

Zusatztexte zu Kap. 5

Aufmerksamkeit und Bewusstsein

(Den jeweils zu Ihrer Leseseite passenden/gehörenden Zusatztext (z.B.: zu Seite 36 = **zu36**) können Sie hier leicht mit der üblichen Suchfunktion auffinden. Suchfunktion öffnen und Seitenzahl als zuXX eingeben, (die angegebenen **zu**-Zahlen beziehen sich auf die Textseite im Buch, wo auf diesen Zusatztext verwiesen wird).

Die nachgestellten Zahlen in Klammern (1), (2), (3) bezeichnen den ersten, zweiten, dritten Zusatztext zu der jeweiligen Seite).

Aufrufbare Links im Internet sind leider nicht immer dauerhaft. Das gilt auch für unsere Angaben. Dem vorzubeugen wurden die aufrufbaren Texte zumindest z. T. im Zusatztext, wie angegeben, mit aufgenommen.

zu199, zu202

Flaschenhalsmodell von Broadbent - geteilte Aufmerksamkeit

Diese und weitere Befunde führten zur Formulierung einer Theorie der Reizverarbeitung (Broadbent, 1958), welche davon ausging, dass von verschiedenen, über physikalische Merkmale – wie z.B. die Richtung, aus der ein Reiz kommt, ein spezifisches Tonhörenspektrum etc. – definierten „Sinneskanälen“ lediglich ein bestimmter Kanal ausgewählt wird (geteilte Aufmerksamkeit), und die durch ihn übermittelten Informationen in einem zentralen, für verschiedenste kognitive Leistungen zuständigen Verarbeitungssystem eine „höhere“ Verarbeitung erfahren. Hierzu gehörten z.B. Entschlüsselung der Bedeutung einer Lautfolge oder die Speicherung im Langzeitgedächtnis. Die Informationen anderer Sinneskanäle wurden dagegen von einem Filter zurückgewiesen. Das häufige Bemerkens der Änderung der physikalischen Reizcharakteristik der nicht zu beschattenden Botschaft lässt sich in dieser Konzeption dadurch erklären, dass der Filter auf die Zurückweisung dieser neu auftretenden Reize zunächst nicht eingestellt ist und sie deswegen kurzzeitig zur weiteren Verarbeitung zulässt. Weiter wurde angenommen, dass zurückgewiesene Reizinformationen in einem Zwischenspeicher verharren, in dem sie von raschem Verfall betroffen waren, und eine weitergehende Verarbeitung nur noch erlangen konnten, wenn der Filter noch rasch (vor Einsetzen des Verfalls) auf den zugehörigen Kanal „umgeschaltet“ wurde. Passend zu diesen Annahmen findet sich in Untersuchungen, in denen Versuchspersonen aufgefordert werden, eine Anzahl von paarweise dichotisch dargebotenen Reizen im direkten Anschluss vollständig wiederzugeben (**Split-Span**-Aufgaben) eine ausgeprägte Präferenz für eine „ohrenweise“ anstelle einer chronologischen Wiedergabe. Wird beispielsweise dem einen Ohr die Ziffernfolge „3-5-2“ dargeboten und dem anderen zeitgleich „1-7-8“, so reproduziert die Versuchsperson zumeist „3-5-2-1-7-8“ oder „1-7-8-3-5-2“. Verlangt die Instruktion der Aufgabe dagegen eine Wiedergabe gemäß der Darbietungsreihenfolge, so kommt es zu vermehrten Fehlern. Der Broadbent'schen Filtertheorie zufolge lassen sich diese Ergebnisse dadurch erklären, dass ein Umschalten des Filters zwischen zwei Kanälen in gewisser Weise fehleranfällig ist.

wodurch es für das Wahrnehmungssystem günstiger ist, die Aufgabe mittels eines einzigen Umschaltens des Filters zu bearbeiten, indem der Filter zunächst auf den Kanal des einen Ohres eingestellt und nach der Wiedergabe der dort präsentierten Reize auf den anderen Kanal umgeschaltet wird, um die noch im Zwischenspeicher befindlichen Informationen des anderen Ohres auszulesen.

Die Broadbent'sche Filtertheorie hatte großen Einfluss auf den Fortgang der Aufmerksamkeitsforschung. Wir wollen auf zwei (eng miteinander verwobene) prägende Aspekte besonders hinweisen. Der erste betrifft den vermuteten Grund für die Filterung der Reizinformationen, welcher in einer begrenzten Kapazität des für die höheren kognitiven Prozesse zuständigen Verarbeitungssystems gesehen wurde. Um erfolgreich handeln zu können, muss dieses vor Überlastung geschützt werden bzw. davor, dass die begrenzte Kapazität auf Kosten handlungsnotwendiger Reizverarbeitung für die Verarbeitung irrelevanter Reizinformationen verwendet wird. Der andere Aspekt betrifft die Verarbeitung von Reizinformationen vor der Aufmerksamkeitsselektion. Im Gegensatz zur höheren Verarbeitung unterliegt die Registrierung der physikalischen Reizmerkmale in der ersten Phase keiner Limitation. Alle zugrundeliegenden Prozesse können der Theorie zufolge in paralleler Weise simultan ablaufen. Diese Phase der Verarbeitung wird oft als prä-attentiv bezeichnet, der Übergang in das mit begrenzter Kapazität ausgestattete höhere Verarbeitungssystem, der zu einem Zeitpunkt nur für Informationen aus einem Sinneskanal möglich ist, metaphorisch als **Flaschenhals** (bottleneck).

Die Flaschenhalstheorie postuliert einen frühen Filter der eingehenden Information vor deren Vergleich im Kurzzeitgedächtnis.

Besonderes Forschungsinteresse erregte die Annahme einer perzeptuellen Filterung anhand rein physikalischer Reizmerkmale, der zufolge Reize unbeachteter Kanäle keine über die Registrierung dieser Merkmale hinausgehende Verarbeitung und damit insbesondere keine Entschlüsselung ihrer etwaigen Bedeutung erfahren sollten. Verschiedene Folgeuntersuchungen nährten Zweifel an dieser Annahme **früher Selektion** (early selection), indem sie eine Beeinflussung der Verhaltensleistung oder auch physiologischer Reaktionen durch den semantischen Gehalt nicht zu beachtender Reize aufzeigten. Das führte zur Theorie der **späten Selektion** (late selection).

Aufmerksamkeitsprozesse werden nicht durch frühes Ausfiltern unwichtiger Information gesteuert, sondern durch einen übergeordneten Bewertungsprozess der eingehenden Information.

Literatur:

Broadbent, D. E. (1958). *Perception and communication*. New York: Pergamon.

zu203

Untersuchung der kognitiven Verarbeitung nichtbeachteter Reize

Der Versuch, die Verarbeitungsprozesse zu bestimmen, die auf nicht zu beachtende Reize angewendet werden, weist eine besondere Problematik auf. Während man bei Versuchen mit zu beachtenden Reizen spezifische Aufgaben stellen kann, deren Bewältigung dann Aufschluss über die zugrundeliegenden Prozesse geben mag, kann die Versuchsperson im Fall nicht zu beachtender Reize nicht instruiert werden, bestimmte Aufgaben auf diese Reize hin auszuführen, da dies unumgänglich zu deren Beachtung führen würde. Ein häufiges Vorgehen zur Bewältigung dieses Problems besteht darin, der Versuchsperson eine Aufgabe mit zu beachtenden – d.h. zu beantwortenden – Reizen vorzugeben und zusätzlich weitere für die Bearbeitung der Aufgabe irrelevante Reize darzubieten, wie es z.B. bei der Beschattungsaufgabe mit dichotisch dargebotenen Botschaften passiert. Die zu beachtenden Reize werden dabei als Zielreize oder Targets, die irrelevanten Reize als Distraktoren bezeichnet. Aus Einflüssen der Distraktoren auf die Reaktionsleistung hinsichtlich eines zeitgleich (oder im Anschluss) dargebotenen Targets kann dann auf bestimmte Charakteristika der Verarbeitungsprozesse rückgeschlossen werden. Beispielsweise würde eine systematische Beeinflussung der Reaktionsleistung durch den semantischen Gehalt der nicht zu beschattenden Botschaft eine gewisse inhaltliche Entschlüsselung belegen.

Im Rahmen der Beschattungsaufgaben-Methodik mit dichotischer Reizvorgabe findet sich eine ganze Reihe von Demonstrationen von Effekten der Semantik der nicht zu beschatteten Botschaft auf die Nachsprecheleistung. So führte Treisman (1960) ein Experiment durch, in dem die Botschaft des zu beschattenden Ohres an einigen Stellen unvermittelt abbrach und „nahtlos“ auf dem nicht zu beschattenden Ohr fortgesetzt wurde, während zeitgleich auf dem zu beschattenden Ohr die Darbietung einer inhaltlich nicht passenden Phrase erfolgte. An diesen Bruchstellen sprachen Versuchspersonen mitunter ein oder zwei Wörter der inhaltlich stimmigen Fortsetzung des „falschen Ohres“ nach. Ein weiteres Beispiel findet sich in einer Untersuchung von Lewis (1970), in der das Nachsprechen von auf der einen Seite dargebotenen Wörtern unterschiedlich schnell erfolgte, je nachdem, ob auf der anderen Seite zeitgleich ein Wort dargeboten wurde, welches keinen semantischen Zusammenhang mit dem nachzusprechenden Wort aufwies, oder ob es sich dabei um ein Wort handelte, das als Synonym oder Antonym mit diesem semantisch verbunden war.

