

Speziell zum Artikel produzierte Videos von Spektrum finden Sie unter: www.spektrum.de/zauberei

Wie Zauberer mit der WAHRNEHMUNG spielen



Hören Sie dazu auch unseren Podcast **Spektrum Talk** unter www.spektrum.de/talk

In Kürze

- ▶ Zauberei beruht oft auf **verdeckter Irreführung**: Der Magier lenkt die Zuschauer so ab, dass sie den Clou hinter einem Trick nicht mitbekommen.
- ▶ Für Neurowissenschaftler eröffnen Zaubertricks neue Möglichkeiten zur Untersuchung von **Aspekten des Bewusstseins**, die nicht in der aktuellen sensorischen Realität gründen.
- ▶ Aufnahmen der Gehirndurchblutung beim Betrachten bestimmter Zaubertricks liefern Hinweise darauf, welche Hirnregionen an der **Interpretation kausaler Zusammenhänge** beteiligt sind.

Zauberkünstler manipulieren seit Jahrhunderten Wahrnehmung und Aufmerksamkeit der Zuschauer. Dabei haben sie intuitiv manche Erkenntnisse der modernen Neurowissenschaft vorweggenommen. Die kann auch heute noch von ihnen lernen.

Von Susana Martinez-Conde und Stephen L. Macknik

Der Lichtkegel des Scheinwerfers taucht die Assistentin des Zaubers in gleißendes Licht. Die attraktive junge Frau blendet das Publikum förmlich mit ihrem engen, strahlend weißen Kleid. Der Große Tomsoni verkündet, er werde die Farbe des Stoffs gleich in Rot verwandeln. Gebannt starren die Zuschauer auf die Assistentin, brennen deren Bild förmlich in ihre Netzhaut ein, um sie ja nicht aus den Augen zu lassen. Tomsoni klatscht in die Hände, einen Wimpernschlag lang erlischt der Scheinwerfer, um sogleich in leuchtendem Rot wieder aufzuflammen. Die Assistentin erscheint wie in Blut gebadet.

Moment mal! Das Publikum fühlt sich genarrt; einen farbigen Scheinwerfer benutzen kann schließlich jeder. Der Magier steht am seitlichen Bühnenrand, sichtlich erheitert ob seines kleinen Scherzes. Ja, räumt er ein, das sei ein billiger Trick gewesen; die habe er am liebsten, wie er diabolisch grinsend erklärt. Tatsächlich muss man zugeben, dass er das Kleid der Assistentin umgefärbt hat – aber auch alles andere drumherum. Nachsichtig richten die Zuschauer ihr Augenmerk wieder auf die hübsche junge Frau, als Tomsoni plötzlich in die Hände klatscht, das Licht erneut erlischt und die Bühne förmlich in einem Feuerwerk aus Weiß explodiert. Doch hoppla! Das Kleid ist wirklich rot geworden! Der Große Tomsoni hat es wieder einmal geschafft!

Dieser Trick und seine Erklärung verraten ein tiefes intuitives Wissen des Zaubers um die neuronalen Prozesse im Gehirn der Zuschauer. Wir Neurowissenschaftler können

uns da noch eine Scheibe abschneiden. Und so funktioniert der Trick: Wenn John Thompson, wie Tomsoni mit bürgerlichem Namen heißt, seine Assistentin auf die Bühne bittet, verleitet ihr hautenges, weißes Kleid den Zuschauer stillschweigend zu der Annahme, darunter könne unmöglich irgendetwas – zum Beispiel ein zweites Kleid – versteckt sein. Das stimmt natürlich nicht. Die attraktive Frau sorgt zudem dafür, dass sich die Aufmerksamkeit des Publikums genau dahin richtet, wo Thompson sie haben will: auf ihren Körper. Je gebannter die Zuschauer sie anstarren, desto weniger bemerken sie die im Bühnenboden verborgene Vorrichtung und desto mehr stellen sich ihre Augen auf die Helligkeit und die wahrgenommene Farbe ein.

Nach seinem kleinen »Scherz« schindet Thompson ein wenig Zeit mit belangloser Plauderei, damit im visuellen System der Zuschauer eine so genannte neuronale Adaptation stattfindet. Sie beinhaltet einen Sättigungs- und einen Trägheitseffekt. Einerseits lässt die Reaktion jedes neuronalen Systems auf einen konstanten Stimulus mit der Zeit nach: Die Nervenzellen feuern seltener – als ignorierten sie den Dauerreiz, um ihre Kräfte für den Moment aufzusparen, in dem sie eine Änderung zu melden haben. Andererseits merken sie es nicht sofort, wenn der konstante Reiz dann tatsächlich aufhört, und feuern in einer Art Echo noch ganz kurz weiter. Diese Reaktion bezeichnet man als Nachentladung.

Im vorliegenden Fall stellt das rot angestrahlte Kleid den adaptierenden Reiz dar, und Thompson weiß, dass die Netzhautneurone der Zuschauer in dem Sekundenbruchteil nach dem Dämpfen des Lichts noch übersättigt sind und weiter Impulse abgeben. Das



Das Zauberduo Penn & Teller präsentiert eine modernisierte Version des Klassikers »zersägte Jungfrau«, der immer noch einen unvergesslichen Eindruck hinterlässt. Penn bedient die Kreissäge, während Teller das freiwillige Opfer gibt. Neurowissenschaftler nutzen die Methoden von Zauberern zunehmend für ihre Experimente – zum Beispiel für Untersuchungen darüber, wie das Gehirn auf Wahrnehmungen reagiert, die allen bisherigen Erfahrungen mit der Realität Hohn zu sprechen scheinen.

OPTISCHE TÄUSCHUNGEN

Täuschung des Gehirns oder des Auges?



LABORATORY OF VISUAL NEUROSCIENCE, JORGE OTERO-MILLAN

Beim Betrachten dieser Grafik, die auf dem Bild »Enigma« des französischen Malers Isia Lévi-ant beruht, entsteht der Eindruck einer Fließbewegung in den konzentrischen Ringen. Wo aber findet die Täuschung statt: im Auge oder im Gehirn? Die experimentellen Befunde waren widersprüchlich, bis die Autoren und Kollegen im Oktober letzten Jahres nachwiesen, dass es Mikrosakkaden sind, welche die Illusion hervorrufen. Dabei handelt es sich um ruckartige, unwillkürliche Bewegungen des

Augapfels, mit denen der Blick von einem Fixationspunkt zum nächsten springt. Die Rolle von Auge und Gehirn bei Zauberkünsten zu klären ist eine Grundbedingung für deren Einsatz bei neurowissenschaftlichen Experimenten.

