigt jeweils pro Präsentation anders rotiert einen *arabischen Buchstaben*. Versteckt findet sich an wechselnder Stelle ein roter, nach oben weisender Pfeil. Die Suchaufgabe besteht darin, den Pfeil zu finden, dessen Richtung zu erkennen, in die angegebene Richtung zu blicken und dann am Bildschirmrand zu verweilen.

Abbildung 3: Scanpath



Beim sogenannten *Neckercube* bestand die Aufgabe darin, zwischen den verschiedenen Betrachtungsebenen - Ansicht von vorn, Ansicht der hinteren Seite - hin- und herzuwechseln.

Abbildung 4: Scanpath



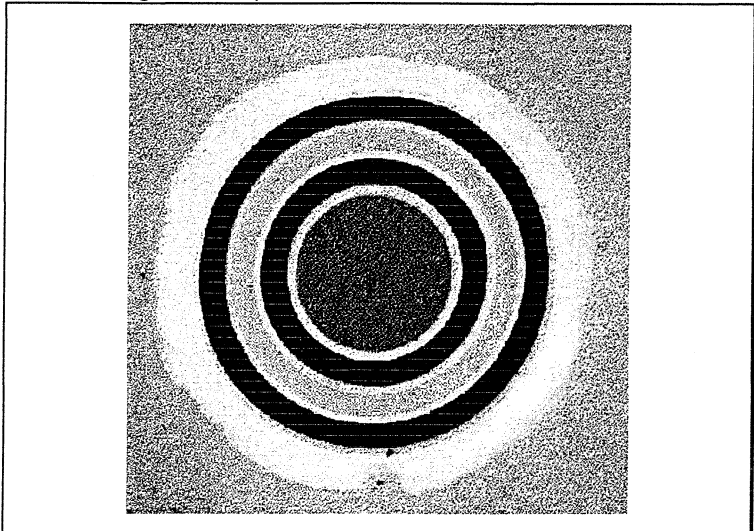
Zur Darstellung kommt hier ein sogenanntes *trivalentes Bild*. Die Fähigkeit der Probanden wird geprüft, ob sie zwischen den verschiedenen Betrachtungsebenen (Mann mit Bart, alte Frau, junge Frau) alternieren können.

Abbildung 5: Scanpath



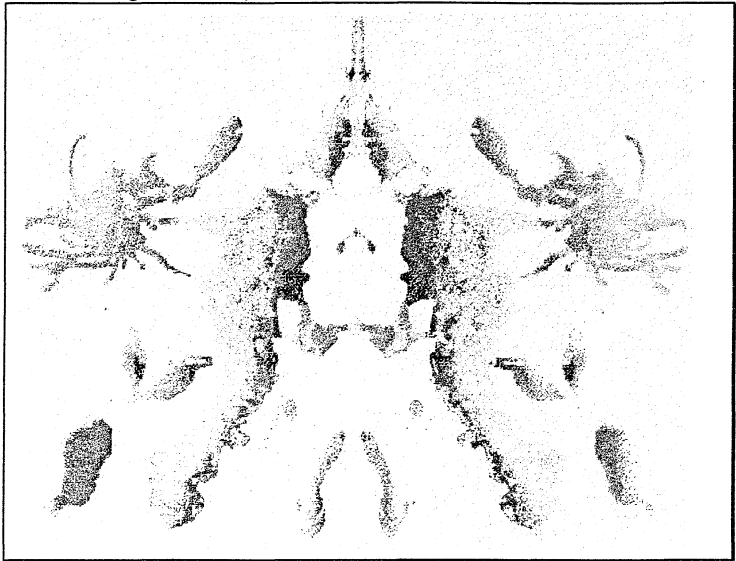
Das Bild des Poolplayer sollte jeweils auf Bilddetails hin durchgesehen werden.

Abbildung 6: Scanpath



Beim abstrakten *Noland* Bild bestand die Aufgabe neben der reinen Betrachtung auch im Reproduzieren der verwendeten Farben.

Abbildung 7: Scanpath



Das *Rorschach* Bild sollte einen Stimulus zur Auffindung von Ähnlichem, von Symmetrie bieten.

1.6

Zielsetzung der Studie

Die Studie leistet unter rehabilitativem Aspekt zunächst einen Beitrag zur Erweiterung der Behandlungsmöglichkeiten von Patienten mit Gesichtsfeldstörungen. Sowohl im Ablauf der Augenbewegungsableitung - zweimal 60 bis 90 Minuten - als auch im ambulant durchgeführten Therapieprogramm sind Elemente der gängigen therapeutischen Ansätze wie Sakkadentraining, Ergotherapie und Übungen zur Blickmotorik enthalten.

Die Zielsetzung dieser Studie besteht einerseits in dem Bestreben die Effizienz dieser basalen therapeutischen Strategien erneut und erweitert zu untermauern. Dies sowohl für Kurzzeit- als auch Langzeitadaptationseffekte.

Die Hauptzielsetzung besteht jedoch in dem Versuch zu zeigen, inwieweit intakte kognitiv-blickmotorische Strategien der Hemianopiker genutzt bzw. durch Training verbessert werden können, um quasi auf dem top-down Weg eine Reduktion der Gesichtsfeldeinschränkung bzw. Erhöhung der Adaptation an die Störung zu erzielen. Durch geeignete Übungen sollten den Patienten einerseits effizientere Blickstrategien zur Umgehung ihrer Störung vermittelt werden. Andererseits sollte das damit einhergehende Training kognitiver Sehleistungen das schnellere Erkennen und Begreifen von visuell wahrgenommenen Reizen und Situationen ermöglichen.

Schließlich werden in einem theoretischen Teil Fragen der visuellen Perzeption sowie des "visual imagery" berührt.

2. Material & Methoden

2.1

Beschreibung des Patientenkollektivs, Kasuistiken

Die Patienten stammen aus der Neurologischen Klinik und der Augenklinik der Universitätsklinik Hamburg-Eppendorf. Drei Patienten kamen über niedergelassene Augenärzte ambulant zu den Untersuchungen. Die Patienten mit länger bestehenden Gesichtsfelddefekten wurden durch umfangreiche Recherchen in den Perimetriearchiven der Augenklinik identifiziert und angeschrieben. Trotz Sichtung von weit über eintausend Perimetrieuntersuchungen und einer ursprünglichen Archivliste von einhundert Hemianopsiepatienten blieb der Rücklauf geeigneter Patienten gering. Es wurden insgesamt vierzig geeignet erscheinende Patienten mit Gesichtsfeldstörung vorstellig und neurologisch, psychiatrisch und neuropsychologisch untersucht. Patienten mit jeglicher Form von Neglectphänomenen, zu starker Visusreduktion, Augenmotilitätsstörungen und aktuell perimetrisch nicht mehr nachweisbarem Gesichtsfeldausfall wurden von der Studie ausgeschlossen. Zusätzlich reduzierte sich die Anzahl durch Patienten, die aufgrund ihres Allgemeinzustandes oder ihrer psychischen Verfassung die Strapazen der zweimal sechzig- bis neunzigminütigen Testreihe und der zusätzlichen Perimetrieuntersuchung nicht tolerierten oder hätten tolerieren können. Einige Patienten erschienen nicht zur Zweituntersuchung oder führten die Therapie nicht durch und wurden ebenfalls ausgeschlossen.

Das Patientenkollektiv bestand schließlich aus zwanzig Personen.

Von diesen zwanzig Patienten litten 13 unter homonymen bzw. heteronymen Hemianopsien, die restlichen sieben zeigten mon- oder binokuläre Skotome von mindestens 10 Grad Sehwinkel Ausprägung.

Aufgrund der jeweils perimetrisch und klinisch dominierenden Gesichtsfelddefizite wurden die Patienten in vier

Perimetrieklassen eingestuft (siehe Anhang Tabelle 1 Kliniktabelle: Periclass: O = oben - drei Patienten, U = Unten - zwei Patienten, R = rechts - acht Patienten, L = links - sieben Patienten). Ebenfalls aus der Tabelle ersichtlich sind die perimetrischen, neurologischen und sonstigen Diagnosen. Weiterhin gezeigt werden die Parameter Foveal sparing, Händigkeit, Zeitspanne zwischen Läsion bzw. Beginn des Gesichtsfeldausfalles und Therapiebeginn, Visus links/rechts, Neglect, Vorhandensein relevanter neurologischer, psychiatrischer oder kognitiver Defizite bzw. Pathologie. Schließlich noch Aussagen über die Ausrichtung des Therapieprogrammes und die Übungsmotivation.

Zusammenfassend litten die Patienten überwiegend an horizontal wirksamen homonymen Gesichtsfelddefekten aufgrund von vasculären cerebralen Ereignissen (zwölf Patienten) oder Zuständen nach Tumorbehandlung (fünf Patienten). Drei Patienten hatten Gesichtsfeld-defekte aufgrund retinaler Pathologie. Die Patienten waren zwischen 25 und 84 Jahre alt (Median 57.5), das foveale Sehen war intakt, alle waren rechtshändig, der Visus schwankte einäugig zwischen 0.4 und 1.0 beim schlechteren Auge, zwischen 0.5 und 1.0 beim besseren Auge. Die Zeitspanne zwischen Eintritt der Gesichtsfeldstörung und Beginn der Therapie schwankte zwischen zwei und 204 Monaten (Median 8 Monate). Sechs Patienten litten zusätzlich an gering- bis mittelgradigen hirnorganischen- und Psychosyndromen mit mnestischen Defiziten.

(siehe Anhang, Abbildung 8: Perimetriebefunde.)

Gezeigt werden hier vier für das Patientenkollektiv typische Perimetriebefunde (I - IV).

Patient 1 zeigt eine Hemianopsie nach links, nach Arteria cerebri posterior Infarkt. (Kliniktabelle = Patient Nr. 7).

Patientin II zeigt perimetrisch beidseits ein Skotom der oberen Halbfelder links > rechts. (Kliniktabelle = Patientin Nr. 8).

Bei *Patient III* besteht eine inkomplette bitemporale Hemianopsie links > rechts. (Kliniktabelle = Patient Nr. 1).

Bei *Patient IV* besteht perimetrisch eine Gesichtsfeldeinschränkung zur nasalen Seite am linken Auge, nach Netzhautablösung und Laser - OP. (Kliniktabelle = Patient Nr. 12).

Kasuistiken

Die Patienten sind numeriert wie in der Kliniktabelle (siehe Anhang, Tabelle 1).

Pat. 1:

Hypophysentumor, im CCT ca. 1.5 cm, Schädigung des Chiasma opticum durch transnasale OP.

Pat. 2:

rechts parieto-okzipitale Blutung, CCT ca. 60 ml Hämatom mit intracranieller Ausräumung. Kontroll CCT nach 6 Monaten zeigte 2 cm Hypodensität von lateral des rechten Trigonums bis parietal rechts.

Pat. 3:

kirschgroßer Hypophysentumor, transnasale OP.

Pat. 4:

Kraniopharyngeom, röntgenologisch destruierte Sella, transcranielle OP.

Pat. 5:

A. cerebri post. Insult rechts, im CCT hypodenser Herd rechts parieto-okzipital.

Pat. 6:

im CCT rechts parieto-okzipitaler Grenzzoneninfarkt.

Pat. 7:

im CCT 2-3 cm hypodenser Herd rechts parieto-okzipital.

Pat. 8:

Z. n. bds. Laser - Behandlung bei Katarakt.

Pat. 9:

Zentralskotom nach Resochinbehandlung und Retinaschaden.

Pat. 10:

Zentralskotom bds., MRT ohne Befund, Mikroinfarkt?, passagere Ischämie?

Pat. 11:

Ischämischer Insult, im CCT links parieto-okzipitale Hypodensität ca. 3 cm.

Pat. 12:

Laser - OP linkes Auge bei Netzhautablösung.

Pat. 13:

im CCT 2-3 cm hypodenser Herd links parieto-okzipital, Hämodilution.

Pat. 14:

im CCT mit Kontrast Teilinfarkt der A. cerebri post. links okzipital paramedian. MRT ohne Zeichen der Raumforderung.

Pat. 15:

A. cerebri post. Infarkt links, kardial embolisch, im CCT Hypodensität ca. 4 cm parieto-okzipital.

Pat. 16:

im CCT Hypodensität ca. 3 cm parieto-okzipital nach A. cerebri post. Infarkt links.

Pat. 17:

intracerebrale Blutung mit Ventrikelriss bei Angiom links okzipital.

Pat. 18:

im CCT kein path. Befund. V. a. passagere Ischämie A. cerebri post. links.

Pat. 19:

Radiatio linkes Auge von dorsal bei Ca., kein CCT Befund.

Pat. 20:

Benignen Tumor dorsal des linken Auges, kein CCT Befund.

2.2

Kontrollgruppen

Zusätzlich wurden Normalprobanden gemessen. 20 gesunde Normalpersonen absolvierten das basale Programm - Blickfolgen, prediktive und random Sakkaden - welches später im Rahmen der für die *main sequence* benötigten Daten relevant war.

Weitere fünf gesunde Normalpersonen absolvierten den ersten Meßdurchlauf des Searchpath sowie des Scanpath.

2.3

Neuropsychologische Prüfung auf Neglektsyndrom

Neglect wurde ausgeschlossen durch den Behavioural Inattention Test (Wilson, Cockburn & Halligan, 1987).

Zur Anwendung kamen hier neben der neurologischen Untersuchung auf etwaige intra- oder extrapersonale Halbseitenvernachlässigung noch Durchstreichtests, Line bisection test, Linienhalbierung und Abzeichnen von dreidimensionalen Bildern (Blume, Würfel, Stern).

2.4

Aufgabe, Beschreibung der Versuchs- und Meßanordnung

2.4.1 Äußere Bedingungen

Die Patienten wurden nach erfolgter klinischer und neuropsychologischer Eingangsuntersuchung in einem stabilisierten Stuhl so plaziert, daß der Kopf durch eine mit dem Stuhl verbundene Haube fest fixiert war.

2.4.2 Meßgeräte und experimenteller Aufbau

Die Augenbewegungen wurden durch einen Infrarot-Okkulographen (ASL 210, Applied Science Laboratories) gemessen und als Analogsignal über eine A/D-Wandlerkarte mit einer Abtastrate von 200 Hz in einen Rechner übernommen.

(Siehe Anhang, Abbildung 9: Meßaufbau).

Die Stimulusdarbietung bzw. die Bildbetrachtung erfolgte bei einem Betrachtungsabstand von 56 cm auf dem 21" - Monitor. Dadurch entsprach die wirksame Bildschirmfläche einem Gesichtsfeld von 44° horizontal und 34° vertikal. Vor der Messung und nach jeder Gruppe von zusammengehörigen Einzelmessungen wurde der Okkulograph kalibriert.

2.5

Beispielbilder und standardisierte Vorgaben

Zur Anwendung kamen zunächst zur Bestimmung der basalen Leistungsmerkmale sinusförmig bewegte Stimuli in Form von Kreuzen die in verschiedener Frequenz für zehn Sekunden nacheinander dargeboten wurden (*Blickfolgebewegungen*). Jeweils zwischen den Stimuli wurde ein feststehendes zentrales Kreuzsymbol als Fixierungspunkt gezeigt, anhand dessen Verschiebungen der Kalibrierung überprüft werden konnten. Die Patienten selbst wurden aufgefordert ruhig, ohne zu blinzeln und ohne den Kopf zu bewegen dem Stimulus mit den Augen zu folgen.

Zur Prüfung weiterer basaler Leistungsmerkmale wurden dann vorhersagbare (*prediktive Sakkaden*) in verschiedener Frequenz hin- und herspringende Stimuli sowie nicht vorhersagbare (*Random Sakkaden*) Stimuli präsentiert. Insgesamt wurden pro Untersuchungsdurchgang jeweils 13 verschieden frequente Einzeldarbietungen durchgemessen.

Die nächste, kognitiv etwas komplexere Ebene betrifft den *Searchpath*. Hierunter verstehen wir Suchaufgaben, bei denen der Patient aufgefordert wird ein im Gesamtbild verstecktes Ziel (target) in Form eines in variabler Richtung dargestellten Pfeiles zu finden. Hierbei werden mehrere Schwierigkeitsstufen durch Kontrastgebung und Farbabstufung durchlaufen. Das Target befindet sich jeweils fünfzehnmal in zwei verschiedenen Hintergrundbildern. Unterbrochen durch die Kalibrierung wird der Patient aufgefordert, 1. den Pfeil zu finden, 2. dessen Richtung zu erkennen und 3. in diese Richtung bis zum Bildrand zu schauen und dann dort zu verweilen.

Zur Prüfung und Verbesserung der kognitiven Sehleistung wurden dann im letzten Teil des Meßdurchlaufes, dem sogenannten *Scanpath*, mehrdeutige Bilder wie z.B. der Necker-Cube oder die trivalente Darstellung eines Kopfes gezeigt. Zusätzlich wurden ein Rorschachbild, ein realistisches Bild und ein abstraktes Bild präsentiert.

Die Patienten erhielten vor der Betrachtung der Bilder einmalig eine standardisierte kurze Erläuterung:

Zum Necker-Cube: "Betrachten Sie bitte das folgende Bild eines Würfels und versuchen Sie zwischen der Ansicht des Würfels von oben und der Ansicht von unten hin- und herzuwechseln!"

Zum trivalenten Bild: Es wurde vorher den Patienten kurz gezeigt und in seiner Mehrdeutigkeit erläutert, dann erhielten sie die Aufforderung: "Das folgende Bild ist mehrdeutig, versuchen Sie bitte die drei verschiedenen Gesichter zu erkennen und wechseln Sie ruhig zwischen den verschiedenen Möglichkeiten hin und her!"

Zum Rorschachbild: "Schauen Sie sich das folgende Bild ruhig an, versuchen Sie Symetrisches bzw. Ähnlichkeiten zu erkennen!"

Zum Poolplayer: " Betrachten Sie bitte das folgende Bild und versuchen Sie, sich die Einzelheiten und Details des Bildes zu merken!"

Zum Noland: " Schauen Sie sich dieses Bild an wie Sie möchten, ich werde Sie später nach den verwendeten Farben fragen!"

Alle Scanpathaufgaben wurden in drei Durchläufen jeweils randomisiert zweimal für zehn Sekunden gezeigt. Am Schluß der Messung wurden die Patienten um Beantwortung der Erinnerungsaufgaben gebeten.

2.6

Ablauf der Therapie

Nach Abschluß aller Messungen der ersten Konsultation wurden die Meßdaten gesichtet und voranalysiert. Unter Einbeziehung der Perimetriediagnose und der klinischen Symptomatik wurde dann auf der Basis der Voranalyse eine Zuordnung der Patienten

zu drei verschiedenen Therapieplänen vorgenommen. (vorwiegend Störung nach rechts - Programm R, vorwiegend Störung nach links - Programm L, vorwiegend Störung zentral oder beidseits - Programm A) Im Therapieplan spiegeln sich die verschiedenen Komplexitätsgrade der Sehaufgaben. Es wurden sowohl basale Leistungsmerkmale trainiert, als auch höhere durch kognitive Strategien gekennzeichnete Aufgaben. (Augenbewegungsübungen, Übungen beim Fernsehen, Übungen im Kino und Leseübungen).

(Siehe Anhang, Anlage 1:Therapieanleitung)

Alle Patienten wurden in der Anwendung der therapeutischen Übungen trainiert und erhielten dann ihren Therapieplan, mit der Aufforderung bis zur zweiten Konsultation täglich etwa eine halbe Stunde zu trainieren. Vor der zweiten Messung wurde die Übungsfrequenz und Intensität erfragt. Zusammenfassend stellten wir fest, daß 19 der zwanzig in die Studie aufgenommenen Patienten mit guter bis durchschnittlicher Motivation das Training durchgeführt hatten. Ein Patient trainierte sporadisch und weniger intensiv. Die mittlere tägliche Trainingszeit lag bei 35 Minuten, an durchschnittlich 6 Tagen pro Woche über 3 Monate.

2.7

Statistische Auswertung

Die manuelle und automatisierte Analyse der Augenbewegungsmessungen lieferte eine Fülle objektiver Informationen, wobei bestimmte Parameter zur Überprüfung der Therapieeffekte sich als besonders geeignet zeigten. Eine Übersicht über die geprüften Faktoren und deren Veränderung nach Therapie gibt die Parametertabelle.

(Siehe Anhang, Tabelle 2: Übersicht über Parameter und Ergebnisse).

Nach der basalen Auswertung der in der Tabelle benannten Faktoren (teilweise durch Rechner, teilweise durch Sichtung der Einzelmessungen und -werte bei Ja/Nein Beurteilung der komplexeren Aufgaben) wurden die Daten auf statistische Signifikanz ($p < 0.01$, bzw. $p < 0.05$) geprüft und in Box-Plots bzw. Balkendiagrammen dargestellt. Es kamen folgende statistische Tests zur Anwendung:

A. Bei Parametern mit numerischen Wertebereich:

1. Anwendung des F-Testes zur Prüfung der Normalverteilung

2. a. Im Fall einer Normalverteilung:

Vergleich der Mittelwerte vor und nach Therapie auf signifikanten Unterschied mit dem zweiseitigen t-Test. In den Grafiken sind in diesem Fall die Mittelwerte dargestellt. Das Symbol * bedeutet signifikanter Unterschied mit $p < 0.05$, ** bedeutet signifikanter Unterschied mit $p < 0.01$.

2. b. Wenn keine Normalverteilung vorlag:

Vergleich der Mediane vor und nach Therapie auf signifikanten Unterschied mit dem Mann-Whitney Rangsummen-Test. In den Grafiken wurde der Median dargestellt, die Symbole * und ** haben die gleiche Bedeutung wie oben.

B. Bei Parametern mit in die Kategorien "ja" und "nein" eingeteiltem Wertebereich:

Vierfelder-Kontingenztest zur Prüfung ob die Kategorien "ja" und "nein" vor Therapie und nach Therapie signifikant verknüpft sind (z.B.: wurde ein Pfeil nach der Therapie signifikant öfter gefunden als nach der Therapie?). In den Grafiken wurde bei diesen Parametern der prozentuale Anteil

von "ja" dargestellt. Die Symbole * und ** haben die gleiche Bedeutung wie oben.

Teil I. :

Reine Augenleitungen

3. Ergebnisse

Verglichen werden zunächst Veränderungen vor (pre) und nach (post) Therapie.

3.1

Basale Leistungsmerkmale

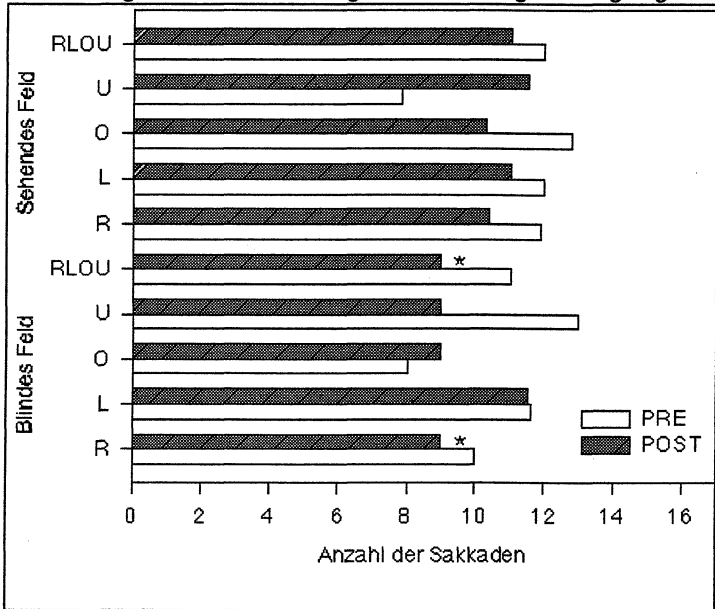
3.1.1

Blickfolgebewegungen

(siehe Anhang, Beispielbilder Nr. 1, 2 und 3)

Bei Bewegungen des Blickzieles in Richtung des blinden Halbfeldes der Patienten waren diese schon bei niedriger Bewegungsgeschwindigkeit nicht mehr in der Lage dem dargebotenen Stimulus zu folgen. Dies zeigt sich an dann häufig durchgeführten erratischen Suchsakkaden. Nach der Therapie war die Anzahl dieser Sakkaden deutlich verringert. Bei Bewegung des Blickziels in das sehende Halbfeld ergab sich nur eine tendenzielle, nicht signifikante Reduktion der Sakkadenanzahl.

Abbildung 10: Sakkadierung der Blickfolgebewegungen



Das Diagramm zeigt die Anzahl der Suchsakkaden ins blinde und sehende Halbfeld vor und nach der Therapie (PRE / POST). Auf der y - Achse werden die Probanden differenziert in Störungsgruppen aufgetragen. (klinisch relevanter Gesichtsfelddefekt überwiegend nach rechts (R), nach links (L), nach oben (O), nach unten (U) und über alle Gruppen gemeinsam (RLOU)). Das Symbol * bedeutet eine statistische Signifikanz der Veränderung nach der Übungsphase. Es zeigt sich eine Verringerung der erratischen Suchsakkadenanzahl ins blinde Feld bei allen Gruppen, mit Ausnahme der Gruppe mit Gesichtsfelddefekt nach oben. Statistisch signifikant sind die Veränderungen in der Gruppe R und bei Zusammenfassung aller Probanden. Ein Therapieeffekt ist somit bedingt erkennbar. In Richtung der nicht gestörten Gesichtsfeldseite ergaben sich keine signifikanten Änderungen.

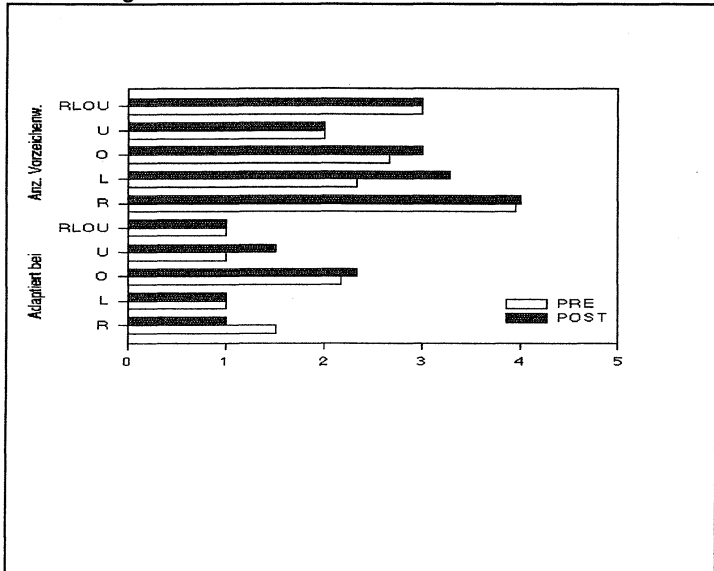
3.1.2

Prediktive Sakkaden

(siehe Anhang: Beispielbilder 4, 5 und 6)

Prediktive Stimuli springen zwischen zwei Positionen hin und her. Erkennen Probanden die prediktive Natur des Stimulus, so neigen sie dazu voranzueilen. Diese Tendenz war bei Patienten wie Normalprobanden gleichermaßen vorhanden und durch die Therapie nicht beeinflusst. Durch die Therapie verringert wurde die Anzahl der treppenartigen Suchsakkaden wenn der Stimulus in das blinde Halbfeld springt. Diese wurden zunehmend durch große, über das Ziel hinausgehende Sakkaden (Overshoots) und anschließende Korrektursakkaden (Steps) ersetzt. Durch die Overshoots "klappen" die Patienten den intakten Teil ihres Gesichtsfeldes über den Bildschirmbereich, in dem das gesuchte Objekt zu finden ist. (Hemianopiker mit dem blinden Feld auf der rechten Seite sehen z.B. auf den rechten Bildschirmrand.) Dadurch kann das Objekt peripher gesehen und nach einer Korrektursakkade erfaßt werden. Diese Vorgehensweise ist zeitlich wesentlich effizienter als die Ausführung vieler Suchsakkaden. Liegt die überschießende Sakkade bereits nahe am Objekt, so wird die Korrektursakkade durch eine gleitende Augenbewegung (Drift) ersetzt. Dieses Verhalten kam bei unseren Patienten selten vor und wurde durch die Therapie nicht beeinflusst.

Abbildung 11: Prediktive Sakkaden



Dargestellt werden die Adaptation an den gebotenen Stimulus (von welcher Sakkade an wird die prediktive Natur des Stimulus erkannt?) sowie die Anzahl der Vorzeichenwechsel des Delay. Es zeigt sich sowohl vor und nach Therapie eine frühe Adaptationsfähigkeit ohne signifikante Änderungen. Die Vorzeichenwechsel des Delay sind tendenziell nach Therapie vermehrt vorhanden. Ein Therapieeffekt ist bei beiden Parametern nicht erkennbar.

3.2

Main Sequence

Der Begriff "Main Sequence" stammt von Bahill, Clark und Stark (Bahill et al. 1975) und bezeichnet bei Sakkaden den doppelt-logarithmisch gegen die Sakkaden-Amplitude aufgetragenen Maximalwert der Sakkaden-Geschwindigkeit. Zusammen damit wird i.allg. - ebenfalls doppelt-logarithmisch gegen die Sakkaden-Amplitude - die Dauer einer Sakkade dargestellt. Diese beiden Graphen wurden von uns erweitert um Darstellungen des Spitzenwertes der Beschleunigung in der

Beschleunigungsphase und des Spitzenwertes der negativen Beschleunigung in der Bremsphase der Sakkade, beides wieder doppelt-logarithmisch aufgetragen gegen die Sakkaden-Amplitude.

Bei der so gewählten Darstellung der Sakkadendynamik treten Motilitätsstörungen deutlich hervor, auch kann häufig zwischen verschiedenen Störungsarten differenziert werden.

(siehe Anhang, Anlage 2 und 3: Main Sequence Auswertung)

Anlage 2 zeigt die Main Sequence Auswertung der 20 Patienten mit Gesichtsfeldstörungen vor Therapie, aufgetragen gegen eine Gruppe von 20 Normalprobanden. Die Patienten liegen überwiegend im Bereich der Normkurve. In den Bereichen Geschwindigkeit, Bremsung und Beschleunigung zeigen sich für einige Patienten schnellere Werte, was fraglich auf einen Adaptationseffekt zurückgeführt werden kann.

In Anlage 3 erkennt man bei den Patienten nach Therapie keine wesentlichen Veränderungen.

Zusammenfassend ergaben die Main Sequence Auswertungen keine signifikanten Unterschiede sowohl zwischen Patienten und Normalprobanden, als auch vor und nach Therapie.

3.3

Leistungsmerkmale bei Suchaufgaben (Searchpath)

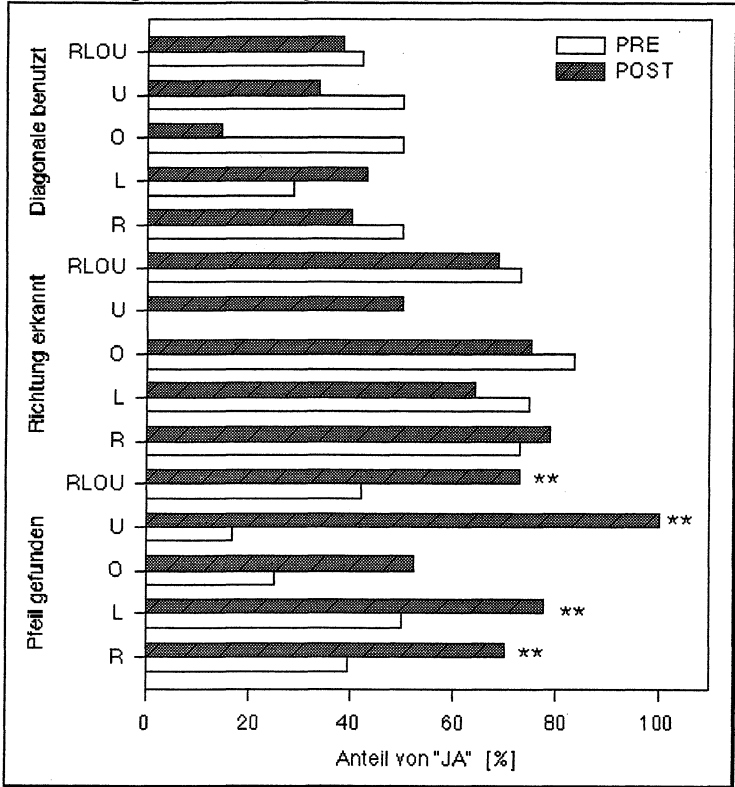
(siehe Anhang, Beispielbilder 7 bis 10)

Die Hauptleistungsmerkmale bei Suchaufgaben bestehen naturgemäß darin, ob das target gefunden wurde, und wenn ja, wieviel Zeit dafür benötigt wurde. Bei der Suche eines im blinden Halbfeld der Patienten dargebotenen Objektes wurden beide Faktoren durch die Therapie deutlich verbessert. Keinen

signifikanten Unterschied gab es bei der Suche von im sehenden Halbfeld dargebotenen Objekten.

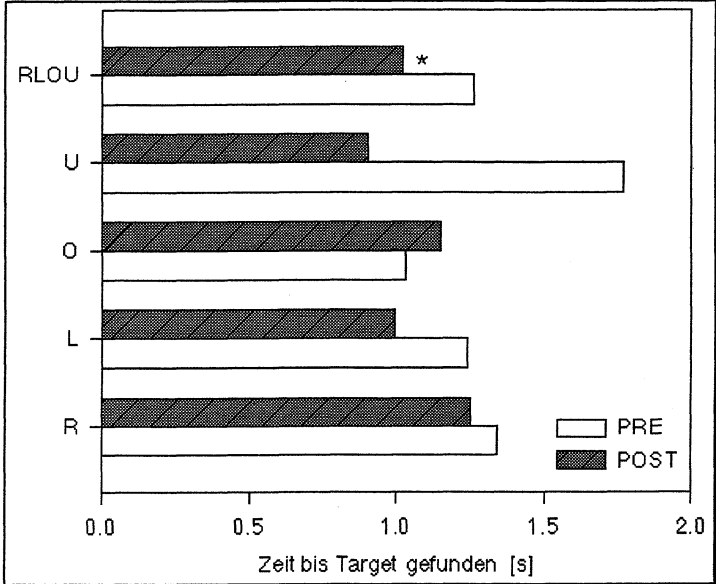
Weitere Leistungsmerkmale für die Bewältigung der Suchaufgabe sind der Global/Local-Index und die mittlere Sakkadenamplitude. Der Global/Local - Index ist das Verhältnis der Zahl der Sakkaden mit einer Amplitude von hier mehr als 1° (global) zu der Zahl der Sakkaden mit geringerer Amplitude (local). Er liefert gemeinsam mit der mittleren Sakkadenamplitude Informationen darüber, ob vom Patienten zur Exploration des Gesichtsfeldes vorwiegend lokale oder weitgreifende globale Augenbewegungen durchgeführt wurden. Therapiebedingt fand die im Sinne verbesserter Effizienz erwünschte Verstärkung der globalen Exploration statt. Damit einhergehend fanden wir eine Verschiebung der relativen Fixationshäufigkeit in Richtung des blinden Feldes (BF). Ein weiterer Parameter war die Gesamtzahl der Fixationen.

Abbildung 12: Suchaufgaben



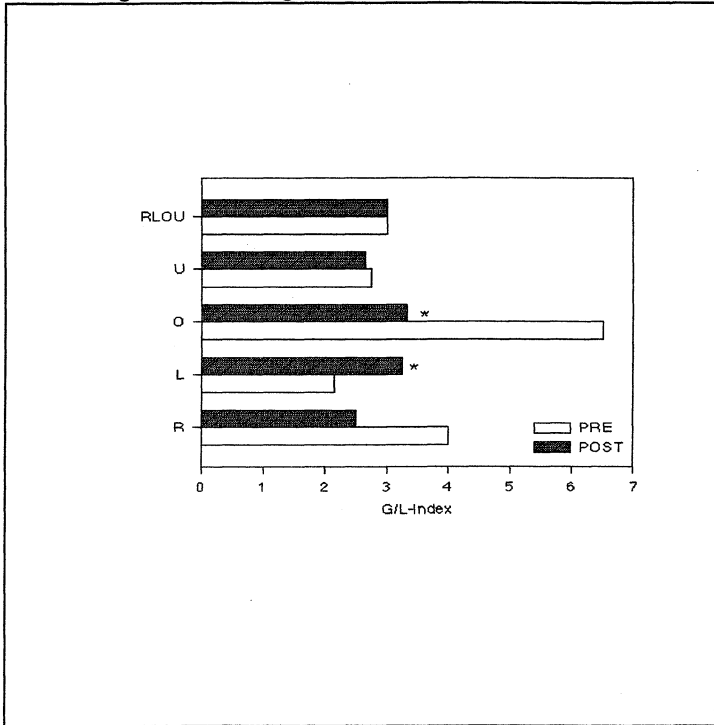
Zur Darstellung kommt hier die Fähigkeit der Probanden den versteckten Pfeil zu lokalisieren, dessen Richtung zu erkennen und die Frage ob bei den Aufgaben mit Präsentation einer Diagonale, diese als Suchstrategie mitverwendet wurde. Deutlich signifikante Verbesserungen bis auf (O) fanden sich beim Auffinden des Pfeiles. Hier ist ein klarer Therapieeffekt sichtbar. Die Resultate bei der richtungserkennung des Pfeiles sind widersprüchlich und nicht signifikant, dies mag mit der hohen Visusabhängigkeit der Aufgabe zusammenhängen. Der Visus wird durch die Therapie nicht beeinflusst. Bei der Zuhilfenahme der Diagonale als Suchstrategie zeigten sich keine verwertbaren Aussagen vor und nach der Therapie.