Das in **Exkurs 5.4** beschriebene semantische negative Priming stellt einen Beleg für die inhaltliche Entschlüsselung von nicht zu beachtenden Reizen dar. Mit dieser Methode wird nicht die Interferenz gemessen, die ein zeitgleich dargebotener Distraktor auf die Bearbeitung eines Zielreizes ausübt, sondern die Beeinträchtigung der Reaktion durch die vorherige Darbietung eines mit dem aktuellen Zielreiz semantisch verbundenen Distraktors. Negatives Priming hat sich mitunter als sensitiveres Nachweisverfahren für die semantische Verarbeitung von Distraktoren erwiesen als die Interferenzwirkung simultan dargebotener Distraktoren. So zeigten sich verzögerte Reaktionen, wenn ein Zielreiz eine semantische Verbindung mit einem zuvor dargebotenen Distraktor aufwies, auch wenn dieser zum Zeitpunkt seiner Darbietung die Reaktion auf einen Zielreiz nicht beeinflusste (z.B. Driver & Tipper; 1989; Mari-Beffa et al., 2000).

Neben solcherart beobachtbaren Auswirkungen auf die Aufgabenleistung können bestimmte Aspekte der Verarbeitung nicht zu beachtender Reize auch aus physiologischen Reaktionen erschlossen werden. Beispielsweise konditionierten Corteen und Wood (1972) Versuchspersonen, indem sie die Darbietung ausgewählter Städtenamen mit einem schwachen elektrischen Schock paarten, was zur Ausbildung einer als elektordermale Reaktion bezeichneten Erhöhung der Hautleitfähigkeit als konditionierte Reaktion führte. In einer im Anschluss vorgegebenen Beschattungsaufgabe fand sich eine Erhöhung der

Hauleitfähigkeit ebenfalls, wenn die zur Konditionierung verwendeten Städtenamen oder auch andere Städtenamen dem nicht zu beachtenden Ohr präsentiert wurden, was eine semantische Kategorisierung dieser Reize nahelegt.

Bildgebende Verfahren haben die Möglichkeiten zur Untersuchung der Verarbeitung irrelevanter Reize noch erheblich erweitert. Beispielhaft erwähnt werden soll die Erfassung der Aktivität bestimmter Hirnbereiche, von denen bekannt ist, dass sie in besonderer Weise an der Verarbeitung spezifischer Reizaspekte beteiligt sind, etwa das V5-Areal bei der Verarbeitung bewegter Reize. Werden nicht zu beachtende bewegte Reize dargeboten, während die Versuchsperson auf anderes (statisches) Reizmaterial zu reagieren hat, so kann die Aktivität im kritischen Hirnbereich zwischen verschiedenen Versuchsbedingungen verglichen werden, für die eine unterschiedliche Art oder Intensität der Verarbeitung der Distraktoren aus theoretischen Gründen angenommen wird (z.B. Polk et al., 2008; Rees et al. 1997). Mit dieser Methode fanden Rees et al. (1997) geringere durch Distraktoren ausgelöste Aktivität, wenn eine aktuell zu bearbeitende Aufgabe unter Bedingungen erhöhter Belastung der Aufmerksamkeit (attentional load) durchgeführt wurde. Dieses Ergebnis steht in Übereinstimmung mit den in **Exkurs 5.7** geschilderten Befunden zur verminderten Flankierungsinterferenz unter Bedingungen erhöhter perzeptueller Belastung (siehe Lavie, 2005, für einen Überblick über die Rolle der Arbeitsgedächtnisbelastung für die Verarbeitung von Distraktorreizen).

Literatur:

- Corteen, R. S. & Wood, D. (1972). Autonomic responses to shock-associated words in an unattended channel. *Journal of Experimental Psychology*, 94, 308-313.
- Lavie, N. (2005). Distracted and confused?: Selective attention under load. *Trends in Cognitive Sciences*, 9, 75-82.
- Lewis, J. L. (1970). Semantic processing of unattended messages using dichotic listening. *Journal of Experimental Psychology*, 85, 225-228.
- Polk, T. A., Drake, R. M., Jonides, J. J., Smith, M. R. & Smith, E. E. (2008). Attention enhances the neural processing of relevant features and suppresses the processing of irrelevant features in humans: A functional magnetic resonance imaging study of the Stroop task. *The Journal of Neuroscience*, 28, 13786-13792.
- Rees, G., Frith, C. D. & Lavie, N. (1997). Modulating irrelevant motion perception by varying attentional load in an unrelated task. *Science*, 278, 1616-1619.
- Treisman, A. M. (1960). Contextual cues in selective listening. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 12, 242-248.

zu207 (siehe auch zu 213)

Cueing, Hinweisreiz-Paradigma

Verglichen mit neutralen Experimentaldurchgängen wird in validen Durchgängen schneller reagiert, in invaliden Durchgängen wird meist langsamer reagiert. Die Lichtkegel-Metapher der Aufmerksamkeit (Aufmerksamkeit, Scheinwerfermetapher) besagt, dass der Hinweisreiz Aufmerksamkeit auf eine bestimmte Position allokiert. Erscheint der Zielreiz bereits an dieser Stelle, wird er schneller identifiziert und eine schnellere Reaktion ist möglich; wird aber - wie in invaliden Durchgängen - ein Ortswechsel der Aufmerksamkeit nötig, kommt es zu langsameren Reaktionszeiten. Eine wichtige Unterscheidung in diesem Paradigma ist die Art der Hinweisreize. Zentrale Hinweisreize (z. B. Pfeile) erfordern die willentliche Lenkung der Aufmerksamkeit, während periphere Hinweisreize (z. B. Lichtblitze an den möglichen Zielreizpositionen) Aufmerksamkeit unwillentlich lenken können. Der Informationsgehalt (die

Wahrscheinlichkeit, mit der die Hinweisreize den Zielreiz vorhersagen) der Hinweisreize moduliert in Abhängigkeit der Hinweisreizart den Cueing-Effekt. Diese führte zum Postulat zweier Aufmerksamkeitssysteme (endogen versus exogen): F. Mast/C. Frings Aus: Dorsch, Lexikon der Psychologie, 2013

Weiteres zum Cueing

Untersuchungen mit dem *Paradigma des Spatial Cueing*, bei denen lediglich Reaktionsdaten von Versuchsdurchgängen ausgewertet wurden, in denen der Blick der Versuchsperson während der Darbietung des zu beantwortenden Reizes auf die Mitte des Bildschirms gerichtet war, zeigen, dass der Cueing-Effekt (überlegene Leistungen, wenn der Reiz am angekündigten Ort dargeboten wird, als wenn er am gegenüberliegenden Ort erscheint) nicht dadurch zustande kommt, dass Reize am angekündigten Ort durch eine begünstigende Ausrichtung der Augen vorteilhaft verarbeitet werden. Dennoch besteht ein enger Zusammenhang zwischen dieser Art der verdeckten Ausrichtung der Aufmerksamkeit und der Steuerung von Augenbewegungen. So finden sich deutliche Hinweise darauf, dass der Durchführung einer geplanten Augenbewegung (Sakkade) eine verdeckte Verschiebung der Aufmerksamkeit auf den geplanten Fixationsort vorausgeht. Hierzu präsentierten Deubel und Schneider (1996) Markierungen am Bildschirm, auf welche die Versuchsperson den Blick richten sollten. Bereits vor Beginn der Sakkade (während der Blick der Versuchsperson noch auf einen mittleren Punkt fixiert war) erschien ein Zielreiz, den es zu erkennen galt (eingebettet in eine Kette weiterer Zeichen). Der Zielreiz konnte am Zielort der geplanten Blickbewegung oder in dessen Nachbarschaft erscheinen. Obwohl der Zielreiz und die übrigen Zeichen bereits wieder vom Bildschirm verschwunden waren, als die Blickbewegung ihren Zielort erreichte, fiel die Erkennensleistung besonders gut aus, wenn der zu erkennende Reiz am Zielort der Sakkade dargeboten wurde.

Neben der Ankündigung des Darbietungsortes eines zu beantwortenden Reizes wurden in weitergehenden Experimenten diverse weitere Kontextmerkmale einer bevorstehenden Reizdarbietung angekündigt und Effekte der Validität der Ankündigung beobachtet. Ein Beispiel hierfür findet sich in Exkurs 5.11 (Verarbeitung globaler und lokaler Reizinformationen). Auch im unter 6.5.2 behandelten Aufgabenwechselparadigma wurden in einigen Experimenten invalide Aufgabenankündigungen durch einen der Aufgabe vorausgehenden Cue eingestreut. Wie unter der Annahme der Nutzung des Cues zur Vorbereitung auf die angekündigte Aufgabe zu erwarten, zeigten sich Leistungseinbußen, wenn eine andere als die angekündigte (vorbereitete) Aufgabe vorgegeben wurde. Interessanterweise fielen diese Invaliditätskosten in den einer invalide angekündigten Aufgabe folgenden Versuchsdurchgängen geringer aus, was für eine verminderte Nutzung des Cues zur Aufgabenvorbereitung nach der Verarbeitung eines irreführenden Cues spricht (Wendt et al., 2012). Cueing-Experimente, in denen die Kompatibilität eines kommenden Reizes in einer Eriksen-Flankierungsaufgabe (vgl. 5.1.4) angekündigt wurde, erbrachten eine größere Flankierungsinterferenz nach Ankündigung eines kompatiblen als nach Ankündigung eines inkompatiblen Reizes (Gratton et al., 1992; Ghinescu et al., 2010). Dieses Ergebnis lässt sich durch die Annahme erklären, dass die Ankündigung des Auftretens konfliktauslösender Flankierreize (inkompatible Bedingung) zu einer stärkeren

Fokussierung der Aufmerksamkeit und damit zu einer verminderten Verarbeitung der Flankierreize führt.