KOGNITIVE TÄUSCHUNGEN

Neurowissenschaftler interessieren sich zunehmend dafür, wie Zauberer kognitive Beschränkungen nutzen. Hier eine kleine Liste.

➤ **Veränderungsblindheit**

Dem Zuschauer entgehen Veränderungen einer Szene nach einer kurzen Unterbrechung.

Beispiel: Möbelstücke haben plötzlich eine andere Farbe.

➤ **Unaufmerksamkeitsblindheit**

Der Zuschauer nimmt Gegenstände unmittelbar vor seinen Augen nicht wahr.

Beispiel: Eine Person in einem Gorillakostüm läuft unbemerkt mitten durchs Bild.

➤ **Wahlblindheit**

Der Zuschauer begründet eine Wahl, die er gar nicht getroffen hat.

Publikum sieht also ein rotes Nachbild mit der Silhouette der Assistentin. In diesem Moment öffnet sich kurz eine Falltür im Bühnenboden, und das nur locker von Klettverschlüssen gehaltene weiße Kleid, von dem unsichtbare Fäden unter die Bühne führen, wird von ihrem Körper gerissen. Dann flammen die Scheinwerfer wieder auf.

Zwei weitere Kunstgriffe unterstützen die Illusion. Zum einen ist das Licht kurz vor dem Abstreifen des Kleides so grell, dass die Zuschauer im Augenblick seines Verlöschens nicht sehen können, wie sich die Fäden bewegen und das weiße Kleid in der Unterbühne verschwindet. Denselben Effekt erleben Sie, wenn Sie von einer sonnenbeschienenen Straße, in der sich Ihre Pupillen stark verengt haben, in einen düsteren Laden treten. Zum anderen führt Thompson den Trick vor, wenn das Publikum glaubt, er sei schon vorüber. Das verschafft ihm einen wichtigen kognitiven Vorteil: Im entscheidenden Augenblick sind die Zuschauer nicht auf eine Täuschung gefasst und schauen daher nicht ganz so argwöhnisch und aufmerksam hin.

Gezielte Manipulation der Aufmerksamkeit

Thompsons Trick verdeutlicht sehr schön, was Bühnenmagie ausmacht. Illusionisten sind im Grunde Aufmerksamkeits- und Bewusstseinskünstler: Indem sie Gegenstand und Grad unserer Aufmerksamkeit manipulieren, bestimmen sie in jedem Moment, was uns bewusst ist und was nicht. Das erreichen sie mit ver-

schiedenen Mitteln. Ihr Arsenal enthält unter anderem

- visuelle Täuschungen wie Nachbilder,
- optische Tricks wie den Einsatz von Nebel und Spiegeln,
- Spezialeffekte wie Explosionen, vorge-täuschte Schüsse oder exakt abgestimmte Beleuchtungseffekte,
- Taschenspielerlei,
- versteckte mechanische Vorrichtungen,
- besonders präparierte Requisiten und Hilfsmittel, beispielsweise künstliche Fingerglieder mit Hohlräumen, um kleine Objekte darin zu verstecken.

Das vielseitigste Instrument in der Trickkiste dürfte jedoch die Fähigkeit sein, kognitive Illusionen zu erzeugen. Wie optische Täuschungen verzerren sie die Wahrnehmung der physischen Realität. Allerdings sind dabei nicht die Sinne selbst betroffen, sondern höhere Funktionen wie Aufmerksamkeit, Gedächtnis und intuitives Schlussfolgern. Auf diese Weise machen es geübte Zauberkünstler den Zuschauern praktisch unmöglich, dem wahren Geschehen zu folgen, und erwecken so den Eindruck, die einzig denkbare Erklärung sei Magie.

Noch können die Neurowissenschaftler den Meistern der Illusion, was die Fähigkeit zur Manipulation von Aufmerksamkeit und Kognition betrifft, kaum das Wasser reichen. Doch sie holen allmählich auf. Natürlich unterscheiden sich ihre Ziele von denen der Zauberer. Der Neurowissenschaftler sucht die zerebralen und neuronalen Grundlagen geistiger Prozesse aufzuklären; der Magier möchte in erster Linie kognitive Schwächen ausnutzen. Dennoch könnten sich die von der Zaubererzunft über Jahrhunderte entwickelten Tricks in der Hand von Neurologen als ebenso subtile wie potente Untersuchungsinstrumente erweisen, welche die Palette der in der experimentellen Forschung bereits eingesetzten Verfahren ergänzen und bereichern.

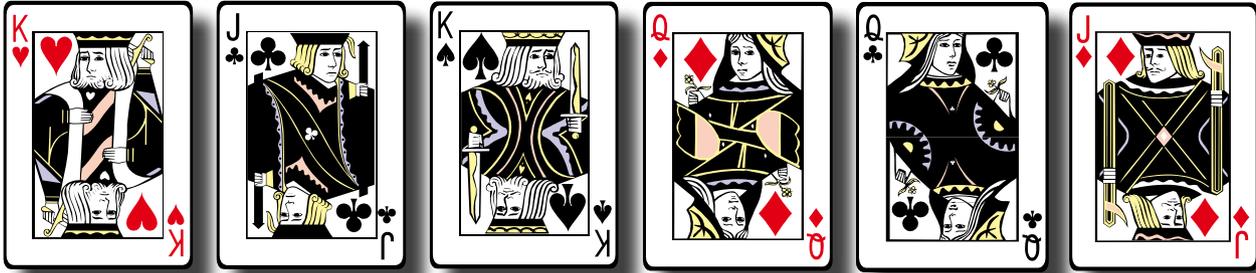
Wollen sich Neurologen magischer Kniffe für ihre Zwecke bedienen, müssen sie diese allerdings selbst zuvor wissenschaftlich unter die Lupe nehmen. So konnten sie in einigen Fällen erstmals nachweisen, was sich während bestimmter Tricks in den Gehirnen der Zuschauer abspielt.

Viele der bisher durchgeführten einschlägigen Untersuchungen haben frühere Ergebnisse der experimentellen Psychologie zu Kognition und Aufmerksamkeit erhärtet. Kritiker mögen solche Bemühungen deshalb abtun: Warum noch eine Studie durchführen, wenn sie doch nur bestätigt, was man längst schon weiß? Dabei verkennen sie jedoch Bedeutung und Sinn dieser Untersuchungen.

