

### Unsichtbare Farben?

Die »Gelbe Kuh«, 1911 von Franz Marc (1880 bis 1916) gemalt, besticht nicht nur durch eine großartige Darstellung von Form und Bewegung, sondern vor allem durch die Farbgebung – das Original im New Yorker Guggenheim-Museum ist viel strahlender als jede Reproduktion. Unser Gehirn – genauer gesagt, unser visuelles System – leistet eine Menge Arbeit, wenn wir ein solches Bild betrachten: Das Licht, das auf unsere Netzhaut trifft, löst eine komplexe Kaskade von Verarbeitungsschritten aus, die das Bild zunächst in ein unzusammenhängendes Nebeneinander von Konturen und Farbflächen zerlegen, diese Einzelinformationen für eine Weile getrennt voneinander analysieren und sie schließlich zu vertrauten Lebewesen, Landschaften oder Objekten zusammenfügen (Livingstone & Hubel, 1987). Einige dieser Schritte kann man heute auf Computern simulieren, die die gelbe Kuh in Marcs Gemälde vielleicht sogar als solche erkennen könnten. Wie aber kommt unser visuelles *Erleben* des Gemäldes zustande? Wie entsteht das, was Wissenschaftler heute »visuelles Bewusstsein« nennen?

Die leuchtenden Farben in Franz Marcs Gemälde werden selbstverständlich bewusst verarbeitet (weshalb würden wir sonst auch Gemälde betrachten?). Dies bedeutet aber nicht, dass alle Verarbeitungsschritte bei der Farbwahrnehmung bewusst sind. Tatsächlich liegen heute viele Hinweise darauf vor, dass nicht nur große Teile unserer Farbwahrnehmung unbewusst ablaufen, sondern dass auch einzelne Aspekte der Verarbeitung mit der bewussten Wahrnehmung in Widerspruch stehen können – besonders, wenn das visuelle System geschädigt ist.

Ein Beispiel für solche so genannten *Dissoziationen* der Wahrnehmung sind Patienten mit

Schädigungen des visuellen Kortex, also jenes Hirnareals, wo die von der Netzhaut kommenden visuellen Reize erstmals die Großhirnrinde erreichen. Diese Patienten sind in den Bereichen ihres Sichtfeldes, der den zerstörten Gebieten entspricht, subjektiv blind und nicht in der Lage, über Reize zu berichten, die ihnen dort präsentiert werden. Auch Farbrei-

gem Grund (und zwar so, dass sich die Farben nicht in der wahrgenommenen Helligkeit unterscheiden), können sie die Konturen dieser Figuren sehen, obwohl sie die Farben selbst nicht identifizieren können (Cowey & Heywood, 1997). Auch hier tritt also eine Dissoziation von verschiedenen Aspekten der Farbwahrnehmung auf.

## Verfolgungsjagd durch das Gehirn

Sehen wir unsichtbare Farben?

Thomas Schmidt, Nuria Vath

ze sind für sie völlig unsichtbar. Werden diese Personen aber dazu überredet, die Farbe des Reizes zu erraten, sind einige von ihnen deutlich besser, als man es durch Zufall allein erwarten würde. Diese Fähigkeit wird »Blindsight – Blindsight« genannt (Stoerig & Cowey, 1989). Blindsight hat nichts mit übersinnlichen Fähigkeiten zu tun. Offenbar sind Teile der Farbverarbeitung trotz der Hirnschädigung noch intakt, nur kommt es niemals zu einem bewussten Farbeindruck.

Es gibt auch eine dazu komplementäre Störung – intaktes Bewusstsein für alle visuellen Reize *mit Ausnahme* von Farben. Dieses Störungsbild wird »cerebrale Achromatopsie« genannt und tritt manchmal bei Schädigungen eines bestimmten Areals an der Unterseite des Gehirns auf. Diese Patienten berichten, die Welt in (leider als hässlich empfundenen) Grautönen wahrzunehmen; typischerweise können sie sich Farben nicht einmal mehr vorstellen. Aber auch hier gibt es eine Überraschung: Zeigt man diesen Patienten farbige Figuren auf farbi-