Abbildung 13: Suchaufgaben



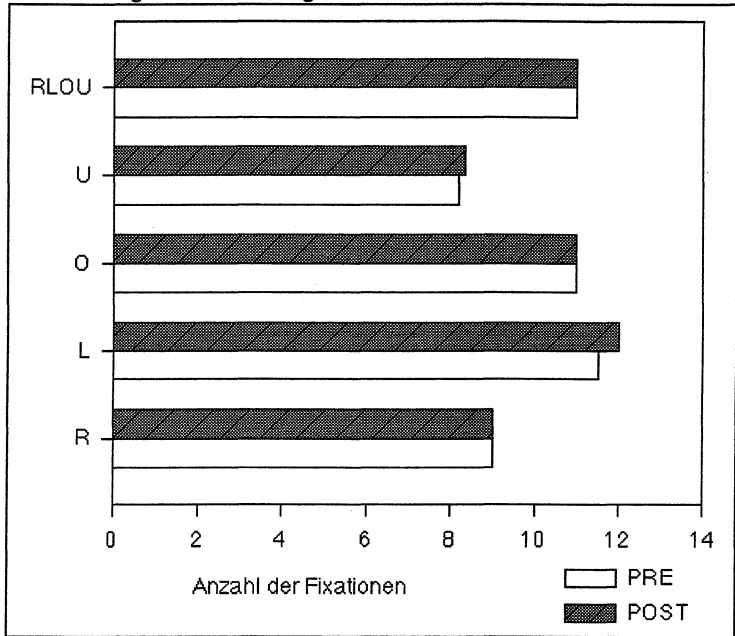
Hier wird der Zeitparameter im Rahmen des Searchpath beschrieben. Tendenziell zeigen sich in allen Gruppen bis auf (O) Verbesserungen. Nur über alle Gruppen gemeinsam gemittelt ergibt sich eine statistische Signifikanz. Der Pfeil (target) wird nach der Therapiephase schneller gefunden. Wesentlich relevanter als die benötigte Zeit erschien jedoch die Frage ob das Ziel überhaupt gefunden werden konnte.

Abbildung 14: Suchaufgaben



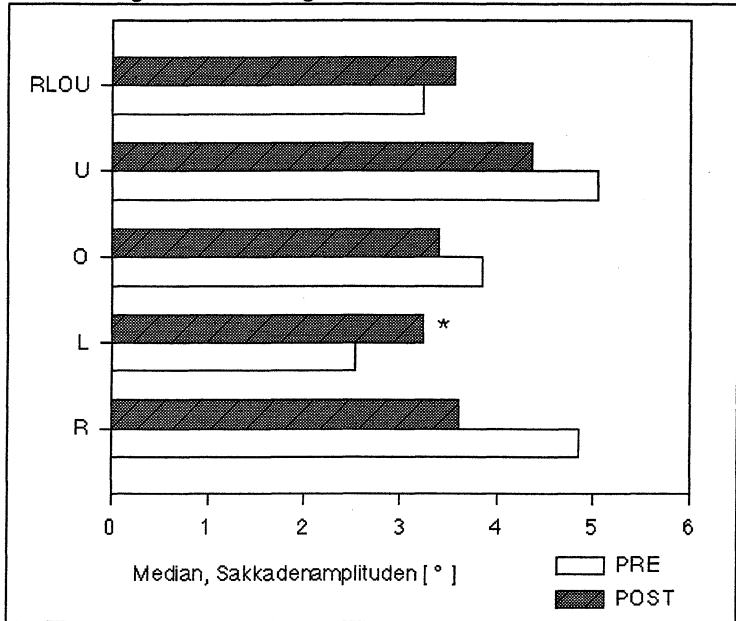
Dargestellt wird der Global / Local Index. Dieser ist schwellenabhängig, die Schwelle hier wurde bei 1° gewählt. Das heißt unterhalb eines Winkels von 1° = lokales, darüber = globales Sehen. Die in den Gruppen (O) und (L) beschriebenen Veränderungen sind zwar signifikant aber widersprüchlich. Aussagen zum Therapieeffekt sind zunächst nicht möglich.

Abbildung 15: Suchaufgaben



Vor und nach der Therapie bleibt die Anzahl der Fixationen im Rahmen des Searchpath über alle Gruppen annähernd gleich. Nachdem das Ziel gefunden wurde besteht vermutlich kein ausreichend hoher Anreiz mehr für weitere Fixationen.

Abbildung 16: Suchaufgaben



Dargestellt wird die mittlere Größe der Sakkadenamplituden im Rahmen des Searchpath in Grad. Die Änderungen sind nur in Gruppe (L) signifikant. Die Richtung der Änderung schwankt. Kein eindeutiger Therapieeffekt erkennbar.

3.4

Leistungsmerkmale des Kognitiven Sehens (Scanpath)

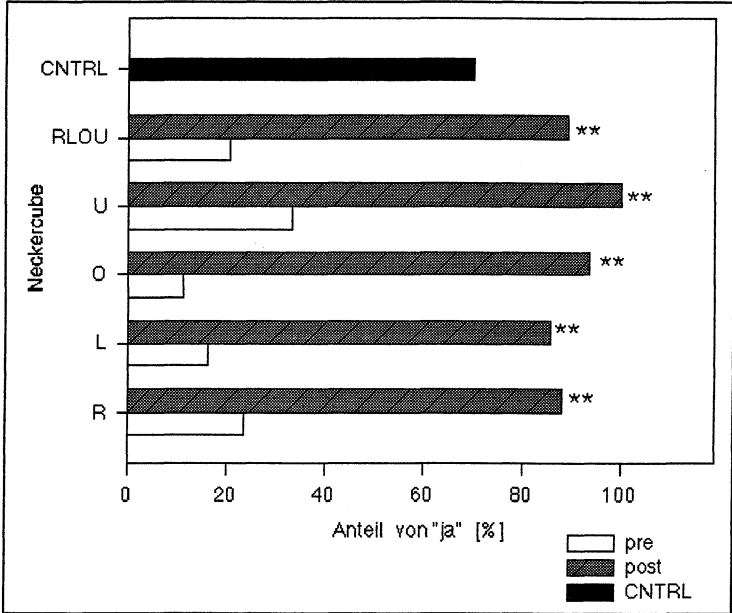
(siehe Anhang, Beispielbilder 11-25 für Scan-Bildbetrachtung Normalproband/pre/post)

Bei Auswertung der Betrachtungsstrategien der farbigen Bilder (Poolplayer, Noland und Rorschach) ergab sich eine therapiebedingte Verbesserung der Detailbetrachtung und Erinnerung. Alle Patienten und besonders die ohne kognitive

Einbußen erschienen nach durchgeführter Therapie schneller und besser in der Lage, die ganzen Bilder - auch in Richtung der Gesichtsfeldstörungsseite - durchzusehen und sich ein inneres mentales Abbild der Bilder zu erhalten.

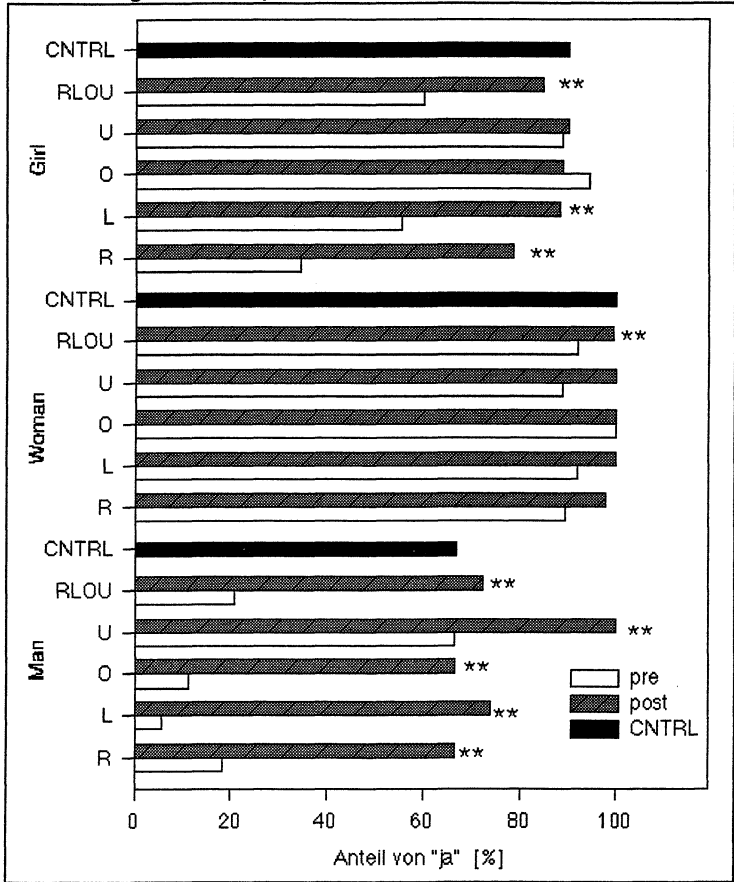
Die vorab erwähnten mehrdeutigen Bilder trainieren und prüfen die Fähigkeit der Patienten zur Bildung eines kognitiven Modells des Betrachteten. Nach der Therapie zeigte sich eine deutliche Verbesserung beim Erkennen der verschiedenen Interpretationsmöglichkeiten. Besonders deutlich ist die gewonnene Fähigkeit zwischen den Interpretationen des Necker-Cube umzuschalten. Auch die Ergebnisse beim trivalenten Bild sind deutlich signifikant verbessert.

Abbildung 17: Scanpath



Zur Darstellung kommt der prozentuale Anteil der positiv gelösten kognitiven Aufgaben im Rahmen der Präsentation des Neckercube - Bildes. Es zeigt sich hier ein sehr ausgeprägter positiver Effekt des therapeutischen Programmes. Über alle Gruppen besteht ein relativ stabiler, statistisch hochsignifikanter Trainingseffekt. Durchschnittlich 60% Steigerung der Fähigkeit zum Erfassen der beiden Betrachtungs- und Vorstellungsebenen des gezeigten Objektes. Nach Training zeigte sich selbst im Vergleich mit der Normalprobandengruppe (CNTRL) vor allem eine Zunahme der rhythmisch anmutenden Wechsel beim Betrachten des Würfels. Als Erklärung kommt in Betracht, daß die Aufgabe im Vergleich zum trivalenten Bild weniger komplex erscheint.

Abbildung 18: Scanpath



Auch beim trivalenten Bild zeigt sich ein ausgeprägter therapeutischer Effekt.

Die Darstellung der Ergebnisse im Einzelnen:

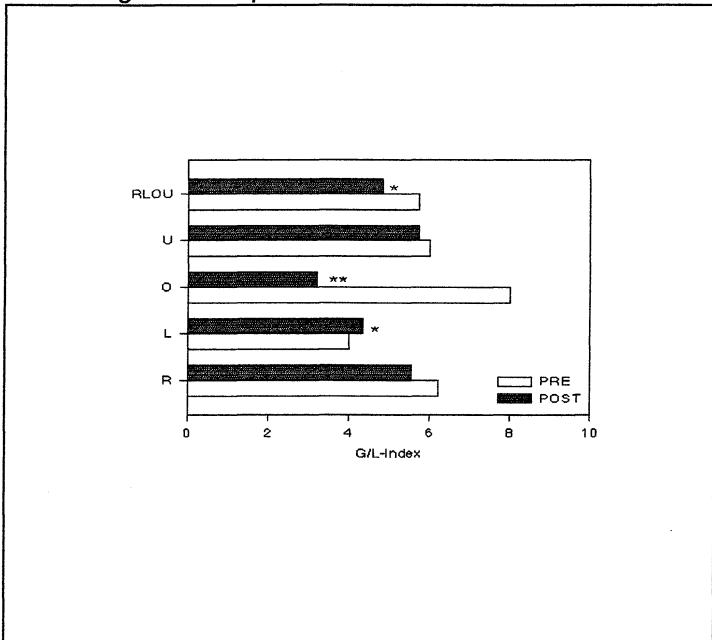
Girl: Guter Trainingseffekt sichtbar, vor allem in den Gruppen (R) und (L) mit statistischer Signifikanz. Annähernd wird das Niveau der Kontrollgruppe erreicht. Nach Therapie waren die Probanden besser in der Lage, die Merkmale des jungen Mädchens beim Betrachten des trivalenten Bildes zu erfassen und wechselten häufiger zwischen den drei Möglichkeiten.

Man: Ähnlich zu wertende Ergebnisse wie bei Girl, mit prozentual noch etwas höheren Steigerungsraten vor allem in den Gruppen (R) und (L). Die Kontrollgruppe wird hier nach Therapie eingeholt bzw. übertroffen.

Insgesamt könnte man die Merkmale von Man und Girl eher als horizontal angelegte polare Stimuli einordnen. Das Mädchen wird eher links gesehen, der Mann eher rechts. Es besteht somit ein starker Stimulus zu horizontalem Pendeln der Augenbewegungen, was die guten Ergebnisse vor allem in den Störungsgruppen (R) und (L) erklären könnte.

Woman: Ein Trainingseffekt ist tendenziell, jedoch nicht signifikant erkennbar. Die Stimuli zur Betrachtung der älteren Frau liegen im Bild relativ zentral, sie werden von allen Störungsgruppen und auch von der Kontrollgruppe relativ stabil und gleichbleibend häufig erkannt. Nur über alle Gruppen gemittelt ergibt sich eine signifikante Zunahme der Erkennung der dargebotenen Stimuli.

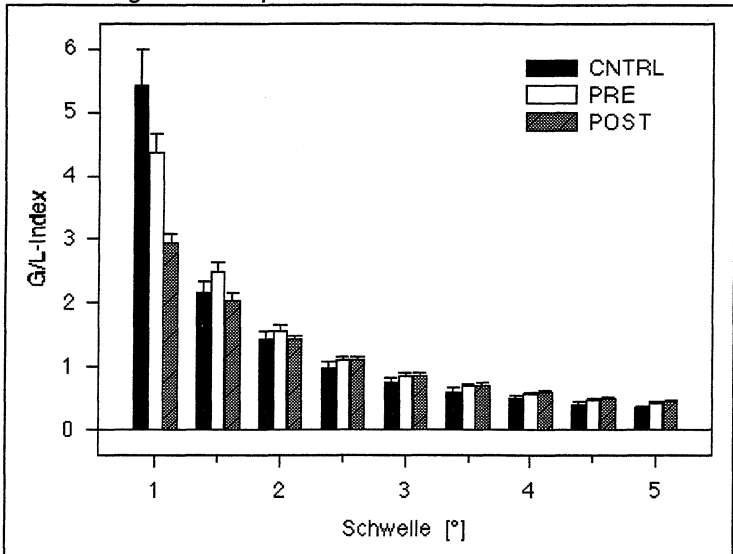
Abbildung 19: Scanpath



Der global / local Index im Rahmen des Scanpath (wiederum bei einer Schwelle von 1) zeigt in Gruppe (O) eine deutliche Verringerung, also mehr lokale

Augenbewegungen. In Gruppe (L) sieht man eher eine Zunahme, also mehr globale Augenbewegungen. Die Aussagen sind somit zunächst widersprüchlich, ein Therapieeffekt läßt sich nicht entnehmen.

Abbildung 20: Scanpath



Dargestellt wird hier die Abhängigkeit des G / L - Index von der gewählten Schwelle in Grad. Man erkennt, daß vor allem im Bereich zwischen 1 und 2° ein deutliches Absinken des Index für Probanden vor und nach Therapie, als auch für die Kontrollgruppe vorkommt.

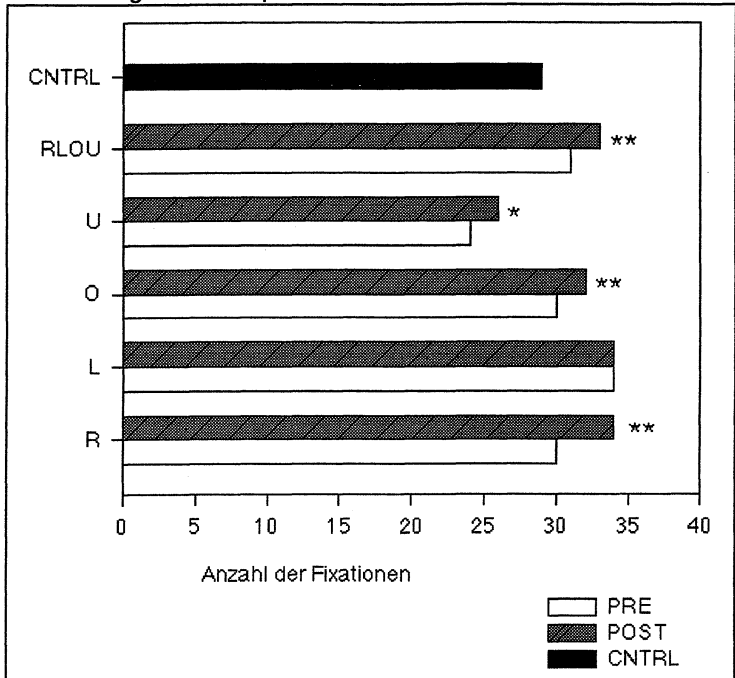
Die Unterschiede zwischen globalem und lokalem Sehen nehmen mit Höhe der Schwelle ab. Zwischen den drei Gruppen besteht bei 1° Schwelle zunächst ein nicht erklärbarer Unterschied in dem Sinne, daß die Normalprobanden relativ stark "globale" Sehstrategien anwenden, die Patienten jedoch nach Therapie weniger global, also weniger raumgreifend sehen als diejenigen vor Therapie.

Vorstellbar ist, daß das globale Sehen in Form zahlenmäßig weniger, aber gradmäßig deutlich größer werdender Amplituden nur bei klein festgelegter Schwelle deutlich in den Zähler des G / L - Index eingeht. Diese Annahme wird gestützt durch die deutliche Zunahme der mittleren Sakkadenamplitudengröße

nach Training. Relativ stärker aber wirkt sich möglicherweise die quantitative Erhöhung der lokalen Fixationen unterhalb der Schwelle im Nenner des G / L - Index aus. Diese Annahme wird wiederum gestützt durch das eindeutige Ergebnis der Zunahme der Fixationsanzahl im Rahmen des Scanpath. Diese Überlegungen könnten also die zunächst widersprüchlichen Ergebnisse beim G / L - Index aufklären.

Die Ergebnisse der Studie liefern also Anhaltspunkte einerseits für eine Zunahme des globalen Sehens (Erhöhung der mittleren Sakkadenamplitudengröße, relativ hoher G / L - Index bei klein gewählter Schwelle). Andererseits gibt es Hinweise für eine Zunahme der Detailbetrachtung und somit des lokalen Sehens (Zunahme der Fixationsanzahl insgesamt nach Training, relative Zunahme der Fixationsanzahl wirkt sich stark auf Nenner im G / L - Index aus vor allem bei höherer Festlegung der Schwelle).

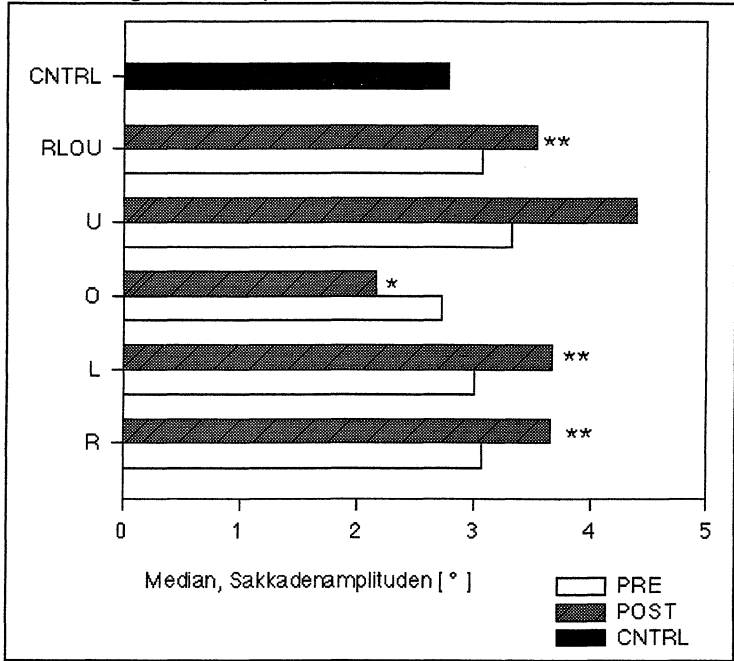
Abbildung 21: Scanpath



Dargestellt wird die Gesamtzahl der Fixationen für alle Aufgaben im Bereich des Scanpath. Es wird ein signifikanter Therapieeffekt in den Gruppen (R), (O) und (U) sowie insgesamt deutlich. Die Normalprobanden werden nach Therapie übertroffen. In der Gruppe

(L) zeigt sich vor und nach Therapie eine gleichbleibende Fixationshäufigkeit. Der Therapieeffekt insgesamt erklärt sich durch die erhöhte Fähigkeit zur Detailerkennung nach Therapie. Es besteht dann ein höherer Anreiz zu häufigeren Fixationen, da innerhalb der Bilder mehr durchgesehen, mehr erkannt und aufgesucht wird.

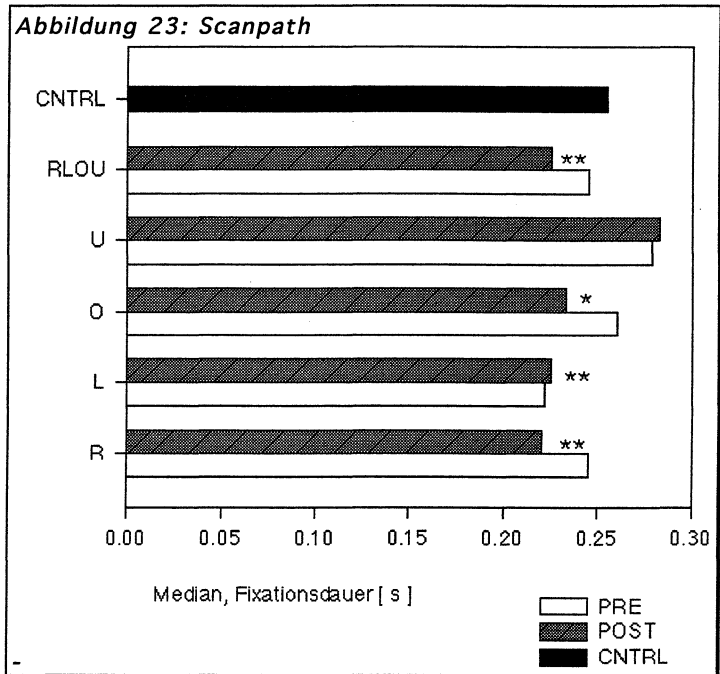
Abbildung 22: Scanpath



Gezeigt wird die mittlere Größe der Sakkadenamplituden in Grad für den gesamten Scanpath. Besonders in den horizontalen Gruppen und auch insgesamt zeigt sich eine signifikante Zunahme der Amplitudengröße. Dieser Parameter kann als Maß für das Verhältnis von lokalem und globalem Sehen betrachtet werden und kann als Beweis für die Effizienz der Therapie angeführt werden. Ein Therapieeffekt ist gut erkennbar, die globalen Sehstrategien nehmen zu.

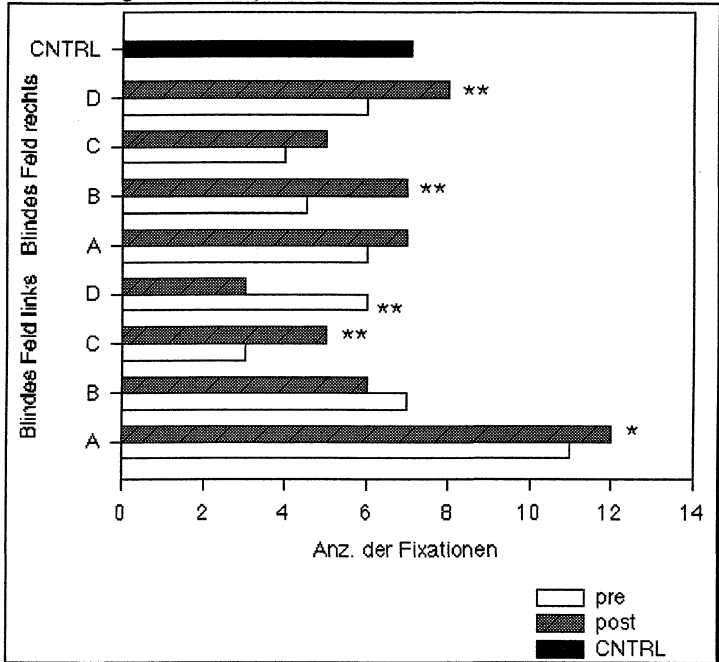
Bei den Normalprobanden ergibt sich ein noch etwas unter dem Niveau der Patienten vor Training liegender Durchschnittswert der Amplitudengröße. Dies kann mit der erhöhten Motivation der Patientengruppe zu raumgreifenden Sehstrategien im Sinne eines Kompensationseffektes erklärt werden.

Abbildung 23: Scanpath



Dargestellt wird hier die mittlere Fixationsdauer. Ein Therapieeffekt ist in den einzelnen Gruppen - bis auf Gruppe (U) erkennbar. die Richtung des Effektes variiert jedoch zwischen den Gruppen.

Abbildung 24: Scanpath



Zur Darstellung kommt hier für die horizontalen Störungsgruppen mit blindem Feld links oder rechts die Anzahl der Fixationen differenziert nach Quadranten. Das Gesamtbild wurde eingeteilt in vier gleichgroße Felder - Quadrant A oben links, B oben rechts, Quadrant C oben rechts, D unten rechts. Insofern sind die Quadranten A und C für Patienten mit Gesichtsfeldstörung nach links relevant. Die Quadranten B und D erlauben Aussagen eher für Patienten mit Störungsfeld zur rechten Seite. Die Auswertung ergibt für die Gruppe mit Gesichtsfeldstörung nach links für den relevanten Quadranten A eine signifikante, im relevanten Quadranten C eine hochsignifikante Erhöhung der Fixationsanzahl nach Therapie. In der Gruppe mit Störung nach rechts zeigt sich in beiden relevanten Quadranten eine hochsignifikante Zunahme der Fixationen. Die Normalprobanden werden wiederum teilweise übertroffen. Dies ist Ausdruck der erhöhten Bemühung der Patientengruppe um Detailerkennung.

Insgesamt zeigt sich als offensichtliches Resultat der Therapie sowohl insgesamt (siehe Abbildung 21) als auch differenziert nach Störungsrichtung eine Erhöhung der Fixationsanzahl im Scanpath.

3.5

Weitere Analyse und Differenzierung der Resultate

Die bis hierher durchgeführten umfangreichen Datenauswertungen ergaben die in den Ergebnisdiagrammen zusammengefassten Erkenntnisse. Einige der untersuchten Faktoren und Parameter lieferten besonders aussagekräftige und signifikante Veränderungen. Unklar blieb zunächst, warum besonders diese Parameter sich veränderten und ob diese Faktoren in Korrelation mit z.B. der Zeitspanne zwischen Läsion bzw. Eintritt der Gesichtsfeldstörung standen. Auch die Frage ob das Vorhandensein kognitiver Störungen mit den signifikanten Parametern korreliert, wurde untersucht. Wir bildeten deshalb einen Pool von Parametern, die aufgrund der Zwischenauswertung als Indikatoren für Aussagen bezüglich des Therapieeffektes geeignet erschienen. Es ergaben sich wiederum zwei Gruppen.

A. Indikatoren mit stärkerem kognitiven Bezug:

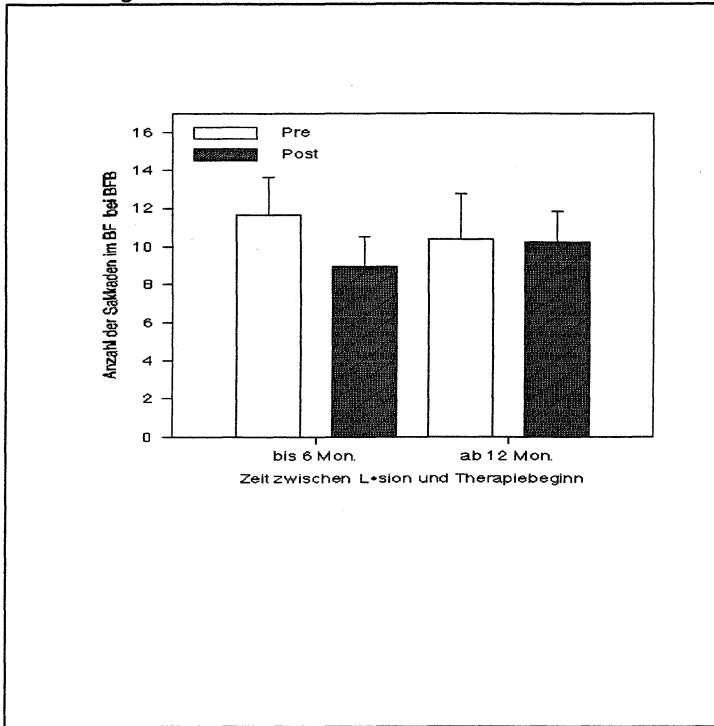
1. Fähigkeit zwischen den verschiedenen Interpretationen des Neckercube umzuschalten.
2. Fähigkeit im trivalenten Bild das junge Mädchen zu erkennen.
3. Fähigkeit im trivalenten Bild die alte Frau zu erkennen.
4. Fähigkeit im trivalenten Bild den alten Mann zu erkennen.
5. Fähigkeit im Rahmen der Suchaufgaben das target zu identifizieren.

B. Indikatoren mit eher schwächerem kognitiven Bezug:

1. Reduktion der Sakkadierung der Blickfolgebewegungen ins blinde Halbfeld.
2. Zunahme der Gesamtfixationsanzahl im blinden Feld beim Scanpath.
3. Vergrößerung der Sakkadenamplituden beim Scanpath.

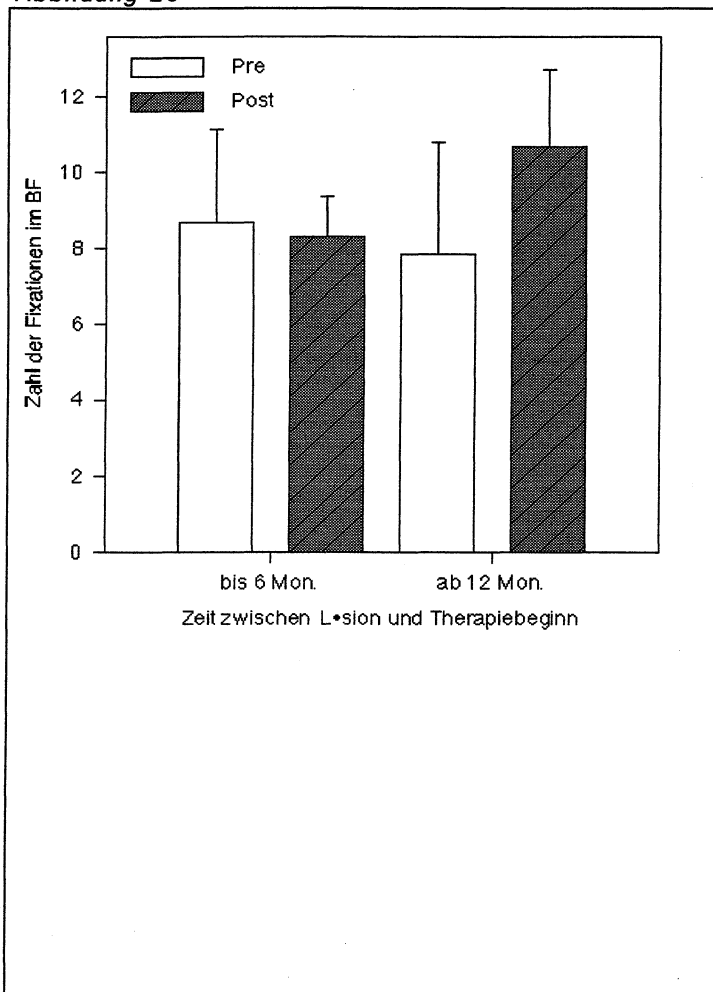
Beide Gruppen von Indikatoren wurden in Bezug zum Vorhandensein mnestischer Defizite und in Bezug zur Zeit zwischen Läsion und Therapiebeginn (bis 6 Monate, ab 12 Monate) auf eine Gruppe von 10 Patienten angewendet. Diese Gruppe wurde gebildet durch folgende Kriterien: reine horizontal wirksame Hemianopsien, gute Übungsmotivation, Einschluß aller Patienten mit kognitiven Defiziten. Hierbei handelt es sich durchgehend um Aufmerksamkeits- und Konzentrationsstörungen, leichte Hirnleistungsdefizite sowohl durch geringgradige hirnorganische Psychosyndrome als auch durch ängstlich-depressive Psychosyndrome. Bei einer Patientin bestand eine Akalkulie.

Abbildung 25



Dargestellt wird die Sakkadierung der Blickfolgebewegungen ins blinde Feld in Relation zur Zeitspanne zwischen Eintritt der Gesichtsfeldstörung und dem Beginn der Therapie. Die erste Gruppe beinhaltet die Patienten, bei denen die Störung zwei bis sechs Monate zurückliegt. Es zeigt sich eine deutliche und signifikante Verringerung der erratischen Suchsakkaden ins blinde Halbfeld. Bei der zweiten Gruppe mit Patienten, bei denen die Läsion ein Jahr oder länger besteht, fanden wir zu Beginn eine etwas geringere Neigung zur Suchsakkadierung ins Feld der Störung, was mit Adaptationsvorgängen zu erklären wäre. Nach Abschluß der Therapie zeigte diese Gruppe wie zu erwarten eine nur tendenzielle und nicht signifikante Verbesserung des Sehverhaltens.

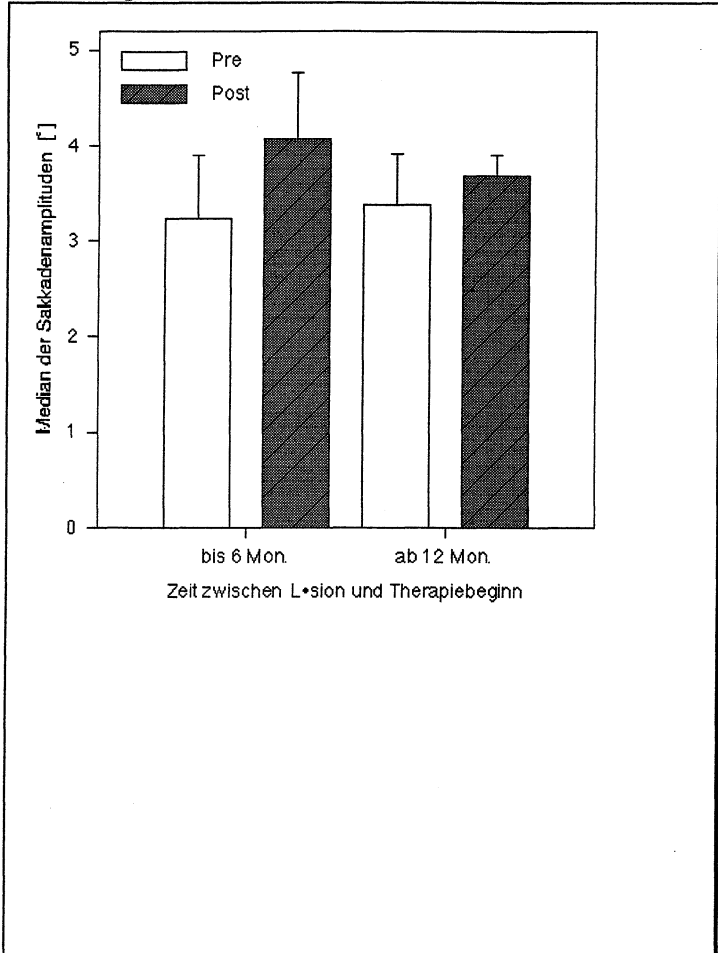
Abbildung 26



Hier wird im Rahmen des Scanpath die Anzahl der Fixationen im blinden Feld in Relation zur Zeitspanne zwischen Eintritt der Gesichtsfeldstörung und Beginn der Therapie aufgetragen. In der Gruppe mit kurz zurückliegender Läsion ist bei großer Streuung keine relevante Veränderung im Sinne eines Therapieeffektes erkennbar. Bei länger zurückliegender Schädigung zeigt sich dennoch eine

signifikante Veränderung. Diese Gruppe fixiert bei Betrachtung der Bilder deutlich häufiger auch auf der Seite der Gesichtsfeldstörung. Ein Therapieeffekt ist gut erkennbar.

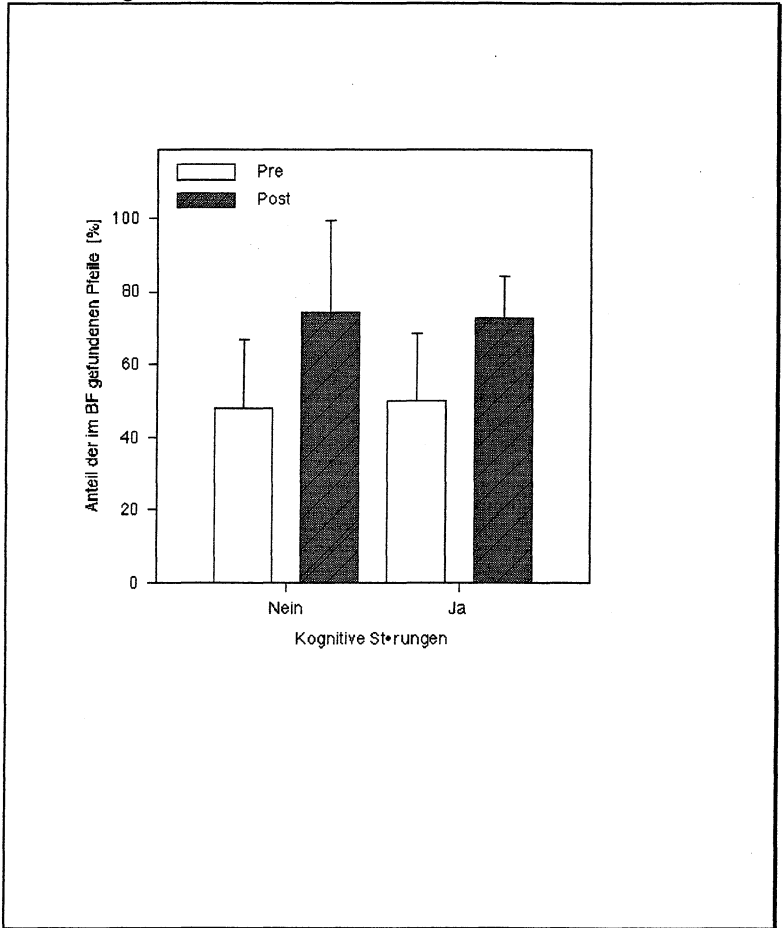
Abbildung 27



Dargestellt wird im Scanpath die Zunahme der mittleren Größe der Sakkadenamplituden in Relation zur Zeitspanne zwischen Eintritt der

Gesichtsfeldstörung und Beginn der Therapie. Es findet sich in der Patientengruppe mit relativ kurz zurückliegender Läsion eine statistisch signifikante Zunahme mehr global orientierter Betrachtungsweisen. Ein deutlicher Therapieeffekt ist erkennbar. Auch in der Gruppe mit länger zurückliegender Läsion zeigt sich eine tendenzielle Verbesserung in Richtung globalerer Sehstrategien.

