

Visuelle Wahrnehmung:

**Beiträge zur 1. Tübinger
Wahrnehmungskonferenz**

Visuelle Wahrnehmung

Beiträge zur 1. Tübinger Wahrnehmungskonferenz

Herausgegeben von

Heinrich H. Bülhoff
Manfred Fahle
Karl R. Gegenfurtner
Hanspeter A. Mallot

1998
Knirsch Verlag Kirchentellinsfurt

Prof. Dr. Heinrich H. Bülhoff
Max-Planck-Institut für biologische Kybernetik
Spemannstr. 38
72076 Tübingen

Prof. Dr. Manfred Fahle
Universitäts-Augenklinik Tübingen
Sektion Visuelle Sensorik
Waldhörnlestr. 22
72072 Tübingen

Dr. Karl R. Gegenfurtner
Max-Planck-Institut für biologische Kybernetik
Spemannstr. 38
72076 Tübingen

PD Dr. Hanspeter A. Mallot
Max-Planck-Institut für biologische Kybernetik
Spemannstr. 38
72076 Tübingen

1. Auflage 1998

Copyright © by Max-Planck-Institut für biologische Kybernetik

Alle Rechte der Veröffentlichung, des teilweisen oder vollständigen Ab- oder Nachrucks, der fotomechanischen Wiedergabe, der Verfilmung, zur Vervielfältigung und Verbreitung durch Ton- und Bildträger und der Übertragung durch Rundfunkmedien im In- und Ausland sind vorbehalten.

Herstellung: Knirsch-Verlag, D-72138 Kirchentellinsfurt
ISBN 3-927091-40-5

Vorwort

Das vorliegende Buch stellt die Beiträge zur ersten Tübinger Wahrnehmungskonferenz zusammen, die vom 27. Februar bis zum 1. März 1998 im Hörsaalgebäude der Tübinger Universität ("Kupferbau") stattfand. Mit dieser Konferenz soll die Wahrnehmungsforschung im deutschen Sprachraum dargestellt und gefördert werden. Im internationalen Vergleich bestehen hier noch immer erhebliche Defizite - vor allem in der interdisziplinären Zusammenarbeit - zu deren Abbau wir einen Beitrag zu leisten hoffen. Die Wahrnehmungsforschung erfährt heute Impulse von ganz unterschiedlichen wissenschaftlichen Richtungen, die schon jetzt zu einem erheblichen Fortschritt geführt haben. Die Förderung des Austausches zwischen diesen verschiedenen Disziplinen ist das zentrale Anliegen der neuen Konferenz.

Mit der Entwicklung von sensorischen Systemen für Roboter oder für die Fernerkundung in Informatik und Ingenieurwissenschaften wurde unser Verständnis der Informationsquellen im sensorischen Eingang und der anschließenden Informationsverarbeitung wesentlich erweitert. Durch die Arbeiten von David Marr ist dabei die Komplementarität der klassischen Ansätze zur Wahrnehmungstheorie, Gestalt- und Urteilstheorie deutlich geworden. Diese Unterscheidung lebt zwar heute in Form der Unterscheidung zwischen Neuronalen Netzen und Informationsverarbeitungstheorie weiter fort, doch ist der früher gesehene Widerspruch durch eine Zuordnung zu verschiedenen Erklärungsniveaus, nämlich neuronale Implementierung einerseits und Leistung oder Kompetenz andererseits, aufgehoben.

Ein weiterer, ebenfalls von der Informatik ausgehender Impuls ist methodischer Art. Durch die Entwicklung der Computergrafik bis hin zur virtuellen Realität stehen heute Reizgebungsverfahren zur Verfügung, die die Untersuchung neuartiger Fragestellungen erlauben. Zu nennen ist hier vor allem der erhöhte Realismus der Reizmuster und die Möglichkeiten der Verhaltensanalyse im geschlossenen Kreis von Wahrnehmung und Aktion.

Die Modularität der Wahrnehmung (und anderer mentaler Prozesse) ist durch die Neuropsychologie in früher kaum

bekannter Weise zugänglich gemacht worden. Insbesondere der Begriff der Doppeldissoziation hat sich bei der Identifikation und Analyse verschiedener Teilsysteme des Wahrnehmungsapparates bewährt. Hier sind auch die Beiträge der bildgebenden Verfahren zur Messung von Hirnaktivität zu nennen, die als Methode der Neurophysiologie beim Menschen unverzichtbar geworden sind. Schließlich scheint uns das wiedererwachte Interesse an der Bedeutung von Wahrnehmungskompetenzen in der Wechselwirkung des Organismus mit seiner Umwelt bemerkenswert. Dieser Gedanke, der in der Biologie vor allem von der Verhaltensökologie getragen wird, ist zugleich ein Grundgedanke der aktuellen Arbeiten im Bereich des "artificial life". Die Idee der Optimierung von (Wahrnehmungs-) Systemen für bestimmte Aufgaben verbindet dabei Wahrnehmungsforschung und Robotik. Im Schnittpunkt aller dieser Einflüsse hat sich schon seit einiger Zeit die Kognitionswissenschaft als eigenständige Forschungsrichtung entwickelt. Ohne hier die Unterscheidung zwischen Wahrnehmung und Kognition aufheben zu wollen, kann man den Ansatz der Tübinger Wahrnehmungskonferenz als einen "kognitionswissenschaftlichen" Blick auf die Wahrnehmung charakterisieren: durch die Verbindung von Psychologie, Medizin, Biologie und Informatik hoffen wir, zu einem vertieften Verständnis der Wahrnehmung beitragen zu können.

Die Veranstaltung dieser Konferenz wäre nicht möglich gewesen ohne die vielfältige Unterstützung durch das Max-Planck-Institut für biologische Kybernetik und die Eberhard-Karls-Universität Tübingen. Wir möchten beiden Institutionen, sowie allen, die zum Gelingen der Konferenz beigetragen haben, an dieser Stelle herzlich danken.

Tübingen, im Februar 1998

Die Herausgeber

Wissenschaftliches Programm

Freitag, 27. Februar 1998

ab 14:00	Anmeldung und Aufhängen der Poster
15:00	Begrüßung
	Symposium über Serielle und parallele Verarbeitung (Organisator: Cristina Meinecke, München)
15:15	Christoph Nothdurft (Göttingen) Was ist parallel bei der 'parallelen' Suche?
16:00	Ruxandra Sireteanu (Frankfurt) Parallele Suche ist nicht immer mühelos
16:45	Kaffeepause
17:15	Barbara Zenger (Tübingen) Globale Effekte bei der visuellen Suche
18:00	Cristina Meinecke (München) Analyse-Einheiten beim Suchen und Segmentieren

Samstag, 28. Februar 1998

	Symposium über Raumkognition (Organisator: Hanspeter A. Mallot, Tübingen)
9:00	Hans-Ulrich Schnitzler (Tübingen) Wahrnehmungs-kompetenz bei CF- FM Fledermäusen
9:45	Steffen Werner (Göttingen) Der Einfluß egozentrischer und allozentrischer Bezugssysteme auf die Verfügbarkeit räumlicher Information
10:30	Kaffeepause

11:00	Karl F. Wender (Trier) Überblick und Kohärenz in Kognitiven Karten
11:45	Hanspeter A. Mallot (Tübingen) Ansichtenbasierte Navigation bei Mensch und Maschine
12:30	Mittagspause
14:00	Postersitzungen
18:15	Abendvortrag von Ernst Pöppel (München) Jeweils eine Frage zur Homogenität des anschaulichen Raumes und der Kontinuität der subjektiven Zeit

Sonntag, 1. März 1998

	Symposium über Aufmerksamkeit und Steuerung von Blickbewegungen (Organisator: Heiner Deubel, München)
9:00	Burkhard Fischer (Freiburg) Die Ausrichtung des Blicks durch Sakkaden: Fixation, Reflexe und willentliche Steuerung
9:45	Heiner Deubel (München) Die Rolle visueller Aufmerk- samkeit bei der Selektion von Blickbewegungszielen
10:30	Kaffeepause
11:00	Jochen Braun (Pasadena) Visuelle Aufmerksamkeit und kortikale Schaltkreise
11:45	Wolfgang Heide (Lübeck) Corticale Kontrolle sakkadischer Augenbewegungen und der gerichteten visuellen Aufmerksamkeit
12:30	Rainer Göbel (Frankfurt) Funktionelle Neuronatomie und zeitliche Eigenschaften der Sakkadengenerierung
13:15	Schlußdiskussion, Ende der Konferenz

Verzeichnis der Beiträge

Symposium: Serielle und Parallele Verarbeitung

- Was ist parallel bei der 'parallelen' Suche? 24*
Christoph Nothdurft
- Parallel Visual Search is not always Effortless 25*
Ruxandra Sireteanu
- Global Effects in Popout 26*
Barbara Zenger & Manfred Fahle
- Analyse-Einheiten beim Suchen und Segmentieren 27*
Cristina Meinecke

Symposium: Raumkognition

- Wahrnehmungskompetenz bei CF- FM Fledermäusen 30*
Hans-Ulrich Schnitzler
- Der Einfluß egozentrischer und allozentrischer Bezugssysteme auf die Verfügbarkeit räumlicher Information 31*
Steffen Werner & Stefanie Wolf
- Überblick und Kohärenz in Kognitiven Karten 32*
Karl Wender
- Route Memory and Cognitive Maps: Evidence from Behavioral Experiments in Virtual Environments 33*
Hanspeter A. Mallot, Sabine Gillner & Sibylle Geiger

**Symposium:
Aufmerksamkeit und Steuerung von Blickbewegungen**

*Die Ausrichtung des Blicks durch Sakkaden: Fixation - Reflexe -
Willentliche Steuerung 36*

Burkhard Fischer & Annette Mokler

*Die Rolle visueller Aufmerksamkeit bei der Selektion vom
Blickbewegungszielen 37*

Heiner Deubel

Visuelle Aufmerksamkeit und kortikale Schaltkreise 38

Jochen Braun

*Kortikale Kontrolle sakkadischer Augenbewegungen und der
gerichteten visuellen Aufmerksamkeit 39*

W. Heide, D.K. Kömpf, B. Wauschkuhn, R. Verleger, F.
Binkofski & R.J. Seitz

*Funktionelle Neuronatomie und zeitliche Eigenschaften der
Sakkadengenerierung 40*

Rainer Goebel

**Postersitzung:
Bewegungswahrnehmung**

Asymmetric modulation of smooth pursuit eye movements 42

Uwe J. Ilg & Urs Schwarz

*Contour Motion-Capture by Sharp Bends in a Network Simulation
with Spiking Neurons 43*

Ulrich Schott & Reinhard Eckhorn

Perception of the Position of Moving Objects 44

Bart Krekelberg & Markus Lappe

Der Einfluß von Interstimulus-Intervall und örtlichem Versatz auf die Richtungsdiskrimination von Punktbahnen 45

Andreas Eisenkolb, Alexandra Musto, Christoph Zetsche, Wilfried Brauer & Kerstin Schill

Bewegungswahrnehmung im skotopischen System 46

H. Mayser, T. Eckle, D.I. Braun, K.R. Gegenfurtner & L.T. Sharpe

Geschwindigkeitssensitive Mechanismen bei der menschlichen Bewegungswahrnehmung 47

Tobias E. Reisbeck & Karl R. Gegenfurtner

Einfluß der Größe bekannter Objekte auf Geschwindigkeitskonstanz 48

Hartwig K. Distler & Karl R. Gegenfurtner

Global tau reexamined: Image based strategies suffice to explain time-to-passage judgments 49

D. Kerzel, N.-G. Kim & H. Hecht

Neuronale Grundlagen der Wahrnehmung optischer Flußfelder 50

Markus Lappe & Charles J. Duffy

Asymmetrie der Anterior-Posterior-Bewegungswahrnehmung 51

Thomas Probst, Kai V. Thilo & Michael A. Gresty

Heading backwards: Wahrgenommene Bewegungsrichtung in expandierenden und kontrahierenden optischen Flußfeldern 52

Heiko Hecht & Dirk Kerzel

Dynamics of Heading Detection from Retinal Flow 53

Antje Grigo & Markus Lappe

Allocation of Attention in Motion Perception 54

Kai Kroppe, Masud Husain & Stefan Treue

Attention Increases Responses of Direction-Selective Neurons but does not Sharpen their Tuning Curves 55

Julio César Martínez & Stefan Treue

Transparent Motion at Acute Angles Results in Single-Lobed Neural Activity Profiles 56

Karel Hol & Stefan Treue

Misperceptions when Recovering the Directions in Transparent Motion 57

Hans-Jürgen Rauber & Stefan Treue

Der Einfluß mehrerer Bewegungsrichtungen auf den Bewegungsnacheffekt 58

Dieter Heller, Joseph Krummenacher & Uta Bösch

**Postersitzung:
Aufmerksamkeit**

Zusammenwirken von verschiedenen Interferenzen in Wahl-Reaktionsaufgaben auf visuelle Muster 60

Edmund Wascher

Gerichtete visuelle Aufmerksamkeit beeinflusst die wahrgenommene Dauer kurzer Reize 61

Stefan Mattes & Rolf Ulrich

Unterschiede in visueller Aufmerksamkeit und Aufgabeninterferenz zwischen Männern und Frauen reflektieren Unterschiede in der Gehirnlateralisation 62

Kyle R. Cave, Heather Davidson & Daniela B. Sellner

Responding to visual stimuli with and without awareness 63

Dirk Vorberg, U. Mattler, A. Heinecke, J. Schwarzbach & T. Schmidt

Inhibitorische Selektionsprozesse in der visuellen Suche 64

Adrian von Mühlenen & Hermann J. Müller

Lokationsspezifische Targeterwartungen in der visuellen Suche 65

Wilfried Kunde

Sakkadische Augenbewegungen unter bimodaler Stimulation 66
Petra Arndt & Hans Colonius

Lateralised Cortical Activity for Shifts of Visuospatial Attention and Initiating Saccades 67

Rolf Verleger, Bernd Wauschkuhn, Edmund Wascher,
Wolfgang Heide, Marcel Burk & Detlef Kömpf

Effect of alcohol on visually guided saccades 68

Almut-J. Wegner & Manfred Fahle

Antisaccade Control Improves by Daily Practice in Children 69

A. Mokler, K.Hartnegg & B. Fischer

Zur Steuerung von Sakkaden bei extrafovealer Buchstabenerkennung 70

Ralph Radach, Anke Huckauf & Dieter Heller

**Postersitzung:
Raumwahrnehmung**

Recognition of a large-scale virtual environment from novel perspectives 72

C.G. Christou & H.H. Bühlhoff

Zeigeverhalten, Landmarken und mentale Raumrepräsentationen 73

Michael M. Popp

Path integration in a virtual arena - a replication of Tolman's classic experiment 74

Sabine Gillner, Sibylle Geiger & Hanspeter A. Mallot

Interaction of local and global landmarks for route finding in virtual environments 75

S. Geiger, H.A. Mallot & S. Gillner

- Schätzen von Richtungen in realen und virtuellen Umgebungen* 76
K. Sellen, H.A.H.C. van Veen & H.H. Bühlhoff
- Die zeitliche Illusion des kürzeren Rückwegs* 77
Susanne Huber, Michael Schröder & Astros Chatziastros
- “Denn sie wissen nicht was sie tun” - Das Mißkonzept über den Spurwechsel* 78
Astros Chatziastros, Guy M. Wallis & Heinrich H. Bühlhoff
- Natürliche Informationsdarstellung im Flugzeugcockpit* 79
Peter M. Lenhart, Matthias Purpus & Harro v. Viebahn
- Stereoskopische Gestaltung von Bildschirmanzeigen* 80
Udo Mayer, M. Hammer & S. Mücke
- Geometrie des binokularen Raums* 81
Karin Zimmer 81
- Binokular gesehene Richtung* 82
Jürgen Heller 82
- Acoustic flow field perception in cf-bats - a feasibility study* 83
Rolf Müller & Hans-Ulrich Schnitzler
- CF-FM Fledermäuse im Transferflug: Wird das akustische Flußfeld genutzt?* 84
Annette Denzinger & Hans-Ulrich Schnitzler
- Zur propriozeptiven Beeinflussung der auditiven Raumwahrnehmung* 85
Jörg Lewald, Hans-Otto Karnath & Walter H. Ehrenstein
- Displacement of Subjective Body Orientation in Patients with Neglect, Hemianopia or Both* 86
S. Ferber & H.-O. Karnath
- The Attentional Gradient - a Question of Spatial Restrictions? Neglect in Full Range Exploration* 87
Matthias Niemeier & Hans-Otto Karnath

**Postersitzung:
Lernen und Plastizität**

Effect of recognition learning on the visual aesthetic response 90
Ingo Rentschler, Martin Jüttner & Alexander Unzicker

*Überwachtes Objektlernen - ein neues Paradigma zur
Untersuchung des Einflusses von Vorerfahrung auf mentale
Objektrepräsentationen* 91
Erol Osman, Martin Jüttner & Ingo Rentschler

Perceptual Learning is Extremely Orientation Specific 92
Manfred Fahle

Modelle und Probleme des perzeptuellen Lernens 93
Michael H. Herzog & Manfred Fahle

Perzeptuelles Lernen mit nicht gleichverteilter Reizquelle 94
Astrid Broos, Michael H. Herzog & Manfred Fahle

Störelemente und perzeptuelles Lernen 95
Anne Holland-Moritz, Michael H. Herzog & Manfred Fahle

*Training of two-dimensional spatio-temporal interpolation
improves performance for interpolation in depth* 96
Emanuela De Luca & Manfred Fahle

Neural Plasticity in Pattern Detection? 97
U. Mortensen & G. Meinhardt

Perzeptives Lernen bei der Erkennung eingebetteter Figuren 98
Ira Ludwig

*Transiente Reorganisation des visuellen Cortex des Menschen
nach traumatischen bzw. ischaemischen Hirnläsionen* 99
M. Rausch, W. Widdig, M. Jüttner & M. Tegenthoff

*Diskriminationslernen und kontextabhängiges Wahlverhalten bei
Hühnerküken* 100
M. Griesemer, P. Hauf, M. Szczepanski & V. Sarris

Task Difficulty and the Specificity of Visual Learning in the Barn Owl (Tyto alba) 101
Robert F. van der Willigen

**Postersitzung:
Objekterkennung**

Evidence for the Encoding of Complex Object Features in Monkey Inferior Temporal Cortex 104
Jon Pauls & Nikos Logothetis

Object selective attention prevents shift-invariance of visual recognition 105
Martin Jüttner & Ingo Rentschler

Untersuchung von mentaler Rotation und blickwinkelunabhängiger Wiedererkennung bei 3D-Objekten 106
Volker Thoma & Alf Zimmer

Besseres Erkennen auch ohne Wiedererkennung 107
R. Popp & A. Zimmer

Evaluation eines gesichtsspezifischen Ähnlichkeitsmaßes 108
A.I. Ruppertsberg, T. Vetter & H.H. Bühlhoff

Schau' ich Dir in die Augen? Scanning-Strategien der Gesichtsverarbeitung 109
Helmut Leder & Christian Roßnagel

Die Bedeutung von Textur und Form in einer komplexen Kategorisierungsaufgabe bei Tauben 110
Michaela Loidolt, Ulrike Aust, Ludwig Huber, Nikolaus Troje & Martin Fieder

Orientierungsinvariante Mustererkennung durch Invarianz-Transformationen 111
Nikolaus Kriegeskorte

*Der Einfluß der Raumorientierung auf die Figurwahrnehmung:
Zeigeeffekte bei mehrdeutigen Dreiecken 112*

Ursula Schuster

Saliency and Fading of Texture-Defined Targets 113

Ralf Teichmann & Allison B. Sekuler

*Die Wirkung des Orientierungsgehaltes der Elementarstrukturen
bei der Segmentierung von Texturen: psychophysische Daten und
ein Filtermodell. 114*

Lothar Kehrer

*Masking by Plaid Patterns: Effects of presentation time and mask
contrast 115*

Felix A. Wichmann & G. Bruce Henning

Dynamic Distortions in rotating radial figures 116

Frank Stürzel, S. Anstis & L. Spillmann

Additivity in conjunction visual search tasks? 117

Jutta S. U. Budde & Manfred Fahle

*Bestimmung visueller Suchstrategien mit einem mathematischen
Reaktionszeitmodell 118*

Gisela Müller-Plath

*Ein neuronales Modell der visuellen Suche als paralleler
Wettbewerb 119*

F. H. Hamker & H.-M. Groß

Masking a point-light walker 120

Marina Pavlova, Alexander Sokolov & Isabelle Bühlhoff

**Postersitzung:
Binokulare Wahrnehmung**

Computation Times of Binocular Depth Analysed by the “Delayed Stereopsis Illusion” (DSI) 122

M. Schuchardt, R. Rosenzweig & R. Wolf

Stereoskopischer Glanz und stereoskopische Tiefe 123

Henrik Zöller

Stereoskopische Tiefensehschärfe bei alternierender monokularer Reizung 124

Wolfgang Pieper

Der Einfluß des Noniusfehlers auf die psychophysikalisch gemessene Fixationsdisparation 125

Wolfgang Jaschinski, Peter Bröde & Barbara Griefahn

Binocular interaction of brief stimuli 126

Bernhard Treutwein & Ingo Rentschler

**Postersitzung:
Farbe und Helligkeit**

Farbvergleiche zwischen Licht und Schatten 128

Hans Irtel

Chromatische Bedingungen perzeptueller Transparenz 129

Franz Faul

Zur Dimensionalität vollständiger perzeptueller Farbcodes in Infeld-Umfeld-Konfigurationen: Ein Stetigkeitsargument 130

Reinhard Niederee

Nonlinearities in red/green equilibria and the increment-decrement distinction 131

Dieter Heyer

- Zur Funktionaläquivalenz visueller Szenen 132*
Johannes Andres
- Untersuchungen zur Reizverarbeitung beim haploskopischen Farbabgleich 133*
Eike Richter
- Ortsfrequenzvariationen in farbigen Mustern beeinflussen das Aussehen von Inkrementen stärker als das von Dekrementen 134*
Karl-Heinz Bäuml
- Reproduction of Lands red-and-white effect on photographic slides and prints 135*
Andreas Hub & Peter Fromherz
- Psychophysischer Hinweis auf eine Sonderstellung der S-Sehzapfen in der Menschlichen Netzhaut 136*
Horst Scheibner & Sinclair Cleveland
- Spectral sensitivity of stare nystagmus and smooth pursuit 137*
Mark v.Campenhausen & Kuno Kirschfeld
- Spatial Facilitation with Isoluminant Chromatic Stimuli 138*
Birgitta Dresch & Anne Marie Schuller
- Subjektive Helligkeit und Kontrastschwellen in Konturlücken 139*
Jochem W. Rieger & Karl R. Gegenfurtner
- Variations on Filling-In 140*
Heiko Neumann & Luiz Pessoa
- How Contour Junctions Affect Lightness Perception 141*
Gregory Baratoff, Luiz Pessoa & Heiko Neumann
- The Effect of Luminance and Color Differences on the Scintillating Grid Illusion 142*
M. Schrauf, Heidi Enders & Eugene R. Wist
- Attention and Metacontrast: A Unifying concept 143*
Kuno Kirschfeld & Thomas Kammer

**Postersitzung:
Bildverarbeitung**

*Die Retina als paralleler diffraktiv-optischer 3D-4D-
raumzeitlicher Gitterkorrelator 146*

Norbert Lauinger

Lokale Signalanalyse mittels quaternionischer Gaborfilter 147

Thomas Bülow & Gerald Sommer

*Higher-Order Statistics of Natural Images and Their Exploitation
by Neuronal Mechanisms 148*

Gerhard Krieger & Christoph Zetsche

*Natural Image Statistics, Orientation-Selectivity, and Cortical
Gain Control 149*

Christoph Zetsche & Gerhard Krieger

*1/f² power spectrum of natural images and self-similar bandpass
channels in biological vision 150*

Florian Röhrbein & Christoph Zetsche

*Erlernen von Merkmalskonfigurationen für die Szenenanalyse mit
sakkadischen Augenbewegungen 151*

Elisabeth Umkehrer, Stephan Beinlich, Christoph Zetsche,
Ernst Pöppel & Kerstin Schill

**Postersitzung:
Physiologie**

*Functional Magnetic Resonance Imaging Reveals Neuronal
Correlates of Figure-Ground Segregation 154*

G. Skiera, D. Petersen, M. Skalej & M. Fahle

*Wahrnehmung inkohärenter und kohärenter visueller Stimuli:
Vorläufige Ergebnisse zweier Diskriminationsexperimente mit
visueller Halbfeldtechnik bzw. funktioneller
Magnetresonanztomographie 155*

Ralf Goertz & Jürgen Reichenbach

ERP Signs of Spatial Encoding of Shape and Color 156

Christine Kohlmetz, Tiia Tuulmets & Thomas F. Münte

*Hemisphärenasymmetrien bei der Wahrnehmung kurzer
Zeitintervalle 157*

Claudia Goertz

*Component-Perimetry: A Fast Visual Field Test for Different
Visual Functions 158*

Gudrun Bachmann & Manfred Fahle

*Automated assessment of the visual contrast sensitivity function in
the hooded rat 159*

H. Strasburger, J. Keller, D.T. Cerutti & B.A. Sabel

*Besteht eine topographische Beziehung von Skotom und Phosphen
bei Magnetstimulation des visuellen Kortex? 160*

Thomas Kammer & Kuno Kirschfeld

*Anisometrie der Sehauflösung und kortikale Repräsentation - Ein
Modell 161*

Jens von Berg

*Greifen als Test für die Unterscheidung von Wahrnehmung und
Handlung 162*

Volker Franz, Karl R. Gegenfurtner, Heinrich H. Bülthoff &
Manfred Fahle

*Greifen in Situationen mit visueller und haptischer Information in
Konflikt 163*

Marc O. Ernst, H. A. H. C. van Veen, M. A. Goodale &
Heinrich H. Bülthoff

- Kontrollierte Blickrichtung bei wachen Affen ohne Dressur* 164
J. Krüger, I. Bondar, M. Fahle, E. Schottmann & X. Schwieta
- Lorazepam: a tool enhancing the processing of discontinuities?*
165
A. Giersch

**Symposium:
Serielle und Parallele Verarbeitung**

SERIELL 1

Was ist parallel bei der 'parallelen' Suche?

Christoph Nothdurft

AG Neurobiologie, MPI für biophysikalische Chemie, Göttingen

Bei visuellen Suchaufgaben lassen sich zwei Strategien unterscheiden, die man als 'parallele' oder 'serielle' Suche gedeutet hat: Das Zielmuster wird schnell entdeckt, mit Suchzeiten, die (weitgehend) unabhängig von der Zahl vorhandener Störelemente sind (parallele Suche), oder die Suchzeit nimmt mit der Zahl der Störelemente zu (serielle Suche).

Da parallele Suche mit bestimmten Mustern spontan auftritt, war die ursprüngliche Annahme plausibel, daß genau solche Muster parallel verarbeitet und entdeckt werden, während andere Muster serielle und meist attentive Verarbeitungsprozesse erfordern. Verschiedene Untersuchungen der letzten Jahre haben jedoch eine andere Deutung nahegelegt. Danach könnte das schnelle Entdecken des Zielmusters bei der parallelen Suche vor allem auf dessen Auffälligkeit ('saliency') beruhen. Parallele und serielle Suche würden sich dann nicht qualitativ in der Verarbeitung der Ziel- und Störmuster unterscheiden, sondern vor allem dadurch, daß bei paralleler Suche das Zielmuster 'ins Auge springt'.

Wir haben in den letzten Jahren einige Eigenschaften dieses Auffälligkeitsmechanismus untersucht und Vorhersagen überprüft, die sich aus dieser Interpretation machen lassen, aber nicht aus der vermuteten parallelen Verarbeitung bestimmter Muster folgen. So kann man serielle Suchaufgaben in solche mit paralleler Suchcharakteristik verwandeln, indem man die Zielmuster hervorhebt, und umgekehrt die scheinbar parallele Suche durch Hinzufügen auffälliger Störmuster seriell machen. Unsere Experimente zeigen, daß Auffälligkeit auf unspezifischen Mustereigenschaften beruht und daß Hervorhebungen bei Mustereigenschaften, die irrelevant für die jeweilige Suchaufgabe sind, dennoch das Suchverhalten beeinflussen.

Dies legt nahe, daß bei der 'parallelen' Suche lediglich unspezifische Eigenschaften (wie die Auffälligkeit einzelner Musterelemente) parallel entdeckt werden, daß die eigentliche Suche aber immer seriell verläuft, indem der Focus der Aufmerksamkeit zum Zielmuster bewegt wird. Solche dynamischen Aufmerksamkeitsverlagerungen lassen sich sowohl bei serieller als auch scheinbar paralleler Suche nachweisen.

Parallel Visual Search is not always Effortless

Ruxandra Sireteanu

Max-Planck-Institute for Brain Research, Frankfurt

Learning of a new skill renders a previously strenuous task progressively easy, until it eventually becomes automatic. In previous studies, we have described that initially serial visual search tasks can become parallel with practice (Sireteanu & Rettenbach, *Vision Research*, 1995). Learning was fast and enduring, but not specific for the trained task, for the trained eye, or for the trained location in the visual field, suggesting a relatively high location of the learning process in the central visual pathway - higher than, for instance, learning of visual discriminations and hyperacuity (Sireteanu & Rettenbach, *in press*).

We wondered whether the parallelisation of serial visual search with practice is reflected by a transition from an attentive to a preattentive and thus effortless mode of visual perception. We reasoned that, if this were the case, psychophysiological activation measures such as the galvanic skin conductance and the muscle tonus, which indicate attentional effort, should reflect the changes in reaction time during training. We found that, while the overall psychophysiological measures reflected the distinction between serial and parallel visual search modes, they did not follow the perceptual parallelisation during learning (Leonards, Rettenbach & Sireteanu, *Perception*, 1997). Rather, our subjects showed increased amounts of attentional effort (as indicated by their frowning and sweating) while their perceptual performance improved.

We conclude that, despite the perceptual parallelisation with practice, the attentional load remains high for the initially serial tasks. These results strengthen the conclusions of previous reports in which the "serial-parallel" dichotomy has been questioned, by showing that parallel visual search is not always effortless (c.f. Joseph, Chun & Nakayama, *Nature*, 1997).

Brain imaging studies have shown that different neural networks are involved in parallel and serial visual search (Goebel, Linden, Sireteanu, Lanferman, Zanella, Singer & Goebel, *Human Brain Mapping*, 1997). These results suggest that learning might lead to similar activation patterns for "parallel" and parallelised task. Our results question this view, by showing that parallelised tasks require the allocation of additional attentional resources, not needed in genuinely parallel tasks.

Global Effects in Popout

Barbara Zenger & Manfred Fahle

Sektion Visuelle Sensorik, Universitäts-Augenklinik, Tübingen

We performed psychophysical experiments that provide strong constraints on models of popout.

Stimuli consisted of 121 line segments of equal orientation arranged in an array of 11 x 11 elements. There were two conditions: In the 1-singleton task one of the lines was replaced by a line of different orientation (= the singleton) and observers had to report in which quadrant the singleton was presented. In the 3-singleton task three quadrants contained an orientation singleton and observers had to identify the quadrant without singleton. Stimuli were presented only briefly, and processing time was further limited by the presentation of a mask. Psychophysical data of five observers were compared with predictions of two models.

Performance in the 1-singleton task was better than in the 3-singleton task. Typically, accuracies were around 80% and 50%, respectively.

The data are not consistent with a simple high-threshold model: According to such a model the threshold is so high that a homogeneous quadrant (without singleton) never reaches threshold (i.e., there are no false alarms) whereas a singleton quadrant sometimes reaches threshold and is thus detected with a specific probability p . This model fails because the predicted performance differences between the two tasks are smaller than those found in the experiments. Therefore, we developed a more general model that assumes only (1) independent processing of the four quadrants and (2) an ideal-observer decision. A detailed analysis using signal-detection theory reveals that the predicted performance differences between the two tasks are again smaller than those found in the experiments.

We conclude that popout cannot be explained entirely in terms of local mechanisms, i.e., a singleton is not processed in a fixed manner but its processing depends on the stimuli in the other quadrants. When additional singletons are present popout efficiency is reduced.

SERIELL 4

Analyse-Einheiten beim Suchen und Segmentieren

Cristina Meinecke

Institut für Psychologie, Universität München

Im Rahmen von Theorien über die Funktionsweise des visuellen Systems wird häufig angenommen, daß die Analyse des visuellen Reizes in zwei aufeinanderfolgenden Stufen erfolgt. Auf der ersten, sogenannten 'präattentive' Stufe wird der Reiz parallel analysiert; d.h., alle Elemente, die sich auf der Reizfläche befinden, werden gleichzeitig bearbeitet. Auf der zweiten, sog. attentiven Stufe ist die Menge der Elemente, die gleichzeitig bearbeitet werden kann, begrenzt; die Prozesse dieser Stufe operieren eher in einer serieller Weise.

Befunde in der Literatur weisen jedoch darauf hin, daß eine so klare Trennung zwischen paralleler und serieller Verarbeitung nicht immer vorgenommen werden kann. Z.B. zeigt sich bei visuellen Suchaufgaben, daß auch bei Reizvorlagen, die im Prinzip parallel bearbeitet werden können müßten (sog. Feature Suche), die Suchzeit mit zunehmender Anzahl der Kontextelemente ansteigen kann; und dies wird üblicherweise als Indikator für serielle Suche genommen.

Vor dem Hintergrund von Befunden aus Textursegmentierungsexperimenten muß allerdings konstatiert werden, daß bei Variation der Anzahl der Kontextelemente eine Veränderung der Entdeckungsleistung eigentlich zwingend vorhergesagt werden muß, da gleichzeitig die spatiale Dichte und/oder die Größe der Reizfläche variiert und diese Faktoren einen großen Einfluß auf die Entdeckungsleistung haben können.

In einer Serie von Experimenten sind wir also der Frage nachgegangen, (1) inwieweit sich Leistungsveränderungen bei typischer Feature-Suche nachweisen lassen, und (2) ob diese Veränderungen als Indikator für serielle Prozesse interpretiert werden müssen, oder ob nicht doch eine parallele Betrachtungsweise beibehalten werden kann (Meinecke & Donk, in Vorbereitung).

Die Befunde legen es nahe, das Konzept der parallelen Bearbeitung des Reizes nicht vorschnell zu verwerfen. Die Leistungsveränderungen können gut erklärt werden, wenn angenommen wird, daß der Reiz mit unterschiedlich großen Analyse-Einheiten (sampling units) bearbeitet wird. Dabei wird die Größe dieser Analyse-Einheiten möglicherweise durch zwei Faktoren determiniert: (1) Beschaffenheit des Reizes, wie z.B. spatiale Dichte der einzelnen Elemente, Regelmäßigkeit der Anordnung; (2) Eigenschaften des visuellen Systems, die sich in Abhängigkeit der retinalen Exzentrizität der Reizprojektion verändern, wie Größe der rezeptiven Felder.

**Symposium:
Raumkognition**

Wahrnehmungskompetenz bei CF- FM Fledermäusen

Hans-Ulrich Schnitzler

Lehrstuhl Tierphysiologie, Universität Tübingen

Echoortende Fledermäuse erzeugen einen kontinuierlichen Strom von Ortungslauten und nutzen die rückkehrenden Echos für die Orientierung im Raum und - soweit die Echoinformation dies hergibt - auch für die Suche von Nahrung. Die Echoortungssysteme der verschiedenen Arten sind an arttypische Ortungsaufgaben angepaßt, die durch ökologische Randbedingungen wie Habitattyp, Jagdmodus und Nahrung bestimmt werden. Diese Anpassung spiegelt sich in artspezifischen Lauttypen wider, die sich in Dauer, Frequenzverlauf, Anzahl von Harmonischen, Schalldruck und Lautabstand unterscheiden und die bei jeder Art zusätzlich noch in Abhängigkeit von den zu lösenden Ortungsaufgaben variiert werden. Sie spiegelt sich zudem auch wider in artspezifischen Hörsystemen, die an die Auswertung und Repräsentation der in den Echos enthaltenen verhaltensrelevanten Information angepaßt sind. Beim Orten sammeln Fledermäuse aktiv und gezielt Information. Das situationspezifische Ortungsverhalten zeigt an, welche Ziele eine Fledermaus verfolgt und welche Aufgaben das informationsverarbeitende System dementsprechend zu lösen hat. Die Analyse der von der jeweiligen Ortungsaufgabe abhängigen Aktions-Perzeptions-Schleife erlaubt Rückschlüsse auf die Art der Verarbeitung und Repräsentation von Echoinformation im ZNS der Fledermäuse. Im Einzelnen wird dabei das situationspezifische Ortungsverhalten beschrieben und hinsichtlich seiner Zielrichtung interpretiert (Verhaltensaspekt). Die akustischen Eigenschaften der Ortungslaute und der Echos werden analysiert, um informationstragende Signalparameter zu identifizieren (physikalischer Aspekt). Weiter wird die auf die Lösung der Ortungsaufgabe ausgerichtete Informationsverarbeitung hinsichtlich der auf der Struktur-, Physiologie- und Kompetenzebene ablaufenden Prozesse untersucht (organisatorischer, funktioneller und analytischer Aspekt).

Am Beispiel der CF-Fledermäuse, d.h. einer Gruppe von Fledermäusen, die CF-FM Laute mit einem langen konstantfrequenten (CF) Lautteil und einem kurzen frequenzmodulierten (FM) Endteil erzeugen, soll durch Betrachtung der Aktions-Perzeptions-Schleife bei Verhaltensweisen wie Jagdverhalten, Diskriminierung von simulierten Beuteechos im Dressurversuch, Transferflug und Vermeidung von neu auftauchenden Hindernissen auf Wahrnehmungsleistungen geschlossen werden.

Der Einfluß egozentrischer und allozentrischer Bezugssysteme auf die Verfügbarkeit räumlicher Information

Steffen Werner & Stefanie Wolf

Institut für Psychologie, Universität Göttingen

In mehreren Experimenten haben wir den Einfluß ego- und allozentrischer Referenzsysteme auf die Enkodierung und den späteren Abruf räumlicher Information untersucht. In einem realen Raum waren bis zu 8 Objekte plziert, deren Position von Probanden gelernt werden mußte. Variiert wurde die Anzahl von getesteten Richtungen, die Raumgröße, die Art der Lernbedingung und die Konfiguration der Objekte. Nach der Lernphase wurden Probanden in einem zweiten Raum getestet. Hierzu sollten sie sich in ihrer Vorstellung in den gelernten Raum zurückversetzen und eine bestimmte Position einnehmen. Zusätzlich wurde zwischen verbalen und non-verbalen Richtungshinweisen unterschieden. Die verbale Anzeige der Testrichtung erfolgte über Richtungsworte (vorne, hinten, links, rechts) oder durch Doppelwörter (z.B. hinten-links). Für die non-verbale Spezifikation der Testrichtungen wurde weißes Rauschen mittels räumlich angeordneter Lautsprecher aus der jeweiligen Richtung präsentiert.

Zwischen der verbalen und der non-verbalen Spezifikation der Testrichtungen ergaben sich keine signifikanten Unterschiede. In allen Experimenten zeigte sich, daß die Identifikation räumlicher organisierter Objekte von der vorgestellten Lage der Objekte relativ zum Betrachter beeinflusst wird (vgl. Franklin & Tversky, 1990; Hintzman, O'Dell & Arndt, 1981). In Abhängigkeit von der Testrichtung nahmen die Reaktionszeiten und Fehlerraten von vorne nach hinten zu. Allerdings waren direkt hinter der Person vorgestellte Objekte wieder leichter zu identifizieren. Die Struktur des Raumes hatte ebenfalls einen deutlichen Einfluß auf die Identifikationszeiten. Sowohl Reaktionszeiten als auch Fehlerraten waren deutlich erhöht wenn die Probanden sich in ihrer Vorstellung auf eine Raumecke ausrichten sollten. Dies bedeutet, daß für die Verfügbarkeit räumlicher Information sowohl ego- als auch allozentrische Referenzsysteme herangezogen werden. In laufenden Experimenten versuchen wir, die Rolle beider Referenzsysteme während der Erwerbsphase und der Testphase zu differenzieren.

Überblick und Kohärenz in Kognitiven Karten

Karl Wender

Fachbereich I - Psychologie, Universität Trier

Mentale Repräsentationen räumlichen Wissens werden seit Tolman „kognitive Karten“ genannt. Nach gängiger Auffassung entstehen solche kognitiven Karten, indem das Individuum in einem ersten Schritt sogenannte Landmarken erlernt, die durch einen zweiten Lernvorgang zu Routenwissen verbunden werden. Aus Routenwissen entwickelt sich sodann aufgrund zusätzlicher Erfahrung sogenanntes Überblickswissen.

Der vorliegende Beitrag diskutiert mögliche Kriterien, die zwischen Routenwissen und Überblickswissen unterscheiden. Überblickswissen ist im Wesentlichen dadurch gekennzeichnet, daß Relationen zwischen Orten erkannt werden, die nicht gleichzeitig oder zeitlich unmittelbar aufeinander folgend erlebt wurden. Daher ermöglicht Überblickswissen, neue Wege, Abkürzungen und Umleitungen zu entdecken. Zum Überblickswissen gehört auch, daß metrische Relationen wie Distanzen und Richtungen zwischen je zwei Orten angegeben werden können.