In jüngerer Zeit ist zudem die förderliche Wirkung der Ankündigungen des Darbietungszeitpunktes eines zu beantwortenden Reizes in den Fokus der Forschung genommen worden. Für verschiedene Arten von Aufgaben fand sich auch hier ein Vorteil der Bearbeitung, wenn der Reiz zum angekündigten Zeitpunkt im Vergleich zu einem Kontrollzeitpunkt erschien (z.B. Coull & Nobre, 1998). Auch elektrophysiologische Befunde stützen die Annahme der verbesserten Verarbeitung von Reizen, die an einem zu erwartenden (angekündigten) Zeitpunkt erscheinen (Correa, Lupiáñez, Madrid & Tudela, 2006). Zur Erklärung dieser temporalen Cueing-Effekte werden verschiedenen Prozesse der Vorbereitung, bezogen auf frühe Stufen der Reizverarbeitung wie auch auf spätere kognitive Operationen diskutiert (Überblick in Correa, Lupiáñez & Tudela, 2006).

Literatur:

Correa, Á., Lupiáñez, J., Madrid, E., & Tudela, P. (2006). Temporal attention enhances early visual processing: A review and new evidence from event-related potentials. *Brain Research*, 1076, 116–128.

Correa, Á., Lupiáñez, J., & Tudela, P. (2006). The attentional mechanism of temporal orienting: Determinants and attributes. *Experimental Brain Research*, 169, 58–68.

Coull, J. T., & Nobre, A. C. (1998). Where and when to pay attention: The neural systems for directing attention to spatial locations and to time intervals as revealed by both PET and fMRI. *The Journal of Neuroscience*, 18, 7426–7435.

Deubel, H., & Schneider, W. X. (1996). Saccade target selection and object recognition: Evidence for a common attentional mechanism. *Vision Research*, 36, 1827-1837.

Ghinescu, R., Schachtman, T.R., Stadler, M.A., Fabiani, M., Gratton, G. (2010). Strategic behavior without awareness? Effects of implicit learning in the Eriksen flanker paradigm. *Memory & Cognition*, 38, 197-205.

Gratton, G., Coles, M. G. H., & Donchin, E. (1992). Optimizing the use of information: Strategic control of activation of responses. *Journal of Experimental Psychology: General*, 121, 480-506.

Wendt, M., Luna-Rodriguez, A., Reisenauer, R., Jacobsen, T., & Dreisbach, G. (2012). Sequential modulation of cue use in the task switching paradigm. *Frontiers in Psychology*, 3, 287.

zu208 und zu255

Aufmerksamkeitsausrichtung durch wahrgenommene Blickrichtung

Für ein weiterführendes Beispiel der Beeinflussung „automatischer“ Verarbeitung durch höhere Kognitionen greifen wir auf das in **Exkurs 5.6** beschriebene Experiment zurück. Die dort beschriebene Beschleunigung der Reaktion auf einen Zielreiz, der an einem von einem dargebotenen Gesicht angeblickten aber unwahrscheinlichen Darbietungsort erschien, erfolgte nur dann, wenn der Zielreiz hinreichend schnell nach dem Blickrichtungs-Cue dargeboten wurde. Bei einem längeren Intervall (von 700 ms) ergaben sich dagegen überlegene Aufgabenleistungen, wenn der Zielreiz am zu erwartenden Darbietungsort – auf der dem angeblickten Ort gegenüberliegenden Seite – erschien. Diese Zeitspanne reichte offenbar aus, um die Wahrscheinlichkeitsinformation zu nutzen und die Aufmerksamkeit auf den zur Blickrichtung gegenüberliegenden Darbietungsort zu richten. In weiteren Arbeiten

konnte gezeigt werden, dass die Tendenz der Aufmerksamkeitsausrichtung auf die angeblickte Seite selbst bei kurzen Cue-Zielreiz-Intervallen nur dann erfolgt, wenn gewisse Rahmenbedingungen erfüllt sind. Ein wichtiger Faktor hierbei ist, dass die Versuchsperson Grund zu der Annahme hat, dass das dargebotene Gesichte in der Lage ist, den Zielreiz tatsächlich „in den Blick zu nehmen“. Dementsprechend ergab sich kein Cueing-Effekt, wenn die Reizvorlage ein Sichhindernis zwischen Gesicht und dem Darbietungsort des Zielreizes beinhaltete (Kawai, 2011; siehe auch Schulz, Velichkovsky & Helmert, 2013)

Literatur:

Kawai, N. (2011). Attentional shift by eye gaze requires joint attention: Eye gaze cues are unique to shift attention. *Japanese Psychological Research*, 53, 292-301.

Schulz, J., Velichkovsky, B. M. & Helmert, J. R. (2014). Spontaneous adoption of the gaze cue's perspective in a 3-D version of the noninformative gaze-cueing paradigm. *Visual Cognition*, 22, 1-10.

zu209

Der „unsichtbaren Gorilla“ von Chabris und Simons.

<https://www.youtube.com/watch?v=vJG698U2Mvo>

Und ein Erklärungsvideo dazu:

Aus: <https://www.youtube.com/watch?v=xvoMlkttoD0> (22.09.2017)

Ein ähnliches Beispiel (The card trick) zum Selbsterleben, wie der „unsichtbare“ Gorilla, finden Sie unter folgendem Link:

<http://www.youtube.com/watch?v=v3iPrBrGSJM>

Ferner der Link zum Gorilla- und ähnlichen Experimenten:

<http://www.theinvisiblegorilla.com/videos.html>

zu213, und zu255

Weiteres zum Spatial Cueing

Wie in **Exkurs 5.5.** dargestellt, führt in der **Spatial-Cueing-Aufgabe** ein der Darbietung eines Zielreizes vorausgehender Hinweis auf dessen Darbietungsort, verglichen mit einer neutralen Bedingung, zu schnelleren, ein invalider Hinweis dagegen zu verlangsamten Reaktionen, was sich durch die Verschiebung der Aufmerksamkeit auf den angekündigten Ort erklären lässt. Ähnliche Ergebnisse erhält man auch, wenn anstelle eines informativen

Hinweises ein kurzes visuelles Reizereignis, etwa eine abrupte Helligkeitserhöhung, zufällig entweder am Ort des nachfolgenden Zielreizes (valider Cue) oder an einem anderen Ort (invalider Cue) präsentiert wird. Reizereignisse, die vor der Darbietung des Zielreizes an seinem möglichen Ort erscheinen, werden als **periphere Hinweise** bezeichnet. Bei kurzen Intervallen (bis ca 300 ms) zwischen einem peripheren Hinweis und dem Zielreiz findet sich auch hier eine Reaktionsbeschleunigung im validen und eine –verlangsamung im invaliden Fall. Psychophysische Untersuchungen konnten darüber hinaus zeigen, dass valide und invalide periphere Hinweise auch zu unterschiedlichen Wahrnehmungseindrücken hinsichtlich des Zielreizes führen (Carrasco et al., 2004). Es liegt nahe, auch hier eine Verschiebung der Aufmerksamkeit als Ursache anzunehmen, die, da der periphere Hinweis keinen prädiktiven Wert hinsichtlich des tatsächlichen Ortes des Zielreizes aufweist, in unwillkürlicher Weise erfolgt. Diese Annahme wird dadurch gestützt, dass sich Reaktionsbeschleunigungen bei validen peripheren Hinweisen selbst dann beobachten lassen, wenn der Zielreiz in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle an einem anderen Ort erscheint, der Hinweis also mit großer Wahrscheinlichkeit einen falschen Ort „ankündigt“. Symbolische Hinweise wie ein zentral dargebotener Pfeil, der auf einen möglichen Darbietungsort des Zielreizes weist, werden dagegen nur wirksam, wenn sie in der Mehrheit der Fälle valide sind (Jonides, 1981). Hier kommt es offenbar nicht zur unwillkürlichen Verschiebung der Aufmerksamkeit, sondern zur kontrollierten Nutzung der Information, wenn hierdurch ein Verhaltensvorteil zu erwarten ist.

Literatur:

Carrasco, M., Ling, S., & Read, S. (2004). Attention alters appearance. *Nature Neuroscience*, 7, 308-313.
 Jonides, J. (1981). Voluntary versus automatic control over the mind's eye. In J. Long & A. Baddeley (Hrsg.), *Attention and Performance IX* (S. 187-203). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.

zu223

Phänomenales Bewusstsein

Obwohl technische Geräte äußerst zweckmäßige Reaktionen auf bestimmte Vorgänge in ihrer Umwelt zeigen können, und obwohl sie diese Vorgänge in gewisser Weise innerlich abbilden, herrscht weitgehende Einigkeit darüber, dass ihnen eine bestimmte Fähigkeit abgeht, welche uns zu eigen ist: die *Fähigkeit des bewussten Erlebens* dieser Prozesse – bzw. der ihnen zugrundeliegenden Reizereignisse.