### Action Priming

In unserem von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) geförderten Projekt »Response Priming und visuelles Bewusstsein« am Georg-Elias-Müller-Institut für Psychologie der Universität Göttingen untersuchen wir die unbewusste Verarbeitung von Farben und gehen insbesondere der Frage nach, ob Farbinformationen schnelle und spontane Körperbewegungen steuern können. Dazu verwenden wir einen Versuchsaufbau, der ursprünglich von Odmar Neumann, Werner Klotz und Peter Wolff an der Universität Bielefeld kreiert und von Dirk Vorberg und seinen Mitarbeitern an der Technischen Universität Braunschweig weiterentwickelt worden ist (Vorberg, Mattler, Heinecke, Schmidt & Schwarzbach, 2003; Klotz & Neumann, 1999). Dabei arbeiten wir mit farbigen Reizen, die auf einem Computermonitor dargeboten werden (Abb. 2a; Schmidt, 2000, 2002). Unsere Versuchspersonen sehen zunächst für kurze Zeit einen so genannten Fixationspunkt, von dem sie ihren

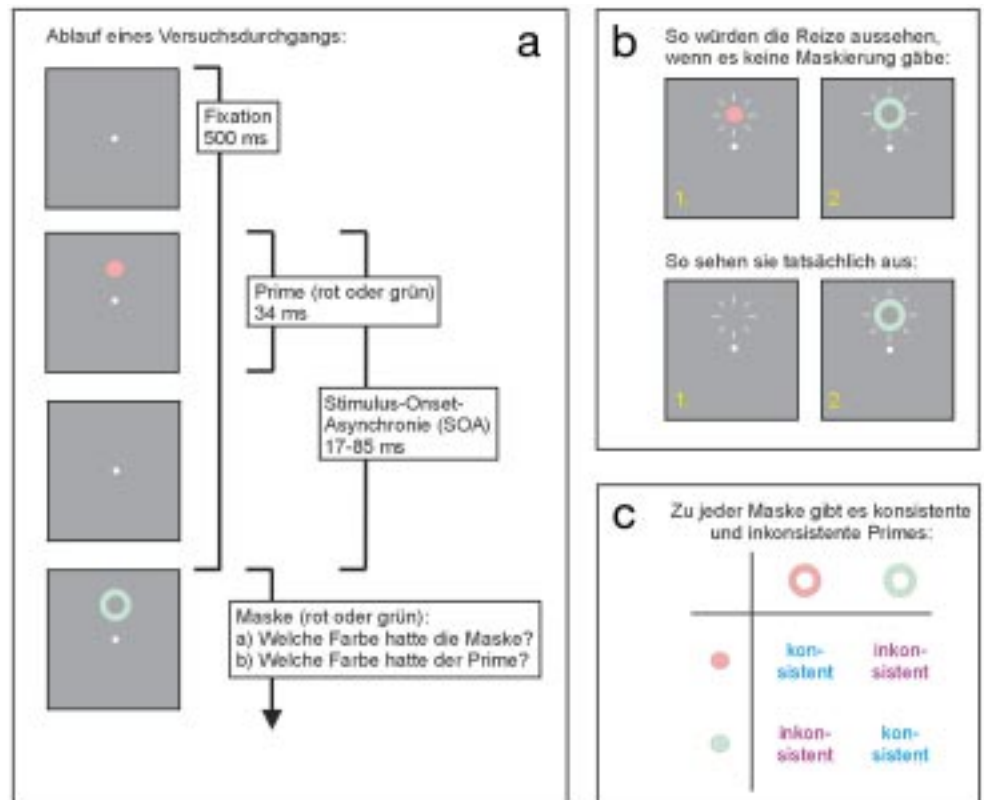


Abb. 1  
Franz Marc, Yellow Cow (Gelbe Kuh), 1911. Öl auf Leinwand.  
Solomon R. Guggenheim Museum, New York, 49.1210.  
Solomon R. Guggenheim Foundation, New York.

Blick nicht abwenden dürfen. Dann erscheinen kurz nacheinander ein Punkt («Prime» genannt) und ein Ring («Maske» genannt), die beide unabhängig voneinander entweder rot oder grün sein können. Der Prime wird nur für eine einzige Bildwiederholung (etwa eine sechzigstel Sekunde) dargeboten und ist daher kaum sichtbar. Der Ring wird für längere Zeit an derselben Stelle präsentiert, und sein innerer Ausschnitt ist so gewählt, dass der Prime gerade hineinpasst. Die beiden Reize werden mit einer leichten zeitlichen Versetzung präsentiert. Das Zeitintervall vom ersten Reiz bis zum zweiten nennt man »Stimulus-Onset-Asynchronie« oder kurz SOA.