Danach werden zwei in der Literatur strittige Fragen behandelt: Erstens, gibt es empirische Evidenz dafür, daß Menschen Überblickswissen in einem definierten Sinne in natürlichen Umgebungen erwerben und zweitens, sind Routen- und Überblickswissen tatsächlich zwei aufeinanderfolgende Stufen, oder ist es nicht vielmehr so, daß sich von Beginn des Routenwissens an auch schon ein gewisser Überblick entwickelt?

Route Memory and Cognitive Maps: Evidence from Behavioral Experiments in Virtual Environments

Hanspeter A. Mallot, Sabine Gillner & Sibylle Geiger

Max-Planck-Institut für biologische Kybernetik, Tübingen

In the development of navigation behavior, one important step is the transition from routes to maps. Route behavior is characterized by the repetition of previously learned sequences of sensory input and performed movements and can be modeled by chains of stimulus-response-stimulus (SRS) associations. The current view (“local position information”) elicits a movement decision from which in turn the next view may be expected. For each goal, the whole route has to be learned and stored, even if routes to different goals share common segments. Map behavior makes use of goal independent knowledge of the spatial layout of the environment; such knowledge is usually called a cognitive map.

In a series of experiments using virtual reality technology, we investigated the navigation ability of human subjects. The maze was composed of streets forming a regular hexagonal grid and buildings placed at the junctions in the angles between the streets (“Hexatown”). Subjects performed simulated movements by hitting the buttons of a computer mouse. Movement started and ended at so-called decision points, i.e. the junctions of the streets. Pure turns could be performed in steps of 60 degrees. When looking into a street, a translation down that street could be performed that ended at the next junction. Subjects were released at some junction and had to find various buildings presented to them as a printout on a sheet of paper (see Gillner and Mallot, *J. Cogn. Neurosci.*, in press). In the talk, we will review a number of experiments performed in the Hexatown environment. With respect to the route vs. map dichotomy, three important results have been obtained:

1. Persistence: Subjects tend to repeat movement decisions when coming back to a previously visited view. This is evidence for simple stimulus-response associations as would be expected in route memory.
2. View-based representation: After learning a given route, we replaced individual buildings along that route. Results indicate that movements are associated to views of individual buildings, not to configurations of buildings at each junction (“places”).
3. Transfer: Subjects were able to transfer knowledge from one route to another. This is an indication of goal-independent knowledge (cognitive map).

In conclusion, the data show that humans simultaneously use both route and map type knowledge of the environment. A common framework for the two types of knowledge based on the view-graph (Schölkopf and Mallot, *Adaptive Behavior* 3:311-348, 1995) will be discussed.

**Symposium:
Aufmerksamkeit und Steuerung
von Blickbewegungen**

Die Ausrichtung des Blicks durch Sakkaden: Fixation - Reflexe - Willentliche Steuerung

Burkhardt Fischer & Annette Mokler

AG Hirnforschung, Institut für Biophysik, Universität Freiburg

Die Abfolgen von Blicksprüngen und Fixationsperioden während des natürlichen Sehens werden durch verschiedene Funktionssysteme des Gehirns gesteuert. Ein Reflexsystem löst über die primäre Sehrinde, das Tektum und den Hirnstamm Sakkaden mit besonders kurzer Reaktionszeit aus. Diese Reflexe können sowohl durch aktive foveale Fixation als auch durch willentliche Ausrichtung der Aufmerksamkeit kontrolliert, d. h. gehemmt werden. Automatische Ausrichtung der Aufmerksamkeit durch kurz dargebotene korrekte Hinweisreize (attention capture) dagegen bahnt die Reflexe vorübergehend. Das Fixationssystem verfügt ebenso wie das Aufmerksamkeitssystem über eine willentliche (top down) Komponente sowie über eine visuelle (bottom up) Komponente. Die willentliche Ausrichtung des Blicks, wie sie in sog. Antisakkadenaufgaben isoliert geprüft werden kann, erfolgt über frontale Hirnstrukturen.

Die willentliche Komponente entwickelt sich relativ spät (bis ca. 18 Jahre), während die Fixation schon ab dem 10. Jahre entwickelt ist. Kinder, die Schwächen in der willentlichen Blickausrichtung aufweisen, vor allem legasthenische Kinder, können durch ein tägliches Training ihre Leistungen in wenigen Wochen deutlich verbessern oder gar normalisieren. Aber auch geübte Erwachsene können die Antisakkadenaufgabe nicht fehlerfrei durchführen, sondern schauen manchmal entgegen ihrem Willen erst zum Reiz. Eine Fehlerquote von 10-15% ist üblich.

Wird die Seite für die nächste Antisakkade durch einen korrekten Hinweisreize angekündigt, so werden überraschenderweise die Fehlerzahlen größer und die Reaktionszeiten länger. Darüberhinaus werden die Fehler und deren Korrekturen in etwa 50% der Fälle auch von geübten Versuchspersonen nicht bemerkt, obwohl der versehentlich angeschauten Reiz oft für länger als 100 ms in die Fovea fällt. Die bemerkten Fehler unterscheiden sich von den unbemerkten hauptsächlich durch ihre Korrekturzeit (135 ms versus 95 ms), nicht durch ihre Reaktionszeit.

Diese Beobachtungen werfen ein neues Licht auf die Kopplung von Aufmerksamkeitsprozessen und Sakkadensteuerung. Eventuell wird bei unwillkürlichen Sakkaden der perzeptuelle Raum anders auf den neuesten Stand gebracht als bei willkürlichen Sakkaden.

Die Rolle visueller Aufmerksamkeit bei der Selektion vom Blickbewegungszielen

H. Deubel

Institut für Psychologie, Ludwig-Maximilians-Universität München

Die Programmierung sakkadischer Blickbewegungen, aber auch von anderen visuell gesteuerten zielgerichteten Handlungen wie Zeige- und Greifbewegungen erfordert Mechanismen, die einerseits das Bewegungsziel unter anderen im Blickfeld vorhandenen Objekten auswählen, und andererseits der Motorik örtliche Information über die egozentrischen Koordinaten des selektierten Gegenstands zur Verfügung stellen. Unsere Untersuchungen haben sich damit befaßt, in welcher Weise diese Selektion bei verschiedenen Zielbewegungen geleistet wird. Die Ergebnisse legen nahe, daß visuelle Aufmerksamkeit ein wesentliches Element der Zielauswahl darstellt.

Hierzu wurden experimentelle Paradigmen entwickelt, die es erlauben, den momentanen Fokus der Aufmerksamkeit mit hoher örtlicher und zeitlicher Auflösung zu bestimmen. Eine typische Aufgabe verlangt die Ausführung einer intentionalen Sakkade (oder einer Zeigebewegung) zusammen mit einer visuellen Diskriminationsaufgabe zur Messung der Aufmerksamkeit. Die Befunde zeigen, daß die intendierte Ansteuerung eines Objektes eine örtlich äußerst selektive Fokussierung der Verarbeitungsleistung bewirkt: Die Diskriminationsleistung ist deutlich am besten, wenn sich Bewegungsziel und Diskriminationsreiz am gleichen Ort befinden bzw. dasselbe Objekt betreffen - bereits nahe benachbarte Objekte können nicht mehr identifiziert werden. Dies bedeutet, daß Aufmerksamkeitszuwendung und Bewegungssteuerung zu einem Zeitpunkt vor Beginn der Bewegung räumlich eng gekoppelt sind. Weitergehende Untersuchungen zeigen, daß diese Kopplung obligatorisch ist; es ist also nicht möglich, willentlich einen Gegenstand zu beachten und gleichzeitig eine zielgerichtete Blick- oder Zeigebewegung zu einem örtlich getrennten Objekt durchzuführen. Diese Ergebnisse werden im Rahmen der derzeit gängigen Unterscheidung zweier visueller Verarbeitungsströme ("Was" vs. "Wo/Wie") diskutiert.

Ein zweiter Teil des Vortrags befaßt sich mit der Frage nach den perzeptiven Konsequenzen dieser prä-sakkadischen Verschiebung der Aufmerksamkeit. Hierzu werden Experimente vorgestellt, in denen zu zufälligen Zeitpunkten vor, während oder nach einer zielgerichteten Sakkade kurzzeitig ein visueller Hinweisreiz dargeboten wurde. Die Aufgabe der Vpn bestand nun darin, anzugeben, welches Objekt (Fixationsreiz oder Zielreiz) sie bei Darbietung des Hinweisreizes gerade fixierten. Die experimentellen Daten zeigten eine erstaunliche Dissoziation zwischen subjektiver und objektiver Blickrichtung vor Blicksprüngen: In der Regel geben die Vpn schon 200 ms vor der eigentlichen Blickverschiebung an, bereits das Sakkadenziel zu fixieren die subjektive Blickrichtung eilt also der objektiven erheblich voraus. Somit scheint es, daß die wahrgenommene Blickrichtung von der momentanen Ausrichtung der visuellen Aufmerksamkeit bestimmt ist. Da diese bereits vor der sakkadischen Blickbewegung zum Blickziel verschoben wird, wird das Zielobjekt zum neuen Zentrum der subjektiven Ausrichtung des Blicks, schon lange ehe der Augapfel folgt.

Visuelle Aufmerksamkeit und kortikale Schaltkreise

Jochen Braun

Computation and Neural Systems, California Institute of Technology, USA

Welche Funktion hat Aufmerksamkeit in der visuellen Wahrnehmung, und welche neuronalen Mechanismen liegen ihr zugrunde? Ich beschreibe eine Reihe von psychophysischen Experimenten, die den Aufmerksamkeitsbedarf verschiedener Sehleistungen quantifizieren. Die Experimente verwenden Doppelaufgaben, die Versuchspersonen zwingen, Aufmerksamkeit zwischen zwei Aufgaben und zwei Teilen des Blickfelds zu teilen. Erfreulicherweise stellt sich heraus, daß verschiedene Sehleistungen einen ganz unterschiedlichen Aufmerksamkeitsbedarf haben. Manche Leistungen benötigen volle oder fast volle Aufmerksamkeit während andere nur wenig oder gar keine Aufmerksamkeit brauchen. Interessanterweise hängt der Aufmerksamkeitsbedarf einer Sehleistung nicht von ihrer Schwierigkeit (im Sinne von d') ab. Außerdem ist der Aufmerksamkeitsbedarf unabhängig davon, zwischen welchen Arten von Aufgaben Aufmerksamkeit geteilt werden muß. In anderen Worten: unterschiedliche Arten von Aufgaben (z.B., Form-, Farb- und Bewegungsdiskriminierung) benötigen die gleiche Art von Aufmerksamkeit.

Die interessanteste Beobachtung ist jedoch, daß bestimmte Wahrnehmungen wenig oder keine Aufmerksamkeit brauchen, das heißt sie sind auch dann noch möglich, wenn Aufmerksamkeit von einer anderen Aufgabe in einem entfernten Teil des Blickfelds voll in Anspruch genommen ist. Dies macht es möglich, die Wahrnehmung eines Reizes "mit" und "ohne" Aufmerksamkeit zu vergleichen. Systematische Experimente dieser Art geben direkten Einblick in die Funktion von Aufmerksamkeit. Als Beispiel dieser Vorgehensweise beschreibe ich eine weitere Experimentreihe, die eine etwaige Einwirkung von Aufmerksamkeit auf visuelle Filter untersucht. Wie bekannt, lassen sich visuelle Filter durch verschiedene Schwellenwertmessungen (Kontrastschwellen mit und ohne Maskierung, Orientierungsschwellen, Kontrastunterscheidungsschwellen) charakterisieren. Mit Hilfe von Doppelaufgaben lassen sich diese Messungen auch dann durchführen, wenn die Versuchsperson dem Schwellenreiz keine oder nur wenig Aufmerksamkeit schenkt. Die Ergebnisse lassen Rückschlüsse auf die Modulation visueller Filter durch Aufmerksamkeit zu. Ein mathematisches Modell zeigt, daß Aufmerksamkeit die Filterantwort ungefähr verdoppelt, und die Spezifität (für orientierte Reize) um ungefähr 40% erhöht.

Abschließend erörtere ich, wie Aufmerksamkeit kortikale Schaltkreise etwa im Areal V1 beeinflussen könnte, um derartige Veränderungen in den Eigenschaften visueller Filter zu bewirken.

Kortikale Kontrolle sakkadischer Augenbewegungen und der gerichteten visuellen Aufmerksamkeit

**W. Heide, D.K. Kömpf, B. Wauschkuhn, R. Verleger,
F. Binkofski & R.J. Seitz**

Klinik für Neurologie, Medizinische Universität, Lübeck

Die Initiierung sakkadischer Augenbewegungen wird durch ein Netzwerk von Hirnarealen im frontalen und posterioren parietalen Kortex kontrolliert. Diese Areale spielen gleichzeitig eine wichtige Rolle für die räumliche Ausrichtung des visuellen Aufmerksamkeitsfokus, die eng mit der Sakkadenvorbereitung interferiert. In meinem Vortrag soll dafür Evidenz aus drei Forschungsansätzen gezeigt werden:

Klinische Läsionsstudien an Patienten mit umschriebenen unilateralen Großhirnläsionen haben gezeigt, daß Läsionen des posterioren parietalen Kortex vorwiegend die externe Triggerung von Reflexsakkaden sowie von Handbewegungen durch visuelle Reize in der zur Läsion kontralateralen Gesichtsfeldhälfte beeinträchtigen, in Korrelation mit der Ausprägung eines visuellen Hemineglect-Syndroms. Offenbar besteht ein Defizit der reflektorischen Ausrichtung des Aufmerksamkeitsfokus nach kontralateral. Ferner verursachen parietale Läsionen Defizite der räumlichen Sakkadenprogrammierung, in Korrelation mit dem Schweregrad einer globalen visuellen Raumorientierungsstörung. Dagegen beeinträchtigen Läsionen des frontalen Augenfeldes vorwiegend die interne Triggerung von Willkürsakkaden wie z.B. die systematische sakkadische Bildexploration, in Korrelation mit der Ausprägung eines kontralateralen explorativ-motorischen Hemineglects. Läsionen der supplementär-motorischen Area erzeugen Defizite bei der Triggerung von Sakkadensequenzen, Läsionen des präfrontalen Kortex Defizite bei der vorübergehenden Speicherung sakkadenrelevanter Rauminformation.

Untersuchungen ereigniskorrelierter Lateralisierungen langsamer EEG-Potentiale haben eine prämotorische Aktivierung des posterioren parietalen Kortex derjenigen Hemisphäre nachgewiesen, die kontralateral zur Richtung eines verhaltensrelevanten Blickzieles, einer beabsichtigten Sakkade bzw. einer beabsichtigten Handbewegung liegt, auch wenn die spezifische Modalitätsinformation (Auge oder Hand) noch nicht bekannt ist. Das Potential ist somit als Korrelat der räumlich gerichteten prämotorischen Aufmerksamkeit aufzufassen.

Mittels funktioneller Kernspintomographie gelang eine Aktivierung des gesamten Netzwerkes der Sakkaden-relevanten kortikalen Areale nicht nur durch spezifische Sakkadenparadigmen, sondern auch durch kognitive Aufgaben, die lediglich die Aufmerksamkeitszuwendung auf potentielle Blickziele und die Speicherung von deren Rauminformation beinhalteten. Die Aktivierungsmuster unterschieden sich je nach dem kognitiven Gehalt der Aufgabenstellung.

Funktionelle Neuronatomie und zeitliche Eigenschaften der Sakkadengenerierung

Rainer Goebel

Max-Planck-Institut für Hirnforschung, Frankfurt/Main

Die funktionelle Magnetresonanztomographie erlaubt die indirekte Erfassung neuronaler Prozesse im menschlichen Gehirn mit guter räumlicher (1-5mm) und relativ guter zeitlicher (ca. 5s) Auflösung. Aufgrund der langsamen zeitlichen Dynamik hämodynamischer Prozesse werden experimentelle Bedingungen im Rahmen von fMRT-Studien meist geblockt dargeboten. Seit neuerem wird jedoch auch ein ereigniskorrelierter Ansatz verfolgt. Hierbei werden Reize in präziser zeitlicher Relation zu den fMRT-Meßzeitpunkten appliziert und der resultierende Antwortverlauf über zahlreiche Darbietungen gemittelt. Unter Verwendung dieser Methode wurde die hämodynamische Antwort auf einzelne visuell-reflexiv ausgeführte Sakkaden gemessen (Siemens Magnetom Vision, EPI booster; Ober2 zur Erfassung der Augenbewegungen). Die fMRT-sampling Rate betrug 1-2s bei 3 transversal geführten Schichten ($40\text{mm} < z < 60\text{mm}$). Die Ergebnisse aus früheren PET und fMRT-Studien wurden bestätigt: Bilaterale Aktivierung im frontalen Augenfeld (FEF), im supplementären Augenfeld und in mehreren Regionen innerhalb des intraparietalen Sulcus. Wurden die erhaltenen Antworten von Sakkaden nach rechts mit den Antworten von Sakkaden nach links verglichen, zeigten sich keine signifikanten Unterschiede in beiden frontalen Augenfeldern. Dies legt den Schluß nahe, daß bei der Generierung einer Sakkade nach links bzw. rechts jeweils beide frontalen Augenfelder beteiligt sind.

Für ein Verständnis der Mechanismen der Sakkadengenerierung sind (Multi-)Zellableitungen essentiell, da sie gleichzeitig hohe räumliche und hohe zeitliche Auflösung liefern. Brecht und Engel fanden, daß Zellen im colliculus superior der Katze bevorzugt synchron antworteten, wenn ein kohärenter visueller Stimulus dargeboten wurde. Mittels Mikrostimulation wurde ferner untersucht, wie sich synchrone bzw. asynchrone Strompulse an separierten Lokationen des colliculus auf die Sakkadengenerierung auswirken. Die erzielten Resultate zeigen, daß Augenbewegungsvektoren bei synchroner Stimulation gemittelt werden, hingegen bei asynchroner Stimulation summiert werden. Diese Daten legen nahe, daß Vektormittelung im Colliculus nur auftritt, wenn Zellen synchron aktiv sind und damit vermutlich auf den gleichen Zielreiz reagieren.

Die mit der fMRT und elektrophysiologisch gewonnenen Daten lieferten wichtige Randbedingungen für ein neuronales Netzwerkmodell der Sakkadengenerierung und der selektiven visuellen Aufmerksamkeit. In diesem Modell findet ein Wettbewerb zwischen mehreren dargebotenen Aufmerksamkeits/Sakkadenzielen statt. Im Rahmen dieses Wettbewerbs spielt die Separierung von mehreren überlagerten Zellpopulationen mittels zeitlicher neuronaler Kodierung eine entscheidende Rolle.

**Postersitzung:
Bewegungswahrnehmung**

BEWEGUNG 1

Asymmetric modulation of smooth pursuit eye movements

Uwe J. Ilg & Urs Schwarz

Sektion Visuelle Sensomotorik, Neurologische Universitätsklinik Tübingen

Smooth pursuit eye movements (SPEM) traditionally are used as a probe for local visual motion processing. Unfortunately, most experiments employ a highly artificial setup that consists of a single target moving on a dark background. Under normal conditions, however, a target moves through a structured world where conflicts occur between global motion processing (self-induced retinal image motion due to the structured surroundings) and local motion processing (motion parameters of the moving target). The present study was designed to further investigate these interactions which are still poorly understood.

SPEM across a homogeneous and structured background was investigated in 11 subjects. In addition, the structured background sometimes was shifted very briefly during ongoing SPEM. These trials revealed a surprising asymmetry in the processing of global visual motion. When the surroundings moved in the same direction as the ongoing SPEM, eye velocity profiles consistently showed a transient acceleration followed by a deceleration, and subjects reported a short deceleration of the target. However, no modulation occurred when the surroundings moved opposite to the ongoing SPEM.

Our results suggest a mechanism which reduces the sensitivity for naturally occurring background movement in opposite direction, and increases the sensitivity for global motion in the same direction to the executed SPEM.

Contour Motion-Capture by Sharp Bends in a Network Simulation with Spiking Neurons

Ulrich Schott & Reinhard Eckhorn

Neurophysics, Dept. Physics, Philipps University Marburg

Human motion perception of an object's contour is coherent when it relies on sharp contour bends ("corners"). This explains the barberpole illusion [Wallach, Psychol Forschg 20, 1935] where a grating's movement perception is dominated by the path of its outer sharp terminations [Nakayama & Silverman, Vision Research 28,1988]. Straight contour segments can signal wrong motion directions because only components orthogonal to them are unambiguously defined (the aperture problem). For the function of visual neural circuits one can propose, therefore, that detectors for sharp bends and corners, coding an object's real motion path, should "capture" local line detectors into a coherent percept. Such feature-association may be established by short synchronized bursts of neural activities representing an object's contour, where detectors of sharp bends should dominate the synchronization process. In the present work we developed a neural network model which is able to perform this task.

It consists of five levels of pulse coding neurons [Eckhorn et al., Neural Computation 2, 1990]. Their forward coupling via feeding connections establish the receptive fields (RF) of the retinotopically organized detector layers. Lateral and backward coupling via linking connections serves for fast mutual facilitation and transient activation (synchronization). Preprocessing at level 1 with concentric ON- and OFF-RFs extracts local intensity contrast in correspondence to retinal circuits. At level 2 temporal transients of local intensity contrasts, introduced by a contour's motion, are detected and further processed by bilocal motion detectors at level 5b. The motion correspondence problem of straight contour segments is reduced by mutual linking between neighboring motion detectors of the same and inhibition between those of the two different spatial resolutions. In this way a unified movement direction perpendicular to a contour's orientation is coded. Sharp contour bends are detected by neurons at level 4 which receive feeding inputs from the appropriate orientation detectors of level 3. They include the capability of detecting contour terminations ("end-stop" cells). Orientation detectors have symmetrical RFs and those coaxially aligned are mutually coupled via linking connections to improve the coherence of line detection. At level 5a movement direction of contour bends are coded. To reduce the response to motion of straight contour segments at these positions, local interneurons inhibit motion detectors of similar directional preference. Finally, motion detectors responding to the same directional movement are engaged in mutual facilitation.

The model represents motion of object contours coherently, including acceptable estimates of direction and velocity, because sharp bends dominate the movement coding process. In particular, domination over detectors coding erroneous movement of straighter contour segments is successfully accomplished mainly by phase coupling of line- by bend-detectors. A convincing test was passed by our model when it responded to a barberpole with the typical movement illusion.

Perception of the Position of Moving Objects

Bart Krekelberg & Markus Lappe

Allgemeine Zoologie und Neurobiologie, Ruhr Universität Bochum

Perception of stroboscopic stimuli can be surprisingly similar to the perception of ordinary stimuli (as witnessed by effects such as apparent motion). On the other hand, reduced duration of a stimulus can lead to perceptual illusions such as the flash-lag effect. In this visual illusion seven dots rotate in perfect alignment around a central point. The outer dots, however, are illuminated only briefly and appear to lag behind the inner, continuously illuminated dots (Baldo and Klein, *Nature* 378:565, 1995). The discrepancies in the perception of position or alignment in the flash-lag effect, can be attributed to the differences in the temporal structure of the stimuli. This is an example of temporal interaction between stimuli in visual perception. In this contribution we investigate how the visual system uses information from "previous" presentations in the perception of "current" stimuli.

The flash lag stimulus was generated on a computer screen and presented to human subjects. The subjects were asked to answer the question: "Do you perceive a lag or a lead?". A computer-controlled maximum-likelihood threshold estimation procedure was used to determine the point of subject equivalence (PSE) in this two-alternative forced choice paradigm. The PSE is identified with the perceived lag-angle. Parameters whose influence was tested were the duration of a single flash and the number of flashes for fixed interflash intervals (IFI) and duration.

When single flashes were shown with variable duration, a clear exponential duration dependence of the lag angle was observed. Flashes of a duration on the order of 0.5 seconds or longer were seen to be in alignment with the continuously moving stimuli. For flashes of shorter duration the lag-angle can be reduced by increasing the number of flashes that is shown. The lag angle drops off exponentially with the number of flashes shown (IFI 140ms, duration 56ms).

Our experiments provide information about the mechanisms involved in the determination of position of moving stimuli. We conclude that this mechanism uses more than the information that is instantaneously available: the "previous" position of the visual stimulus is taken into account. This process is hampered by stimuli of short duration and accumulates information over a period of 0.5 seconds. Furthermore, when the visual stimuli are on a predictable trajectory, repetitive brief presentation can partly compensate for the short duration. This implies that the position-determination mechanism has access to information about the trajectory and the identification of objects.

BEWEGUNG 4

Der Einfluß von Interstimulus-Intervall und örtlichem Versatz auf die Richtungsdiskrimination von Punktbahnen

**Andreas Eisenkolb, Alexandra Musto, Christoph Zetzsche,
Wilfried Brauer & Kerstin Schill**

Institut für Medizinische Psychologie, Universität München

Als grundlegende Struktur zur Repräsentation von Orts-Zeit-Information wurde eine spatiotemporale Gedächtnisstruktur vorgeschlagen (Schill und Zetzsche, 1995, Psychological Research 57:88-102). Die dort vorgestellte Repräsentation würde es ermöglichen, komplexere Information als die in einem momentanen Bewegungsvektor enthaltene zur Wahrnehmung bewegter Objekte zu verwenden. Diese spatiotemporale Struktur wird weiter spezifiziert, wobei die Ergebnisse auch in die Entwicklung einer qualitativen spatiotemporalen Beschreibungssprache einfließen.

Als erster Schritt wurde nun mit einem Richtungsdiskriminations-Paradigma der Einfluß des Interstimulus-Intervalles (ISI) und einer örtlichen Variation auf die Enkodierung einer einfachen spatiotemporalen Konfiguration untersucht. Versuchspersonen (Vpn) wurden zwei Bahnen in Form bewegter Punkte auf einem CRT-Monitor dargeboten. Die Bahnen waren zeitlich durch ein variables ISI getrennt. Untersucht wurde der Einfluß eines örtlichen Versatzes (1.5 Winkelgrad). Die Vpn hatten in einer 2IFC-Prozedur diejenige Bahn zu wählen, welche im Uhrzeigersinn weiter fortgeschritten war. Die Versuchspersonen wurden darauf hingewiesen, daß ausschließlich die Präzision und nicht die Antwortgeschwindigkeit von Wichtigkeit sind.

Das Interstimulusintervall scheint auf die Diskriminationsleistung keine Auswirkungen zu haben. Es ergibt sich eine konsistente Verschlechterung der Diskriminationsleistung infolge des örtlichen Versatzes. Um die Größenordnung des Einflusses des örtlichen Versatzes zu ermessen, wurde die Diskriminationsleistung für eine Hauptrichtung und eine oblique Richtung gemessen (Oblique-Effekt). Die Verschlechterung der Schwelle ergab sich für beide Richtungen. Die Daten legen nahe, daß die Enkodierung von Richtungsinformation nicht unabhängig von einer örtlichen Modulation der damit verbundenen Objekte ist.

Andererseits ergibt sich aus der Unabhängigkeit der Diskriminationsleistung vom Interstimulusintervall, daß die Enkodierung von Stimulus 1 über die Zeit nicht in ihrer Qualität abnimmt. Die Ortsvarianz legt den Schluß nahe, daß auf einer relativ frühen Stufe der visuellen Verarbeitung (ca. 300 ms) Richtungs- und Bewegungsinformation nicht unabhängig voneinander repräsentiert sind. Es wurde kein Einfluß einer Kapazitätslimitierung des spatiotemporalen Gedächtnisses auf die Diskriminationsleistung festgestellt: Möglicherweise sind gerade Bahnen so einfach zu kodieren, daß eine Ressourcenlimitierung auf früherer Stufe folgenlos bleibt. Für diese Annahme spricht die Zeitinvarianz der Diskriminationsleistung. Es bleibt zu untersuchen, ob sich bei reduzierter Bahndauer und komplexeren Bewegungsmustern eine Kapazitätslimitierung einer frühen Speicherstufe auswirkt.

BEWEGUNG 5

Bewegungswahrnehmung im skotopischen System

H. Mayser, T. Eckle, D.I. Braun, K.R. Gegenfurtner & L.T. Sharpe

Universitäts-Augenklinik, Tübingen

Die Sensitivität für die Bewegungsrichtung bei skotopischen Beleuchtungsstärken wurde mit verschiedenen psychophysischen Aufgaben untersucht. Auch wenn die räumlichen und zeitlichen Eigenschaften der Mechanismen, die dem photopischen Sehen zugrunde liegen ausführlich untersucht wurden, ist wenig über deren Eigenschaften bezüglich der Bewegungswahrnehmung bekannt.

Schwellen wurden für Reizdetektion, Erkennen der Orientierung des Reizmusters und Erkennen der Bewegungsrichtung eines Reizmusters mit einem Gitter von 1 Periode pro Grad bei Geschwindigkeiten von 0,5 bis 32 deg/sec bestimmt. Die 2 Grad im Durchmesser großen, runden Reizareale wurden bei einer horizontalen Exzentrizität von 4 Grad für 500 ms präsentiert. Schwellen wurden ebenfalls gemessen für die Detektion kohärenter Bewegung in Zufallspunkt-Kinematogrammen. Die Probanden betrachteten die Reize jeweils sowohl unter photopischen Bedingungen (Helligkeit ca. 2,8 log skotopische trolands) als auch durch 4 Neutraldichtefilter, die die retinale Beleuchtungsstärke von 1,8 log skotopische trolands auf -1,2 log skotopische trolands in Schritten von 1 log reduzierten.

Die Empfindlichkeiten für das Wahrnehmen von Bewegung und das Erkennen der Bewegungsrichtung waren für alle Beleuchtungsstufen und für alle Reizgeschwindigkeiten nahezu identisch und nahmen bei geringeren Beleuchtungsstufen ab. Die Reizgeschwindigkeit, für die die höchste Empfindlichkeit bestand lag bei photopischen Bedingungen zwischen 5 und 10 Grad/sec und sank auf 1 – 2 Grad/sec bei -1,2 log skotopischen trolands. Die Schwellen für die Detektion kohärenter Bewegung, welche hauptsächlich vom Signal-Rausch-Verhältnis der Punkte abhängen, wurden von der retinalen Beleuchtungsstärke nicht beeinflusst.

Die Empfindlichkeit für das Erkennen der Bewegungsrichtung ist unter skotopischen Bedingungen geringer als unter photopischen; aber die Empfindlichkeitsverminderung scheint vollständig durch die geringere Sichtbarkeit des Reizes bedingt zu sein. Es wurden unter den getesteten Bedingungen keine isolierten Defizite für die Verarbeitung des skotopischen Bewegungssehens gefunden. Dies deckt sich mit physiologischen Ergebnissen, die auf eine Weiterleitung von Zapfensignalen an das magnozelluläre genikuläre System als wesentlichem Bestandteil der Bahnen für das Bewegungsehen hinweisen.

Geschwindigkeitssensitive Mechanismen bei der menschlichen Bewegungswahrnehmung

Tobias E. Reisbeck & Karl R. Gegenfurtner

Max-Planck-Institut für biologische Kybernetik, Tübingen

Die neuronalen Mechanismen zur Verarbeitung von Bewegungsrichtung sind schon sehr genau charakterisiert. Weitgehend ungeklärt sind jedoch noch die neuronalen Grundlagen der Geschwindigkeitswahrnehmung. Wir untersuchten, ob es selektive Mechanismen gibt, die für die Ermittlung der Objektgeschwindigkeit verantwortlich sind.

Dazu wurden zweidimensionale Unterscheidungskonturen in der Ebene, die durch Orts- und Zeitfrequenz aufgespannt wird, bestimmt. Die Form dieser Konturen gibt darüber Aufschluß, ob in der Bewegungswahrnehmung geschwindigkeitssensitive Mechanismen oder separable Mechanismen bezüglich Orts- und Zeitfrequenz realisiert sind. Versuchspersonen wurden 4 Reize dargeboten, von denen drei (Standards) dieselbe Orts- und Zeitfrequenz aufwiesen und einer sich in einem bestimmten Verhältnis von Orts- zu Zeitfrequenz (Test) von den Standards unterschied. Die Versuchspersonen mußten angeben, welches der Testreiz war.

Die Schwellenkonturen waren deutlich entlang einer Achse konstanter Geschwindigkeit ausgerichtet. Das ist eine systematische und signifikante Abweichung von der Vorhersage für separable Mechanismen bezüglich Orts- und Zeitfrequenz. Um die verantwortlichen Mechanismen zu isolieren, wurden zwei Arten von Rauschen zu den Standardreizen addiert: zum einen entlang einer Achse konstanter Geschwindigkeit und zum anderen entlang einer dazu senkrechten Achse. Die Rauschamplitude in Bezug auf Orts- und Zeitfrequenz war in beiden Fällen gleich. Im ersten Fall kam es zu einer deutlichen Verlängerung der Kontur entlang der Achse konstanter Geschwindigkeit, im anderen Fall kam es zu einem allgemeinen Anstieg der Unterscheidungsschwellen. Dies bedeutet, daß es Mechanismen gibt, die selektiv Information über die Geschwindigkeit extrahieren.

Einfluß der Größe bekannter Objekte auf Geschwindigkeitskonstanz

Hartwig K. Distler & Karl R. Gegenfurtner

Max-Planck-Institut für biologische Kybernetik, Tübingen

Geschwindigkeitskonstanz ist die Fähigkeit des Menschen, die physikalische Geschwindigkeit von Objekten, die sich in unterschiedlicher Entfernung vom Beobachter bewegen, korrekt einzuschätzen. Es ist bekannt, daß die Größe der Objekte einen sehr starken Einfluß auf die wahrgenommene Geschwindigkeit ausübt. In unserem ersten Experiment haben wir unter Verwendung von bekannten Objekten den Einfluß der Größe auf die Geschwindigkeitskonstanz genauer untersucht. Im zweiten Experiment haben wir getestet, inwieweit Vorwissen über die Geschwindigkeit und Größe der Objekte im Alltag (Auto versus Lkw) in die Einschätzung ihrer Geschwindigkeit einbezogen wird.

In einem 2-AFC Paradigma wurden Versuchspersonen 3D-Computer-Grafikmodelle zweier Fahrzeuge präsentiert, die links und rechts von der Bildschirmmitte versetzt waren und sich in Richtung der Bildschirmmitte bewegten. Die beiden Fahrzeuge wurden für eine Sekunde auf einer zylinderförmigen Großbildleinwand (Durchmesser: 7 m, Höhe: 3.15 m) mit einem Gesichtsfeld von 180x50 Grad dargestellt. Aufgabe der Versuchspersonen war es zu entscheiden, welches der beiden Fahrzeuge schneller fährt. Dabei wurde eines dieser beiden Fahrzeuge, das Standard-Fahrzeug, während eines jeden Versuchsdurchganges in einer simulierten Beobachter-Objekt Entfernung von 20 m dargestellt und bewegte sich mit einer konstanten Geschwindigkeit von 3.0 m/s (10.8 km/h). Die Test-Fahrzeuge wurden in drei Entfernungen (10, 20 und 40 m) präsentiert. Ihre Geschwindigkeit wurde mittels eines adaptiven Schwellenverfahrens bestimmt. Im ersten Experiment wurden Test-Fahrzeuge vom gleichen Typ in drei verschiedenen Größen (50, 100 und 200% Größe des Standards) verwendet. Im zweiten Experiment wurden drei verschiedene Test-Fahrzeuge eingesetzt: ein Auto normaler Größe, ein Lkw (280% Größe des Standards) und einen übergroßen Auto in der Größe des Lkw.

Bei gleicher Entfernung zweier Fahrzeuge beträgt die wahrgenommene Geschwindigkeit eines doppelt so großen Fahrzeuges 88% der Geschwindigkeit eines Fahrzeuges normaler Größe (10m: 86%, 20m: 86%, 40m: 92%). Bei halber Größe des Fahrzeuges beträgt die Geschwindigkeit 126% (10m: 125%, 20m: 124%, 40m: 128%). Die wahrgenommene Geschwindigkeit des Lkw liegt bei 86% der Geschwindigkeit des normal großen Fahrzeuges, während die wahrgenommene Geschwindigkeit des übergroßen Fahrzeuges 72% der Geschwindigkeit des normal großen Fahrzeuges beträgt.

Die Größe von Objekten übt unabhängig von der Entfernung der Objekte auch bei bekannten Objekten einen sehr starken Einfluß auf die wahrgenommene Geschwindigkeit aus. Je größer ein Objekt ist, desto langsamer wird es wahrgenommen. Weiterhin wird aber auch Vorwissen über Geschwindigkeit und Größe des Objektes im Alltag bei der Einschätzung seiner Geschwindigkeit berücksichtigt, da ein Lkw schneller als ein Auto gleicher Größe wahrgenommen wird.

BEWEGUNG 8

Global tau reexamined: Image based strategies suffice to explain time-to-passage judgments

D. Kerzel, N.-G. Kim & H. Hecht

Max-Planck-Institut für psychologische Forschung, München

The time until an object passes an observer is optically specified by global tau, a variable that operates on the expansion rate of the angle subtended by an object relative to the observer's direction of movement (track vector). Kaiser and Mowafy (1993) provided evidence for observers sensitivity to global tau in an environment consisting of a 3-D cloud of point-lights. The present study re-examined several factors that are relevant for the extraction of global tau, in particular density of the flow field and the placement of targets relative to the track vector. A relative judgment task that involved time-to-passage (TTP) judgments was employed. Surprisingly, performance deteriorated little when the stimulus was reduced to only two dots. For all flow-field densities, the symmetry of target eccentricity was the best predictor of judgment accuracy. It is concluded that relative TTP judgments are not based on global tau information but rather on simpler image based strategies.

Neuronale Grundlagen der Wahrnehmung optischer Flußfelder

Markus Lappe & Charles J. Duffy

Allgemeine Zoologie und Neurobiologie, Ruhr Universität Bochum

Als optisches Flußfeld bezeichnet man das globale optische Bewegungsmuster, das auf der Netzhaut eines sich bewegenden Beobachters abgebildet wird. Aus dem optischen Flußfeld lassen sich wichtige Bewegungsgrößen des Beobachters, z.B. die Richtung der Eigenbewegung im Raum, bestimmen. Diese wird bei rein geradliniger Bewegung durch die Lage des "Expansionszentrums" des dabei entstehenden radialen optischen Flußfeldes angezeigt. Um die neuronalen Grundlagen der Verarbeitung optischer Flußfelder zu verstehen, haben wir eine Wahrnehmungstäuschung untersucht, bei der die Lage dieses Expansionszentrums als verschoben wahrgenommen wird. Diese Täuschung entsteht, wenn das optische Flußfeld von einem transparenten gleichförmigen Bewegungsmuster überlagert wird (Duffy & Wurtz, Vision Research, 1993).

Aus neurophysiologischen Experimenten ist bekannt, daß Neuronen im Areal MST des Rhesusaffen selektiv auf die Lage des "Expansionsfokus" reagieren. Ihre Antworteigenschaften lassen sich zu einer Selektivitätskurve zusammenfassen, die die Änderung der Feuerrate in Abhängigkeit der Lage des Expansionszentrums beschreibt. Analog des Wahrnehmungseffektes sollte sich diese Selektivitätskurve verschieben. Bei Darbietung der illusionären Flußfeldreize zeigte die Selektivitätskurve jedoch keine Verschiebung, die direkt der beschriebenen Wahrnehmungstäuschung entsprechen würde. Um diese widersprüchlich erscheinenden Befunde zu verstehen, haben wir Computersimulationen eines bereits früher entwickelten neuronalen Modells der Flußfeldverarbeitung durchgeführt, das die psychophysischen Ergebnisse reproduzierte (Lappe & Rauschecker, Vision Research 1995). Dieses Modell schlägt eine Populationskodierung der Eigenbewegungsrichtung durch flußfeldsensitive MST Neuronen vor. Wir haben nun die Antworteigenschaften einzelner Modellneuronen analysiert und daraus eine Vorhersage abgeleitet, die wir in neurophysiologischen Experimenten an wachen Rhesusaffen im Areal MST überprüft haben. Einzelne Modellneurone zeigen anstelle einer Verschiebung eine graduelle Verdrehung ihrer Selektivitätskurve. Die wahrgenommene Verschiebung des Expansionsfokus wird erst auf Populationsebene erreicht. Die Vorhersage der Änderungen auf Einzelzellebene stimmt gut mit den Ergebnissen aus Area MST überein.

Unsere Ergebnisse zeigen, daß die Wahrnehmung optischer Flußfelder von Neuronen des Areals MST in Form einer Populationskodierung vermittelt werden kann. Dabei können auf Populationsebene eigenständige Wahrnehmungseffekte entstehen, die auf Einzelzellebene nicht oder noch nicht vollständig ausgebildet sind.