VERÄNDERUNGSBLINDHEIT

Bezweifeln Sie, dass wir Ihre Gedanken lesen können?

Dies ist die vereinfachte Version eines Tricks, den der Zauberkünstler Henry Hardin schon Anfang des 20. Jahrhunderts erfunden hat. Eine noch verblüffendere Fassung von Clifford Pickover, Autor zahlreicher populärer Bücher über Mathematik und Naturwissenschaften, finden Sie online unter: <http://sprott.physics.wisc.edu/pickover/home.htm>.



Hier also der Trick: Mittels Hardins Methode der übersinnlichen Wahrnehmung können wir mit 98-prozentiger Sicherheit vorher-sagen, welche der hier abgedruckten sechs Karten Sie auswählen werden. Bitte treffen Sie völlig unbeeinflusst Ihre Entscheidung.



Prägen Sie sich die ausgesuchte Karte gut ein. Sprechen Sie ihre Bezeichnung mehrmals laut aus, damit Sie sie nicht vergessen. Wenn Sie sicher sind, sich die Karte gemerkt zu haben, streichen Sie eines der Augen in der unteren Reihe durch. Blättern Sie jetzt zu S. 52.

Durch die Analyse der Kniffe von Trickkünstlern können sich die Neurowissenschaftler neue Methoden aneignen und auf ihre eigenen Zwecke ummünzen. Das verhilft ihnen vielleicht zu aussagekräftigeren Experimenten sowie wirksameren kognitiven und optischen Täuschungen, um zu den neuronalen Grundlagen von Aufmerksamkeit und Bewusstsein vorzudringen.

Zauberei als Medizin?

Magische Tricks eignen sich eventuell aber auch für diagnostische und therapeutische Verfahren bei Patienten mit bestimmten kognitiven Defiziten. Man denke etwa an die Folgen von Hirnverletzungen, Aufmerksamkeitsdefizit-/Hyperaktivitätsstörung (ADHS) oder Alzheimerdemenz. Möglicherweise gelingt es mit manchen Methoden der Bühnenzauberei zudem, die Patienten in einer Weise zu »überlisten«, dass sie sich auf die Kernpunkte ihrer Therapie konzentrieren und nicht von nebensächlichen Dingen beeinflussen lassen, die sie nur verwirren.

Es gibt sogar schon ein erstes Beispiel für den medizinischen Einsatz eines Zauberutensils. Vilayanur S. Ramachandran und Diane Rogers-Ramachandran von der University of California in San Diego täuschen mit einem Spiegelkasten, in dessen nicht sichtbaren Hohlräumen Illusionisten gerne Dinge verbergen, amputierten Menschen in Therapiesitzungen die Existenz des fehlenden Körperteils vor. Dadurch verringert sich nachweislich der Phantomschmerz.

Tatsächlich wäre die Kognitionsforschung unseres Erachtens schneller vorangekommen, hätte sie sich früher schon mit den auf Intuition beruhenden Täuschungsmanövern von Zaubernern befasst. Auch heute hat die Illusionistenunft mit Sicherheit noch ein paar Tricks im Ärmel, von denen die Neurowissenschaft nichts ahnt.

Zauberer sind groß darin, die Aufmerksamkeit des Publikums von einer heimlichen Aktion abzulenken. Die Zuschauer sollen sich ganz auf den »Effekt« konzentrieren und nichts von der »Methode«, dem Geheimnis dahinter, mitbekommen. In Anlehnung an Fachbegriffe der kognitiven Psychologie kann man zwischen offener und verdeckter Irreführung unterscheiden. Offen geschieht sie, wenn der Zauberkünstler das Publikum von der Methode ablenkt, indem er dafür sorgt, dass es in die falsche Richtung blickt – etwa durch die Aufforderung, einen bestimmten Gegenstand zu fixieren. Als der Große Tomsoni beispielsweise seine hübsche Assistentin vorstellt, kann er sicher sein, dass aller Augen auf ihr ruhen.

Verdeckte Irreführung ist subtiler. Auch hier zieht der Zauberer das Augenmerk des Zuschauers – oder seinen Argwohn – weg von der Methode, doch ohne die Blicke in eine andere Richtung zu lenken. In diesem Fall hat das Publikum das Geheimnis hinter dem Trick direkt vor Augen und bemerkt es trotzdem nicht.

Die kognitive Neurowissenschaft kennt bereits mindestens zwei Arten verdeckter Irreführung. Die eine nutzt das Phänomen der Veränderungsblindheit. Den Betrachtern einer Szene

Beispiel: Der Betrachter merkt nicht, dass ein von ihm ausgewähltes Foto heimlich gegen ein anderes vertauscht wurde, und begründet seine Vorliebe für letzteres (siehe Kasten S. 49).

► Illusorische Korrelation

Ein Ereignis scheint ein anderes, nicht damit zusammenhängendes zu verursachen.

Beispiel: Ein Zauberer schwingt seinen Stab, und ein Kaninchen erscheint.

Speziell zum Artikel produzierte Videos von Spektrum finden Sie unter: www.spektrum.de/zauberei

OFFENE IRREFÜHRUNG

Wie man Münzen aus dem Nichts holt

Für diese Illusion nutzt der Zauberer Raymond Teller Irreführung und Taschenspielertricks. Am Anfang hat er in jeder Hand sechs

Münzen verborgen. Diese zieht er dann scheinbar aus allem, was er erreichen kann – seinem eigenen Haar, der Kleidung der Zuschauer oder der Luft – und wirft sie mit lautem Klappern in



Nachdem Teller gezeigt hat, dass der Kübel leer ist, produziert er Münzen in der rechten Hand.



Durch starres Blicken auf die rechte Hand sorgt Teller dafür, dass die Zuschauer nicht auf seine linke Hand achten. Wenn er eine Münze scheinbar in den Kübel wirft, lässt er sie in Wahrheit aus der linken Hand fallen und erzeugt so das Klappern, das den Wurf vortäuscht.



Da Teller die Münzen nicht wirklich wirft, kann er ein und dasselbe Exemplar immer wieder aus der rechten Hand hervorzaubern.



Als das Publikum zu argwöhnen beginnt, dass Teller nur zuvor in der Handfläche versteckte Münzen hervorholt, lässt er fünf von den sechsen auf einmal in den Kübel fallen. Das wirkt verblüffend, weil es unmöglich scheint, elf Münzen in einer Hand zu verbergen.