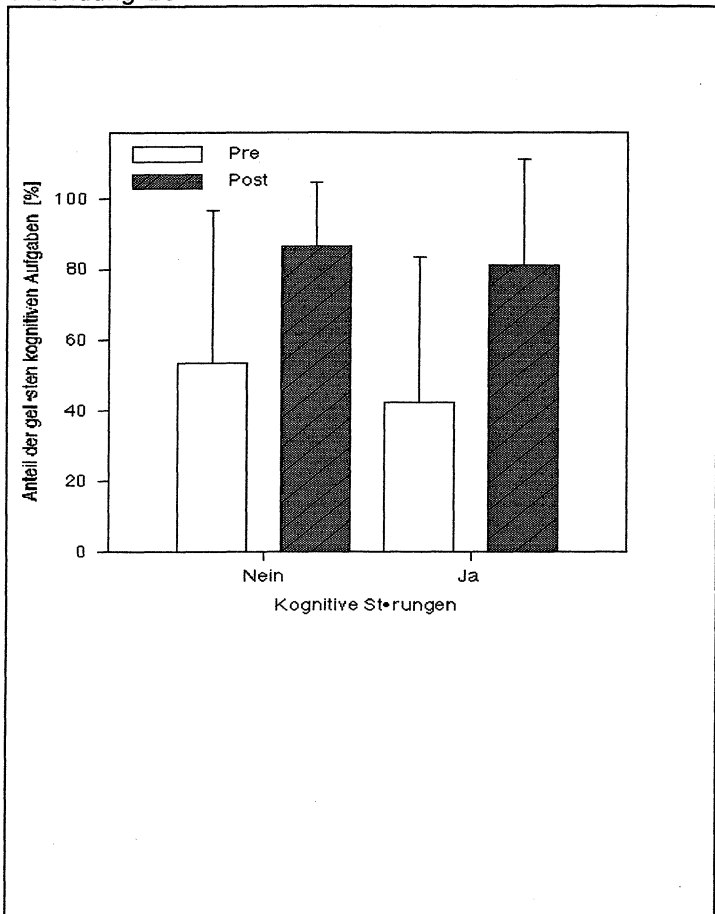
Abbildung 28



Im Searchpath wird hier der prozentuale Anteil der erfolgreich gelösten Pfeilsuchaufgaben in Relation zum Vorhandensein kognitiver Störungen gesetzt. Die Patienten ohne mnestiche Störungen zeigen bei großer Streuung deutlich signifikante Erhöhungen der Erfolgsrate. Auch in der Gruppe mit kognitiven Defiziten wird die Aufgabe vergleichbar ähnlich verbessert gelöst. Beide Gruppen zeigen einen deutlichen Therapieeffekt. Die Komplexität der Pfeilsuchaufgabe erscheint vom kognitiven Aspekt her im Vergleich zu den Scanpathaufgaben mit

kognitivem Aspekt als basaler, auch Patienten mit kognitiven Defiziten lösen die Aufgabe nach Therapie verbessert.

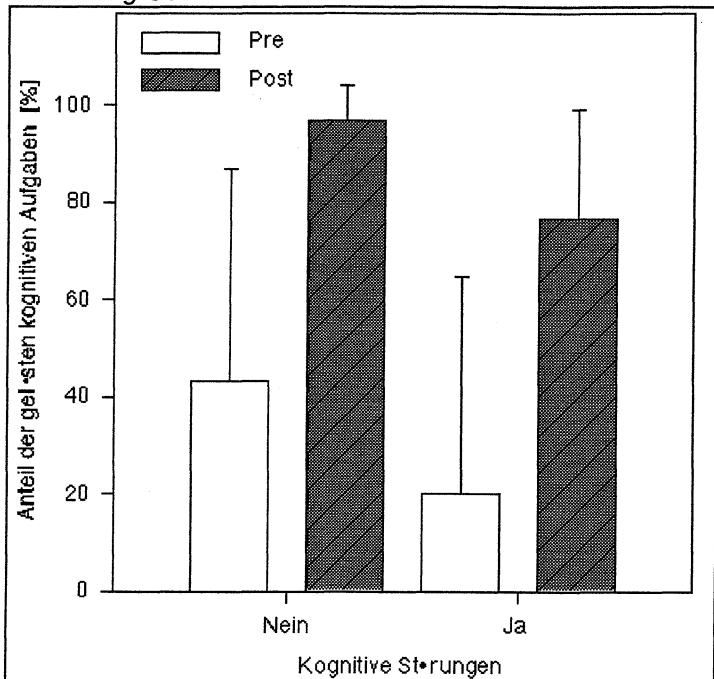
Abbildung 29



Im Scanpath wird hier der prozentuale Anteil der erfolgreich gelösten Aufgaben beim Betrachten des trivalenten Bildes in Relation zum Vorhandensein kognitiver Störungen gesetzt. Bei der Gruppe mit kognitiven Störungen findet sich bei recht großer Streuung ein im Verhältnis zur Gruppe ohne kognitive Defizite relativ

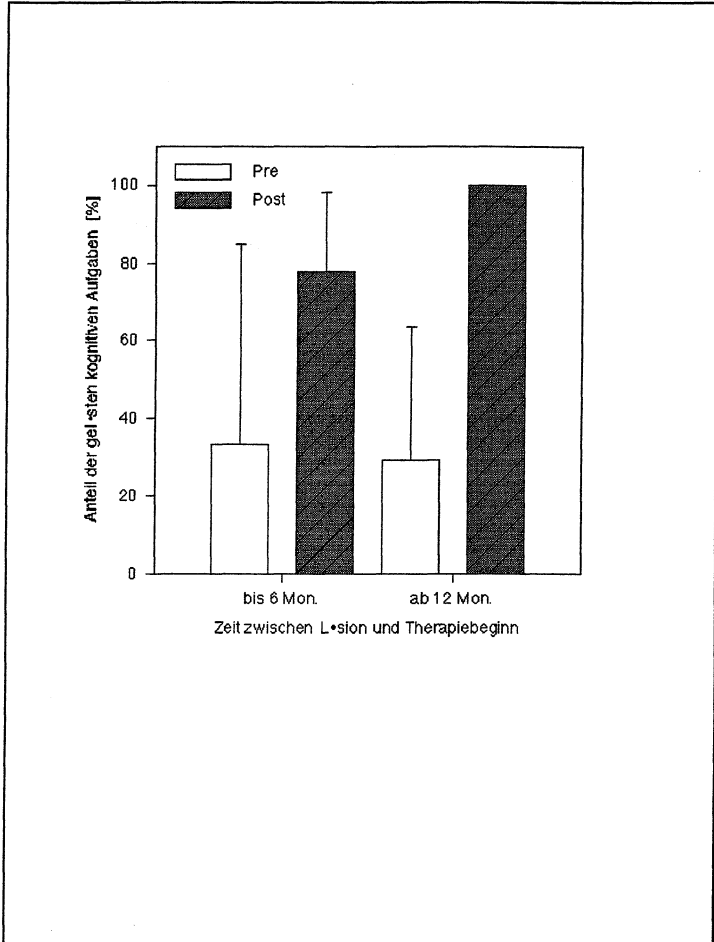
niedrigeres Anfangsniveau. Der Therapieeffekt ist in beiden Gruppen deutlich signifikant und ähnlich hoch ausgefallen. Das erreichte Endniveau ist annähernd gleich.

Abbildung 30



Im Scanpath wird hier der prozentuale Anteil der gelösten kognitiven Aufgaben beim Betrachten des Neckercube Bildes in Relation zum Vorhandensein kognitiver Störungen gesetzt. In der Ausgangslage zeigt sich zunächst bei beiden Gruppen eine große Streubreite. Sowohl die Patienten mit als auch die ohne kognitive Störung profitieren deutlich und signifikant von der Therapie. Die Patienten mit mnestischen Problemen beginnen tendenziell von einer schlechteren Ausgangsposition, verbessern sich aber gleichermaßen und erreichen ein entsprechend geringeres Endniveau.

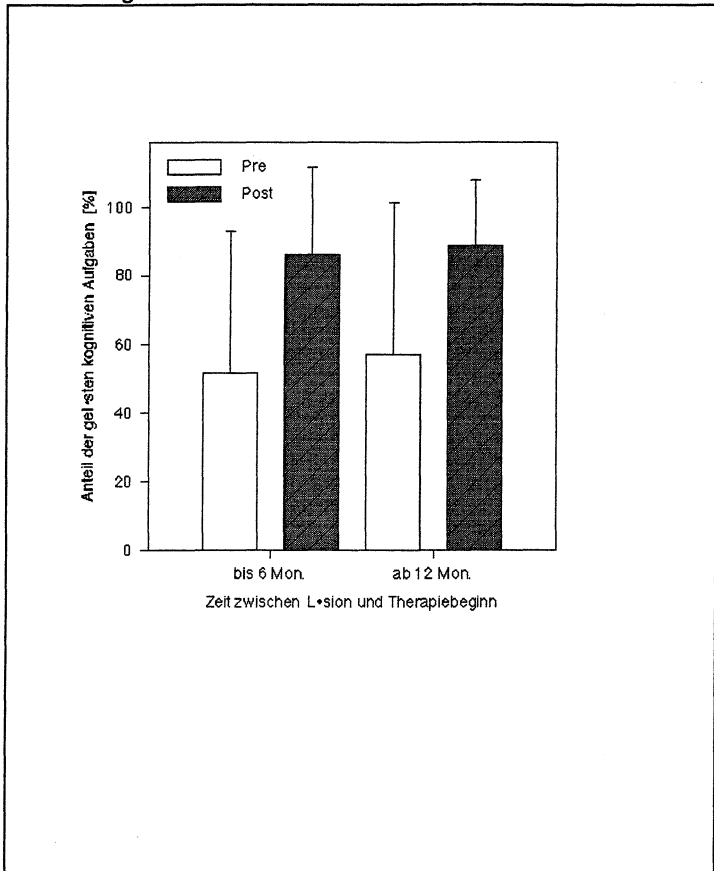
Abbildung 31



Hier kommt im Rahmen des Scanpath zur Darstellung das Verhältnis des prozentualen Anteils der gelösten kognitiven Aufgaben beim Betrachten des Neckercube Bildes zur Zeitspanne zwischen Eintritt der Gesichtsfeldstörung und Beginn der Therapie. Die Patienten mit kurz zurückliegender Läsion zeigen bei großer Streuung einen deutlich signifikanten Therapieeffekt. Bei länger bestehender Gesichtsfeldstörung erscheint tendenziell eine schlechtere

Ausgangslage. Diese Gruppe profitiert jedoch noch deutlicher, alle Patienten erreichen nach Therapie die vollständige Lösung der Aufgabe.

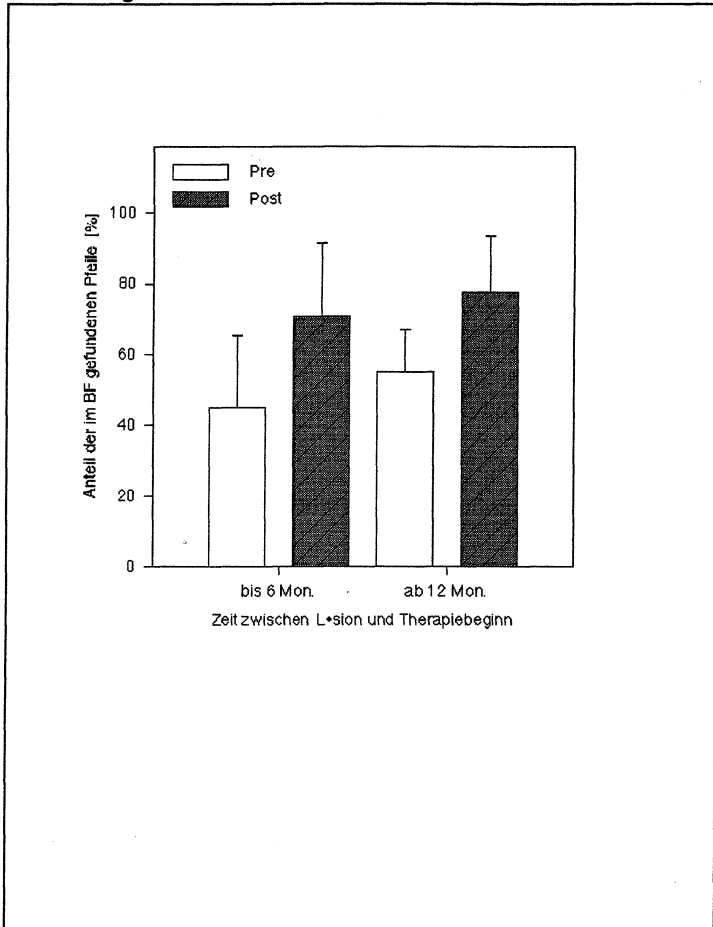
Abbildung 32



Im Scanpath wird hier aufgetragen die Beziehung zwischen prozentualem Anteil der gelösten kognitiven Aufgaben beim Betrachten des trivalenten Bildes und der Zeitspanne zwischen Eintritt der Gesichtsfeldstörung und Beginn der Therapie. Beide Gruppen zeigen einen deutlich signifikanten Therapieeffekt. Die Patienten

mit länger bestehender Gesichtsfeldstörung profitieren dennoch gleichermaßen vom Training ihrer Sehstrategien.

Abbildung 33



Im Searchpath kommt hier zur Darstellung die Beziehung zwischen prozentualem Anteil der positiv gelösten Pfeilsuchaufgabe und der Zeitspanne zwischen Eintritt der Gesichtsfeldstörung und Beginn der Therapie. Die Patienten mit länger bestehender Gesichtsfeldstörung zeigen eine tendenziell bessere Ausgangslage und

erreichen ein besseres Endniveau. Der signifikante Therapieeffekt ist in beiden Gruppen gut erkennbar.

Teil II. :

**Koordinierte Kopf-Augen-
BLICKableitungen**

Thema: 1. Untersuchungen der Kopf- und Augenkoordination vor und nach dem Gesichtsfeldtraining von

- a) Patienten mit Neglect- bzw. Restneglect-Symptomatik
- b) Patienten mit kompletter bzw. nahezu kompletter Hemianopsie oder Quadrantenanopsie.
- c) **Patienten mit kompletter bzw. nahezu kompletter Hemianopsie oder Quadrantenanopsie und Neglect-Restneglect-Symptomatik**

Zur Frage: 1. a) Wie unterscheiden sich diese Pat. im Therapieerfolg?
b) Läßt sich ausreichender Therapieerfolg quantifizieren?
2. Wie verhalten sich die beiden (**diese**) Gruppen bei dargestellten Verkehrssituationen?

Patientengruppen: 1. 10 „Gesunde“ davon 3 vor dem 35. Lebensjahr; 3 zwischen dem 35. und 50. Lebensjahr; 4 nach dem 50. Lebensjahr; insgesamt 2/3 nach dem 40. Lebensjahr.

2. 15-20 Anopsie-Patienten (**mit und ohne Training**)
3. 10 oder mehr Neglect-Patienten mit Anopsie (**mit und ohne Training**)

4. X Neglect-Pat. mit Training

3 Schritte: 1. Patientengruppen und Therapieplan nach Poppensieker
Patienten aus dem Reha-Zentrum Soltau
Neglecttraining durch Neuropsychologen Herr Wiarda
Gesichtsfeldtraining durch Neuropädagogen Herr Warnecke
2. Untersuchungsablauf nach Oechsner
3. Auswertung mittels Excel und Statistik (siehe Oechsner und **Ergebnisse von Poppensieker**)

Ausgangsinformation:

1. Geschlecht, Alter, Diagnose
2. Dauer des Bestehens
3. Subjektive Beeinträchtigung
4. Fahren eines Fahrzeuges
5. Vorheriges Training. Wann? Welches?
6. Anopsieart. Ausprägung des Neglects. Anopsiekompensation

Zusätzliche Diagnostik der zur Zeit bestehenden Ausfälle (Neglect, Anopsie):

1. Perimetrie durch Augenarzt (Gerät: Octopus 500 EZ; Peridata Version 6.5) bei allen Patienten vor **und nach** dem Training evtl. mit Fragestellung der Fahrtauglichkeit.
2. Zusätzliche Kontrolle durch APG 1H (statisch), APG 1H (dynamisch), APG 2. Untersuchungen bei allen Patienten vor und nach dem Training (siehe Anlage). Die Diagnostik wird von Herrn Warnecke (Ausschluß verschiedener Interpretationen bei gleicher Symptomatik) bei allen Pat. durchgeführt.
3. Neuropsychologische Neglect-Diagnostik bei allen Patienten vor und nach dem Training. Die Diagnostik wird von Herrn Wiarda (Ausschluß verschiedener Interpretationen bei gleicher Symptomatik) bei allen Pat. durchgeführt.

Die Ausprägung und die besondere Ausformung eines Neglect-syndroms wird mittels Homburger Neglect-Skala dargestellt. Die Ausprägung des visuellen Neglects wird mittels Rey-Zeichentest Auswertungskriterien (nach Lezak, neuropsychological assessment, 1981, p.400f, 445) erfaßt.

Untersuchung der Kopf- und Augenkoordination:

1. Der Pat. muß darauf hingewiesen werden, daß diese Untersuchung nur für die Beurteilung der Kompensation eines Gesichtsfeldausfalles oder Neglects durchgeführt wird. Die Fahrtauglichkeit wird von Augenarzt bzw. nach der Neglect-Diagnostik bestimmt.

2. Kalibration der Kopfbewegungen.

Am linken Auge wird der Tubus angesetzt. Das rechte Auge wird mittels Klebestreifen bei Pat., die den Anweisungen nicht nachkommen können, abgedeckt. Die Pat. sollen durch das Tubus das Kreuz anvisieren. Links oben wird ein Zielreiz (Quadrat mit einem gelben Kreis in der Mitte) auftauchen. Sie sollen den Zielreiz in der Mitte der Tubusöffnung fixieren und Knopf drücken. Der Zielreiz springt dann ein Stück nach rechts. ... Das Zielreiz ist jetzt links etwas tiefer. ... Der Pat. wird gebeten die Augen zu zumachen.

3. Kalibration der Augenbewegungen

Der Pat. wird darauf hingewiesen, daß er den Kopf nicht bewegen soll und daß das Augenblinken vermieden werden soll. Wenn der Pat. die Mitte des Kreuzes anvisiert, muß er den Knopf drücken. ... Der Pat. wird gebeten die Augen zuzumachen.

4. Kalibration bei Bewegungen des Kreuzes (horizontale Sakkaden). Der Pat. wird darauf hingewiesen, daß er das Kreuz verfolgen soll, indem er Kopf und Augen so bewegt, wie es ihm bequem ist.

5. Pause. Der Pat. wird gebeten die Augen zuschließen (Vorbeugung von Trockenheitsgefühl in den Augen und Vermeidung von Augenzwinkern).

6. Exploration der Bilder:

a) Landschaftsbilder (2 hintereinander)

Die Pat. sollen zunächst das Kreuz anvisieren, danach die Bäume mit den blauen Früchten zählen und zwischen den Bildern immer das in der Mitte erscheinende Kreuz anvisieren.

b) Verkehrsbilder (5 hintereinander)

Die Pat. sollen zunächst das Kreuz anvisieren, danach die Verkehrsbilder gründlich anschauen. Kopf und Augen soweit es nötig bewegen, insbesondere auf Verkehrsteilnehmer und Verkehrszeichen achten und nach jedem Bild das erscheinende Kreuz anvisieren. Der Pat. wird gebeten die Augen zuzumachen.

c) Verkehrsbilder (5 hintereinander)

Siehe b).

Vorschläge zur Vorgehensweise bei der Untersuchung und Behandlung von Gesichtsfeldausfällen

Prof. Dr. W. H. Zangemeister
Neurologische Univ.-Klinik
D-20251 Hamburg, Martinistr. 52
T. +49-40-4717-2607 Fx. -2784

1. Diagnostik (Eingang und Abschluß)

1.1 APG 1H (statisch)

- Ziel:** Messung des *statischen* Gesichtsfeldes / Feststellung der 'physikalischen' / 'biologischen' Gesichtsfeldgrenzen.
- Durchführung:** Proband/in (Pb) nimmt in vorgegebenem Abstand vor dem Aufmerksamkeits-Prüfgerät auf einem Stuhl Platz, der Kopf wird mittels Kinnstütze leicht fixiert, der Blick ist auf das Tafelzentrum gerichtet. Mittels Knopfdruck ist auf Einzelreize mit konstanter Darbietungsdauer und zunehmender Reizdichte (rote Lampen, regelmäßig regelmäßig verteilt über die ges. Tafel) zu reagieren. Kopf- und Augenbewegungen sind zu unterlassen; der Patient ist entsprechend zu beobachten. Bei Nichteinhaltung der Instruktionen ist der Test abzubrechen und zu wiederholen. Die (mündliche) Testinstruktion ist standardisiert.
Testdauer: 205 sec..
- Auswertung:** Nach selbst erstellter Normwerttabelle (n=36) werden ausgewertet:
- Anzahl der erkannten Reize / Anzahl der nicht erkannten Reize
 - Anzahl der Reaktionen auf nicht vorgegebene Reize (Fehlreaktionen)
 - mittlere Reaktionszeiten (Aufteilung in acht Quadranten: 4 x zentral, jeweils 2 x peripher li. und re.)
 - max. Abweichungen von den mRZ (Aufteilung in Quadranten wie oben).
 - graphische Darstellung zwecks Lokalisation erkannter bzw. übersehener Reize.

1.2 APG 1H (dynamisch)

- Ziel:** Messung des *dynamischen* Gesichtsfeldes / Feststellung der Kompensationsleistung bei *einfachen* Reizen.
- Durchführung:** Proband/in (Pb) nimmt in vorgegebenem Abstand vor dem Aufmerksamkeits-Prüfgerät auf einem Stuhl Platz, der Kopf ist frei beweglich. Mittels Knopfdruck ist auf Einzelreize mit konstanter Darbietungsdauer und zunehmender Reizdichte (s.o.) zu reagieren. Kopf- und Augenbewegungen, um die *gesamte* Tafel zu explorieren, sind ausdrücklich erwünscht. Die (mündliche) Testinstruktion ist standardisiert.
Testdauer: 205 sec..
- Auswertung:** In analoger Anwendung der o.g. Normwerttabelle nach dem klinischen Eindruck.
- Aus Umfang und Verteilung der nicht beantworteten Reize, sowie einer Analyse der mRZ und RZ-Streuungen, sind - unter Berücksichtigung der Resultate aus der *statischen* GF-Messung - Erkenntnisse über die aktuelle Kompensationsleistung zu gewinnen.

Alle Messungen am APG 1H sind bei beleuchtetem Raum durchzuführen.

1.3 APG 2

- Ziel:** Messung der geteilten visuellen Aufmerksamkeitsleistung / Feststellung der Kompensationsleistung bei **komplexen** Reizen und gleichzeitiger Ablenkung.
- Durchführung:** Proband/in (Pb) nimmt in vorgegebenem Abstand vor dem Aufmerksamkeits-Prüfgerät auf einem Stuhl Platz, der Kopf ist frei beweglich. Mittels Knopfdruck ist auf
a) komplexe Tafelreize (Quadrate) und
b) einfache Tasterreize (rote Lampe)
zu reagieren. Gleichzeitig auftauchende ablenkende Reize sind zu ignorieren. Tafel- und Tasterreize erscheinen nicht gleichzeitig. Die Reizdarbietungsdauer ist konstant, die Reizdichte schwankend. Kopf- und Augenbewegungen sind ausdrücklich erwünscht. Die (mündliche) Testinstruktion ist standardisiert.
Testdauer: 330 sec..
- Auswertung:** Nach selbst erstellter Normwerttabelle (n=105) werden ausgewertet:
- Anzahl der zeitgerechten Reaktionen auf relevante Tafelreize
- Anzahl der zeitgerechten Reaktionen auf relevante Tasterreize
- Anzahl der Reaktionen auf irrelevante Tafel- oder Tasterreize / Anzahl der nicht **zeitgerecht** erfolgten Reaktionen auf relevante Tafel- oder Tasterreize
- mittlere Reaktionszeiten (Aufteilung in sieben Quadranten: 1 x zentral, jeweils 3 x peripher li. und re.)
- max. Abweichungen von den mRZ (Aufteilung in Quadranten wie oben)
- graphische Darstellung zwecks Lokalisation erkannter bzw. übersehener **Tafelreize**.

Alle Messungen am APG 2 sind bei verdunkeltem Raum durchzuführen.

1.4 Augen-Kopf-Bewegungsmessung (OBER2 nach Oechsner)

- Ziel:** Messung der visuellen Wahrnehmungsleistung (v. a. Wahrnehmungsumfang und Explorationsstrategie) bei der Betrachtung zeitlich begrenzt dargebotener Lichtbilder
a) computergeneriertes Landschaftsbild (zweimal)
b) Verkehrsbilder (zwei Serien à 5 Bilder).

(wird ergänzt).

2. Training

Zur Durchführung des standardisierten Gesichtsfeldtrainings am Aufmerksamkeits-Prüfgerät stehen verschiedene Trainingsprogramme zur Verfügung. Voraussetzung für die Teilnahme am Trainingsangebot am APG ist der Nachweis einer Mindestkompensationsleistung am **APG 1H (dyn.)**: von 80 dargebotenen Reizen sollten nicht weniger als 70 Reize (= 87.5%) zeitgerecht beantwortet werden.

2.1 Trainingsprogramme

- 2.1.1 Train 1A:** in Aufbau und Ablauf ähnlich dem Test **APG 1H (dyn.)**, aller-

dings mit veränderter Reizreihenfolge und verlängerter Laufzeit (270 sec.). Reizdarbietungsdauer 1 sec., wechselnde Reizdichte, Mindestabstand zwischen 2 Reizen 1 sec..
Leistungsbewertung nach dem klinischen Eindruck.

- 2.1.2 Train 1B:** Reizreihenfolge identisch mit der des Tests **APG 1H (dyn.)**. Reizdarbietungsdauer 1 sec., konstante Reizdichte, Abstand zwischen 2 Reizen 3 sec., Laufzeit 320 sec..
Leistungsbewertung s.o..
- 2.1.3 Train 1C:** entspricht **Train 1A**, allerdings mit 2 sec. Reizdarbietungsdauer; daher Mindestabstand zwischen 2 Reizen 0 sec..
Leistungsbewertung s.o..
- 2.1.4 Train 1D:** entspricht **Train 1B**, allerdings mit 2 sec. Reizdarbietungsdauer; daher Mindestabstand zwischen 2 Reizen 2 sec..
Leistungsbewertung s.o..
- 2.1.5 Train 2A:** in Aufbau und Ablauf ähnlich Test **APG 2**, allerdings mit veränderter Reizreihenfolge und deutlich mehr Reizen bei nicht wesentlich veränderter Reizdichte; Laufzeit deutlich verlängert (1000 sec.).
Leistungsbewertung s.o..

2.2 Methodik

Die Trainings 1A - 1D werden als *aufeinander aufbauende* Einheiten in **umgekehrter Reihenfolge** angeboten; d.h. Train 1D zu Beginn - zunächst meist mit fixiertem Kopf (Kinnstütze) um, sofern noch nicht vorhanden, 'große Augenbewegungen' (= lange Blicksakkaden) in das anope Areal hinein zu üben und zu automatisieren (ca. 2 - 3 Sitzungen à 30 min.) -, danach die Trainings 1C, 1B und 1A.

Das rechtzeitige Erkennen von 79 oder 80 der 80 dargebotenen Reize in zwei aufeinanderfolgenden Sitzungen ist Voraussetzung, um unter der nächsthöheren Trainingsanforderung weitertrainieren zu können.

Das Training 2A wird relativ selten eingesetzt, da eine vollständige Kompensationsleistung hinsichtl. des schnellen Erkennens einfacher Reize im gesamten Gesichtsfeld Voraussetzung ist, um das Training 2A (sinnvoll) potentiell adäquat absolvieren zu können; d.h. das Training 1A sollte zuvor mindestens zweimal fehlerfrei bewältigt worden sein.

Um einen möglichst großen Abstand zwischen Test- und Trainingsanforderung herzustellen, erhält der Patient beim Training 2A zunächst die Instruktion, senkrechte Viererreihen gleichzeitig aufleuchtender Lampen als kritische Reize zu beantworten; der Taster wird abgedeckt (d.h.: Quadrate an der Tafel sind irrelevant, Tasterreize gar nicht erst sichtbar und *in keinem Fall* zu beantworten).

Die Anforderung kann weiter erhöht werden, indem der Patient die Aufforderung erhält, auf waagerechte Viererreihen gleichzeitig aufleuchtender Lampen zu reagieren. Unter Testbedingungen wird generell nicht am APG 2 trainiert.

Die Trainings 1A - 1D werden bei eingeschalteter Raumbeleuchtung, das Training 2A bei verdunkeltem Raum durchgeführt.

Abbildungsverzeichnis und Legenden fuer Teil II.:

Koordinierte Kopf-Augen-BLICKableitungen

1. Tabelle der bisher untersuchten Patienten mit klinischen Daten und Seite der Hemianopsie.
2. Mittelwertvergleiche der Blick-Sakkaden-Haeufigkeit per Seite vor und nach Therapie der Pat. im Vergleich zum Gesunden.
3. Ergebnisbeispiele von Gesunden Probanden fuer die verwendeten Verkehrssituationsbilder mit Scan-Path-Blickbewegungen (links) und Statistiken der Auge-Kopf-Blick- Sakkaden (horizontal).
Blick-Amplituden/Zeit-Funktionen fuer die abgebildeten Bilder.
4. Entsprechende Ergebnisbeispiele wie 3. fuer einen Patienten mit Hemianopsie nach rechts.

Liste von untersuchten Probanden und Patienten

Nr.	Proband/in	Alter	Geschlecht
1	VP730510	24	m
2	VP300000	30	w
3	VP640122	34	m
4	VP611021	36	m
5	VP550204	43	m
6	VP530523	44	m
7	VP500219	48	m
8	VP480000	48	w
9	VP381121	58	w

Nr.	Patient/in	Alter	Geschlecht	Diagnose	Gesichtsfeldausfall	Dauer des Bestehens	Vorheriges Training	Subjektive Beeinträchtigung	Fahren eines Fahrzeuges	Neuropsychologische Ausfälle	Sonstiges
1.	tl620421	35	w	Z.n. Polytrauma mit SHT (04.1997)	Homonyme Hemianopsie nach re.	7 Monate	nein	ja	nein		
2.	tl600215	37	m	Posteriorinfarkt re. am 16.09.1996	Homonymer Quadrantenausfall nach li. oben Hemianopsie nach re. (270-360°)	1 Jahr und Monat	nein	gering	ja	o.p.B.	
3.	js590813	38	w	Z.n. Subarachnoidalblutung bei Angiomektomie mit nachfolgender Angiomektomie parieto-occipital li. (05.02.1996)	Homonyme Hemianopsie nach re.	ca 2 Jahre Monate	ja, zuletzt vor 1 Jahr 3 Monate	gering	nein	Leichte Aufmerksamkeits- und Gedächtnisdefizite	Aphasie und Sprechapraxie
4.	sh470529	50	m	Rez. Hirninfarkte li. (1989,1990,1996)	Homonyme Hemianopsie nach re. (0-145°)	8 Jahre	ja	gering	ja	o.p.B.	
5.	wj421222	55	w	Z.n. stereotaktischer Exzipation eines Angioms re. parieto-occipital (24.02.1997)	Homonyme Hemianopsie nach li.	seit Jahren (Subjektiv ohne postoperative Verschlechterung)	nein	minimal, bewußt seit augenärztlicher Untersuchung im Dezember 1996	ja	o.p.B.	

Ergebnisse aus den Untersuchungen mit Ableitung der koordinierten Kopf-Augen-Blick-Sakkaden bei Betrachtung von 11 typischen Verkehrsszenen und Suchaufgaben.

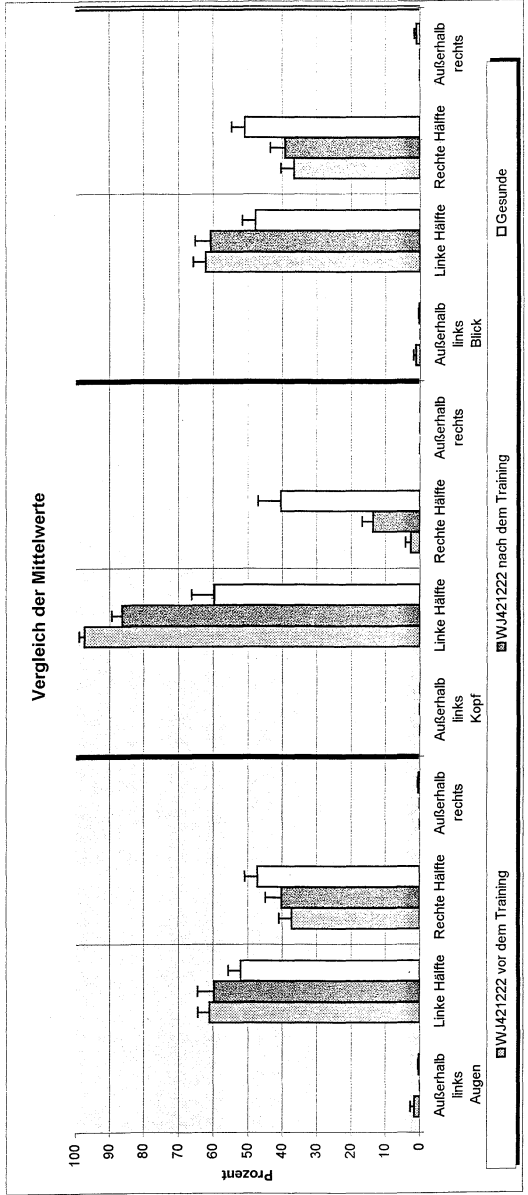
Gegenueber den Gesunden (s.II., 2,3.) zeigen die Hemianopsie Patienten bei diesem koordinierten Ableitungsmodus als Effekt der Therapie eine deutliche Zunahme der Blicksakkaden im blinden Halbfeld (BHF). Dies drueckt sich am deutlichsten in einer beinahe Verdoppelung der Blicksakkaden ins BHF zB. bei WJ aus, oder - etwas weniger deutlich - bei JS und TH mit einer Zunahme der Kopfrotationen ins BHF. Es kann aber auch zu einer voelligen Umkehrung der Haeufigkeit von Kopfsakkaden ins BHF kommen (TJ), weg vom sehenden Halbfeld. Schliesslich findet sich auch ein nicht eindeutig quantifizierbarer Effekt auf die Blick-Sakkaden Haeufigkeit (SH). Insgesamt entsprechen diese Befunde denen von Ableitungen bei immobilisiertem Kopf wie in Teil I. wiedergegeben. Allerdings steigt die Variationsbreite, welcher Anteil der vermehrten Blickausfuehrung zum BHF bevorzugt eingesetzt wird. Dies erinnert an die diesbezieglich am besten adaptierten Hemianopsiepatienten, naemlich mit angeborenen Hemianopsien (Zangemeister et al. 1982), die haeufig bevorzugt Kopfwendungen fuer Blicksakkaden einsetzen und auf diese Weise zu einer Optimierung ihrer Situation kommen.

Die Scanpath Beispiele der Verkehrssituationsbilder mit den nebenstehenden dazugehoerigen Verteilungen der Blicksakkaden (Abb.3,4) geben direkten Aufschluss ueber die symmetrische Verteilung der Blicksakkaden bei Gesunden, ebenso wie die hieran anschliessenden farbigen Amplituden-Zeit Diagramme hierfuer: Diese bewegen sich naemlich entsprechend symmetrisch um den Nullpunkt der Amplitude.

Demgegenueber zeigt das Patientenbeispiel (WJ) mit dem BHF nach rechts vor dem Training eine hochgradige Haeufung von Blicksakkaden nur im linken, sehenden Halbfeld. Nach dem Training findet sich eine beinahe normale, symmetrische Verteilung aller Blicksakkaden, was sich ebenso in den Amplituden-Zeit Diagrammen widerspiegelt.