BEWEGUNG 10

Asymmetrie der Anterior-Posterior-Bewegungswahrnehmung

Thomas Probst, Kai V. Thilo & Michael A. Gresty

Institut für Psychologie I, RWTH Aachen

Untersuchungen der elektrophysiologischen Reizantwort durch Ganzkörperkippen um die interaurale y-Achse nach vorne-unten ("pitch-down") bzw. nach hinten-unten ("pitch-up") haben folgende Asymmetrien hervorgebracht:

Drehungen nach vorne-unten resultieren in einer tonischen Negativierung, deren Verlauf recht gut der Positionsvorgabe entspricht, während Drehungen nach hinten-unten phasische Negativierungen hervorbringen, die in ihrem Verlauf dem Geschwindigkeitsprofil der Bewegung gleichkommen (Probst et al., 1995). Die Vermutung, daß die Ursache für diese Asymmetrie im Utriculus zu suchen ist, wurde durch Wiederholung des Experimentes unter Schwerelosigkeit nahegelegt, da hier ohne Otolithenbeteiligung keine Asymmetrien in der Reizantwort auftraten (Probst et al., 1996).

Die Überprüfung dieser Hypothese wurde nun aktuell durch selektive Reizung der Utriculi auf einem Linear-Schlitten durchgeführt, indem Versuchspersonen mittels psychophysikalischem auf- und absteigenden Verfahren Paare von Vorwärts-Rückwärts-Fahrten auf Unterschiede (bei symmetrisch beginnender Reizdarbietung) bzw. auf Gleichheit (bei asymmetrisch beginnender Reizdarbietung) zu überprüfen hatten. Somatosensorische Ausgangsasymmetrien der Versuchsanordnung (z.B. Rückenlehne vs. Bauchgurt) wurden durch Verwendung eines Ganzkörper-Druckanzuges ("pressure suit") auf ein Minimum reduziert.

Folgende Parameter des linearen raised cosine Bewegungsprofils wurden verwendet:

Zwei Basisgeschwindigkeiten $v_{Max1} = 1,5\text{m/s}$ und $v_{Max2} = 0,75\text{m/s}$ mit den entsprechenden Beschleunigungswerten $a_{Max1} = \pm 2,36\text{m/s}^2$ ($= 0,24\text{g}$) und $a_{Max2} = \pm 1,18\text{m/s}^2$ ($= 0,12\text{g}$). Die Bewegungsdauer und die SOA betragen jeweils 2s. Die Geschwindigkeits-Inkremente bzw. die -Dekremente betragen $I/D_1 = 7,5\text{ cm/s}$ und $I/D_2 = 3,75\text{cm/s}$. Jedes Vorwärts-Rückwärts-Paar wurde dreimal dargeboten. Die Reihenfolge der sich ergebenden 16 Bedingungen war randomisiert.

Eine Zweifach-ANOVA mit Meßwiederholung zeigte über die Faktoren "Richtung" ("nach vorne" vs. "nach hinten", $F(1,6) = 16,90$, $p < 0,0063$) und "Geschwindigkeit" ("hoch (1,5m/s)" vs. "niedrig (0,75m/s)", $F(1,6) = 104,49$, $p < 0,0001$) hochsignifikante Haupteffekte ohne Interaktionspotential ($F(1,6) = 0,7$, $p < 0,805$). Die potentiell möglichen Faktoren "aufsteigend" vs. "absteigend" sowie "gleich beginnend" vs. "ungleich beginnend" wurden, obwohl sie experimentell separat geprüft worden sind, bei der Analyse unberücksichtigt gelassen, da sie a priori interagieren.

Die Ergebnisse werden vor dem Hintergrund der bisherigen elektrophysiologischen Untersuchungen erörtert.

Probst et al. (1995), Journal of Vestibular Research 5 (4), 253-263

Probst et al. (1996), Aviat. Space Environ. Med 67, 633-639

BEWEGUNG 11

Heading backwards: Wahrgenommene Bewegungsrichtung in expandierenden und kontrahierenden optischen Flußfeldern

Heiko Hecht & Dirk Kerzel

ZiF der Universität Bielefeld

Beobachter, die sich in Bewegung befinden, sind mit beachtlicher Präzision dazu in der Lage, die Richtung ihrer Eigenbewegung (heading) zu schätzen. Seit Gibson (1950) wird vermutet, daß dieser Fähigkeit eine optische Flußfeldanalyse zugrundeliegt. Wir untersuchten die Hypothese, ob nicht vielmehr eine einfache Bewegungsextrapolation von einzelnen Bildpunkten für eine Verhaltensklärung hinreicht. Da herkömmliche empirische Überprüfungsversuche nicht zureichend zwischen diesen Erklärungen unterscheiden können, haben wir uns die informationstheoretische Äquivalenz von heading und backing (bei Rückwärtsbewegung des Beobachters) zunutze gemacht. Bei Nutzung einer Flußfeldanalyse müßten heading- und backing-Urteile gleich gut sein, oder wegen mangelnder Übung das heading überlegen sein. Verwendet man jedoch eine Extrapolationsstrategie, ist das Erschließen des Fokusses der Expansion/Kontraktion des Flußfeldes bei heading weitaus schwieriger als bei backing.

Optische Flußfelder wurden auf einer Silicon Graphics Indigo2 simuliert. Probanden beurteilten die Richtung der simulierten Eigenbewegung (heading) in Bezug auf eine Referenzmarke in einem 2AFC Paradigma.

Backing-Urteile sind insbesondere dann überlegen, wenn naheliegende Extrapolationsstrategien besonders leicht verfügbar sind, etwa bei raschen Bewegungen und geringer Komplexität des Sehfeldes. Wird Extrapolation gezielt unterbunden, z. B. durch kurvige Bewegungstrajektorien, verschwindet dieser Vorteil.

Flußfeldanalyse ist nicht die Strategie der Wahl des visuellen Systems, sondern höchstens eine Methode für Notfälle.

Dynamics of Heading Detection from Retinal Flow

Antje Grigo & Markus Lappe

Dept. Zoology and Neurobiology, Ruhr University Bochum

Self-movement through a structured environment induces a global pattern of visual motion on the retina of a moving observer. This motion pattern is termed retinal flow. When the observer's movement is accompanied by eye movements, the retinal flow becomes very complex. Ever since the work of Gibson (1950) the question has been discussed whether it is possible to determine one's movement direction (heading) simply from the retinal flow without considering other sensory information.

We asked human subjects to determine their heading direction from a flow field that arises on the retina of an observer who approaches a vertical plane while performing a pursuit eye movement. This flow field was simulated on a graphics computer and projected on a large tangent screen in front of the subject. Subjects viewed the stimulus for a certain duration and afterwards had to indicate the perceived direction of heading. Previous similar experiments had claimed that heading detection in this situation was not possible (Warren & Hannon 1990).

We found that subjects can perceive the direction of heading correctly under two constraints: the field of view has to be large (90x90 deg) and the stimulus duration has to be brief (<500ms). Surprisingly, with prolonged presentation durations subjects exhibited a characteristic error. This error suggests a dynamical shift of the strategy that is used by the visual system to determine heading from retinal flow fields.

We conclude that previous claims of a disability of human subjects to estimate heading in the situation we presented are due to the choice of stimulus parameters (small field of view, long presentation time). Our experiments show that human heading detection is a dynamical process in which different strategies are applied at different times.

Allocation of Attention in Motion Perception

Kai Krobe, Masud Husain & Stefan Treue

Cognitive Neuroscience Laboratory, Dept. of Neurology, University of Tübingen

When subjects are asked to identify a letter or a digit that is presented for about 60 milliseconds within a stream of other letters or digits they perform this task with high accuracy. When they have to identify the same stimulus and direct attention towards another stimulus which is presented before it, their ability to identify the second stimulus is impaired when it is presented within several hundred ms after the first stimulus. After this period, identification accuracy is high. Because this effect is dependent on the allocation of attention as it occurs only when attention is directed towards both stimuli and because of its brevity it has been called the Attentional Blink (AB).

One possibility is that the AB is restricted to stimuli involving higher cognitive processing, like letters. To test this, we used moving random dot patterns as stimuli. They were presented using the same Rapid Serial Presentation (RSVP) method employed in previous studies of the AB. Two stimuli were target stimuli which had to be identified, these were presented within a stream of distractor stimuli. The second target appeared after a variable interval ranging from 100 ms to 1200 ms after the first target. Subjects were asked to perform two-alternative forced choice discriminations of either only the second or both target stimuli. With this basic experiment we asked if an AB exists in motion processing. We investigated further the role of target qualities leading to an AB and possible interference between domains (e.g. requiring a colour discrimination on target 1 and a motion task on target 2). Previous studies demonstrated that the existence of a distractor directly after each target is critical to produce an AB. We investigated if this is true for motion tasks as well.

We find an AB in our experiments. The correct discrimination of the second target was impaired when it appeared within approximately 500 ms of the first target in those experiments where the subjects had to identify both targets. Just like previous studies with stationary letters or digits we were able to show that the first distractor after each target is both necessary and sufficient to create an AB. Therefore, the effect in our experiments shares all known characteristics of the earlier experiments. These results suggest that the effect obtained in our studies is due to the same phenomenon as in the studies using letters and digits.

Our results demonstrate that allocation of attention can strongly modulate the subsequent processing of motion stimuli. Therefore, the AB is not limited to higher stages of cognition like letter and number identification but can occur in early stages of visual information processing. This is in agreement with physiological studies from our laboratory demonstrating attentional modulation of visual motion processing in early extrastriate visual cortex.

Attention Increases Responses of Direction-Selective Neurons but does not Sharpen their Tuning Curves

Julio César Martínez & Stefan Treue

Cognitive Neuroscience Laboratory, Dept. of Neurology, University of Tübingen

We recorded from direction selective neurons in area MT and adjacent areas in the superior temporal sulcus of a macaque monkey to investigate the influence of attention on the tuning properties to visual motion signals. The monkey was trained to attend to a moving random dot pattern (the target) in the presence of another moving random dot pattern (the distractor) while maintaining fixation on a stationary fixation cross. In one experimental condition the target appeared inside the receptive field and the distractor appeared outside. In the other condition the target appeared outside while the distractor appeared inside the receptive field. The target could move in one of twelve directions. We determined the cells tuning curve with attention inside and with attention outside the receptive field by fitting the responses to the twelve directions of motion presented inside the receptive field with a Gaussian function. Note that this comparison is based on identical sensory stimulation. Any response difference therefore reflects the influence of attention. For the majority of the cells the response to the preferred direction was stronger (~10-20%) when the monkey attended inside of the receptive field but we found no differences in tuning width. The enhancement of the response to the preferred direction became stronger as the trial progressed.

Our results confirm previous reports that moving attention away from the receptive field will reduce a neuron's response to the preferred stimulus inside the receptive field (Treue & Maunsell, 1996). Our results are in disagreement with a report of attention narrowing orientation and color tuning curves of V4 neurons (Spitzer, Desimone and Moran, 1988) but are in agreement with another study finding no change in tuning width in V4 (McAdams and Maunsell, 1996). Our data also suggest an increasing effect of attention with time making the cell more and more responsive to the preferred direction the longer attention is directed into the receptive field.

Transparent Motion at Acute Angles Results in Single-Lobed Neural Activity Profiles

Karel Hol & Stefan Treue

Cognitive Neuroscience Laboratory, Dept. of Neurology, University of Tübingen

We recorded direction-selective single- and multi-unit activities from the middle temporal (MT) and adjacent areas in the superior temporal sulcus of a macaque performing a fixation task. Random dot patterns moving at the cells' preferred speeds were presented inside the receptive fields. The patterns consisted either of one group of dots (SM) moving coherently in the same direction, or of two groups of dots moving at an angle of 30, 60, 90 or 120 deg relative to each other (TM). We determined the tuning curves to these stimuli: the data was fitted using the sum of two equal Gaussians having different centers according to a simple linear summation model. This model hypothesizes that population responses to two simultaneous patterns are the sum of the responses to the individual patterns (two equal Gaussians centered at the directions of the two patterns). The model predicts that two peaks will appear when the interstimulus angle is larger than the neurons' bandwidth. If this prediction is correct, it would mean that the visual system could not rely on the peak-to-peak separation in the neuronal response profile for recovering the directions of motion in transparent patterns moving at acute angles, but rather would have to use the overall shape of the activity profile.

The tuning bandwidth for SM averaged about 90 deg, in line with previous studies. Response profiles to TM could be well fitted by our model, but the model slightly overestimates the width of the actual activity profile and slightly underestimates peak-to-peak separations, suggesting the presence of some amount of lateral inhibition. In agreement with a prediction of our model TM response profiles were with few exceptions single-lobed as long as the angle between the two directions did not exceed the bandwidth of the tuning to the SM, i.e. about 90 deg. It is thus impossible to recover the component directions in TM containing acute angles from distinct peaks in the population activity. Rather it requires a computation that takes the overall shape of the activity profile into account. The visual system is faced with the problem that the broad activity profiles we observed for TM could have been evoked by various patterns with different numbers of direction components, which is also predicted by the model. This suggests that it should be unable to distinguish between such metameric patterns, a hypothesis we address in the accompanying abstract (Rauber & Treue).

Misperceptions when Recovering the Directions in Transparent Motion

Hans-Jürgen Rauber & Stefan Treue

Cognitive Neuroscience Laboratory, Dept. of Neurology, University of Tübingen

The population of direction-selective cells in primate visual cortex does not seem to encode the directions of motion of two transparently moving patterns with two separable peaks in the population activity when the directions form an acute angle (see Hol & Treue, this volume).

We hypothesize, that given this absence of two peaks the visual system uses the overall shape of the activity curve to recover the directional components. Such an approach would make the system susceptible to metamers, i. e. physically different stimuli that are physiologically or perceptually indistinguishable. With the aid of a simple linear summation model that can account for our physiological findings we constructed such metameric stimuli by combining either 2, 3, or 5 directions of motion. The 2-pattern directions moved at ± 40 deg, the 3-pattern directions at ± 50 deg and 0 deg (horizontal), and the 5-pattern directions moved at ± 50 deg, ± 30 deg, and 0 deg. All stimuli had the same total number of dots and the number of dots per direction were chosen such that in the model an almost identical single-peaked activity profile would result. With eccentric fixation, subjects had to report the number of perceived directions. In a second experiment we added two 2-pattern stimuli (± 30 deg and ± 50 deg) that were not metamers to the other three stimuli and the subjects had to report the upward direction component for each of the moving patterns. Note that the ± 50 deg stimulus contained the same components as the 3 and 5-pattern patterns. Finally we repeated the second experiment with colored patterns. The patterns moving up and the ones moving down consisted of red dots while the pattern moving horizontally consisted of green dots.

Reporting the number of perceived directions, subjects experienced the multi- and bidirectional metamers most often as bidirectional. Estimating the upward direction in the bi- and multidirectional patterns, they reported the same directions for all patterns that were metamers in our model and perceived different directions for the ± 30 deg and ± 50 deg stimuli. The same results were found with the color-coded patterns.

Our results show that metameric stimuli indeed exist and suggest that the brain creates the perception of the smallest number of directions that would evoke the population activity rather than being able to recover the physical directions. This holds true even when different directions have different colors.

Der Einfluß mehrerer Bewegungsrichtungen auf den Bewegungsnacheffekt

Dieter Heller, Joseph Krummenacher & Uta Bösch

Institut für Psychologie, RWTH Aachen

Betrachtet man für einige Zeit ein Stimulismuster, das sich in eine bestimmte Richtung bewegt, nimmt man bei anschließender Betrachtung eines stationären Musters eine scheinbare Bewegung in die Gegenrichtung wahr. Dieser Bewegungsnacheffekt (motion after effect; MAE) variiert in Abhängigkeit vom dargebotenen Stimulus deutlich. So werden bei sich um ihren Mittelpunkt drehenden Spiralen längere Nacheffekte beobachtet als bei sich horizontal oder vertikal bewegenden Mustern aus schwarzen und weissen Balken (sog. Wasserfallmustern). Dieser Unterschied kann hypothetisch auf verschiedene Ursachen zurückgeführt werden: Während sich das Balkenmuster in nur eine Richtung bewegt, können bei der Spirale gleichzeitig zwei Bewegungen wahrgenommen werden, nämlich eine Ausdehnung und eine Bewegung in die Tiefe. Aus dieser Tatsache kann jedoch nicht die Annahme abgeleitet werden, daß die Wahrnehmung mehrerer Bewegungen in verschiedene Richtungen die Dauer des MAE beeinflusst. Dementsprechend stellt sich Frage, ob die MAE-Dauern bei Wasserfall- und Spiralmustern einen quantitativen oder einen qualitativen Unterschied reflektieren. Wir untersuchten dieses Problem in den folgenden Experimenten.

In Experiment 1 wurde ein aus zwei Segmenten bestehendes Wasserfallmuster dargeboten, wobei sich die beiden Segmente entweder in dieselbe oder aber in entgegengesetzte Richtungen bewegten. Die Ergebnisse zeigten einen hoch signifikanten Anstieg der MAE-Dauer bei zwei relativ zu einer Bewegungsrichtung. Dieses Ergebnis wird als erster, starker Hinweis auf die Bedeutung der Anzahl wahrgenommener Bewegungsrichtungen für verlängerte Nacheffekte angesehen.

Experiment 2 untersuchte die Auswirkungen einer weiteren Erhöhung der Anzahl Bewegungsrichtungen auf drei und vier. Der Vergleich der Bedingungen mit einer und zwei Bewegungsrichtungen zeigt dieselben Ergebnisse wie in Experiment 1. Wird die Anzahl der Bewegungsrichtungen auf drei bzw. vier erhöht, steigt zwar die MAE-Dauer weiterhin an, die Größe des relativen Zuwachses verkleinert sich allerdings, wobei diese geringere Zunahme möglicherweise auf Orientierungsselektivitätseffekte zurückzuführen ist.

Zusammenfassend legen die Ergebnissen unserer Experimente den Schluß nahe, daß die Anzahl der Bewegungsrichtungen die MAE-Dauer entscheidend beeinflusst; von einem qualitativen Unterschied zwischen Spiral- und Wasserfallvorlagen ist nicht auszugehen.

**Postersitzung:
Aufmerksamkeit**

Zusammenwirken von verschiedenen Interferenzen in Wahl-Reaktionsaufgaben auf visuelle Muster

Edmund Wascher

Klinische & Physiologische Psychologie, Universität Tübingen

Eine Reihe von Störfaktoren kann manuelle Reaktionen in visuellen Paradigmen beeinflussen. Dabei kann, nach gängigen Theorien, die Interferenz zwischen verschiedenen Dimensionen eines Reizes oder zwischen Reiz- und Reaktionsparametern auftreten. Diese beiden Konfliktarten finden nach Kornblum et al. (1997) in streng serieller Weise, unabhängig voneinander statt. Beleg dafür sind Daten aus Paradigmen, welche die verschiedenen Konfliktarten miteinander kombinieren.

In der vorliegenden Arbeit wurden zwei klassische Konfliktparadigmen (räumliche Reiz-Reaktionskompatibilität = Simon-Effekt; Flankierreizkompatibilität = Eriksen-Effekt) miteinander kombiniert. Zusätzlich zur Reaktionszeitmessung wurden ereigniskorrelierte Lateralisierungen im EEG über weiten Kortexarealen gemessen und Reaktionszeitverteilungen analysiert.

Wenn aufgabenrelevante Eigenschaften eines zu lokalisierenden Reizes mit umgebenden Reizen übereinstimmen, so kam es zu einer Verkürzung der Latenzen okzipitaler Lateralisierungen und zu einer Verkürzung von Reaktionszeiten in vergleichbarer Größe. Des Weiteren konnte es zu Verlangsamung von Reaktionen kommen, wenn der Zielreiz weiter analysiert werden mußte, aber von anderen Reizen umgeben war, welche bezüglich der geforderten Reaktion widersprüchliche Informationen beinhalteten. Dieser Prozeß war mit keinem so klaren Effekt im EEG verbunden und nahm mit der Länge der Reaktionszeit zu. Drittens, wenn die Reaktionsseite mit der Seite der Darbietung des entscheidenden Reizes übereinstimmte, so kam es zu einer Verkürzung der Reaktionszeit. Im EEG fand sich für diese Bedingungen eine sehr früh beginnende Reaktionsvorbereitung in Form eines lateralisierten Bereitschaftspotentials. Die Tatsache, daß dieser Effekt mit zunehmender Reaktionszeit abnahm läßt den Schluß zu, daß es sich dabei um einen Erleichterungseffekt handelt.

Es fanden sich somit Belege für drei voneinander getrennte Ebenen der Interferenz: a) perzeptuell, b) Interferenz von Reizcodes, und c) Interferenz von Reiz- und Reaktionsdimensionen. Die Interferenzen auf den drei Ebenen zeigen jeweils charakteristische Reaktionszeitverteilungen und spezifische Zusammenhänge mit physiologischen Parametern. Während b und c miteinander interagieren, scheint perzeptuelle Interferenz tatsächlich seriell, vor der weiteren Verarbeitung stattzufinden.

Gerichtete visuelle Aufmerksamkeit beeinflusst die wahrgenommene Dauer kurzer Reize

Stefan Mattes & Rolf Ulrich

Psychologisches Institut, Bergische Universität - GH Wuppertal

Die oft nachgewiesene Verbesserung der Wahrnehmungsleistung bei gerichteter visueller Aufmerksamkeit könnte damit erklärt werden, daß die Verarbeitungsrate unter Aufmerksamkeit erhöht ist. Unter anderem sollte dadurch auch der Wahrnehmungsvorgang in kürzerer Zeit ablaufen (Stelmach, Herdman & McNeil, 1994, JEP:HPP). Hieraus folgt, daß die wahrgenommene Dauer eines visuellen Reizes, auf den die Aufmerksamkeit gerichtet ist, kürzer sein sollte. Andererseits hat die Forschung zur Zeitwahrnehmung konsistent einen positiven Zusammenhang zwischen Aufmerksamkeit für Zeitschätzung und wahrgenommener Dauer gezeigt. In den hier vorgestellten Experimenten wurde mittels Hinweisreiztechnik untersucht, ob gerichtete visuelle Aufmerksamkeit ebenfalls eine Verlängerung der wahrgenommenen Dauer bewirkt, oder ob es zu einer Verkürzung kommt, wie es die Hypothese einer erhöhten Verarbeitungsrate nahelegt.

In zwei Experimenten wurde auf einem Bildschirm eine schwarze Scheibe im Abstand von 3.6 Grad links oder rechts von einem zentralen Fixationspunkt dargeboten. Ein Hinweisreiz kündigte vorab die wahrscheinlichere Darbietungsseite an und die Aufmerksamkeit sollte auf diese Seite gelenkt werden ohne dabei Augenbewegungen auszuführen. In Experiment 1 wurden zwei Reizdauern verwendet, die erste 200 ms, die zweite kaum unterscheidbar länger, und die Versuchspersonen mußten die wahrgenommene Dauer jedes Reizes auf einer Ratingskala einschätzen. In Experiment 2 wurde in jedem Durchgang ein Standardreiz dargeboten (100 ms oder 300 ms), dem ein variabler Vergleichsreiz folgte (links oder rechts). Es mußte beurteilt werden, ob der Vergleichsreiz länger oder kürzer als der Standard war. Der Punkt subjektiver Gleichheit und die Unterschiedschwelle wurden als Maße für wahrgenommene Dauer bzw. Diskriminationsleistung bestimmt.

In beiden Experimenten war die wahrgenommene Dauer der Reize länger, wenn sie an der vom Hinweisreiz angekündigten Stelle dargeboten wurden. Die Diskriminationsleistung war jedoch für Reize an der unerwarteten Stelle genauso gut wie für Reize an der erwarteten Stelle.

Die Verlängerung der wahrgenommenen Dauer durch gerichtete visuelle Aufmerksamkeit spricht gegen die Hypothese, daß eine höhere Verarbeitungsrate den Wahrnehmungsvorgang und damit die wahrgenommene Dauer verkürzt. Der Effekt stimmt generell mit dem in Doppelaufgaben gefundenen Effekt überein, jedoch scheint nicht dieselbe Ursache zugrunde zu liegen, da in Doppelaufgaben die zeitliche Diskriminationsleistung bei sinkender Aufmerksamkeit beeinträchtigt wurde.

Unterschiede in visueller Aufmerksamkeit und Aufgabeninterferenz zwischen Männern und Frauen reflektieren Unterschiede in der Gehirnlateralisation

Kyle R. Cave, Heather Davidson & Daniela B. Sellner

Psychology Department, Vanderbilt University, USA

Studien an Neglekt Patienten lassen vermuten, daß jede Hemisphäre eine Aufmerksamkeitsverschiebung in die kontralaterale Richtung kontrolliert (Posner, Walker, Friedrich & Rafal, 1987; Arguin & Bub, 1993). Die Aktivations-Orientierung Hypothese (Reuter-Lorenz & Kinsbourne, 1990) postuliert weiter, daß visuelle Reize, die in einem visuellen Feld erscheinen, die kontralaterale Gehirnhälfte aktivieren und somit eine Verschiebung der Aufmerksamkeit in die kontralaterale Richtung bewirken. Gedächtnisaufgaben wie z.B. Buchstabensequenzen oder Punktkombinationen können ebenfalls die linke bzw. rechte Hemisphäre aktivieren (Lauber, Jonides, Koeppel, Awe, Schumacher, Smith & Minoshima, 1994). Folglich könnten auch diese Aufgaben eine kontralaterale Verschiebung der Aufmerksamkeit nach sich ziehen.

Lateralitätseffekte wurden getestet, indem Versuchspersonen kognitive Aufgaben lösen sollten, die die linke bzw. rechte Hemisphäre aktivierten. Außerdem wurden diese Aufgaben mit einer räumlichen Probeaufgabe kombiniert. Die Versuchspersonen wurden mit einer räumlichen Gedächtnisaufgabe (Erinnern einer Punkteanordnung) und mit einer verbalen Gedächtnisaufgabe (Erinnern einer Buchstabensequenz) getestet. In Experiment 1 war die sekundäre Probeaufgabe eine Identifizierung von Zahlen im rechten und linken visuellen Feld. Für die weiblichen Versuchspersonen zeigte sich kein signifikanter Unterschied der relativen Genauigkeit der Zahlenidentifikation im rechten bzw. linken visuellen Feld zwischen der räumlichen und verbalen Aufgabe. Dagegen war bei den männlichen Versuchspersonen dieser Unterschied signifikant. Die verbale Aufgabe beeinflusste die Zahlenwiedergabe im rechten visuellen Feld. Ebenso beeinflusste die räumliche Aufgabe die Wiedergabe der Zahlen im linken visuellen Feld.

In einem zweiten Experiment wurde getestet, ob diese Ergebnisse aufgrund räumlicher Aufmerksamkeit oder eines Identifikationsmechanismus für Buchstaben auftraten.

Die Primäraufgabe war identisch mit der des ersten Experiments, allerdings wurde die Probeaufgabe abgeändert. Anstatt Zahlen zu identifizieren, mußten die Versuchspersonen nun so schnell wie möglich auf ein schwarzes Quadrat reagieren, das in der Peripherie des Bildschirms erschien.

Die Ergebnisse zeigten, daß bei den männlichen Versuchspersonen die Aktivierung einer Hemisphäre eine Verschiebung der Aufmerksamkeit in das kontralaterale visuelle Feld bewirkt. Die Buchstabengedächtnisaufgabe beeinflusste die Verarbeitung von Zahlen im rechten visuellen Feld. Keines dieser Ergebnisse konnte bei den weiblichen Versuchspersonen erzielt werden, was eine geringere Lateralisierung andeutet.

AUFMERKSAMKEIT 4

Responding to visual stimuli with and without awareness

Dirk Vorberg, U. Mattler, A. Heinecke, J. Schwarzbach & T. Schmidt

Institut für Psychologie, TU Braunschweig

Stimuli masked by metacontrast may be nonreportable yet affect reactions to other stimuli (Fehrer & Raab, 1962; Neumann & Klotz, 1994). We studied the dynamics of such priming effects by varying the interstimulus interval (ISI) between the priming stimulus ('prime') and the masking stimulus ('mask'). Left and right pointing arrows were used as primes and masks. On any trial, prime and mask pointed to the same ('consistent') or to opposite sides ('inconsistent'). We studied priming by measuring the effect of prime-mask consistency on RTs to the mask.

Experiment 1 studied subliminal primes. For ISIs up to 56 ms, primes could be identified at chance level only. Nevertheless, priming effects were obtained which increased with ISI: Choice reactions to the mask were slower when an inconsistent prime preceded the mask, as compared to a consistent prime.

Do consciously perceived primes produce different effects? Experiment 2 varied the durations of prime and mask, in addition to ISI. For short primes, prime identification improved with ISI (type-A masking; Breitmeyer, 1984). In contrast, long primes were identified best at intermediate ISIs, yielding u-shaped masking functions (type-B masking). In spite of different masking time-courses, short and long primes produced the same priming effects on RTs to the mask. The temporal dynamics of priming was identical to that in Experiment 1.

Our results show that metacontrast masking prevents only the conscious awareness of visual stimuli. Masked primes may initiate and modify motor programs whether they reach awareness or not. We propose a stochastic accumulator model for the time-course of masked priming. The model accounts well for both RT and error data.

Inhibitorische Selektionsprozesse in der visuellen Suche

Adrian von Mühlénen & Hermann J. Müller

Institut für Allgemeine Psychologie der Universität Leipzig

Eine Reihe von Experimenten untersuchte die Rolle hemmender Selektionsprozesse in der visuellen Suche: "Inhibition of Return" (IOR) und "Visuelle Markierung". Die aus einer Suchaufgabe resultierende Inhibition von Stimulusorten wurde gemessen durch die einfache Reaktionszeit (RZ) auf luminanzdefinierte Reize ("probe stimuli"), die an der Position eines Suchdistraktors präsentiert wurden ("on-probe"), relativ zu der RZ auf Probe-Stimuli, die an einer leeren Position erschienen ("off-probe"). Nach Klein (1988) ist IOR in einer seriellen Suchaufgabe zu erwarten, aber nicht in einer parallelen Suchaufgabe. Unsere Experimente ergaben keine Evidenz für IOR in der seriellen Suche, wenn die Suchstimuli nach der Suchaufgabenreaktion abrupt ausgeschaltet wurden. Wurden die Suchstimuli dagegen nicht gelöscht, so zeigte sich ein IOR-artiger Effekt. Aber dieser Effekt verschwand, wenn aufgabenkritische (innere) Teile der Suchstimuli gelöscht wurden, während ihre Außenkontur sichtbar blieb. Jedoch ergaben sich in allen aktiven - parallelen sowie seriellen - Suchaufgaben (über Maskierungseffekte hinausgehende) Kosten in der RZ auf On-probe-Stimuli am Ort von Suchdistraktoren relativ zu Off-probe-Stimuli - im Vergleich mit einer Kontrollbedingung, in der das Suchdisplay einfach passiv zu betrachten (nicht abzusuchen) war. Dies weist auf eine parallele Top-down-Inhibition der Distraktoren in der visuellen Suche hin, die mit der Auswahl einer Reaktion assoziiert ist (Visuelle Markierung).

Lokationsspezifische Targeterwartungen in der visuellen Suche

Wilfried Kunde

Psychologisches Institut III, Universität Würzburg

Es wird über visuelle Suchexperimente berichtet. Die Aufgabe der Vpn war zu entscheiden, welcher von zwei möglichen Targetbuchstaben in einem Set von vier konzentrisch um einen Fixationspunkt angeordneten Buchstaben enthalten ist. Die beiden Targets waren insgesamt gleich häufig, ihre räumliche Verteilung wurde aber so gestaltet, daß je eines der beiden Targets an zwei der vier möglichen Darbietungslokationen häufiger als das jeweils andere Target auftrat. In den Suchzeiten zeigte sich, daß an einem gegebenen Darbietungsort dasjenige Target schneller entdeckt wurde, das hier in der Vergangenheit häufiger präsentiert wurde. Man kann von einem lokationsspezifischen Targethäufigkeitseffekt sprechen (vergl. Miller, 1988).

Drei mögliche Einflußfaktoren auf diesen Effekt wurden untersucht: Erstens, führt das häufige Auftreten eines Targets an einem Ort auch dann zu einer beschleunigten Reaktion, wenn das Target präattentiv entdeckt werden kann? Zweitens, hängt die beschleunigte Wahrnehmung ortstypischer Targets von der Art der Aufmerksamkeitsausrichtung (endogen vs. exogen) auf den Darbietungsort des Targets ab? Drittens, wird der Effekt durch die räumliche Kompatibilität der auf das Target erforderlichen manuellen Reaktion modifiziert?

Die Ergebnisse zeigen, daß ein ortstypisches Target dann nicht beschleunigt entdeckt wird, wenn für die Targetentdeckung keine fokale Aufmerksamkeitsausrichtung auf den Ort des Targets notwendig ist. Der Effekt ist darüber hinaus weitgehend unabhängig von der Art der Aufmerksamkeitsausrichtung auf den Ort des Targets (endogen vs. exogen) und der räumlichen Kompatibilität der auf das Target erforderlichen manuellen Reaktion.

Die Ergebnisse legen nahe, daß perzeptuelle Erwartungen bezüglich der an einem Ort auffindbaren Reizwirkungen entwickelt werden können, die die Wahrnehmung erwartungskonformer Reize erleichtern. Solche Erwartungen werden allerdings erst dann wirksam, wenn ein Aufmerksamkeitswechsel auf diesen Ort geplant wird. Die Ergebnisse werden vor dem Hintergrund aktueller Theorien visueller Aufmerksamkeit diskutiert.

Miller, J. (1988). Components of the location probability effect in visual search tasks. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 14, 453-471.

Sakkadische Augenbewegungen unter bimodaler Stimulation

Petra Arndt & Hans Colonius

Institut für Kognitionsforschung, Universität Oldenburg

Im allgemeinen wird dem visuellen System die primäre Rolle bei der Steuerung von Augenbewegungen zugeschrieben. Dementsprechend ist das Zusammenspiel zwischen visuellen Eingängen und der oculomotorischen Antwort eines der bestuntersuchten Beispiele sensomotorischer Integration. Andererseits aber ist der Einfluß auditorischer Signale auf die Verarbeitung visueller Reize schon seit langem bekannt, vorwiegend durch die Untersuchung manueller Reaktionszeiten auf bimodale Stimulation. Unterschiedliche Modelle sind zur Erklärung dieser Interaktion herangezogen worden.

In psychophysischen Untersuchungen haben wir die visuell-auditorische Integration bei Augenbewegungen unter Anwendung des focussed attention - Paradigmas untersucht: Die Versuchsperson ist angewiesen, mit einer Sakkade auf das Erscheinen eines visuellen Zielreizes zu reagieren, während sie den akzessorischen auditorischen Reiz ignorieren soll, der in zeitlicher und räumlicher Nachbarschaft zum visuellen Reiz dargeboten wird. Die Variation der zeitlichen und räumlichen Abstände zwischen den Stimuli erlaubt Rückschlüsse auf die Mechanismen der visuell-auditorischen Interaktion.

Ähnlich wie bei manuellen Reaktionen spiegelt sich Einfluß des auditorischen Systems auf die Verarbeitungszeiten für visuelle Stimuli in den Reaktionszeiten der Blickbewegungen wider: Akzessorische auditorische Stimuli können die Reaktionszeiten von Augenbewegungen auf visuelle Zielreize sowohl verkürzen, als auch verlängern. Hierbei hängt die Wirkung des auditorischen Reizes von der zeitlichen und räumlichen Beziehung der beiden Stimuli zueinander ab. Die Verkürzung der Reaktionszeit nimmt mit abnehmender Distanz zwischen den Stimuli zu. Insbesondere diese Abhängigkeit von der räumlichen Beziehung belegt, daß der auditorische Reiz nicht als unspezifischer Warnreiz fungiert.

Es werden verschiedene Versionen eines 2-stufigen Modells vorgestellt und an experimentellen Daten geprüft. Die beiden Versionen des Modells entsprechen zwei denkbaren physiologischen Verarbeitungswegen bei der Integration multisensorischer Eingänge im Colliculus superior. Eine Modellversion impliziert, daß die sogenannten Fixations-Neurone, die den Blick auf einem bestimmten Punkt halten, der Angriffspunkt der zusätzlichen auditorischen Signale sind. Die andere Version geht davon aus, daß die Interaktion ausschließlich in denjenigen Nervenzellen stattfindet, die die sakkadischen Blickbewegungen steuern.

Lateralised Cortical Activity for Shifts of Visuospatial Attention and Initiating Saccades

**Rolf Verleger, Bernd Wauschkuhn, Edmund Wascher, Wolfgang Heide,
Marcel Burk & Detlef Kömpf**

Department of Neurology, Medical University of Lübeck,

Saccades are fast and flexible eye movements to provide a means of rapid orientation. So far, evidence for saccade-specific EEG activity has been not convincing. In the present study, prosaccades and antisaccades were required as fast responses to lateral stimuli in an easy task and a hard task ("Simon task"). The cortical activity related to the preparation and execution of saccades was investigated within the short interval between stimulus-onset and saccade, using the method of computing the lateralised readiness potential to subtract out activity not related to saccades. Three components of lateralisation were found: (1) activity contralateral to the relevant stimulus 250 ms after stimulus onset, largest at lateral parietal sites, (2) activity contralateral to the relevant stimulus if the stimulus was also the target of the saccade, widespread but with a focus again at lateral parietal sites (330-480 ms) and (3) activity contralateral to the saccade direction, largest at superior-medial parietal sites (beginning about 100 ms before the saccade) with some increased fronto-central portion before antisaccades in the hard task.

Due to the effects of task (easy vs. hard) and saccade type (pro vs. anti), the components are interpreted as follows: Component (1) reflects selection of the relevant stimulus, component (2) a controlled shift of attention to the relevant stimulus, component (3) the triggering signal for saccade execution. The present study allowed for the first time for a differentiation of these components both in time and topography.

Effect of alcohol on visually guided saccades

Almut-J. Wegner & Manfred Fahle

Sektion Visuelle Sensorik, Universitäts-Augenklinik Tübingen

We investigated the effects of a temporal gap and of the predictability of the next target location on the precision (gain), latency, and peak velocity of visually guided saccades in 13 subjects both sober and intoxicated (oral dose of 0.8 g ethanol / kg body weight).

Saccades were guided by sequentially illuminated LEDs and were recorded by an infrared eye tracker (AMTech). Besides the standard condition (synchronous disappearance of the fixation point and appearance of the next target), we examined saccades after alcohol consumption in the gap condition (temporal gap of 200 ms between the disappearance of the fixation point and the appearance of the new target). Amplitude and direction of half of the saccades were predictable, whereas the other half were not.

Latencies significantly increased and peak velocities significantly decreased after alcohol consumption. Precision of the saccades was not influenced by the intoxication. Both when subjects were sober and intoxicated, saccadic latencies decreased in the gap condition. On the other hand, the temporal gap had no influence on the precision and peak velocity of the saccades. When the next target location was predictable, saccadic latencies decreased, even when subjects were intoxicated. Peak velocity of saccades to predictable target locations increased only after alcohol consumption.

In summary, alcohol consumption significantly slows down visually guided saccades, but has no influence on their precision. Cues improving the initiation of saccades - like a temporal gap or the predictability of the next target location - can be used to speed up saccades both when subjects are sober and intoxicated. But when subjects are intoxicated, these cues are not sufficient to reach levels typical for sober subjects.

Antisaccade Control Improves by Daily Practice in Children

A. Mokler, K.Hartnegg & B. Fischer

University of Freiburg, Brain Research Unit, Institute of Biophysics,

Voluntary control of saccadic eye movements (antisaccade generation) develops during the age of 9 to 14 years (Fischer et al. Brain Res. 754:285-297, 1997). Error rates in an antisaccade gap task average 60% for children. Dyslexic children perform the task even worse (Biscaldi et al., Perception 24 Suppl: 27, 1995). Daily practice of the antisaccade task improves the error rate only marginally in trained adults (Fischer & Weber, Brain Res., 89:415-424, 1992). We investigated now whether it is possible to improve the relatively poor performance of children.

To challenge the saccade system we used a simple perceptual task: the subjects were required to identify the last orientation of a small symbol which changed its orientation rapidly before disappearing. First a stimulus was presented in the middle, indicating the fixation position. This stimulus was either replaced by the symbol or it jumped 4 deg to one side and the symbol was presented shortly afterwards on the opposite side. For correct identification of the pattern foveation is necessary.

28 normal children (8-14 years) improved their performance by 12% after 2-3 sessions. The results of the 1. and 3. sessions correlated highly (> 0.8). Also, 32 dyslexics with low performance in the antisaccade task practiced for 3-6 weeks (ca. 10 min./day). Almost all subjects improved their performance. When eye movements were retested after training, the percentage of pro-errors was reduced by 16% on average. The reaction time decreased from 334 ms to 287 ms, and the correction time from 223 ms to 200 ms on average.

Developmental deficits in saccade control can be improved by daily practice of a simple perceptual task in children.

Zur Steuerung von Sakkaden bei extrafovealer Buchstabenerkennung

Ralph Radach, Anke Huckauf & Dieter Heller

Institut für Psychologie, RWTH Aachen

Gegenstand der vorliegenden Untersuchung sind Effekte von Distraktorposition und Darbietungsdauer auf Sakkadenparameter in einer Overlapaufgabe. Im Experiment wurden dreibuchstabeige Zeichenketten in 4 oder 7 Grad Exzentrizität links oder rechts von einem zentralen Fixationspunkt blockweise für entweder 50 ms oder 500 ms dargeboten. Die Vpn waren instruiert, entweder den äußeren oder inneren Buchstaben eines Tripels zu identifizieren.