Ohne den umgebenden Ring wäre die Farbe des Punktes deutlich zu erkennen, aber der zeitlich versetzt auftauchende Ring löst ein visuelles Phänomen aus, das man »Metakontrast-Maskierung« nennt (Francis, 1997): Der Ring neigt dazu, die Wahrnehmung des Punktes zu unterdrücken, und unter bestimmten Bedingungen ist der Punkt überhaupt nicht mehr zu sehen (Abb. 2b). Aktuelle Theorien der Metakontrast-Maskierung erklären das Phänomen mit neuronalen Schleifen, die die Information zwischen niedrigeren und höheren visuellen Arealen hin- und hertransportieren und dabei allzu flüchtige Signale aktiv auslöschen (DiLollo, Enns & Rensink, 2000).

Der Prime kann entweder die gleiche Farbe haben wie die Maske oder die jeweils andere Farbe, also *konsistent* oder *inkonsistent* sein (Abb. 2c). Die Versuchspersonen bearbeiten in verschiedenen Teilen des Experiments zwei unterschiedliche Aufgaben: In der ersten Aufgabe müssen sie so schnell wie möglich angeben, welche Farbe die Maske hatte, indem sie eine von zwei Tasten drücken – beispielsweise links für »rot« und rechts für »grün«. Die Untersuchungsfrage lautet, ob die



Farbe des Primes die Schnelligkeit dieser Reaktion beeinflusst – ob etwa ein gleichfarbiger, konsistenter Prime die Reaktionszeit beschleunigt oder ein inkonsistenter Prime die Reaktionszeit verlangsamt. Die zweite Aufgabe dient dazu, die Sichtbarkeit des Primes zu messen: Die Versuchspersonen werden aufgefordert, die Farbe des Punktes (Prime) zu erraten, obwohl diese nur schwer oder gar nicht zu erkennen ist. Dabei werden sie keinem Zeitdruck ausgesetzt. Damit wir möglichst präzise Messungen erhalten, wird jede Versuchsperson einige Stunden lang mit diesen beiden Aufgaben in einem abgedunkelten Labor getestet, verteilt über mehrere Sitzungen.

Tatsächlich wirkt sich die Farbe des Prime dramatisch auf Reaktionen auf die Maske aus: Konsistente Primes können die Reaktionen stark beschleunigen (die Farbwahltasten werden schneller gedrückt), während inkonsistente Primes sie ebenso stark verlangsamen (Abb. 3). Dieses Phänomen

Abb. 2

a) Ablauf eines Versuchsdurchgangs in einem typischen Action-Priming-Experiment. b) Die Präsentation der Maske kann dazu führen, dass der Prime subjektiv unsichtbar wird. c) Die Farbe des Primes kann konsistent oder inkonsistent mit der Farbe der Maske sein. Alle Grafiken: Thomas Schmidt, Nuria Vath

nennt man »Priming-Effekt«. Der Priming-Effekt wird umso größer, je größer das Zeitintervall zwischen der Präsentation von Prime und Maske verstreicht (je größer also das SOA ist), und kann beachtliche 100 Millisekunden groß werden. Dabei gibt es aber noch eine Überraschung: Wenn man den Prime so »effizient« maskiert, dass die Versuchspersonen seine Farbe nur auf Zufallsniveau erraten können, hat der Priming-Effekt genau dieselbe Größe und denselben zeitlichen Verlauf wie bei unmaskierten Primes. Man kann sogar einen Schritt weitergehen: Unter günstigen Bedingungen kann die Stärke der Maskierung mit dem SOA zunehmen (die Sichtbarkeit des Primes also abnehmen). Aber verblüffenderweise ist es ganz egal, ob der Prime völlig sichtbar oder völlig unsichtbar ist, ob seine Sichtbarkeit