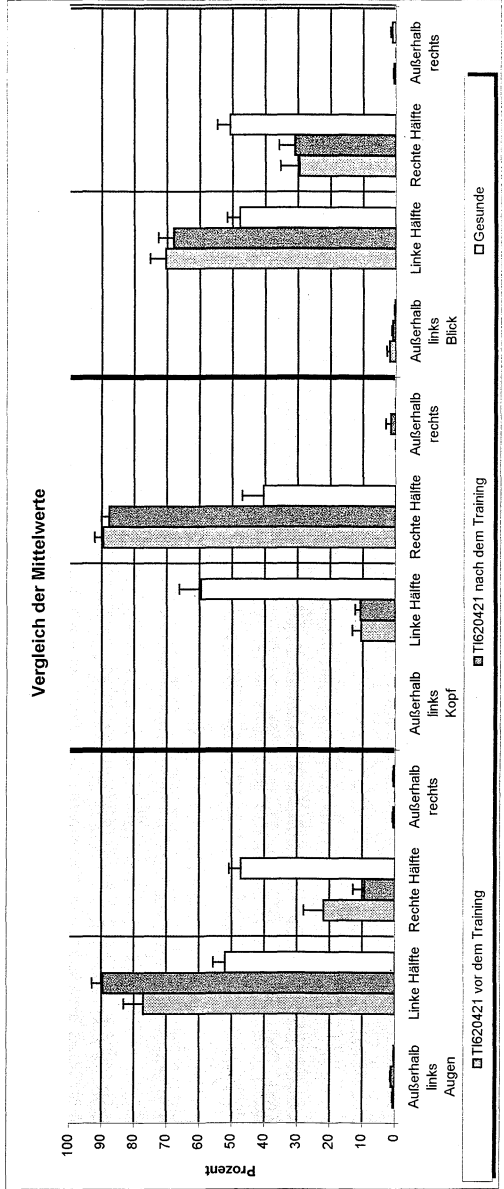
Horizontale Bewegungen

	Augen				Kopf				Blick			
	Außenhalb		Innenhalb		Außenhalb		Innenhalb		Außenhalb		Innenhalb	
	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts
WJ421222 vor dem Training	1,7	61,0	37,3	0	0	97,4	2,6	0	1,2	62,2	36,6	0
Mittelwert	3,7	11,4	12,6	0	0	5,2	5,2	0	2,5	12,5	13,5	0
Standardabweichung	1,1	3,3	3,6	0	0	1,5	1,5	0	0,7	3,6	3,9	0
Standardfehler												
WJ421222 nach dem Training	0	59,8	40,2	0	0	86,3	13,7	0	0	60,8	39,2	0
Mittelwert	0	16,3	16,3	0	0	10,6	10,6	0	0	14,8	14,8	0
Standardabweichung	0	4,7	4,7	0	0	3,1	3,1	0	0	4,3	4,3	0
Standardfehler												
Gesunde	0,3	52,0	47,3	0,4	0	59,6	40,4	0	0,3	47,8	50,8	1,1
Mittelwert	1,1	19,0	19,2	1,2	0	34,6	34,6	0	1,1	19,3	19,3	2,7
Standardabweichung	0,1	1,8	1,8	0,1	0	3,3	3,3	0	0,1	1,9	1,9	0,3
Standardfehler												



Horizontale Bewegungen

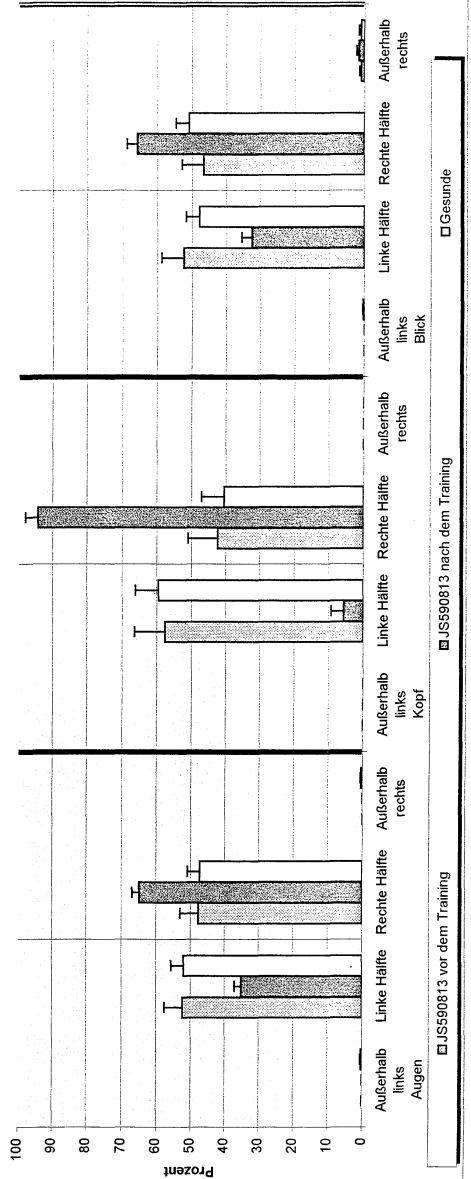
	Augen			Kopf			Blick					
	Außenhalb links	Rechte Hälfte	Außenhalb rechts	Außenhalb links	Rechte Hälfte	Außenhalb rechts	Außenhalb links	Rechte Hälfte	Außenhalb rechts			
TI620421 vor dem Training	0,6	77,2	21,7	0,6	0	10,5	89,5	0	1,9	70,5	29,6	0,6
Standardabweichung	0,8	20,8	21,0	0,7	0	9,4	9,4	0	3,0	16,4	20,0	0,7
Standardfehler	0,2	6,0	6,1	0,2	0	2,7	2,7	0	0,9	4,7	5,8	0,2
TI620421 nach dem Training	1,1	89,5	9,3	0	0	10,7	87,8	1,5	1,0	68,1	30,9	0
Standardabweichung	0,9	11,8	12,0	0	0	5,6	8,1	5,2	1,0	16,3	16,7	0
Standardfehler	0,3	3,4	3,5	0	0	1,6	2,3	1,5	0,3	4,7	4,8	0
Gesunde	0,3	52,0	47,3	0,4	0	59,6	40,4	0	0,3	47,8	50,8	1,1
Standardabweichung	1,1	19,0	19,2	1,2	0	34,6	34,6	0	1,1	19,3	19,3	2,7
Standardfehler	0,1	1,8	1,8	0,1	0	3,3	3,3	0	0,1	1,9	1,9	0,3



Horizontale Bewegungen

	Augen				Kopf				Blick							
	Außenhal b links	Rechte Hälfte	Außenhal b rechts	Außenhal b links	Rechte Hälfte	Außenhal b rechts	Rechte Hälfte	Außenhal b links	Rechte Hälfte	Außenhal b rechts	Rechte Hälfte	Außenhal b links	Rechte Hälfte	Außenhal b rechts		
	JS590813 vor dem Training	0	52,3	47,7	0	0	57,7	42,3	0	0	52,4	46,7	0,9	0	22,2	21,7
Standardabweichung	0	18,5	18,5	0	0	30,0	30,0	0	0	22,2	21,7	1,7	0	6,4	6,3	0,5
Standardfehler	0	5,3	5,3	0	0	8,7	8,7	0	0	6,4	6,3	0,5	0	2,0	1,9	0,1
JS590813 nach dem Training	0	35,0	65,0	0	0	5,7	94,3	0	0	32,5	65,9	1,6	0	10,6	10,1	2,1
Standardabweichung	0	7,0	7,0	0	0	2,4	12,4	0	0	3,0	2,9	0,6	0	3,0	2,9	0,6
Standardfehler	0	2,0	2,0	0	0	3,6	3,6	0	0	0,3	0,3	0,1	0	0,8	0,8	0,1
Gesunde	0,3	52,0	47,3	0,4	0	59,6	40,4	0	0	47,8	50,8	1,1	0,3	19,3	19,3	2,7
Standardabweichung	1,1	19,0	19,2	1,2	0	34,6	34,6	0	1,1	19,3	19,3	2,7	0,1	6,4	6,4	0,9
Standardfehler	0,1	1,8	1,8	0,1	0	3,3	3,3	0	0,1	1,9	1,9	0,3	0,1	2,0	2,0	0,3

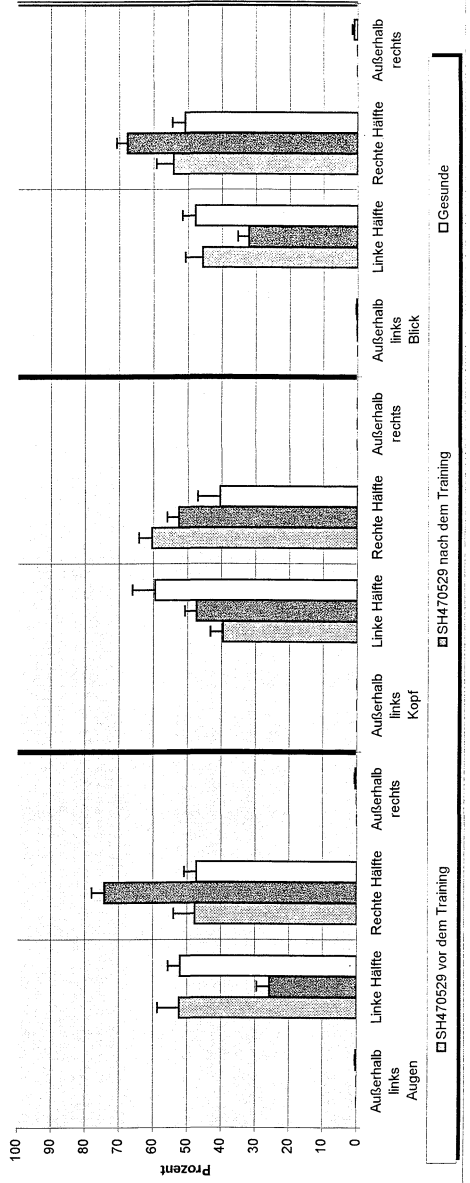
Vergleich der Mittelwerte



Horizontale Bewegungen

	Augen			Kopf			Blick			
	Außenhalb links	Rechte Hälfte	Außenhalb rechts	Außenhalb links	Rechte Hälfte	Außenhalb rechts	Außenhalb links	Rechte Hälfte	Außenhalb rechts	
SH470529 vor dem Training	0	52,4	47,6	0	39,5	60,5	0	45,7	54,3	0
Standardabweichung	0	21,8	21,8	0	13,1	13,1	0	17,3	17,3	0
Standardfehler	0	6,3	6,3	0	3,8	3,8	0	5,0	5,0	0
SH470529 nach dem Training	0	25,7	74,2	0	47,4	52,7	0	32,2	67,8	0
Standardabweichung	0,1	12,9	12,8	0	11,7	11,7	0	10,9	10,9	0
Standardfehler	0	3,7	3,7	0	3,4	3,4	0	3,1	3,1	0
(Gesunde)	0,3	52,0	47,3	0,4	59,6	40,4	0,3	47,8	50,8	1,1
Standardabweichung	1,1	19,0	19,2	1,2	34,6	34,6	0	19,3	19,3	2,7
Standardfehler	0,1	1,8	1,8	0,1	3,3	3,3	0	1,9	1,9	0,3

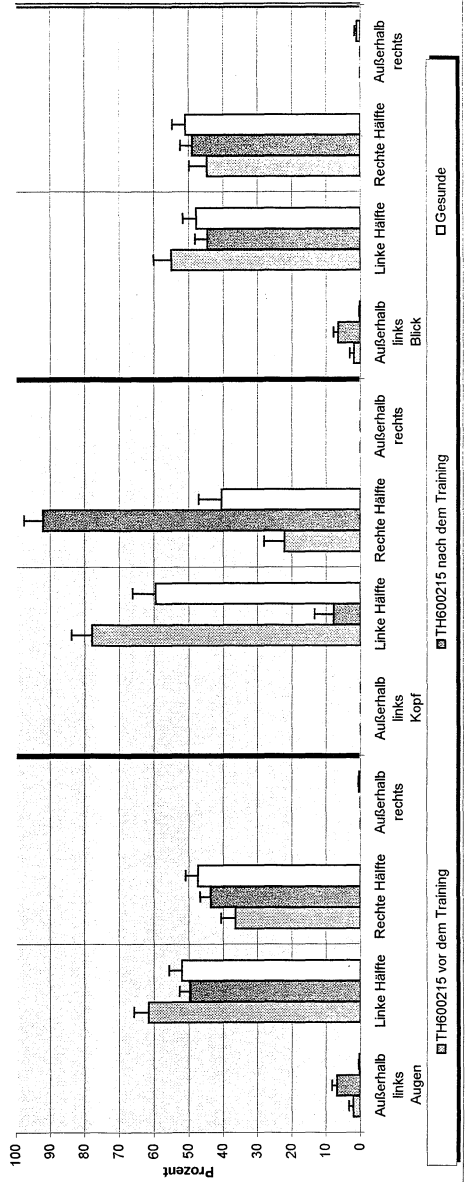
Vergleich der Mittelwerte



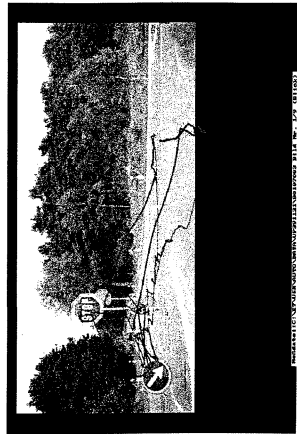
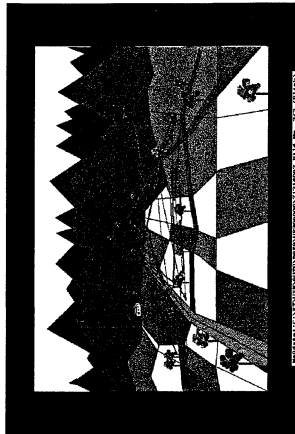
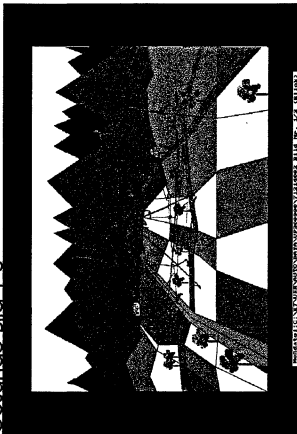
Horizontale Bewegungen

	Augen						Kopf						Blick					
	Außenhalb links		Rechte Hälfte		Außenhalb rechts		Außenhalb links		Rechte Hälfte		Außenhalb rechts		Außenhalb links		Rechte Hälfte		Außenhalb rechts	
	Mittelwert	Standardabweichung	Mittelwert	Standardabweichung	Mittelwert	Standardabweichung	Mittelwert	Standardabweichung	Mittelwert	Standardabweichung	Mittelwert	Standardabweichung	Mittelwert	Standardabweichung	Mittelwert	Standardabweichung	Mittelwert	Standardabweichung
TH600215 vor dem Training	2,0	61,5	36,4	0	0	77,9	22,1	0	1,9	55,1	44,7	0	0	0	0	0	0	0
TH600215 nach dem Training	4,2	14,6	14,7	0	0	20,5	20,5	0	4,1	17,7	17,5	0	0	0	0	0	0	0
Gesunde	1,2	4,2	4,2	0	0	5,9	5,9	0	1,2	5,1	5,1	0	0	0	0	0	0	0
TH600215 vor dem Training	6,8	49,6	43,6	0	0	7,8	92,2	0	6,6	44,6	48,9	0	0	0	0	0	0	0
TH600215 nach dem Training	4,9	10,9	10,6	0	0	19,0	19,0	0	4,6	12,3	12,1	0	0	0	0	0	0	0
Gesunde	1,4	3,1	3,1	0	0	5,5	5,5	0	1,3	3,6	3,5	0	0	0	0	0	0	0
TH600215 vor dem Training	0,3	52,0	47,3	0,4	0	59,6	40,4	0	0,3	47,8	50,8	1,1	0	0	0	0	0	0
TH600215 nach dem Training	1,09	19,0	19,2	1,2	0	34,6	34,6	0	1,1	19,3	19,3	2,7	0	0	0	0	0	0
Gesunde	0,1	1,8	1,8	0,1	0	3,3	3,3	0	0,1	1,9	1,9	0,3	0	0	0	0	0	0

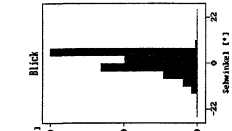
Vergleich der Mittelwerte



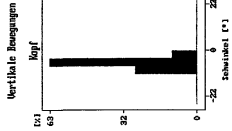
Gesunde Bild 1-3



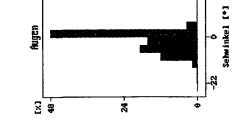
3. NORMAL-PROBAND: BILD 1 - 12



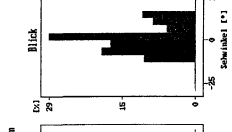
Unterschied unten: 0,0 X
Unterschied Mitte: 49,6 X
Unterschied oben: 0,0 X



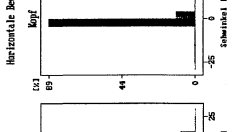
Unterschied unten: 0,0 X
Unterschied Mitte: 49,6 X
Unterschied oben: 0,0 X



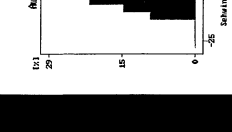
Unterschied unten: 0,0 X
Unterschied Mitte: 51,4 X
Unterschied oben: 0,0 X



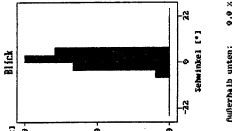
Unterschied links: 0,0 X
Unterschied Mitte: 49,6 X
Unterschied rechts: 0,0 X



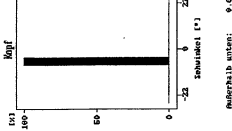
Unterschied links: 0,0 X
Unterschied Mitte: 50,0 X
Unterschied rechts: 0,0 X



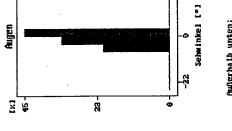
Unterschied links: 0,0 X
Unterschied Mitte: 57,7 X
Unterschied rechts: 0,0 X



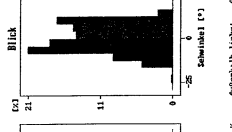
Unterschied unten: 0,0 X
Unterschied Mitte: 29,2 X
Unterschied oben: 0,0 X



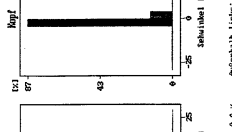
Unterschied unten: 0,0 X
Unterschied Mitte: 49,6 X
Unterschied oben: 0,0 X



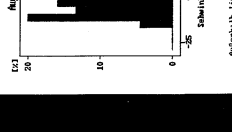
Unterschied unten: 0,0 X
Unterschied Mitte: 54,4 X
Unterschied oben: 0,0 X



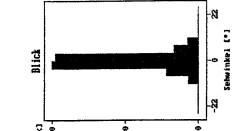
Unterschied links: 0,0 X
Unterschied Mitte: 52,0 X
Unterschied rechts: 0,0 X



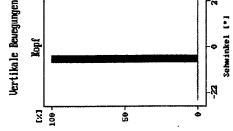
Unterschied links: 0,0 X
Unterschied Mitte: 57,0 X
Unterschied rechts: 0,0 X



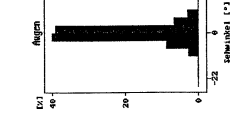
Unterschied links: 0,0 X
Unterschied Mitte: 56,4 X
Unterschied rechts: 0,0 X



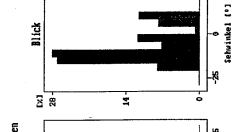
Unterschied unten: 0,0 X
Unterschied Mitte: 51,6 X
Unterschied oben: 0,0 X



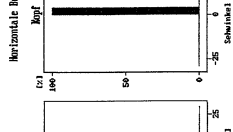
Unterschied unten: 0,0 X
Unterschied Mitte: 50,0 X
Unterschied oben: 0,0 X



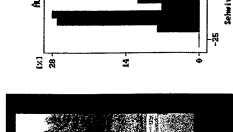
Unterschied unten: 0,0 X
Unterschied Mitte: 51,6 X
Unterschied oben: 0,0 X



Unterschied links: 0,0 X
Unterschied Mitte: 50,0 X
Unterschied rechts: 0,0 X



Unterschied links: 0,0 X
Unterschied Mitte: 50,0 X
Unterschied rechts: 0,0 X

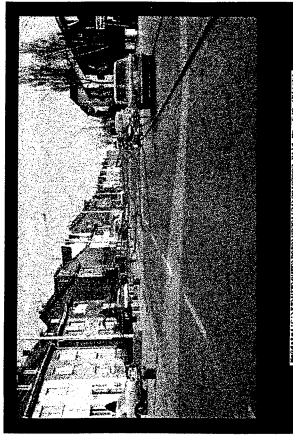


Unterschied links: 0,0 X
Unterschied Mitte: 59,2 X
Unterschied rechts: 0,0 X

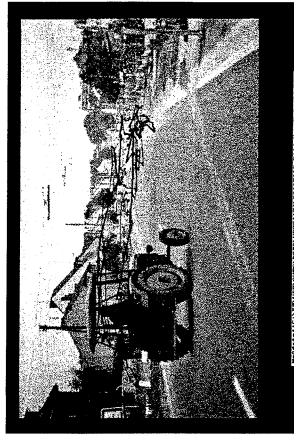
Gesunde Bild 4-6



PROJEKT LEITUNG: UNIVERSITÄT WÜRZBURG, INSTITUT FÜR VISUELLE ERGONOMIE, 81148 WÜRZBURG, 01121030

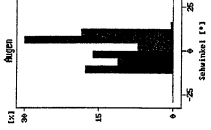


PROJEKT LEITUNG: UNIVERSITÄT WÜRZBURG, INSTITUT FÜR VISUELLE ERGONOMIE, 81148 WÜRZBURG, 01121030

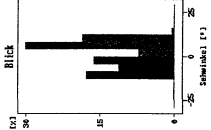


PROJEKT LEITUNG: UNIVERSITÄT WÜRZBURG, INSTITUT FÜR VISUELLE ERGONOMIE, 81148 WÜRZBURG, 01121030

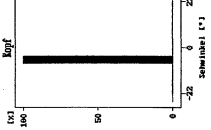
Horizontale Bewegungen



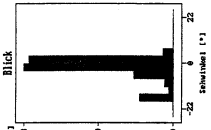
Außenhalb links: 0,0 X
Innenhalb links: 65,5 X
Rechts: 0,0 X
Rechts: 65,5 X
Außenhalb rechts: 0,0 X
Innenhalb rechts: 0,0 X



Außenhalb links: 0,0 X
Innenhalb links: 55,5 X
Rechts: 0,0 X
Rechts: 55,5 X
Außenhalb rechts: 0,0 X
Innenhalb rechts: 0,0 X

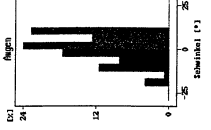


Außenhalb unten: 0,0 X
Innenhalb unten: 59,5 X
Obere Hälfte: 0,0 X
Obere Hälfte: 59,5 X
Außenhalb oben: 0,0 X
Innenhalb oben: 0,0 X

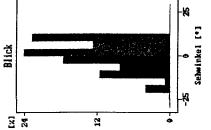


Außenhalb unten: 0,0 X
Innenhalb unten: 59,5 X
Obere Hälfte: 0,0 X
Obere Hälfte: 59,5 X
Außenhalb oben: 0,0 X
Innenhalb oben: 0,0 X

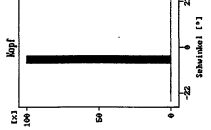
Horizontale Bewegungen



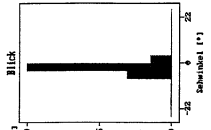
Außenhalb links: 0,0 X
Innenhalb links: 59,5 X
Rechts: 0,0 X
Rechts: 59,5 X
Außenhalb rechts: 0,0 X
Innenhalb rechts: 0,0 X



Außenhalb links: 0,0 X
Innenhalb links: 49,5 X
Rechts: 0,0 X
Rechts: 49,5 X
Außenhalb rechts: 0,0 X
Innenhalb rechts: 0,0 X

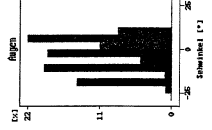


Außenhalb unten: 0,0 X
Innenhalb unten: 59,5 X
Obere Hälfte: 0,0 X
Obere Hälfte: 59,5 X
Außenhalb oben: 0,0 X
Innenhalb oben: 0,0 X

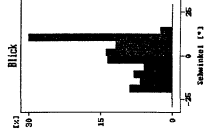


Außenhalb unten: 0,0 X
Innenhalb unten: 59,5 X
Obere Hälfte: 0,0 X
Obere Hälfte: 59,5 X
Außenhalb oben: 0,0 X
Innenhalb oben: 0,0 X

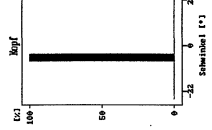
Horizontale Bewegungen



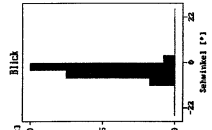
Außenhalb links: 0,0 X
Innenhalb links: 49,5 X
Rechts: 0,0 X
Rechts: 49,5 X
Außenhalb rechts: 0,0 X
Innenhalb rechts: 0,0 X



Außenhalb links: 0,0 X
Innenhalb links: 42,5 X
Rechts: 0,0 X
Rechts: 42,5 X
Außenhalb rechts: 0,0 X
Innenhalb rechts: 0,0 X



Außenhalb unten: 0,0 X
Innenhalb unten: 44,0 X
Obere Hälfte: 0,0 X
Obere Hälfte: 44,0 X
Außenhalb oben: 0,0 X
Innenhalb oben: 0,0 X

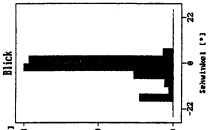


Außenhalb unten: 0,0 X
Innenhalb unten: 44,0 X
Obere Hälfte: 0,0 X
Obere Hälfte: 44,0 X
Außenhalb oben: 0,0 X
Innenhalb oben: 0,0 X

Vertikale Bewegungen

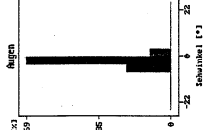


Außenhalb unten: 0,0 X
Innenhalb unten: 59,5 X
Obere Hälfte: 0,0 X
Obere Hälfte: 59,5 X
Außenhalb oben: 0,0 X
Innenhalb oben: 0,0 X

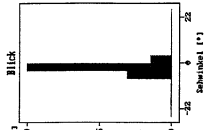


Außenhalb unten: 0,0 X
Innenhalb unten: 59,5 X
Obere Hälfte: 0,0 X
Obere Hälfte: 59,5 X
Außenhalb oben: 0,0 X
Innenhalb oben: 0,0 X

Vertikale Bewegungen

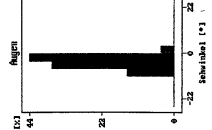


Außenhalb unten: 0,0 X
Innenhalb unten: 59,5 X
Obere Hälfte: 0,0 X
Obere Hälfte: 59,5 X
Außenhalb oben: 0,0 X
Innenhalb oben: 0,0 X

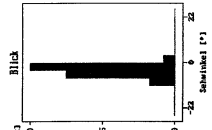


Außenhalb unten: 0,0 X
Innenhalb unten: 59,5 X
Obere Hälfte: 0,0 X
Obere Hälfte: 59,5 X
Außenhalb oben: 0,0 X
Innenhalb oben: 0,0 X

Vertikale Bewegungen



Außenhalb unten: 0,0 X
Innenhalb unten: 100,0 X
Obere Hälfte: 0,0 X
Obere Hälfte: 100,0 X
Außenhalb oben: 0,0 X
Innenhalb oben: 0,0 X

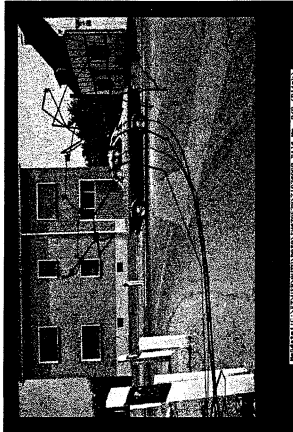


Außenhalb unten: 0,0 X
Innenhalb unten: 69,0 X
Obere Hälfte: 0,0 X
Obere Hälfte: 69,0 X
Außenhalb oben: 0,0 X
Innenhalb oben: 0,0 X

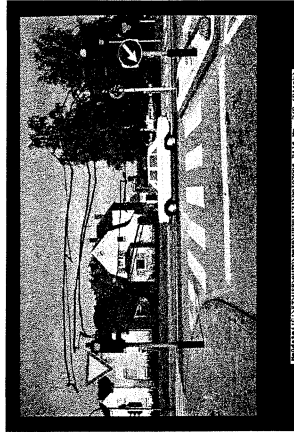
Gesunde Bild 7-9



PROJEKTLEITER: N. VOLLHARDT, UNIVERSITÄT DUISBURG ESSEN, UNIVERSITÄT WÜRZBURG, BILD Nr. 209, 03/1993

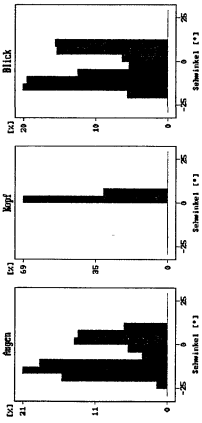


PROJEKTLEITER: N. VOLLHARDT, UNIVERSITÄT DUISBURG ESSEN, UNIVERSITÄT WÜRZBURG, BILD Nr. 209, 03/1993



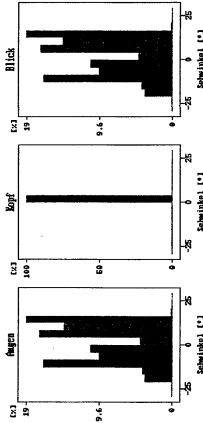
PROJEKTLEITER: N. VOLLHARDT, UNIVERSITÄT DUISBURG ESSEN, UNIVERSITÄT WÜRZBURG, BILD Nr. 209, 03/1993

Horizontale Bewegungen



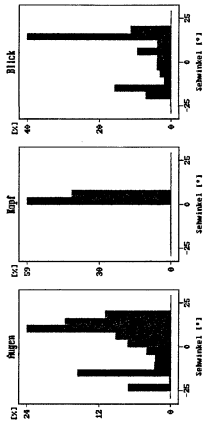
Augen
Anderhalb unten: 0,9 %
Anderhalb oben: 0,9 %
Linke Hälfte: 35,5 %
Rechte Hälfte: 35,5 %
Anderhalb rechts: 0,9 %
Anderhalb links: 0,9 %
100,0 %
Blick
Anderhalb unten: 0,0 %
Anderhalb oben: 0,0 %
Linke Hälfte: 37,2 %
Rechte Hälfte: 37,2 %
Anderhalb rechts: 0,0 %
Anderhalb links: 0,0 %

Horizontale Bewegungen



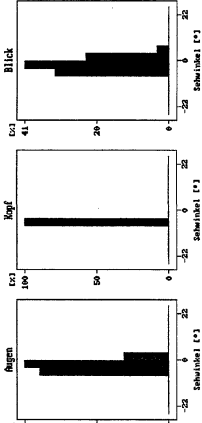
Augen
Anderhalb unten: 0,9 %
Anderhalb oben: 0,9 %
Linke Hälfte: 44,9 %
Rechte Hälfte: 44,9 %
Anderhalb rechts: 0,9 %
Anderhalb links: 0,9 %
100,0 %
Blick
Anderhalb unten: 0,0 %
Anderhalb oben: 0,0 %
Linke Hälfte: 55,4 %
Rechte Hälfte: 55,4 %
Anderhalb rechts: 0,0 %
Anderhalb links: 0,0 %

Horizontale Bewegungen



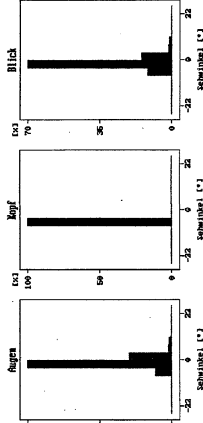
Augen
Anderhalb unten: 0,0 %
Anderhalb oben: 0,0 %
Linke Hälfte: 21,7 %
Rechte Hälfte: 21,7 %
Anderhalb rechts: 0,0 %
Anderhalb links: 0,0 %
100,0 %
Blick
Anderhalb unten: 0,0 %
Anderhalb oben: 0,0 %
Linke Hälfte: 21,3 %
Rechte Hälfte: 21,3 %
Anderhalb rechts: 0,0 %
Anderhalb links: 0,0 %

Vertikale Bewegungen



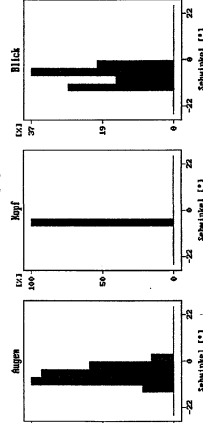
Augen
Anderhalb unten: 0,9 %
Anderhalb oben: 0,9 %
Obere Hälfte: 54,1 %
Untere Hälfte: 45,1 %
Anderhalb links: 0,9 %
Anderhalb rechts: 0,9 %
100,0 %
Blick
Anderhalb unten: 0,0 %
Anderhalb oben: 0,0 %
Obere Hälfte: 100,0 %
Untere Hälfte: 0,0 %
Anderhalb links: 0,0 %
Anderhalb rechts: 0,0 %

Vertikale Bewegungen

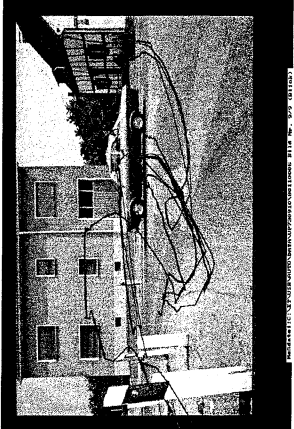
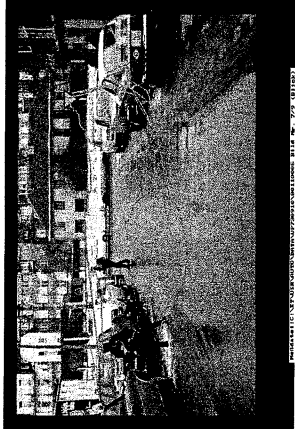
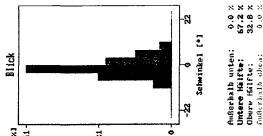
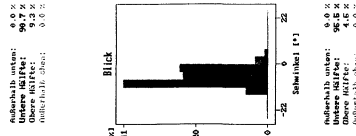
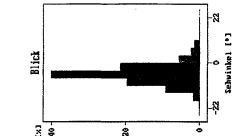
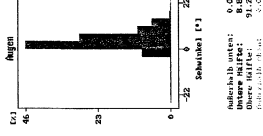
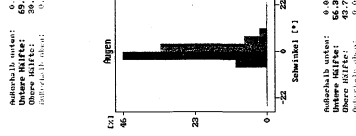
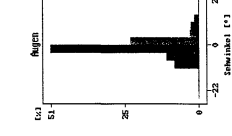
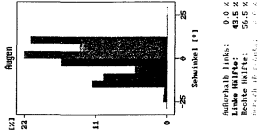
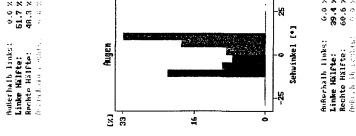
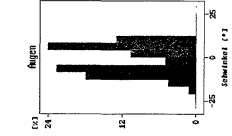
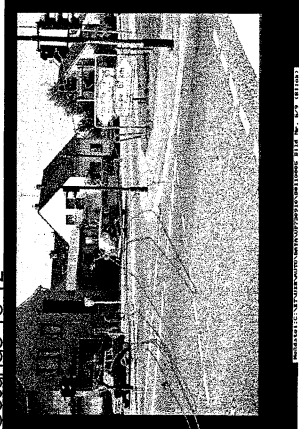


Augen
Anderhalb unten: 0,9 %
Anderhalb oben: 0,9 %
Obere Hälfte: 29,3 %
Untere Hälfte: 70,7 %
Anderhalb links: 0,9 %
Anderhalb rechts: 0,9 %
100,0 %
Blick
Anderhalb unten: 0,0 %
Anderhalb oben: 0,0 %
Obere Hälfte: 100,0 %
Untere Hälfte: 0,0 %
Anderhalb links: 0,0 %
Anderhalb rechts: 0,0 %

Vertikale Bewegungen



Augen
Anderhalb unten: 0,0 %
Anderhalb oben: 0,0 %
Obere Hälfte: 54,6 %
Untere Hälfte: 45,4 %
Anderhalb links: 0,0 %
Anderhalb rechts: 0,0 %
100,0 %
Blick
Anderhalb unten: 0,0 %
Anderhalb oben: 0,0 %
Obere Hälfte: 100,0 %
Untere Hälfte: 0,0 %
Anderhalb links: 0,0 %
Anderhalb rechts: 0,0 %



NORMAL-PROB.

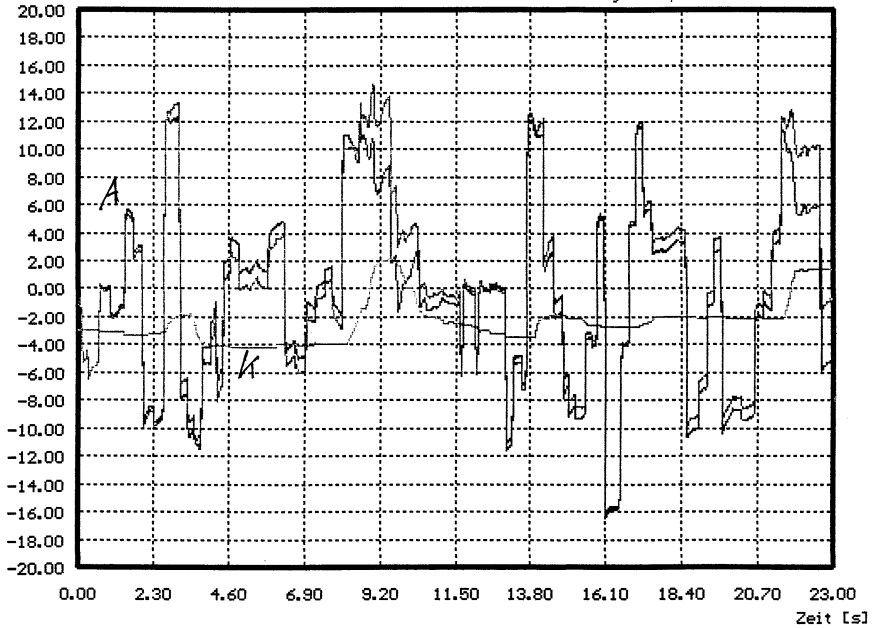
(UP300000)

14.12.97 12:31 C:\ET\STI\SEARCH1.BRF Horizontal

BILDA

Sehwinkel [°] [deg]

Augen Kopf Blick Stimulus



NORMAL - Pro.B.