So sind Viele technische Systeme so konstruiert, dass bestimmte Ereignisse in ihrer Umgebung als Auslöser für eine bestimmte Tätigkeit fungieren. – Z. B. ein einfacher Heizungsthermostat, der in Abhängigkeit von seiner Umgebungstemperatur einen Stromkreis öffnet oder schließt, oder ein Textverarbeitungssystem im PC, das je nach Muster der Anschläge auf einer Tastatur sowie der Bewegungen einer Cursor-Steuerungsvorrichtung lange Sequenzen von Zeichen auf einem Bildschirm darstellt und speichert.

So gehen wir allgemein davon aus, dass der Thermostat keinen Unterschied zwischen warmer und kalter Umgebung *empfindet*, auch wenn der Krümmungsgrad seines

Bimetallstreifens als innere Repräsentation der Umgebungstemperatur aufgefasst werden kann. Uns dagegen bringt warme Luft nicht nur zum Schwitzen und kalte zum Zittern oder zu anderen beobachtbaren Reaktionen; beide *fühlen* sich zudem unterschiedlich *an*. Ebenso unterscheiden sich die Anblicke reifer und unreifer Tomaten für uns hinsichtlich ihres Farberlebens, Rot *sieht* für uns in einer ganz bestimmten Weise *aus*, Grün in einer anderen. Wiederum handelt es sich um Empfindungen, die wir einem technischen Bilderkennungssystem absprechen würden, auch wenn es über sensitivste Kameras verfügt.

Im wachen Zustand wird unser bewusstes Erleben maßgeblich durch die Wahrnehmung unserer Umwelt bestimmt. Wir kennen aber auch Erinnerungen, mentale Vorstellungen und Träume mit ähnlichem „Erlebnischarakter“, z.B. in bildhafter oder „klanghafter“ Form. Phänomenales Bewusstsein als Eigenschaft mentaler Repräsentationen, und insbesondere der Zusammenhang dieser Eigenschaft mit materiellen Vorgängen wie den neuronalen Prozessen unseres Gehirns, gelten als eines der größten Rätsel des menschlichen Geistes („the hard problem“, z.B. Chalmers, 2000). Die besondere Erklärungsproblematik beruht zum Teil darauf, dass es weder einen ersichtlichen Weg gibt, phänomenale Zustände objektiv zu beobachten, noch ihre Beschaffenheit (oder auch nur ihr Vorhandensein) aus anderen beobachtbaren Vorgängen zu erforschen. Stellen Sie sich einmal vor, ein Thermostat verfügte über veritable Warm- und Kalt-Empfindungen, vergleichbar Ihren eigenen Empfindungen. Wie könnten wir einen Beleg für diese Bewusstheit erlangen? Sollte die Biegung des Bimetalls in irgendeiner Weise anders ausfallen als bei herkömmlichen „bewusstseinsfreien“ Thermostaten? Wenn ja, wie sollte die phänomenale Empfindung in die den Bimetall biegenden physikalischen Kräfte eingreifen? Ganz ähnlich lässt sich für das menschliche phänomenale Bewusstsein argumentieren. Schließlich sind auch die beobachtbaren Reaktionen eines Menschen durch zuvor erfolgende physiologische (also physikalische) Prozesse bestimmt. So lässt das Zurückziehen der Hand von der heißen Herdplatte zwar den Schluss auf die Kontraktion bestimmter, dieser Bewegung zugrundeliegenden Muskelgruppen zu, und diese wiederum auf die Aktivität bestimmter Neurone etc. Selbst wenn wir dieses Geschehen niemals in der Situation des Hand-auf-die-Herdplatte-legens direkt beobachten könnten, ließe es sich durch Anwendung allgemeiner Naturgesetze auf den Fall der spezifischen anatomischen Struktur erschließen. Wäre diese Struktur anders, gäbe es z.B. eine abweichende Verschaltung der Motoneuronen, so würde die Reaktion in voraussagbarer Weise anders erfolgen. Dagegen gibt es keinen ersichtlichen Grund, anzunehmen, die Reaktion würde in irgendeiner Weise unterschiedlich ausfallen, wenn die Herdplattenberührung mit im Gegensatz zu ohne ein bestimmtes Schmerzempfinden erfolgte. (Tatsächlich wird im Fall dieses speziellen Beispiels die erfolgende Bewegung auf einen Rückenmarksreflex zurückgeführt, der bereits vor dem Auftreten des Schmerzempfindens ausgelöst wird. Dieselbe Argumentation ließe sich jedoch auch auf etwas später folgende Ereignisse wie das Verzerrern des Gesichts oder die gezischte Verwünschung anwenden, welche nach alltagspsychologischer Auffassung auf die Schmerzempfindung zurückgehen.)

Von einem naturwissenschaftlichen Standpunkt, der sich auf Aussagen über objektiv beobachtbare Ereignisse sowie auf aus objektiv beobachtbaren Ereignissen ableitbare Zusammenhänge bezieht, können Qualia demnach kaum als ein geeigneter Untersuchungsgegenstand angesehen werden. Wenn Sie behaupteten, Sie hätten keine, so könnte Ihnen letztlich niemand das Gegenteil beweisen. (Dass Ihnen die wenigsten Menschen glauben würden, da die Möglichkeit der Existenz solcher „Zombies“ zumeist nur als theoretische Möglichkeit diskutiert wird, steht auf einem anderen Blatt.) Wenn Sie aber über Qualia verfügen, so nehmen wir an, dass Sie uns dahingehend zustimmen werden, dass deren subjektive Wichtigkeit für unser (Er-) Leben eine reflektierte Beschäftigung mit diesem Phänomen – aller Schwierigkeit der naturwissenschaftlichen Betrachtung zum Trotz – für geboten erscheinen lässt.

Genauer betrachtet: Das Problem des phänomenalen Bewusstseins in der Philosophie des Geistes

Neben ihrer unbedingten Privatheit zeichnen sich Qualia durch zumindest zwei weitere bemerkenswerte Eigenschaften aus. Zum einen erscheinen sie grundlegend verschieden von den Dingen der materiellen Welt, die wir als Ursprung unserer Wahrnehmungen ansehen. Wie in beschrieben, wird das Empfinden bestimmter Farbtöne maßgeblich durch die Wellenlänge des ins Auge fallenden Lichts bestimmt, kürzere Wellenlängen rufen Blau-, längere Rot-Empfindungen hervor. Farbtöne und Wellenlängen elektromagnetischer Schwingungen scheinen gleichwohl nichts gemeinsam zu haben, insbesondere sind kürzere Wellenlängen nicht blauer als längere, und längere nicht röter als kurze.¹ Zum anderen handelt es sich aber offenkundig um sehr systematische Zusammenhänge zwischen unseren Qualia und physikalischen Vorgängen. So wird die Berührung einer heißen Herdplatte in vorhersehbarer Weise von einem bestimmten Schmerzempfinden gefolgt, die Reizung der Netzhaut mit kurzweiligem Licht von Blau-, mit längerwelligem Licht von Rot-Empfindungen. Beide Aspekte, die scheinbare Arbitrarität des Einhergehens bestimmter Merkmale physischer und psychischer Ereignisse sowie der systematische Zusammenhang zwischen beiden Qualitäten spielen herausragende Rollen in der philosophischen Diskussion der Bewusstseinsthematik. (M. Wendt)

Der Problematik fehlender Beobachtbarkeit zum Trotz ist in jüngerer Zeit ein Florieren empirischer Forschungsarbeiten zu Bewusstseinsphänomenen zu verzeichnen, die auf plausible Indikatoren für Bewusstseinsprozesse zurückgreifen. Angesichts der Vielzahl fundamentaler Ungeklärtheiten kann es dabei nicht verwundern, dass die Validität quasi aller verwendeten Indikatoren strittig diskutiert wird und in der Forschungspraxis diverse Maße zur Kategorisierung von Prozessen und Repräsentationen als bewusst vs. nicht bewusst herangezogen werden. Eine besondere Rolle nimmt hierbei nach wie vor der verbale Bericht der Versuchsperson ein. Zumeist wird davon ausgegangen, dass, wenn eine Person über eine Erfahrung zu berichten vermag, diesem Bericht eine (phänomenal) bewusste Erfahrung zugrunde liegt.² Dieser Schluss ist nach den oben angestellten Überlegungen freilich nicht zwingend. Weitgehende Einigkeit scheint dahingehend zu bestehen, dass das Ausbleiben eines verbalen Berichts nicht erlaubt, auf das Nichtvorhandensein eines entsprechenden Bewusstseinsereignisses zu schließen, da es ebenso denkbar ist, dass die Versuchsperson lediglich keine ausreichende Sicherheit über dieses Erleben verspürt und deswegen nicht in entsprechender Weise antwortet.