mit dem SOA zu- oder abnimmt: Der Verlauf des Priming-Effektes ist immer genau derselbe. Da der Prime hier offenbar direkt die mit den Farben verknüpften motorischen Handlungen beeinflusst, haben wir diesem Versuchsaufbau den einprägsamen Namen »Action Priming« gegeben (Vorberg et al., 2003). Action Priming funktioniert nicht nur ohne bewusste Wahrnehmung des Primes – es funktioniert *unabhängig* davon, möglicherweise sogar in einem anderen Teilsystem des Gehirns. Action Priming kann mit ganz unterschiedlichen Reizen und Reaktionen demonstriert werden. In unseren ersten Experimenten (Vorberg et al., 2003) verwendeten wir kleine Pfeile, die nach links oder rechts zeigen konnten und die von größeren Pfeilen maskiert wurden, und man hat den Effekt gleichermaßen mit Tasten-, Zeige-, Blick- und Sprechreaktionen nachgewiesen. Eine Arbeitsgruppe verwendete sogar Wörter als Reizmaterial (Dehaene et al., 1998). Es scheint sich also nicht um einen Effekt zu handeln, der nur mit ganz bestimmten Reizen oder Reaktionen zu beobachten ist, sondern um einen generellen Mechanismus, der uns schnelle Re-

aktionen auf vordefinierte Reize erlaubt.

## Wie funktioniert Action Priming? Verfolgungsjagd durch das Gehirn

Um herauszufinden, wie der Priming-Effekt zustande kommt, ist es hilfreich, sich die motorischen Reaktionen im Detail anzuschauen. In einer unserer Studien musste die Versuchsperson je nach Farbe der Maske eine Fingerbewegung nach links oder rechts machen, und vorher tauchten wieder kurzzeitig farbige Primes auf, die ebenfalls Reaktionen nach links oder rechts nahe legten. Dabei zeichneten wir die Bewegungsbahn des Fingers auf.

Die Ergebnisse geben ein verblüffend klares Bild des Flusses von Farbinformation durch das visomotorische System. Nachdem Prime und Maske erschienen sind, bleibt der Finger noch für etwa 200 Millisekunden ruhig liegen. Dann erst beginnt er sich zu bewegen – allerdings nicht in Richtung der Maske, wie es die eigentliche Aufgabe erfordert, sondern in Richtung des Primes! Wenn der Prime die gleiche Farbe hat wie die Maske, bewegt sich der Finger wie erwartet in die korrekte Richtung; wenn der Pri-

me aber die falsche Farbe hat, bewegt sich der Finger zunächst ein Stück in die falsche Richtung, bleibt dann stehen, kehrt um und bewegt sich schließlich in die korrekte Richtung. Je mehr Zeit zwischen Prime und Maske verstrichen ist, desto länger ist der Finger in die falsche Richtung unterwegs, und desto länger dauert es, bis er schließlich doch das korrekte Ziel erreicht.

Wie kann man diese Daten erklären? Wir stellen uns vor, dass die jeweils von Prime und Maske ausgelösten Farbsignale eine Art Verfolgungsjagd durchs visomotorische System vollführen (Abb. 4). Sobald der Prime präsentiert wird, beginnt auch seine Verarbeitung im Gehirn. Sie endet damit, dass das Farbsignal des Primes nach einiger Zeit das motorische System erreicht und beginnt, den Finger in die von ihm spezifizierte Richtung zu lenken. Aber das Farbsignal der Maske ist ihm dicht auf den Fersen. Sobald es im motorischen System eintrifft, übernimmt es die Kontrolle über die Reaktion: Entweder führt es die schon begonnene Bewegung weiter (wenn der Prime bereits die richtige Farbe hatte) oder beginnt, den Finger in die Gegenrichtung zu schwenken (wenn der Prime die falsche Farbe hatte). Dieses Modell erklärt, warum der Priming-Effekt so stark vom zeitlichen Abstand zwischen Prime und Maske abhängt: Je länger das SOA ist, desto größer ist der Vorsprung des Primes und desto länger kann er den Finger in die falsche Richtung führen. Tatsächlich kann es bei ausreichend langen SOAs passieren, dass die Versuchsperson wirklich die falsche Taste drückt, weil das Farbsignal der Maske nicht mehr rechtzeitig im motorischen System eingetroffen ist, um die Reaktion noch abzufangen. Bei konsistenten Primes und bei kurzen SOAs geschieht das außerordentlich selten.