Bei einer Darbietungsdauer von 50 ms machten die Vpn. über die gesamte dreistündige Versuchszeit in über 80% der Durchgänge Sakkaden zur Zielkonfiguration, obwohl diese nicht mehr sichtbar war. Einflüsse von Distraktoren (je zwei weitere Buchstaben) und Darbietungsdauer auf die Sakkadenamplitude lassen sich auf verschiedenen Ebenen identifizieren:

Sakkaden zu isoliert dargebotenen Kontrolltargets werden von der Position der Distraktoren (innen vs. aussen) in den Tripeldurchgängen des jeweiligen Blocks beeinflusst. Dies kann als Verankerung der Einzelreaktionen in einem zeitlichen Bezugssystem interpretiert werden (He & Kowler, 1989).

Die Anwesenheit von Distraktoren (proximal oder distal zum Target) führt zu einer deutlichen Verlängerung bzw. Verkürzung der Primärsakkaden in Richtung des Zentrums der jeweiligen visuellen Konfiguration. Interessanterweise bewirkt die Verkürzung der Darbietungszeit neben einer generellen Amplitudenverkürzung auch eine Verminderung dieses Ablenkungseffekts. Dies läßt den Schluß zu, daß nicht die Latenz, sondern die Dauer der Verfügbarkeit extrafovealer Information während der Sakkadenprogrammierung den "center of gravity effect" (Findlay, 1982; Deubel, 1994) determiniert.

Zwischen Sakkadenamplitude und Erkennungsleistung besteht ein klarer Zusammenhang: im Mittel ergeben sich Maxima der Leistung bei einem sakkadischen Undershoot von etwa 1 Grad. Dies läßt den Schluß zu, daß extrafoveale Zielverarbeitung und Sakkadensteuerung auf gemeinsamen Mechanismen beruhen, oder zumindest Ergebnisse der gleichen visuellen Analyse der peripheren Konfiguration nutzen. Eine obligatorische Kopplung zwischen Aufmerksamkeit und Sakkadensteuerung (Schneider & Deubel, 1995) kann somit auch über den Rahmen spezifischer dual-task Paradigmen hinaus für jedes tachistoskopische Experiment postuliert werden.

**Postersitzung:
Raumwahrnehmung**

Recognition of a large-scale virtual environment from novel perspectives

C.G. Christou & H.H. Bühlhoff

Max-Planck Institute for Biological Cybernetics, Tübingen

The encoding and recognition of a large-scale environment was studied using virtual reality technology. A computer model based on the Cafe' Liechtenstein, a house situated in the centre of Tübingen, Germany, was developed using a 3D modeling program. Simulated walkthroughs were implemented using SGI Performer programming libraries. To facilitate natural learning of the environment Ss had to find and acknowledge 3D spatially located markers (consisting of two-digit codes) which appeared only when Ss were close enough. The test consisted of images of all locations corresponding to the position of the markers acknowledged during training. Also included was an equal number of images of 'surprise' locations not corresponding to marker locations. This determined whether recognition performance generalized to all views, not just those indicated by markers. As a test of recognition from novel perspectives, the Ss movements during training were restricted. During testing, images from both familiar and unfamiliar directions were shown to Ss (all were images of actual and surprise marker locations). Ss were assigned to one of two groups: The 'active-explorers' controlled their movement through the scene using a Spaceball 3D input device, while the passive-movers only observed these movements.

Twelve naive subjects were assigned randomly to each group. We used a 3-way mixed design to analyze the d' sensitivities in an old/new recognition task. Mode of learning (active/passive) was a between groups factor while marker (present/absent) and view direction (familiar/novel) were within-subject factors. The results revealed no overall significant effect of active/passive observers. There was however a highly significant effect of viewing direction with familiar direction views being recognized much easier than novel views. There was no overall significant effect of marker presence/absence although there was a marginal interaction between view direction and marker present/absent. In this case the familiar views of locations where markers were present were recognized easier than those familiar direction views that were not indicated by markers. There was no similar difference in performance corresponding to the novel direction views. Not surprisingly, this indicates that the attentional factor (of having acknowledged the presence of a marker) makes a particular location more memorable. What is interesting however is that the novel views did not show such a difference. The d' for novel direction views was always above 1.0 and this indicates that the novel directions were recognized as a natural process of encoding the scene and not as an artifact of drawing Ss attention to marker locations.

In conclusion, the superior performance for familiar directions views after natural yet restricted (active or passive, simulated) movement through a scene shows that encoding of structural information is view-based and egocentric. However, novel direction views were also recognized and the properties of the mental encoding that facilitate this ability must be further investigated.

Zeigeverhalten, Landmarken und mentale Raumrepräsentationen

Michael M. Popp

**Institut für Arbeitswissenschaft, Fakultät für Luft- und Raumfahrttechnik
Universität der Bundeswehr München**

Fragt man in einer unbekanntem Stadt nach dem Weg, so wird der freundliche Zeitgenosse, der verspricht einem weiterzuhelfen, einen mit einem Schwall von Erklärungen überfallen. Seine wortreichen Erläuterungen wird er dabei mit einer Vielzahl von Gesten unterstreichen. Aus früheren Untersuchungen (Popp,1988) wissen wir, daß solche Wegauskünfte schlecht sind. Die überwiegende Anzahl der verbalen Auskünfte ist nicht geeignet, einen wirklich bis zum Ziel zu führen. Immerhin weisen knapp die Hälfte der Auskünfte den Ortsunkundigen in die richtige Richtung.

Es liegt nahe zu untersuchen, ob zumindest die Zeigebewegungen dieser Kommunikation vernünftige Richtungshinweise für die Zielsuche sein können. In einem Feldversuch fragten wir zufällig ausgewählte Passanten in einem Ortsteilzentrum am südlichen Rande Münchens nach dem Weg zu einem Einkaufszentrum, das vom Befragungsstandort aus nicht sichtbar war. Dabei wurden die Zeigebewegungen der Passanten via Video aufgezeichnet. Die Auswertung dieser Zeigehandlungen ergab einen überraschend guten Richtungssinn der befragten Personen. Obwohl die Streuung relativ groß war, stimmen der Mittelwert der Zeigehandlungen der untersuchten Versuchspersonen sehr gut mit der tatsächlichen Himmelsrichtung zum Ziel überein. Dieser Befund steht im Widerspruch zur Qualität der verbalen Beschreibungen der Befragten, gibt aber Aufschluß über Struktur und Güte ihrer mentalen Repräsentationen.

Mithilfe einer neu entwickelten Versuchseinrichtung haben wir das Raumwissen von Versuchspersonen erneut untersucht. Gefragt war die Richtung, in welcher verschiedene, vom Beobachterstandort aus nicht sichtbare Landmarken oder bestimmte Gebäude liegen. Untersucht wurden Gruppen von je 20 Versuchspersonen, die mit dem fraglichen Terrain, dem Wohnbereich unseres Universitäts-Campus seit längerer Zeit vertraut waren, bzw. die das Gelände nur von einem Training in der Virtuellen Realität 'NeuVi-Berg' (siehe Popp, 1995), in welcher der Campus räumlich korrekt, jedoch in seinem Detailreichtum reduziert dargestellt ist, kannten.

Die Genauigkeit (qualitativ und quantitativ) der Richtungsangaben beider Experimentalgruppen unterscheiden sich. Es wird gezeigt, daß Raumerfahrungen, die in wenig detailreichen virtuellen Realitäten erworben werden, andere mentale Repräsentationen erzeugen als Erfahrungen in der Realität.

Popp M.M. (1988). "Orientierungsprobleme von Kraftfahrern in fremden Städten: Subjektive Einschätzungen und objektive Beobachtungen". In: Kastner M. (Hrsg.) "Fortschritte in der Verkehrspsychologie '87". Köln, TÜV-Rheinland.

Popp M.M. (1995). "Navigation in the unknown, frames of reference, virtual reality, and the role of visual cues in orientation". European Conference on Visual Perception, Tübingen.

**Path integration in a virtual arena -
a replication of Tolman's classic experiment**

Sabine Gillner, Sibylle Geiger & Hanspeter A. Mallot

Unfallchirurgische Forschung und Biomechanik, Universität Ulm

More than 50 years ago (1946), Tolman and his coworkers investigated the spatial behavior of rats in a maze. From their findings they concluded that rats store some kind of a cognitive map which enables them to find shortcuts in the maze. A systematic error was involved in this behavior: Most of the rats underestimated the angle required to turn towards the goal in a consistent manner. We have reproduced these experiments with human subjects using interactive computer graphics. A major difference between these studies and Tolman's original work is the sensory input: with interactive computer graphics it is reduced to visual information. Subjects were seated in front of a computer screen and could press the buttons of a computer mouse. By doing this, egomotion was simulated.

20 subjects participated in this experiment. They were trained in 10 different mazes, consisting of a central arena and a curved corridor leading to the goal. For one maze, corridor and goal location were the same as in Tolman's original setup. In another maze, a junction was added to the corridor at its biggest turn, in order to encourage an active turning decision. In the training phase, subjects were asked to repeat a certain route through this maze three times. In the test phase, we measured the accuracy of pointing from the start to the goal. The results show the same error found also by Tolman et al. Subjects consistently underestimated the correct direction. We found further that this error depends on the complexity of the maze. The maze requiring active movement decision did not lead to different pointing results.

Wittman & Schwegler (1995) discussed these kind of error on the background of an imperfect biological system. If one has to accept an error, the underestimation has the advantage that the navigator meets its old path. On the other hand an overestimation would lead in an unknown environment. These idea fits very well with our finding.

E.C. Tolman, B.F. Ritchie and D. Kalish. Studies in spatial learning. I. Orientation and the short cut. J. exp. Psychol.,36:13-24, 1946

T. Wittmann and H. Schwegler. Path integration - a network model. Biol. Cybern.,73:569-575, 1995

Interaction of local and global landmarks for route finding in virtual environments

S. Geiger, H.A. Mallot & S. Gillner

MPI für biologische Kybernetik, Tübingen

Spatial behavior in humans and animals includes a wide variety of behavioral competences that make use of many sensory cues, including vision. The visual input contains various cues about the observers current position (e.g., from views and local landmarks), the compass direction (e.g., provided by global landmarks), and egomotion (e.g., from optic flow). Here we investigate the role of global vs. local landmarks in a route finding task. If navigation relies more on 'global' landmarks for a route finding task then an allocentric description should be remembered; such as "When you reach the church square, go towards the tower on the mountain". Alternatively, 'local' landmarks could guide navigation decisions by view-movement associations; e.g. "When you come to the church, turn right". Evidence for the last strategy was presented by Gillner and Mallot (Journal of Cognitive Neuroscience, in press).

We performed an experiment in a virtual environment called "Hexatown". Hexatown consists of a regular hexagonal grid of junctions joined together by streets. At each junction there are three buildings, or other objects. Additionally, we provide global direction or compass information by placing six global landmarks distributed equally on a mountain range surrounding Hexatown. Subjects navigated in Hexatown by pressing the buttons of a computer mouse. According to their movement decisions, egomotion was simulated.

Subjects had to learn the route back and forth between two specific buildings. Awareness of global landmarks was assessed by an additional pointing task. In the test-phase individual junctions were approached and the subjects' movement decision was recorded. Two conditions were used: a 'consistent' condition, which was the same as in the training phase, and a 'conflict' condition. Conflict was produced by transposition of objects such that the global and local strategies predicted different movement decisions.

In the consistent condition, i.e., with unchanged objects, 20 subjects made 85% correct decisions out of a total of 160. In the conflict condition, 77% of the decisions were in agreement with the local and 23% with the global strategy. This supports our previous finding that local views play a dominant role in making route judgements.

In a control experiment we tested whether subjects could use the global landmarks at all. We reduced the local information in the maze and instructed the subjects to attend to the global landmarks. In this case, 76% of the 80 decisions were consistent with global landmark information. Since no local information was provided in this control experiment the remaining 24% of the decisions were errors. We conclude that subjects prefer local landmarks when available, but are also able to use global landmarks for route finding, when they are instructed to attend to them.

Schätzen von Richtungen in realen und virtuellen Umgebungen

K. Sellen, H.A.H.C. van Veen & H.H. Bühlhoff

Max-Planck-Institut für biologische Kybernetik, Tübingen

Wir untersuchten die Art und Genauigkeit mentaler Repräsentationen unserer Umwelt anhand von Richtungsschätzungen in virtuellen Umgebungen und in der realen Welt. Inwieweit räumliches Wissen zwischen realer und virtueller Welt transferiert werden kann, ist für uns von großem Interesse, da in unserem Labor virtuelle Umgebungen für Navigationsexperimente eingesetzt werden.

Wir führten Experimente in der Tübinger Altstadt durch. Zehn Versuchspersonen, die seit mindestens 2 Jahren in Tübingen lebten, wurden dabei auf einer Route zu 11 Plätzen geführt. An den Plätzen drehten sie einen Zeiger, der an einem "verdeckten" Kompaß befestigt war, in die vermutete Richtung der 10 anderen, von dort nicht sichtbaren Plätze. Die geschätzte Richtung wurde vom Kompaß abgelesen und später mit dem korrekten Wert verglichen. Dieselben Versuchspersonen wiederholten die Aufgabe in einer virtuellen Umgebung. Jeweils 180°-Ausschnitte von Panoramafotos, die an den 11 Orten gemacht worden waren, wurden auf eine halbkreisförmigen Leinwand mit 7m Durchmesser projiziert, in deren Zentrum die Versuchsperson saß. Dadurch wurde ihnen ein Gefühl der Immersion in diese Umgebung vermittelt. Ein dünner Strich in der Mitte der Leinwand diente als Referenzmarke. Die Versuchspersonen drehten durch Tastendruck das Bild so lange, bis die Position des Striches mit der geschätzten Richtung übereinstimmte.

Fehler, die in der realen und der virtuellen Welt gemacht wurden, ähneln einander: der mittlere absolute Richtungsfehler beträgt in der realen Welt 11.0 ± 0.3 Grad, in der virtuellen Umgebung 12.9 ± 0.4 Grad ($n=10$). Die Mittelwerte der Fehler (unter Berücksichtigung des Vorzeichens), die von den jeweiligen Orten in alle Richtungen von allen Versuchspersonen gemacht wurden, liegen zwischen -10.4 Grad und $+12.7$ Grad in der realen Welt bzw. zwischen -10.1 Grad und $+13.9$ Grad in der virtuellen Umgebung und sind signifikant unterschiedlich. Dies bedeutet, daß die von diesem Ort gezeigten Richtungen insgesamt als zu weit rechts bzw. zu weit links liegend eingeschätzt wurden. Außerdem ist der mittlere Fehler, der von einem Ort A in alle anderen Richtungen gemacht wurde, meist kleiner als der mittlere Fehler von diesen Orten zurück zu Platz A. Vier der Versuchspersonen wiederholten die Experimente in der realen Welt. Die Ergebnisse weisen darauf hin, daß die Repräsentation über die Zeit stabil bleibt.

Die räumlichen Repräsentationen der Versuchspersonen ähneln der realen Karte, es zeigen sich aber systematische Abweichungen von ihr. Das Verteilungsmuster der beobachteten systematischen Fehler ist in der realen und der virtuellen Welt ähnlich. Die systematischen Fehler lassen sich am besten durch lokale Fehleinschätzungen der Lage und der Orientierung des Ortes erklären. Der Vergleich zwischen realer und virtueller Welt zeigt, daß die Versuchspersonen das Wissen, das sie in der realen Welt erworben haben, auch in der virtuellen Umgebung anwenden können.

Die zeitliche Illusion des kürzeren Rückwegs

Susanne Huber, Michael Schröder & Astros Chatziastros

Max-Planck-Institut für biologische Kybernetik, Tübingen

Wanderer oder Spaziergänger machen häufig die Erfahrung, daß ihnen der Rückweg zeitlich kürzer erscheint als der Hinweg. Ziel unserer Untersuchungen war es, diese zeitliche Illusion experimentell zu belegen und quantitativ zu bestimmen, sowie die Bedeutung der aktiven bzw. passiven Lokomotion für das Zeitempfinden festzustellen.

Experiment 1: Acht Versuchspersonen bewegten sich einzeln während der Referenzdauer von 60 sec auf einem Feldweg. Unter Beibehaltung oder Umkehrung der Bewegungsrichtung sollte ein Zeitintervall von 30 sec produziert werden. Zusätzlich wurde die Bedingung der Bewegungsart variiert - die Versuchspersonen liefen oder wurden passiv in einem Rollstuhl geschoben. Jede Versuchsperson gab 4 Schätzungen ab. Experiment 2: 16 Versuchspersonen beobachteten auf einer 180 Grad Projektionsleinwand eine Fahrt mit konstanter Geschwindigkeit von 5 km/h in einer virtueller Umgebung. Wiederum sollten die Versuchspersonen nach einer Referenzdauer von 60 sec das Ende eines 30 sec Intervalls anzeigen. Unter Variation der Bedingung "Bewegungsrichtung", gab jede Versuchsperson 12 Schätzungen ab. Experiment 3: Wie Experiment 2, jedoch wurde die Instruktion abgewandelt. Anhand einer vorgegebenen Referenzstrecke (Dauer der Fahrt: 60 sec), sollten 12 der Versuchspersonen aus Experiment 2 die halbe Streckenlänge produzieren.

Die produzierten Zeitintervalle waren im Mittel signifikant länger als 30 sec (43.0 sec, $s=10.5$ sec, $p<0.0001$). Die Schätzungen verbesserten sich über die Durchgänge nicht-tendenziell wurden längere Zeitintervalle produziert. Bei Umkehr wurde ein längeres Zeitintervall produziert als bei Beibehaltung der Bewegungsrichtung. Dieser Unterschied war in Experiment 1 (5.1 sec, $p<0.02$) und Experiment 2 (4.4 sec, $p<0.01$) vergleichbar. Dieser Unterschied ließ sich selbst bei wiederholten Durchgängen feststellen. Zwischen aktiver und passiver Lokomotionsart zeigte sich kein Unterschied. Der Effekt der Bewegungsrichtung kehrte sich jedoch um, wenn Strecken geschätzt werden sollten, so daß auf einem Rückweg eine kürzere Strecke produziert wurde als bei Weiterfahrt ($p<0.001$). Bei Bewegungsumkehr war die Schätzung am genauesten. Auf der Weiterfahrt war die Überschätzung der Distanz vergleichbar mit der Überschätzung in der Zeit.

Bei der zeitlichen Illusion des kürzeren Rückwegs handelt es sich nicht um einen sog. "time-order-error" (das zweite zweier gleich langer Intervalle wird als kürzer erlebt). Gängige Informationsverarbeitungsmodelle zur Zeitwahrnehmung können diesen Befund nicht erklären, da sie bei Erhöhung der Bekanntheit des Weges eine Verlängerung der Zeitschätzung vorhersagen würden. Eine erhöhte Bekanntheit des Weges durch mehrmalige Darbietung, veränderte in unseren Experimenten jedoch nicht die zeitliche Illusion des kürzeren Rückwegs. Das saliente Ereignis des Umdrehvorgangs zwischen Referenz- und Produktionsintervall scheint dagegen einen Einfluß zu haben. Während die Zeitschätzung unabhängig von der Distanzinformation erfolgte, wurde die Strecke bei Beibehaltung der Bewegungsrichtung weitgehend aufgrund der subjektiv erfahrenen Zeit geschätzt.

**“Denn sie wissen nicht was sie tun” -
Das Mißkonzept über den Spurwechsel**

Astros Chatziastros, Guy M. Wallis & Heinrich H. Bülthoff

Max-Planck-Institut für biologische Kybernetik, Tübingen

Angenommen, Sie wollen die Fahrspur auf einer Autobahn wechseln. Stellen Sie sich die dafür benötigte Lenkbewegung vor. Die Mehrheit nimmt an, daß die Spur gewechselt wird, indem das Lenkrad einmalig ausgelenkt und anschließend wieder zur Ausgangsstellung zentriert wird. Dies ist insofern falsch, als der zweite Teil der Lenkbewegung fehlt: Um das Fahrzeug wieder auf eine Geradeausfahrt zu lenken, wird eine annähernd symmetrische Lenkbewegung in entgegengesetzter Richtung benötigt. Um dieses mentale Modell genauer zu bestimmen und die Art des motorischen Programms, welches beim Lenken angewendet wird, genauer zu erfassen, untersuchten wir das Spurwechselverhalten in einer Fahrsimulation mit und ohne visuelle Rückmeldung.

Die Probanden fahren mit konstanter Geschwindigkeit (68 km/h) in einer simulierten Umgebung, die auf einer 180 Grad Großbildleinwand präsentiert wurde. Eine gerade, vierspurige Autobahn wurde abwechselnd unter normalen Sichtbedingungen (Tageslicht / visuelle Rückmeldung) oder im Dunkeln (dunkler Tunnel / keine visuelle Rückmeldung) dargeboten. Unter beiden Bedingungen sollte die Fahrspur gewechselt werden. In der Tunnel-Bedingung wurde keine weitere Rückmeldung über den Ausgang des Lenkmanövers gegeben.

Ohne visuelle Rückmeldung erhöhte sich erwartungsgemäß die Varianz der Fahrtrichtung (Gierwinkel). Darüber hinaus wich der Gierwinkel nach Abschluß des Fahrmanövers systematisch in Richtung des initiierten Spurwechsels ab ($p < 0.001$), da der zweite Teil der erforderlichen Lenkbewegung nicht oder nur unvollständig produziert wurde.

Unter “open-loop”-Bedingungen konnte gezeigt werden, daß die Lenkbewegung, die zu einem Spurwechsel führt, obwohl ausgiebig geübt, wohl nicht als vollständiges motorisches Programm vorliegt, entgegen der in der Literatur vorherrschenden Ansicht (z.B. Godthelp, 1985). Vielmehr scheint zumindest vorübergehende visuelle Information über den aktuellen Gierwinkel und über die Position auf der Straße für die komplette Ausführung notwendig zu sein. Der Prozeß des Spurwechsels kann demnach besser als Wechselspiel von einfacheren Lenkmanövern und visueller Rückmeldung verstanden werden.

Natürliche Informationsdarstellung im Flugzeugcockpit

Peter M. Lenhart, Matthias Purpus & Harro v. Viebahn

Flugmechanik und Regelungstechnik, TU Darmstadt

Das heutige Cockpit moderner Verkehrsflugzeuge stellt sich als Multimedia-Puzzle für die Besatzung dar. Aus einer Vielzahl einzelner Parameter ergibt sich beim Piloten ein mentales Bild des Flugzustands und der Luftraumsituation. 75% aller Unfälle in der zivilen Luftfahrt werden auf menschliches Versagen zurückgeführt. Gelingt es, das Situationsbewußtsein der Piloten entscheidend zu verbessern, ist ein dramatischer Rückgang dieser Unfälle zu erwarten.

Eine der natürlichen visuellen Wahrnehmung angepaßte Informationsdarstellung soll das Situationsbewußtsein verbessern. Ein System mit synthetischer Außensichtdarstellung ('Synthetic Vision System', SVS) wurde hierfür gemeinsam von der TU Darmstadt und dem VDO-Luftfahrtgerätewerk entwickelt.

Nach entwicklungsbegleitenden Simulator- und Fahrzeugversuchen wurde im August 1997 eine eingehende Flugerprobung durchgeführt. Die Probanden, ausnahmslos aktive Verkehrsflugzeugführer, hatten hierbei mit Hilfe des SVS verschiedene Flugaufgaben durchzuführen und anhand von Fragebögen eine Bewertung vorzunehmen.

Die entwickelten Darstellungen geben dem Piloten jederzeit, unabhängig von den Sichtverhältnissen, ein umfassendes Bild seiner Gesamtsituation bezüglich der Lage im Raum, dem umgebenden Gelände und eventueller Hindernisse.

Synthetische Sichtsysteme im Flugzeugcockpit können einen wichtigen Beitrag zur Steigerung der Flugsicherheit leisten. Die Symbolik des gegenwärtigen Systems ist jedoch noch zu optimieren.

Stereoskopische Gestaltung von Bildschirmanzeigen

Udo Mayer, M. Hammer & S. Mücke

Institut für Flugmechanik und Regelungstechnik, TU Darmstadt

Am Institut für Flugmechanik und Regelungstechnik wird an der Entwicklung von perspektivischen Flugführungsdisplays für Verkehrsflugzeuge gearbeitet (ich verweise auf den Posterbeitrag von Peter Lenhard). Im Rahmen eines von der DFG geförderten Forschungsvorhabens wurde in Zusammenarbeit mit dem Institut für Arbeitswissenschaft in Darmstadt ein stereoskopisches Flugführungsdisplay geschaffen. Anhand systematischer parametrischer Untersuchungen zum stereoskopischen Sehen wurden dazu Gestaltungsempfehlungen erarbeitet. Der Einfluß auf die Beanspruchung und die Leistung bei unterschiedlich monoskopisch oder stereoskopisch gestalteten Anzeigen wurde anschließend experimentell untersucht. Eine Auswahl der gewonnenen Ergebnisse soll als Poster präsentiert werden.

Die Ergebnisse eines auf dem Bildschirm durchgeführter Stereosehtest zeigten, daß sie mit den Ergebnissen der ophthalmologisch üblichen TNO- und Randot-Tests vergleichbar sind.

Der Einfluß der Granularität des Random Dot Musters bei den Versuchen konnte nachgewiesen werden.

Mittels eines Bildschirmexperiments wurde das stereoskopisch nutzbare Volumen hinsichtlich der Fusionsgrenzen der Versuchspersonen ermittelt und mit den ophthalmologisch (Prismenleiste) ermittelten Fusionsgrenzen verglichen.

Mittels Kurzzeitpräsentationen wurde überprüft, ob auch bei einem kurzen Blick auf die Anzeige die stereoskopische Information erfaßt werden kann. Es zeigte sich, daß selbst bei der kürzesten Stimuluszeit von 16ms noch 70% der Antworten korrekt war, wobei die Grenze zum Raten bei 33% lag.

Eine Befragung der Versuchspersonen zur Flugführungsanzeige ergab eine eindeutige Bevorzugung der stereoskopischen Darstellung gegenüber der monoskopischen.

Geometrie des binokularen Raums

Karin Zimmer

Institut für Psychologie der Universität Regensburg

Als Struktur des binokularen Raums wird häufig eine euklidische oder hyperbolische Geometrie angenommen; die Befundlage dazu ist jedoch nicht eindeutig. Um zu entscheiden, ob überhaupt eine der beiden vorgeschlagenen Geometrien zur Repräsentation des binokularen Raums geeignet ist, wurde ein in beiden Geometrien enthaltenes, grundlegendes Axiomensystem, welches die Anordnung von vier Punkten auf einer visuellen Geraden beschreibt, untersucht. Die Axiome dieses Systems wurden als Annahmen über die Struktur des Sehraums betrachtet und in vier Experimenten überprüft.

In zwei Experimenten war bei allen 5 Versuchspersonen mindestens eines der Axiome verletzt, d.h. der binokulare Sehraum war weder durch eine euklidische noch durch eine hyperbolische Geometrie beschreibbar. Dieser Befund erwies sich in weiteren Experimenten als von der Entfernung der verwendeten Konfiguration von den Beobachtern und als von der Größe der Gesamtkonfiguration abhängig: Das von allen Versuchspersonen ursprünglich verletzte Axiom war bei einer den Beobachtern näherliegenden Konfiguration nur mehr bei 2 von 6 Versuchspersonen und bei einer einen kleineren Sehwinkel umfassenden Konfiguration nur mehr bei 2 von 7 Versuchspersonen nicht gültig.

Die Ergebnisse zeigen, daß weder die euklidische noch die hyperbolische Geometrie zur Beschreibung des gesamten Sehraums geeignet ist; für kleinere Bereiche kann der Sehraum dagegen bei einigen Versuchspersonen durch eine den beiden Geometrien zugrundeliegende Struktur repräsentiert werden.

Binokular gesehene Richtung

Jürgen Heller

Institut für Psychologie, Universität Regensburg

Die theoretische Beschreibung der Integration der monokularen Sehrichtungen zu einer binokular gesehene Richtung ist ein zentrales Problem der Psychologie der Raumwahrnehmung. Im Rahmen einer von Heller (1997) vorgeschlagenen Verallgemeinerung der Theorie der beidäugigen Raumwahrnehmung von Rudolf K. Luneburg wird die psychophysische Funktion der binokular gesehene Richtung charakterisiert. Die hieraus ableitbaren Vorhersagen für ein Mittenbildungsparadigma wurden in zwei Experimenten empirisch überprüft. In ansonsten vollkommener Dunkelheit wurden punktförmige Lichtquellen in Augenhöhe des Betrachters dargeboten. Im ersten Experiment waren die Reize sämtlich auf einem Vieth-Müller-Kreis angeordnet, im zweiten Experiment wurden die Reize für jede Versuchsperson zunächst bezüglich ihrer gesehene Entfernung abgeglichen. Es zeigte sich, daß in beiden Fällen die binokular gesehene Mitten physikalisch näher am peripheren Bezugsreiz lokalisiert werden, wobei dieser Befund im ersten Experiment stärker ausgeprägt ist. Beide Resultate werden durch die verallgemeinerte Luneburg-Theorie vorhergesagt. Die sich hieraus ergebenden Konsequenzen für die Form der psychophysischen Funktion der binokular gesehene Richtung werden diskutiert. Insbesondere wird auch die Rolle der sogenannten Ich-Mitte ("Egocenter", Zyklopenauge), auf die andere Erklärungsansätze häufig aufbauen, kritisch hinterfragt.

Heller, J. (1997). On the psychophysics of binocular space perception. *Journal of Mathematical Psychology*, 41, 29-43.

Acoustic flow field perception in cf-bats - a feasibility study

Rolf Müller & Hans-Ulrich Schnitzler

Lehrstuhl Tierphysiologie, Universität Tübingen

In their obstacle rich habitats cf-bats require spatial information subserving collision avoidance. Yet, their predominantly narrow-band signal design appears to be poorly suited for conveying many of the conventional localization cues. A set of alternative cues might be available by monitoring changes in echo parameters over time. Taking into account a lack of apriori knowledge about a target's scattering coefficient, a restricted field of view and a decision basis consisting of small number of echoes, it is conjectured that coordinated obstacle avoidance requires obtaining information equivalent to complete knowledge of target position (Even if this would turn out not to constitute a necessary condition, it would in any case be a sufficient one). Since obstacle avoidance is immanently prone to constitute a multi-target task, information bearing parameters must be accessible in the presence of other signals.

Relationships between reflector location and signal parameters were established; echoes based on these were calculated and passed through a gammatone filter bank, the parameters of which were fitted to physiological data. Additive white gaussian noise was added and then tackled with using a leaky integrator lowpass. Parameter extraction in the presence of multiple targets was attempted by augmenting this processing cascade with lowpass filters designed to work on envelope detected filter outputs.

It was demonstrated that in an idealized setting consisting of a single point scatterer, target location in a plane may be obtained from the proportional changes in echo amplitude (due to time varying values of the various sources of attenuation) and carrier frequency (time varying Doppler). This procedure is plausible in a biological signal processing context and may be endowed with sufficient robustness against additive white gaussian noise. One of the most fundamental of the nonlinearities pertinent to the transform linking the acoustic waveform with the auditory system's primal sketch arises from the process of envelope formation. A time-frequency representation derived from envelope-detected bandpass outputs is susceptible to the occurrence of interference phenomena, for which filter magnitude transfer functions wide enough to integrate energy from more than one of the superimposed signals are sufficient. This hampers the evaluation of derivatives. The properties of envelope formation, however, seem to open a window in amplitude ratios of the interfering components within which separation of components by a modulation filter bank might still be feasible.

Usage of proportional changes in amplitude and carrier frequency is a viable hypothesis for the single reflector case. In presence of more than one signal, occurrence of interference phenomena impose resolution limits. Whether these are permissive of obstacle avoidance remains to be established.

CF-FM Fledermäuse im Transferflug: Wird das akustische Flußfeld genutzt?

Annette Denzinger & Hans-Ulrich Schnitzler

Lehrstuhl Tierphysiologie, Universität Tübingen

CF-FM Fledermäuse fliegen im Transferflug mit hoher Fluggeschwindigkeit zwischen der Vegetation und strukturgebunden entlang von Vegetationskanten ohne anzustoßen. Sie erzeugen fortwährend Ortungslaute mit einer langen konstantfrequenten (CF) Komponente und einem kurzen frequenzmodulierten (FM) Endteil. Nach gängiger Lehrmeinung wird der FM Teil zur Lokalisation von Zielen durch Messung der Echolaufzeit und des Zielwinkels verwendet, während die CF Komponente bisher nur unter dem Aspekt der Flatterdetektion diskutiert wird. Sie könnte jedoch auch Information liefern, die zur Hindernisvermeidung genutzt werden kann. Aufgrund des hohen Tastverhältnisses empfangen die Fledermäuse einen nahezu kontinuierlichen Strom von Echos, deren Amplitude und Frequenz sich entsprechend der Relativbewegung zum reflektierenden Ziel systematisch ändern. Diese Änderungen repräsentieren ein akustisches Flußfeld, das Rauminformation enthält und zumindest für die Lokalisation von Einzelzielen ausreicht (Müller und Schnitzler 1997). Wir haben bei den CF Fledermäusen *Rhinolophus ferrumequinum* (RF) und *Pteronotus parnellii* (PP) untersucht, inwieweit das Echoortungsverhalten im Transferflug und beim Vermeiden von eingebrachten Hindernissen die Flußfeldhypothese stützt. Im ungestörten Transferflug werden Laute mit betontem CF und schwachem FM Teil erzeugt, die sich besonders gut zur Auswertung von Flußfeldinformation eignen (CF dominated mode). In die Flugbahn eingebrachte Hindernisse lösen Ausweichbewegungen und einen Wechsel zu kürzeren Signalen mit geringeren Lautabständen und einem ausgeprägten FM Teil aus, die sich besonders gut für die Lokalisation von Zielen über Laufzeit und Richtung eignen (FM dominated mode). Der Wechsel erfolgt um so früher, je weiter das Hindernis in die Flugbahn ragt. Ungeklärt ist noch die Frage, ob Fledermäuse auch im CF dominated mode Ausweichbewegungen machen. In diesem Fall könnte Flußfeldinformation nicht nur zur Orientierung auf bekannten Transferflugwegen genutzt werden, sondern auch zur gezielten Vermeidung neu auftauchender Hindernisse. Zumindest ist die im CF dominated mode gesammelte Information (Flußfeldinformation?) hinreichend, um CF Fledermäuse vor neu auftauchenden Hindernissen zu warnen.

Zur propriozeptiven Beeinflussung der auditiven Raumwahrnehmung

Jörg Lewald, Hans-Otto Karnath & Walter H. Ehrenstein

Institut für Psychologie, Ruhr-Universität Bochum

Ebenso wie die visuelle erfordert auch die auditive Raumwahrnehmung Informationen über die Position des Kopfes relativ zum Rumpf, z. B. um zielgerichtete Bewegungen auf Schallquellen auszuführen. Ein möglicher Ursprung hierfür sind die propriozeptiven Afferenzen der Muskelspindeln der Halsmuskeln. In der vorliegenden Untersuchung gingen wir von der Hypothese aus, daß eine solche propriozeptive Information zur zentralnervösen Generierung einer körper- oder rumpfzentrierten Repräsentation des auditiven Raumes genutzt wird. Dies führt zu der Frage, ob eine Stimulation der Halsmuskel-Propriozeptoren einen systematischen Einfluß auf die auditive Raumwahrnehmung hat.

Als Reizmethode wurde transkutane Vibration der posterioren Halsmuskeln eingesetzt [1, 2]. Während der Muskelvibration wurden über Kopfhörer Reize mit unterschiedlichen interauralen Intensitätsdifferenzen dargeboten und die Versuchspersonen gaben durch Tastendruck an, ob der intrakranial wahrgenommene Schallreiz links oder rechts der subjektiven Medianebene des Kopfes erschien [3]. Der Blick der Versuchspersonen war bei fixiertem Kopf geradeaus auf eine LED gerichtet; ansonsten fand der Versuch in völliger Dunkelheit statt. Um unspezifische Einflüsse der Vibration (z. B. des dabei auftretenden Störschalls) zu kontrollieren, wurde zusätzlich auch die auditive Lateralisation bei Vibration der linken und rechten Wange bestimmt.

Vibration der posterioren Halsmuskeln bewirkte eine signifikante Verschiebung der auditiven Lateralisation: Bei Vibration auf der linken Seite wurde der Schall links von der subjektiven Medianebene wahrgenommen und bei Vibration auf der rechten Seite rechts davon. Die mittlere Verschiebung relativ zur Kontrollbedingung betrug 1,5 dB.

Die Ergebnisse belegen erstmalig den Einfluß der Halsmuskel-Propriozeption auf die auditive Lateralisation. Sie sind mit einer neuralen Raumkodierung in rumpf- oder körperbezogenen Koordinaten vereinbar, wie sie vermutlich im posterioren Parietalkortex stattfindet [4, 5].

[1] Biguer B, Donaldson IML, Hein A, Jeannerod M (1988) Brain 111: 1405-1424;

[2] Karnath H-O, Sievering D, Fetter M (1994) Exp Brain Res 101: 140-146;

[3] Lewald J, Ehrenstein WH (1996) Exp Brain Res 108: 473-485;

[4] Brotchie PR, Andersen RA, Snyder LH, Goodman SJ (1995) Nature 375: 232-235;

[5] Karnath H-O (1997) Phil Trans R Soc London B352: 1411-1419

Displacement of Subjective Body Orientation in Patients with Neglect, Hemianopia or Both

S. Ferber & H.-O. Karnath

Department of Neurology, University of Tübingen

It is controversial whether a rightward displacement of perceived straight ahead body orientation is an inherent part of neglect (Karnath 1994, Hasselbach & Butter 1997, Perenin 1997). This issue is unclear because perception of straight ahead is influenced by factors other than neglect, in particular visual field defects like hemianopia. The aim of the present study was to disentangle the effects of primary visual field defects and neglect on the perception of 'straight ahead'. We investigated patients with pure neglect, patients suffering from pure hemianopia, and patients with neglect and hemianopia. In complete darkness, patients were asked to direct verbally a red LED - presented at the subjects' individual eye level - to a position which they felt to lie exactly straight ahead of their bodies.

Consistent with previous results, patients with pure neglect displayed an ipsilesional and patients suffering from pure hemianopia a contralesional displacement of subjective egocentric midline localization. In three patients with neglect and hemianopia we found no significant displacement of straight ahead, indicating that neglect and hemianopia interact such that opposing biases neutralize each other.

Hasselbach, M.; Butter, C.M. (1997) Ipsilesional displacement of egocentric midline in neglect patients with, but not in those without, extensive right parietal damage. In: Parietal lobe contributions to orientation in 3D space (eds. P. Thier & H.-O. Karnath) pp.579-595. Heidelberg: Springer.

Karnath, H.-O. (1994) Subjective body orientation in neglect and the interactive contribution of neck muscle proprioception and vestibular stimulation. *Brain* 117:1001-1012.

Perenin, M.-T. (1997) Optic ataxia and unilateral neglect: clinical evidence for dissociable spatial functions in posterior parietal cortex. In: Parietal lobe contributions to orientation in 3D space (eds. P. Thier & H.-O. Karnath) pp.289-308. Heidelberg: Springer.

The Attentional Gradient - a Question of Spatial Restrictions? Neglect in Full Range Exploration

Matthias Niemeier & Hans-Otto Karnath

Department of Neurology, University of Tübingen

Kinsbourne's model of neglect postulates a bias of attentional orienting to the ipsilesional side. This leads to a gradient of activation along the horizontal axis with a hypoattended contralesional side and a hyperattended ipsilesional side. Accordingly, Behrmann et al. (1997) recently found such a gradient in the horizontal distribution of gaze movements of neglect patients while carrying out a letter search task. However, this finding is probably due to the experimental design of the study as visual search was examined only in a small area of about ± 22.5 deg right and left of body's midsagittal plane. The aim of the present study was to study visual exploration of neglect patients in a more natural setting. The subjects were required to search for a single (non-existent) target letter 'A' in a random array of distractor letters (horizontal extension: ± 140 deg) sticking to the inner surface of a sphere that surrounded the subject. The subject's body was fixed but the head could be freely moved. We recorded gaze positions of four patients with right hemispheric lesions and neglect. They were compared with ten control subjects who showed no symptoms of neglect. As in controls, the distribution of gaze positions along the horizontal axis was roughly bell-shaped in neglect patients. However, in contrast to controls, the whole search field was deviated to the ipsilesional side. In conclusion, neglect patients demonstrated no hyperattention of the extreme ipsilesional side by spending most of the time searching there. The present results rather favour the assumption of a deviated egocentric reference system in patients with neglect.