Eine Weiterentwicklung kann in der Anwendung der signalentdeckungstheoretischer Methoden gesehen werden. Aus dieser Perspektive erscheint es naheliegend, die sich bei Darbietung eines Reizes einstellende innere Empfindung, die unabhängig von der spezifischen Setzung des Antwortkriteriums erfolgt, als „reine Bewusstseinsreaktion“

¹ Diese Verschiedenheit stellt allerdings kein prinzipielles Erklärungsproblem dar. Das ins Auge fallende Licht erscheint ja ebenfalls gänzlich verschieden von der neuronalen Aktivität, welche es im Sehnerven und im Gehirn auslöst. Dennoch können wir, wenn auch (noch) nicht im Detail, verstehen, warum kurzweiliges Licht ein (spezifisches) anderes Aktivitätsmuster hervorruft als längerwelliges Licht. (Mike Wendt)

² Die oben getroffene Feststellung der prinzipiellen Unbeobachtbarkeit von Bewusstseinsinhalten aus der Dritten-Person-Perspektive nährt freilich Zweifel an dieser Annahme. Letztlich stellt auch der verbale Bericht eine Verhaltensleistung dar, die durch physiologische Prozesse erklärbar sein sollte – und für jene ist wiederum nicht ersichtlich, warum sie mit und ohne zugehöriges Bewusstsein nicht in nämlicher Weise ablaufen sollten. (Mike Wendt)

anzusehen. Diesem Ansatz folgend, wird ein Reiz als bewusst angesehen, wenn er mit einem $d' > 0$ einhergeht. Auch hiermit lässt sich die oben skizzierte Problematik jedoch nicht endgültig ausräumen, und dies gilt letztlich für alle weiteren vorgeschlagenen Operationalisierungen (Überblick bei Wiens, 2007).

Die vielleicht prominenteste Frage der empirischen Bewusstseinsforschung bezieht sich auf das physiologische Korrelat des Bewusstseinsinhalts. Welche Gehirnprozesse gehen mit der bewussten Wahrnehmung eines gegebenen Reizes einher (bzw. – aus der Perspektive einiger der oben dargestellten philosophischen Ansätze – liegen dieser zugrunde)? Eine zur Klärung dieser Frage eingesetzte Untersuchungsmethodik besteht darin, Unterschiede zwischen zwei Gehirnzuständen zu bestimmen, von denen vermutet wird, dass sie mit unterschiedlichem phänomenalen Erleben einhergehen, wobei die äußere Stimulation aber identisch gehalten wird, sodass hirnphysiologische Unterschiede allein auf innere Prozesse zurückgeführt werden können. Diese Bedingungen sind bei Untersuchungen zur **binokularen Rivalität** erfüllt. Hierzu werden den beiden Augen einer Versuchsperson oder eines Versuchstieres verschiedene Bilder dargeboten. In Kapitel 3 hatten wir ausgeführt, dass eine gewisse Unterschiedlichkeit zwischen solchen Bildern – nämlich die, die der Ansicht einer Szenerie aus zwei leicht versetzten Perspektiven entspricht – zum Aufbau einer dreidimensionalen Repräsentation führt. Für das Phänomen der binokularen Rivalität werden stärkere Unterschiede zwischen den beiden Bildern benötigt, welche die Fusion zu einer gemeinsamen Repräsentation nicht zulassen. Hierzu können im Prinzip völlig verschiedene Reizvorlagen herangezogen werden (siehe nachfolgendes Experiment), oftmals kommen jedoch einfache Strichmuster verschiedener Orientierung zum Einsatz. Wie man sich leicht überzeugen kann, kommt es, ähnlich wie bei den in Kapitel 3 behandelten Kippfiguren, zum häufigen Umschlagen des phänomenalen Wahrnehmungseindrucks.

Experiment

Binokulare Rivalität im Selbstversuch

Eine einfache Möglichkeit, Phänomene binokularer Rivalität selbst zu erfahren, ergibt sich, wenn man mit einem Auge durch eine Pappröhre schaut und zugleich mit dem anderen Auge auf einen nahen, ausgedehnten Reiz, z.B. die eigene Handfläche, blickt. Hält man die Hand frontoparallel, sodass sie mit der Kante an die Röhre stößt, ergibt sich zunächst der Eindruck eines „Lochs in der Hand“, durch welches man die eigentlich durch die Hand verdeckte Szenerie erblicken kann. Bei ausreichend langer Betrachtung kommt es dann zu den beschriebenen Perzeptwandlungen (nach Logothetis, 2000).

Mittels Einzelzelleableitung an Versuchstieren, die darauf trainiert wurden, ihren jeweiligen Seheindruck anzuzeigen, lässt sich unter derartigen Bedingungen der simultanen Darbietung unterschiedlicher Bilder an das rechte und linke Auge, feststellen, in welchen Hirnarealen Neurone auf einen Wechsel des wahrgenommenen Bildes reagieren. In entsprechenden Versuchen an Affen zeigte sich, dass vornehmlich Neurone in höheren Arealen im Einklang mit dem jeweiligen Perzept aktiv wurden. Dagegen feuerten Neurone im primären visuellen Cortex überwiegend im Einklang mit dem jeweiligen physikalischen Reiz (Leopold & Logothetis, 1996; Sheinberg & Logothetis, 1997). Um sicherzustellen, dass die Tiere die

entsprechende Reaktion nicht ausführten, wenn der zum angezeigten Perzept passende Reiz nicht dargeboten wurde, wurden verschiedene Verhaltenstest durchgeführt. fMRT-Untersuchungen an Menschen zeigen dazu, dass auch fronto-parietale Gebiete involviert sind (z.B. Lumer et al., 2000).

Literatur:

Chalmers, D. J. (1995). Facing up to the problem of consciousness. *Journal of Consciousness Studies*, 2, 200-219.

Leopold, D. A. & Logothetis, N. K. (1996). Activity changes in early visual cortex reflect monkeys' percepts during binocular rivalry. *Nature*, 379, 549-553.

Logothetis, N. K. (2000). Das Sehen – ein Fenster zum Bewusstsein. *Spektrum der Wissenschaft*, 1, 63-43.

Lumer, E. D., Friston, K. J. & Rees, G. (1998). Neural correlates of perceptual rivalry in the human brain. *Science*, 280, 1930-1934.

Sheinberg, D. L. & Logothetis, N. K. (1997). The role of temporal cortical areas in perceptual organization. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA*, 94, 3408-3413.

Wiens, S. (2007). Concepts of visual consciousness and their measurement. *Advances in Cognitive Psychology*, 3, 349-359.

Mehr zur Bewusstseinsdebatte:

Vielleicht wirklichkeitsnäher und realistischer ist der von dem Physiker Erwin Schrödinger stammende Ansatz:

Der Mensch ist ein körperliches Wesen, das als solches von den [Naturwissenschaften](#) beschrieben werden kann. [Erwin Schrödinger](#) geht von einer Absolutheit des Geistes aus und umreißt das Problem (1943) wie folgt:

„Unmittelbare Erfahrungen, so verschieden und ungleichartig sie auch sein mögen, können sich logischerweise nicht widersprechen. Wir wollen daher versuchen, ob wir nicht aus den folgenden beiden Prämissen den richtigen, widerspruchsfreien Schluß ziehen können:

1. *Mein Körper funktioniert als reiner Mechanismus in Übereinstimmung mit den Naturgesetzen.*
2. *Doch weiß ich auf Grund meiner unmittelbaren Erfahrung, daß ich seine Bewegungen leite und deren Folgen voraussehe, die entscheidend und in höchstem Maße bedeutsam sein können; in diesem Falle übernehme ich die volle Verantwortung für sie.*

Die einzig mögliche Folgerung aus diesen zwei Tatsachen ist die folgende: Ich – ich im weitesten Sinne des Wortes, d. h. jedes bewusst denkende geistige Wesen, das sich als ‚Ich‘ bezeichnet oder empfunden hat – ist die Person, sofern es überhaupt eine gibt, welche die ‚Bewegung der Atome‘ in Übereinstimmung mit den Naturgesetzen leitet.^[30]

Die einzig mögliche Folgerung aus diesen zwei Tatsachen ist die folgende: Ich – ich im weitesten Sinne des Wortes, d. h. jedes bewusst denkende geistige Wesen, das sich als ‚Ich‘ bezeichnet oder empfunden hat – ist die Person, sofern es überhaupt eine gibt, welche die ‚Bewegung der Atome‘ in Übereinstimmung mit den Naturgesetzen leitet.^[30]

[30] [Erwin Schrödinger](#): *Was ist Leben? Die lebende Zelle mit den Augen des Physikers betrachtet* / Einführung von [Ernst Peter Fischer](#). München, Piper, 1987, [ISBN 3-492-03122-6](#). – Epilog: „Über Determinismus und Willensfreiheit“, Seite 148 (nach Wikipedia, Philosophie des Geistes und die Naturwissenschaften, 2014)

[Roger Penrose](#) stellt dem eine andere Sichtweise gegenüber. Wenn die geistigen Prozesse *nicht* absolut oder unabhängig sind, sondern von den körperlichen Prozessen abhängen, spielt die rein naturwissenschaftliche Beschreibung des Menschen in der Philosophie des Geistes eine große Rolle:

„Begriffe wie [Geist](#) und [Psyche](#) wären wenig nützlich, wenn der Geist keinen Einfluß auf den Körper hätte und auch von ihm nicht beeinflußt werden könnte. Wäre der Geist lediglich ein „[Epiphänomen](#)“ – eine zwar spezifische, aber völlig passive Eigenschaft des [Gehirnzustandes](#) -, dann könnte dieser Zustand als bloßes Nebenprodukt des Körpers nicht auf ihn zurückwirken, und dem Geist käme offensichtlich nur eine ohnmächtige und unbedeutende Nebenrolle zu. Wenn der Geist den Körper dazu bringen könnte, die [Naturgesetze](#) zu verletzen, würde er die Exaktheit dieser rein physikalisch begründeten Naturgesetze stören. Deshalb ist eine rein dualistische Sicht kaum aufrecht zu erhalten. Selbst wenn die physikalischen Naturgesetze, denen der Körper unterworfen ist, dem Geist einen Freiraum zur Beeinflussung des Körpers lassen, dann muss diese Art von [Freiheit](#) selbst ein wichtiger Inhalt dieser Naturgesetze sein.“^[31]

Roger Penrose: *Schatten des Geistes*, Spektrum Akademischer Verlag, 1995, Kapitel 4.1: *Der Geist und die Naturgesetze* (nach Wikipedia, Freier Wille 2014)

Deutung des erreichten Erkenntnisstandes

Innerhalb der [Neurowissenschaften](#) wird die Frage des freien Willens kontrovers diskutiert. Einerseits vertreten z. B. [Henrik Walter](#), [Wolf Singer](#), [Wolfgang Prinz](#) und [Hans Markowitsch](#) die Ansicht, der freie Wille sei eine [Illusion](#). Nach ihrer Auffassung geht der Willensakt neuronalen Prozessen nicht voraus. Stattdessen ergibt sich nachträglich die bloße Illusion, sich frei entschieden zu haben. Das Empfinden, etwas zu wollen – der „Willensakt“ also – resultiere als illusionäres [Epiphänomen](#) aus den kortikalen und subkortikalen Prozessen, die vor einer als willkürlich empfundenen Handlung ablaufen.

Andererseits halten z. B. [Niels Birbaumer](#), [Reinhard Werth](#) oder Benjamin Libet selbst die Interpretation des Libet-Experiments im Sinne einer Widerlegung des freien Willens für unzulässig.^{[9][10]} Auch waren etwa [Lüder Deecke](#) sowie [Hans Helmut Kornhuber](#) Verfechter der Willensfreiheit. [Gerhard Roth](#), ein früherer Kritiker der Willensfreiheit, vertritt in einer Publikation mit dem Philosophen Michael Pauen eine kompatibilistische Position.^[11]

Die Deutsche Gesellschaft für Klinische Neurophysiologie und funktionelle Bildgebung (DKGN) versucht in einer Stellungnahme vom Juli 2014 die Frage nach dem Freien Willen so zu beantworten: „Einen freien Willen hätten wir nur dann nicht, wenn das Gehirn [eine bestimmte] Entscheidung trifft, nicht wir. Wenn wir aber [...] davon ausgehen, dass keine Trennung zwischen Gehirn und Geist existiert, dann ist es unser Gehirn, das freien Willens Entscheidungen trifft, also wir.“^[12]

(nach Wikipedia, Philosophie des Geistes und die Naturwissenschaften, 2014)

Aus: e-Journal Philosophie der Psychologie

<http://www.jp.philo.at/texte/GadenneV1.pdf>

DREI ARTEN VON EPIPHÄNOMENALISMUS UND
DIE KENNTNIS EIGENER BEWUSSTSEINSZUSTÄNDE
von Volker Gadenne (Linz)

Problemstellung: Das Dilemma mit den Qualia und der Epiphänomenalismus

Darin heißt es zum Schluss:

„Eigenschaftspluralismus, nomologischer Epiphänomenalismus und die Alternativen

Ich habe versucht, eine nicht-reduktive Auffassung mentaler Zustände zu verteidigen, die näher als *Eigenschaftspluralismus* mit *Geist-Körper-Abhängigkeit* bestimmt wurde und die eventuell als *nomologischer* EP aufgefasst werden muss (je nachdem, ob es gelingt, einen ontologischen Unterschied zwischen echter und bloß abgeleiteter Kausalität nachzuweisen). Die angestellten Überlegungen sollten zeigen, dass dieser Eigenschaftspluralismus bzw. nomologische EP eine ernstzunehmende Körper-Geist-Theorie darstellt, die nicht leicht widerlegt werden kann. Wie überzeugend ist sie im Vergleich zu den Konkurrenten? Die beiden Hauptkonkurrenten sind der reduktionistische Physikalismus und der Interaktionismus.

Viele auf dem Gebiet der Philosophie des Geistes unterstützen auch heute noch die eine oder andere Version eines reduktionistischen Physikalismus. Sie nehmen an, dass phänomenale Zustände typidentisch mit physischen sind oder dass sie als physische Zustände realisiert sind oder dass sie auf physische reduzierbar sind. Jede dieser Annahmen widerspricht aber vollkommen unserer Erfahrung eigener mentaler Zustände. Der Physikalismus kann nicht einmal im Ansatz verständlich machen, wie es möglich sein soll, dass das subjektive Spüren eines mentalen Zustands in Wirklichkeit nichts anderes ist als ein physischer Zustand. Es sei denn, man erweitert den Begriff des Physischen derart, dass alle höherstufigen Eigenschaften von Organismen per Definition zum Bereich des Physischen gezählt werden. Dies scheint aber nicht die Lösung zu sein, die Physikalisten gewöhnlich anstreben; sie haben eher im Sinne, mentale Zustände auf elektrochemische Zustände bzw. Prozesse in Nervensystemen zurückzuführen.

Der Interaktionismus wiederum erfordert die problematische Annahme, dass ein physischer Zustand P2 einen mentalen Zustand M als Ursache haben kann, ohne zugleich einen physischen Zustand P1 als Ursache zu haben, auf dem M superveniert (und der M zu einer abgeleiteten Ursache macht). Logisch ist es zwar möglich, dass die physische Welt in diesem Sinne *offen* ist für kausale Einflüsse nichtphysischer Art. Die *Geschlossenheitsannahme*, nach der ein physischer Zustand keinen nichtphysischen Zustand als alleinige Ursache haben kann, ist weder ein naturwissenschaftliches Gesetz noch eine analytische Wahrheit. Doch gibt es methodologische Gründe, sie zu akzeptieren: Grob gesprochen gibt es für die Aktivität von Neuronen bekannte Ursachen, nämlich (physikalische) Sinnesreize oder die Aktivität anderer, vorgeschalteter Neurone, die einen erregenden oder hemmenden Einfluss ausüben. Man versteht diese Prozesse ziemlich gut. Aus welchem Grund sollte man daher annehmen, dass Neurone manchmal *nicht* durch elektrochemische Prozesse, sondern stattdessen durch nichtphysische mentale Zustände aktiviert werden? Zu der Hypothese, dass mentale Zustände wirklich in einem nicht abgeleiteten Sinne kausal effizient sind, können sich derzeit nur wenige durchringen (s. etwa Libet 1994).

Kaum jemand findet bei erster Betrachtung eine Theorie attraktiv, die eine Form des EP ist oder ihm nahe steht. Bei eingehenderer Analyse ändert sich das Bild jedoch. Keine der bekannten Körper-Geist-Theorien ist frei von Problemen. Vergleicht man alle Theorien systematisch, so scheint es, dass die hier vorgeschlagene und verteidigte Auffassung von den angebotenen Möglichkeiten die am wenigsten problematische ist.“

zu226 (2x), zu228

Für den Begriff **freier Wille** oder **Willensfreiheit** gibt es keine allgemein anerkannte Definition. Umgangssprachlich versteht man etwas anderes unter dem freien [Willen](#) als im [juristischen](#) oder [psychologischen](#) Sprachgebrauch. In der [Philosophie](#) wird der Begriff nicht einheitlich definiert. - In einem fachübergreifenden Sinne gehört zur Willensfreiheit die subjektiv empfundene menschliche Fähigkeit, bei verschiedenen Wahlmöglichkeiten eine [bewusste](#) Entscheidung treffen zu können. (aus Wikipedia, März 2016)

Text aus: Spering & Schmidt, Allgemeine Psychologie (2008), S. 66

3.3.5 Freier Wille?

Einige Forschungsergebnisse zu kognitiver Kontrolle werfen die philosophische Frage nach der Willens- und Handlungsfreiheit des Individuums auf. Die genaue Bedeutung dieses Begriffs ist unter Philosophen äußerst umstritten; z. B. ob die Freiheit des Handelns das physikalische Gesetz von Ursache und Wirkung verletzen würde oder nur unsere Unfähigkeit widerspiegelt, die Ursachen des Handelns vollständig zu begreifen. Naturwissenschaftlichen Zündstoff hat die Debatte durch die Forschung von Benjamin Libet erhalten (Libet, Gleason, Wright & Pearl, 1983).