Diese Daten zeigen sehr deutlich, dass Farbsignale in einem

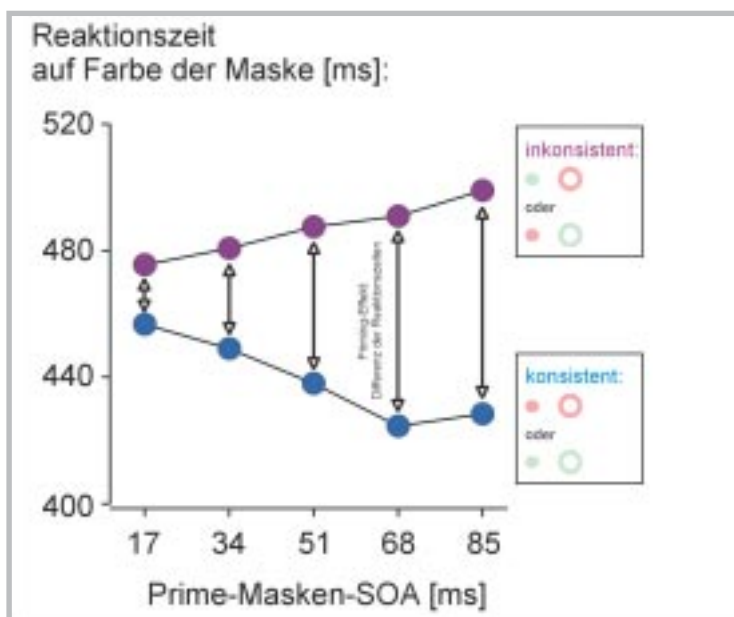


Abb. 3 Reaktionszeiten auf die Farbe der Maske in Abhängigkeit von der Zeit zwischen dem Einsetzen des Primes und dem Einsetzen der Maske (SOA). Konsistente Primes beschleunigen die Reaktionen auf die Maske immer weiter; inkonsistente Primes verlangsamen sie.

kontinuierlichen Fluss an motorische Areale übertragen werden und eine Körperbewegung in »Echtzeit« steuern können, noch während sie ausgeführt wird. Dies bedeutet, dass die für die motorische Kontrolle genutzte visuelle Information nicht den zeitlichen Beschränkungen unterliegt, die zur visuellen Maskierung im bewussten Sehen führen: unbewusste Farbwahrnehmung scheint eine höhere zeitliche Auflösung zu haben als bewusste.

Dies steht in gewissem Widerspruch zu der zur Zeit wohl einflussreichsten Theorie des visuellen Systems, dem Modell »zwei visueller Pfade« von Milner & Goodale (1995). Aufgrund anatomischer, physiologischer und neuropsychologischer Daten vertreten sie die Auffassung, dass unser visuelles System in zwei Teilsysteme aufgespalten ist. Das eine – rein perzeptuelle – System ist dazu da, eine bewusste Repräsentation der Umwelt aufzubauen; dieses System sollte auch Farben analysieren und nur indirekt an der motorischen Steuerung beteiligt sein. Das zweite, visomotorische System ist auf schnelle, visuell gesteuerte Körperbewegungen spezialisiert und tritt etwa dann in Aktion, wenn Sie einen Ball fangen müssen, der Ihnen zu- geworfen wird; eine Aufgabe, für die die bewusst gesteuerte Motorik zu langsam wäre. Für dieses System sollte Farbinformation eigentlich keine Rolle spielen. Unser Befund, dass Farbinformation schnell und direkt motorisch verarbeitet werden kann, ist mit Milner und Goodale's Modell nur schwer vereinbar.

**Steuern unbewusste Reize uns gegen unseren Willen?**

In einer Folge der Krimiserie »Columbo« wird mit Hilfe unbewusster Wahrnehmung ein Mord begangen. Das Opfer ist ein Werbefachmann, der mit seinen Kollegen die Vorführung eines neuen Werbefilms besuchen will.