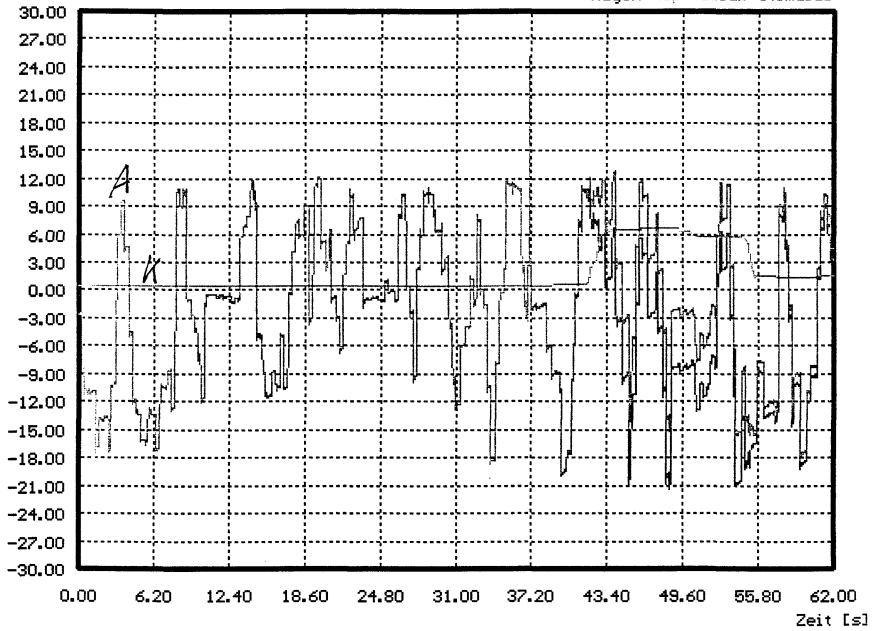
U777 (UP931121)

07.01.98 12:45 C:\ET\STI\U1.BRF Horizontal

BILD 3

Sehwinkel [°] [deg]

Augen Kopf Blick Stimulus



NORMAL-PROB.

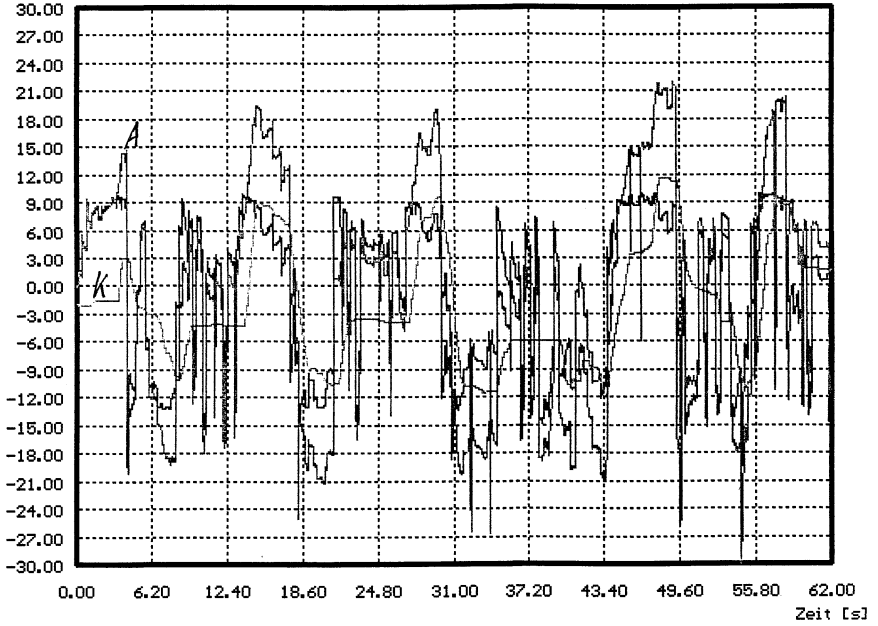
U5555 (UP730910)

10.01.98 16:20 C:\ET\STI\U2.BRF Horizontal

BILD 4

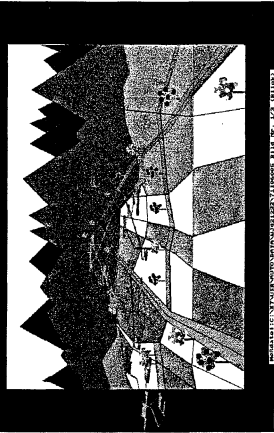
Sehwinkel [°] [deg]

Augen Kopf Blick Stimulus

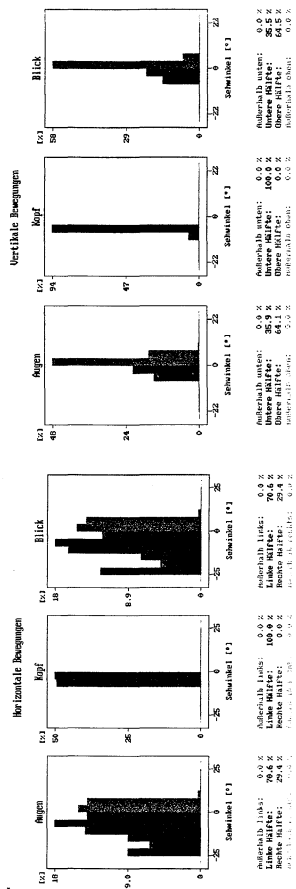


TWJ421222 Bild 1-3 vor dem Training

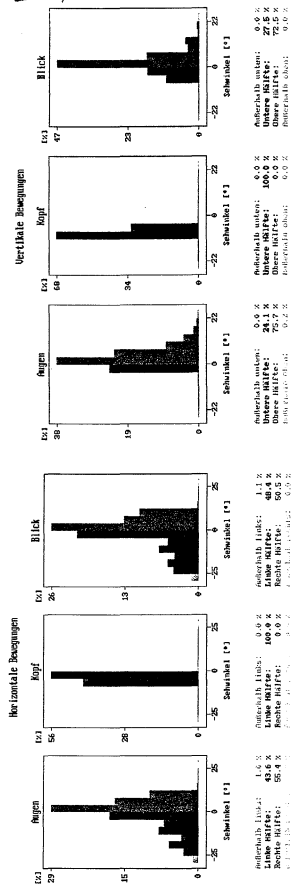
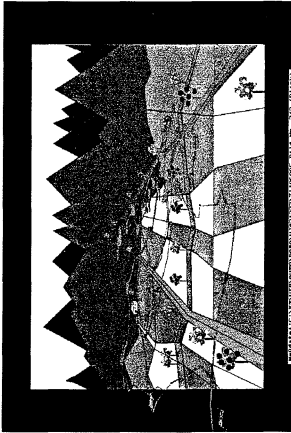
1



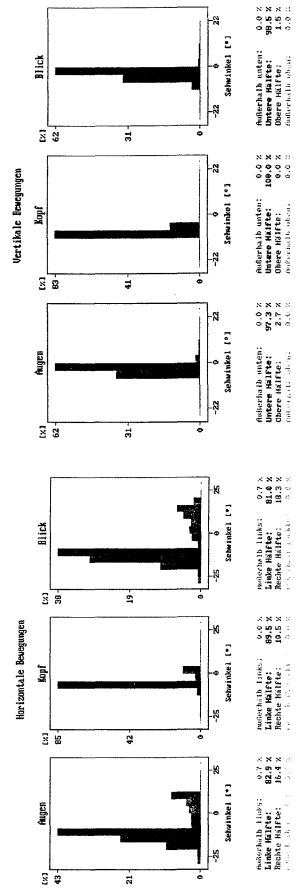
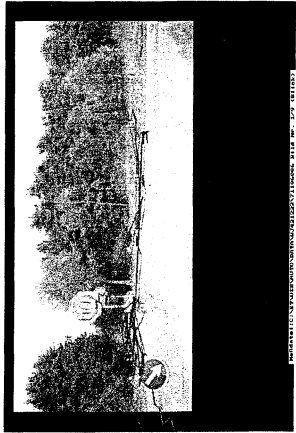
4. PATIENT, HEMIANSOPSE RE, VOR



2

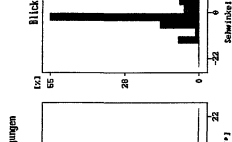
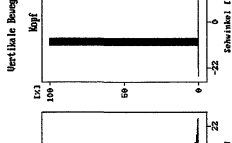
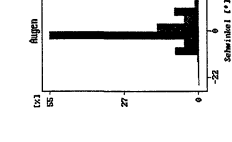
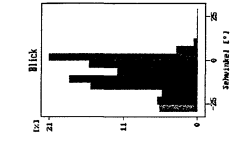
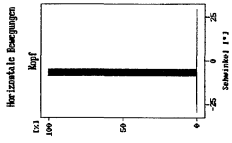
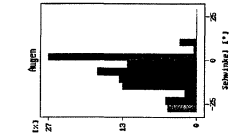


3

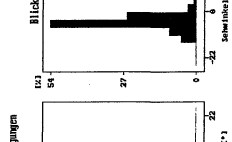
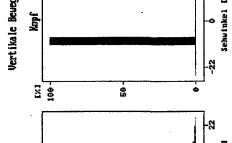
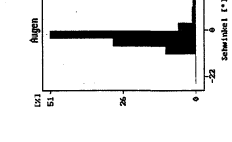
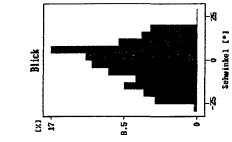
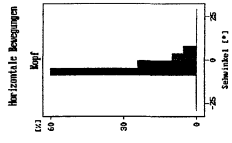
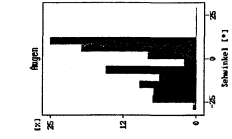
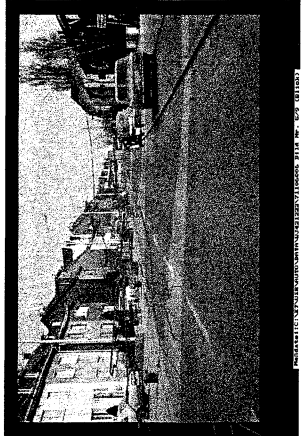


WJ421222 Bild 4-6 vor dem Training

4

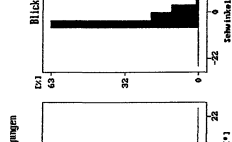
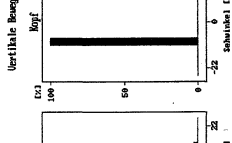
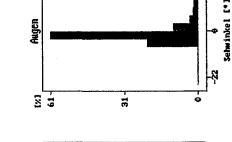
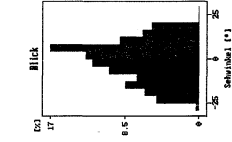
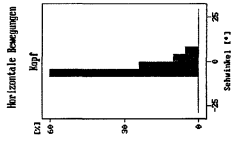
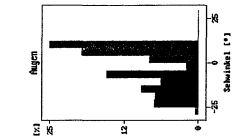


5



VOR

6



(NJ421222)

06.11.97 19:53 C:\NET\STI\SEARCH1.BRF Horizontal

Sehwinkel [°] [deg]

Augen Kopf Blick Stimulus

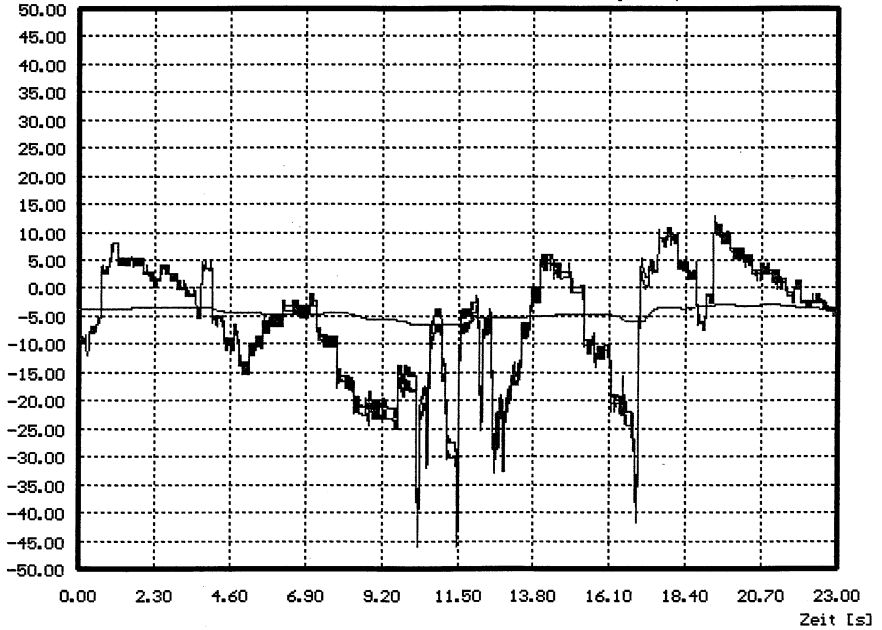


BILD 1 VOR

(WJ421222)

06.11.97 19:56 C:\NET\STI\U1.BRF Horizontal

Sehwinkel [°] [deg]

Augen Kopf Blick Stimulus

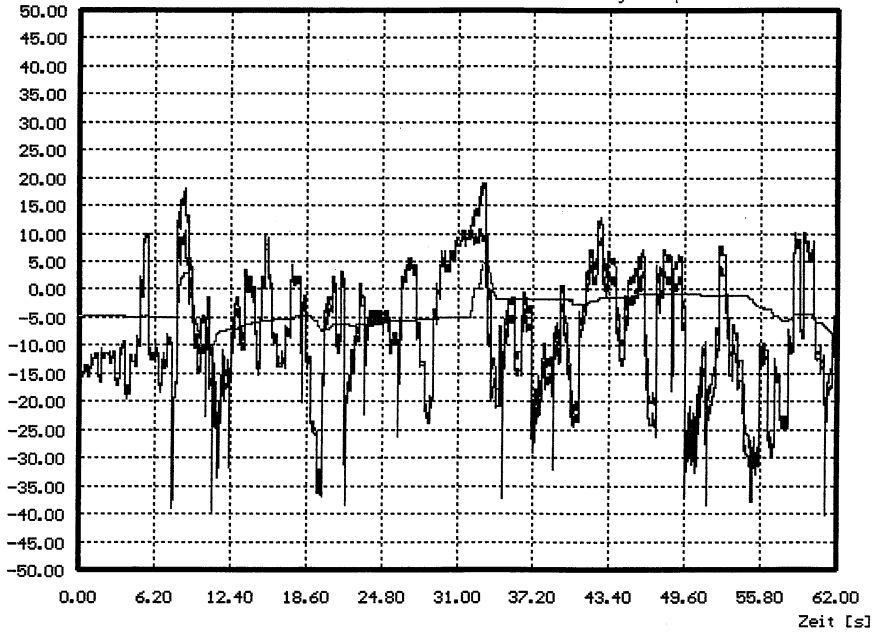


Bild 4 /OR

(WJ421222)

06.11.97 19:58 C:\ET\STI\U2.BRF Horizontal

Sehwinkel [°] [deg]

Augen Kopf Blick Stimulus

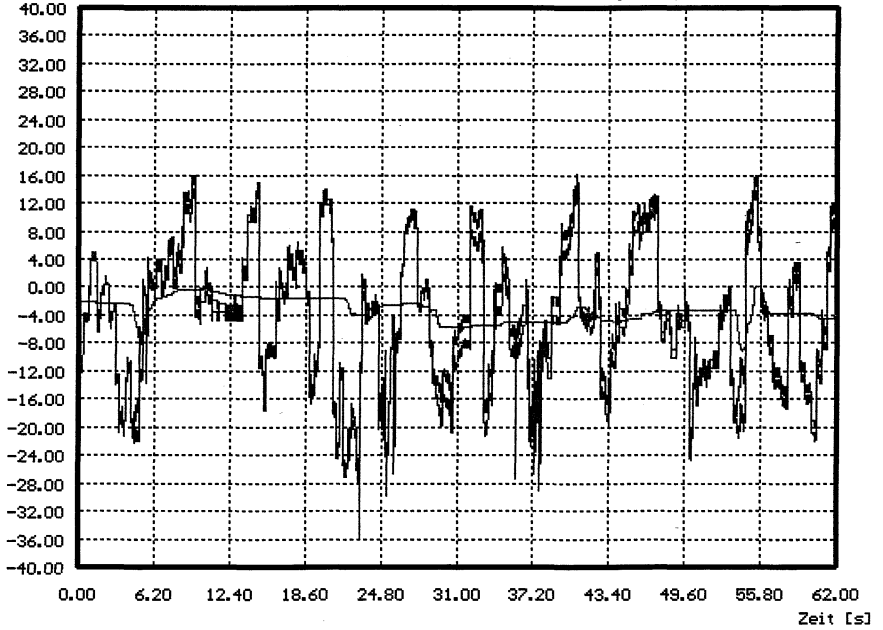
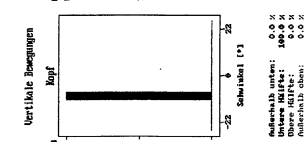
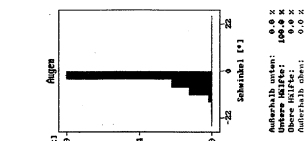
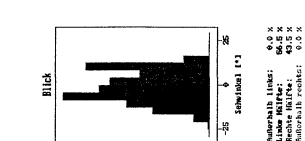
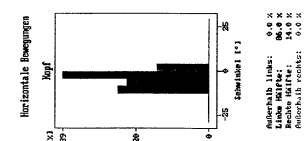
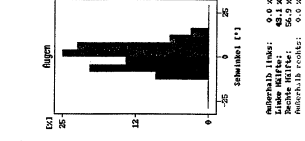
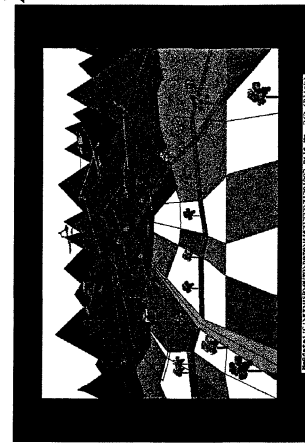
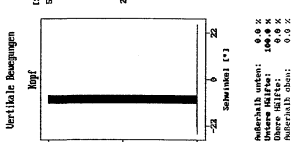
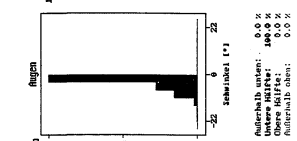
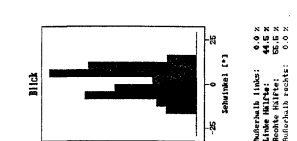
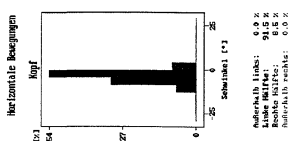
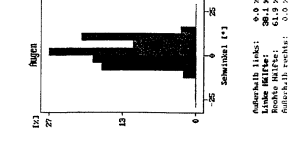
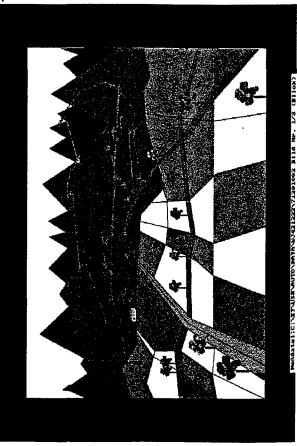
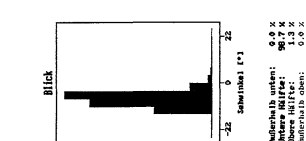
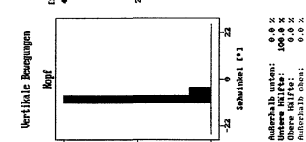
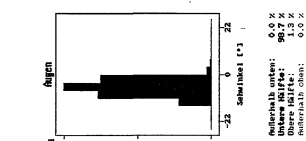
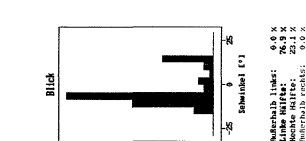
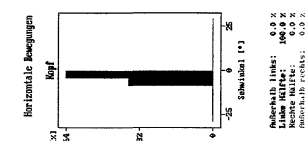
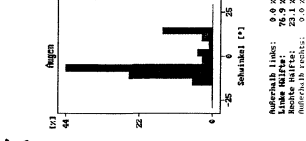
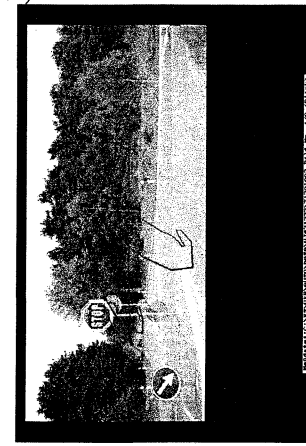


BILD 5 vor

WJ421222 Bild 1-3 nach dem Training



NACH



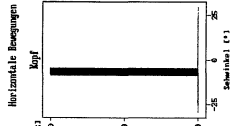
W1101222 Bild 4-6 nach dem Training



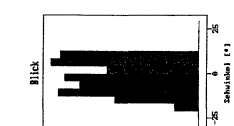
4



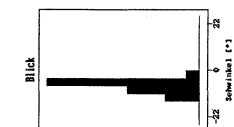
Ausdrucks links: 0.0 %
 Linke Hälfte: 56.0 %
 Rechte Hälfte: 0.0 %
 Ausdrucks rechts: 0.0 %



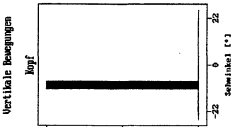
Ausdrucks links: 0.0 %
 Linke Hälfte: 100.0 %
 Rechte Hälfte: 0.0 %
 Ausdrucks rechts: 0.0 %



Ausdrucks links: 0.0 %
 Linke Hälfte: 55.0 %
 Rechte Hälfte: 43.0 %
 Ausdrucks rechts: 0.0 %

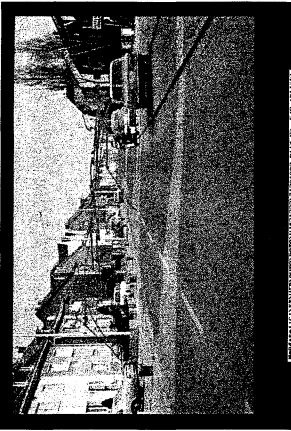


Ausdrucks unten: 0.0 %
 Untere Hälfte: 100.0 %
 Obere Hälfte: 0.0 %
 Ausdrucks oben: 0.0 %

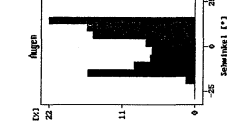


Ausdrucks unten: 0.0 %
 Untere Hälfte: 100.0 %
 Obere Hälfte: 0.0 %
 Ausdrucks oben: 0.0 %

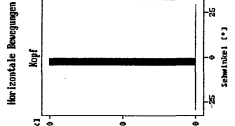
NACH



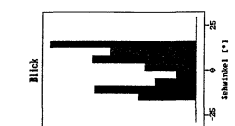
5



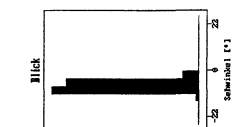
Ausdrucks links: 0.0 %
 Linke Hälfte: 39.5 %
 Rechte Hälfte: 60.5 %
 Ausdrucks rechts: 0.0 %



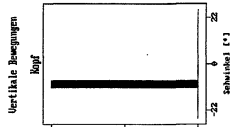
Ausdrucks links: 0.0 %
 Linke Hälfte: 100.0 %
 Rechte Hälfte: 0.0 %
 Ausdrucks rechts: 0.0 %



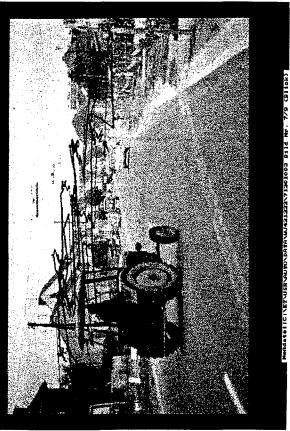
Ausdrucks links: 0.0 %
 Linke Hälfte: 38.1 %
 Rechte Hälfte: 61.9 %
 Ausdrucks rechts: 0.0 %



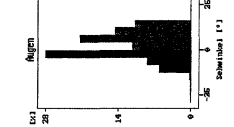
Ausdrucks unten: 0.0 %
 Untere Hälfte: 100.0 %
 Obere Hälfte: 0.0 %
 Ausdrucks oben: 0.0 %



Ausdrucks unten: 0.0 %
 Untere Hälfte: 100.0 %
 Obere Hälfte: 0.0 %
 Ausdrucks oben: 0.0 %



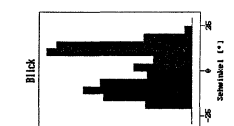
6



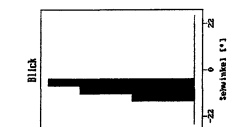
Ausdrucks links: 0.0 %
 Linke Hälfte: 67.0 %
 Rechte Hälfte: 33.0 %
 Ausdrucks rechts: 0.0 %



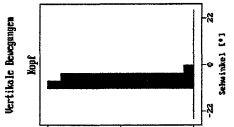
Ausdrucks links: 0.0 %
 Linke Hälfte: 76.5 %
 Rechte Hälfte: 23.5 %
 Ausdrucks rechts: 0.0 %



Ausdrucks links: 0.0 %
 Linke Hälfte: 46.5 %
 Rechte Hälfte: 53.5 %
 Ausdrucks rechts: 0.0 %



Ausdrucks unten: 0.0 %
 Untere Hälfte: 100.0 %
 Obere Hälfte: 0.0 %
 Ausdrucks oben: 0.0 %



Ausdrucks unten: 0.0 %
 Untere Hälfte: 100.0 %
 Obere Hälfte: 0.0 %
 Ausdrucks oben: 0.0 %

(UJ421222)

01.12.97 11:24 C:\NET\STI\SEARCH1.BRF Horizontal

Sehwinkel [°] [deg]

Augen Kopf Blick Stimulus

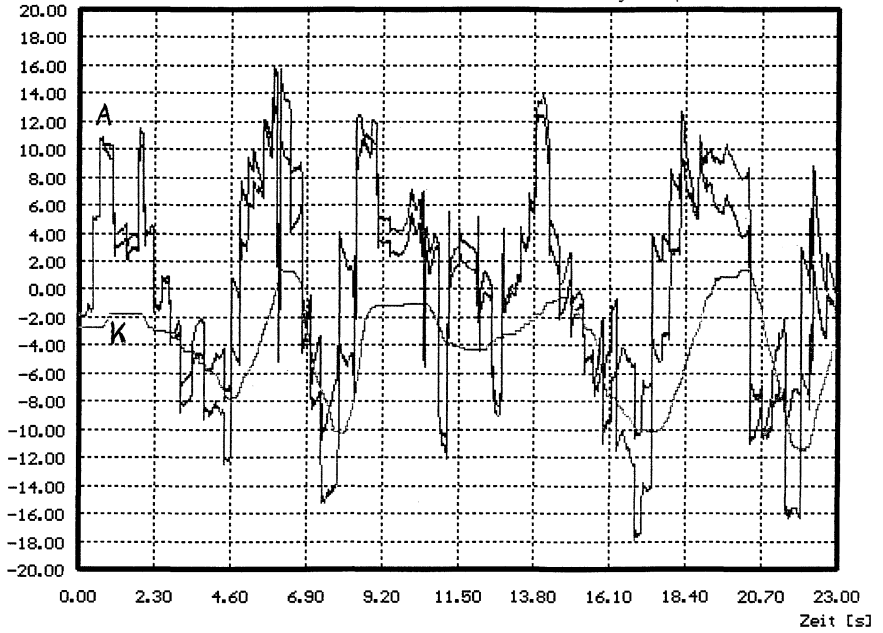


BILD 1 NACH

(WJ421222)

01.12.97 11:25 C:\NET\STIN\01.BRF Horizontal

Sehwinkel [°] [deg]

Augen Kopf Blick Stimulus

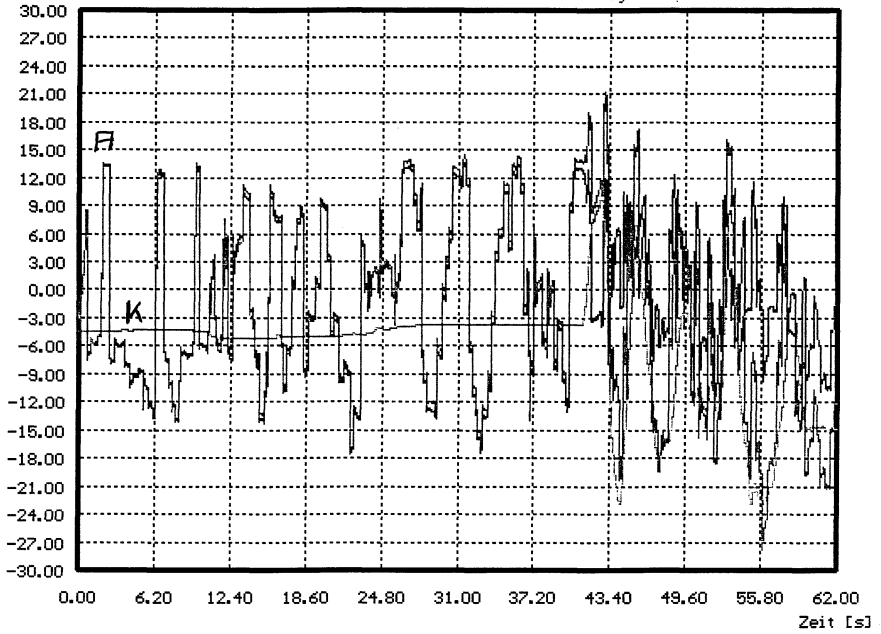


BILD 4 NACH

(WJ421222)

01.12.97 11:27 C:\ET\STI\W2.BRF Horizontal

Sehwinkel [°] [deg]

Augen Kopf Blick Stimulus

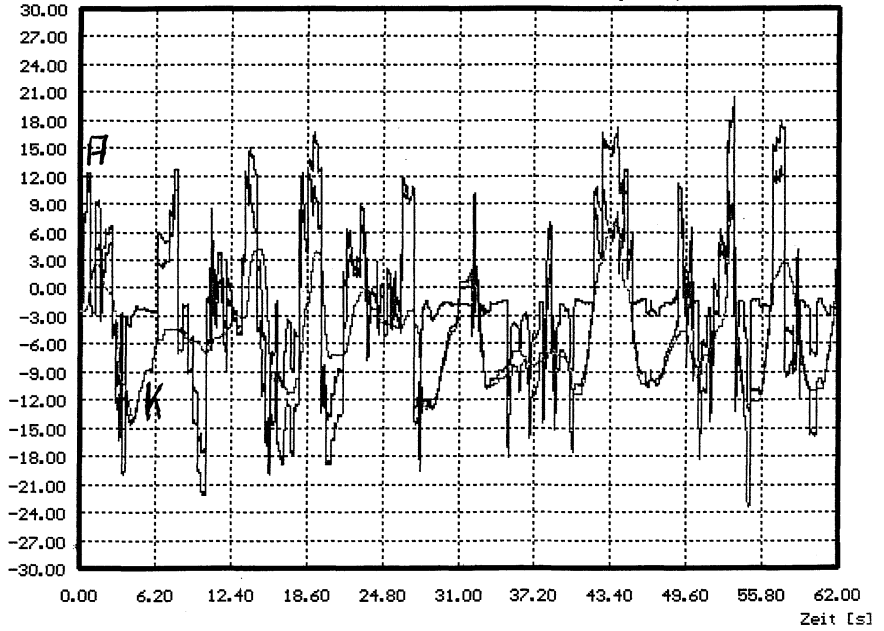


BILD 5 NACH

4. Diskussion

4.1. Adaptation und Rehabilitation

Literaturübersicht zu früheren Studien

Mit dem Terminus "Adaptation" aus der Physiologie wird die Fähigkeit zur Anpassung eines Organismus an bestehende oder sich verändernde Umweltbedingungen beschrieben. Man setzt einen Regulationsmechanismus im Sinne eines Regelkreises voraus, in diesem werden Regelgrößen mit Ist- und Sollwerten übergeordneter, zielsetzender Zentren abgeglichen und korrigiert. (Oppelt 1972).

Seit der Arbeit von Holms im Jahre 1918 (Holms et al. 1918) geht man traditionell davon aus, daß morphologische Schädigung im okzipitalen Kortex zu irreversiblen Sehverlust im korrespondierenden Teil des Gesichtsfeldes führt. Die Möglichkeit vollständiger, spontaner Rückbildung des Gesichtsfeldes innerhalb eines Jahres nach der Schädigung wurde beschrieben (Hier et al. 1983). Dem widersprechen quantitativ ausgelegte Studien, die eine Restitution des Gesichtsfeldes nach ischämischen Ereignissen im Rahmen physiologischer Umbauprozesse untersuchten. Nur etwa in 10 bis 20% der Fälle sei eine spontane Gesundung innerhalb der ersten zwei bis drei Monate in geringem Umfang möglich (Hier et al. 1983; Zihl et al. 1979, 1985 und 1986; Messing et al. 1987). Weitere Untersuchungen beschreiben, daß die morphologische Spontanrestitution (Axonsprossung etc.) mit einer eventuellen Teilrückbildung des blinden Gesichtsfeldes innerhalb von sechs Monaten abgeschlossen sei. Das Ausmaß dieser spontanen Rückbildung sei so gering, daß es zu erheblichen Einschränkungen der Patienten im täglichen Leben komme, wenn nicht zusätzlich adaptive Augenbewegungs- bzw. kopfmotorische Strategien entwickelt würden (Zihl, 1986). Es erfolgt eine Maladaptation an das Defizit mit dann irreversibler Reduktion der Lebensqualität, wenn nicht

innerhalb der ersten Monate nach der Störung aktiv an der Verbesserung der Sehstrategien gearbeitet wird. (Savir et al. 1977) Diese Patienten sind dann auch Monate oder Jahre später nicht in der Lage großamplitudige Sakkaden zur Exploration des blinden Gesichtsfeldes zu verwenden (Pfeifer 1919, Poppelreuter 1917, Zihl et al. 1988, Chedru 1973, Ishai 1987, Meienberg 1981).

Durch perimetrisches Sakkadentraining auf der gestörten Gesichtsfeldseite konnten Zihl (1981) und Zihl und von Cramon (1985 und 1986) einen dauerhaften Rückgang der Größe des Gesichtsfeldausfalles demonstrieren, wofür sie das Second Visual System als Erklärung heranzogen. Andere Autoren konnten die beschriebenen Erfolge nicht reproduzieren und bestreiten die Möglichkeit der Erneuerung von visuellem Kortex durch spezifisches Training von Sakkaden im gestörten Gesichtsfeld. (Campion et al. 1983; Zihl et al. 1986; Balliet et al. 1985; Kerkhoff et al. 1992). Diese Diskussion dauert an.

Ein Hauptziel im Rahmen der klinisch-neurologischen Rehabilitation von Patienten mit Gesichtsfeldstörungen bleibt bis heute die Vergrößerung von Sakkadenamplituden im blinden Gesichtsfeld als positiver adaptiver Effekt an das Defizit. Entscheidend für die Prognose gelten Ätiologie des Gesichtsfeldausfalles sowie die Übungsmotivation der Patienten beim Training des visuellen Systems (Stark et al. 1991). In welchem Umfang das Mittelhirnbahnssystem eine Rolle in der visuellen Rehabilitation dieser Patienten übernehmen kann bleibt unklar. Die Restwahrnehmung über den Colliculus Superior bedeute für betroffene Patienten weder objektiv noch subjektiv Vorteile. Die residuale visuelle Perzeption bei kortikaler Blindheit oder bilateraler Hemianopsie kompensiere weder das Defizit, noch könne sie die Aufmerksamkeit der Patienten für visuelle Stimuli steigern (Celesia et al. 1991).

4.2 Erörterung der eigenen Ergebnisse unter rehabilitativem Aspekt

Die zwanzig untersuchten Probanden hatten, wie in der Kliniktafel und in den Kasuistiken ersichtlich, durchaus heterogene Ausgangsvoraussetzungen. Insbesondere die unterschiedliche Ätiologie der Gesichtsfeldstörungen und insofern die Größe der cerebralen Läsion wirken sich wie auch in der vorab erwähnten Literatur beschrieben - (Stark et al. 1991) - auf die Prognose der Rehabilitationschancen aus. Weiterhin unterschieden sich die Patienten durch die große Streuung im Bereich des Zeitfaktors zwischen Eintritt der Gesichtsfeldstörung und Therapiebeginn. Die Patienten mit länger zurückliegender Läsion erschienen bei der ersten Konsultation stabil adaptiert bzw. maladaptiert. Diejenigen mit recht frischen Läsionen wiederum zeigten eine gewisse Spannbreite zwischen guter und fast nicht vorhandener Adaptation an die Störung. Bei allen Patienten lagen bei der ersten Konsultation nach der spontanen Rückbildungsphase weiterhin perimetrisch nachweisbare Gesichtsfeldeinschränkungen vor. Die Übungsmotivation der Patienten als zweiter wichtiger prognostischer Faktor war durchgehend hoch.