VISUELLE TÄUSCHUNGEN IN DER ZAUBEREI

Nicht alle Zaubertricks beruhen auf kognitiven Unzulänglichkeiten. Auch das Sehsystem lässt sich täuschen, was zu überraschenden Effekten führen kann.

➤ **Löffel verbiegen**
Der Zauberer schüttelt einen Löffel, wobei sich der Stiel zu krümmen scheint.

Warum es funktioniert: Neurone in der primären Sehrinde, die sowohl auf Bewegung ansprechen als auch die Enden von Linien verarbeiten, reagieren anders auf Schwingungen als die übrigen visuellen Nervenzellen. So kommt es zu einem scheinbaren Wider-

entgeht dabei, dass etwas anders ist als zuvor. In diesem Fall genügt es nämlich nicht, in jedem Moment genau hinzusehen. Vielmehr muss man sich an den Zustand zuvor erinnern und ihn mit dem momentanen vergleichen.

Viele Untersuchungen ergaben, dass diese Art der Blindheit keineswegs nur bei feinen Unterschieden auftritt. Selbst einschneidende Änderungen einer visuellen Szene werden nicht bemerkt, wenn sie während einer kurzzeitigen Unterbrechung des Sehvorgangs stattfinden. Ursache kann ein Blinzeln, eine Sakkade – eine der unwillkürlichen, sprunghaften Augenbewegungen, die wir nicht bemerken – oder auch ein kurzes Flimmern des gezeigten Bilds sein.

Eindrucksvoll illustriert das ein Video des Psychologen und Zauberkünstlers Richard Wiseman von der University of Hertfordshire in Hatfield (England). Sie finden es unter www.youtube.com/watch?v=voAntzB7EwE

und sollten es anschauen, um das Phänomen würdigen zu können. Während Wiseman einen Kartentrick vorführt und die Kamera mehrfach vorübergehend Nahaufnahmen des Blatts zeigt, werden heimlich Farbänderungen bei Kleidung und Ausstattung vorgenommen, die dem Zuschauer anschließend, wenn er die Szene wieder voll im Blick hat, nicht auffallen.

Die zweite Art der Irreführung nutzt die so genannte Unaufmerksamkeitsblindheit. Hier

übersehen die Betrachter ein unerwartetes Objekt, das sie unmittelbar vor Augen haben. Ein klassisches Beispiel stammt von den Psychologen Daniel J. Simons und Christopher F. Chabris. Sie führten 1999 an der Harvard University in Cambridge (Massachusetts) Versuchspersonen ein Video vor und baten sie, mitzuzählen, wie oft eine »Mannschaft« aus drei Basketballspielern den Ball an einen Teamkollegen abgibt; die Pässe des »gegnerischen« Trios sollten sie ignorieren. Etwa die Hälfte der Beobachter merkte nicht, wie ein als Gorilla kostümierter Mensch mitten durchs Bild läuft, im Zentrum sogar kurz anhält und sich auf die Brust trommelt. Für diesen Effekt war keinerlei plötzliche Unterbrechung oder künstliche Ablenkung nötig; die Beobachter konzentrierten sich so aufs Zählen, dass sie direkt auf den Gorilla blickten und ihn doch nicht wahrnahmen.

Die Täuschung findet im Gehirn statt

Illusionisten halten verdeckte Irreführung gemeinhin für eleganter als offene. Neurowissenschaftler haben andere Kriterien. Sie interessieren sich in erster Linie dafür, welche Vorgänge in Gehirn und Nervensystem bewirken, dass eine Irreführung – gleich ob verdeckt oder offen – funktioniert. Grundsätzlich wollen sie einfach wissen, welche kognitiven Prozesse sich die Magie zu Nutze macht.

einen Metallkübel. Der Trick beruht teilweise auf falschen Hinweisen durch Kopfhaltung und Blickrichtung.



Nun produziert Teller die letzte versteckte Münze aus seiner rechten Hand. Dann dreht er die Hand, um zu zeigen, dass sie in der Tat leer ist.



Als spektakulären Schlussgag wirft Teller die elf Münzen im Kübel in die Luft, während er die letzte Münze weiterhin in der rechten Hand hält.

Die erste Untersuchung, bei der Forscher an Beobachtern einer Zaubervorführung physiologische Messungen durchführten, wurde 2005 publiziert. Autoren waren die Psychologen Gustav Kuhn von der englischen Durham University und Benjamin W. Tatler von der University of Dundee (Schottland). Sie hatten die Augenbewegungen ihrer Versuchspersonen aufgezeichnet, während Hobbymagier Kuhn eine Zigarette wegzauberte, indem er sie unter einen Tisch fallen ließ. Im Mittelpunkt stand die Frage, weshalb die Beobachter nicht hinter den Trick kamen. Schauten sie nicht zur richtigen Zeit an die richtige Stelle

oder gaben sie generell nicht genügend Acht? Das Ergebnis war eindeutig: Es kam nicht darauf an, wohin die Probanden blickten.

Zum selben Resultat führte eine ähnliche Untersuchung über einen anderen Zaubertick, die ein Jahr später Kuhn zusammen mit dem Neurobiologen Michael F. Land von der University of Sussex bei Brighton (England) vornahm. Auch sie zeigte, dass die Blickrichtung nicht entscheidend ist und Magier die Aufmerksamkeit der Zuschauer auf einer höheren kognitiven Ebene manipulieren.

Bei dem Trick wirft der Zauberer zu Beginn einen Ball mehrmals senkrecht in die Luft und fängt ihn wieder auf. Den letzten Wurf führt er jedoch nicht wirklich aus, sondern tut nur so. Er macht zwar die Handbewegung, lässt den Ball aber nicht los, sondern verbirgt ihn geschickt in seiner hohlen Hand. Gleichwohl folgt er mit dem Kopf und den Augen der imaginären Flugbahn. Unter diesen Umständen sehen die meisten Zuschauer den (gar nicht geworfenen) Ball vermeintlich aufsteigen und sich dann mitten in der Luft auflösen.

Wie die Untersuchung ergab, blickten die Zuschauer gar nicht auf die Stelle, an der sie ihrer eigenen Aussage nach den Ball hatten verschwinden sehen. Folglich entstand die Illusion nicht in den für die Steuerung der Augen zuständigen Hirnregionen der Betrachter. Vielmehr waren, so die Schlussfolgerung von Kuhn und Land, die Kopf- und Augenbewegungen des Zauberkünstlers für die Täuschung entscheidend; denn sie sorgten insgeheim dafür, dass sich die Aufmerksamkeit – und nicht etwa der Blick – der Zuschauer auf die vorhergesagte Position des Balls richtete.