**Postersitzung:
Lernen und Plastizität**

LERNEN 1

Effect of recognition learning on the visual aesthetic response

Ingo Rentschler, Martin Jüttner & Alexander Unzicker

Institut für Medizinische Psychologie, Universität München

The aesthetic sense of humans has been attributed to preferences for image signals whose characteristics best fit innate brain mechanisms of visual recognition. To examine this idea, the effects of form on preferences for unfamiliar gray-level images were determined in a first step. Two independent factors common to the aesthetic response, one of pattern complexity and one of pattern symmetry, were identified. A second step consisted of measuring the effects of recognition learning on the aesthetic response. The complexity factor was found to vary under the influence of learning, whereas the symmetry factor remained invariant. Hence the conclusion that object knowledge, acquired via learning, interacts with innate recognition mechanisms to bring about the human aesthetic response. Furthermore, preference or dislike of pattern complexity could be induced depending on the learning task. Such bipolar changes of affective stimulus evaluation by way of recognition learning are inconsistent with the activation theory of emotion. Instead they support the view that at least more subtle aesthetic emotions rely on the complex visual analysis enacted by neocortical circuitry.

Überwachtes Objektlernen - ein neues Paradigma zur Untersuchung des Einflusses von Vorerfahrung auf mentale Objektrepräsentationen

Erol Osman, Martin Jüttner & Ingo Rentschler

Institut für Medizinische Psychologie, Universität München

Die Diskussion um die Beschaffenheit mentaler Repräsentation räumlicher Objekte bestimmen gegenwärtig vor allem zwei Positionen. Hierbei steht die Annahme einer objektzentrierten dreidimensionalen (3D-) Repräsentation (z.B. Biederman, 1987, Psych. Rev. 94, 115-147) dem Modell einer beobachterzentrierten Repräsentation in Form multipler zweidimensionaler (2D-) Ansichten (z.B. Bühlhoff & Edelman, 1992, Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 89, 60-64) gegenüber. Eine experimentelle Differenzierung dieser beiden Standpunkte verlangt eine Berücksichtigung der Art und des Grades an Vertrautheit der Versuchspersonen mit den Sehobjekten, da davon einerseits die Möglichkeit zur Bildung einer vollständig objektzentrierten Repräsentation, andererseits die Zahl der zur Verfügung stehenden 2D-Ansichten abhängt. Zur experimentellen Untersuchung dieser Frage haben wir das Paradigma des überwachten Lernens und Generalisierens, von uns ursprünglich zum Studium menschlicher Klassifikationsleistungen von 2D-Bildreizen entworfen (z.B. Rentschler, Jüttner & Caelli, 1994, Vision Res., 34, 669-687), zur Analyse solcher Leistungen im Falle räumlicher Objekte weiterentwickelt. Versuchspersonen lernen hierbei, eine Anzahl vorgegebener Objekte (z. Zt. aus multiplen Kugelsegmenten bestehende "Molekülmodelle") anhand von 2D-Ansichten aus verschiedenen Blickwinkeln zu identifizieren. Die Lernprozedur besteht aus einer Folge alternierender Trainings- und Testphasen, wobei in ersteren die Ansichten in Verbindung mit den Objektbezeichnungen dargeboten werden, während in letzteren die Probanden ihrerseits die Objektzugehörigkeit anzugeben haben. Nach Erreichen des Lernkriteriums wird die Fähigkeit zum räumlichen Generalisieren durch einen Test mit neuen Ansichten der zuvor gelernten Objekte bestimmt. Die hier erzielte Generalisierungsleistung erlaubt Rückschlüsse auf die Dimensionalität der beim Lernen erworbenen mentalen Objektrepräsentation. Erste Vorversuche erweisen, daß dieses Paradigma einen universellen experimentellen Rahmen darstellt, um die Spezifität der senso-motorischen Vorerfahrung über die Randbedingungen der Objektdarbietung (visuell 2D vs. visuell 3D vs. visuohaptisch) in den Trainingsphasen zu kontrollieren. Ferner ist es möglich, durch Variation der Objektanzahl und der Aufgabenstellung (Diskrimination vs. Klassifikation vs. Identifikation) Aspekte der Kontext- und Aufgabenabhängigkeit bei der Ontogenese mentaler Objektrepräsentationen voneinander zu separieren.

Perceptual Learning is Extremely Orientation Specific

Manfred Fahle

Section Visual Science, University Eye Clinic, Tübingen

We tested how orientation specific the improvement through training is in vernier discrimination tasks. Knowledge of this orientation specificity should constrain the possible locations, in the visual system, of the underlying neuronal changes.

Forty observers, divided in five groups, trained vernier discriminations in a binary forced choice task. Stimuli were presented on an analog monitor (Tektronix 608) controlled by a Macintosh computer via fast 16 bit D/A converters (at a rate of more than a megapixel per second). The observers trained to discriminate between offsets to the right versus offsets to the left for one hour. Training led to a mean improvement of performance by almost 50% percent of the initial level. Subsequently, orientation of the stimulus was changed by 90, 45, 20, 10 or 4 deg. respectively, for the five groups of observers.

Improvement attained by training did not transfer between stimulus orientations for the groups whose stimulus changed orientation by 10 deg or more; their performance dropped to initial baseline after the rotation and observers had to relearn the task with the new stimulus orientation. Hence, perceptual learning is very specific for stimulus orientation. The orientation specificity found in perceptual learning is clearly higher than the one revealed by single cell recordings in area V1 of cats and monkeys or by adaptation or masking studies in humans.

The changes in the visual system underlying perceptual learning cannot occur predominantly on the level of the early orientation-sensitive filters since these filters have far wider tuning curves for orientation. The best possible explanation, therefore, is based on top-down signals modifying all visual inputs in a task-dependent way.

Modelle und Probleme des perzeptuellen Lernens

Michael H. Herzog & Manfred Fahle

Sektion Visuelle Sensorik, Universitäts-Augenklinik Tübingen

Die meisten Versuchspersonen zeigen deutliche Erfolge beim Trainieren von perzeptuellen Lernaufgaben wie z.B. der Noniusunterscheidung. Diese Verbesserung kann nicht auf eine Einstellung von Entscheidungskriterien allein zurückgeführt werden. Deswegen müssen 'echte' Lernprozesse für die Leistungssteigerungen der Probanden verantwortlich sein. Verschiedenste mathematische Modelle, meistens neuronale Netzwerke, versuchen, diese Lernphänomene zu beschreiben.

Wir führten mehrere psychophysische Experimente durch, um Vorhersagen dieser Modelle zu testen. In den Versuchen mußten die Beobachter zwischen rechts- bzw. linksversetzten Nonien unterscheiden, die auf Analogmonitoren vom Typ Tektronix 608 über schnelle 16 bit D/A-Wandler unter verschiedenen Bedingungen dargeboten wurden. Dabei wurden beispielsweise Feedback- und Aufmerksamkeitsbedingungen variiert. Wir präsentieren die Ergebnisse von sieben Experimenten, die zeigen, daß 1. Aufmerksamkeit im Sinne einer Reizselektion eine Rolle spielt, 2. Feedback wichtig ist, aber sein Einfluß nicht mit den Vorhersagen von Modellen des überwachten Lernens übereinstimmt, 3. interne Kriterien im Lernprozeß involviert sind, die katastrophale Fehlklassifikationen verhindern, und 4. der Lernprozeß nicht in einem stetigen Anpassungsprozeß von 'synaptischen' Gewichten besteht.

Die Ergebnisse unserer Versuche zeigen deutlich, daß die existierenden mathematischen Modelle des Lernens nicht in der Lage sind, perzeptuelles Lernen zu beschreiben. Die fehlende Übereinstimmung von Theorie und Experimenten ist in der Architektur der Modelle selbst begründet. Das Hauptproblem dieser Modelle besteht darin, daß Lernen als ausschließlich reizinduziert betrachtet wird und deshalb auch keine "top-down" Komponenten, die für perzeptuelles Lernen unerlässlich sind, integriert sind. Ein anderer wesentlicher Aspekt ist, daß wesentliche biologische Parameter wie z.B. die hohe Anzahl der synaptischen Verbindungen im Neocortex nicht beachtet wird.

Perzeptuelles Lernen mit nicht gleichverteilter Reizquelle

Astrid Broos, Michael H. Herzog & Manfred Fahle

Sektion Visuelle Sensorik, Universitäts-Augenklinik, Tübingen

Sowohl neuronale Netzwerkmodelle als auch Signalentdeckungstheorie sagen voraus, daß Lern- und Entscheidungsprozesse eine Abhängigkeit bezüglich der Darbietungswahrscheinlichkeit der einzelnen Reize aufweisen. In manchen Modellen des unüberwachten Lernens kann z.B. ein Lernerfolg verhindert werden, wenn in einer modifizierten 2AFC Aufgabe mit zwei Reizen diese Reize nicht mit derselben Wahrscheinlichkeit präsentiert werden. In den Versuchen mußten die Beobachter zwischen rechts- und linksversetzten Nonien unterscheiden, die auf Analogmonitoren vom Typ Tektronix 608 über schnelle 16 bit D/A-Wandler erzeugt wurden. Die Darbietungswahrscheinlichkeit konnte für jeden Reiz individuell eingestellt werden.

Wir zeigen, daß keine Leistungsverbesserung auftritt, wenn die Reize mit unterschiedlichen Wahrscheinlichkeiten dargeboten werden und keine Rückmeldung über die Korrektheit der Antworten erfolgt. In Versuchen mit Feedback dagegen verschieben die Beobachter ihre Entscheidungskriterien und verbessern sich dadurch signifikant. Allerdings läßt sich nicht sagen, ob neben der Anpassung von Entscheidungskriterien auch 'echte' Lernprozesse stattfinden. Um diese Frage zu beantworten, wurden Nonien dichoptisch präsentiert. Einem Auge wurden häufiger Nonien einer Versetzungsrichtung und dem anderen Auge Nonien der entgegengesetzten Versetzungsrichtung dargeboten. Das Experiment ist so konzipiert, daß nach der binokularen Fusion beide Reize mit derselben Wahrscheinlichkeit auftreten. Unter diesen Bedingungen tritt ein deutlicher Lernerfolg auf. Da beide Reize nach der Fusion gleich häufig sind, kann diese Leistungsverbesserung nicht durch eine Verschiebung von Entscheidungskriterien erklärt werden. 'Echte' Lernprozesse haben stattgefunden, deren monokularer Anteil nicht empfindlich bezüglich der (ungleichen) Wahrscheinlichkeitsverteilung der Reize ist. Folgen gehäufte Darbietungen jeweils eines der Reize aufeinander, tritt überraschenderweise kein Lernerfolg auf--- trotz der Darbietung von Feedback. Speziell dieses Ergebnis zeigt noch einmal die starke Empfindlichkeit von Entscheidungsprozessen bezüglich der Darbietungswahrscheinlichkeit der Reize.

Störelemente und perzeptuelles Lernen

Anne Holland-Moritz, Michael H. Herzog & Manfred Fahle

Sektion Visuelle Sensorik, Universitäts-Augenklinik, Tübingen

Beim Lernen komplexer Reize sind nur manche der Reizelemente für eine Leistungsverbesserung wesentlich. Andere Teile der Reize können dagegen störend wirken. Wie werden Ziel- und Störelemente im Lernprozeß verarbeitet? Während der Versuche mußten die Beobachter zwischen rechts- und linksversetzten Nonien unterscheiden, die auf Analogmonitoren vom Typ Tektronix 608 mit Hilfe schneller 16 bit D/A-Wandler erzeugt wurden. Zusätzlich zu den Nonien wurden flankierende Balken in unmittelbarer Nachbarschaft zu den Nonien präsentiert. Dies bewirkt eine deutliche Verschlechterung der Schwellenwerte.

Wir zeigen, daß während der Trainingsphase eine Leistungsverbesserung bezüglich der Noniusdiskrimination nur in bestimmten Reizkonfigurationen auftritt. Dagegen findet eine Reduktion des Einflusses der Störelemente in allen unseren Versuchen statt. Perzeptuelles Lernen ist meist sehr spezifisch bezüglich vieler Eigenschaften der Zielelemente. Dagegen ist die Verminderung des Einflusses der Störelemente wesentlich unspezifischer. Eine Leistungsverbesserung bezüglich eines Typs von Störelementen zieht ebenfalls eine Leistungsverbesserung bezüglich anderer (nicht während der Lernphase präsentierter) Störelemente nach sich-- solange beide Typen von Störelementen ungefähr an demselben Ort dargeboten werden. Die Verarbeitung von Ziel- und Störelementen ist daher im Lernprozeß verschieden. Wir zeigen weiter, daß es nicht möglich ist, Störelemente vollständig zu ignorieren. Selbst nach einigen 10 000 Darbietungen sind die Schwellenwerte für maskierte Reize deutlich höher als für unmaskierte Testbilder. Die Ergebnisse unserer Experimente zeigen, daß eine Vorselektion von Merkmalen der Testbilder beim Lernen komplexer Reize stattfindet, die nicht mit den herkömmlichen neuronalen Netzwerkmodellen erklärt werden kann. Der Hauptgrund dafür ist, daß es in diesen Modellen nicht möglich ist, Ziel- und Störelemente explizit zu trennen, da diese gleichartig behandelt werden. Das perzeptuelle Lernen von Menschen scheint dagegen durch die unterschiedliche Behandlung von Lern- und Störelementen eine explizite Trennung dieser beiden Elementtypen vornehmen zu können.

Training of two-dimensional spatio-temporal interpolation improves performance for interpolation in depth

Emanuela De Luca & Manfred Fahle

Sektion Visuelle Sensorik, Universitäts-Augenklinik Tübingen

Learning of spatio-temporal interpolation in depth and its relation to spatio-temporal interpolation in two-dimensions was investigated. We measured the precision of this ability by means of an interpolative vernier discrimination task. In this stimulus the two segments of the vernier are not presented simultaneously, but one is delayed at each station of a linear trajectory of apparent motion. Under these conditions the visual system interprets the temporal delay as a horizontal spatial offset. In the monocular two-dimensional learning condition, the stimulus consisted of an horizontally moving interpolative vernier. In the binocular experiments with stimuli moving subjectively in depth, two vertical interpolative verniers, moving in opposite directions, were presented one to each eye (dichoptically) on analog monitors. The resulting impression was of a vernier, offset in depth, and moving either away from or towards the observer. Observers were asked: in the monocular two-dimensional condition to distinguish whether the lower segment was offset to the right or to the left relative to the upper segment; in the binocular condition to distinguish whether the lower segment was nearer or farther away than the upper segment.

Thresholds for interpolation in depth of a first group of twelve observers were measured during a training phase of 5 hours. Performance improved significantly over time. Another group of nine observers, after assessment of their base-line thresholds for interpolation in depth, were trained monocularly in two-dimensional interpolation with about 2,000 stimulus presentations for each eye. Thereafter, thresholds were retested for binocular interpolative verniers, moving in depth. As a result of monocular training, thresholds for binocular interpolation in depth had improved significantly in six observers and in the rest of the observers performance improved also significantly faster over time than in the first group.

The improvement of performance is evidence for a partially common neuronal substrate mediating interpolation in two-dimensions and in depth compatible with the assumption that spatio-temporal interpolation occurs at a stage preceding stereoscopic vision.

Neural Plasticity in Pattern Detection?

U. Mortensen & G. Meinhardt

FB Psychologie, Institut III, Universität Münster

There is evidence that the visual system is not a hard-wired system but shows, under certain conditions, neural plasticity (e.g. Fahle et al (1993), Beard et al. (1995), Herzog et al. (1997)), Poggio et al. (1991). We (Mortensen et al (1994)) found in various experiments support for the notion of detection by matched filters (Hauske et al., 1976) if the stimulus patterns were small. It can be shown that under suitable training conditions Hebb's rule implies that the neuron turns into a matched filter for the stimulus aspect covering the receptive field of the neuron (Oja (1982), Nachtigall (1991)), Mortensen et al (1996)); however, this does not yet imply the development of a matched filter for the complete stimulus pattern.

We present data from learning experiments aiming at a test of this hypothesis. In Type-I-experiments a pattern (e.g. a Gabor-patch, or a truncated rad. symm. Besselfunction of zero order) is repeatedly presented under threshold conditions. The decrease of threshold contrast with number of presentations may be interpreted in terms of learning. Following the training sessions, a test of the matched filter hypothesis was performed employing a superposition (Hauske type) experiment. In Type-II-experiments the subject had to indicate which stimulus (from a set of 4) had been presented. Again the patterns were presented under threshold conditions. There were 20 sessions during which subjects improved their identification performance. Apart from the learning curves the results from a Correspondence Analysis (Greenacre 1984) of the confusion matrices allow to represent the learning process by trajectories of the stimuli in a (latent) perceptual space whose dimensions appear to correspond to the relevant stimulus aspects with respect to which the patterns differ (spat. freq. parameter plus a dimension possibly reflecting cognitive aspects). Finally, a Hauske-type experiment was performed to test specifically the matched filter hypothesis.

The data do not allow to unambiguously accept the hypothesis that a matched filter develops for a complete pattern; they may, however, be interpreted in terms of cell assemblies with individual neurons having adapted to the stimuli in a Hebbian way.

Perzeptives Lernen bei der Erkennung eingebetteter Figuren

Ira Ludwig

FB 06 Psychologie, Justus-Liebig-Universität Gießen

Unter perzeptivem Lernen wird die Verbesserung von Wahrnehmungsleistungen durch Training oder kontrollierte Übung verstanden. Solche übungsabhängigen Verbesserungen wurden für vielfältige perzeptive Anforderungen nachgewiesen, z. B. bei der Messung verschiedener Wahrnehmungsschwellen, der Ausführung von Unterscheidungs- und Vergleichsaufgaben, der Textursegmentierung und der visuellen Suche.

In einer Reihe von Experimenten zur Teil-Ganzes-Wahrnehmung untersuchten wir den Effekt der Übung auch für die von Gottschaldt (1926) entwickelte Aufgabe des Erkennens eingebetteter Figuren.

Als Stimulusmaterial wurden 170 Paare aus einer Ganz- und einer Teilfigur verwendet. Bei der Hälfte davon, den sogenannten positiven Items, war die Teilfigur tatsächlich in der Ganzfigur (in identischer Form, Größe und Lage) enthalten, bei der anderen Hälfte, den negativen Items, dagegen nicht. Die Figuren wurden auf einem Computer-Monitor dargeboten. Aufgabe der Probanden war es zu entscheiden, ob die Ganzfigur die simultan dargebotene Teilfigur enthält oder nicht, und entsprechend eine von zwei Reaktionstasten zu drücken.

Der Gesamtversuch bestand aus drei Sitzungen bzw. Durchgängen, in denen jeweils diese 170 Items dargeboten wurden. Dabei wurden die Reaktionszeiten für die Beantwortung jedes Items und die Anzahl der Fehler erfaßt.

In den Resultaten zeigte sich eine statistisch bedeutsame Wirkung der Übung auf die Leistung der Probanden: Der mittlere Zeitaufwand für die Lösung der Aufgaben nahm über die drei Sitzungen ab. Diese Erhöhung der Lösungsgeschwindigkeit betraf sowohl positive als auch negative Items und ging nicht zu Lasten der Genauigkeit, da sich auch die Zahl der Fehler verminderte. Dennoch änderte sich, wie ein Vergleich zwischen den Werten der einzelnen Items in den drei Durchgängen zeigte, die relative Schwierigkeit der Items bezogen auf die Gesamtmenge verwendeter Figurpaare kaum.

Die Befunde werden unter Bezugnahme auf die Resultate zum Übungseffekt bei anderen Wahrnehmungsaufgaben diskutiert.

Transiente Reorganisation des visuellen Cortex des Menschen nach traumatischen bzw. ischaemischen Hirnläsionen

M. Rausch, W. Widdig, M. Jüptner & M. Tegenthoff

Medizinische Fakultät, Abt. Neurophysiologie, Ruhr-Universität Bochum

Die Schädigung des zentralen Nervensystems im Bereich des Sehrinde führt beim Menschen zu einer Verminderung oder dem vollständigen Ausfall der bewußten Wahrnehmung bestimmter visueller Modalitäten. Aus klinischen Beobachtungen ist bekannt, daß es sowohl nach transienter als auch nach permanenter Schädigung des Sehsystems zu einer funktionellen Erholung kommen kann. Unklar ist jedoch, welche kortikalen Strukturen diesen Reorganisationsprozeß beeinflussen.

An zwei Patienten mit einem rudimentären Restvisus (WA: Mikroembolien im bds. Occipitallappen, GM: bds. occipitale Contusio cerebri) wurde die Hirnaktivierung durch VEP mit Hilfe der funktionellen Kernspintomographie (fMRI) und H215O-PET zu verschiedenen Zeitpunkten nach dem Schädigungsereignis dargestellt. Langfristig wurde eine repetitive neuropsychologisch geleitete visuelle Stimulationstherapie durchgeführt (Tegenthoff et. al. 1997).

Die Aktivierungsstudien zeigten, daß es im Akutstadium der Schädigung des primären visuellen Cortex zu einer transienten Aktivierbarkeit von extrastriären Strukturen (DLPFC, Insula, Nucleus Caudatus, FEF, SFG) durch einfache visuelle Reize (Flicker, Schachbrett-Umkehr) kam, die im Laufe der Therapie verschwand. Gleichzeitig war die Aktivierung von V1 im Akutstadium gegenüber Normalpersonen deutlich reduziert, erholte sich aber im Laufe von 12 Monaten parallel zur klinischen Verbesserung des Gesichtsfeldes (Patient GM).

Diese Ergebnisse implizieren, daß es nach einer Schädigung des primären visuellen Cortex sehr schnell zu einer Reorganisation visueller und multimodaler Areale des Cortex kommt, die vom Ausmaß der Schädigung bzw. dem Ausfall visueller Wahrnehmungsqualitäten abhängt. Unklar ist jedoch ob diese Reorganisation bedeutsam für die funktionelle Erholung des Sehsystems ist (rehabilitationsfördernder Effekt) oder lediglich eine transiente Kompensation verlorengegangenen Sehvermögens durch Einbindung intakter extrastriärer Strukturen des kortikalen Netzwerks in die Verarbeitung visueller Informationen darstellt.

Tegenthoff, M., Widdig, W., Rommel, O., Malin, J.-P.: Visuelle Stimulationstherapie in der Rehabilitation der posttraumatischen kortikalen Blindheit. *Neurol Rehabil* 1998; (im Druck)

Diskriminationslernen und kontextabhängiges Wahlverhalten bei Hühnerküken

M. Griesemer, P. Hauf, M. Szczepanski & V. Sarris

Institut für Psychologie, Johann Wolfgang Goethe - Universität, Frankfurt am Main.

Durchgeführt wurden psychophysische Untersuchungen zum Nachweis kontextabhängigen Wahlverhaltens bei Hühnerküken ($n=58$) mithilfe der Reizdimensionen „Größe“ und „Farbe“.

Beginnend am ersten Lebenstag, lernten die Küken in einem Reizdiskriminations-Training zunächst, zwischen einem verstärkten und einem nicht verstärkten Farb- bzw. Größenreiz zu unterscheiden (Trainingsphase). Nach wiederholtem Erreichen des Lernkriteriums von zumindest 70% korrekten Wahlreaktionen gelangten die Tiere dann in die Testphase. Dabei wurden den Tieren jeweils Testreiz-Paare aus verschiedenen Kontextserien dargeboten: Die Testreize dieser Kontextserien waren entweder asymmetrisch (Kontextbedingungen C1, C2) oder symmetrisch (Kontrollbedingung C0) um die beiden Trainingsreize gruppiert. Es konnten systematische Urteilsverschiebungen in Abhängigkeit von den Kontextbedingungen in den ersten beiden Lebenswochen nachgewiesen werden. Neben Leistungsunterschieden zwischen der Farb- und der Größendiskrimination zeigten sich in der Trainingsphase auch innerhalb einer Reizdimension auffallend große interindividuelle Unterschiede.

Task Difficulty and the Specificity of Visual Learning in the Barn Owl (*Tyto alba*)

Robert F. van der Willigen

Institut für Biologie II, RWTH Aachen

Quantitative behavioral studies of visual capabilities in the barn owl are practically non-existent. I examined whether barn owls can be trained to discriminate computer generated images. This question was investigated by (A) providing an operant technique to prepare owls to be visually tested and (B) using two discrimination paradigms: (I) visual search and (II) "Figure-ground" segregation.

All pre-conditioned birds (N=4) successfully learned to compare each presented computer image to their memory of a standard image. The animals indicated their decision by pushing either a left side (standard stimulus indication) or right side (non-standard stimulus indication) response bar.

The rapidness of acquisition varied strongly between different individuals and depended heavily on the paradigm used. Owls show a predisposition for learning spatial location since it turned out that spatial location is a much more salient cue to induce visually guided learning than differences in the "figure-ground" organization of the stimuli used. Notwithstanding this, a high degree of stimulus control was obtained in all birds with paradigm II as well.

The two paradigms provided complementary information about visual learning: paradigm I requires coding of spatial location of a stimulus, whereas paradigm II requires identification of a stimulus. This distinction in discrimination tasks is relevant for visual learning because accumulating neuropsychological and electrophysiological evidence suggests that the neural substrates of visual perception may be quite distinct from those underlying the visual control of actions ("what" versus "where"). According to data derived from mammals, the geniculostriate pathway is involved in the object recognition, whereas identification which involves orienting reactions toward objects is connected to the colliculothalamocortical pathway. In birds these pathways are designed as the thalamofugal and tectofugal pathway, respectively. Moreover, it is thought that birds with frontal eyes and large binocular overlap, such as owls, have a strongly developed thalamofugal system ("what system"), whereas species with lateral eyes and mostly monocular fields of vision have a strongly developed tectofugal system ("where system"). If this assumption is correct, task difficulty and/or specificity should give a behavioral measure for the contribution of both the "what" and "where" system to the total of visual processing that takes place.

In conclusion, owls can be trained to discriminate computer generated images and the specificity of learning with respect to spatial location suggests a dominant role of the tectofugal pathway during visual guided learning.

**Postersitzung:
Objekterkennung**

Evidence for the Encoding of Complex Object Features in Monkey Inferior Temporal Cortex

Jon Pauls & Nikos Logothetis

Max-Planck-Institut for Biological Cybernetics, Tübingen

The inferior temporal cortex (IT) of the monkey has long been known to play an essential role in visual object recognition. The present study examines the role of IT neurons in combined psychophysical and electrophysiological experiments, in which monkeys learned to classify and recognize computer generated three-dimensional objects.

The monkeys recognized as the target only those 2-D views that were close to the familiar, training view (Logothetis et al., *Current Biology*, 1994). Recognition became increasingly difficult for them as the stimulus was rotated away from the experienced viewpoint, and they failed to recognize views farther than about ± 40 deg from the training view. When the animals were trained with as few as three views of an object, 120 deg apart, they could often recognize all views resulting from rotations around the same axis. Such performance suggests that view-invariant recognition of familiar objects by both humans and nonhuman primates involves perceptual learning and may be accomplished by a viewer-centered system that interpolates between only a small number of stored views.

A population of IT neurons was found that responded selectively to views of recently learned objects (Logothetis et al., *Current Biology*, 1995). The cells discharged maximally for one object-view, and their response fell off gradually as the object was rotated away from the neuron's preferred view. A systematic analysis of the response of these neurons to various parts of the view revealed that most cells were responding to a complex configuration within the view. The response of some other cells to object parts was highly non-linear indicating more configurational or "holistic" selectivity. No selective responses were ever encountered for views that the animal systematically failed to recognize. For a number of objects that were used extensively during the training of the animals, and for which behavioral performance was view-independent, multiple cells were found that were tuned around different views of the same object. A very small number of neurons were selective for all views of one particular object.

Our experiments show that recognition of three-dimensional novel objects is a function of the object's retinal projection. This finding supports the notion of viewer-centered object representations for the purpose of recognition. Our results are similar to those obtained under similar circumstances in humans (Rock et al., *JEP: Gen.*, 1981; Bühlhoff & Edelman, *PNAS*, 1992). Our results suggest that IT neurons can develop a complex receptive field organization as a consequence of extensive training in the discrimination and recognition of objects. None of these objects had any prior meaning for the animal, nor did they resemble anything familiar in the monkey's environment. These findings support the idea that a population of neurons -- each tuned to a different object aspect, showing a certain degree of invariance to image transformations, and selective for complex object features -- may, as an assembly, encode at least some types of complex 3-D objects for which structural decomposition is not possible or meaningful.

OBJEKTE 2

Object selective attention prevents shift-invariance of visual recognition

Martin Jüttner & Ingo Rentschler

Institut für Medizinische Psychologie, Universität München

Shift- or position invariance, a highly desirable goal of machine vision, has been questioned as a primary mechanism of human vision (see e.g., Nazir, T. & O'Regan, 1990, *Spatial Vis.* 5, 1-19). Our work on foveal and extrafoveal learning of pattern classification suggested the existence of essential top-down effects on shift-variance of human visual recognition (Jüttner, M. & Rentschler, I., 1996, *Vision Res.* 36, 1007-1022).

To reveal the nature of these top-down effects, we studied how observers acquire via supervised learning the ability of pattern classification in two different psychophysical tasks. These tasks were identical with respect to physical stimulus conditions. However, they differed in task complexity which in one case was a 3-class classification (complex pattern context) requiring object selection via working memory, and a 2-class discrimination (simple pattern context) in the other. We found complete shift-invariance of visual recognition for simple pattern context and a complete lack of shift-invariance for complex pattern context.

A physiological interpretation of our results may be possible in terms of mechanisms of working memory in monkey inferotemporal (IT) and prefrontal (PF) cortex. It raises the possibility that PF mechanisms of working memory are available for visual object recognition if and only if objects are exposed at the locus of fixation.

OBJEKTE 3

Untersuchung von mentaler Rotation und blickwinkelunabhängiger Wiedererkennung bei 3D-Objekten

Volker Thoma & Alf Zimmer

Institut für Psychologie, Universität Regensburg

Diese Studie beschäftigt sich mit der Frage, in welcher Form dreidimensionale Objekte im Gehirn gespeichert sind, wenn sie von verschiedenen Blickwinkeln aus gesehen werden. Eine Gruppe von Theorien (z.B. Tarr & Pinker, 1989) geht von beobachterzentrierten Repräsentationen aus, d.h. Objekte werden in einigen typischen Ansichten mental abgebildet, die Wiedererkennung ist abhängig vom jeweiligen Blickwinkel des Beobachters. Andere Theorien (z.B. die Geon-Theorie von Biederman & Gerhardstein, 1993), vermuten objektzentrierte Repräsentationen. Danach zerlegt das visuelle System des Menschen gesehen Objekte in Einzelteile (z.B. "geons"), die unabhängig vom betrachteten Blickwinkel wiedererkannt werden. In zwei Experimenten verglichen Versuchspersonen Bilder von Paaren abstrakter, dreidimensionaler Objekte, die nach den von Biederman und Gerhardstein (1993) aufgestellten Bedingungen gestaltet wurden, um eine blickwinkelunabhängige Wiedererkennung zu ermöglichen. Reaktionszeiten und Fehleraten dienen als Indikatoren für die Art der verwendeten Repräsentationen bei parallelem und sequentielltem Vergleich. Entgegen den Vorhersagen von Biederman und Gerhardstein zeigten sich Effekte, die mentale Rotation bei expliziter Wiedererkennung anzeigen. Jedoch blieben diese Effekte konstant, es gab keine Automatisierung, die auf kanonische 2D Repräsentationen schließen lassen. Außerdem bewirkte das tachistoskopische Darbieten von Objekten in unbekanntem Blickwinkeln verbesserte Leistungen in einem nachfolgendem "matching" Paradigma. Schließlich zeigte sich, daß Objekte mit einer Symmetrieachse deutlich besser wiedererkannt wurden als unsymmetrische Objekte, obwohl es auch im ersten Fall keine "symmetrischen" 2D-Abbildungen gab. Diese Beobachtungen sprechen für Theorien, die ein Zusammenwirken von objektzentrierten und beobachterzentrierten Repräsentationen bei der Wiedererkennung von Objekten beschreiben (z.B. Corballis, 1988; Jolicouer, 1992; Tarr & Bühlhoff, 1995).

OBJEKTE 4

Besseres Erkennen auch ohne Wiedererkennung

R. Popp & A. Zimmer

Lehrstuhl für Psychologie II, Universität Regensburg

In dieser neuropsychologischen Studie untersuchten wir erhalten gebliebene visuelle Lernkapazitäten und implizite Gedächtnisfunktionen bei neurologischen Patienten mit massiven Lern- und Merkfähigkeitsstörungen (anterograde Amnesie). Zentrale Fragestellung war, ob jene Patienten in der Lage sind, unterschiedliches Bildmaterial, das nur einmal dargeboten wurde, nach 7 Tagen schneller und korrekter zu identifizieren, selbst wenn sie sich an diese Bilder nicht mehr erinnern können. In drei Experimenten verwendeten wir als Testmaterial Stimuli, bei denen die sonst automatische Objekterkennung erheblich erschwert ist. Unterschiede in der Geschwindigkeit und Genauigkeit beim Erkennen von zuvor präsentierten Items dienten als direktes Maß für implizite Lerneffekte. Die explizite Gedächtnisleistung wurde in einem Wiedererkennungstest ermittelt.

Im ersten Experiment mit fragmentierten Bildern, die eine perzeptuelle Organisation der Einzelteile zu einem sinnvollen Ganzen erfordern (Closure), konnte die erwartete kombinierte Wirkung von bildspezifischem Objekt-Priming und allgemeinen perzeptuellen Lernprozessen gezeigt werden: Die Patienten und Kontrollpersonen identifizierten bereits präsentierte Bilder am besten und schnellsten, wobei bei neuen Bildern des Testdurchgangs ebenfalls eine Verbesserung zur Ausgangsleistung im Lerndurchgang zu erkennen war. Hingegen war das explizite Erinnerungsvermögen an bekannte Bilder bei den amnestischen Patienten erheblich eingeschränkt. Im zweiten Experiment mußte die alternative Bedeutung von doppeldeutigen Vexierbildern, die eine konzeptionelle Umkehr der Wahrnehmung verlangen, möglichst schnell erkannt werden. Bei dieser Identifikationsaufgabe zeigten die amnestischen Patienten nach einer Woche substantielle Leistungsverbesserungen für alte und neue Items, obwohl sie sich an bekannte Bilder kaum erinnern konnten. Die beobachteten impliziten Erleichterungseffekte spiegeln allgemeine perzeptuelle Lernprozesse wider. Im dritten Experiment galt es, sehr abstrakte und schematisierte Zeichnungen (Drudels) zu identifizieren. Bei diesem Bildtyp spielt die konzeptuelle Verarbeitung der sensorischen Daten eine große Rolle, da deren Erkennen stark von Erfahrung und Wissen geleitet wird. Nach 7 Tagen zeigten die amnestischen Patienten bildspezifisches Objekt-Priming: Bereits gesehene Bilder konnten deutlich schneller erkannt werden als die unbekanntes Bilder des Lern- oder Testdurchgangs - trotz erheblicher Einbußen in der Wiedererkennungsleistung.

Die Ergebnisse der drei Experimente bestätigen Befunde zu länger dauernden impliziten Lerneffekten bei amnestischen Patienten mit visuellem Material. Die festgestellte Dissoziation zwischen impliziter und expliziter Gedächtnisleistung unterstützt bisherige Annahmen, daß diese auf separaten Gehirnsystemen beruhen. Vor allem die Ergebnisse des dritten Experiments deuten darauf hin, daß visuelles Objekt-Priming nicht ausschließlich auf perzeptuellen „bottom-up“ Mechanismen einer frühen Stufe der sensorischen Verarbeitung beruht, sondern auch konzeptuelle, „top-down“ Verarbeitungsprozesse beim impliziten Gedächtnis beteiligt sein können. Insgesamt sind diese Ergebnisse vielversprechend für den Einsatz von visuellen Hilfsmitteln - wie z.B. von Piktogrammen - in der klinischen Rehabilitation von Gedächtnisstörungen.

Evaluation eines gesichtsspezifischen Ähnlichkeitsmaßes

A.I. Ruppertsberg, T. Vetter & H.H. Bülthoff

Max-Planck-Institut für biologische Kybernetik, Tübingen

Welche Bereiche eines Gesichtes berücksichtigen wir besonders, wenn wir die Ähnlichkeit von Gesichtern vergleichen? Vetter und Troje (JOSA A, 14, 2152-2161) haben ein korrespondenz-basiertes Gesichtskodierungssystem eingeführt, bei dem die Bildinformation in Texturinformation und in Forminformation unterteilt wird. Mit Hilfe einer Hauptachsentransformation auf der separaten Textur und Form kann eine Basis gefunden werden, in der jedes andere Gesicht darstellbar ist. Um dieses Kodierungssystem derart zu verbessern, daß es der menschlichen Ähnlichkeitswahrnehmung entspricht, haben wir eine spezifische Gewichtung des Formraumes eingeführt. Des Weiteren haben wir die Schwelle des gerade noch erkennbaren Unterschieds (JND) zwischen Rekonstruktion und Original bestimmt. In Versuch 1 wurden drei verschiedene Gewichtungen des Formraumes vorgenommen. Gewichtung 1 berücksichtigte jeden Bildpunkt im Gesicht, Gewichtung 2 berücksichtigte die Augen, die Nase, den Mund und die Gesichtskontur und Gewichtung 3 dieselben Gebiete wie Gewichtung 2 bis auf die Gesichtskontur. Den Versuchspersonen wurden drei Gesichter gleichzeitig präsentiert. Das obere Gesicht war das Originalgesicht, das Bild links und rechts unten waren Rekonstruktionen des oberen Bildes. Die Versuchspersonen mußten angeben, welches der beiden unteren Bilder dem oberen ähnlicher war. In einem Viertel der Durchgänge war eines der beiden unteren Bilder das Original. Wir wollten sicherstellen, daß die Versuchspersonen das Original noch immer sicher herausfinden konnten. Die Antwort und die Reaktionszeit wurden aufgezeichnet. In Versuch 2 wurden Regionen der Gewichtung 2 blockweise getestet. Dazu wurde auf jeder Region eine Hauptachsentransformation gerechnet und danach jede Region mit zunehmender Anzahl an Hauptachsen rekonstruiert. In einem ähnlichen Versuchsparadigma wie oben beschrieben mußten die Versuchspersonen angeben, in welchem der beiden unteren Bilder die Originalgesichtsregion gezeigt war. Die Fehlerrate und Reaktionszeit wurden aufgezeichnet. In Versuch 1 haben die Versuchspersonen in über 20% der Fälle Rekonstruktionen für das Original gehalten. Die mittlere Reaktionszeit lag bei 2,8s. Ansonsten bevorzugten sie Rekonstruktionen mit Gewichtung 2. Die Versuchspersonen konnten zwischen Rekonstruktionen mit Gewichtung 1 und 2, 2 und 3 unterscheiden, aber nicht zwischen 1 und 3. Hier lag die mittlere Reaktionszeit bei 3,5s. Es bestand keine Abhängigkeit zwischen der Gewichtung und der Reaktionszeit. In Versuch 2 lag der Anteil korrekter Antworten nie unter 75%. Die Leistung variierte am stärksten für den Mund, dann die Nase und ganz wenig für die Augen. Diese Unsicherheit drückte sich auch in den Reaktionszeiten aus. Die mittlere Reaktionszeit für die Augen war am kürzesten (5,4s), für den Mund am längsten (6,8s). Wenn wir Ähnlichkeit zwischen Gesichtern begutachten, berücksichtigen wir in besonderem Maße die Regionen der Augen, der Nase, des Mundes und der Gesichtskontur. Diese Regionen machen nur ca. 1/5 der gesamten Gesichtsfläche aus, und dadurch kann ein Gesicht derart rekonstruiert werden, daß es dem Original ähnlicher sieht als eine Rekonstruktion, die jeden Bildpunkt im Gesicht beinhaltet. Die Kodierungseffizienz wird also deutlich gesteigert.

OBJEKTE 6

Schau' ich Dir in die Augen? Scanning-Strategien der Gesichtsverarbeitung

Helmut Leder & Christian Roßnagel

Freie Universität Berlin

Die Messung von Augenbewegungen ist ein nützliches Mittel zur Evaluation von Informationsaufnahme-strategien (z.B. Pomplun, Rieser, Ritter & Velichkovsky, 1997). Bei der Erforschung der Wahrnehmung von Gesichtern kam sie bislang allerdings noch wenig zum Einsatz. Gesichter enthalten vielfältige Informationen, die auch unabhängig von der Bekanntschaft mit einer Person eingeschätzt werden können (Bruce & Young, 1986; Leder, 1996). Unklar ist bislang, ob die Aufnahme dieser unterschiedlichen Informationen unterschiedliche Strategien der Informationsaufnahme zeitigt oder die Gesichtswahrnehmung auf einer Globalrepräsentation beruht. Wir untersuchten deshalb, wie sich verschiedene Instruktionen auf Scanning-Strategien auswirken. Unter Instruktion I sollte auf einer Neun-Punkte-Skala die Einprägsamkeit eines Gesichts beurteilt werden. Instruktion II lautete, die Maskulinität einzuschätzen und unter der dritten Instruktion wurde die physische Attraktivität eingestuft. Die Hälfte der Versuchspersonen erfüllte diese Aufgaben für jeweils 5 Gesichter bei einer Darbietungszeit von 500 ms, die andere Hälfte sah die Gesichter für jeweils 2500 ms.