Libets meistdiskutierte Experimente beschäftigten sich mit der subjektiven Wahrnehmung des Zeitpunktes „freier“ Willensentscheidungen (Libet, Gleason, Wright & Pearl, 1983). Libet bat seine Versuchspersonen, eine lange Sequenz einfacher Fingerkrümmungen zu erzeugen, wobei ihnen der Zeitpunkt jeder Bewegung frei überlassen blieb. Nach jeder Bewegung sollten sie angeben, wann sie die Entscheidung getroffen hatten, diese Bewegung auszuführen. Dazu beobachteten sie einen Uhrzeiger, der sich schnell im Kreis drehte, und versuchten anhand der Position des Uhrzeigers den genauen Zeitpunkt ihrer Willensentscheidung anzugeben. Gleichzeitig wurde ein EEG über motorischen Arealen des Gehirns abgeleitet, um das sog. Bereitschaftspotential zu messen: Eine Negativierung der Hirnströme, die der motorischen Reaktion vorausgeht. Diese Ableitungen ergaben eine Überraschung: Das Bereitschaftspotential setzte ziemlich lange (ca. 300 ms) vor dem Zeitpunkt ein, den die Versuchspersonen als den Zeitpunkt ihrer Willensentscheidung angaben. Obwohl Libets Ergebnisse in der wissenschaftlichen Öffentlichkeit intensiv diskutiert wurden (Libet, 1985), gab es viele Jahre lang kaum Versuche, die Ergebnisse zu replizieren oder auszubauen. Erst in den letzten Jahren gab es systematische Versuche, Libets Befunde zu replizieren (Haggard & Eimer, 1999); diese methodologisch sorgfältigeren Studien belegen tatsächlich eine zeitliche Diskrepanz zwischen physiologischen Indikatoren der Bewegungsinitiierung und ihrer bewussten Wahrnehmung.

Libets Hauptbefund wird in der öffentlichen Diskussion fast immer in folgender Weise zusammengefasst: „Mein Gehirn entscheidet, bevor ich zu entscheiden glaube.“ Oder: „Mein Eindruck, eine freie Entscheidung treffen zu können, ist eine Illusion, und die eigentlichen Entscheidungsprozesse spielen sich außerhalb meiner Kontrolle ab.“ Einige Autoren behaupten, die Neurowissenschaft hätte damit gezeigt, dass es keinen „freien Willen“ gebe (Roth, 2003), und andere gehen ohnehin davon aus, dass die Verschaltungen unseres Gehirns unser Verhalten so vollständig determinieren, dass von persönlicher Handlungsfreiheit nicht sinnvoll gesprochen werden kann (Singer, 2004).

Tatsächlich steckt der Teufel aber im experimentellen Detail, und Libets Experimente weisen einige methodologische Probleme auf. So ist es unklar, ob das Bereitschaftspotential wirklich den Zeitpunkt einer „Entscheidung“ widerspiegelt oder vielmehr einen einfachen Zeitgeberprozess, der anzeigt, wann der nächste Tastendruck „fällig“ ist - etwa so, wie sich allmählich die Bereitschaft zum nächsten Blinzeln oder Husten aufbaut. Des Weiteren ist die Methode des kreisenden Uhrzeigers wahrscheinlich ungeeignet, weil sie einer großen Zahl von Bewegungstäuschungen unterliegt - unter anderem hängen die Zeitschätzungen von der Geschwindigkeit des Uhrzeigers ab.

Welche Schlussfolgerungen lassen sich aus diesen Befunden ziehen? Eigentlich nur eine: Die Art und Weise, wie wir den Ablauf unserer Willensprozesse erleben, ist offenbar systematisch verzerrt. Daraus kann man allerdings nicht schließen, dass es keinen „freien Willen“ gibt. Auch unsere übrigen Wahrnehmungsprozesse unterliegen ja zahlreichen Täuschungen, ohne dass daraus die Unmöglichkeit der Wahrnehmung folgen würde. Tatsächlich gibt es keinen Grund zu der Annahme, dass wir unsere kognitive Kontrolle „direkter“ wahrnehmen können als die Ergebnisse anderer Wahrnehmungs-, Denk- oder Entscheidungsprozesse. Ein Problem für die

„Willensfreiheit“ ergibt sich aus Libets Experimenten nur, wenn man die Repräsentation der Handlungen im Bewusstsein mit der handelnden Person selbst gleichsetzt. Eine Aussage der Form „Mein Gehirn entscheidet, bevor ich zu entscheiden glaube“ ist deshalb irreführend, weil ja das bewusste „Ich“, die Wahrnehmung der Entscheidung sowie die Entscheidung selbst alle Funktionen desselben Gehirns sind. Die Frage der Willensfreiheit bleibt daher offen.

FAZIT Kognitive Kontrolle ist entscheidend für die Planung und den richtigen Ablauf von Alltagshandlungen. Ein wichtiges Modell dafür ist das von Norman und Shallice. Wie aufwendig kognitive Kontrolle ist, sieht man an der Schwierigkeit von Doppelaufgaben und Aufgabenwechseln. Läsionen des frontalen Kortex können kognitive Kontrollprozesse stark beeinträchtigen. Bei der Wahrnehmung von kognitiven Entscheidungsprozessen (Willenshandlungen) treten systematische Verzerrungen auf: Das Einsetzen der Willenshandlung wird als später wahrgenommen, als durch den Einsatz physiologischer Messungen belegt werden kann. Ob dies gegen das Konzept des „freien Willens“ spricht, ist aber unklar.

Eine ausführliche Diskussion mehrerer Autoren findet sich in: Themenheft: Wie frei ist unser Wille? (Hrsg. J. Lukas). Psychologische Rundschau, Jg. 55, Heft 4, 2004.

Links zu Bewusstsein und Gehirn:

Aus: <http://dasgehirn.info/denken/bewusstsein/was-ist-bewusstsein-477>

Was ist Bewusstsein?

Sie lesen diese Worte? Dann bestehen an der Existenz Ihres Bewusstseins keine Zweifel. Indes: Was das Bewusstsein genau ist, wie es mit dem Gehirn zusammenhängt und ob es sich jemals neurobiologisch ganz erklären lässt, bleibt umstritten.

Das Wichtigste in Kürze

- Sobald wir über etwas nachdenken, tun wir dies bewusst – Bewusstsein lässt sich also nicht anzweifeln oder wegdiskutieren. Diese Erkenntnis fasste Descartes in dem berühmten Satz: „Ich denke, also bin ich.“
- Bewusstsein ist das, was Wachsein etwa vom Koma unterscheidet. Es ist aber immer auch Bewusstsein von etwas, bezieht sich also auf einen Gegenstand. Und es lassen sich viele weitere begriffliche Differenzierungen vornehmen, so dass mitunter bezweifelt wird, ob es „das“ Bewusstsein als einheitliches Phänomen tatsächlich gibt.
- Ein bekanntes Erklärungsmodell ist die „Global Workspace Theory“, die das Bewusstsein als zentralen Arbeitsraum auffasst: Was sich dort abspielt, ist für alle die vielfältigen, größtenteils unbewussten Prozesse im Gehirn verfügbar.
- Für die Philosophie kristallisiert sich im Bewusstsein das alte „Leib-Seele-Problem“: Wie hängen geistige und materielle Welt, die doch offensichtlich nach ganz verschiedenen Gesetzmäßigkeiten funktionieren, zusammen?
- Die Neurowissenschaft wagt sich zunehmend an das Thema heran. Inwieweit das Bewusstsein sich allerdings jemals auf rein biologischer und damit letztlich physikalischer Ebene erklären lässt, bleibt umstritten.

Aufmerksamkeit und Bewusstsein

In unserer Alltagserfahrung richten sich Aufmerksamkeit und Bewusstsein in der Regel auf denselben Gegenstand. Trotzdem ist beides nicht dasselbe und auch nicht automatisch deckungsgleich. Das zeigen trickreiche Experimente zum Sehsystem, in denen mittels unterschiedlicher Bilder für linkes und rechtes Auge gezielt manipuliert werden kann, was die Probanden bewusst sehen und welches Bild zwar auf ihre Netzhaut fällt, aber nie im Bewusstsein ankommt. Davon unabhängig lässt sich die Aufmerksamkeit durch bestimmte Anweisungen an die Versuchspersonen steuern. Auf diese Weise konnten Forscher um Masataka Watanabe vom Max-Planck-Institut für Biologische Kybernetik in Tübingen zeigen, dass die Aktivität des primären visuellen Cortex zwar von der Aufmerksamkeit abhängt, nicht aber davon, ob ein bestimmtes Muster bewusst gesehen wird oder nicht

Der Bewusstseinsstrom

Der US-amerikanische Psychologe und Philosoph William James (1842–1910) charakterisierte in seinen „Principles of Psychology“ das Bewusstsein als etwas Kontinuierliches, das sich nicht aus Einzelteilen zusammensetzt: „Es fließt.“ Deshalb wählte er den Fluss, den Strom als Metapher für all die wechsellvollen Gedanken, Wahrnehmungen, Emotionen und Gefühle, die uns beschäftigen, und prägte so den Ausdruck „stream of consciousness“, den er als den „ultimativen Fakt für die Psychologie“ ansah. Aus diesem Konzept entwickelte sich später die Theorie des globalen Arbeitsraums.

Allerdings besteht unter den Experten kein Konsens darüber, dass es den Bewusstseinsstrom tatsächlich gibt: So kritisiert die britische Forscherin und Schriftstellerin [Susan Blackmore](#) diese Vorstellung als Illusion.

Dessen ungeachtet machte James' Begriff vor allem in der Literatur Karriere: Die „stream of consciousness“-Erzählweise versucht den subjektiven Bewusstseinsstrom möglichst unmittelbar schriftlich abzubilden, einschließlich wilder Assoziationen und Gedankensprünge, ohne Punkt und Komma. Ein berühmtes Beispiel dafür findet sich in James Joyce' „Ulysses“.