Tatsächlich befinden sich die Neurone, die auf die vom Illusionisten suggerierte Ballbewegung reagierten, in denselben visuellen Arealen wie jene, die auf reale Ortsveränderungen ansprechen. Wenn aber vorgetäuschte und wirkliche Bewegungen dieselben neuro-

spruch zwischen der Wahrnehmung der Löffelenden und der Stielmitte; das Objekt scheint sich zu verbiegen.

➤ **Phantomobjekte zeigen**
Der Illusionist entfernt einen Gegenstand aus dem Blickfeld; dieser bleibt jedoch noch kurze Zeit sichtbar.

Warum es funktioniert:
Durch neuronale Nachentladung entsteht für etwa 100 Millisekunden nach dem Ende eines starken visuellen Reizes ein Nachbild.

➤ **Jerry-Andrus-Effekt**
Blickt man eine Zeit lang auf eine Scheibe mit einem Spiralmuster in drei konzentrischen Zonen, die sich beim Drehen auszudehnen oder zusammenzuziehen scheinen, und danach auf ein unbewegtes Objekt, hat man den Eindruck, dass auch dieses sich abwechselnd aufbläht und schrumpft.

Warum es funktioniert:
Die Neurone des Sehsystems adaptieren sich an die Bewegungen in den drei Zonen.

Speziell zum Artikel produzierte Videos von Spektrum finden Sie unter: www.spektrum.de/zauberei

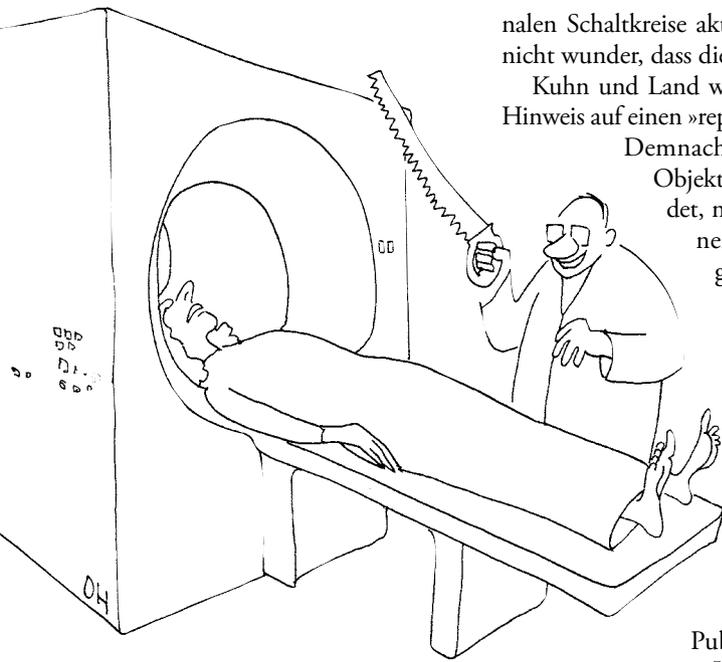
WAHLBLINDHEIT

Verführung zum Schönreden

In einem Experiment sollten Probanden von zwei gezeigten Fotos (a) das für sie attraktivere wählen (b). Danach drehte der Forscher die Aufnahmen um (c) und vertauschte sie mit einem Taschenspielertrick. Schließlich deckte er das abgelehnte Foto als vermeintlich gewähltes auf und bat die Versuchsperson, ihre Wahl zu begründen (d). In knapp drei Vierteln der Fälle merkten

die Probanden die Vertauschung nicht und konstruierten eine Erklärung, warum sie sich für das in Wahrheit abgelehnte Bild entschieden hätten. Offenbar ist der Drang, die vermeintlich eigene Wahl in einen in sich stimmigen Handlungsablauf einzupassen, so stark, dass er die Erinnerung an die tatsächliche Entscheidung beiseiteschieben kann.





nalen Schaltkreise aktivieren, dann nimmt es nicht wunder, dass die Illusion so echt wirkt.

Kuhn und Land werteten ihren Befund als Hinweis auf einen »repräsentationalen Impuls«.

Demnach scheint ein bewegtes Objekt, das plötzlich verschwindet, noch ein Stück weiter seiner vorigen Bahn zu folgen; seine vermeintliche Endposition ergibt sich durch Extrapolation der Bewegung, die es vor seinem Verschwinden vollführt hat.

Viele Zuschauer zerbrechen sich den Kopf darüber, wie der Zauberer das bloß gemacht hat.

Oft stachelt dieser das Publikum selbst dazu an, seine Kunstgriffe aufzudecken;

denn je mehr sich ein Beobachter müht, einen Trick zu durchschauen (und daran scheitert), desto stärker wird der Eindruck von Magie. Ein Zauberer »beweist« also etwa, dass ein Hut leer ist oder das Kleid der Assistentin zu eng sitzt, als dass ein zweites darunter verborgen sein könnte. Doch damit betreibt er meist nur Irreführung mit dem Ziel, die Rekonstruktion zu erschweren.

Veränderungs- und Unaufmerksamkeitsblindheit sind dabei nicht die einzigen kognitiven Illusionen, die er ausnutzen kann. Angenommen, ein Magier muss für einen Trick die Hand heben. Laut Raymond Teller, der einen Hälfte des in Amerika bekannten Zaubererduos Penn & Teller, erregt es mehr Verdacht, wenn er das ohne ersichtlichen Grund tut, als

wenn er eine scheinbar natürliche oder spontane Geste ausführt – etwa seine Brille zu rechtrückt oder sich am Kopf kratzt. Die Bewegung wird dadurch motiviert und somit getarnt. Dem Zauberer James Randi (»the Amazing Randi«) zufolge wirken Suggestionen und Tarninformationen überzeugender als direkte Behauptungen. Beim Versuch, den Trick zu durchschauen, nimmt der Zuschauer solche unausgesprochenen Botschaften dann für bare Münze.