Die Auswertung der Inspektionszeiten für die fünf Gesichtsareale Stirn, Augen, Wangen, Mund und Kinn zeigte im Vergleich zwischen den Darbietungsbedingungen nur tendenzielle Unterschiede für die Mund- ($p < .054$) und die Augenregion ($p < .093$). Im Vergleich zwischen den Aufgaben zeigten sich wiederum Unterschiede für die Mundregion, die bei kurzzeitiger Schätzung der Einprägsamkeit besonders wenig und bei Einschätzung der Attraktivität besonders viel beachtet wurde. Obwohl also einzelne Effekte extrahiert werden konnten, sind die geringen Unterschiede sowohl zwischen den Aufgaben als auch zwischen den Darbietungszeiten als Indiz für eine globale Betrachtungsstrategie zu beurteilen.

Bruce, V. & Young, A.W. (1986). Understanding face recognition. *British Journal of Psychology*, 77, 305-327.

Leder, H. (1996). *Linienzeichnungen von Gesichtern*. Bern: Huber.

Pomplun, M., Rieser, H., Ritter, H. & Velichkovsky, B. (1997). Augenbewegungen als kognitionswissenschaftlicher Forschungsgegenstand. In R.H. Kluwe (Hrsg.), *Strukturen und Prozesse intelligenter Systeme* (S. 65-107). Wiesbaden: Deutscher Universitätsverlag.

Die Bedeutung von Textur und Form in einer komplexen Kategorisierungsaufgabe bei Tauben

**Michaela Loidolt, Ulrike Aust, Ludwig Huber,
Nikolaus Troje & Martin Fieder**

Inst. für Zoologie, Abt. für Theoretische Biologie, Universität Wien,

Tauben (*Columba livia*) sind bekannt für ihre Fähigkeit, in Lernexperimenten eine große Anzahl verschiedenster visueller Stimulusklassen kategorisieren zu können. Es ist jedoch bis heute nicht klar, welche die dabei für die Taube perzeptuell relevanten Merkmale in den Bildern sind.

Wir untersuchten anhand einer Kategorisierungsaufgabe mit komplexen natürlichen Bildern, welche Rolle die in den Bildern enthaltene Form- und Texturinformation spielt. Die Tauben (n=24) wurden darauf trainiert, Bilder von menschlichen Gesichtern nach dem Geschlecht zu unterscheiden. Wir verwendeten eine Art der Bildrepräsentation, die es erlaubt, Textur- und 2D-Forminformation in den Gesichtern zu trennen ("correspondence-based representation"; siehe Vetter, T. & Troje N.F. 1995. In: Mustererkennung, Springer, 118-125).

Der erste Teil unserer Studie bestand in einem Vergleich der Klassifikationsleistungen dreier Gruppen von Tauben (je 8 Tiere), wobei jede dieser Gruppen mit einer anderen Version der Gesichterbilder trainiert wurde, die sich bezüglich Textur- und Forminformation unterschieden. Eine Gruppe (ORIGINAL) wurde mit den Originalbildern trainiert, die zweite Gruppe (TEXTUR) mit Bildern von Gesichtern, die alle identische Form besaßen und sich nur hinsichtlich der Texturinformation unterschieden, und die dritte Gruppe (FORM) wurde mit Bildern von Gesichtern trainiert, die sich nur in der Form unterschieden, jedoch alle dieselbe Texturinformation aufwiesen. 100 Bilder (50 männliche und 50 weibliche Gesichter) wurden für dieses Klassifikationstraining verwendet, 100 weitere für die anschließenden Klassifikationstests.

Die Ergebnisse zeigen deutlich, daß die Tauben hauptsächlich die in den Bildern enthaltene Texturinformation verwendeten. Während die Tiere der ORIGINAL- und der TEXTUR-Gruppe im Training rasch eine hohe Klassifikationsleistung erreichten und im Generalisationstest mit neuen Bildern gute Transferleistungen zeigten, waren die Ergebnisse bei der FORM-Gruppe signifikant schlechter.

Wir konnten zeigen, daß Texturmerkmale für Tauben nicht nur genügend Information bieten, um eine komplexe natürliche Kategorie leicht klassifizieren zu können, sondern darüber hinaus auch, daß sie - im Gegensatz zum Menschen - Texturmerkmale gegenüber Formmerkmalen deutlich bevorzugen. Offensichtlich haben Tauben ein hoch entwickeltes Texturerkennungssystem, das für standpunktunabhängige Objekterkennung von Bedeutung sein könnte.

Orientierungsinvariante Mustererkennung durch Invarianz-Transformationen

Nikolaus Kriegeskorte

Psychologisches Institut, Universität Köln

Zweidimensionale Rotationsinvarianz-Transformationen (RITen) eignen sich als Komponenten orientierungsinvarianter Mustererkennungsmechanismen. Sie sind als Modelle in bezug auf Tauben und Menschen interessant. RITen sind Transformationen, die aus einem Eingabemuster ein Ausgabemuster berechnen, welches bezüglich Rotation des Eingabemusters invariant ist. Sie eignen sich als vor die Übereinstimmungsdetektion geschaltete Verarbeitungsstufe. RITen unterscheiden sich von rotationsinvarianten Klassifikatoren: Während bei RITen die Ausgabeinformation ähnlich komplex ist wie die Eingabe, bilden Klassifikatoren komplexe Eingaben auf einfache Klassenbezeichnungen ab. Ein wichtiges Merkmal von RITen besteht darin, daß Orientierungsinvarianz musterunabhängig implementiert wird. Die ideale RIT trennt nur die Orientierungsinformation ab und erhält die gesamte Restinformation. Folgende 5 Modellklassen von RITen werden behandelt: Ringsummen, Ringsummen von Relationen, Polar+R-Transformation, Netze höherer Ordnung (autokorrelative Verfahren), und parallele Rotation+R-Transformation.

Durch Analyse und Implementation wird die Eignung dieser Modelle zur Erklärung orientierungsinvarianter Mustererkennung bei Tauben und Menschen unter Bezugnahme auf Verhaltensdaten und neurobiologische Randbedingungen untersucht.

Die untersuchten RITen sind zumindest insofern neurobiologisch plausibel, als sie mit einfachen mathematischen Operationen auskommen. Sie sind neuronal ähnlich komplex wie andere Mechanismen orientierungsinvarianter Mustererkennung, aber sie kombinieren die positiven Eigenschaften anderer Modelle in bezug auf Erkennungszeit und Speicheraufwand. RITen eignen sich zur Erklärung orientierungsinvarianter Erkennung ohne mentalen Rotationseffekt. Mentale Rotationseffekte treten bei Menschen nur bei besonders schwierigen Unterscheidungsaufgaben, bei Tauben überhaupt nicht auf. In bezug auf Tauben sind RITen zusätzlich deshalb interessant, weil die Berücksichtigung der Orientierung dargebotener Muster von Tauben nur schwer gelernt wird. Ein evolutionstheoretisches Argument läßt RITen in bezug auf Vögel allgemein plausibel erscheinen: Organismen, die einen großen Teil der Zeit annähernd gravitationsparallel blicken, müssen jedes Objekt etwa gleich häufig in allen Orientierungen erkennen. Im Gegensatz etwa zur Gesichtererkennung bei Menschen darf Orientierungsinvarianz deshalb keine ressourcenintensive Spezialfunktion sein. RITen sind vor allem bezüglich der Ressourcen Erkennungszeit und Zeit für die Akkommodation neuer Referenzmuster überlegen. Die diskutierten Modelle lassen sich in vielfältiger Weise kombinieren, so daß sie einen Raum von Mechanismen aufspannen. Interessante Tradeoffs bestehen zwischen neuronaler Komplexität des Erkennungsmechanismus, Erkennungszeit und Speicheranforderungen.

Der Einfluß der Raumorientierung auf die Figurwahrnehmung: Zeigeeffekte bei mehrdeutigen Dreiecken

Ursula Schuster

Institut für Allgemeine Psychologie, Universität Leipzig

Die Untersuchung greift ein von Palmer u.a. 1981 untersuchtes Problem auf: die Wirksamkeit von Orientierungen einer zweidimensionalen geometrischen Figur auf deren Wahrnehmung. Palmer wies den Einfluß von konfiguralen und Textureigenschaften auf die Wahrnehmung der s.g. Zeigerichtung bei gleichseitigen Dreiecken nach. Für die Wahrnehmung einzelner gleichseitiger Dreiecke fand er bevorzugte Zeigerichtungen. Es soll nunmehr untersucht werden, ob tatsächlich die vier orthogonalen Richtungen aus der Menge von zwölf möglichen zentralsymmetrischen Richtungen der 30 Grad Dreh-Gruppe bevorzugte Zeigerichtungen sind und ob es Alters- bzw. Intelligenzeffekte gibt. Als Versuchspersonen wurden 150 Schüler der Klassenstufen 4 bis 9 aus Normal- bzw. Förderklassen (Lernbehinderte) herangezogen, die im Rahmen einer umfangreicheren Studie zur Entwicklung der Strukturwahrnehmung am Experiment teilnahmen. Als Versuchsmaterial dienten die vier physikalisch unterscheidbaren gleichseitigen Dreiecke, die es in den zwölf Lagen gibt. Je ein einzelnes Dreieck war in der Mitte eines Kreises angeordnet, auf dem in 30 deg-Abständen Markierungen angebracht waren. Die Items wurden in Zufallsfolge in insgesamt 60 Einzeldarbietungen mittels Diaprojektion präsentiert. Die Aufgabe des Probanden bestand darin, sofort nach Eintritt des Zeigeeindrucks die subjektive Zeigerichtung zu bezeichnen. Die Aufgabe wurde als Übungsaufgabe motiviert (sichere und schnelle Identifikation der Zeigerichtung). Es schloß sich eine – hier nicht berichtete - Transformationsbeurteilung an. Im Unterschied zu Palmer wurden die Häufigkeiten genannter Zeigerichtungen nicht nur auf den zwölf insgesamt möglichen Zeigerichtungen aufgetragen, sondern jeweils im Vergleich zwischen den konkret konkurrierenden drei Richtungen. Die Resultate wurden varianzanalytisch ausgewertet. Es zeigten sich signifikante Bevorzugungen der vertikalen Zeigerichtungen (oben /unten) gegenüber den dazugehörigen Schräglagen. Eine Bevorzugung der horizontalen Richtungen (rechts /links) konnte allerdings nicht durchgängig gezeigt werden. Auf individueller sowie auch auf Intelligenz- bzw. Altersgruppenebene setzten sich teilweise sogar die „steilen“ Richtungen (11, 1, 5, 7 Uhr) gegenüber den dazugehörigen horizontalen Zeigerichtungen durch oder Unterschiede waren nicht signifikant. Mit zunehmendem Alter und Intelligenzniveau erhöhte sich die Anzahl angegebener orthogonaler Zeigerichtungen. Die Resultate werden als Effekt intrafiguraler Strukturierung sowie im Kontext der Funktionalität externer Bezugsachsen diskutiert. Das Auftreten lokaler Maxima der horizontalen Richtungen bei der Darstellung über alle zwölf Richtungen hinweg wird als Artefakt der Nichtbeachtung tatsächlich konkurrierender Richtungen charakterisiert. Die Ergebnisse einer Pilotstudie mit zehn Studenten als Vpn, bei der neben der Zeigerichtung auch die Reaktionszeit gemessen wird sowie die Resultate einer Fehleranalyse bei Reihenfortsetzungsaufgaben mit zentralsymmetrischen Figuren werden mit den berichteten Befunden in Verbindung gebracht und stützen die Interpretation.

OBJEKTE 10

Saliency and Fading of Texture-Defined Targets

Ralf Teichmann & Allison B. Sekuler

Institut für Biophysik und Strahlenbiologie, Universität Freiburg

During strict fixation, a uniform grey spot presented in the peripheral visual field will fade from view within 10 - 20 s (Troxler 1804), much as a stabilized retinal image. Ramachandran & Gregory (1991) extended this effect to uniform targets on textured backgrounds (artificial scotomas). In our experiments, a textured target was segregated from the background by a texture difference. Three types of texture difference were studied: orientation contrast, form contrast, and order contrast. In all three conditions, targets faded as readily as uniform targets. The strength of the texture contrast affected fading time.

In a second experiment, we asked whether there is a correlation between the saliency of a given stimulus and its time to fading. Saliency was determined with a 2 AFC-procedure using the same stimuli with short presentation times (92 ms). With increasing texture contrast, the proportion of correct answers increased from 50% (chance) to 100%. Accordingly, the time required for the decision was longest at low contrasts and decreased with increasing contrast. Results from both types of experiments suggest that the saliency of a target and its fading time are correlated: The more salient a peripheral stimulus, the longer it will persist during fixation. It thus appears that pop-out and fading constitute the beginning and end of a perceptual continuum.

V.S. Ramachandran, R.L. Gregory: Perceptual filling in of artificially induced scotomas in human vision. *Nature* 350, 699-702 (1991)

D. Troxler: Ueber das Verschwinden gegebener Gegenstände innerhalb unseres Gesichtskreises. In K. Himly and J.A. Schmidt (eds) *Ophthalmologische Bibliothek II, Pt.2*, 1-53 (1804)

Die Wirkung des Orientierungsgehaltes der Elementarstrukturen bei der Segmentierung von Texturen: psychophysische Daten und ein Filtermodell.

Lothar Kehrer

Abteilung für Psychologie, Universität Bielefeld

Bei der präattentiven Segmentierung von Texturen haben Orientierungskontraste eine stark gliedernde Wirkung. Es ist relativ gut untersucht, wie ausgeprägt der Orientierungskontrast zwischen den eine Ziel- bzw. Hintergrundtextur konstituierenden Elementarstrukturen (Texel) gewählt werden muß, um im psychophysischen Experiment einen Gliederungseindruck zu erzeugen. Weit weniger gut untersucht ist die Frage nach der Wirkung des "Orientierungsgehaltes" der einzelnen Texel (z.B. operationalisiert als das Längen-Breitenverhältnis dieser Texel) auf den Gliederungseindruck. Wir sind dieser Frage in zwei Experimenten nachgegangen: ausgehend von einer Standardbedingung wurden die für die Reizgenerierung verwendeten Texel stufenweise verkürzt (bei konstanter Breite und damit stufenweise herabgesetztem "Orientierungsgehalt" dieser Texel). Als abhängige Variable wurde, unter tachistoskopischen Reizbedingungen, die Entdeckungshäufigkeit für eine in eine Hintergrundtextur eingebettete Zieltextur erhoben.

Die gewonnenen Experimentaldaten wurden anschließend mit den Ergebnissen von Computersimulationen verglichen. Als Grundlage für die Simulationen diente ein spatiales Filtermodell vom "back-pocket" Typ (zwei Filterschichten mit nicht-linearer Verbindung). Aufgrund dieses Vergleichs von Experimentaldaten mit Simulationsergebnissen glauben wir recht genaue parametrische Angaben über die an der Segmentierung beteiligten Informationsverarbeitungsstrukturen im visuellen System machen zu können.

Masking by Plaid Patterns: Effects of presentation time and mask contrast

Felix A. Wichmann & G. Bruce Henning

Sensory Research Unit, Dept. Exp. Psychology, Oxford University, U.K.

Most current models of early spatial vision comprise of sets of orientation- and spatial-frequency selective filters with or without limited non-linear interactions amongst different subsets of the filters. The performance of human observers and of such models for human spatial vision were compared in experiments using maskers with two spatial frequencies (plaid masks).

The detectability of horizontally orientated sinusoidal signals at 3.02 c/deg was measured in standard 2AFC-tasks in the presence of plaid patterns with two-components at the same spatial frequency as the signal but at different orientations ($\pm 15, 30, 45,$ and 75 deg from the signal) and with varying contrasts (1.0, 6.25 and 25.0% contrast). In addition, the temporal envelope of the stimulus presentation was either a rectangular pulse of 19.7 msec duration, or a temporal Hanning window of 1497 msec.

Threshold elevation varied with plaid component orientation, peaked ± 30 deg from the signal where nearly a log unit threshold elevation for the 25.0% contrast plaid was observed. For plaids with 1.0% contrast we observed significant facilitation even with plaids whose components were 75 deg from that of the signal.

Elevation factors were somewhat lower for the short stimulus presentation time but were still significant (up to a factor of 5 or 6).

Despite of the simple nature of the stimuli employed in this study sinusoidal signal and plaid masks comprised of only two sinusoids none of the current models of early spatial vision can fully account for all the data gathered.

Dynamic Distortions in rotating radial figures

Frank Stürzel, S. Anstis & L. Spillmann

Inst. für Biophysik, AG Hirnforschung, Universität Freiburg

A white sector on a black rotating disk appears spatially compressed. We found that (i) the average amount of shrinkage was about constant (11 deg for sectors ranging from 30 to 150 deg and rotating at 1.25 rps); (ii) increased with rotation velocity (producing spatial compressions of 9 - 30% of the original size for velocities ranging from 0.8 rps to 2 rps); and (iii) affected the leading and the trailing portions of the rotating sector equally, while allowing for apparent expansion of the middle portion. Consistent with these findings we found that (iv) two black lines 20 mm apart extending from the middle to the edge of the rotating disk appeared to converge when they were actually parallel and were seen as parallel when their end points were diverging by 3 deg. Our findings suggest a foreshortening process which ensures that the shapes of moving stimuli are perceived correctly, irrespective of whether they are actually sharp or blurred.

Additivity in conjunction visual search tasks?

Jutta S. U. Budde & Manfred Fahle

Section of Visual Science, Dept. Neuroophthalmology, Univ. Eye Clinic, Tübingen

We investigated how elementary stimulus features and their conjunctions are processed by the visual system. In a conjunction search task, one target element differs, in 50% of the trials, from distracting elements in a combination of two features. The observer has to decide whether a target is present and the reaction times are measured. In conjunction tasks, the time required for the search usually increases linearly with the number of distractors displayed, at a certain slope. It has been proposed that the two features of a conjunction have additive and independent contributions to the mean slopes (of target absent and present trials) of the conjunction task, hence both features are processed separately (Treisman & Sato, 1990. *J.Exp.Psych.:Hum.Perc.Perf.*,16,459-478). To investigate the additivity assumption, we systematically tested a large number of conjunction tasks.

Stimuli were 6, 10, or 14 Gabor patches one of which differed in “movement”, “color”, “contrast”, “orientation”, “spatial frequency”, and/or “stereoscopic depth”. Target and distractors either differed in a single feature or else in a conjunction of two of the features. Distractor groups were equally large. To assess whether the features add a constant to the mean conjunction search slopes, the differences between the conjunction slopes were calculated for each feature pair.

We could not replicate the additive effect of features on the mean conjunction slopes. Single features seem to contribute differently to different conjunctions.

Our result suggests that subjects might have restricted their search to elements defined by only one feature type. However, it is not clear which feature the subjects might have chosen. Even for each individual observer no single feature led to constantly small conjunction slopes. This indicates that the choice of the searched feature type might change from condition to condition, or even from trial to trial.

Bestimmung visueller Suchstrategien mit einem mathematischen Reaktionszeitmodell

Gisela Müller-Plath

MPI für neuropsychologische Forschung, Leipzig

In der Forschung zur visuellen Suche wird häufig von einer Dichotomie von Suchstrategien ausgegangen: Die „Pop-Out-Suche“, bei der die Reaktionszeit von der Objektanzahl relativ unabhängig ist, wird der „seriellen Suche“ gegenübergestellt, bei der die Reaktionszeit mit steigender Objektanzahl linear anwächst. Die Existenz einer solchen Dichotomie wird jedoch zunehmend angezweifelt; eher kann man von zwei Polen eines Kontinuums von mehr oder weniger effizienten Suchstrategien sprechen. Zudem erscheint die Methode problematisch, die Suchstrategie über die lineare Steigung der Reaktionszeitkurve bei steigender Objektanzahl zu bestimmen: Zum einen ist diese Kurve häufig nicht linear (nicht einmal monoton), wie experimentelle Befunde zeigen, zum anderen kann bei wachsender Objektanzahl nicht von einer gleichbleibenden Suchstrategie ausgegangen werden. Wolfe (1994) gibt mit seinem Modell „Guided Search“ hierfür eine plausible Erklärung.

Unser alternativer Ansatz zur Bestimmung der Suchstrategie besteht darin, die Reaktionszeit in jeder Aufgabenbedingung als Summe der für die Teilschritte des Suchprozesses benötigten Zeiten zu betrachten. Anzahl und Dauer dieser Teilschritte hängen einerseits von Aufgabenparametern ab (Zielreiz- und Distraktormerkmale, Anzahl und Anordnung der Objekte im visuellen Feld), andererseits von Subjektparametern (Verweildauer der Aufmerksamkeit, Geschwindigkeit der Aufmerksamkeitsverlagerung, der motorischen Reaktion etc.). Auf der Grundlage des Modells „Guided Search 2.0“ (Wolfe 1994) wurde die Interaktion dieser Parameter als Reaktionszeitgleichung formuliert. Unter geeigneten experimentellen Variationen (Zielreiz-Distraktor-Ähnlichkeit und Anzahl der Distraktoren) erhobene tatsächliche Reaktionszeiten dienen dann jeweils dazu, mit Hilfe einer „Least square“-Methode die Parameter in der Reaktionszeitgleichung zu schätzen. Als Ergebnis einer solchen Schätzung erhält man zum einen eine Klassifizierung der Suchstrategie (Pop-Out-Suche, teilserielle Suche oder serielle Suche) separat für jede Experimentalbedingung, zum anderen eine Schätzung der Modellparameter (s.o.), welche zur gegenwärtigen Diskussion um die Zeitdauer von Aufmerksamkeitsprozessen (Egeth & Yantis 1997) beiträgt. Hier könnten darüber hinaus Anwendungsmöglichkeiten für die neuropsychologische Diagnostik gesehen werden.

Die aufgrund unserer bisherigen Experimente durchgeführten Modellrechnungen zeigten neben (aufgrund der großen Zahl freier Parameter jedoch zu erwartenden) Varianzaufklärungen von über 99% regelmäßig eine gewisse Plausibilität der Strategieklassifikationen sowie der Absolutgrößen und Relationen der geschätzten Parameter. Mit systematische Veränderungen der Experimentalbedingungen war es möglich, aufgrund eines Vergleiches der eingetretenen mit den vom Modell vorhergesagten Parameteränderungen das Modell gegen alternative Formulierungen zu testen.

Ein neuronales Modell der visuellen Suche als paralleler Wettbewerb

F. H. Hamker & H.-M. Groß

Fachgebiet Neuroinformatik, Technische Universität Ilmenau

Differenzierte Experimente zur visuellen Suche legen ein Modell nahe, in dem ein eher paralleler Prozeß einem nachfolgenden eher sequentiellen Prozeß Hinweise für das Auftreten von Merkmalen liefert, so daß eine schnellere als die rein sequentielle Suche erzielt werden kann (z.B. Wolfe, *Psy. Bulletin & Review*, 1, 1994, 202-238). Dieser Beitrag geht der Frage nach, wie ein paralleler Wettbewerb bei einer top-down gerichteten visuellen Suche in einer neuronalen Architektur funktionieren könnte und wann es zu sequentiellen Zuwendungen der Aufmerksamkeit kommen kann.

Die Beantwortung dieser Frage verlangt mindestens die Simulation von drei neuronalen Verarbeitungsgebieten mit deren wechselseitigen Verbindungen: 1. Felder von Neuronen, die lokale Merkmale repräsentieren (V2), 2. Objekt-selektive Neuronen, dessen Erregung unabhängig vom Ort der Merkmalsrepräsentation möglich ist (IT) (vgl. Desimone & Duncan, *Anu. Rev. Neurosc.*, 18, 1995, 193-222; Usher & Niebur, *Journal of Cognitive Neuroscience*, 8, 1996, 311-327) und 3. Orts-selektive Neuronen (MT, PP). Das Modell besteht aus Merkmalsneuronen, deren Selektivität und Aktivität für ein Merkmal vom Grad der Unterscheidungsfähigkeit ohne Aufmerksamkeit zwischen Zielmerkmalen und Distraktoren getrieben wird. Sie projizieren parallel auf Objekt-selektive Neuronen und erregen diese in Abhängigkeit der Ähnlichkeit zwischen gespeichertem Prototyp und dem Muster. Rückgekoppelte Verbindungen verursachen nach dem Resonanzprinzip die Unterstützung übereinstimmender Muster. Der Wettbewerb unter den Orts-selektiven Neuronen sorgt durch die Unterdrückung anderer Orte in der Merkmalsebene für die Selektion eines Ortes und ändert damit die Unterscheidungsfähigkeit der Merkmale.

Das Modell gibt Hinweise zur Erklärung der visuellen Suche als einen parallelen Prozeß, dessen Leistung von der präattentiven Verarbeitung und dem Grad des Rauschens abhängt. Es wird gezeigt, daß sich die von den verschiedenen Orten hervorgerufene Überlagerung der Aktivität in objekt-selektiven Neuronen durch die Aufmerksamkeit auflöst. Die Anzahl der Fehler bei der Suche von nur einem Zielmerkmal inmitten von Distraktoren hängen von der Unterscheidungsfähigkeit der Merkmale ohne Aufmerksamkeit ab. Bei der Suche von Konjunktionen setzt sich eher der Ort mit der Übereinstimmung beider Merkmale durch. Insgesamt zeigt das am neuronalen Substrat motivierte Modell eine gute qualitative Übereinstimmung zu psychophysischen Resultaten und motiviert Aufmerksamkeit als einen komplexen dynamischen Prozeß, der nicht nur selektiv wirkt, sondern auch die örtliche Unterscheidungsfähigkeit verbessert.

Masking a point-light walker

Marina Pavlova, Alexander Sokolov & Isabelle Bühlhoff

Max-Planck-Institute for Biological Cybernetics, Tübingen

In spite of potential perceptual ambiguity of a point-light walking figure, with upright display orientation observers can readily recover the invariant structure from biological motion. However, regardless of the same low-level relations between moving dots within upright and inverted orientation, perception of a point-light walker is dramatically impeded with 180°-display inversion. Spontaneous recognition was found to improve abruptly with changing display orientation from inverted to upright (Pavlova, 1996, Perception 25, Suppl.). This evidence implies that the visual system implements additional processing constraints for the unambiguous interpretation of biological motion.

We used a masking paradigm to study the processing constraints in biological motion perception. At each of randomly presented five orientations (0°, 45°, 90°, 135°, and 180°), viewers saw a sequence of 210 displays. Half of them comprised a canonical 11 point-light walker, and half a partly distorted walker, in which rigid pair-wise connections between moving dots were perturbed. A 66-dot "scrambled-walker" mask camouflaged both figures. Prior each experimental sequence, a sample of a canonical walker in respective orientation was demonstrated. Observers judged whether a canonical figure was present. A jackknife estimating of the ROC parameters indicated that detectability leveled off with changing orientation from upright to 135°, and then slightly increased to display inversion. However, even with 135° and 180° it was above chance. For orientations 0°, 45° and 90°, perceptual learning to detect a canonical walker proceeded rather rapidly in the course of the experiment.

Comparison with the data on spontaneous recognition of biological motion suggests that display orientation affects bottom-up processing of biological motion more strongly than top-down.

We suppose that some processing constraints (such as axis-of-symmetry, dynamic constraints) in perception of biological motion be hierarchically nested. Dynamic constraints appear to be the most powerful: the highest detectability was found with upright orientation. While with changing orientation these constraints lose their strength, others processing constraints are getting more influential. For instance, the lower sensitivity for 135° as compared to 180° might be accounted for by the axis-of-symmetry constraint that is implemented by the visual system at 180°. Likewise, due to the inefficiency of this constraint, biological motion pattern is perceived as more multistable with 90°-150°, as compared to 180° display orientation.

**Postersitzung:
Binokulare Wahrnehmung**

Computation Times of Binocular Depth Analysed by the “Delayed Stereopsis Illusion” (DSI)

M. Schuchardt, R. Rosenzweig & R. Wolf

Biozentrum, am Hubland, Würzburg

Viewed through depth-reversing spectacles, non-transparent objects appear to cut gaps into a patterned background. In moving objects this gap is seen to extend beyond the occluded area (DSI): Its trailing edge appears to lag behind by a certain distance that can be measured to determine the processing time to accomplish stereopsis. The delay was quantified by our subjects by marking the trailing edge of the gap with a laser pointer. Dependent on the experimental conditions it amounts from 40 up to 125 ms.

Why is this delay not perceived in normal stereopsis? If an object is moving before a background, the background usually maintains its position, it may be occluded, or not. Depth information thus might be extrapolated to the continuously uncovered regions of the patterned background. In depth-reversed vision, however, occlusion demands that the region of the background which is momentarily covered must jump behind the moving opaque object. As this object is perceived to retain its distance, the background, as it is getting uncovered, must jump back into the foreground where it can be perceived only after renewed calculation of binocular depth.

In his random dot stereograms Julesz (Dialogues on Perception. MIT Press, Cambridge, 1994) coined the term “no-man`s-land” to designate those regions at both sides of the floating object where stereoptic depth information is missing, as they are visible with one eye only (“topologically caused no-man`s-land”). Our DSI, however, is caused by what we coin a “trailing edge no-man`s-land”: Though visible with both eyes, stereoptic depth is missing there because 3D computation is not yet finished. As its texture continuously emerges at the trailing edge, this no-man`s-land is concluded to be behind the moving object. It is therefore not ascribed to any depth position defined by present binocular depth cues, in contrast to Julesz` no-man`s-land.

The dependence of DSI on eye movements, disparity, velocity, motion direction, surface texture, illuminance, spatial frequency, and fractal dimension of the objects involved is currently being investigated in model systems which allow to determine processing times of human stereopsis under well-defined conditions.

Stereoskopischer Glanz und stereoskopische Tiefe

Henrik Zöller

Institut für Allgemeine und Angewandte Psychologie, Universität Münster

In Experimenten und klinischen Untersuchungen zum stereoskopischen Tiefensehen kommen die folgenden beiden Verfahren häufig zur Anwendung:

1) Ja/Nein-Verfahren: Die Vp sieht eine Reihe von stereoskopischen Darbietungen, die zufällig entweder eine querdisperate Figur enthalten oder keine Querdispersion (QD). Die Vp antwortet entsprechend mit „Tiefe gesehen“ oder „keine Tiefe gesehen“.

2) 2-Alternative-Forced-Choice-Verfahren: Jede Darbietung enthält entweder eine Figur mit gekreuzter oder ungekreuzter QD. Die Vp antwortet „Tiefe nach vorn gesehen“ oder „Tiefe nach hinten gesehen“.

In 2 Experimenten wird gezeigt, daß beide Aufgaben ungeeignet sind, die Fähigkeit zum stereoskopischen Tiefensehen adäquat zu testen. In Experiment 1 wird die Größe eines disparaten Quadrats innerhalb eines Zufallspunkt-Stereogramms (Random Dot Stereogram, RDS) absichtlich klein gewählt (12*12 Bg.min.), um die Aufgabe zu erschweren. Die Zeitschwellen für die minimale Darbietungszeit (79%-Up-Down-Schwelle) sind in der Ja/Nein-Aufgabe wesentlich niedriger (12 - 92 ms je nach Vp) als in der 2-AFC-Aufgabe (387 - 4235 ms). Die Vpn berichten, daß sie im Ja-Nein-Verfahren bei sehr kurzen Darbietungszeiten keine Tiefe mehr sehen, sondern manchmal eine schimmernde, in der Tiefe unbestimmte Wahrnehmung haben (stereoskopischer Glanz), aufgrund derer sie schlußfolgern, daß die Darbietung Tiefe enthielt. In den Darbietungen ohne QD fehlt dieser Glanz.

In Experiment 2 werden zwei neue Bedingungen eingeführt, bei der die Wahrnehmung von stereoskopischem Glanz alleine nur zufällig zu einer richtigen Entscheidung führt. Als Reizalternativen dienen hier entweder eine dekorrelierte Fläche in der Bildmitte des RDS oder eine Fläche gleicher Größe mit globaler QD (getrennt für gekreuzte und ungekreuzte QD). Die Zeitschwelle ist unter diesen Bedingungen für mindestens eine der beiden QD-Richtungen stark erhöht im Vergleich zur Ja-Nein- und der 2-AFC-Aufgabe. Das bedeutet, bei sehr kurzen Darbietungszeiten entscheiden Vpn auch in der 2-AFC-Aufgabe zumindest bei einer der beiden Tiefenrichtungen aufgrund der Wahrnehmung von stereoskopischem Glanz anstatt stereoskopischer Tiefe.

Es wird empfohlen, sowohl in Experimenten zur Stereopsis als auch in klinischen Tests ein 3-AFC-Verfahren zu verwenden, das als Reizalternativen eine Fläche entweder mit gekreuzter QD, oder mit ungekreuzter QD, oder mit dekorrelierter Textur enthält. Auf diese Weise können nicht nur Stereoanomalien, sondern auch eine bei den allermeisten Personen vorliegende Präferenz für eine der beiden Tiefenrichtungen adäquat getestet werden.

Stereoskopische Tiefensehschärfe bei alternierender monokularer Reizung

Wolfgang Pieper

Fachbereich Psychologie, Justus-Liebig-Universität Gießen

Frühere Experimente haben gezeigt, daß stereoskopisches Tiefensehen bei alternierender Darbietung monokularer Halbbilder bis hinunter zu 2,5 Hz möglich ist (Pieper, 1997 Perception 26 Supplement, 46).

In den vorliegenden Experimenten untersuchten wir (1) den Einfluß der okularen Wechselfrequenz und (2) den Einfluß interokularer Pausen auf die Tiefensehschärfe unter alternierend monokularen Sehbedingungen. Eine rechnergesteuerte LCD-Folienbrille kontrollierte die monokularen Sehbedingungen. Die Messung der Minimaldisparation erfolgte psychophysisch mit der Dreistabchenmethode (nach v. Helmholtz). Die Stäbchen hatten einen Abstand von 1,4 Grad. Die Hintergrundleuchtdichte betrug 100 cd/m^2 .

In Experiment 1 wurde die Tiefensehschärfe bei sechs Wechselfrequenzen (1, 2, 4, 8, 16 und 32 Hz) gemessen. Die Minimaldisparation betrug bei 1 Hz Wechselfrequenz 120 Winkelsekunden. Sie nahm (aufgetragen gegen Log Frequenz) bis 16 Hz linear bis auf 40 Winkelsekunden ab und behielt diesen Wert bei 32 Hz bei.

In Experiment 2 wurden monokulare Darbietungszeiten von 25 ms und 50 ms Dauer durch interokulare Pausen von 0 ms, 25 ms und 50 ms getrennt. Die gemessenen Minimaldisparationen für 25 ms Darbietungszeiten betragen 60 Winkelsekunden bei 0 ms Pause, 70 Winkelsekunden bei 25 ms Pause und 80 Winkelsekunden bei 50 ms Pause. Die entsprechenden Minimaldisparationen für Expositionszeiten von 50 ms lagen jeweils 5 Winkelsekunden höher (65, 75, 85 Winkelsekunden bei 0, 25, 50 ms interokularer Pause).

Unter optimalen binokularen Sehbedingungen findet man Minimaldisparationen von 2 bis 6 Winkelsekunden. Die alternierende monokulare Reizung reduziert die Tiefensehschärfe auf 40 Winkelsekunden Minimaldisparation, sofern die Frequenz 16 Hz oder mehr beträgt. Niedrigere Wechselfrequenzen und interokulare Pausen verschlechtern die stereoskopische Tiefensehschärfe zusätzlich. Vorexperimente zeigten, daß bei Wechselfrequenzen unter 1 Hz die binokulare Sehgemeinschaft der Augen und damit das binokulare Tiefensehen durch Fusionsverlust verloren geht.

Der Einfluß des Noniusfehlers auf die psychophysikalisch gemessene Fixationsdisparation

Wolfgang Jaschinski, Peter Bröde & Barbara Griefahn

Institut für Arbeitsphysiologie, Dortmund

Die Fixationsdisparation, d.h. der Vergenzfehlwinkel innerhalb der Panum'schen Bereiche, kann psychophysikalisch mit Hilfe von zwei Noniuslinien gemessen werden, die den beiden Augen haploskopisch dargeboten werden. Wenn der Beobachter einen binokularen Fixationsreiz zwischen den Noniuslinien fusioniert und die zueinander verschiebbaren Noniuslinien so einstellt, daß sie subjektiv in einer Linie erscheinen, so bestimmt der resultierende physikalische Versatz die relativen Richtungen der Gesichtslinien der beiden Augen und gibt damit die Größe der Fixationsdisparation an.

Wir untersuchen, inwieweit die so gemessene Fixationsdisparation vom Noniusfehler beeinflusst wird. Dies ist der physikalische Noniusversatz, den ein Beobachter einstellt, um die zwei Noniuslinien ohne haploskopische Trennung in einer Linie wahrzunehmen, entweder wenn beide Noniuslinien von beiden Augen gesehen werden (binokularer Noniusfehler), bzw. nur vom rechten oder nur vom linken Auge (monokularer Noniusfehler). Nach früheren Untersuchungen ist der Noniusfehler eine individuell konstante Größe.

Wir fanden, daß die Fixationsdisparation signifikant mit dem binokularen Noniusfehler korreliert war, und zwar im horizontalen ($r=0.49$, $n=19$) und vertikalen ($r=0.83$) Meridian. Weiterhin ließ sich der binokulare Noniusfehler aus dem Mittelwert der beiden monokularen Noniusfehler vorhersagen ($r=0.90$, $n=13$). Somit scheint die Fixationsdisparation davon beeinflusst zu sein, daß manche Personen die Koinzidenz monokular nicht perfekt wahrnehmen, wenn die Noniuslinien einen Abstand aufweisen, in dem der Fusionsreiz präsentiert wird.

Um den Einfluß des Noniusfehlers zu eliminieren, kann man für jede Person die Fixationsdisparation auf den Noniusfehler beziehen, anstatt wie üblich auf die physikalische Nullposition der Noniuslinien. Diese Vorgehensweise erhöht tendenziell die Korrelation zwischen der Fixationsdisparation und der in Dunkelheit gemessenen Vergenzruhelage.

Wir diskutieren die methodisch einfache Noniusmethode im Vergleich zu aufwendigen physikalischen Messungen des Vergenzwinkels sowie die Bedeutung der Noniusmethode in der klinischen Anwendungen zur Entdeckung von Personen mit Fixationsdisparationen und entsprechenden Sehbeschwerden.

Binocular interaction of brief stimuli

Bernhard Treutwein & Ingo Rentschler

Institut für Medizinische Psychologie, LMU München

We have shown that temporal resolution in the visual field can be measured efficiently and reliably with double pulses (Treutwein & Rentschler, *Clin.Vis.Sci.* 1992, 7, pp.421ff). In this paradigm the detectability of a temporal modulation is measured via the critical duration of a dark interval flanked by two brief light pulses. The critical duration (threshold) is determined by varying the duration of the dark interval with an adaptive psychophysical procedure. The psychophysical task employed a 9-AFC paradigm with 9 locations in the visual field (one in the center and 8 arranged on the circumference of a circle with 6.8 deg diameter) and a Bayesian estimation of threshold parameters (Treutwein, 1997, *Spatial Vision*, 11, pp.129-134). We had shown that the dependence of the critical duration (i.e., the resolution threshold) on the duration of the leading bright pulse can be described as an inverse relationship in the sense that at 10 ms pulse duration the critical gap duration was about 50 ms, whereas it was about 10 ms at 280 ms pulse duration. To obtain information on the nature of underlying neural processes, we now compared double-pulse resolution under binocular and monocular viewing conditions. The advantage of binocular observation expressed as the ratio of binocular to monocular thresholds varies between one and two, depending on the duration of the leading pulse. These findings can be interpreted in terms of interaction between the two eyes acting in three different modes: no summation (maximum detection), probability summation, and complete summation between the two eyes acting as detector systems.

**Postersitzung:
Farbe und Helligkeit**

Farbvergleiche zwischen Licht und Schatten

Hans Irtel

Psychologisches Institut, Universität Mannheim

Der Begriff "Farbkonstanz" wird üblicherweise für die Invarianz der wahrgenommenen Farbe gegenüber langsamen Beleuchtungsänderungen gebraucht. Lokale Farbkonstanzprobleme entstehen aber auch innerhalb einer Szene, etwa in Fällen, bei denen Oberflächen in Schattenbereichen mit solchen in direkter Beleuchtung verglichen werden sollen. Es wird ein Experiment vorgestellt, bei dem das Ausmaß der Farbkonstanz beim Vergleich von (simulierten) Farboberflächen in Schattenbereichen und unter direkter Beleuchtung gemessen wird. Es wird geprüft, ob natürliche Licht/Schattenverhältnisse zu besserer Farbkonstanz führen als künstliche Lichtbedingungen und ob die Leistung der Versuchspersonen durch die Auswertung von lokalen Rezeptorkontrastsignalen erklärt werden kann.