Unter rehabilitativem Aspekt ergibt sich also erstens die Frage, wie die Ergebnisse dieser Studie im Bezug auf eine Verbesserung der Adaptation der Probanden an ihre Störung zu bewerten sind. Genauer - wie und in welchem Ausmaß hat sich die durchgeführte Therapie auf die Sehstrategien der Patienten und auf ihre Lebensqualität ausgewirkt? Zweitens entsteht die Frage ob alle Patienten oder nur die mit kurz zurückliegender Läsion von der Übungsphase profitierten?

Zur Beantwortung dieser Fragen bieten zunächst die Beispielbilder zum direkten Vergleich von Normalprobanden sowie Patienten vor und nach Training einen ersten optischen Eindruck. Hierbei sind bereits die verschiedenen Komplexitätsgrade des Sehens (level) von Bedeutung.

4.2.1 gruppierte Wertungen

Auf einer quasi *basalen hierarchischen Ebene* zeigen die Ergebnisse bei den Blickfolgebewegungen als Therapieeffekt einen Rückgang der erratisch durchgeführten Suchsakkaden in die gestörte Gesichtsfeldseite. Auch bei den prediktiven Sakkaden wurden Suchsakkaden ersetzt durch Overshoots und Steps, was eine zeitlich effizientere Sehstrategie anzeigt. Diese Ergebnisse wie auch die Resultate bei Auswertung der Main Sequence bestätigen tendenziell frühere Studien (Pommerenke und Markowitsch, 1989; Zihl, 1981; Zihl und von Cramon 1985 und 1986) die ein systematisches blickmotorisches Sakkadentraining ins blinde Gesichtsfeld als ursächlich für die Verbesserung des visuell-räumlichen Verhaltens beschrieben. In Abbildung 25 war ersichtlich, daß bei länger zurückliegender Störung vor Beginn der Therapie eine geringere Neigung zur Suchsakkadierung bestand. Dies kann mit Adaptationseffekten erklärt werden. Es ergab sich durch Therapie nur eine geringfügige Verringerung der erratischen Suchsakkaden ins blinde Feld wenn die Läsion länger zurücklag. Bei frischer Störung hingegen war die Therapie signifikant wirksam. Dies spricht insgesamt in Übereinstimmung mit der Literatur für eine frühzeitige Aufnahme des aktiven Trainings um die Adaptationschancen zu verbessern. Die kognitive Anforderung auf dieser Ebene war gering. "Folgen Sie dem dargebotenen Stimulus ! " war die Aufgabe, Detailerkennung und komplexere Vorgänge wurden nicht erwartet.

Auf höherem level, dem sogenannten *Searchpath* zeigen wiederum schon die Beispielbilder den erfolgreicherem Stil der Probanden nach Therapie. Die Patienten fanden deutlich häufiger und auch schneller das target im blinden Feld. Die statistische Auswertung ergab deutlich signifikante Resultate beim Auffinden des versteckten Pfeiles. Die Detailerkennung wurde somit verbessert, die Fixationshäufigkeit erhöhte sich im Gegensatz zum Scanpath

jedoch nicht, was damit zusammenhängt, daß die Probanden am Bildschirmrand bzw. beim gefundenen Pfeil verweilten ohne weiter im Bild zu fixieren. Auch die mittlere Größe der Sakkadenamplituden blieb relativ unverändert als Ausdruck der mangelnden Stimulierung zu weiterer Exploration nachdem das Ziel bereits gefunden wurde. Auch beim Global / Local Index zeigen sich hier zunächst keine verwertbaren, bzw. widersprüchliche Veränderungen weil die Aufgabenstellung im Searchpath sowohl zunächst zu weiträumigerem also globalerem Sehen stimuliert, dann aber nach Auffinden des Zieles zum Verweilen im lokalen Bereich der letzten Fixation am Bildschirmrand bzw. beim Pfeil animiert. Dies häufig wenn der schlechte Visus des Patienten die Richtungserkennung des Pfeiles unmöglich machte.

Insgesamt stellen Suchaufgaben alltagsnahe Anforderungen an Patienten mit Gesichtsfeldeinschränkungen. Wie in Abbildung 33 ersichtlich erscheinen Patienten mit einer länger bestehenden Störung sogar etwas besser an die Problematik bei Suchaufgaben adaptiert zu sein. Das Auffinden von Details beim Lesen, bei Betrachtung von Szenen der realen Umwelt wie auch bei Film oder Fernsehen und auch das schnelle Auffinden von Reizstimuli im Straßenverkehr dürfte eine der am häufigsten geforderten Leistungen im Alltag eines Patienten mit Gesichtsfeldstörung darstellen. Insofern erklärt sich die bessere Adaptation bei der Gruppe mit länger zurückliegender Störung als Folge dieses länger bestehenden Übungs- bzw. Adaptationsdrucks. Als Folge der durchgeführten Therapie zeigt sich sowohl bei kurz als auch bei länger zurückliegender Läsion jedoch nochmals eine signifikante Steigerung der Fähigkeiten der Patienten den dargebotenen Stimulus zu finden. Diese Verbesserung wird vermutlich auf zweierlei Weise erzielt. Erstens stellt wiederum auf eher basalem level der im Bild an wechselnder Lokalität versteckte Pfeil einen starken Stimulus zu blickmotorischen raumgreifenden Sakkaden auch ins blinde Feld dar. Auch in der Übungsanleitung wurden die Patienten hierzu angeleitet. Zweitens stellt die Suchaufgabe auch einen kognitiv beeinflussten Stimulus dar. Wie Abbildung

28 zeigt, lösen Patienten mit kognitiven Defiziten nach Therapie die Pfeilsuchaufgaben tendenziell etwas schlechter als diejenigen ohne mnestiche Einschränkungen. Auf basaler mnesticher Ebene kann hier also ein sekundärer Effekt über "top down" - Strategien vermutet werden. Die Patienten wurden durch die Therapie angehalten, sich verstärkt um das Auffinden von Bilddetails zu bemühen. Somit ist wahrscheinlich, daß sich ein inneres mentales Abbild der Suchaufgaben und deren Lösung entwickelte, was dann zu erhöhter Effizienz bei der Bewältigung der Aufgaben führte.

Der *Scanpath* stellt im Rahmen dieser Studie den vom Komplexitätsgrad des Sehens her höchsten level dar. Bei Betrachtung der entsprechenden Beispielbilder sind die Therapieeffekte bereits deutlich zu erkennen. Unter rehabilitativem Aspekt dürften hier die kognitiv beeinflussten "top-down" - Strategien am deutlichsten zur Geltung kommen. Anzunehmen ist, daß die erzielten Effekte wie raumgreifenderes Sehen und verbesserte Detailerkennung über blickmotorisch veränderte Strategien erzielt wurden. Die Veränderung der Blickmotorik wiederum wurde über assoziative Verbindungen, Gedächtnisleistungen, Imagery und mnestiche Prozesse generell angeregt.

Sowohl die Ergebnisse bei Auswertung der Betrachtungsstrategien des Neckercube als auch beim trivalenten Bild liefern deutliche und statistisch signifikante Hinweise für die Relevanz der "top - down" - Strategien. Zunächst verbesserten sich die Fähigkeiten der Probanden zur Erfassung der differenten Vorstellungsebenen der dargebotenen Objekte. Weiterhin die Fähigkeit zwischen diesen Vorstellungs- und Betrachtungsmöglichkeiten zu wechseln. Im Falle des Neckercube sogar rhythmisch anmutend. Die Merkmalerkennung im trivalenten Bild steigerte sich, horizontales Pendeln der Augenbewegungen stellte sich als Folge polar dargebotener Merkmale ein.

Wie Abbildung 29 zeigt, erzielen Patienten mit kognitiven Defiziten gegenüber solchen ohne Defizite tendenziell etwas

schlechtere aber dennoch hochsignifikante Verbesserungen beim Betrachten des trivalenten Bildes. Abbildung 30 zeigt ein ähnliches Ergebnis für den Neckercube. Tendenziell kann man also davon ausgehen, daß Patienten mit kognitiven Defiziten in der Rehabilitation ihrer Gesichtsfeldstörung eine etwas schlechtere Prognose haben. Dies insbesondere auf dem hierarchischen level, der ihnen kognitiv am meisten abverlangt. Die Abbildungen 31 und 32 belegen, daß auch Patienten mit länger zurückliegender Läsion die kognitiv stark beeinflussten Aufgaben sehr gut nach Therapie lösen konnten.

Weitere Parameter, die nach durchgeführter Übungsphase im Rahmen des Scanpath deutlichen Veränderungen unterlagen waren die Gesamtanzahl der Fixationen, die Anzahl der Fixationen differenziert nach Quadranten und die mittlere Größe der Sakkadenamplituden. Zusammengefasst ergeben sich einerseits deutliche Hinweise für eine Vermehrung globaler Sehstrategien nach Training. Dies zeigt sich in der für die Effizienz der Therapie beweisenden eindeutigen Erhöhung des Medians der Sakkadenamplituden. Andererseits nimmt die Detailerkennung- und betrachtung, somit die Fixationsanzahl sowohl insgesamt als auch differenziert nach relevanter Störungsseite statistisch signifikant zu. Die schwellenabhängigen zunächst widersprüchlichen Ergebnisse beim Global / Local Index lassen sich durch diesen offenbaren Doppelleffekt besser verstehen.

Wie Abbildung 26 zeigt, erhöht sich die Fixationsanzahl im Scanpath eher deutlicher bei den Patienten mit länger zurückliegender Störung. Dies spricht für die verstärkte Möglichkeit dieser Gruppe sich über verbesserte lokale Detailerkennung zu stabilisieren. Bei globaleren Sehstrategien schneiden diese Patienten wie Abbildung 27 zeigt nicht so gut ab. Der Median der Sakkadenamplituden nimmt bei Ihnen nur tendenziell zu. Patienten mit kurz zurückliegender Läsion kompensieren ihr Defizit scheinbar eher über globalere Strategien.

4.2.2 herausragende Einzelergebnisse

Im Rahmen des *Searchpath* verbesserte sich vor allem die Fähigkeit der Patienten das versteckte, an wechselnder Position im Blickfeld dargebotene Ziel zu lokalisieren. Nach durchgeführter Übungsphase zeigte sich eine deutliche Steigerung der Leistung im blinden Gesichtsfeld (siehe Abbildung 12). Über alle Gruppen bis auf (O) zeigt sich ein hochsignifikanter Therapieeffekt. Wegen der Gruppengröße besonders verwertbar erscheinen die horizontalen Störungsgruppen (R und L).

In einem zweiten Auswertungsschritt wurde dieses gute Resultat mit der Frage nach Relevanz des Zeitraums zwischen Störungsbeginn und Therapiebeginn korreliert - siehe Abbildung 33. Die bereits besser an Alltagsanforderungen wie Lokalisierung von Details in der Umwelt adaptierte Gruppe mit länger bestehenden Gesichtsfeldeinschränkungen erreichte erwartungsgemäß ein von einem tendenziell höheren Leistungsniveau ausgehendes geringfügig besseres Ergebnis als diejenigen Patienten mit relativ frischen Läsionen. Beide Gruppen verbesserten sich etwa gleichermaßen. Dies spricht für die Effizienz der Therapie bei sowohl bei frischen Störungen als auch bei länger adaptierten Patienten.

Ebenfalls wurde die Frage nach der Auswirkung kognitiver Defizite auf dieses Searchpathergebnis angewandt - siehe Abbildung 28. Beide Gruppen sowohl mit als auch ohne mnestische Defizite zeigen wie beschrieben einen deutlichen Effekt der Übungsphase. Kognitive Einbußen scheinen sich jedoch nicht so stark auf Suchaufgaben auszuwirken wie z.B. auf komplexere Ebenen des Sehens im Scanpath. Das Auffinden des Pfeiles kann vom kognitiven Aspekt her als relativ simple Aufgabe eingestuft werden. Vom rehabilitativen Aspekt her stellen die deutlichen Verbesserungen im Searchpath jedoch ein für die Alltagsbewältigung der Patienten hochrelevantes Ergebnis dar.

Herausragende Einzelergebnisse im Rahmen des *Scanpath*:

1. Ebenenwechsel beim Betrachten des Neckercube - Abbildung 17

Wie vorab beschrieben zeigte sich hier ein ausgeprägter Veränderungseffekt nach durchgeführter Therapie. Die Aufgabe bestand darin, zwischen zwei dreidimensionalen Betrachtungsebenen des Objektes zu alternieren. Bereits Ellis und Stark beschrieben eine typische Konfiguration bei den Augenbewegungsaufzeichnungen beim Betrachten der beiden Ebenen. Fixationen häuften sich in der hinteren Ebene des Würfels eher flächig, wie durch einen Hiatus wurde nach einer kurzen Verweildauer dann zur vorderen Ebene gewechselt, wo wiederum ein eher flächig aufgespanntes Fixationsmuster erschien. Die Fixationszeiten im Augenblick des Wechsels zur anderen Ebene erschienen länger als diejenigen von Fixationen unmittelbar vorher und wurden erklärt mit der benötigten Zeit zur Bildung eines mentalen Bildes der jeweils anderen dreidimensionalen Interpretation des Würfels (Ellis und Stark 1978). Die Patienten dieser Studie folgten ebenfalls diesem Muster. Die kognitive Fähigkeit zur Vorstellung der jeweils anderen Ebene wurde durch die Therapie vermutlich in hohem Maße geschult, was sich dann in signifikanter Weise auf die Anzahl der Wechsel der Ebenen auswirkte. Mit fortdauernder Adaptation an die Aufgabe im Rahmen eines Meßdurchlaufes zeigte sich bereits eine Zunahme der rhythmisch anmutenden Wechsel zwischen den beiden Betrachtungsebenen. Nach Therapie war dies nochmals deutlich verbessert. Die Konfiguration der aufgezeichneten Augenbewegungen ähnelte nach Therapie bei fast allen Patienten dem oben beschriebenen Muster.

Das hochsignifikante Ergebnis wurde mit dem Vorhandensein kognitiver Störungen korreliert - siehe Abbildung 30. Das Ergebnis zeigt tendenziell den negativen Einfluß kognitiver Defizite auf die Bewältigung der Aufgabe und spricht somit für die Relevanz von "top-down" Strategien im Rahmen der Rehabilitation.

Die Korrelation des Neckercuberresultates zur Frage der Zeitspanne zwischen Störungs- und Therapiebeginn ergab wie Abbildung 31 zeigt, daß die Gruppe mit länger bestehender Störung sogar noch deutlicher von der Therapie profitierte.

2. Differenzierungsleistung beim Trivalenten Bild - Abbildung 18

Auch dieses Einzelergebnis ist im Rahmen der Studie als herausragend zu bewerten. Wie vorab beschrieben zeigt sich ein hochsignifikant verbessertes Verhalten nach Therapie. Die Patienten zeigen bei dieser vom kognitiven Aspekt her im Vergleich zum Neckercube komplexeren Aufgabe deutlich gesteigerte Fähigkeiten zwischen den einzelnen Vorstellungsebenen zu alternieren. Vor allem bei den großen horizontalen Störungsgruppen (R und L) zeigen sich durchgehend deutliche Steigerungen vor allem bei den eher polar angelegten Merkmalen des Mannes und der jungen Frau.

Wie Abbildung 29 zeigt, starten Patienten mit mnestischen Einbußen bei Bewältigung dieser Aufgabe tendenziell schlechter und erreichen ein etwas niedrigeres Resultat nach Therapie. Dieser Befund stützt die These der Relevanz kognitiv beeinflusster Kompensationsstrategien. In Abbildung 32 wird ersichtlich, daß sowohl Patienten mit kurz als auch mit länger bestehenden Gesichtsfeldeinschränkungen deutlich von der Therapie profitierten.

3. Zunahme der Fixationsanzahl insgesamt - Abbildung 21

Dieser Befund spricht für die verbesserte Detailerkennungs-fähigkeit der Patienten nach Therapie. Es besteht dann vermutlich ein erhöhter Anreiz zu Fixationen besonders bei Betrachtung von Objekten die Details anbieten bzw. auch bei eher abstrakten Strukturen. Im Rahmen des Searchpath dagegen hatte sich die Gesamtzahl der Fixationen nicht so eindeutig erhöht, was mit der Suchaufgabe selbst zusammenhing. Nach Auffinden des target bestand kein weiterer Anreiz zu weiteren Fixationen mehr. Das Ergebnis im Scanpath jedoch weist eindeutig, auch bei nochmaliger

Differenzierung nach Störungsquadranten, auf eine gesteigerte Fähigkeit der Patienten zu lokalem, detailorientiertem Sehen hin.

4. Zunahme des Medians der Amplitudengröße - Abbildung 22

Die Erhöhung der mittleren Amplitudengröße im Rahmen des gesamten Scanpath kann als beweisend für die Effizienz der Therapie angesehen werden. Globale, raumgreifende Sehstrategien ins blinde Gesichtsfeld werden durch die Übungsanleitung gefördert. Dieser Effekt war besonders deutlich bei Patienten mit kurz bestehender Gesichtsfeldeinschränkung.

4.2.3 Effekt und Effizienz der Therapie

Alle Patienten, sowohl mit kurz oder lang bestehenden Gesichtsfeldstörungen profitierten von der Therapie. Besonders deutlich wurde dies im Bereich der komplexeren, stark kognitiv beeinflussten Leistungsmerkmale vor allem im Bereich der "high level vision". Daraus läßt sich ableiten, daß die Intention der Studie, die kognitiven Aspekte des Sehens verstärkt zur Durchführung und zur Kontrolle der Therapie von Gesichtsfeldstörungen zu verwenden, fruchtbar und erfolgversprechend ist.

Allein durch den Ablauf der zweimaligen Meßreihe wurden die Patienten stimuliert sich ein inneres mentales Bild über das von Ihnen erwartete Sehverhalten zu machen. Kognitive Strategien konnten entwickelt werden, um Such- und Betrachtungsaufgaben besser zu lösen. Insbesondere die Scanpathebene bot diverse Anreize um über kognitive Mechanismen quasi sekundär Einfluß auf die Augenbewegungen und die Perception zu nehmen. Im Rahmen des Trainingsprogrammes wurden die Patienten angehalten, sich nicht nur blickmotorisch mehr Raum zu nehmen, sondern insbesondere auch vermehrt Bilddetails aufzunehmen und Verstehen von Dargebotenem zu verbessern.

Die Ergebnisse der Studie zeigen insbesondere bei den kognitiv mitbeeinflußten Leistungsmerkmalen deutliche positive Veränderungen.

4.3 Erörterung der eigenen Ergebnisse unter kognitivem Aspekt und Einordnung in die bestehende Literatur

Was sind nun die Bedingungen dieser positiven Therapiewirkung besonders im kognitiven Bereich? Um dies weiter zu untersuchen muß zunächst der Begriff des "visual imagery" - der Prozeß des Abrufens bildlicher Vorstellungen aus dem Gedächtnis - weiter geklärt werden. In der Literatur findet man diesbezüglich eine länger bestehende Kontroverse.

Wie werden die inneren Repräsentanzen gebildet und wie weit sind bildliche Vorstellung und bildliche Wahrnehmung verbunden? Gibt es ein gemeinsames neuronales Substrat?

Die gegenwärtigen kognitiv-psychologischen Arbeiten über "Imagery" postulieren mindestens zwei Informationsspeichersysteme und diverse Prozesse die sich dieser Systeme bedienen. (Kosslyn, 1993 und 1994; Farah et al. 1988; Butter, Kosslyn et al. 1997) Eines dieser Systeme speichert visuelle Langzeiterinnerungen. Das andere - auch "visual buffer" genannte - repräsentiert bildliche Vorstellungen vorübergehend in einem räumlichen Format. Die Theorie beschreibt, daß aus dem Langzeitspeicher stammende Bilder in den "visual buffer" übernommen werden können. Dort können sie potentiell untersucht und auch verändert werden. Als Beispiel für diese Fähigkeit wird die Vorstellung z. B. des eigenen Wohnzimmers angeführt. Die bildliche Vorstellung kann abgerufen und die Position der einzelnen Möbel beliebig verändert angeordnet werden.

Die kognitiven Modelle behaupten weiter, daß bildliche Vorstellung und bildliche Wahrnehmung gemeinsam auf diese Repräsentanzen und Prozesse zurückgreifen. Wird ein Objekt wahrgenommen, werden seine Merkmale im "visual buffer"

zusammengetragen und dann durch Aktivierung von assoziativen Erinnerungen erkannt. Stellt man sich ein Objekt vor, werden die gespeicherten assoziativen Erinnerungen ebenfalls in den "visual buffer" projiziert. Die Untersuchung und die verändernden Prozesse bedienen sich desselben "visual buffer" sowohl bei bildlicher Vorstellung, als auch bei visueller Perzeption. Weiter wird als empirisch gesichert beschrieben, daß Vorstellung und Wahrnehmung sich gleicher neuronaler Strukturen bedienen. (Kosslyn 1994, Farah 1988). Kosslyn belegt in seinen Studien, daß visual imagery die Brodmann Areale 17 und 18 aktiviert und diese gleichzeitig den visual buffer vermitteln. Er argumentiert für eine retinotopische Organisation des visual buffer und somit auch für eine überlappende Funktion bei der visuellen Perzeption. Andere Autoren bestreiten dies. (Roland, Gulyás - 1994) Ebenfalls auf PET Studien gestützt entwickeln sie ein Modell in dem den primären Sehzentren zwar eine Rolle bei der Generierung der visuellen Repräsentationen zugeschrieben wird, jedoch diese nicht für das Erinnern oder Assoziieren der Repräsentationen notwendig seien. Auch Chatterjee beschreibt anhand von drei Patienten mit kortikaler Blindheit, daß diese Areale nicht erforderlich seien um die Repräsentationen zu erinnern. Kortikale Blindheit schließt dann Visual Imagery nicht aus (Chatterjee et al. 1995).

Einigkeit besteht inzwischen insofern, daß man die neurophysiologischen, bzw. anatomischen Korrelate für das "geistige Auge" lokalisiert glaubt. Roland, Kosslyn und auch Fink in seiner Studie von 1997 gehen davon aus, daß im extrastriären Kortex - im parieto- und okzipitalen Assoziationskortex sowohl bewußte visuelle Perzeption, als auch die Vorstellung von Bildern durch ähnliche Mechanismen zustandekommen (Fink et al 1997). Fink beschreibt weiter eine hierarchische Ebene. Je komplexer die Sehaufgabe z.B. auch in Form von Ebenenwechseln zwischen globalen und lokalen Stimuli desto mehr zeigte sich die Aktivierung eines linkshemisphärischen "executive attentional system". Wurde nur eine perzeptuelle Ebene benutzt, wurde hauptsächlich ein

rechtshemisphärisches Netzwerk bestehend aus temporo-parietalen und dorsolateral präfrontalen Regionen aktiviert. Mit Hilfe apparativer (z.B. SPECT und PET) Untersuchungen, wie auch durch Probandenexperimente (z.B. im Rahmen dieser Studie die Ableitung von Augenbewegungen) wird letztlich die Beschreibung eines einheitlichen Modells der kognitiven Vorgänge angestrebt, die wir als visuelle Perzeption einerseits und visual imagery andererseits benennen. In den erwähnten apparativen SPECT und PET Studien wurde der regionale Blutfluss während der Bewältigung von Visual-Imagery-Aufgaben gemessen und zeigte sich in den genannten extrastriären Kortexarealen, die auch bei der visuellen Perzeption involviert sind erhöht. Gesichert erscheint, daß diese verschieden hoch differenzierten Areale wechselseitig Informationen austauschen. Kosslyn entwickelt darauf basierend folgendes schematisches Modell um zunächst das Vorstellen von Bildern (Imagery), und schließlich auch das Erkennen von Bildern oder Objekten in Form des "Abgleichens" mit den mentalen Prototypen zu erklären:

Die Projektion der Information eines extrastriären "High-Level"-Areal in das retinotop organisierte V1-Areal, welches gleichzeitig als "Fenster" für eingehende Retina-Bilder dient, ist danach die Visualisierung eines zuvor entworfenen Bildes, das sogenannte "geistige Auge". Das Striatum spielt hiernach die Rolle des oben erwähnten "visual buffer", innerhalb dessen ein sogenanntes "attention window" (Treisman et al. 1980) selektiv auf die jeweils gerade interessanten Aspekte eines Gesamtbildes gelegt wird. Im weiteren spielen dann verschiedene Subsysteme bei der Definition und Assoziation der Objekte nach Kriterien wie Gestalt, Farbe, Lokalisation, Größe und Ausrichtung eine entscheidende Rolle.

Gbadamosi weist in seiner Arbeit über Blickbewegungen während Visual Imagery bei Normalpersonen und Hemianopikern darauf hin, daß beim imagery ähnliche Augenbewegungen durchgeführt werden wie bei der "realen" Bildbetrachtung (Gbadamosi et al. 1997). Er beschreibt eine schnelle "Konvergenz der Vorstellung". Während der Bildbetrachtung

findet die Erzeugung eines mentalen Abbildes statt, das dann beim imagery nur wenig verändert wird. Dem Modell Kosslyn's folgend beschreibt Gbadamosi, daß im "visual buffer" das Gesehene Objekt voranalysiert und in einem zweiten Schritt von den extrastriären "High-Level"-Arealen in einen Prototyp des Gesehenen umgewandelt wird. Dieser Prototyp wiederum wird beim Visual Imagery verwendet um nach Einlesen zurück in den "visual buffer" dann die entsprechenden sehr ähnlichen Augenbewegungen zu generieren.

Zur Beantwortung der eingangs dieses Kapitels gestellten Frage nach den Bedingungen der positiven Therapiewirkung kann also das Verständnis der Zusammenhänge zwischen Visual Imagery und Perzeption entscheidend beitragen. Wenn wir davon ausgehen, daß trotz morphologischer Schädigung im visuellen Kortex bei den untersuchten Patienten die Funktion des Visual Imagery über die Therapie angeregt und optimiert wurde, kann somit der Effekt der Therapie über die Relevanz des rein blickmotorischen Trainings hinaus erklärt werden. Die Studie belegt klar die Veränderung der Sehstrategien weg von eher bottom-up Aspekten - die bei Hemianopikern häufiger als bei Normalpersonen angewendet werden, (Zangemeister et. al 1995) - hin zu top-down Regulationen.

Aus diesen Ausführungen ergibt sich ein Verweis auf die Thesen des englischen Neurologen Hughlings Jackson. Sein allumfassendes hierarchisches Konzept der Funktion des Nervensystems beinhaltete auch die Annahme, daß visuelle Information seriell auf immer komplexer werdenden Ebenen verarbeitet würde (Kennard, C. 1989). Von den Photorezeptoren der Retina als dem niedrigsten level, über bipolare Zellen und retinale Ganglionzellen, über alle Zwischenstufen und Nuclei bis zu den prästriatalen und striatalen Strukturen und schließlich den von Brodmann beschriebenen Arealen finden sich auf jeder Ebene jeweils höher organisierte Neurone und Verarbeitungskapazitäten. Frühe anatomische Studien von Kuypers zeigten dann Projektionen vom primären visuellen Kortex in Area 17 zu den großen kortikalen Arealen 18 und 19 (Kuypers et al. 1965).

Die wiederum projizierten in den unteren temporalen Kortex als dem dann für noch komplexer eingestuften Bereich. Die spätere Forschung erbrachte dann immer mehr Hinweise für eine nicht nur serielle und hierarchische Struktur, sondern für die Annahme einer beträchtlichen Parallelverarbeitung und funktionellen Spezialisierung. Ein Konzept funktionaler Verarbeitungsströme im visuellen Kortex entwickelte sich. Aber auch die wiederum erschienen hierarchisch organisiert (Maunsell und van Essen 1983). Zusammenfassend erscheint offensichtlich, daß trotz der Komplexität der Verbindungen der diversen visuellen kortikalen Areale dennoch eine beträchtliche Ordnung herrscht (Kennard, 1989). Die Subsysteme wahren ihre funktionale Integrität und in jedem funktionalen Verarbeitungsstrom liegt ein hierarchisches Prinzip. Dennoch erscheint es Kennard unwahrscheinlich, daß die visuelle Perzeption für jedes Merkmal einer visuellen Szene auf dem jeweils hierarchisch höchsten kortikalen level stattfindet. Vielmehr seien es die beeindruckenden Vorwärts- und Rückkoppelungsverbindungen des visuellen Systems, die die einzigartige Wahrnehmung der visuellen Welt sicherten.

Das Resultat dieser Studie mit dem von den Patienten durchgeführten "Mischlevel-Training", daß sowohl basale bottom-up als auch hierarchisch höherorganisierte top-down Prozesse förderte, leistet somit einen Beitrag zu dieser Diskussion.

5.4 Konklusion

Zusammenfassend stützen die Ergebnisse dieser Studie die Annahme der Beeinflußbarkeit auch länger bestehender Gesichtsfeldstörungen - morphologischer Defekt persistiert, konventionelle Rehabilitation unbefriedigend - auf dem "Sekundärweg" über Top-Down Regulation bzw. kognitive Trainingsstrategien. Über Stimulierung und Training des inneren mentalen Abbildes werden sekundär die "rein visuellen" und blickmotorischen Fähigkeiten verbessert.

Insbesondere auch die ersten Ergebnisse der Rehabilitationsstudie zum Verhalten der koordinierten Blickmotorik hat gezeigt, dass eine zusätzliche Verbesserung der Kopf-Augen-Feinabstimmung fuer die Optimierung der Such- und der Verkehrsbeurteilungs -Blickfunktionen moeglich ist bei entsprechender Vorbereitung und Untersuchung .

Diese angewandte Weiterfuehrung von frueheren Ergebnissen zur Kopf-Augenkoordination ist vollstaendig neu und bedarf einer weiteren intensiven Fortsetzung, um auf diese Weise bessere Rehabilitationsergebnisse insbesondere auch fuer aeltere Verkehrsteilnehmer zu schaffen.

Literaturverzeichnis

- Bahill A. T., Clark M. R., Stark, L. (1975). The Main Sequence: A tool for studying human eye movements, *Math. Biosci.*, 24: 191-204.
- Balliet, R., Blood, K.M.T. and Bach-y-Rita, P. (1985). Visual field rehabilitation in the cortically blind? *J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry*, 48: 1113-1124.
- Best, F. (1917). Hemianopsie und Seelenblindheit bei Hirnverletzungen. *Graef Arch Ophthalmol*, 93: 49-150.
- Breitmeyer, B.G. (1992). Parallel processing in human vision: History, review and critique. In J. R. Brannan (Ed.). *Applications of parallel processing in vision*. Amsterdam, Elsevier: 37-78.
- Breitmeyer, B.G. (1992). The roles of sustained (p) and transient (m) channels in reading and reading disability. In: *Facets of dyslexia and its remediation. Studies in visual information processing*. North Holland, Elsevier, Vol.3: 13-31.
- Butter, C.M., Kosslyn S.M. et al. (1997). Field specific deficits in visual imagery following hemianopia due to unilateral occipital infarcts. *Brain*, 120: 217-228.
- Campion, J., Latto, R., Smith, Y.M. (1983). Is blindsight an effect of scattered light, spared cortex, and near threshold vision? *Behavioural Brain Science* 6.: 423-486.
- Celesia, G.G., Bushnell, D., Toleikis, S.C., Brigell, M.G. (1991). Cortical blindness and residual vision: Is the "second" visual system in humans capable of more than rudimentary visual perception? *Neurology*, 41: 862-869.
- Chatterjee, A., Southwood, H. (1995). Cortical blindness and visual imagery. *Neurology*, 45: 2189- 2195.
- Chédru, F., Leblanc, M. and Lhermitte, F.. Visual searching in normal and brain-damaged subjects (Contribution to the study of unilateral inattention). *Cortex*. 9 (1973) 94-111.
- Coltheart, M., Bates, A. and Castles, A.. *Cognitive Neuropsychology and Rehabilitation*. Chapter two in: *Cognitive Neuropsychology and Rehabilitation*. Riddoch, M.J. and Humphreys G.W. (Eds.) LEA
- Eccles, J.C.. *Hughlings Jackson's views on Consciousness*. In: *Hierarchies in Neurology*. A Reappraisal of a Jacksonian Concept. Springer-Verlag. Berlin Heidelberg 1989.
- Ellis, Stephen. R., Stark, Lawrence W. (1978). Eye movements during the viewing of Necker cubes. *Perception*, 7: 575-581.
- Farah, M.J., Peronnet, F., Gonen M.A., Girard, M.H. (1988). Electrophysiological evidence for a shared representational medium for visual images and visual percepts. *J Exp Psychol Gen*, 117: 248-257.
- Fink, G.R., Halligan, P.W., Marshall, J.C., Frith, C.D., Frackowiak, R.S.J. and Dolan, R.J. (1997). Neural mechanisms involved in the processing of global and local aspects of hierarchically organized visual stimuli. *Brain*, 120: 1779-1791.

- Gassel, M.M., Williams, D. (1963). Visual function in patients with homonymous hemianopia. Part 2. Oculomotor mechanisms. *Brain*, 86: 1-36.
- Gassel, M.M., Williams, D. (1963). Visual function in patients with homonymous hemianopia. Part 3. The completion phenomenon; insight and attitude to the defect and visual functional efficiency. *Brain*, 86: 229-260.
- Gbadamosi, J., Oechsner, U. und Zangemeister, W.H. (1997). Quantitative Untersuchung von Blickbewegungen während visual imagery bei Hemianopikern und Normalprobanden. *Neurol Rehabil* 3: 165-172.
- Hier, D.B., Mondlock, J., and Caplan, L.R.. Recovery of behavioural abnormalities after right hemisphere stroke. *Neurology*. 33 (1983) 345-350.
- Holms, (1918).
- Horton, J. C., Hoyt, W.F. (1991). Quadrantic visual field defects. A hallmark of lesions in extrastriate (V2/V3) cortex. *Brain*, 114: 1703-1718.
- Hubel, D.H., Wiesel, T.N. (1979). Brain mechanisms of vision. *Sci Am*, 241 (3): 152-162
- Humphreys, G. W. and Riddoch, M.J.. Visual Object Processing in Normality and Pathology; Implications for Rehabilitation. Chapter three in: *Cognitive Neuropsychology and Rehabilitation*. Riddoch, M.J. and Humphreys G.W. (Eds.) LEA
- Hung, G.K., Wilder, J., Curry, R., Julesz, B. (1995). Simultaneous better than sequential for brief presentations. *J. Opt. Soc. Am. A* 12: 441-449.
- Husain, Kennard (1995) Visual Attention and Cognition in Neglect, in WH Zangemeister et al. *Vis.Attention & Cognition Elsevier* 1996
- Ishiai, S., Furukawa, T. and Tsukagoshi, H.. (1987). Eye-fixation patterns in homonymous hemianopia and unilateral spatial neglect. *Neuropsychologia*. 25: 675-679.
- James, William. (1890). *The Principles of Psychology*, New York, Holt.
- Kaas, J.H., Guillery, R.W., and Allman, J.M. (1972). Some principles of organization in the dorsal lateral geniculate nucleus. *Brain Behav Evol*, 6: 253-299.
- Kennard, C.. Hierarchies and the Visual System. In: *Hierarchies in Neurology. A Reappraisal of a Jacksonian Concept*. Springer-Verlag. Berlin Heidelberg 1989.
- Kerckhoff, G., Münßinger, E., Haaf, E., Eberle-Strauss, G. and Stögerer, E.. Rehabilitation of homonymous scotoma in patients with postgeniculate damage of the visual system: Saccadic compensation training. *Restorative Neurology and Neuroscience*, 4 (1992) 245-254.
- Kosslyn, Stephen M. (1994). *Image and brain: the resolution of the imagery debate*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Kosslyn, Stephen M., Alpert, N.M., Thopson, W.L., Maljkovic, V., Weise, S.B., Chabris, C.F. et al. (1993). Visual mental imagery activates topographically organized visual cortex: PET investigations. *J Cogn Neurosci*, 5: 263-287.

- Kuypers, HGJM, Swarebart MK, Mishkin M, Rosvold, HE (1965). Occipitotemporal corticocortical connections in the rhesus monkey. *Exp. Neurol.* 11: 245-262.
- Maunsel** JHR, Van Essen, DC (1983). The connections of the middle temporal visual area (MT) and their relationship to a cortical hierarchy in the macaque monkey. *J Neurosci* 3: 2563-2586.
- Meienberg, O. (1983). Clinical examination of saccadic eye movements in hemianopia. *Neurology*, 33: 1311-1315.
- Meienberg, O., Zangemeister, W.H., Rosenberg, M., Hoyt, W.F. and Stark, L.. Saccadic eye movement strategies in patients with homonymous hemianopia. *Annals of Neurology*. 9 (1981) 537-544.
- Messing, B. and Gänshirt, H.. Spontanverlauf vaskulärer, retrogenikulärer Gesichtsfeldstörungen. In K. Poeck, W., Hacke and R. Schneider (Eds.). *Verhandlungen der Deutschen Gesellschaft für Neurologie*, Vol. 4 , Springer, Berlin, 1987.
- Mesulam, M.M. (1990). Large-scale neurocognitive networks and distributed processing for attention, language and memory. *Ann. Neurol.* 28: 597-613.
- Noton, D. and Stark, L. (1971). Eye movements and visual perception. *Scientific American*. Vol. 224: 34-43.
- Noton, D. and Stark, L. (1971). Scanpaths in eye movements during pattern perception. *Science* 171: 308-311.
- Oppelt, W. (1972). Kleines Handbuch technischer Regelvorgänge, Weinheim Verlag.
- Pfeifer, R. A. (1919). Die Störungen des optischen Suchaktes bei Hirnverletzten. *Dtsch Zeitschr Nervenheilk*, 64: 140-152.
- Pommerenke, K. and Markowitsch, H.J.. Rehabilitation training of homonymous visual field defects in patients with postgeniculate damage of the visual system. *Restor. Neurol. Neurosci.* 1 (1989) 47-63.
- Poppelreuter, W.. Die psychischen Schädigungen durch Kopfschuß im Kriege 1914/1916. Vol. 1: Die Störungen der niederen und höheren Sehleistungen durch Verletzungen des Okzipitalhirns. Voss. Leipzig, 1917.
- Principals of neural science (1991). Third edition. Kandel, E.R., Schwartz, J.H., Jessel, T.M. (Eds.). Elsevier Science Publishing Cooperation.
- Riddoch, G. (1917). Dissociation in visual perception due to occipital injuries, with special reference to appreciation of movement. *Brain*, 40: 15-57.
- Roland, P.E., Gulyás, B. (1994). Visual imagery and visual representation. *Trends Neurosci*, 17: 281-287.
- Roland, P.E., Gulyás, B. (1994). Visual representations of scenes and objects: retinotopical or non-retinotopical? *Trends Neurosci*, 17: 294-297.