Wahlbetrug bleibt unbemerkt

Die Psychologen Peter Johansson und Lars Hall von der Universität Lund (Schweden) nutzten diese und andere Taschenspielertricks gemeinsam mit Kollegen für einen neuartigen Ansatz zur Beantwortung neurowissenschaftlicher Fragestellungen. Sie legten nichts ahnenden Versuchspersonen Bildpaare von weiblichen Gesichtern vor und forderten sie auf, jeweils das in ihren Augen attraktivere auszuwählen. Bei einigen Durchgängen sollten die Probanden zudem ihre Wahl begründen. Gelegentlich vertauschten die Forscher mit einem Trick, den sie von dem Profimagier Peter Rosengren gelernt hatten, heimlich die beiden Gesichter, nachdem die Versuchsperson ihre Wahl getroffen hatte. Dadurch verkehrte sich die ursprüngliche Entscheidung in ihr Gegenteil.

Nur 26 Prozent der so hereingelegten Probanden bemerkten den Tausch. Mehr noch: Wenn eine Versuchsperson anschließend ihre manipulierte Wahl begründen sollte, erfand sie aus dem Stegreif Argumente dafür – rechtfertigte also das Gegenteil ihrer wirklichen Entscheidung! Johansson und seine Mitarbeiter bezeichnen dieses Phänomen als »Wahlblindheit«. Indem die Forscher den Probanden vorgaukelten, sie hätten eine bestimmte Wahl getroffen, konnten sie zeigen, wie weit nachträgliche Rationalisierungen gehen – so weit, dass Menschen besten Gewissens selbst solche Entscheidungen begründen, die ihren ursprünglichen Intentionen völlig zuwiderlaufen.

Viele Irreführungsmethoden von Zauberern werden auch von Taschendieben angewendet. Diese gehen oft an belebten öffentlichen Orten ihrem Gewerbe nach und nutzen in hohem Maß soziale Verhaltensweisen zur Ablenkung – Blick- und Körperkontakt sowie Eindringen in die persönliche Zone des zu Bestehlenden. Auch ihre Gesten dienen gezielt dazu, die Aufmerksamkeit des Opfers zu steuern. Soll es auf die Bahn der Hand achten, malen sie eine geschwungene Linie in die Luft. Eine schnelle, gerade Bewegung lenkt das Augenmerk dagegen von deren Verlauf weg und auf die Endposition hin. Wie uns

TASCHENSPIELERTRICKS

Multisensorische Ablenkung

Apollo Robbins (rechts), der sich selbst als professionellen Taschendieb bezeichnet, führt vor, wie er eine Person so gründlich ablenkt, dass sie nicht mehr auf ihre Wertgegenstände achtet. Robbins manipuliert dazu den Berührungssinn des Opfers, dringt in seine persönliche Zone ein und lenkt seinen Blick in eine unverfängliche Richtung. Ein verblüffendes Video, wie Robbins heimlich die Armbanduhr einer Person entwendet, finden Sie unter tinyurl.com/6lhxy8.



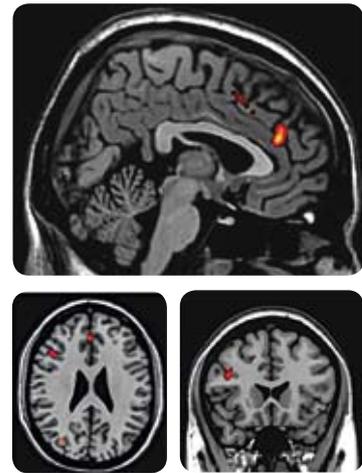
MIT FRDL. GEN. VON APOLLO ROBBINS

ILLUSORISCHE KORRELATION

Wie das Gehirn mit dem »Unmöglichem« umgeht

In einem Experiment sahen die Probanden, während funktionelle Magnetresonanzbilder ihres Gehirns aufgenommen wurden, Zaubertrickvideos mit scheinbar unmöglichen Kausalbeziehungen. So ließ der Zauberer etwa einen Ball verschwinden (obere Bildreihe). Eine Kontrollgruppe sah

ganz ähnliche Videos, allerdings ohne Täuschung (untere Reihe). Die farbig hervorgehobenen Bereiche in den Magnetresonanzaufnahmen (rechts) markieren Regionen gesteigerter neuronaler Aktivität in den Gehirnen der Zaubertrickbetrachter.



FOTOS UND HIRNSCANS: BENJAMIN A. PARRIS UND GUSTAV KUHN, UNIVERSITY OF DURHAM

der berufsmäßige Taschendieb Apollo Robbins erklärt hat, sind beides wesentliche Tricks zur Irreführung des Opfers. Noch gibt es keine neurowissenschaftliche Erklärung dafür, wie sie funktionieren. Doch haben wir mehrere überprüfbare Hypothesen aufgestellt.

Eine besagt, dass geschwungene und geradlinige Gebärden im Gehirn zwei verschiedene Steuersysteme für Augenbewegungen aktivieren. Das »Nachführsystem« dient dazu, bewegte Objekte kontinuierlich zu verfolgen. Dagegen ist das »Sakkadensystem« für sprunghafte Augenbewegungen von einem visuellen Ziel zum nächsten zuständig. Gemäß dieser Hypothese aktivieren weitschweifige Gesten des Taschendiebs beim Opfer das Nachführ-, schnelle, geradlinige Bewegungen das Sakkadensystem.

Für den Langfinger springt dabei zweierlei heraus. Beschäftigt er das Nachführsystem des Opfers mit einer komplizierten Geste, lenkt er dessen visuellen Fokus vom Ort des Diebstahls weg. Und wenn er mit einer raschen, geradlinigen Bewegung das Sakkadensystem des Opfers anspricht, erreicht er, dass dessen visuelle Wahrnehmung, während das Auge von Punkt zu Punkt springt, blockiert ist. Dieses Phänomen ist als sakkadische Unterdrückung bekannt.

Eine Alternativhypothese beinhaltet, dass geschwungene Bewegungen dem Betrachter vielleicht automatisch bedeutsamer erscheinen als lineare und deshalb größere Beachtung fin-

den. In diesem Fall würde nur das Aufmerksamkeitssystem des Gehirns – und nicht das für die Steuerung der Augenbewegungen – vom manuellen Ablenkungsmanöver des Taschendiebs beeinflusst. Dazu passen Ergebnisse früherer Untersuchungen von uns, wonach Wölbungen und Ecken von Gegenständen prominenter erscheinen und stärkere Gehirnaktivität hervorrufen als gerade Kanten. Der Grund ist wahrscheinlich, dass sie weniger vorhersehbar und daher informationshaltiger sind. Analog könnten auch weitschweifige Gesten aussagekräftiger erscheinen und somit mehr auffallen als geradlinige Bewegungen.