Im Experiment werden Oberflächen bei direkter Sonnenbeleuchtung und bei natürlicher Schattenbeleuchtung verglichen. Die Szenerie wird auf einem Bildschirm so simuliert, daß die Farben Oberflächencharakter haben. Aufgabe der Versuchsperson ist der direkte Abgleich zweier Farbfelder, so als ob sie die gleiche Oberflächenbeschaffenheit hätten. Als natürliche Licht/Schattenbedingung wird die Variation auf der Gelb-Blau-Achse und als künstliche Bedingung die Variation auf der Rot-Grün-Achse getestet.

Die wichtigsten Ergebnisse lassen sich folgendermaßen zusammenfassen: (1) Die Farbkonstanz unter natürlichen Licht/Schattenbedingungen ist besser als unter künstlichen. (2) Helligkeitskonstanz ist beim Wechsel von Schatten zu direkter Beleuchtung nahezu perfekt gegeben. (3) Farbkonstanz ist nur zu etwa 60% gegeben. Farbverschiebungen werden beim Wechsel von Schatten zu direktem Licht nur schlecht kompensiert und künstliche Schattenbereiche erscheinen ins Bläuliche verschoben. (4) Die Anzahl der vorhandenen Farbfeldkonturen innerhalb eines Beleuchtungsbereiches und die Anzahl der Konturen zwischen Beleuchtungsbereichen spielen nur eine geringe Rolle für die Güte der Farbkonstanz. (5) Die Farbkontrastinformation an den Farbfeldkonturen ist für den S-Rezeptor nicht ausreichend um die Urteile der Versuchspersonen zu erklären. Die Hypothese der Verarbeitung von Rezeptorkontrastsignalen ist damit nicht geeignet um Farbkonstanzleistungen innerhalb einer Szene zu erklären.

Chromatische Bedingungen perzeptueller Transparenz

Franz Faul

Institut für Psychologie, Universität Kiel

Die Untersuchung perzeptueller Transparenz verspricht Aufschlüsse über das Zusammenspiel von Form und Farbe bei der Objekterkennung. Schon bei einfachen Konfigurationen von Farbflächen zeigt sich nämlich, daß einzelne Teilflächen in Abhängigkeit von der Einfärbung ihres räumlichen Kontexts entweder als Oberflächenfarben, als selbstleuchtend oder als transparente Schicht erscheinen. Mit den chromatischen Bedingungen perzeptueller Transparenz (PT) sind die Farbrelationen gesucht, die vom visuellen System als Hinweis auf eine transparente Schicht gewertet werden.

In diesem Zusammenhang sind in der Literatur zwei physikalisch motivierte Modelle betrachtet worden, nämlich (1) additive Modelle, die annehmen, daß sich die Farben im Bereich der transparent erscheinenden Schicht in additive Anteile des Hintergrunds und der Schicht zerlegen lassen und (2) Filtermodelle, die stattdessen eine subtraktive Farbmischung annehmen. Anhand eines plausiblen Filtermodells wird gezeigt, daß (1) beide Modelle im achromatischen Bereich analytisch äquivalent sind und (2) bei realistischen Annahmen zu Reflektanz- und Filterspektren im chromatischen Bereich zu sehr ähnlichen Vorhersagen führen (Simulationsstudie).

Es wird dann über ein Experiment zur empirischen Angemessenheit des additiven Modells berichtet: In einer Konfiguration aus vier Farbflächen (einem minimalen Reiz für PT) waren jeweils drei Farben fixiert. Die Luminanz der vierten war so festgelegt, daß es eine eindeutig bestimmte Chromatizität C der vierten Farbe gab, die die Modellgleichungen des additiven Modells löste. Es wurden dann Pfade im Chromatizitätsdiagramm vorgegeben, auf denen der Abstand zu C systematisch variierte. Die V_{pn} sollten dann (1) auf jedem Pfad denjenigen Punkt suchen, bei dem der Transparenzeindruck maximal war, (2) die Sicherheit, mit der sie an diesem Punkt Transparenz wahrnahmen, auf einer Skala von 0 bis 7 bewerten, und (3) den Pfadabschnitt um diesen Punkt markieren, auf dem sie überhaupt einen Transparenzeindruck hatten. Es zeigte sich, daß Transparenz in einem großen Bereich um C wahrgenommen wurde (was gegen ein strenges additives Modell spricht), die Transparenzsicherheit aber mit dem Abstand zu C monoton abnahm.

Es wird ein erweitertes additives Modell vorgestellt, das die Transparenzsicherheit mit dem Abstand der vorliegenden Farben vom additiven Modell in Beziehung setzt. Das Abstandsmaß basiert auf dem Schrödingerschen Linienelement. Es erlaubt eine gute Beschreibung der Ergebnisse: Das Abstandsmaß ist an dem Pfadpunkt minimal, der von den V_{pn} eingestellt wurde, und es steht in monotoner Beziehung zur von den V_{pn} angegebenen Transparenzsicherheit (hohe Transparenzsicherheit bei geringem Abstand).

Zur Dimensionalität vollständiger perzeptueller Farbcodes in Infeld-Umfeld-Konfigurationen: Ein Stetigkeitsargument

Reinhard Niederee

Institut für Psychologie der Universität Kiel

In vielen Situationen ändern sich wesentliche Aspekte des Wahrnehmungseindrucks stetig bei stetiger Veränderung gewisser Reizparameter. Am Beispiel der Farbwahrnehmung wird demonstriert, daß sich hieraus z.T. bedeutsame Implikationen für eine angemessene Modellierung der zugrundeliegenden Wahrnehmungsprozesse ergeben. Hierzu werden die Infeldfarben einfacher Infeld-Umfeld-Konfigurationen betrachtet, welche definiert werden durch ein homogenes kreisförmiges Infeld, das von einem homogenen Ring in einem ansonsten lichtlosen (dunklen) äußeren Umfeld umschlossen wird. Der Infeldfarbeindruck hängt bekanntlich sowohl von dem das Infeld proximal definierenden Licht I - bzw. den entsprechenden primären Photorezeptorcodes $L(I)$, $M(I)$, und $S(I)$ - als auch von dem den Ring definierenden Umfeldlicht U (bzw. den entsprechenden Primärcores) ab. In aller Regel gehen psychophysikalische Modelle zum asymmetrischen Farbvergleich davon aus, daß sich nicht nur der lokale "Input" sondern auch die resultierende Infeldfarbe ("Output") dreidimensional modellieren läßt. D.h., es wird eine stetige Transformation h angenommen, welche den sechs genannten "Inputwerten" einen dreidimensionalen Vektor $h(L(I), M(I), S(I), L(U), M(U), S(U))$ zuordnet mit der Eigenschaft, daß zwei Infelder genau dann gleich erscheinen, wenn die entsprechenden Vektoren übereinstimmen. Es wird ein einfaches und neuartiges Stetigkeitsargument vorgestellt, welches zeigt, daß jede solche Modellierung im Widerspruch zu empirisch gesicherten phänomenologischen Befunden (im Zusammenhang mit der sog. Dunkelinduktion) stehen muß. Dieser Widerspruch läßt sich erst durch Übergang zu einer höherdimensionalen Modellierung beseitigen, d.h. durch die Annahme einer Transformation h mit höherdimensionalem Output. Die Annahme einer dreidimensionalen Input-Modellierung im Sinne der üblichen Trichromatizitätsannahme wird hierdurch somit nicht in Frage gestellt. Ausgehend von diesem Befund soll des weiteren auf analoge Weise der Frage nachgegangen werden, ob ein vierdimensionaler Code h ausreichen könnte.

Neben der Analyse "stetiger Pfade" bezieht sich die genannte Methode lediglich auf das Vorliegen oder Nichtvorliegen asymmetrischer lokaler Farbabweichungen. Die genannten Resultate beziehen sich auf topologische Eigenschaften der betrachteten Farb Räume und sind in einem gewissen (präzisionsfähigen) Sinne stärker als entsprechende "höherdimensionale" Konzepte, welche sich auf Farbattribute oder Metriken im Sinne der multidimensionalen Skalierung beziehen. Sie lassen sich in Beziehung setzen zu grundlegenden (bereits von Helmholtz, Katz und anderen angesprochenen) Segmentierungsleistungen des visuellen Systems in komplexeren Sehbedingungen, etwa im Sinne einer Zerlegung in einen Objektfarbencode und einen Beleuchtungscode oder in "transparente Schichten". Dieser Problemkreis und die verwendete Methode erscheinen daher von grundlegender Bedeutung für Theorien der Farbwahrnehmung im besonderen und der visuellen Wahrnehmung im allgemeinen.

Nonlinearities in red/green equilibria and the increment-decrement distinction

Dieter Heyer

Institut für Psychologie der Universität Kiel

In our study red/green equilibria (unique blue) were experimentally determined for infields surrounded by a fixed homogenous surround s (unique yellow). Classical two-process theories (e.g. Jameson & Hurvich, 1972) imply that in such a situation the primary color codes of the red/green equilibria form an (s -dependent) plane in three-dimensional photoreceptor space. Mausfeld & Niederee (1993) proposed a specific contrast code (the so-called octant model) which, for each cone channel, postulates a different s -dependent multiplicative transformation for increments and decrements. Such an increment/decrement distinction is supported by data of Mausfeld & Niederee (1993) (unique yellow settings for red surrounds) and Chichilnisky & Wandell (1995, 1996).

In the present study the geometrical implications of a two-process model are considered which assumes a linear opponent transformation of the just-mentioned contrast code assumed by the octant model. Such a model implies that the primary codes of red/green equilibria form a creased plane, with creases occurring at the octant boundaries and joining in s .

Thus the novel prediction is made that in certain color cancellation experiments multiple kinks should show up in the data. This prediction was confirmed in the case of unique blue settings in yellow surrounds. Previous studies only allowed to identify single such kinks. The present study for the first time investigated the occurrence of multiple kinks. Such multiple kinks indicate that the relevant increment/decrement distinction indeed occurs at the level of cone channels (as opposed to a luminance-based increment/decrement distinction).

- Chichilnisky, E. & Wandell, B.A. (1995). Photoreceptor sensitivity changes explain color appearance shifts induced by large uniform backgrounds in dichoptic matching. *Vision Research*, 35, 239-254.
- Chichilnisky, E. & Wandell, B.A. (1996). Seeing gray through the ON and OFF pathways. *Visual Neuroscience*, 13, 591-596.
- Jameson, D. & Hurvich, L.M. (1972). Color adaptation: Sensitivity, contrast, after-images. In D. Jameson & L.M. Hurvich (Eds.), *Handbook of Sensory Physiology*. Vol VII/4. *Visual Psychophysics* (pp. 568-881). Heidelberg: Springer.
- Mausfeld, R. & Niederee, R. (1993). An inquiry into relational concepts of colour, based on incremental principles of colour coding for minimal relational stimuli. *Perception*, 22, 427-462.

Zur Funktionaläquivalenz visueller Szenen

Johannes Andres

Institut für Psychologie, Universität Kiel

Die wahrgenommene Farbe einer Teilfläche in einer visuellen Szene wird nicht allein von den Farbkoordinaten dieser Fläche bestimmt, sondern auch von der farblichen Zusammensetzung der gesamten Szene. Daß eine solche Abhängigkeit vorliegt, ist Grundbedingung für die Möglichkeit von Farbkonstanz. Aus den gängigen Modellen zur Farbkonstanz lassen sich allerdings unterschiedliche formale Beschreibungen dieser Abhängigkeit herleiten. Aus diesen Beschreibungen resultieren insbesondere unterschiedliche Vorhersagen darüber, wann zwei Szenen funktionaläquivalent sind in dem Sinne, daß sie den Farbeindruck einer ausgezeichneten Fläche in gleicher Weise beeinflussen.

Genauer sollen zwei Umgebungen einer Fläche (zum Beispiel eines Kreises in der Mitte der Szenen) dann funktionaläquivalent heißen, wenn gleiche Farbkoordinaten dieser Fläche in beiden Umgebungen immer auch zum gleichen Farbeindruck führen.

In einer Serie von Experimenten wurden unterschiedliche, im Hinblick auf die Vorhersagen prominenter Farbkonstanzmodelle systematisch konstruierte Szenen mit Hilfe eines Urgebkriteriums daraufhin untersucht, ob sie tatsächlich funktionaläquivalent sind, wie es diese Modelle fordern. Die Ergebnisse waren weitgehend negativ; es zeigte sich, daß Parameter der räumlichen Verteilung der Farbkoordinaten aller Flächen der Szenen im Farbraum eine wichtige Rolle spielen. Untersuchungen der Funktionaläquivalenz erweisen sich so als eine vielversprechende Methode, um die empirische Reichweite von globalen Farbwahrnehmungstheorien auszuloten.

Untersuchungen zur Reizverarbeitung beim haploskopischen Farbabgleich

Eike Richter

Institut für Psychologie, Universität Kiel

Beim haploskopischen Farbabgleich werden beiden Augen unterschiedliche Infeld-Umfeld-Konfigurationen so dargeboten, daß beide Konfigurationen zu einem Gesamteindruck fusionieren, der aus einem gemeinsamen Hintergrund mit zwei getrennten Infeldern besteht. Die Aufgabe der Versuchsperson besteht darin, in einer Situation, in der beide Hintergründe und eines der Infelder vorgegeben sind, das andere Infeld so einzustellen, daß für die Infelder ein gleicher Farbeindruck erreicht wird. Nach dem von Kries'schen Koeffizientensatz würde man erwarten, daß die Abhängigkeit der eingestellten Infelder von den vorgegebenen durch eine affine Abbildung beschreibbar ist. Das Oktantenmodell von Mausfeld und Niederée trifft hingegen eine Unterscheidung zwischen Inkrementen und Dekrementen, wobei Inkremente (Dekremente) bezüglich eines Farbkanals dadurch charakterisiert sind, daß das Infeld in diesem Kanal zu einer höheren (niedrigeren) Erregung führt als das Umfeld. Dieses Modell sagt mögliche Abweichungen von der Linearität beim Übergang von Dekrementen zu Inkrementen voraus, die in jedem Farbkanal in Form eines Knicks in der Vorhersage auftreten. Solche Knicks liessen sich in den zu berichtenden Experimenten tatsächlich häufig finden. Bei einer allgemeinen Beschreibung der Gesetzmäßigkeiten beim haploskopischen Farbabgleich stellt sich die Frage, ob die Einstellungen mit Hilfe monokularer Kontrastcodes beschrieben werden können, was eine gewisse Unabhängigkeit der Verarbeitung in einem Auge von der Stimulation des anderen Auges implizieren würde. Diese Frage soll vor dem Hintergrund der gewonnenen Ergebnisse diskutiert werden.

Ortsfrequenzvariationen in farbigen Mustern beeinflussen das Aussehen von Inkrementen stärker als das von Dekrementen

Karl-Heinz Bäuml

Institut für Psychologie, Universität Regensburg

In mehreren vor kurzem berichteten Arbeiten zur Farbadaptation wurde demonstriert, daß bei Adaptation an einen uniformen farbigen Hintergrund Lichter, die relativ zu diesem Hintergrund Inkremente darstellen, anders verarbeitet werden als Lichter, die relativ zum Hintergrund Dekremente sind. Diese Asymmetrie wird oftmals mit der Farbkonstanzleistung unseres visuellen Systems in Verbindung gebracht und es wird spekuliert, daß ihr der Versuch unseres visuellen Systems zugrundeliegen könnte, zwischen Objekten (Dekremente) und Beleuchtungen (Inkremente) zu trennen. Ich berichte die Ergebnisse eines Experiments, in dem untersucht wurde, ob es auch bei Ortsfrequenzmustern Hinweise auf eine Inkrement-Dekrement Asymmetrie gibt und wie diese Asymmetrie ggf. mit der Frequenz der Muster variiert.

Zwei Vpn sahen eine farbige Rechtecksschwingung von zwei Grad Sehwinkel, die auf einem uniformen grauen Feld präsentiert wurde (43 cd/m^2). Sie stellten ein simultan gezeigtes uniformes Feld von ebenfalls zwei Grad Sehwinkel so ein, daß es in Farbton, Sättigung und Helligkeit mit jeweils einem der Balken des Frequenzmusters übereinstimmte. Farbrichtung, Kontrast und Ortsfrequenz der Rechtecksschwingung wurden über die Abgleiche hinweg variiert. Als Farbrichtungen wurden schwarz-weiß, blau-gelb, hellblau-orange und hellgrün-purpur verwendet, die jeweils in vier verschiedenen Kontraststufen präsentiert wurden. Jedes der resultierenden Muster wurde mit vier verschiedenen Ortsfrequenzen dargeboten (1, 2, 4 und 8 cpd). Jede der beiden Vpn machte vier bis acht Abgleiche für 48 verschiedene Farb-, Kontrast- und Ortsfrequenzbedingungen. Die Farbabweiche der Vpn wiesen in allen drei Rezeptorkoordinaten klare Inkrement-Dekrement Asymmetrien auf. Für jede der vier Farbrichtungen wurde mit zunehmender Ortsfrequenz das Aussehen der inkrementellen Signale mehr beeinflußt als das der dekrementellen Signale, was sich in einem Anwachsen der Asymmetrien mit der Ortsfrequenz der Muster zeigte. Zusammen mit den Ergebnissen aus den vor kurzem berichteten Adaptationsexperimenten legen diese Ergebnisse nahe, daß das farbliche Aussehen von Dekrementen weniger durch Variationen im Sehkontext beeinflußt wird als das von Inkrementen. Dieser Befund stützt die Vermutung, daß die Inkrement-Dekrement Asymmetrie in engem Zusammenhang mit der Farbkonstanzleistung unseres visuellen Systems steht.

Reproduction of Lands red-and-white effect on photographic slides and prints

Andreas Hub & Peter Fromherz

MPI für Biochemie, Martinsried

A scene is photographed twice, through a red and a green filter respectively, using a reversal photographic film for black-and-white slides. The red separation is projected through a red filter superimposed on a white projection of the green separation. The different areas of the projected picture possess locally the colour values of a single hue (reddish) with variable saturation and brightness. Subjectively, the different areas of such a projection are seen with a wide range of hues. The discrepancy of local colour values and the subjective colour perception is called "Land-effect".

The Land-effect is normally observed in a darkened room. We investigated whether the Land-effect can be recorded on colour slides and can also be shown when photographic prints are viewed under typical surrounding conditions.

For our experiments we utilised the Land-projection of a real scene. We determined the local colour values in the CIE-Yxy-space and verified that they are on a plane of a single hue. Persons with intact colour vision saw a wide range of subjective hues. We photographed the Land-projection with a colour slide film. This slide reproduced the Land-effect perfectly: Photometry confirmed a plane of single hue and test persons also saw a wide range of hues in subjective perception. When the slide was copied to paper by photography or by a printer, the subjective colour perception remained close to the original projection even under typical surrounding conditions but the hue-plane was shifted and the restriction to a single hue became somewhat relaxed.

The experiment shows that the Land-effect can be recorded on conventional colour media. It is merely a result of the interactions of local colour stimuli in certain spatial distributions, and is astonishingly independent of colour and contrast ranges of photographic materials and viewing conditions.

FARBE 9

Psychophysischer Hinweis auf eine Sonderstellung der S-Sehzapfen in der Menschlichen Netzhaut

Horst Scheibner & Sinclair Cleveland

**Physiologisches Institut, Abteilung für Neuro- und Sinnesphysiologie,
Universität Düsseldorf**

Die funktionelle und morphologische Sonderstellung der Kurzwellen-Sehzapfen (S-Sehzapfen, "blauen" Sehzapfen) findet ein Gegenstück im Zusammenspiel von dichromatischen Chrominanz-Ebenen im Farbenraum.

Mit Hilfe eines Dreifarbenmeßgerätes und unter Benutzung des Wahrnehmungskriteriums "gleich hell" wurden an Protanopen, Deutanopen und Tritanopen Null-Luminanz-Ebenen (Alychnen) gemessen. Null-Luminanz-Ebenen sind Chrominanz-Ebenen, weil sie lediglich "Chroma" enthalten.

Die Chrominanz-Ebenen der drei Dichromatentypen schneiden sich in sehr guter Näherung in einer gemeinsamen Achse. Diese Achse ist im Farbenraum gegeben durch die Richtung der "blauen" Grunderregung, d. h. durch die "blaue" Grundprimärvalenz.

Das Ergebnis spricht dafür, daß der mit den S-Sehzapfen beginnende Übertragungspfad eine grundlegende Funktion in der postrezeptoriellen Farbverarbeitung und damit in der Chromatopoese einnimmt.

Spectral sensitivity of stare nystagmus and smooth pursuit

Mark v.Campenhausen & Kuno Kirschfeld

Max Planck Institut für biologische Kybernetik, Tübingen

The visual system consists of several subsystems, which perform their task nearly independently of each other. One is the accessory-optic system, performing the gaze stabilisation by eye-nystagmus.

In humans two kinds of nystagmus can be discriminated: stare nystagmus and look nystagmus (smooth pursuit). The best known example for stare nystagmus can be seen on a train journey. The vis-à-vis -staring out of the window- moves his eyes nystagmic. Without fixating any single object the eyes run over the landscape, most of the time following and bouncing back every now and then. In contrast, during look nystagmus single objects are fixated and pursued. Stare nystagmus is driven by the accessory-optic system, a set of subcortical nuclei, while cortical structures contribute to the look nystagmus.

In order to find out which cones contribute to both kinds of nystagmus, we measured their spectral sensitivity. Two different instructions were given to the observers, leading to either stare or look nystagmus, respectively. Spectral sensitivity turned out to be different for look and stare nystagmus. Spectral sensitivity of stare nystagmus corresponds basically to the $V(\lambda)$ -function, indicating that there is no or only a minor contribution of the short wavelength cones. Look nystagmus has a higher sensitivity at short wavelengths, demonstrating a contribution of short wavelength cones.

Spatial Facilitation with Isoluminant Chromatic Stimuli

Birgitta Dresch & Anne Marie Schuller

**Universite Louis Pasteur, Laboratoire de Psychophysique Sensorielle
EP 618 du CNRS, Strasbourg, France**

The thresholds of human observers for the detection of small visual targets (lines or dots) improve significantly when the targets are presented in a spatial context of collinear inducing stimuli (Dresch, 1993, *Spatial Vision*, 7, 213-225). This phenomenon is now referred to as 'spatial facilitation' (Yu & Levi, 1997, *Vision Research*, 37, 3117-3127) in the literature, and is generally supposed to reflect the output of long-range interactions between cortical feature detectors. Spatial facilitation has thus far been observed with luminance-defined achromatic stimuli on achromatic backgrounds, only. This study investigates whether spatial facilitation occurs with chromatic inducers.

We used a method of constant stimuli to measure line detection with a two-alternative spatial forced-choice procedure. A red or a grey line target with varying luminance were presented in a context of collinear green inducers on a red background. The red background and the green inducers were isoluminant, as psychophysically assessed by an individually administered flickertest. In the control condition, the targets were presented without the context on a plain red background.

The isoluminant colour context produces spatial facilitation, which is reflected by the fact that thresholds for the detection of the red line target with varying luminance are considerably lower in the chromatic context compared to thresholds obtained on the plain red background. However, the chromatic context does not facilitate the detection of a grey target with varying luminance.

The findings indicate that spatial facilitation occurs within a chromatic context, however it appears that targets and inducers have to stimulate the same channel of processing to produce facilitatory interactions.

Subjektive Helligkeit und Kontrastschwellen in Konturlücken

Jochem W. Rieger & Karl R. Gegenfurtner

Max-Planck-Institut für biologische Kybernetik, Tübingen

In früheren Arbeiten wurde gezeigt, daß Kontrastschwellen sowohl auf einer illusionären Kontur (Dresp & Bonnet, 1995), als auch auf einem unterschwelligem Kontrastsockel (Foley & Legge, 1981) herabgesetzt sein können. Das läßt die Frage offen, ob die Kontrastschwellen durch unterschwellige Summation der subjektiven Helligkeit mit der objektiven Helligkeit des Testreizes reduziert werden.

Um die Kontrastschwellen für einen Testreiz zu bestimmen, mußten die Versuchspersonen entscheiden, in welcher von zwei gegenüberliegenden Konturlücken eines Quadrats er dargestellt wurde. Wir verwendeten drei Reizkonfigurationen: (1) Ein Kanizsa-Quadrat, bei dem eine illusionäre Kontur wahrgenommen wird, (2) ein Quadrat aus unterbrochenen Linien und (3) eine Kontrollbedingung, bei der der Testreiz alleine dargestellt wurde.

Subjektive Helligkeit: Bei kurzen Darbietungszeiten werden illusionäre Helligkeitsunterschiede nicht nur im Kanizsa-Quadrat, sondern auch zwischen Liniensegmenten wahrgenommen. Um die Stärke der empfundenen Helligkeit zu messen, bestimmten wir für den Testreiz den Punkt subjektiver Gleichheit mit dem Hintergrund (PsG). Bei den Liniensegmenten wurde der PsG des Testreizes im Mittel um 4,8% Weber-Kontrast unter die Hintergrundluminanz verschoben. Beim Kanizsa-Quadrat betrug die Verschiebung 3,9% Weber-Kontrast. Zusätzlich bestimmten wir unter den gleichen Bedingungen die Inkrement- und die Dekrementenschwellen für den Testreiz. Wir fanden keinen Unterschied zwischen den Inkrement- und den Dekrementenschwellen. Verhielte sich die subjektive Helligkeit aber gleich wie die objektive, wäre zu erwarten, daß die Dekrementenschwellen erhöht sind. Subjektive Helligkeit und Kontrastschwellenreduktion sind daher unabhängige Phänomene.

Offene und geschlossene Figuren: In einem weiteren Experiment überprüften wir, ob die Reduktion der Kontrastschwellen durch lokale Prozesse, die die Konturlücken überbrücken, verursacht wird. Es wäre denkbar, daß auch globale Prozesse, die erst wirksam werden können nachdem das Quadrat vollständig etabliert ist, einen Einfluß haben. In der offenen Bedingung wurden die Konturelemente des Kanizsa-Quadrats und des Quadrats aus Linien so verändert, daß die Figur nicht mehr zu einem Quadrat vervollständigt werden konnte. Wir fanden keinen Unterschied zwischen den Kontrastschwellen der offenen und der geschlossenen Bedingung. Das zeigt, daß Prozesse, die Kontrastschwellen erniedrigen, lokal wirksam sind und von nachfolgenden Prozessen, in denen die Konturelemente zum Quadrat integriert werden, unbeeinflusst bleiben.

Variations on Filling-In

Heiko Neumann & Luiz Pessoa

Abt. Neuroinformatik, Universität Ulm

Evidence from psychophysics and physiology supports the existence of an active process for lateral filling-in of perceptual surface quantities (Gerrits & Vendrik, 1970; Paradiso & Nakayama, 1991). Processes of filling-in propagate local measurements obtained at contours to the interior of homogeneous surface regions to generate neural representations of brightness and lightness, depth and motion (Grossberg, 1994). A formal mechanism of filling-in was first suggested by Grossberg and co-workers and successfully applied for 1-D and 2-D brightness predictions (Grossberg & Todorovic, 1988).

Given initial local measurements near boundaries, processes of filling-in are faced with the problem of solving an inverse problem of reconstructing surface quantities. We investigate classical filling-in mechanisms and relate them to the framework of linear and non-linear diffusion as well as regularization theory. The goal is to further generalize the theoretical foundation of these mechanisms. It also provides a framework that allows us to formulate several extensions for modeling and generate predictions for further studies in surface perception.

We demonstrate that the mechanism of classical filling-in is an inhomogeneous linear diffusion equation which is biased by a linear reaction term. The inhomogeneous diffusivity is controlled by an external system of contrast detection and boundary grouping. Applied to a regularized solution of the inverse problem of lightness reconstruction from local measurements our results reveal deficits in the classical filling-in mechanism. We propose a new formulation for filling-in which incorporates confidence measures and show through simulations that it accounts for several brightness/lightness effects.

Gerrits, H. & Vendrik, A. (1970). *Exp. Brain Res.*, 11, 411-430.

Paradiso, M. & Nakayama, K. (1991). *Vision Res.*, 31, 1221-1236.

Grossberg, S. & Todorovic, D. (1988). *Percep. & Psychophys.*, 43, 241-277.

Grossberg, S. (1994). *Percep. & Psychophys.*, 55, 48-120.

How Contour Junctions Affect Lightness Perception

Gregory Baratoff, Luiz Pessoa & Heiko Neumann

Universität Ulm

In recent years it has become evident that lightness perception is inextricably linked to scene organization. Contour junctions are one example of image features that contribute to scenic structure (T-junctions may signal occlusion). We investigated the role of junction information in lightness perception and tested whether computations based on border length, T-junction, or scission best account for the data.

Wallach's ratio rule determines perceived lightness in simple displays. A well-known violation is White's effect in which border length predicts the opposite of what is perceived. We investigated a variant of White's display introduced by Todorovic (Perception, 26, 379-394, 1997). In these displays a typical simultaneous contrast display formed by a grey square within a bright, respectively dark, surround is modified by adding a set of four dark (bright) squares covering the corners of the grey square. We parametrically varied the size of the resulting cross-shaped grey region. There were three main conditions: crosses with short arms, crosses whose arms exactly matched the extremes of the squares, and crosses with long arms (extending beyond the squares).

For the short-arms condition, matches were in the same direction as White's effect (test patch on white appeared darker than on black). For the exactly-matching condition, the effect was greatly diminished. Finally, for the long-arms condition, results reversed in direction, and were in the same direction as simultaneous contrast (but weaker).

Lightness perception in our displays cannot be accounted for by border length. The T-junction and scission explanations also fail to fully account for the findings given that for the exactly-matching condition the effect was only diminished, instead of being reversed. More global explanations, such as integration (Ross & Pessoa, ARVO'97) might be needed to account for the data.

The Effect of Luminance and Color Differences on the Scintillating Grid Illusion

M. Schrauf, Heidi Enders & Eugene R. Wist

Institute of Physiological Psychology II, Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

Disk-shaped luminance increments added to the intersections of a Hermann grid consisting of medium gray bars on a black background lead to the Scintillating Grid illusion (Schrauf et al., 1997). Illusory dark gray spots within the white disks are perceived when the grid is scanned. We determined the conditions necessary for producing colored illusory spots within the white disks by varying the color and luminance differences between the squares and bars constituting the grids. In addition, the effect of exposure duration was investigated. Four display conditions were compared in which the squares and bars were either gray, red, green, or blue. The luminance difference between the bars and squares was either held constant at a suprathreshold level or was zero. The main findings were: 1) No illusion is perceived when the luminance of the bars and squares was identical even when color differences existed. 2) No illusory spots are perceived when luminance contrast for both chromatic and achromatic patterns is low but still suprathreshold. 3) The illusory spots appear only when a sufficient suprathreshold luminance contrast between the bars and squares exists even when color differences are present. Mean rated strength of the illusory spots is similar for chromatic and achromatic patterns. Illusory spots assume the color of the squares (background) for all tested grids. By varying exposure duration it was found that the development of colored illusory spots is delayed compared to achromatic ones. It is hypothesized that the perception of colored illusory spots within the white disks of scintillating grids requires that both the m- and p-systems are active, with the m-system responsible for luminance but not for color and the p-system, responsible for color but not for luminance.

Schrauf M, Lingelbach B, Wist ER: The Scintillating Grid Illusion. *Vision Research*, 37, 1033-39, 1997.

Attention and Metacontrast: A Unifying concept

Kuno Kirschfeld & Thomas Kammer

Max-Planck-Institut für biologische Kybernetik, Tübingen

A standard metacontrast paradigm describes the modulation of perceived brightness as a function of the interstimulus interval (ISI) between target and surrounding mask. We hypothesized that there might be an increase in latency of perception along with reduction of perceived intensity.

We displayed two horizontal bars (in one line, height: 0.5 deg, width 3 deg) on a PC monitor, each for 25 ms with a variable ISI, the left one was presented first. To achieve maximal metacontrast there was no gap at the neighbored edges of the two bars.

Subjects perceive two moving lines, both start at the left and seem to ‚grow‘ to the right. The motion seen in the right line is the well known line motion illusion, generated by cue induced visual focal attention (Steinemann et al. 1997). The motion illusion perceived in the left line is due to metacontrast. This conclusion is supported by the finding that the effect is strongest when the left line as a target is presented 40 - 80 ms before the right line acting as a mask. At equivalent time differences, metacontrast in classical paradigms is strongest. The motion illusion results from the fact that the degree of dimming and the prolongation of latency decreases as the distance separating target from mask increases.

There is a close relationship between metacontrast and cue induced focal attention, both show, however, opposite actions: Focal attention intensifies perception of an object and reduces its latency of perception, whereas metacontrast diminishes intensity and prolongs latency.

**Postersitzung:
Bildverarbeitung**

Die Retina als paralleler diffraktiv-optischer 3D-4D-raumzeitlicher Gitterkorrelator

Norbert Lauinger

Institut für Optosensorik und CORRSYS GmbH, Wetzlar

Die Körnerschichten der Primatenretina können als diffraktive Phasengitter in der Bildebene des Auges interpretiert werden. Anstelle des Bildpunktes eines punktförmigen Seh-Objekts in einer Bildebene analysiert dieses zelluläre Mehrschichtengitter dessen dreidimensionales Bildellipsoid im Bildraum. Das retinale Zellgitter liefert damit die Grundlage für eine lokale parallele 3D-räumliche und 4D-raumzeitliche Datenverarbeitung im Talbot-/Fresnel-Nahfeld hinter dem Gitter (Rezeptorenraum) (1). Daneben auch die Grundlage für die Ortsfrequenzfilterung, die adaptive trichromatische Filterung die fourieroptische Bildvorverarbeitung im reziproken Gitterraum(2).

Im Rahmen des BMBF-Projekts „Elektronisches Auge“ konnte im Unterprojekt „MOVIS-Blindensensor“ durch CORRSYS mit einem Labormusteraufbau demonstriert werden, daß ein monokularer gitteroptischer Sensor eine sog. „Tiefenkarte“, d.h. lokale multiple raumzeitliche Abstandsdaten, zu liefern vermag, die auf die jeweils optimal fokussierte Tiefenebene relativiert sind. Mit diesem technischen Aufbau und seinen funktionellen Leistungsdaten war die Interpretation der Retina des menschlichen Auges als „Optoretina“, d.h. als diffraktives zelluläres Mehrschichtenphasengitter nachempfunden worden.

Bis heute wurden 2 alternative bzw. komplementäre technische Realisierungen der MULTIDIST-Sensorik realisiert: (1) Erweitertes CORREFOT-Verfahren (oszillierendes Gitter in der Bildebene eines Objektivs; Transformation der lokalen Bildpunkte bzw. ihrer räumlichen Parameter in entfernungsabhängige zeitliche Phasendifferenzen im sog. Pupillenteilungs- oder Scheiner-Verfahren) im MOVIS-Demonstrator. (2) Konvergentes TALBOT-Verfahren (CCD-basierte Fourieranalyse der lokalen entfernungsabhängigen räumlichen Ortsfrequenzen im reziproken Gitter, d.h. im Nahfeld hinter dem diffraktiven retinalen Mehrschichtengitter.) Die Abstände im diffraktiven Streifenmuster werden größer (d.h. die Ortsfrequenz im reziproken Gitter wird niedriger), je dichter der Fokus eines Objekts am Gitter liegt, d.h. je näher das Objekt ist. Die Objektentfernung ist also aus der Linienbreite im diffraktiven Streifensystem (d.h. dessen Ortsfrequenz im Fourierraum) berechenbar (3, 4). Beide Verfahren und ihre Leistungsdaten werden veranschaulicht.

1. N. Lauinger, „Transformation of light double cones in the human retina“, SPIE Proc. 3208, 1997, pp. 302-327
2. N. Lauinger, „The Inverted Retina of the Human Eye: a trichromatic 4D Spacetime Optical Correlator“, SPIE Proc. 2904, 1996, pp. 344-360
3. H.-O. Carmesin, „Optischer Korrelator für Bildfolgenverarbeitung“, 4. Workshop zum Förderschwerpunkt „Elektronisches Auge“ des BMBF in Berlin, 26.04.1996
4. D. D. Goldbeck, „Physik des gitterbasierten Sehens auf der Grundlage des fokussierten Talbot-Effektes“, Diplomarbeit Universität Bremen, September 1997

Lokale Signalanalyse mittels quaternionischer Gaborfilter

Thomas Bülow & Gerald Sommer

Institut für Informatik, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

Der Übergang von der 1D Fourier-Transformation auf die 2D komplexe Fourier-Transformation erfolgt derart, daß die letztere eine Zerlegung des Signals nach ebenen Wellen (in komplexer Darstellung) unterschiedlicher Orientierung und Frequenz verwirklicht. Zur Analyse nicht stationärer Signale geht man von der Fourier-Transformation zur short time Fourier transform (STFT) über oder bedient sich der damit verwandten Filterung mit komplexen Gabor-Filtern. Die Filterantwort eines reellen 2D Signals ist dann komplexwertig und erlaubt die Untersuchung der lokalen Energie und der lokalen Phase einer Frequenzkomponente mit bestimmter Orientierung. In realen Bildern finden sich jedoch Strukturen, die auch lokal nur unzureichend durch ebene Wellen approximiert werden können. Das Konzept der lokalen Phase, das in 1D Aufschlüsse über die lokale Struktur des Signals zuläßt, eignet sich zur Analyse lokaler Strukturen in Bildern nur dann, wenn diese intrinsisch eindimensional, d.h. gerade Linien oder Kanten sind. Die Signalrepräsentation für die Verwirklichung autonomer visuell gesteuerter Systeme muß der Aufgabe und Situiertheit des Systems angemessen sein. Es stellt sich aber heraus, daß es die oben genannten komplexen Darstellungen nicht erlauben, wesentliche Kompetenzen biologischer Systeme auf künstliche Systeme zu übertragen. Es wird untersucht ob und wie durch eine Erweiterung der Fourier-Transformation, der STFT und der damit verwandten Filterung mit komplexen Gabor-Filtern, ein Phasen-Konzept erreicht werden kann, das eine Analyse intrinsisch zweidimensionaler Strukturen erlaubt.

In der kürzlich von uns eingeführten quaternionischen Fourier-Transformation (QFT) findet sich ein Werkzeug, das eine Zerlegung eines 2D Signals in Basisfunktionen der Form $\cos(i u x) \cdot \cos(j v y)$ und die entsprechend phasenverschobenen Funktionen realisiert. Diese Funktionen sind intrinsisch zweidimensional. Wir stellen, aufbauend auf die QFT, die Filterung mittels quaternionischer Gabor-Filter vor und führen ein erweitertes Phasenkonzept ein: Die Filterantwort ist in diesem Fall quaternionenwertig, d.h. sie besteht aus einem Realteil und drei Imaginärteilen. Die Energie/Phasen-Darstellung enthält dementsprechend vier Anteile: den Betrag der Filterantwort und drei Phasenkomponenten. Es zeigt sich, daß anhand der erweiterten Phasenwerte die Unterscheidung intrinsisch zweidimensionaler Strukturen ermöglicht wird. So können Punkte, Schachbrettmuster und kompliziertere 2D Strukturen, daneben aber auch 1D Strukturen unterschiedlicher Orientierung anhand der Phase unterschieden werden.

Unsere bisherige Erfahrung mit der QFT und quaternionischen Gabor-Filtern zeigt, daß diese Techniken sich nicht nur in dem hier genannten Bereich der lokalen Strukturanalyse bewähren sondern auch die Überwindung bestehender Schwierigkeiten - z.B. die Verallgemeinerung des Konzepts des analytischen Signals auf 2D - erlaubt. Diese Ergebnisse lassen hoffen, daß sich einerseits weitere Schwierigkeiten der Signaltheorie mit Hilfe der genannten Techniken lösen lassen werden und sich andererseits praktischer Nutzen in realen Anwendungen einstellen wird.

Higher-Order Statistics of Natural Images and Their Exploitation by Neuronal Mechanisms

Gerhard Krieger & Christoph Zetsche

Institut für Medizinische Psychologie, Ludwig-Maximilians-Universität München

A number of recent studies have emphasized the importance of the statistical properties of our natural environment for an understanding of neural information processing and behavioural control.

In order to quantify the redundancies in natural images, most approaches have only made use of first- and second-order statistics, where the latter evaluate the correlations between pairs of pixels (autocorrelation-functions). It can be shown, however, that second-order statistics are completely blind to locally oriented image features, and are therefore inappropriate to explain the emergence of oriented receptive fields, which are a common property of cells in the primary visual cortex.

In order to overcome these limitations inherent in the second-order approach, we have investigated the bi- and trispectra of natural images. Our statistical analysis reveals strong dependencies between those frequency components which are aligned to each other with respect to orientation. We argue, that this higher-order redundancy can provide an explanation for the advantages of linear orientation-selective filter decompositions over isotropic schemes.

However, a full exploitation of these higher-order dependencies requires a nonlinear processing, for which we propose operators that are selective to intrinsically two-dimensional (i2D) image signals. These operators respond only to curved image features like corners, junctions etc., and show a close resemblance to end-stopped or hypercomplex cells. Based on the Volterra-Wiener series expansion of nonlinear systems we develop a generic class of such i2D-selective operators. We then argue, that these operators can be seen to decorrelate the statistics in an higher-order sense, thus providing an efficient representation of visual information with reduced dependencies between the individual units.