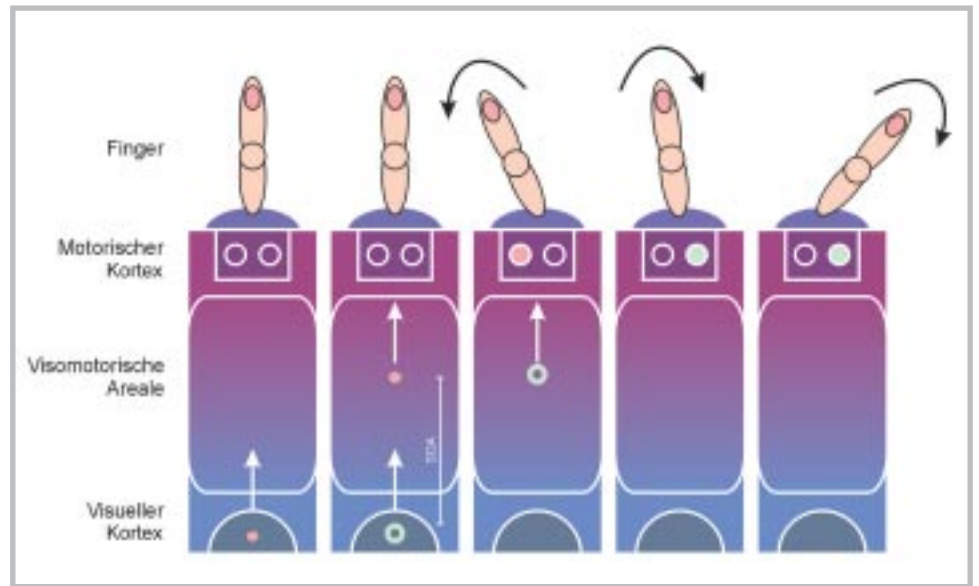


Abb. 4 So könnte es aussehen, wenn Prime- und Maskensignale sich eine Verfolgungsjagd durch das visomotorische System liefern. Das Signal eines zur Maske inkonsistenten Primes, das zuerst im motorischen Kortex ankommt, bestimmt die frühen Phasen der Bewegung des Fingers; wenn das Masken-Signal eintrifft, muss es diese Bewegung erst rückgängig machen und dann in die korrekte Richtung führen. Dies dauert um so länger, je größer der Vorsprung des Primes gewesen ist.

Der Film zeigt eine ausgedörrte Wüstenlandschaft, und zusätzlich sind unterschwellige Bilder von kühlen Getränken eingebaut. Der Werbefachmann verlässt die Vorführung, um etwas zu trinken, denn er ist vor der Vorstellung mit Hilfe von salzigem Kaviar durstig gemacht worden. Draußen erwartet ihn bereits der Mörder, ein rivalisierender Werbefilmer, der sich für genau diese Zeit ein Alibi verschafft hat.

Abgesehen von der erfreulichen Tatsache, dass es für unsere Forschung praktische Anwendungsmöglichkeiten gibt: Kann unbewusste Wahrnehmung tatsächlich dazu eingesetzt werden, Menschen gegen ihren Willen zu beeinflussen, und ist Action Priming ein Beispiel dafür? Obwohl diese Frage noch nicht abschließend geklärt ist, gibt es derzeit kaum Hinweise dafür, dass beispielsweise unbewusste Werbebotschaften sonderlich wirksam sind. Wir glauben sogar, dass unsere Ergebnisse gegen die Auffassung sprechen, dass wir von unbewussten Reizen gesteuert werden, ohne uns dagegen wehren zu können. Action Priming veranschaulicht einen Mechanismus, der es uns gestattet, äußerst schnell auf visuelle Reize zu reagieren. Die Vorbedingung dafür

ist aber, dass wir rechtzeitig vereinbart haben, welcher Reiz mit welcher Reaktion einhergehen soll: Mit anderen Worten, wir müssen zu Beginn des Experiments entschieden haben, wie wir wann reagieren möchten; schließlich sind die von uns verwendeten Zuordnungen von Reizen und Reaktionen völlig willkürlich. Die unbewusste Verarbeitung der Reize befreit uns zwar von der stupiden Aufgabe, uns in jedem einzelnen Durchgang für eine Reaktionsseite bewusst entscheiden zu müssen, aber sie macht uns nicht zu Reiz-Reaktions-Automaten – oder zumindest nicht gegen unseren Willen.

Action Priming ist also kein geeignetes Mittel der Manipulation – es ist eine Fähigkeit, derer sich unser kognitives System bedient, um klar spezifizierte visomotorische Aufgaben zu bearbeiten, die unter bewusster Kontrolle viel zu langsam ablaufen würden. ◀

Color perception is one of the most fascinating aspects of conscious perception. However, data from brain-damaged patients indicate that different steps of color processing can become dissociated, and that some stages of color processing can proceed normally even though the patient is not able to consciously perceive any color at all. We study unconscious perception in normal observers by employing a task called *Action Priming*. In this task, people react as quickly as possible to the color of a stimulus (the »mask«) that is immediately preceded by another

color stimulus (the »prime«). Although the mask is designed in such a way as to completely suppress visual awareness of the prime, it turns out that the prime rather than the mask signal controls early stages of the motor reaction. Although Action Priming by color is a clear demonstration of unconscious color processing, it cannot be regarded as an example of subliminal manipulation against the subject's will. Rather, it is a convenient mechanism that allows us to quickly perform visuomotor tasks for which conscious control would not be fast enough.