Zaubertricks als Quelle kognitiver Täuschungen eröffnen vielerlei Möglichkeiten, die neuronalen Schaltkreise hinter bestimmten geistigen Funktionen aufzudecken. So haben Neurowissenschaftler damit die menschliche Neigung untersucht, eine Kausalbeziehung zwischen Ereignissen herzustellen, die unmittelbar aufeinanderfolgen. Ein gewiefter Bühnenmagier macht sich das zu Nutze, indem er als Vorbereitung auf einen Trick Ereignis A (beispielsweise gießt er Wasser auf einen Ball) immer vor Ereignis B (der Ball verschwindet) eintreten lässt. Natürlich hat beides nichts miteinander zu tun, doch da A grundsätzlich B vorausgeht, entsteht der Eindruck von Kausalität. Kognitionspsychologen nennen das illusorische Korrelation.

Vor drei Jahren führten Kuhn sowie Ben A. Parris und Tim L. Hodgson an der Uni-

Literaturhinweise

Johansson, P. et al.: Failure to Detect Mismatches Between Intention and Outcome in a Simple Decision Task. In: *Science* 310, S. 116–119, 7. Oktober 2005.

Kuhn, G., Land, M. F.: There's More to Magic Than Meets the Eye. In: *Current Biology* 16(22), S. R950–R951, 21. November 2006.

Kuhn, G. et al.: Misdirection in Magic: Implications for the Relationship Between Eye Gaze and Attention. In: *Visual Cognition*, 16(2–3), S. 391–405, 2008.

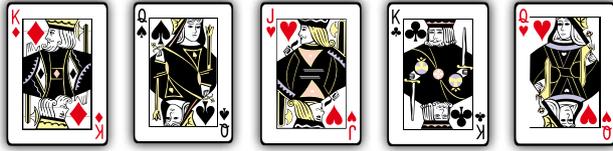
Macknik, S. L. et al.: Attention and Awareness in Stage Magic: Turning Tricks into Research. In: *Nature Reviews Neuroscience*. Online-Vorabveröffentlichung, 30. Juli 2008.

Parris, B. A. et al.: Imaging the Impossible: an fMRI Study of Impossible Causal Relationships in Magic Tricks. In: *Neuroimage* 45(3), S. 1033–1039, 2009.

Speziell zum Artikel produzierte Videos von Spektrum finden Sie unter: www.spektrum.de/zauberei

WIR KÖNNEN IHRE GEDANKEN LESEN

Wir haben genau Ihre Karte entfernt!



Haben wir richtig getippt? Lag es an Hardins Methode der außersinnlichen Wahrnehmung, oder gibt es eine einfachere Erklärung? Lesen Sie erst weiter, wenn Sie die Antwort nicht selbst herausfinden können.

Sie haben aufgegeben? Schauen Sie sich nochmals die sechs Karten auf S. 47 an und vergleichen Sie sie mit den fünf Karten oben. Bemerken Sie irgendwelche Unterschiede? Wenn Sie auf den Trick hereingefallen sind (wie die meisten Menschen), lag es an dem, was Psychologen und Illusionisten als Veränderungsblindheit bezeichnen. Als Sie das Auge ankreuzten, wurden Sie abgelenkt. Danach erinnerten Sie sich nicht mehr genau an das, was Sie gesehen hatten, und nach dem Umlblättern fiel Ihnen deshalb nicht auf, welche großen – und eigentlich offensichtlich – Unterschiede zwischen den Karten auf den beiden Seiten bestehen.

Neurotricks und Zauberwissenschaft

Neurowissenschaftler erforschen zunehmend die wahrnehmungspsychologischen Hintergründe der Zauberkunst und nutzen deren Erfahrungsschatz für eigene Experimente.

Sehen Sie dazu auch spezielle Videos unter:
www.spektrum.de/zauberei

Von Thomas Fraps

Das Interesse der Wissenschaft an der Zauberkunst reicht über 100 Jahre zurück. Eine erste Analyse von Kunststücken wie dem im nebenstehenden Artikel erwähnten in der Luft verschwindenden Ball versuchte schon 1894 Alfred Binet. Weitere frühe Arbeiten zur Psychologie der Täuschung erschienen 1896 im Fachjournal »Science« sowie im Jahr 1900 im »American Journal of Psychology«.

Die experimentellen Methoden waren damals jedoch begrenzt und im Wesentlichen auf fotografische Einzelaufnahmen eines Trickablaufs beschränkt. Im Zuge der Entwicklung von modernen bildgebenden Verfahren erwachte das Interesse der Wissenschaftler an der Zauberkunst neu. So bezeichnete es der renommierte Wahrnehmungspsychologe Richard L. Gregory 1982 als »grobe Nachlässigkeit von Psychologen, die Zauberkunst als reine Spielerei abzutun. Einer erfolgreichen Täuschung liegt sehr viel mehr zu Grunde als eine Hand, die schneller ist als das Auge«. Ende der 1990er Jahre verwendete der Kogniti-

onspsychologe Olivier Houdé von der Pariser Sorbonne einfache Kunststücke, um die Entstehung des Zahlbegriffs und reflexiven Bewusstseins bei Kindern zu erforschen, und wies auf die Möglichkeiten der Kombination von Zaubertricks mit Videotechnik für die Forschung hin.

Die seit 2005 von Gustav Kuhn von der Durham University (England) veröffentlichten Experimente haben die Magie endgültig als Forschungsobjekt ins Labor geholt und weitere Wissenschaftler für das Gebiet interessiert. Dazu gehört etwa der Kognitionsforscher John Henderson von der University of Edinburgh (Schottland). Er untersucht zusammen mit dem Psychologen und Zauberkünstler Peter Lamont das Phänomen der Veränderungsblindheit mit speziell dafür entworfenen Trickabläufen.

An der Graduate School of Systemic Neuroscience der Universität München zeichnet die Psychologin Amory Faber im Rahmen ihrer Doktorarbeit Elektroenzephalogramme von Versuchspersonen beim Betrachten von Zaubertricks auf. Solche EEGs haben eine

höhere zeitliche Auflösung als funktionelle Magnetresonanzaufnahmen, welche Änderungen in der Durchblutung des Gehirns registrieren. Sie sollen Aufschluss über den zeitlichen Verlauf der Erregungsmuster verschiedener Hirnareale im Moment der Verblüffung geben. Bei der Auswahl und Aufnahme der Trickfilme wirkte ich als Berater und Zauberkünstler mit.