- Rossi, P.W., Kheyfets, S. and Reding, M.J. Fresnel prisms improve visual perception in stroke patients with homonymous hemianopia or unilateral visual neglect. *Neurology*. 40 (1990) 1597-1599.
- Savir, H., Michelson, I., David, C., Mendelson, L. and Najenson, T. (1977) Homonymous Hemianopsia And Rehabilitation In Fifteen Cases Of C.C.I., *Scand. J. Rehabil. Med.* 9: 151-153.
- Schoepf, D., Zangemeister, W.H. (1992). Wie lesen Patienten mit homonymer Hemianopsie? *Verhandlungen der Deutschen Gesellschaft für Neurologie*, Band 7: 90-92.
- Schoepf, D., Zangemeister, W.H. (1993). Correlation of ocular motor reading strategies to the status of adaptation in patients with hemianopic visual field defects. *Ann NY Acad Sci*, 682: 404-408.
- Schoepf, D., Zangemeister, W.H. (1993). Eye and head reading path. In: *Facets of dyslexia and its remediation. Studies in Visual Information Processing*, Vol. 3, North Holland: 267-287.
- Stark, L.W., Giveen, S. C., Terdiman, J.F. (1991). Specific dyslexia and eye movements. In J.F. Stein (Ed.): *Vision and Visual Dyslexia*. London, Macmillan, Chapter 17: 203-232.
- Stone, J., Dreher, B., and Leventhal, A.(1979). Hierarchical and parallel mechanisms in the organization of visual cortex. *Brain Res Rev*, 1: 345-394.
- Treisman, A. (1980). A feature integration theory of attention, *Cognit. Psychology* 12: 97-136.
- Ullman, S. (1985). *Visual Cognition, Visual Routines*. Cambridge, MA, MIT Press.
- Von Cramon, D. and Zihl, J. *Neuropsychologische Rehabilitation*. Springer, Heidelberg, 1988.
- Weißkrantz, L. (1974). The interaction between occipital and temporal cortex in vision: An overview. In F.O. Schmitt & F.G. Worden (Eds.): *The neurosciences. Third study program*, MIT Press: 189-204.
- Weißkrantz, L. (1982). A follow up study of blindsight. Fifth INS European Conference, Deauville, France, June 16-18.
- Werth, R., von Cramon, D., Zihl, J. (1986). Neglekt: Phänomene halbseitiger Vernachlässigung nach Hirnschädigung. *Fortschr Neurol Psychiat*, 54: 21-32.
- Wilson, Cockburn, Halligan. (1987) *Behavioural Inattention Test*.
- Zangemeister, W. H., Sherman, K. and Stark, L.. Evidence for global Scanpath strategy in viewing abstract compared to realistic images. *Neuropsychologia*. 33 (1995). 1009-1025.
- Zangemeister, W.H., Dannheim, F., Kunze, K. (1986). Adaptation of gaze to eccentric fixation in homonymous hemianopia. In E.L. Keller and D.S. Zee (Eds.): *Adaptive processes in visual and oculomotor systems*. Pergamon Press.
- Zangemeister, W.H., Mueller-Jensen, A. (1985). The coordination of gaze movements in Huntington's disease. *Neuro-ophthalmology*, 5: 193-206.
- Zangemeister, W.H., Oechsner U. and Freksa, C.. Short term adaptation of eye movements with

- Zangemeister, W.H., Stark, L. (1981). Active head rotations and eye head coordination. *Ann. N.Y. Acad. Sci.* 374: 540-559.
- Zangemeister, W.H., Stark, L. (1982). Gaze latency: variable interactions of eye and head movements in gaze. *Exp Neurol*, 75: 389-406.
- Zangemeister, W.H., Stark, L., Meienberg, O., Wait, T. (1981). Motor control of head movements. *J. Neurol. Sci.* 55: 1-14
- Zangemeister, W.H., Meienberg, O., Stark, L., Hoyt, W.F. (1982). Eye-Head Coordination in Homonymous Hemianopia. *J. Neurol.* 225: 243-254.
- Zangemeister, W.H., Stark, L. (1982). Gaze Types: Interactions of eye and head movements in gaze. *Exp. Neurol.* 77: 563-577.
- Zangemeister, W.H., Stiehl, S., Freksa, C. (1996). *Visual Attention and Cognition*. Elsevier Publ. Amsterdam - New York p.1-404
- Zeki, S. (1976). The functional organization of projections from striate to prestriate visual cortex in the rhesus monkey. *Cold Spring Harbor Symp Quant Biol*, 40: 591-600.
- Zeki, S. (1978). Uniformity and diversity of structure and function in rhesus monkey prestriate visual cortex. *J Physiol (Lond)*, 277: 273-290.
- Zeki, S. (1983). The distribution of wavelength and orientation selective cells in different areas of monkey visual cortex. *Proc R Soc Lond (Biol)*, 217: 449-470.
- Zihl, J. (1981). Recovery of visual functions in patients with cerebral blindness: Effect of specific practice with saccadic localization. *Experimental Brain Research*, 44: 159-169.
- Zihl, J. and von Cramon, D.. Visual field recovery from scotoma in patients with postgeniculate damage. *Brain*. 108 (1985) 439-469.
- Zihl, J. and von Cramon, D.. *Zerebrale Sehstörungen*. Kohlhammer. Stuttgart, 1986.
- Zihl, J. and Wohlfarth-Englert, A. The influence of visual field disorders on visual identification tasks. *Eur. Arch. Psychiatry Neurol. Sci.* 236 (1986) 61-64.
- Zihl, J., Krischer, C., Meißner, R. (1984). Die hemianopische Lesestörung und ihre Behandlung. *Nervenarzt*, 55: 317-323.
- Zihl, J., v. Cramon, D. (1979) Restitution of visual functions in patients with cerebral blindness. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 42: 312-322.
- Zihl, J.. Homonyme Hemianopsie und ihre Rehabilitation. *Klin. Monatsblätt. Augenheilkd.*, 192 (1988) 555-558.
-

Anhang

Tabelle 1 - Kliniktafel

Abbildung 8 - Perimetriebefunde

Abbildung 9 - Meßaufbau

Anlage 1 - Therapieanleitung

Tabelle 2 - Ergebnisse und Parameter

Beispielbilder 1 - 6: Blickfolgen und Sakkaden

Anlage 2 und 3 - Main Sequence Auswertung

Beispielbilder 7 - 10: Searchpath

Beispielbilder 11 - 25: Scanpath

Tabelle 1

NR	PERIDIAG	PERICLASS	FOVSPRNG	NEURDIAG	SNSTDIAG	HAND
1	Inkompl. Bitemp. Hemianopsie >re	L	Ja	Z.n. Hypophysentumor OP 1976	HOPS; Hormonsubstitution	R
2	HH li	L	Ja	Z.n. Re. parietal. Insult 2/93	Hypertonus	R
3	homonymer Quadrantenausfall n. oben li.	L	Ja	Z.n. Hypophysentumor-OP 1982	KHK	R
4	li. Auge Quadrantenausf. n. li. unten	L	Ja	Z.n. OP e. Craniopharyngeoms 1978	keine	R
5	HH n. li.	L	Ja	Z.n. isch. Insult	HOPS	R
6	HH n. li.	L	Ja	Z.n. isch. Insult	Glaukom, Angina pectoris	R
7	HH n. li.	L	Ja	Z.n. isch. Insult	keine	R
8	Skotom der oberen Halbfelder >re	O	Ja	Z.n. Laser-OP bds. bei Katarakt	Bradyarrhythmien, Pacemaker	R
9	Zentraliskotom bds. 15-20°	O	Ja	Z.n. Resochinbehandlung	Endangitis	R
10	Zentraliskotom bds. 10°	O	Ja	Z.n. isch. Insult 12/93	keine	R
11	HH re	R	Ja	Z.n. li.-hirnigem Insult 1980	keine	R
12	li. Auge Halbfeldausfall n. re.	R	Ja	Z.n. Laser-OP li. n. Netzhautabi.	Katarakt re., Hypertonus,	R
13	Inkompl. HH n. re. li. >re.	R	Ja	Z.n. isch. Insult 9/93	offenes foramen ovale	R
14	HH n. re.	R	Ja	Z.n. isch. Insult	offenes foramen ovale	R
15	HH n. re.	R	Ja	Z.n. isch. Insult	keine	R
16	HH n. re.	R	Ja	Z.n. isch. Insult	Bradyarrhythmien	R
17	Quadr. HH n. re.	R	Ja	Z.n. intracerebr. Blutung bei Angiom	Sympt. Epilepsie	R
18	HH n. re.	R	Ja	Z.n. isch. Insult	Struma euthyreot	R
19	li. Auge, Skotom unteres Halbfeld	U	Ja	Z.n. Radiatio e. Tumors d. li. Augenhöhle	bds. Glaukom, Hypertonus	R
20	li. Auge, Skotom unteres Halbfeld	U	Ja	benignen Tumor li. Augenhöhle	keine	R

NR: laufende Nr. des Patienten
 PERIDIAG: Perimetrie-Diagnose
 PERICLASS: Einstufung in Störungsgruppe
 FOVSPRNG: Fovea nicht von Störung betroffen ?
 NEURDIAG: Neurologische Diagnose
 SNSTDIAG: Sonstige Diagnose
 HAND: Händigkeit

Tabelle 1 (Forts.)

NR	TDEFFECT	VISUS	PATHPSY	NEGLECT	KOGDEFI	THERAPIE	UEBMOTI
1	204	0.4/0.8	verlangsam, hartend, Sprache verwaschen	nein	Konz. und Aufmerksamkeit	L	GUT
2	5	1.0/1.0	nervös, depressiv, ängstlich	nein	Konz. und Aufmerksamkeit	A	GUT
3	132	0.8/0.5	keine	nein	nein	L	MITTEL
4	180	1.0/1.0	keine	nein	nein	L	MITTEL
5	4	1.0/1.0	keine	nein	Kurzzeitgedächtnis, Konz., Aufmerksamkeit	L	GUT
6	1	1.0/0.5	keine	nein	nein	L	GUT
7	84	1.0/1.0	keine	nein	nein	L	GUT
8	9	0.4/0.7	keine	nein	nein	L	GUT
9	60	0.9/0.9	keine	nein	nein	A	MITTEL
10	3	0.6/0.9	keine	nein	nein	A	MITTEL
11	161	0.9/0.8	subdepressiv	nein	nein	R	GUT
12	72	0.5/0.5	keine	nein	Wortfindungsstörungen, Langzeitgedächtnis	R	GUT
13	2	1.0/1.0	keine	nein	nein	L	GUT
14	12	0.8/0.8	ängstl., subdepressiv	nein	nein	R	GUT
15	1	0.7/0.6	keine	nein	Konz. und Aufmerksamkeit	R	GUT
16	1	0.7/0.7	psychoveg. erschöpft	nein	nein	R	GUT
17	3	0.8/0.8	Psychomotorik etwas verlangsamt	nein	Konz. und Aufmerksamkeit	R	GUT
18	6	0.6/0.7	keine	nein	Aufmerksamkeit, Akakulie	R	GUT
19	6	0.6/0.7	keine	nein	nein	R	GUT
20	171	0.9/1.0	keine	nein	nein	A	SCHLECHT
							MITTEL

TDEFFECT: Zeit zwischen Läsion und Therapiebeginn

VISUS: einäugig li./re

PATHPSY: Psychopathologie

KOGDEFI: kognitive Defizite

THERAPIE: Rechtstraining (R), Linkstraining (L), generelles Training (A)

UEBMOTI: Trainingsmotivation

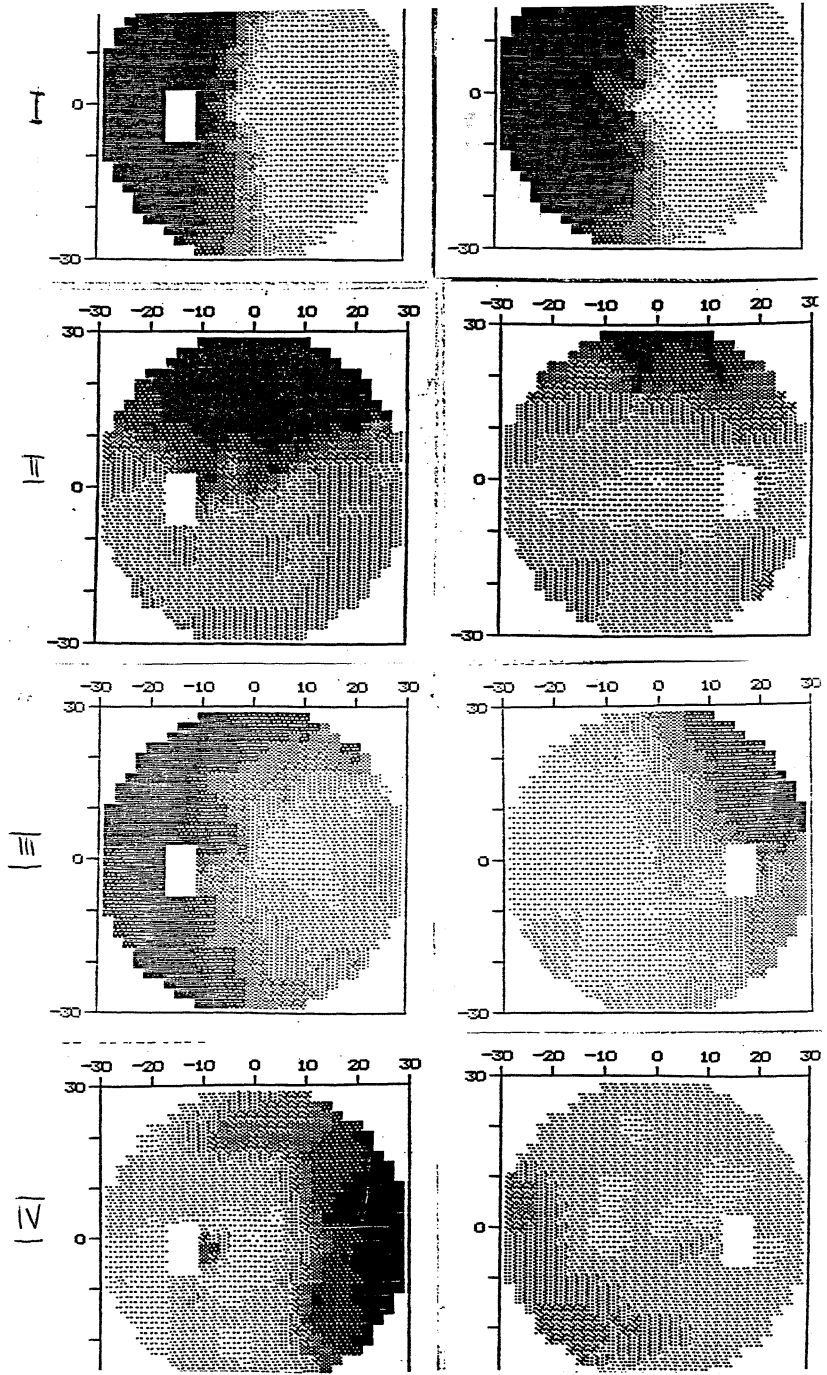


Abbildung Nr. 8 - Perimetriebefunde

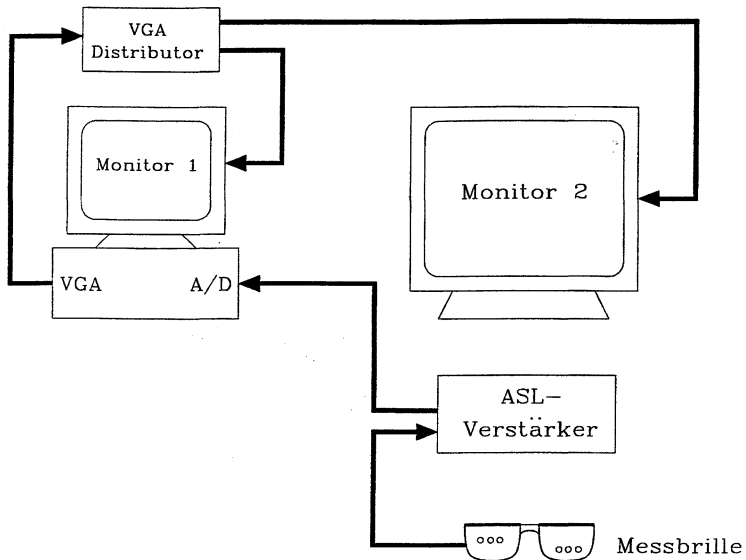


Abbildung 9: Meßaufbau — Die Stimulusdarbietung und Meßdatenerfassung findet durch einen PC (486DX/66) statt. Das Bildschirmsignal (VGA) des Rechners wird über einen Verteiler an zwei Monitore geschickt, die als Kontrollmonitor (Monitor 1 mit 14' Bildschirmdiagonale) bzw. Patientenmonitor (Monitor 2 mit 21' Bildschirmdiagonale) dienen. Das vom Eye-Trac 200 der Fa. ASL kommende Signal wird verstärkt und über eine A/D-Wandlerkarte mit einer Abtastrate von 200 Hz in den Rechner übernommen.

Übungsanleitung für Patienten mit Gesichtsfeldstörungen (R)

Sehr geehrte(r) Frau/Herr.....!

Wir übersenden Ihnen wie besprochen einige Anleitungen, mit deren Hilfe Sie in den nächsten Monaten systematisch Ihre Augen trainieren können. Die Auswertung der Untersuchung hat ergeben, daß es sich bei Ihnen besonders um Probleme auf der rechten Seite des Gesichtsfeldes handelt. Um mit dieser Störung noch besser umgehen zu können, sollten Sie deshalb eine Methode entwickeln, bei der besonders die Augenbewegungen nach rechts trainiert werden. Sie sollten sich täglich insgesamt etwa eine halbe Stunde Zeit nehmen um die Übungen durchzuführen. Die Reihenfolge der einzelnen Übungsteile können Sie nach Belieben verändern.

1. Augenbewegungsübungen

(drei mal täglich für etwa 5 Minuten)

Setzen Sie sich bequem auf einem Stuhl in etwa 2 bis 3 Metern Abstand vor eine Wand. Suchen Sie sich zwei Markierungspunkte auf gleicher Höhe links und rechts Ihres Kopfes, die ebenfalls etwa 2 bis 3 Meter auseinanderliegen (zum Beispiel Gegenstände im Bücherregal oder Bilder/Fotos an der Wand). Die beiden Punkte sollten soweit auseinander liegen, daß Sie sie ohne Kopfbewegungen gerade noch gut mit Augenbewegungen nach links und rechts erkennen können. **Schauen Sie nun ohne den Kopf zu bewegen systematisch zwischen den beiden Punkten hin und her.** Achten Sie hierbei besonders darauf, immer den rechten Markierungspunkt zu erfassen. Zur Unterstützung kann ein Helfer Ihren Kopf von hinten mit beiden Händen festhalten, so daß Sie die Übung möglichst ohne Kopfbewegungen durchführen können. Falls Ihnen diese Übung nach einiger Zeit sehr leicht fallen sollte, können Sie den Abstand zwischen den beiden Punkten noch etwas erweitern.

2. Übungen beim Fernsehen.

Es gibt zwei Möglichkeiten während des Fernsehens Ihre Augenbewegungen zu üben.

1. Falls Sie ein stehendes Bild (z.B. Testbild oder Teletext) empfangen können, so sollten Sie die Übungen möglichst oft mit diesen stehenden Bildern durchführen.

2. Falls Sie keine stehenden Bilder empfangen können, sollten Sie Sendungen auswählen, die möglichst viele Bewegungsabläufe zeigen (z.B. Sportsendungen).

Setzen Sie sich bitte in recht nahem Abstand (50-100 cm) vor ein möglichst großes Fernsehgerät und führen Sie mehrmals täglich für einige Minuten die folgenden Übungen durch, ohne den Kopf zu bewegen.

Schauen Sie sich bitte das gesamte Fernsehbild über die ganze Bildschirmgröße systematisch von links nach rechts und Zeile für Zeile an. Achten Sie auch hierbei besonders auf die rechte Bildschirmseite und versuchen Sie alles dort zu erkennen.

3. Übungen im Kino.

Wenn möglich schauen Sie sich bei Gelegenheit einige Breitbandfilme im Kino an.

Setzen Sie sich ins vordere Drittel des Kinos und betrachten Sie mehrmals während des Filmes für einige Minuten systematisch die gesamte Leinwand von links nach rechts und Zeile für Zeile. Achten Sie auch hier besonders auf die rechte Leinwandhälfte und versuchen Sie dort so viel wie möglich zu erkennen. Beginnen Sie ohne den Kopf mitzubewegen. Bewegen Sie den Kopf nur im zweiten Schritt wenn die Augenbewegungen nicht ausreichen.

4. Leseübungen.

(drei mal täglich 5 Minuten)

Besorgen Sie sich kurze Texte aus Zeitschriften in verschiedenen Spalten- bzw. Blockbreiten. **Lesen Sie sorgfältig Zeile für Zeile die Texte. Beginnen Sie mit der schmalsten Blockbreite und steigern Sie die Breite jeweils pro Übungseinheit bis auf ganzseitiges Querformat.** Achten Sie bitte bei den Leseübungen besonders darauf, immer auch die Zeilenenden rechts genau zu erfassen und zu verstehen. Wechseln Sie die Texte im Laufe der Zeit aus. Kopf möglichst nicht bewegen.

Falls Sie zu diesen Übungen Fragen haben sollten, rufen Sie bitte an unter folgender Nummer und sprechen Sie gegebenenfalls auf den Anruferbeantworter von Professor Zangemeister. Ich werde Sie dann zurückrufen. TEL: 040/4717-2607.

Mit freundlichem Gruß,

Poppensieker

STIMULUS	KRITERIUM	NACH THERAPIE	BESSER ?
Blickfolgebewegungen	Suchsakkaden in das blinde Halbfeld (BF)	weniger	ja
	Suchsakkaden in das sehende Halbfeld (SF)	gleich	ja
Prediktive Sakkaden	Pat. erkennt prediktive Natur des Stimulus	gleich	-
	Pat. eilt Stimulus voraus	gleich	-
	Anzahl der Search-Steps	gleich	nein
	Anzahl der Overshoots+Steps	gleich	nein
	Anzahl der Overshoots+Drifts	gleich	nein
Suchaufgaben (Searchpath)	Target im BF gefunden	besser	ja
	Zeit für Suche im BF	besser	ja
	Richtung des Pfeils erkannt	gleich	-
	Diagonale benutzt	gleich	-
	Global/Local-Index	widerspr.	-
	Zahl der Fixationen	gleich	-
	Mittlere Sakkadenamplitude (Median)	gleich	nein
Scanpath	Umschalten beim Necker-Cube	besser	ja
	Girl erkannt	besser	ja
	Man erkannt	besser	ja
	Woman erkannt	besser	ja
	Global/Local-Index	widersr.	nein
	Zahl der Fixationen	mehr	-
	Mittlere Sakkadenamplitude (Median)	größer	ja
	Mittlere Fixationsdauer	widerspr.	-
	Relative Zahl der Fix. im BF	mehr	ja
	Relative Zahl der Fix. im SF	weniger	ja

Tabelle 2: Übersicht über die Ergebnisse der Therapiestudie. Die letzte Spalte der Tabelle gibt an, ob es sich bei einer Veränderung um den erwarteten bzw. erwünschten Therapieeffekt handelt.

BFB 0.5 Hz HORIZ (00)
630918KS K1U1

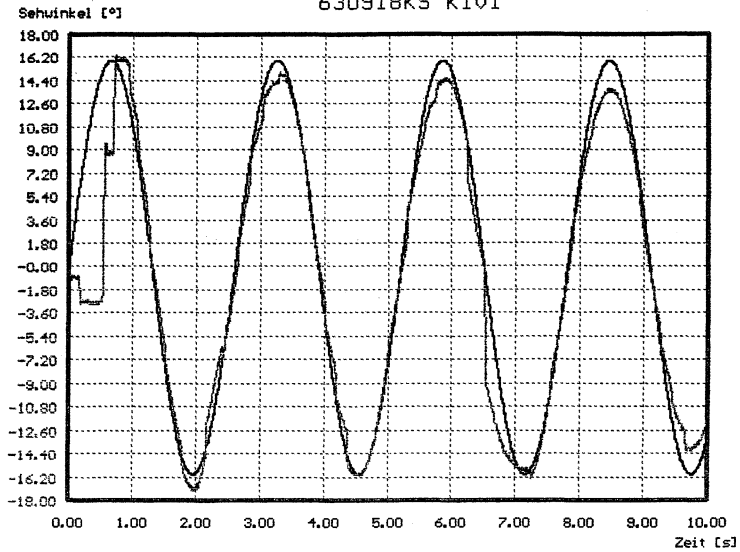


Bild Nr. 1 zeigt die Ableitung horizontaler Blickfolgen bei 0.5 Hz bei einer 30jährigen gesunden Normalprobandin.

BFB 0.5 Hz HORIZ (00)
430417SH K1V2

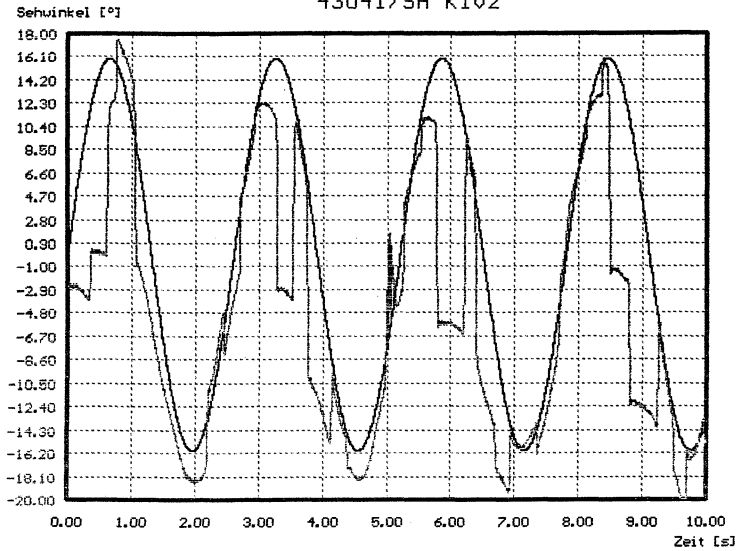


Bild Nr. 2 zeigt die Ableitung bei einer 50jährigen Frau mit Hemianopsie nach links vor Therapie.

BFB 0.5 Hz HORIZ (00)
430417SH K1U15

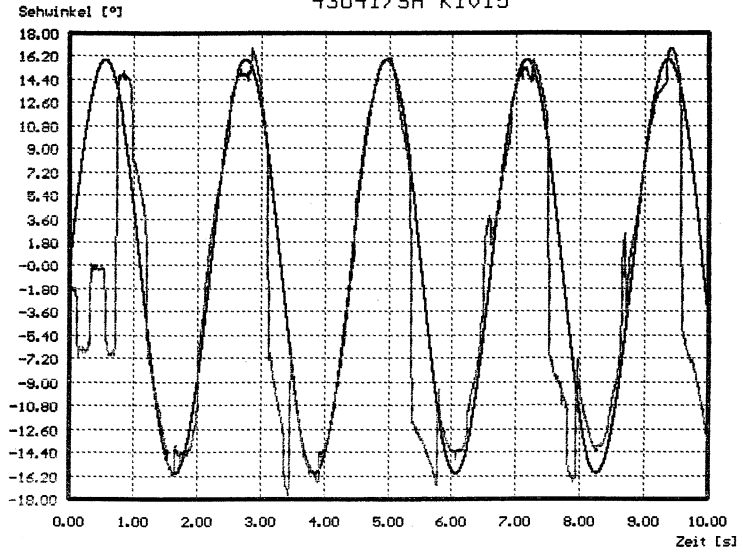


Bild Nr. 3 zeigt die gleiche Patientin nach Absolvierung des Trainingsprogrammes.

Sacc. pred. $\pm 10^\circ$ HORIZ (00)
590326PK K2U10

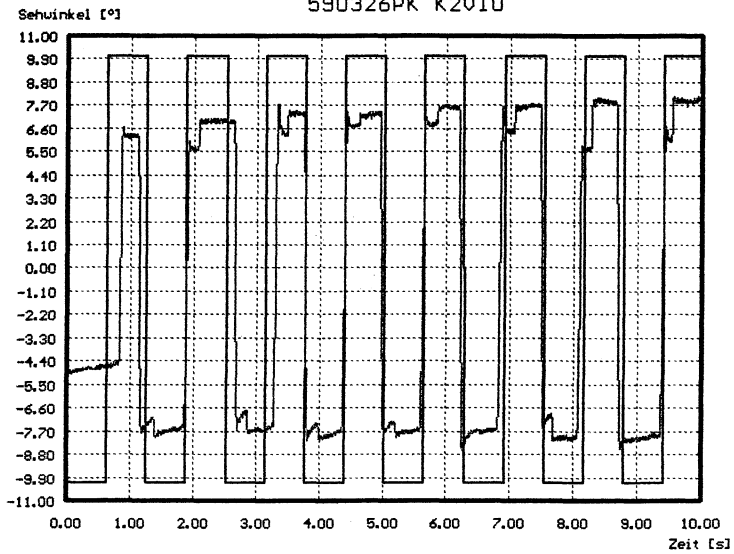


Bild Nr. 4 zeigt die Ableitung prediktiver Sakkaden von 10° Sehwinkel bei einem 34jährigen gesunden Normalprobanden.

Sacc. pred. $\pm 10^\circ$ HORIZ (OD)
430417SH K1U10

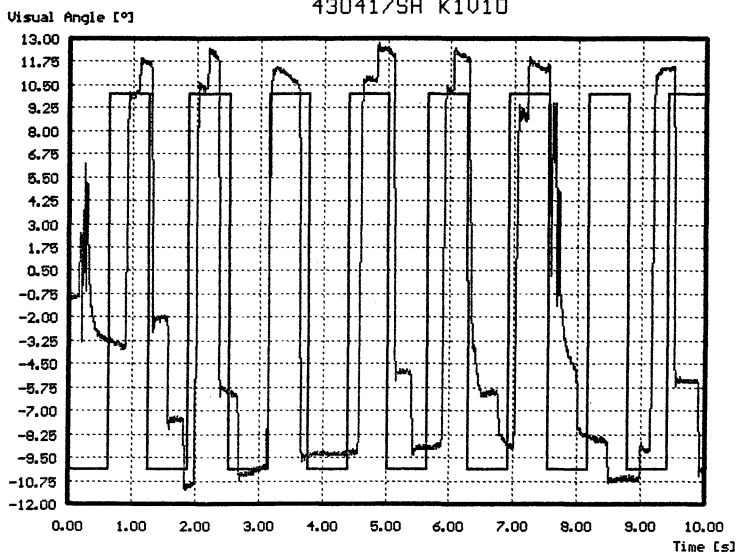


Bild Nr. 5 zeigt eine 50jährige Frau mit Hemianopsie nach links vor der Übungsphase.

Sacc. pred. $\pm 10^\circ$ HORIZ (00)
430417SH K1V23

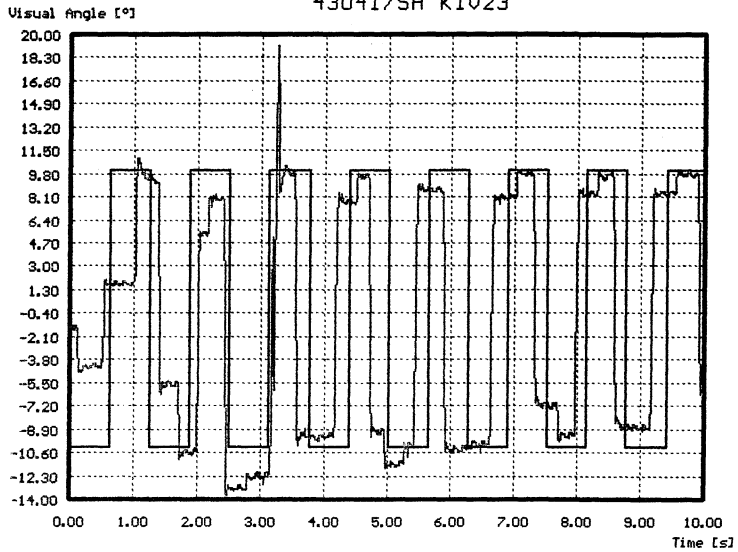
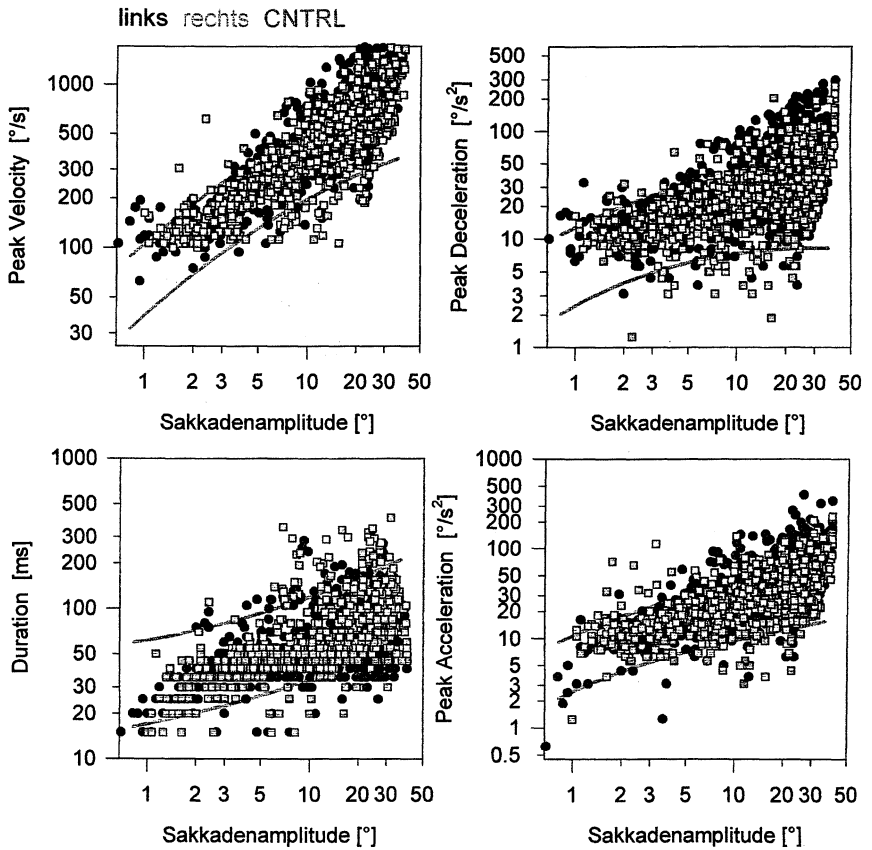


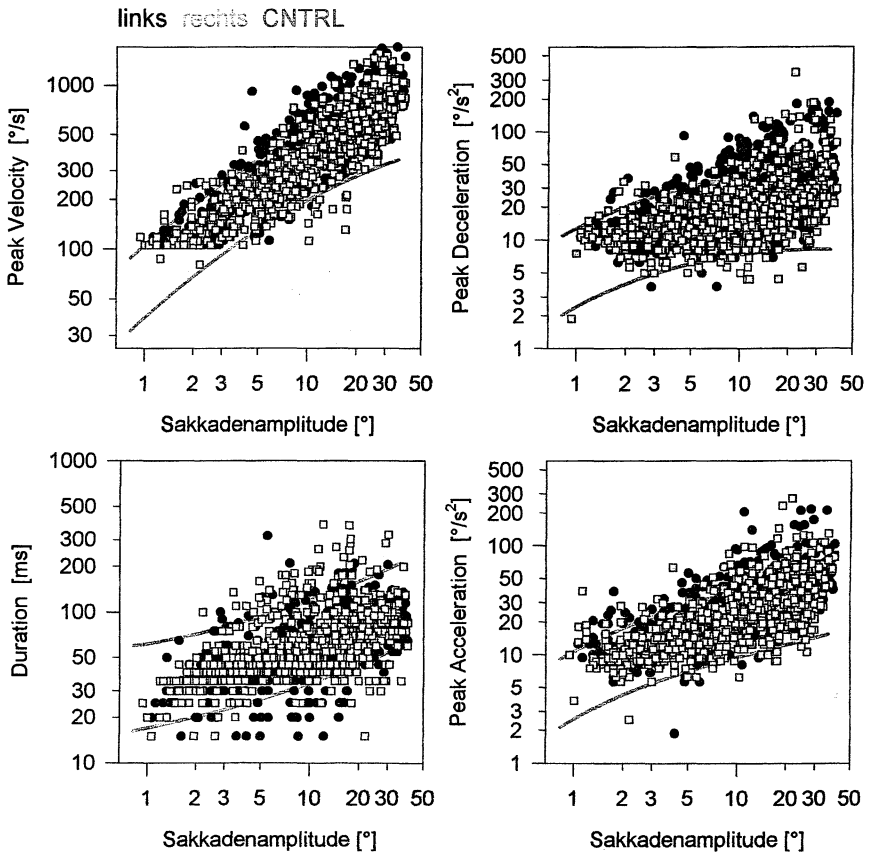
Bild Nr. 6 zeigt die gleiche Patientin, abgeleitet nach Training.