Natural Image Statistics, Orientation-Selectivity, and Cortical Gain Control

Christoph Zetsche & Gerhard Krieger

Institut für Medizinische Psychologie, Ludwig-Maximilians-Universität München

The optimal information processing strategies for visual recognition and sensori-motor control are essentially dependent on the statistical properties of the natural environment. For the explanation of certain neural properties, like lateral inhibition, or self-similar bandpass filtering, consideration of the second-order statistics is sufficient (cf. Röhrlbein and Zetsche), but in general it is necessary to take higher-order properties into account. This can be done in an approximate fashion by the computation of polyspectra (cf. Krieger and Zetsche), or by a direct identification of the basic structural properties of the multivariate probability density function (pdf). Here we pursue the second approach and use computer simulations to evaluate the joint multivariate statistics of the coefficients of linear wavelet-like filters in response to natural images. This statistical analysis reveals two basic structural properties of the pdf.

First, the probability mass is concentrated in a non-compact quasi-orthogonal subspace structure, which yields sparse distributions if projected onto those axes of the hyperspace which correspond to oriented receptive fields. This structure provides a sound explanation of the advantages of cortical orientation selectivity, whereas the standard principal component approach to this problem can be shown to lead to logical inconsistencies (Zetsche et al. (1997) *Neurosci. Lett.* 228).

The second structural property is closely related to the question whether the statistical redundancies in natural images can be efficiently exploited by purely linear filter mechanisms, or whether this requires nonlinear operations. Our analysis reveals that the response statistics of those linear filters which are jointly localized but differ in symmetry (even/odd), spatial frequency, or orientation, yield a multivariate density which is not separable in cartesian coordinates but exhibits a spherical separability. The information-theoretic approach thus predicts that a nonlinear transform to a feature space with spherical coordinates would be required for an efficient encoding. The suitable neural implementation of this nonlinear transformation turns out to be provided by gain-controlled mechanisms. Interestingly, the resulting encoding bears close similarities to shape-gain vector quantizers in technical image data compression. The prediction of a 'spherical representation' in early vision is also confirmed by the results of a psychophysical experiment on the discriminability of localized Gabor patches.

We conclude that orientation-selectivity and cortical gain control are important steps in the exploitation of the statistical redundancies of the natural environment by the visual cortex.

$1/f^2$ power spectrum of natural images and self-similar bandpass channels in biological vision

Florian Röhrbein & Christoph Zetsche

Institut für Medizinische Psychologie, Ludwig-Maximilians-Universität München

A basic approach to the understanding and modeling of biological sensory systems is the interpretation of their structure as a result of an optimal adaptation to the statistics of the natural environment. For visual information processing this amounts to the investigation of the relation between the statistical redundancies of natural images and the basic properties of visual neurons. With this information-theoretic approach it could be demonstrated, for example, that retinal lateral inhibition is well adapted to the second-order statistics (autocorrelation function, power spectral density) of natural images. However, it is still under discussion whether other features of biological visual systems can also be explained within this restricted context of second-order decorrelation by linear systems. There is evidence, for example, that cortical orientation selectivity requires consideration of higher-order statistics (Zetsche et al. (1997) *Neurosci. Lett.* 228:155). It has also been questioned, whether the localization and self-similarity of cortical receptive fields can be explained within the standard second-order approach (Field (1994) *Neural computation* 6:559). Here we show, however, that such an explanation can indeed be found. For this, we analysed the exploitation of the $1/f^2$ power spectra of natural images by technical sub-band coders, which are closely related to the frequency-selective bandpass filters in biological vision systems. We evaluated the coding performance of the system in terms of the rate distortion theory of communication engineering, and found that an optimal partitioning of the frequency space is obtained by bandpass channels with an approximately constant bandwidth on a logarithmic axis. We also found a slight but systematic deviation of the optimum bandpass decomposition from perfect self similarity, which consists in a systematic decrease of the bandwidth with increasing center frequency. This corresponds exactly to the neurophysiological measurements of the distribution of the bandwidths of neurons in the visual cortex.

Erlernen von Merkmalskonfigurationen für die Szenenanalyse mit sakkadischen Augenbewegungen

**Elisabeth Umkehrer, Stephan Beinlich, Christoph Zetzsche,
Ernst Pöppel & Kerstin Schill**

Institut für Medizinische Psychologie, Ludwig-Maximilians-Universität München

Hintergrund unserer Forschungsarbeiten ist die Frage, wie die auf primären Verarbeitungsebenen gewonnenen Signale in höheren kognitiven Verarbeitungsebenen verarbeitet, repräsentiert und zu gespeichertem Wissen in Beziehung gesetzt werden.

Dies wird am Beispiel eines Modells des sensomotorischen Bogens der sakkadischen Szenenanalyse untersucht. In diesem Modell soll ein Wissensbasiertes System mit einer Signalvorverarbeitung, die auf Erkenntnissen über das Verhalten von Zellen im visuellen Cortex beruht, kombiniert werden. Weiterhin sollen Ergebnisse von psychophysischen Experimenten zu Augenbewegungen miteinbezogen werden. Das Wissensbasierte System wird dabei signaltheoretische Informationen mit explizitem symbolischem Schlußfolgern verknüpfen.

Die Modellierung des Wissens über die Szenen erfolgt dabei nicht, wie im "Computational Vision"-Bereich üblich, allein über afferente Merkmale, sondern auf der Basis sensorischer Information und potentiell motorischer Aktionen, speziell Augenbewegungen. Augenbewegungen werden dabei als Relationen zweier Merkmale, die über ihre relative Position zueinander verknüpft sind, repräsentiert. Aufgabe des Systems ist es in Abhängigkeit von Vorwissen über Szenen und bereits erfolgten Augenbewegungen auf der aktuellen Szene diejenige nächste Augenbewegung zu berechnen, die eine möglichst effiziente Erkennung der Szene ermöglicht.

Jede dieser Augenbewegungen deutet nur mit einer gewissen (Un-)sicherheit auf eine Hypothese über die Szene. Zur Erfassung von Unsicherheit in Wissensbasierten Systemen stehen prinzipiell eine ganze Reihe von unterschiedlichen theoretischen Ansätzen, wie z.B. die Bayes Theorie, Fuzzy Set Theorie, etc. zur Verfügung. Eine Randbedingung bei der Wahl der Unsicherheitstheorie war die hierarchische Strukturierung der Hypothesen über die Szenen. Aus diesem Grund bot sich die Dempster-Shafer-Theorie als Unsicherheitstheorie an, die den Umgang mit hierarchischen Hypothesenräumen in diesem Kontext erleichtert.

Die Dempster-Shafer-Theorie erfaßt die Unsicherheit mit Glaubensmaßen, die bei der Entwicklung von Wissensbasierten Systemen üblicherweise von Experten erfragt werden. Da im Falle der Modellierung von Augenbewegungen dieses Wissen nicht explizit vorliegt, müssen die Glaubensmaße vom System selbst gelernt werden. Wir zeigen, daß es bei einer hierarchischen Hypothesenmenge ein einfaches Verfahren gibt, um basic probability assignments (bpa) der Dempster-Shafer-Theorie aus generierten Augenbewegungen abzuleiten, so daß die bpa's eine naheliegende Interpretation erhalten.

Auf der Basis dieser Glaubensmaße arbeitet eine Strategie, die in jedem Schritt diejenige Augenbewegung berechnet, die einen maximalen Informationszuwachs verspricht.

**Postersitzung:
Physiologie**

Functional Magnetic Resonance Imaging Reveals Neuronal Correlates of Figure-Ground Segregation

G. Skiera, D. Petersen, M. Skalej & M. Fahle

Section Visual Science, University Eye Clinic, Tübingen

Figure-ground segregation is an important first step for object recognition in natural environments. We investigated whether an increase of neuronal activity specific for figure-ground segregation may be detectable through the 'BOLD' (blood oxygen level dependent) contrast in functional magnetic resonance imaging (fMRI). Stimuli were projected on a small perspex screen located around 15 cm in front of the subject's eyes in a Siemens Magnetom with a 1.5 tesla magnetic field. The subjects were either myopic or wore adequate near corrections. Stimuli subtended around 24 deg. horizontally and vertically and were projected on the screen by means of a video-projector under computer control. Figure-ground segregation was tested for stimuli differing in either luminance, color, or motion direction of small dots. For example in the case of luminance, the segregated stimulus consisted of a 8 x 8 element checkerboard while the homogeneous stimulus consisted of a homogeneous gray area. In the case of color, the segregated stimulus was a red on green checkerboard; in the case of motion, the checks were defined by element motions in opposite directions, while the homogeneous condition (without figure-ground segregation) consisted of motion of all dots in the same direction.

The images obtained after the homogeneous and the corresponding segregated stimulation were first correlated with a synthesized box car vector using a method described by P. Bandettini et al. (MRM 39:161-173; 1993). In a pilot study, these correlation images show activation of the primary visual cortex that is related to figure-ground segregation. The activity is present for the figure-ground segregation based on all three types of cues. The motion defined figure-ground stimulus moreover activates the temporal cortex in a region that might correspond to the human analog of area MT.

In summary, our results show that neuronal mechanisms exist as early as the primary visual cortex that are sensitive to figure-ground segmentation based on color, luminance, or motion cues.

**Wahrnehmung inkohärenter und kohärenter visueller Stimuli:
Vorläufige Ergebnisse zweier Diskriminationsexperimente
mit visueller Halbfeldtechnik bzw. funktioneller
Magnetresonanztomographie**

Ralf Goertz & Jürgen Reichenbach

Institut für Psychologie, Friedrich-Schiller-Universität Jena

Die Nutzung der funktionellen Magnetresonanztomographie und anderer bildgebender Verfahren zur Lokalisation von kognitiven Funktionen hat in den letzten Jahren zunehmend an Bedeutung gewonnen. Uns interessiert in diesem Zusammenhang die Unterscheidbarkeit verschiedener Repräsentationsebenen, einer eher räumlich-visuellen und einer begrifflich-abstrakten Ebene. So können zum Beispiel bestimmte geometrische Aufgaben sowohl durch Anwenden von Formeln als auch durch Manipulation der internen visuellen Repräsentation des Problems gelöst werden. Ziel weitergehender Untersuchung ist es, die Hypothese zu prüfen, daß mathematisch Hochbegabte beide Repräsentationsformen gleichzeitig zur Aufgabenlösung nutzen und daß dies eine Quelle ihrer Hochbegabung sein könnte. In Voruntersuchungen muß daher geprüft werden, ob die verschiedenen Repräsentationsformen tatsächlich im fMRT sichtbar gemacht werden können. Im folgenden sollen vorläufige Ergebnisse einer gekoppelten Untersuchung mit visueller Halbfeldtechnik und fMRT beschrieben werden.

Als Stimuli wurden dazu vier verschiedene Klassen geometrischer Objekte verwendet: drei- und viereckige Penrose-Figuren, also Abbildungen von Gebilden, die nicht als räumlich mögliche Objekte gesehen werden können sowie deren räumlich möglichen Pendants. Aufgabe der Versuchspersonen war es, in getrennten Blöcken über die Anzahl der Ecken (dreieckig/viereckig) bzw. über die Kohärenz der Stimuli (räumlich möglich/unmöglich) zu entscheiden.

In der Verhaltensstudie wurden die Stimuli tachistoskopisch lateralisiert dargeboten und mit zufälligen Geraden maskiert. 14 Versuchspersonen nahmen an diesem Versuch teil. Untersucht wurde die Diskriminationsfähigkeit getrennt für linkes und rechtes visuelles Feld sowie für beide Anforderungen (Eckigkeit/Konsistenz) mit Hilfe von d' . Wichtigstes Ergebnis war eine Wechselwirkung zwischen Anforderung und Darbietungsseite. Während die Konsistenzentscheidung im linken visuellen Feld besser war, ergab sich im rechten visuellen Feld ein höheres d' in der anderen Anforderung.

Dieselben Anforderungen wurden bisher einer Versuchsperson unter Nutzung des fMRT gestellt. Allerdings wurde dabei auf die Lateralisierung der Reize verzichtet. Es zeigte sich eine signifikant höhere Aktivität im linken Temporallappen bei der Konsistenzaufgabe. Dies widersprach den Ergebnissen aus der Verhaltensstudie nach der ein rechts-hemisphärischer Vorteil vermutet wurde. Daher wurde dieser Proband auch mit dem ersten Design untersucht. Tatsächlich zeigte sich auch hier der linkshemisphärische Vorteil.

ERP Signs of Spatial Encoding of Shape and Color

Christine Kohlmetz, Tiia Tuulmets & Thomas F. Münte

Department of Neurology, Medical School of Hannover

The representation and access to shape and color of a form was assessed with event-related brain potentials (ERPs) in a partial-report task, which required to recall either the shape or the color of a form. A post-cue indicated the location at which the shape or color attributes of a form in a multi-element stimulus had to be recalled. The efficiency of the selection by location was measured as a function of number of items in the visual field (4, 8 or 16) and the delay of the location cue (100 ms or 500 ms) following the stimulus offset. The behavioral data indicated an effect of display size with more pronounced decrease of accuracy in the shape report task. The ERP data showed a significant influence of set size on the late positive component (P300) in the shape task but not in the color task. The results indicate that the allocation of attention to one spatial position can trigger shape and color attributes at that location independently. The results further suggest that shape and color are encoded with a different location-code.

Hemisphärenasymmetrien bei der Wahrnehmung kurzer Zeitintervalle

Claudia Goertz

Institut für Psychologie, Humboldt-Universität zu Berlin

Zur Wahrnehmung und Verarbeitung von Zeitinformation liegen zahlreiche, wenngleich durchaus widersprüchliche Befunde über Hemisphärenunterschiede vor, die eher für einen Vorteil der linken Hemisphäre sprechen. Die Erklärungsansätze dafür sind ebenfalls recht unterschiedlich. So werden Zusammenhänge zur Sprachverarbeitung oder zur Motorik hergestellt, andere Ansätze ziehen neuroanatomische Asymmetrien wie das Verhältnis von grauer und weißer Substanz für die Interpretation ermittelter Verarbeitungsunterschiede zwischen den Hemisphären heran.

In den eigenen Untersuchung wurde mit Zeitintervallen im Millisekundenbereich gearbeitet, die mittels Leuchtdioden und der visuellen Halbfeldtechnik lateralisiert dargeboten wurden. Es zeigte sich in mehreren Studien ein rechtshemisphärischer Vorteil im d' bei der Unterscheidung zweier verschieden langer Intervalle. Dabei wurde die Helligkeit der Stimuli variiert, um den Einfluß der Intensität auf die Zeitwahrnehmung und die dabei aufgetretenen Hemisphärenasymmetrien zu untersuchen. Die Ergebnisse sprechen dafür, daß die Helligkeit über die Zeit integriert wird, denn die Diskriminationsleistung sinkt, wenn die Helligkeit nicht mehr mit der Dauer der Reize korreliert. Der rechtshemisphärische Vorteil bleibt jedoch erhalten.

Component-Perimetry: A Fast Visual Field Test for Different Visual Functions

Gudrun Bachmann & Manfred Fahle

Sektion Visuelle Sensorik, Universitäts-Augenklinik Tübingen

A lesion of the visual pathway may lead to different types of visual field defects depending on the level of the lesion. The resulting visual field defects are often not consciously experienced by the patients. A perimetric method is introduced to examine separately the perception of different components or functions of vision, such as the discrimination of orientation, depth, color, and motion, or else temporal resolution, visual acuity, and figure-ground segmentation.

A large portion of the visual field was tested simultaneously with perimetric patterns that isolate individual visual functions. We compared the size of visual field defects revealed by our method with those of conventional perimetry in neurological patients and normal controls in order to evaluate the reliability of the method. Component- and conventional perimetry were used to examine the visual fields of 40 patients with circumscribed brain lesions and 20 controls subjects. The results obtained with the different types of component-perimetry were correlated with those of conventional perimetry and related to the localization of the brain lesions as revealed by CT or NMR scans.

Component-perimetry was able to detect all visual field defects in patients suffering from lesions between the optic chiasm and the primary visual cortex. A control group showed no false positive results. In another group of patients suffering from lesions including extrastriate visual areas, visual field defects were larger for some types of component-perimetry than for conventional perimetry.

Component perimetry provides information about the localization and etiology of lesions causing visual field defects not available from conventional perimetry. The new method can therefore differentiate at least partially between lesions of the ventral versus dorsal visual processing streams. We conjecture that component-perimetry is a useful tool that allows to screen the visual field for different types of visual field defects and thus distinguishes between different disorders of visual perception.

**Automated assessment of the visual contrast sensitivity
function in the hooded rat**

H. Strasburger, J. Keller, D.T. Cerutti & B.A. Sabel

Inst. für Med. Psychologie, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

The spatial contrast-sensitivity function (CSF) is a sensitive, quantitative behavioral test for assessing spatial visual function that is comparable across species. Rat vision is widely assumed too poor for meaningful psychophysical assessments, and the perceptual characteristics of vision in rats, despite their predominant laboratory use, have been rarely studied. We have developed a method for rapid assessment of the hooded rat's CSF using a computer monitor for stimulus display and an infrared touch screen as response detector. Sine-wave gratings, varying in contrast and spatial frequency, were presented in a six-alternative forced-choice task; a rat's nose-poke to the target stimulus resulted in reinforcement (water), and nose-pokes to other locations repeated the trial with a short, aversive time-out. Spatial frequencies assessed were in the range of 0.041 to 0.78 cyc/deg; at each spatial frequency tested, stimulus contrast changed according to a simple adaptive procedure. Psychometric functions were determined by fitting a logistic function to the binary response data using a maximum-likelihood fitting procedure, and the point of inflection was taken as the threshold (Harvey, L. O., Jr., 1997, *Spatial Vision*, 11, 121-129). The CSFs obtained had the typical inverse-U shape, and peak sensitivity occurred at around 0.10 cyc/deg, similar to previous data. We consider this procedure to be a valid method for rapid determination of the rat's CSF and an efficient tool for spatial vision assessment after experimental manipulations of the visual system.

Besteht eine topographische Beziehung von Skotom und Phosphen bei Magnetstimulation des visuellen Kortex?

Thomas Kammer & Kuno Kirschfeld

MPI für biologische Kybernetik, Tübingen

Transkranielle Magnetstimulation (TMS) des visuellen Kortex führt bei vielen Versuchspersonen (VP) zur Wahrnehmung einfacher Phosphene. Andererseits kann TMS in einem umschriebenen Zeitfenster die visuelle Wahrnehmung unterdrücken. Bisher ist es unklar, ob die Lage der Phosphene im Sehfeld sich mit der Lage der Skotome deckt.

Das Gesichtsfeld des rechten Auges von 10 VP wurde mit einem Raster von 32 Punkten perimetriert, die einen Abstand von 1 Grad, 4 Grad und 10 Grad vom Fixationspunkt hatten. Zusätzlich wurde der blinde Fleck mit 5 Punkten (Kontrollmessungen) bzw. 1 Punkt (TMS-Messungen) als Fixationskontrolle untersucht. Als Objekt diente ein Quadrat mit einer Seitenlänge von 0,25 Grad, welches für 1 ms auf einem Monitor mit einer Hintergrundhelligkeit von 2,9 cd/m² gezeigt wurde. Die Wahrnehmungsschwellen wurden nach der Strategie des Tübinger Automatik-Perimeters mit individuellen Treppenfunktionen ermittelt. Über dem Occipitalpol der VP mit einer seitlichen Abweichung von der Mittellinie (1-2 cm) wurde TMS mit einer fokalen Doppelspule und einer Intensität von 50-75% der maximalen Ausgangsleistung appliziert. Die VP zeichneten die wahrgenommenen Phosphene auf ein Amsler-Netz. Zur Perimetrie unter TMS wurde mit einer festgewählten SOA von 70-100 ms nach jeder Präsentation ein Magnetspuls ausgelöst.

Alle 10 VP konnten Phosphene beschreiben, die sich je nach Spulenposition überwiegend in den kontralateralen unteren Quadranten parafoveal mit 1 Grad - 5 Grad ausdehnten. Das Ausmaß der Phosphene variierte interindividuell und war in kritischer Weise abhängig von der Spulenposition. Bei 8 von 10 VP fand sich unter TMS eine Erhöhung der Wahrnehmungsschwellen von 8 - 18 dB in den Gesichtsfeldbereichen, in denen die VP das Phosphen wahrgenommen hatte. Die Winkelgröße des Skotoms stimmte bei vier VP mit der des Phosphens überein, bei einer war das Skotom kleiner und bei dreien größer.

Fokale TMS über dem visuellen Kortex führt zur Modulation der Wahrnehmungsschwellen im Sinne eines transienten Skotoms. Es besteht eine topographische Korrespondenz zwischen den durch Magnetstimulation evozierbaren umschriebenen Phosphenen und den transienten Skotomen.

Anisometrie der Sehauflösung und kortikale Repräsentation - Ein Modell

Jens von Berg

Graduiertenkolleg Kognitionswissenschaft, Hamburg

Die Repräsentationen beider Gesichtsfelder werden im visuellen Pfad erstmals in V1 räumlich zusammengeführt. Bei Menschen wie bei Makaken sind hierbei die okularen Dominanzstreifen (OD) zu beobachten. Diese Konvergenz führt im Modell geometrisch zu einer Anisometrie in der so entstehenden kortikalen Karte, da in ihr zwei Repräsentationen des Gesichtsfeldes räumlich integriert werden müssen.

Aus dieser Verdopplung resultiert entweder eine Anisometrie der Gesamtabbildung oder eine Stauchung des zu repräsentierenden Doppelbildes orthogonal zu den Streifen (mikroskopische Anisometrie).

Aus letzterer lassen sich unterschiedliche Sehschärfen für verschiedene Orientierungen aufgrund unterschiedlicher kortikaler Repräsentationsdichten vorhersagen. Ausgehend von der Rückprojektion der OD eines Makaken in sein Gesichtsfeld (Hubel & Freeman 1977) konnten hier tatsächlich Übereinstimmungen mit Anisometrien in der menschlichen Sehschärfe gezeigt werden (Fahle 1991). Fraglich bleibt die Übertragbarkeit der Daten eines einzigen Makaken auf ein Modell des Menschen, für den selbst (noch) keine entsprechenden Werte verfügbar sind.

Basierend auf der komplexen Abbildung $\log(z+a)$ haben wir mehrere Präparate von Makaken (Horton & Hocking 1996) entsprechend parametrisiert und daraufhin die OD rückprojiziert. Zusätzlich wurden Meßergebnisse vom Menschen (intracraniale Ableitungen, Vermessungen von Migränephosphenen und fMRI-Untersuchungen) aus der Literatur von uns formalisiert und deren Parametrisierung verglichen. Hier wurde jedoch nur die Abbildungsfunktion, nicht die OD untersucht.

Für die Makaken ergibt sich: (1) Im zentralen Bereich (Exzentrizität < 0,5 Grad) läßt sich keine vorherrschende Ausrichtung erkennen. (2) Zwischen 0,5° und etwa 8° sind die Streifen durchgängig horizontal. (3) Außerhalb liegen sie konzentrisch um den Fixationspunkt.

Der Parameter a liegt bei den Daten des Menschen in dem Bereich, der auch für die jeweiligen Makakenmodelle resultierte (0,4 Grad - 0,7 Grad). Die größere Gesamtfläche spricht zusammen mit den breiteren OD für eine relativ zum Makaken lediglich vergrößerte aber strukturgleiche Abbildung auf V1 des Menschen.

Greifen als Test für die Unterscheidung von Wahrnehmung und Handlung

**Volker Franz, Karl R. Gegenfurtner, Heinrich H. Bühlhoff &
Manfred Fahle**

Max-Planck Institut für biologische Kybernetik, Tübingen

In der Literatur wird angenommen, daß die Verarbeitung visueller Information für die Zwecke von Wahrnehmung und Handlung unterschiedlich verläuft. Diese Unterscheidung soll sich bei gesunden Personen darin zeigen, daß Größenillusionen auf die Greifmotorik einen deutlich geringeren Einfluß ausüben als auf die Wahrnehmung (Aglioti, DeSouze & Goodale, 1995; Brenner & Smeets, 1996). Zur Überprüfung der Hypothese wurde eine virtuelle Untersuchungsapparatur (Ernst et al., ARVO 1997) verwendet, die eine weitgehende Manipulation der visuellen Information gestattet. Mit dieser Apparatur ließen sich Störvariablen besser als in vorherigen Studien kontrollieren.

Sechzehn Versuchspersonen (VPn) wurden Scheiben mittels Bildschirm und Stereobrille virtuell dargeboten. Eine zentrale Scheibe war von fünf großen bzw. kleinen Kontext-Scheiben umgeben, so daß sich die Ebbinghaus Illusion ergab: Bei großen Kontext-Scheiben wird die zentrale Scheibe kleiner, bei kleinen Kontext-Scheiben größer wahrgenommen. Der Durchmesser der zentrale Scheibe variierte von 27 bis 37 mm, in 2 mm Schritten. Die Wahrnehmung der virtuellen zentrale Scheibe deckte sich in der räumlichen Ausdehnung mit einer realen Scheibe, die jedoch hinter einem Spiegel lag und daher von den VPn nicht gesehen wurde. Die VP führte eine Greifbewegung nach der virtuellen Scheibe durch und erhielt haptisches Feedback durch die reale Scheibe. Mittels eines Optotrak - Systems wurde die maximale Handöffnung vor Berührung der Scheibe gemessen. Der Einfluß der Illusion auf die Wahrnehmung wurde über eine Einstellprozedur ermittelt.

Wir fanden sowohl für die wahrgenommene Größe als auch für die maximale Griffgröße einen Einfluß der Illusion. Dieses Ergebnis steht im Widerspruch zu den Ergebnissen in der Literatur. Gründe für diese Diskrepanz werden diskutiert.

Greifen in Situationen mit visueller und haptischer Information in Konflikt

Marc O. Ernst, H. A. H. C. van Veen, M. A. Goodale & H. H. Bühlhoff

Max-Planck Institut für biologische Kybernetik, Tübingen

Verändert sich die visuell wahrgenommene Geometrie des Raumes, zum Beispiel durch das Aufsetzen einer optischen Brille, so müssen wir unser visuomotorisches System entsprechend anpassen, um erfolgreich mit Objekten in diesem Raum zu hantieren. Wir untersuchten Adaptionsprozesse des visuomotorischen Systems, indem wir mit Hilfe von virtuellen Umgebungen die Größe von Objekten manipulierten und das Greifverhalten der Versuchspersonen analysierten. Der experimentelle Aufbau bestand aus einem Computermonitor, der kopfüber befestigt war, und einem Spiegel. Die Aufgabe der Versuchspersonen bestand darin, reale Würfel verschiedener Größe (2, 3, 4 und 5 cm) zu greifen, während ihnen über den Spiegel dreidimensionale computer-generierte Bilder dieser Würfel (virtuelle Würfel) präsentiert wurden. Der Spiegel war so justiert, daß sich die Bilder der Würfel mit den realen Würfeln deckten und die Versuchspersonen keine andere visuelle Information als das Spiegelbild bekamen. Die Bilder waren zu Beginn eines jeden Durchgangs so lange sichtbar, bis die Greifbewegung begonnen wurde. Die gesamte Greifbewegung wurde mit einer Infrarot-Kamera [OPTOTRAK 3020] aufgezeichnet, die die Position von Markern, die auf der Hand befestigt waren, in allen 3 Dimensionen liefert. Während des Experiments veränderten wir die Größe der virtuellen Würfel um 1cm entweder in kleinen Schritten [1-2 mm] oder in einen großen Sprung und erzeugten damit einen Konflikt zwischen der visuellen und der haptischen Information. Wird mit einer begrenzten Anzahl von Objekten experimentiert, wie es hier der Fall war, kann der Konflikt auf zwei Arten gelöst werden: Entweder durch eine Rekalibrierung des visuomotorischen Systems oder mit Hilfe einer gelernten Repräsentation der Objekte, wenn die Bilder den Objekten eindeutig zugeordnet werden können. Während im ersten Experiment alle Würfel das gleiche Aussehen hatten, waren die Würfel im zweiten Experiment je nach Größe verschieden farbig, um die Zuordnung des Bildes zu der Größe der Würfel zu erleichtern. Im dritten Experiment verwendeten wir zwei Gruppen von Würfeln, die sich in ihrer visuellen Textur unterschieden. Wir erzeugten den Größenkonflikt nur in einer der beiden Gruppen, um zu sehen, ob eine separate Adaption des visuomotorischen Systems für die zwei Gruppen möglich ist.

Im ersten und zweiten Experiment stellte sich die Adaptation innerhalb weniger Griffe ein (vgl. Gentilucci et al.; Exp. Brain Res. 1995). Plötzliche Größenänderungen von 1 cm haben einen geringeren Einfluß auf die Griffe, wenn die Würfel farbig markiert und damit einfacher zu identifizieren sind. Im dritten Experiment zeigte sich, daß eine Adaption für eine separate Gruppe von Objekten nicht möglich ist. In keinem der Experimente wurde der Größenkonflikt von den Versuchspersonen bemerkt. Wir schließen aus den Ergebnissen, daß eine Adaption des visuomotorischen Systems schnell erfolgt, wobei die Größenrepräsentation der Objekt eine Rolle spielt. Da allerdings eine separate Adaption für eine Objektgruppe nicht möglich ist, wird vermutlich das gesamte visuomotorische System rekalibriert. Diese Hypothese wird zur Zeit eingehender untersucht.

Kontrollierte Blickrichtung bei wachen Affen ohne Dressur

J. Krüger, I. Bondar, M. Fahle, E. Schottmann & X. Schwiete

AG Hirn, Institut für Biophysik, Universität Freiburg

Die Lenkung des Blicks in eine gewünschte Richtung, und deren Kontrolle, ist eine Schwierigkeit bei Untersuchungen des Sehvorgangs an wachen Affen. Bei einer gängigen Methode hat das Tier einen Hilfspunkt zu fixieren; die Blickrichtung wird oftmals mit auf dem Augapfel befestigten Induktionsspulen gemessen, und die Konstanzhaltung belohnt. Wenn physiologische Reaktionen auf zusätzliche visuelle Reize untersucht werden sollen, dann kann jedoch das Tier seine Optomotorik für den Vorgang des Sehens nicht in normaler Weise einsetzen. Andererseits fand man im visuellen Kortex unerwartete Ergebnisse im Zusammenhang mit Augenbewegungen (BC Motter & GF Poggio, *Exp. Brain Res.* 83: 37-43, 1990; MS Livingstone et al., *Cold Spring Harbor Symp. Quant. Biol.* 61: 27-37, 1996). Unter Einsatz der hier vorgestellten Technik soll mit dauerhaft implantierten Multi-Mikroelektroden aus der fovealen Projektion von V1 von undressierten Affen abgeleitet werden, wobei die Tiere die Blickwendung zum Blickziel selbst bestimmen.

Um dabei doch die Blickrichtung einzuschränken, wurde das Tier (*Macaca mulatta*) in 90 cm Entfernung vor einen undurchsichtigen Schirm gesetzt, der den größten Teil des Gesichtsfelds einnahm. In Abständen der Größenordnung 10 Grad befanden sich einige Löcher von 2 Grad Durchmesser im Schirm. Von vorn und leicht von unten wurde unter Beleuchtung durch zwei Infrarot-Punktquellen mit einer Videokamera ein Auge in starker Vergrößerung (Augapfelradius = 1/3 Kamerabildfeld) aufgenommen. Aus der Lage der zwei Corneareflexe relativ zur Pupillenmitte wurde der Pupillendurchmesser sowie die zunächst ungeeichte Blickrichtung horizontal und vertikal mit einer Zeitauflösung von 20 ms ermittelt. Das Tier saß in einem Affenstuhl, in dem es sich relativ frei bewegen konnte. Der Kopf war nicht fixiert, so daß der Blick auch senkrecht nach oben gerichtet werden konnte. Der Schirm war bei offener Tür zum Korridor so im Labor platziert, daß der Affe durch die Löcher einen eingeschränkten Blick auf den Korridor hatte.

In Versuchen von je 20 Minuten Dauer schaute der Affe große Teile der Zeit durch die Löcher, wobei der Anreiz dazu durch die normale Betriebsamkeit auf dem Korridor gegeben war. Dabei ist hervorzuheben, daß nicht von vornherein ein "interessanter visueller Reiz" ausgewählt werden mußte, um den Blick auf eines der Löcher zu richten, sondern dazu genügte häufig schon ein Geräusch. "Yarbus-Rückprojektionen" der gemessenen Blickrichtung ins Gesichtsfeld gaben sehr deutlich die räumliche Lage der Löcher wieder, und erlaubten damit die Blickrichtungs-Eichung. Zunächst wurde eine Genauigkeit von ± 2 Grad festgestellt, die sich wegen der Vielzahl noch möglicher Verbesserungen auf unter 1 Grad verringern lassen wird.

Durch diese Versuchsanordnung, und die Langzeit-Ableitung, wird es möglich, dem Affen (in hinreichend großen zeitlichen Abständen auch wiederholt) visuelle Reize darzubieten (Pupillenreaktionen werden dabei nützliche Informationen liefern), die nicht erst durch Belohnungsdressur für ihn interessant werden, und bei denen man erwarten kann, daß er sie tatsächlich regelrecht anschaut. "Normales Anschauen" ist neurophysiologisch noch nicht gut untersucht.

Lorazepam: a tool enhancing the processing of discontinuities?

A. Giersch

Sektion Visuelle Sensorik, Universitäts-Augenklinik Tübingen

Numerous electrophysiological studies have suggested that GABAA is involved in the computation of visual information. It might play a role in particular in the generation of the responses of end-stopped cells involved in the processing of discontinuities. Benzodiazepines like lorazepam enhance the fixation of GABA on the GABAA receptor. We tested the hypothesis that lorazepam enhances the detection of discontinuities by using static stimuli composed of horizontal line-segments. Stimuli were composed of (1) collinear and discontinuous, (2) collinear and continuous, (3) parallel and discontinuous, or (4) parallel and continuous elements. One stimulus was presented on each trial in the center of a computer screen for 160 msec. Subjects had to decide whether the stimulus was continuous or discontinuous. They gave their response by pressing a left or right response key. The results showed that lorazepam-treated subjects were faster at detecting a discontinuity when the stimulus was composed of two aligned line-segments (- -) than when it was composed of two parallel line-segments (=). Placebo-treated subjects displayed equivalent performance in the two conditions. These results support the hypothesis that lorazepam enhances responses to line-ends. They are consistent with previous results, obtained with static drawings, letters, fragmented squares and dynamic stimuli. Lorazepam might be a useful tool to investigate the role of line-ends in visuo-perceptual integration processes and to link experimental psychology and electrophysiology.

Verzeichnis der Autoren

A

Andres, J. 132
Anstis, S. 116
Arndt, P. 66
Aust, U. 110

B

Bachmann, G. 158
Baratoff, G. 141
Bäumli, K.-H. 134
Beinlich, S. 151
Berg, J. von 161
Binkofski, F. 39
Bondar, I. 164
Bösch, U. 58
Brauer, W. 45
Braun, D.I. 46
Braun, J. 38
Bröde P. 125
Broos, A. 94
Budde, J.S.U. 117
Bülow, T. 147
Bülthoff, H.H. 72, 76, 78, 108, 162,
163
Bülthoff, I. 120
Burk, M. 67

C

Campenhausen, M. von 137
Cave, K.R. 62
Cerutti, D.T. 159
Chatziastros, A. 77, 78
Christou, C.G. 72
Cleveland, S. 136
Colonius, H. 66

D

Davidson, H. 62
De Luca, E. 96
Denzinger, A. 84
Deubel, H. 37
Distler, H.K. 48
Dresp, B. 138
Duffy, C.J. 50

E

Eckhorn, R. 43
Eckle, T. 46
Ehrenstein, W.H. 85
Eisenkolb, A. 45
Enders, H. 142
Ernst, M.O. 163

F

Fahle, M. 26, 68, 92, 93, 94, 95, 96,
117, 154, 158, 162, 164
Faul, F. 129
Ferber, S. 86
Fieder, M. 110
Fischer, B. 36, 69
Franz, V. 162
Fromherz, P. 135

G

Gegenfurtner, K.R. 46, 47, 48, 139,
162
Geiger, S. 33, 74, 75
Giersch, A. 165
Gillner, S. 33, 74, 75
Goebel, R. 40

Goertz, C. 157
Goertz, R. 155
Goodale, M.A. 163
Gresty, M.A. 51
Griefahn, B. 125
Griesemer, M. 100
Grigo, A. 53
Groß, H.-M. 119

H

Hamker, F.H. 119
Hammer, M. 80
Hartnegg, K. 69
Hauf, P. 100
Hecht, H. 49, 52
Heide, W. 39, 67
Heinecke, A. 63
Heller, D. 58, 70
Heller, J. 82
Henning, G.B. 115
Herzog, M.H. 93, 94, 95
Heyer, D. 131
Hol, K. 56
Holland-Moritz, A. 95
Hub, A. 135
Huber, L. 110
Huber, S. 77
Huckauf, A. 70
Husain, M. 54

I

Ilg, U.J. 42
Irtel, H. 128

J

Jaschinski, W. 125
Jüptner, M. 99
Jüttner, M. 90, 91, 105

K

Kammer, T. 143, 160
Karnath, H.-O. 85, 86, 87
Kehrer, L. 114
Keller, J. 159
Kerzel, D. 49, 52
Kim, N.-G. 49
Kirschfeld, K. 137, 143, 160
Kohlmetz, C. 156
Kömpf, D. 67
Kömpf, D.K. 39
Krekelberg, B. 44
Krieger, G. 148, 149
Kriegeskorte, N. 111
Krope, K. 54
Krüger, J. 164
Krummenacher, J. 58
Kunde, W. 65

L

Lappe, M. 44, 50, 53
Lauinger, N. 146
Leder, H. 109
Lenhart, P.M. 79
Lewald, J. 85
Logothetis, N. 104
Loidolt, M. 110
Ludwig, I. 98

M

Mallot, H.A. 33, 74, 75
Martinez, J.C. 55
Mattes, S. 61
Mattler, U. 63
Mayer, U. 80
Mayer, H. 46
Meinecke, C. 27
Meinhardt, G. 97
Mokler, A. 36, 69

Mortensen, U. 97
Mücke, S. 80
Mühlener, A. von 64
Müller, H.J. 64
Müller, R. 83
Müller-Plath, G. 118
Münze, T.F. 156
Musto, A. 45

N

Neumann, H. 140, 141
Niederee, R. 130
Niemeier, M. 87
Nothdurft, C. 24

O

Osman, E. 91

P

Pauls, J. 104
Pavlova, M. 120
Pessoa, L. 140, 141
Petersen, D. 154
Pieper, W. 124
Popp, M.M. 73
Popp, R. 107
Pöppel, E. 151
Probst, T. 51
Purpus, M. 79

R

Radach, R. 70
Rauber, H.-J. 57
Rausch, M. 99
Reichenbach, J. 155
Reisbeck, T.E. 47
Rentschler, I. 90, 91, 105, 126

Richter, E. 133
Rieger, J.W. 139
Röhrbein, F. 150
Rosenzweig, R. 122
Roßnagel, C. 109
Ruppertsberg, A.I. 108

S

Sabel, B.A. 159
Sarris, V. 100
Scheibner, H. 136
Schill, K. 45, 151
Schmidt, T. 63
Schnitzler, H.-U. 30, 83, 84
Schott, U. 43
Schottmann, E. 164
Schrauf, M. 142
Schröder, M. 77
Schuchardt, M. 122
Schuller, A.M. 138
Schuster, U. 112
Schwarz, U. 42
Schwarzbach, J. 63
Schwiete, X. 164
Seitz, R.J. 39
Sekuler, A.B. 113
Sellen, K. 76
Sellner, D.B. 62
Sharpe, L.T. 46
Sireteanu, R. 25
Skalej, M. 154
Skiera, G. 154
Sokolov, A. 120
Sommer, G. 147
Spillmann, L. 116
Strasburger, H. 159
Stürzel, F. 116
Szczepanski, M. 100

T

Tegenthoff, M. 99
Teichmann, R. 113
Thilo, K.V. 51
Thoma, V. 106
Treue, S. 54, 55, 56, 57
Tretwein, B. 126
Troje, N. 110
Tuulmets, T. 156

U

Ulrich, R. 61
Umkehrer, E. 151
Unzicker, A. 90

V

Veen, H.A.H.C. van 76, 163
Verleger, R. 39, 67
Vetter, T. 108
Viebahn, H. von 79
Vorberg, D. 63

W

Wallis, G.M. 78
Wascher, E. 60, 67
Wauschkuhn, B. 39, 67
Wegner, A.J. 68
Wender, K. 32
Werner, S. 31
Wichmann, F.A. 115
Widdig, W. 99
Willigen, R.F. van der 101
Wist, E.R. 142
Wolf, R. 122
Wolf, S. 31

Z

Zenger, B. 26
Zetzsche, C. 45, 148, 149, 151
Zimmer, A. 106, 107
Zimmer, K. 81
Zöller, H. 123