David Edelman vom Neurosciences Institute in San Diego arbeitet zusammen mit dem New Yorker Zauberkünstler Mark Mitton an einem allgemeinen Modell der Ablenkung, um reproduzierbar zu erklären, warum sich zum Beispiel manche Bewegungen von Zauberkünstlern aus dem Bewusstsein der Zuschauer ausradieren lassen. Statt solche Bewegungen nur zu motivieren, um sie unverdächtig wirken zu lassen (wie im Artikel beschrieben), sucht sie der Illusionist – ähnlich dem Gorilla bei der Unaufmerksamkeitsblindheit – ganz »unsichtbar« zu machen. Das gilt insbesondere für Close-up-Kunststücke, bei denen sich die Zuschauer direkt neben dem Zauberer befinden, also zum Beispiel an einem Tisch mit ihm sitzen.

Ein Meister dieser Form war Tony Slydini (1900–1991). Der italoamerikanische Zauberkünstler verwendete bei

Der Autor wirkt bei Trickfilmen für ein Projekt an der Graduate School of Systemic Neurosciences der Universität München mit. Mit Elektroenzephalogrammen will man dabei den zeitlichen Verlauf der Erregungsmuster im Hirn im Moment der Verblüffung durch Zauberkunststücke ermitteln.

versity of Exeter (England) Versuchspersonen in einem Magnetresonanztomografen Filme von Zaubertricks vor, die allem Anschein nach gegen das Gesetz von Ursache und Wirkung verstießen. Anschließend verglichen sie die Gehirnaufnahmen ihrer Probanden mit denen einer Kontrollgruppe, die analoge Videos gesehen hatte, bei denen aber alles mit rechten Dingen zugeht. Wie sich herausstellte, war bei denjenigen, die den Zaubertrick betrachteten, ein Bereich im vorderen (anterioren) Gyrus cinguli stärker aktiviert als bei den Vergleichspersonen. Demnach könnte diese Hirnregion für die Interpretation kausaler Zusammenhänge bedeutsam sein.

Die Untersuchung von Kuhn und Kollegen gibt nur einen Vorgeschmack davon, wie gut sich Zaubertricks dafür eignen, bei Experimenten zur Erforschung der Physiologie des Gehirns Aufmerksamkeit und Bewusstsein zu manipulieren. Neurowissenschaftler sollten also lernen, die Methoden der Magie genauso geschickt wie professionelle Zauberer anzuwenden. Dann dürften sie im Stande sein, durch eine präzise Steuerung der Aufmerksamkeit in Echtzeit einen Zusammenhang zwischen Bewusstseinsinhalten und neuronalen Vorgängen herzustellen. Damit würden sie über die Mittel verfügen, einigen der Rätsel des Bewusstseins selbst auf die Spur zu kommen. ◁



Susana Martinez-Conde und **Stephen L. Macknik** arbeiten am Barrow Neurological Institute in Phoenix. Martinez-Conde leitet dort das Laboratory of Visual Neuroscience, Macknik das Laboratory of Behavioral Neurophysiology. Von ihnen ist in dieser Zeitschrift im Dezember 2007 bereits der Artikel »Fenster ins Gehirn« erschienen.

seinen Tricks, die er zumeist am Tisch sitzend vorführte, nur Alltagsrequisiten und verzichtete auf jede »offene« Ablenkung wie Explosionen und Lichtwechsel. Das zwang ihn, grundlegende Täuschungsmechanismen einzusetzen. So war das Prinzip der gezielten Lenkung der Aufmerksamkeit durch lineare und kurvenförmige Bewegungen ein wesentlicher Bestandteil seiner Kunststücke. Mit seinen Methoden frappierte er selbst die besten Kollegen, und manche seiner Tricks finden sich noch heute im Repertoire vieler Zauberer.

Einige der erwähnten Arbeitsgruppen präsentieren ihre Ergebnisse und Praxiserfahrungen übrigens im ersten wissenschaftlichen Workshop zu diesem

Thema bei der Jahrestagung der Association for the Scientific Study of Consciousness vom 5. bis 8. Juni in Berlin (www.assc13.com/tutorials).

Der Dialog zwischen Zauberer und Neurowissenschaft kommt also immer mehr in Gang, ist aber auch prinzipiellen Beschränkungen unterworfen. So müssen die Kunststücke auf Video aufgenommen werden, um den experimentellen Laborbedingungen und der Forderung nach wissenschaftlicher Standardisierung zu entsprechen. Dies begrenzt das einsetzbare Repertoire, weil keine direkte Interaktion mit dem Publikum möglich ist. Tricks, die einen Zuschauer einbeziehen – der etwa eine Spielkarte oder eine Münze hält, die sich

dann in seiner Hand verwandelt –, sind dadurch momentan keinem neurowissenschaftlichen Experiment zugänglich.

Zudem funktionieren verschiedene Methoden der offenen und verdeckten Ablenkung auf Video gar nicht oder nur in abgeschwächter Form. Die von Zauberern empirisch entwickelten Mechanismen zur Lenkung der Aufmerksamkeit sind stark von der wechselseitigen Dynamik und vor allem dem Kontext einer Livevorführung abhängig. Auch der Illusionist beobachtet bei vielen Kunststücken das Publikum (nicht nur umgekehrt!), um bestimmte, zur Ablenkung erforderliche Bewegungsabläufe zeitlich auf dessen Reaktionen abzustimmen.

Trotz dieser Einschränkungen kann die Neurowissenschaft viel vom Wissen und den Fähigkeiten der Zauberer profitieren. Dass deren Vorführungen dadurch entzaubert werden, steht nicht zu befürchten. Schließlich tun neurowissenschaftliche Erkenntnisse über die Wahrnehmung von Musik dem Genuss eines Beethoven-Konzerts ebenfalls keinen Abbruch. Somit wird auch der Besitzer eines Gehirns, das alles über die neuronalen Korrelate der Ablenkung weiß, von einem guten Zauberer weiterhin aufs Angenehmste getäuscht werden!

Thomas Fraps hat sich nach Abschluss des Physikstudiums 1994 der Zauberei zugewandt. Er erhielt diverse Auszeichnungen, moderierte zwei Jahre lang »trickreich« die Fernsehsendung »Faszination Wissen« im Bayerischen Rundfunk und verbindet seither Magie und Wissenschaft auf der Bühne wie im Labor.



GRADUATE SCHOOL OF SYSTEMIC NEUROSCIENCES GUN-URIG, MÜNCHEN