Horizontale Sakkaden vor Therapie



Anlage 2 - Main Sequence PRE

Horizontale Sakkaden nach Therapie



Anlage 3 - Main Sequence POST

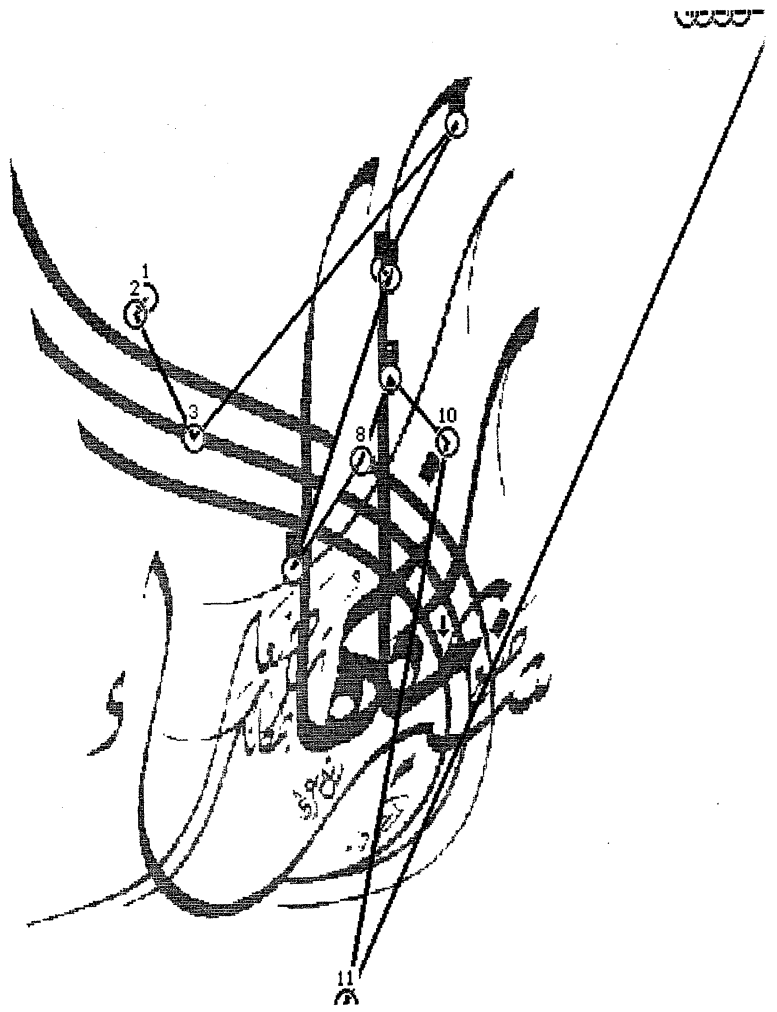


Bild Nr. 7 zeigt die Augenbewegungsableitung bei der Pfeilsuche im rotierten arabischen Buchstabenbild bei einer 27jährigen Frau mit Hemianopsie nach rechts vor Therapie.



Bild Nr. 8 zeigt die Ableitung bei der gleichen Patientin nach Therapie.

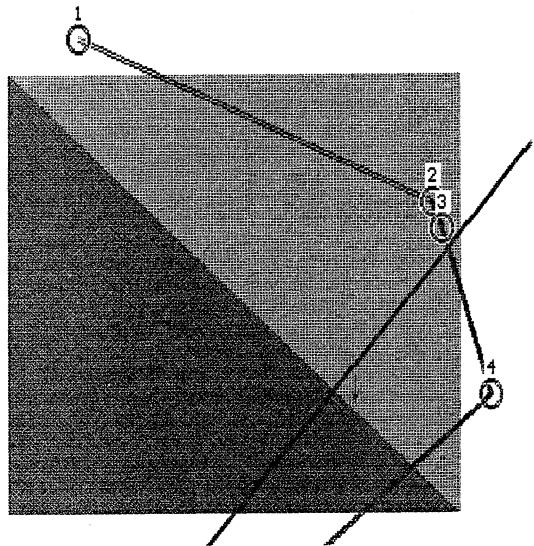


Bild Nr. 9 zeigt die Suchaufgabe im Rechteck bei derselben Patientin mit Hemianopsie nach rechts vor der Übungsphase.

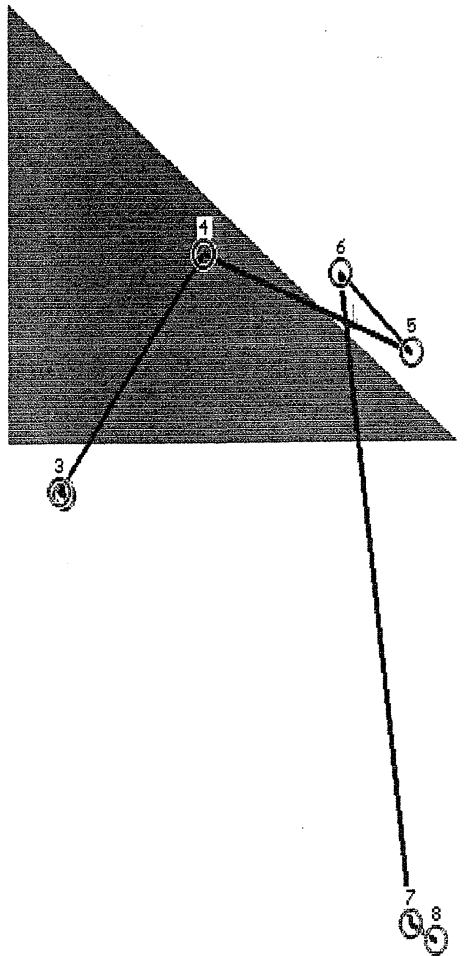


Bild Nr. 10 gibt die Ableitung nach Therapie wieder.

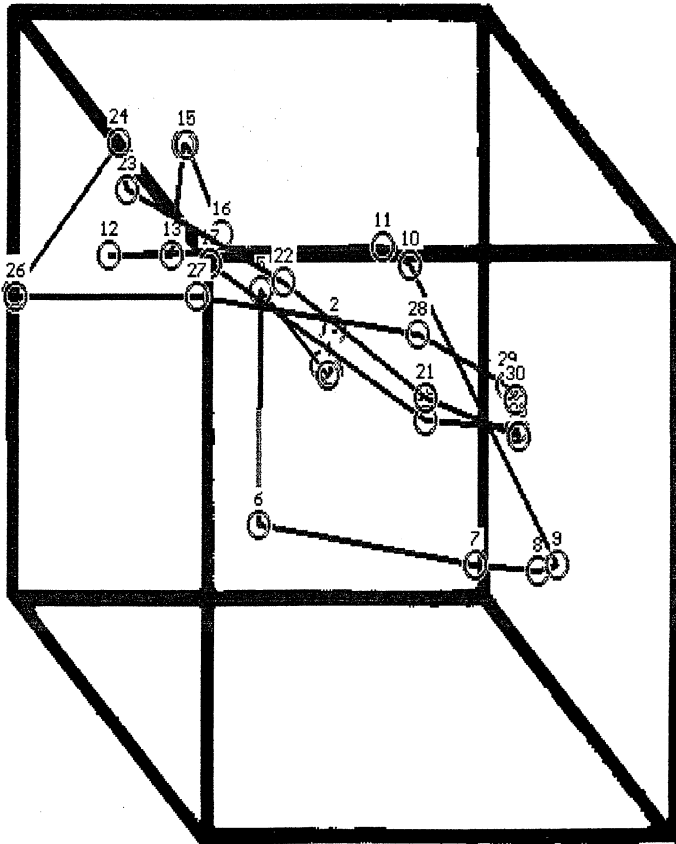


Bild Nr. 11 zeigt die Ableitung der Augenbewegungen beim Betrachten des Neckercube bei einem 34jährigen gesunden Normalprobanden. Auch bei leichter Verzerrung zeigt sich hier wie bei fast allen Normalprobanden die Häufung der Fixationsanzahl jeweils in der vorderen und hinteren Bildebene zwischen denen häufig gewechselt wurde. Typischerweise bildete sich bei den Normalprobanden je ein wie aufgespanntes Betrachtungsfeld in der vorderen und hinteren Ebene des Würfels. Verbindend zwischen diesen erschien eine Art Hiatus.

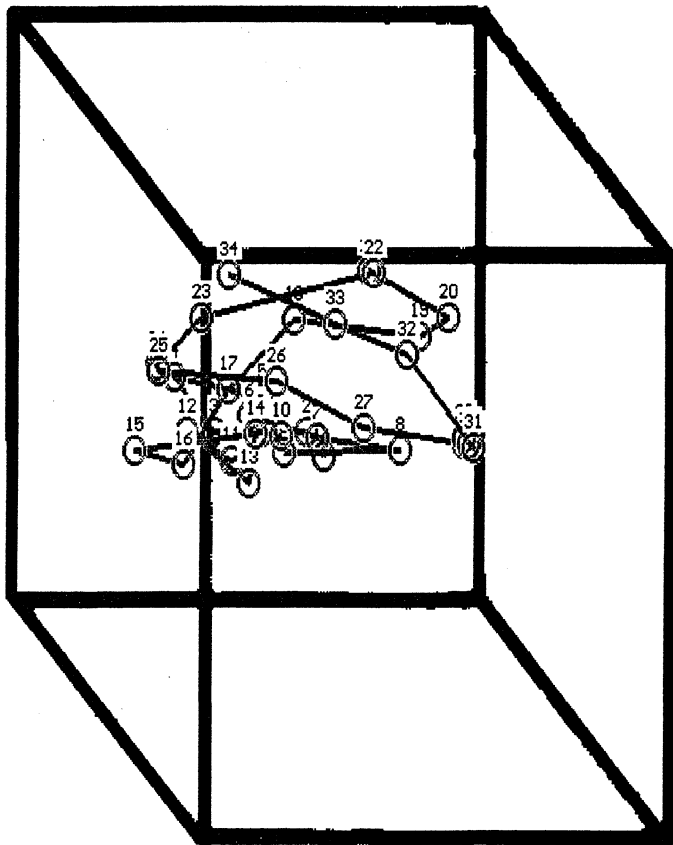


Bild Nr. 12 zeigt die Ableitung bei einem 25jährigen Mann mit Hemianopsie nach links vor Training.

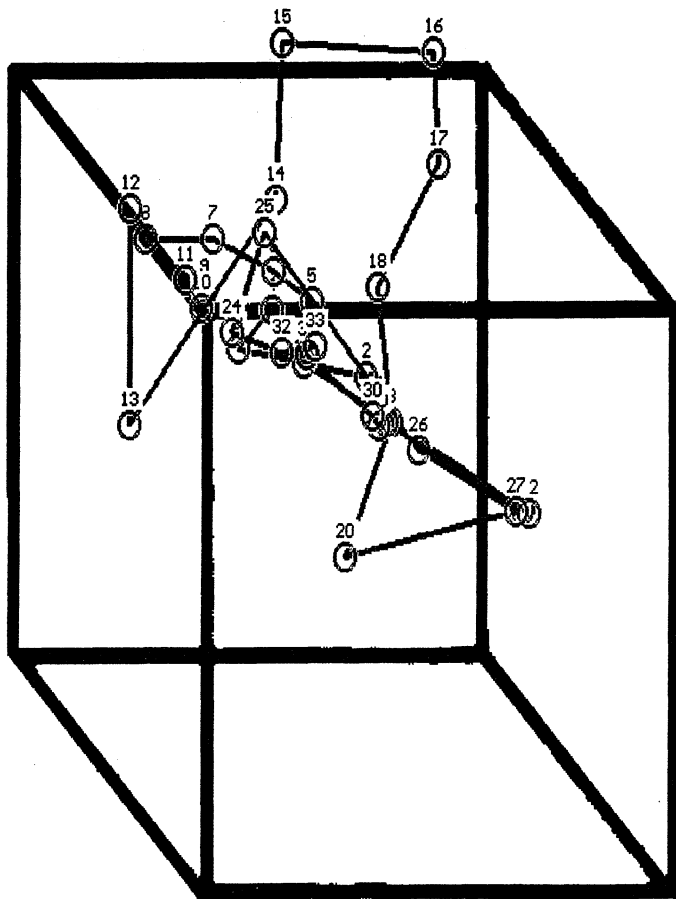


Bild Nr. 13 zeigt beim gleichen Patienten nach Therapie beispielhaft eine deutliche Zunahme der Tendenz zum Wechsel der Ebene und insgesamt eine raumgreifendere Betrachtungsweise.

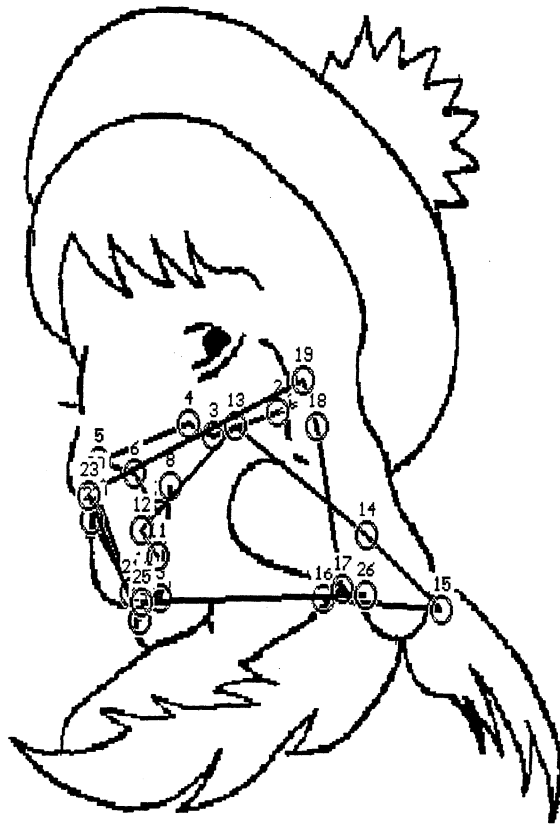


Bild Nr. 14 zeigt einen 35jährigen gesunden Normalprobanden beim Betrachten der trivalenten Bildes. Typisch und beispielhaft erscheint die Häufung der Fixationen an markanten "Erkennungspunkten" der differenten Betrachtungsebenen. Die vom Betrachter wegsehende, eher links im Bild plazierte junge Frau wird vor allem durch Ansehen des Augenlides, der Kinnpartie sowie des Ohres und des fallenden Haupthaares erkannt. Die zentral positionierte ältere Frau sieht den Betrachter eher an und wird typischerweise an Mundpartie und Auge erkannt. Der ebenfalls den Betrachter ansehende, eher rechts im Bild plazierte Mann mit Bart wird vor allem durch Ansehen von Nasenrücken, horizontal verlaufendem Bart und ebenfalls Auge erkannt. Typisch für alle Normalbetrachter war die zyklische Abfolge im Aufsuchen der markanten Punkte und das Aufspannen eines Quadrat- oder Trapezähnlichen Betrachtungsfeldes. Meist wurden zwei von den drei Gesichtern erkannt.

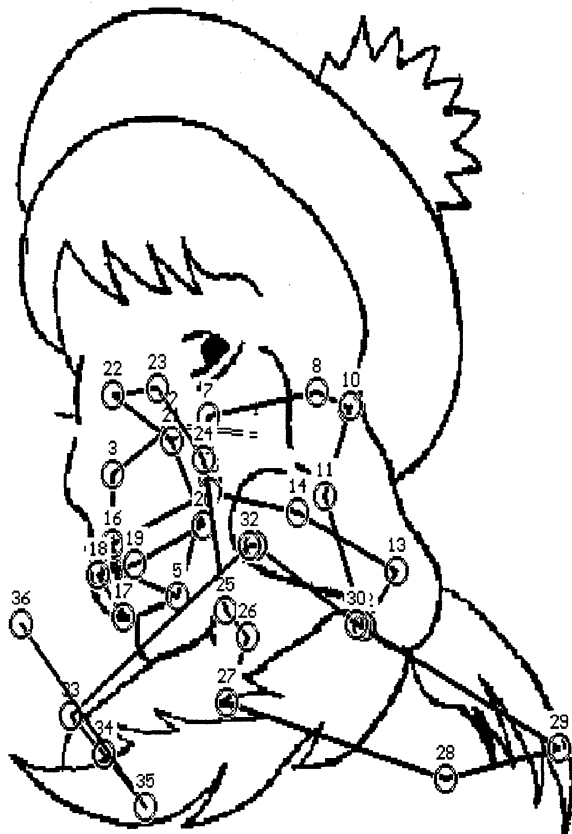


Bild Nr. 15 zeigt die Ableitung bei einem 60jährigen Mann mit Hemianopsie nach rechts. Wesentliche Erkennungsmerkmale des Mannes mit Bart werden nicht in typischer Weise durchgesehen, bzw. gar nicht erkannt. Auch die wegsehende junge Frau wird nicht erkannt.

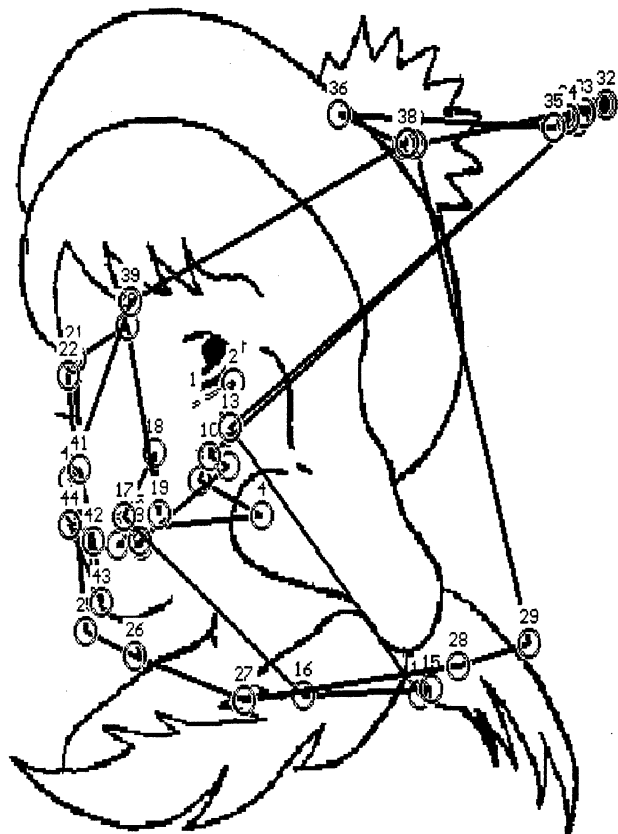


Bild Nr. 16 zeigt den gleichen Patienten nach Therapie. Der Bart des rechtsplazierten Mannes wird nun horizontal betrachtet, das Augenlid der jungen Frau wird identifiziert. Insgesamt wird raumgreifender, rechtsgerichteter gesehen.

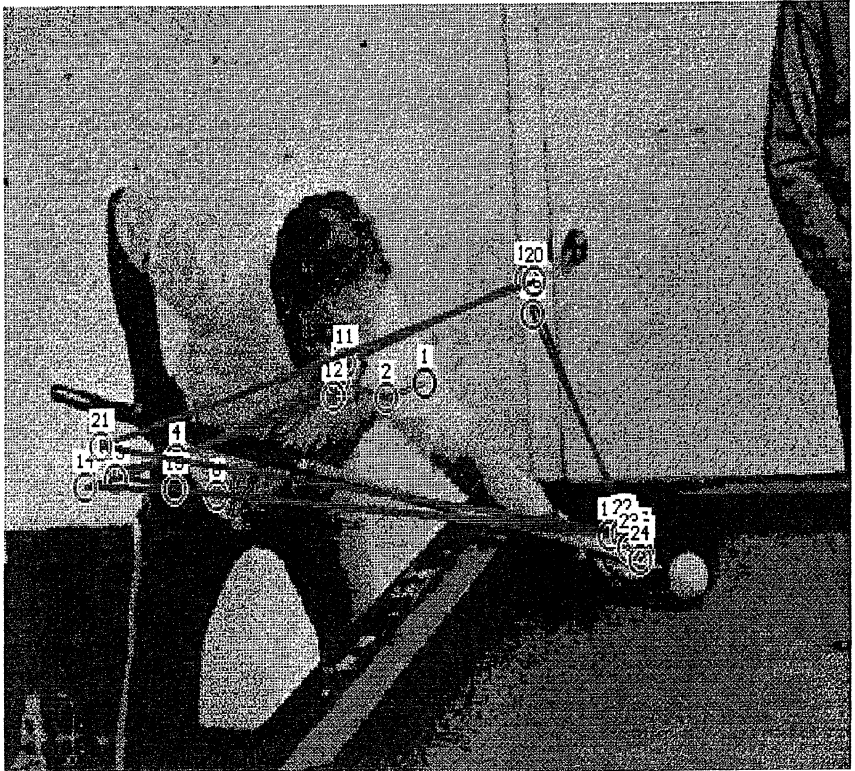


Bild Nr. 17 zeigt einen 34jährigen gesunden Normalprobanden beim Betrachten des Poolplayer. Typisch erscheint meist eine Dreiecksstruktur bzw. Aufspannung eines Rechteckes und das zyklische Aufsuchen relevanter Details wie Türkнопf, Billiardkugel, Ende des Queu und Gesicht.

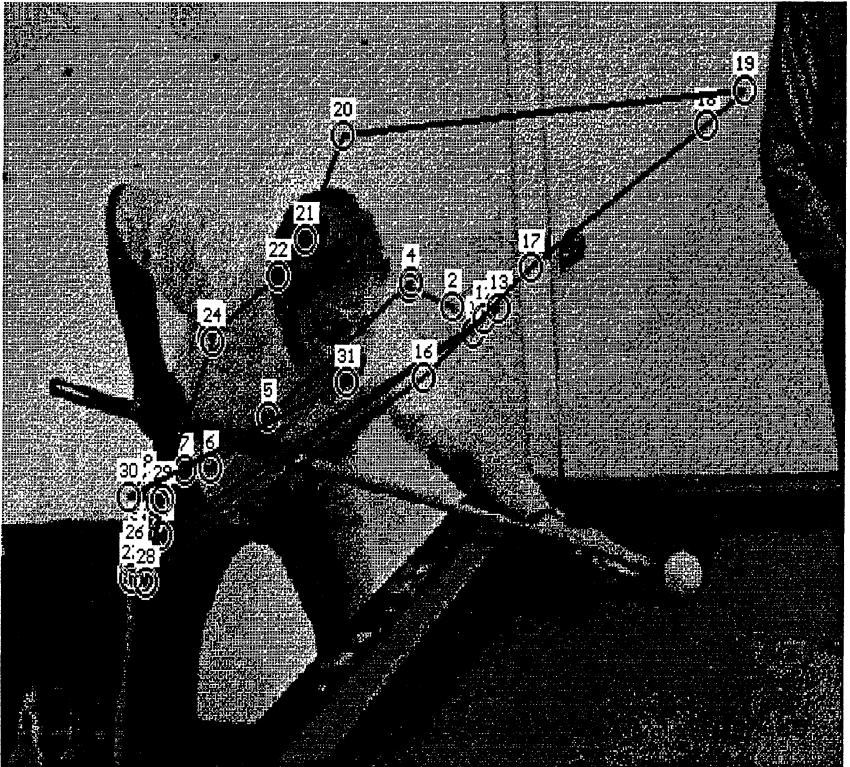


Bild Nr. 18 zeigt den Ablauf bei einem 28jährigen Mann mit Hemianopsie nach links vor Therapie. Das Ende des Queu und die Billiardkugel werden nicht gesehen. Die Augenbewegungen pendeln in einem engen zentralen Bereich.

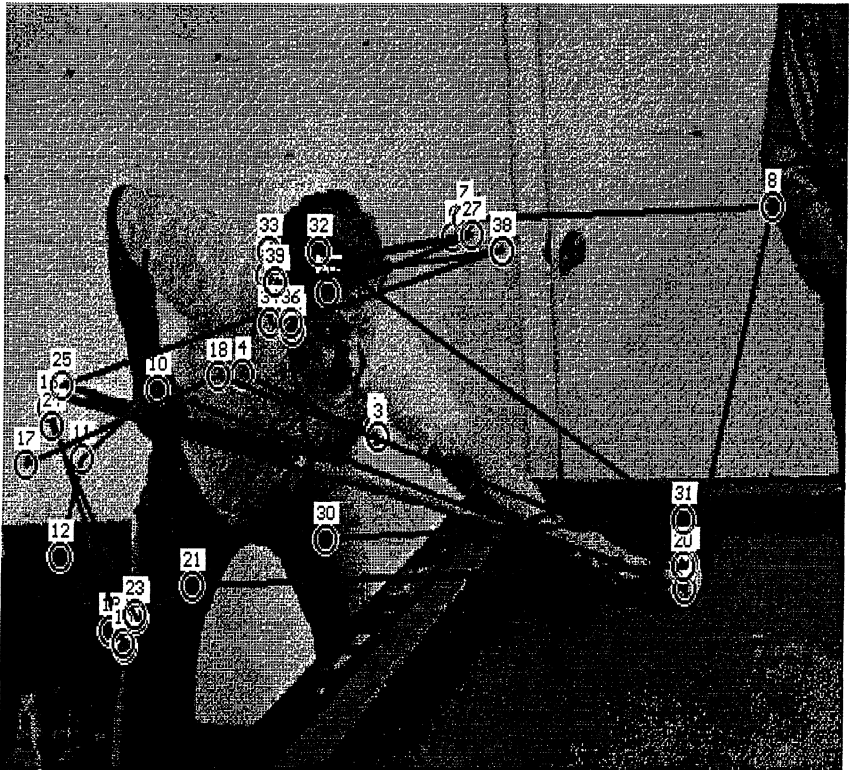


Bild Nr. 19 zeigt den gleichen Patienten nach der Übungsphase. Deutlich erscheint die raumgreifendere Betrachtungsweise. Horizontale und zyklische Sehweisen zeigen sich gehäuft. Das Queu - Ende und die Billiardkugel werden mehrfach angeschaut.

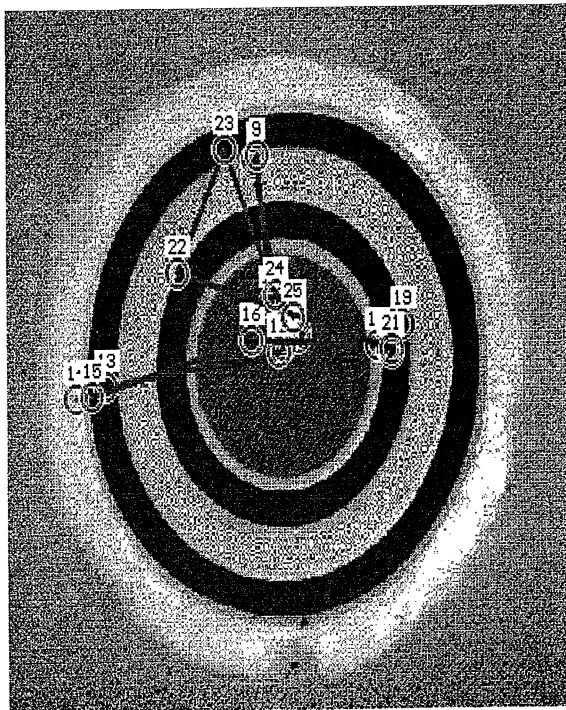


Bild Nr. 20 zeigt die Ableitung bei einem 34jährigen gesunden Normalprobanden. Häufig wurden von den Normalpersonen ausgehend von einer zentralen Fixationshäufung die Randzonen des Noland - Bildes angeschaut. Typisch war in jedem Falle eine relativ gleichmäßige Verteilung der Fixationen in mindestens drei Quadranten des Bildes.

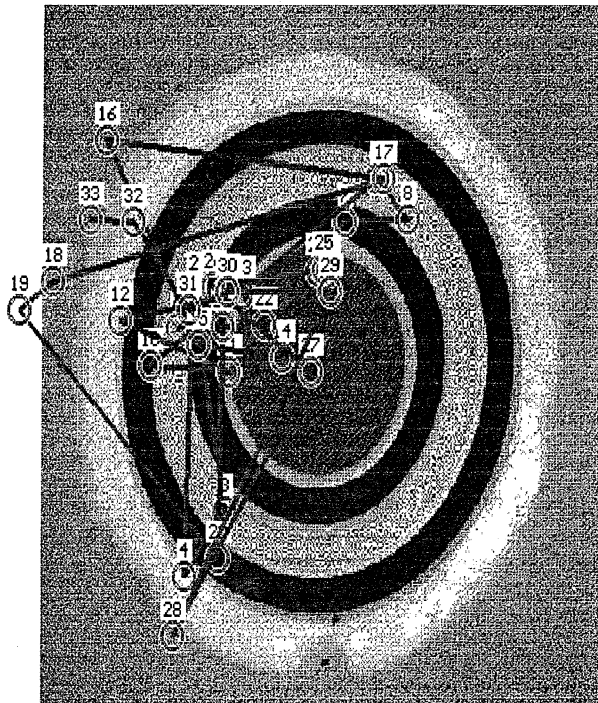


Bild Nr. 21 stellt die Ableitung bei einem 44jährigen Mann mit Hemianopsie nach rechts vor der Übungsphase dar. Deutlich erkennbar ist die fast völlige Beschränkung auf die sehende Gesichtsfeldseite.

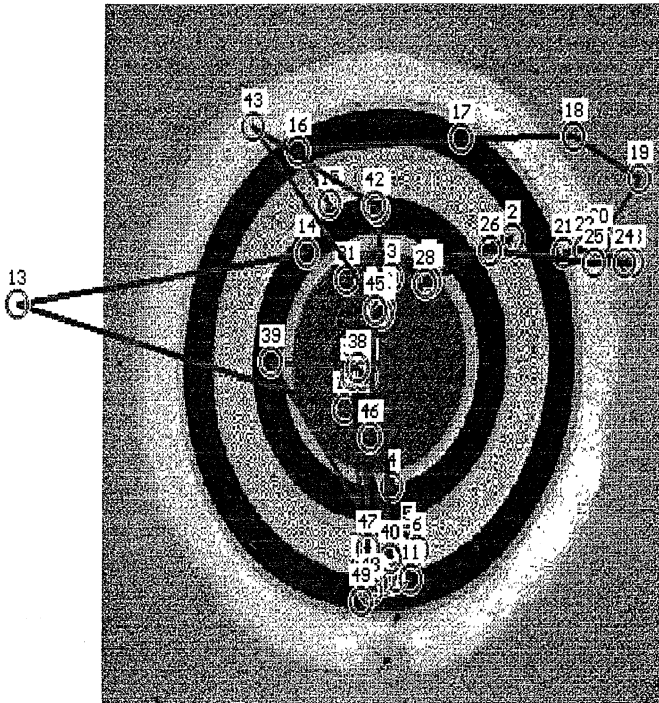


Bild Nr. 22 zeigt bei selbigem Patienten den guten Therapieerfolg.

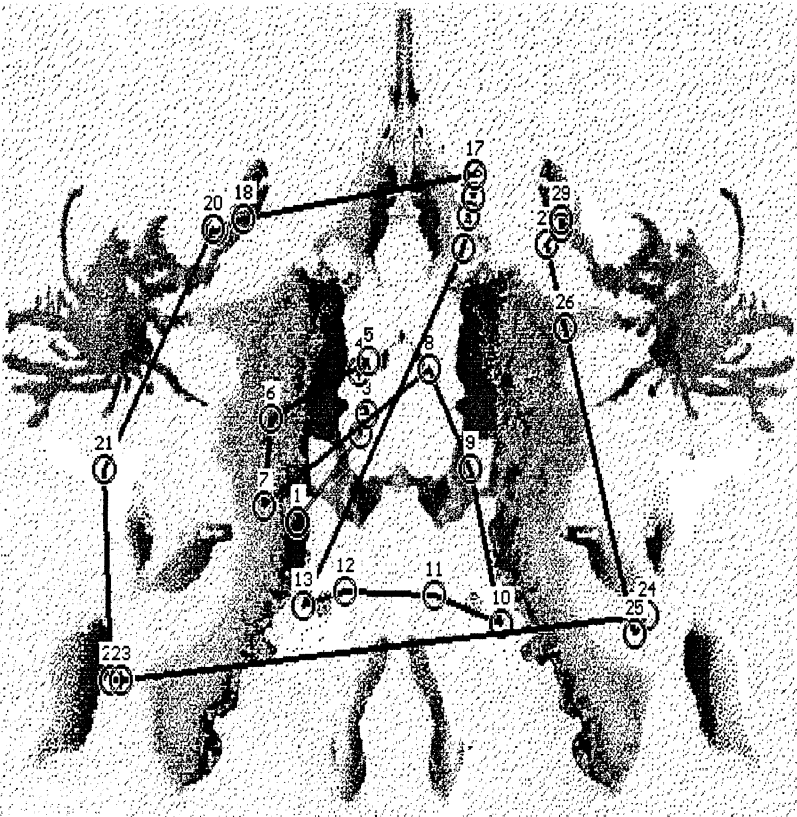


Bild Nr. 23 zeigt eine beispielhafte Verteilung der Fixationen bei Betrachtung der Symetrien/Ähnlichkeiten des Rorschachbildes durch einen 35jährigen Normalprobanden.

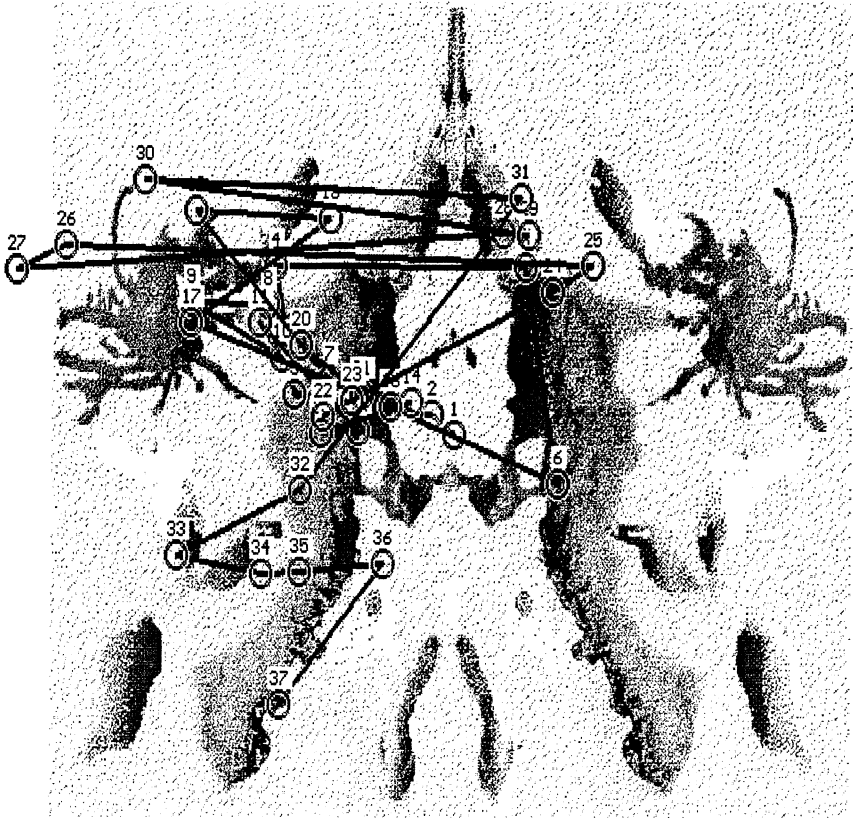


Bild Nr. 24 zeigt die Ableitung bei einem 43jährigen Patienten mit Hemianopsie nach rechts vor Therapie. Ausgespart bleibt fast vollständig der rechte untere Quadrant des Bildes.

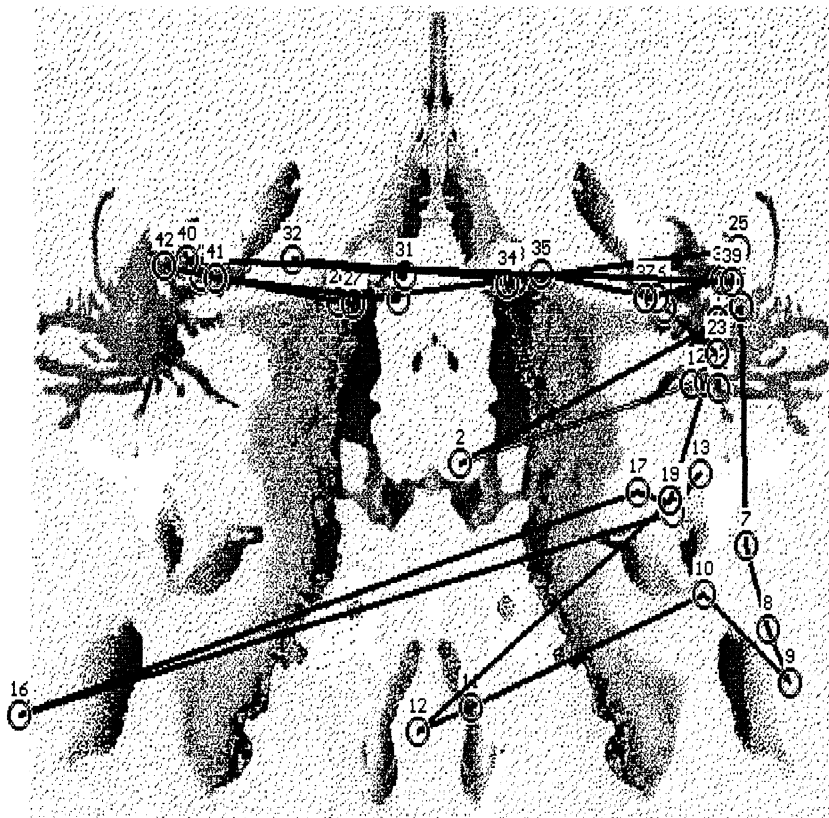


Bild Nr. 25 zeigt einen recht guten Therapieerfolg. Sowohl in der oberen Bildhälfte als auch zumindest einmal in der unteren werden die entsprechenden Symetrien naheinander aufgesucht.