## Literatur

- Cowey, A. & Heywood, C. A.** (1997). Cerebral achromatopsia: Colour blindness despite wavelength processing. *Trends in Cognitive Science*, 1, 133-139.
- Dehaene, S., Naccache, L., Le Clec'H, G., Koechlin, E., Mueller, M., Dehaene-Lambertz, G., van de Moortele, P.F. & Le Bihan, D.** (1998). Imaging unconscious semantic priming. *Nature*, 385, 597-600.
- DiLollo, V., Enns, J. T., & Rensink, R. A.** (2000). Competition for consciousness among visual events: The psychophysics of reentrant visual processes. *Journal of Experimental Psychology: General*, 129, 481-507.
- Francis, G.** (1997). Cortical dynamics of lateral inhibition: Metacontrast masking. *Psychological Review*, 104, 572-594.
- Holender, D.** (1986). Semantic activation without conscious identification in dichotic listening, parafoveal vision, and visual masking: A survey and appraisal. *Behavioral and Brain Sciences*, 9, 1-23.
- Klotz, W. & Neumann, O.** (1999). Motor activation without conscious discrimination in metacontrast masking. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 25, 976-992.
- Livingstone, M.S. & Hubel, D.H.** (1987). Segregation of form, color, movement, and depth: Anatomy, physiology, and perception. *Science*, 240, 740-749.
- Milner, A.D. & Goodale, M.A.** (1995). *The visual brain in action*. Oxford: Oxford University Press.
- Schmidt, T.** (2000). Visual perception without awareness: Priming responses by color. In T. Metzinger (Hrsg.), *Neural correlates of consciousness* (pp. 157-179). Cambridge, MA: MIT Press.
- Schmidt, T.** (2002). The finger in flight: Real-time motor control by visually masked color stimuli. *Psychological Science*, 13, 112-118.
- Stoerig, P. & Cowey, A.** (1989). Wavelength sensitivity in blindsight. *Nature*, 342, 916-918.
- Vorberg, D., Mattler, U., Heinecke, A., Schmidt, T. & Schwarzbach, J.** (2003). Different time courses for visual perception and action priming. *Proceedings of the National Academy of Sciences (USA)*, 100, 6275-6280.



Dr. Thomas Schmidt studierte Psychologie an der TU Braunschweig und war anschließend ein Jahr am Max-Planck-Institut für psychologische Forschung in München tätig. Seit 1999 arbeitet er am Georg-Elias-Müller-Institut für Psychologie an der Universität Göttingen, wo er 2002 promoviert wurde. Seit 2001 ist er wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Abteilung für Kognitions- und Arbeitspsychologie. Dr. Schmidt leitet seit Herbst 2002 ein Projekt der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) mit dem Titel »Response Priming und visuelles Bewusstsein«.



Dr. Nuria Vath studierte Psychologie an der Universität Göttingen und wurde 2001 am Georg-Elias-Müller-Institut für Psychologie promoviert, wo sie seit 1995 als wissenschaftliche Mitarbeiterin in der Abteilung für Kognitions- und Arbeitspsychologie tätig ist und das EEG-Labor zur Messung von Gehirnströmen leitet. Seit Januar 2003 ist Dr. Vath wissenschaftliche Mitarbeiterin im DFG-Projekt »Response Priming und visuelles Bewusstsein«.

## Ihre Tagungen und Seminare

abseits vom Alltag in einmaliger Waldlage.  
65 Betten, 8 Seminarräume, Terrassen und Gärten  
Bus direkt ab Bhf. Göttingen in 20 Minuten  
Nichtraucherhaus

Akademie

waldschlösschen



Bildungs- und Tagungshaus  
37130 Reinhausen bei Göttingen  
Tele 055 92 fon 92 77-0 fax 92 77-77  
info@waldschloessen.org