Dazu ferner ein Vortragsvideo von N. Bischof: ignoramus - et ignorabimus:

Aus: <http://dasgehirn.info/denken/bewusstsein/norbert-bischof-9513/> (22.09.2017)

Literaturangaben (der zitierten Autoren):

- Chalmers, D. 1996. *The Conscious Mind*. Oxford: Oxford University Press.
 Churchland, P. M. 1985. "Reduction, qualia, and direct introspection of brain states". *Journal of Philosophy*, 82: 8–28.
 Dennett, D. C. 1990. "Quining qualia". In *Mind and Cognition*, W. Lycan, ed., Oxford: Blackwell, 519–548.
 Dennett, D. C. 2003. *Freedom Evolves*. New York: Viking.
 Fodor, J. 1983. *The Modularity of Mind*. Cambridge, MA: MIT Press
 Jackson, F. 1998. "Postscript on qualia". In F. Jackson *Mind, Method and Conditionals*. London: Routledge.
 Levine, J. 2001. *Purple Haze: The Puzzle of Conscious Experience*. Cambridge, Mass: The MIT Press
 Libet, B. 1985. "Unconscious cerebral initiative and the role of conscious will in voluntary action". *Behavioral and Brain Sciences*, 8: 529–66.
 Putnam, H. 1975. "Philosophy and our mental life." In H. Putnam *Mind Language and Reality: Philosophical Papers Vol. 2*. Cambridge: Cambridge University Press

Stanford Encyclopedia of Philosophy

Aus: <http://plato.stanford.edu/entries/consciousness/#3>

zu230

Das Unbewusste

Unbewusstes, Unbewusste das, - seelische Vorgänge, die nicht unmittelbar der Selbstbeobachtung zugänglich sind, aber an ihren Wirkungen erkannt werden und oft das bewusste Erleben und Verhalten beeinflussen oder steuern.

In der – „Psychoanalyse“ wird das U. als ein eigenständiges psychisches. System aufgefasst, in dem die gesamte Triebdynamik und ein großer Teil der Erlebnisverarbeitung lokalisiert werden. So erscheint das U. auch als Ort der verdrängten Triebtendenzen, die das Verhalten beeinflussen, aber nicht bewusst erlebt werden können. Häufig äußern sie sich in neurot. Symptomen. Im Unterschied zu der einseitig triebdynam. Auffassung S. Freuds sieht C. G. Jung im U. die Grundlage der gesamten seelisch-geistigen Entwicklung. Er unterscheidet ein persönliches U. "(Vergessenes, Verdrängtes, unterschwellig Erlebtes, unterentwickelte Fähigkeiten und Anlagen) von einem kollektiven U., in dem, unabhängig von der individuellen Erfahrung, die Urfahrungen der Menschheit als Antriebs- und Auffassungsbereitschaften ihren Niederschlag gefunden haben sollen (Gattungs-Gedächtnis)

(aus: Der Neue Brockhaus, Lexikon in fünf Bänden. Wiesbaden, F. A. Brockhaus., 1975.)

Aus Wikipedia Jan 2015

Das **Unbewusste** ist in der Psychologie jener Bereich der menschlichen Psyche, der dem Bewusstsein nicht direkt zugänglich ist. Alltagssprachlich wird es oft als Unterbewusstsein bezeichnet. Die Tiefenpsychologie geht davon aus, dass unbewusste psychische Prozesse das menschliche Handeln, Denken und Fühlen entscheidend beeinflussen, und dass die Bewusstmachung unbewusster Vorgänge eine wesentliche Voraussetzung für die Therapie von Neurosen ist. Dagegen fallen unter die als das Vorbewusste bezeichnete psychische Region alle psychischen Vorgänge und Inhalte, die im Augenblick nicht aktiviert, aber im Gegensatz zum Unbewussten prinzipiell zugänglich sind und im Bedarfsfalle jederzeit wieder aktiviert werden können.

Das Unbewusste in der Kognitionspsychologie

Auch die Kognitionspsychologie verwendet den Begriff "unbewusst": „Viele kognitive Psychologen bestätigen inzwischen Freuds Ansicht, wonach ein großer Teil des menschlichen Verhaltens durch unbewusste Prozesse determiniert wird“ [5]. Allerdings nehmen die meisten Kognitionspsychologen lediglich an, dass uns viele kognitive Prozesse oder Wahrnehmungen nicht bewusst sind. Die Freud'sche Konzeption eines Es als Instanz für verdrängte Triebe und Bedürfnisse lehnen sie in der Regel ab.

[5] Gerald C. Davison/John M. Neale/Martin Hautzinger: Klinische Psychologie, Weinheim: Belz 2002 (6., vollst. überarb. Auflage), ISBN 3-621-27458-8, S. 205

Das Unbewusste in der Neurowissenschaft

Die wissenschaftliche Diskussion über das Unbewusste wurde in den letzten beiden Jahrzehnten vor allem von den empirischen neurowissenschaftlichen Studien von Antonio Damasio [6] sowie durch neurobiologische Forschungsergebnisse, die durch die neuen bildgebenden Verfahren in der Hirnforschung möglich wurden, wiederbelebt. Dabei erfahren die tiefenpsychologischen Annahmen über die Bedeutung unbewusster Prozesse für das menschliche Erleben und Verhalten eine starke Aufwertung. [7]

[6] Antonio R. Damasio: Ich fühle, also bin ich. Die Entschlüsselung des Bewusstseins, München: List 2000, ISBN 3-548-60164-2.

[7] Vgl. Christian Gottwald, in: Gustl Marlock/Halko Weiss: Handbuch der Körperpsychotherapie, Schattauer Verlag 2006, S. 119 ff

Der von Freud ursprünglich angestrebte biologische Zugang zum Unbewussten wird jetzt durch die bildgebenden Verfahren möglich. So formulieren führende Neurowissenschaftler in einem gemeinsamen Manifest: „Wir haben herausgefunden, dass im menschlichen Gehirn neuronale Prozesse und bewusst erlebte geistig-psychische Zustände aufs Engste miteinander zusammenhängen und unbewusste Prozesse bewussten in bestimmter Weise vorausgehen.“ [8]

[8] „Elf führende Neurowissenschaftler über Gegenwart und Zukunft der Hirnforschung“, in: Gehirn & Geist, 6/2004.

zu248

Zircadian innere Uhr, Clock-Gene

Aus: ResearchGate, **Article** November 2013

Zentrale und periphere Uhrengene in der Regulation des Energiestoffwechsels

Abstract

Endogene zirkadiane Uhren regulieren 24h-Rhythmen in Physiologie und Verhalten. Das zirkadiane System der Säugetiere besteht aus einem zentralen Schrittmacher im hypothalamischen Nucleus suprachiasmaticus (SCN) sowie untergeordneten zellularen Oszillatoren in anderen Gehirnregionen sowie den meisten Geweben des Körpers. Diese sog. peripheren Uhren funktionieren weitestgehend autonom und regulieren über transkriptionelle Netzwerke die Physiologie der Zelle im Tagesrhythmus. Der SCN dagegen vermittelt die Synchronisation dieses Uhrennetzwerks untereinander und mit dem externen Tag-Nacht-Rhythmus. Störungen in der zirkadianen Organisation, z.B. durch nächtliche Lichtexposition, bei Jetlag oder Schichtarbeit, führen zu einer Dysregulation der molekularen Uhren und deren Zielprozesse und fordern so die Entwicklung von Erkrankungen wie Adipositas, Typ 2-Diabetes, Immundefekten und Krebs. Daten aus Tiermodellen zeigen, dass zirkadiane und metabolische Regulationsprozesse sehr eng miteinander verknüpft sind. Dabei spielen besonders die peripheren Uhren, z.B. im Pankreas oder in den Adipozyten, eine wichtige Rolle in der Regulation des Energiestoffwechsels. Die Erforschung der Synchronisations-Mechanismen dieser Uhren kann deshalb neue Ansatzpunkte liefern für die Prävention metabolischer Defekte in unserer modernen 24/7-Gesellschaft.

Zentrale und periphere **Uhrengene** in der Regulation des Energiestoffwechsels. Available from:

https://www.researchgate.net/publication/273375617_Zentrale_und_periphere_Uhrengene_in_der_Regulation_des_Energiestoffwechsels [accessed Nov 13 2017].

Aus ResearchGate **Article** Source: OAI

Interaction of Per and Cry genes in the mammalian circadian clock

Abstract

Um sich optimal an die periodischen Veränderungen ihres Lebensraums im Verlauf des Tages anzupassen, besitzen die Lebewesen, von den Purpurbakterien bis zum Menschen, eine innere Uhr, die diese Zyklen antizipiert und Stoffwechsel und Verhalten dazu synchronisiert. In Säugetieren sitzt der zentrale innere Schrittmacher im Nucleus

suprachiasmaticus (SCN) des Hypothalamus¹. Von dort werden untergeordnete Uhren in den Organen des Körpers kontrolliert, die dann den Gesamtrhythmus des Organismus erzeugen. Auch wenn der Körper keine Zeitinformationen mehr von außen erhält, bleiben die zirkadianen Rhythmen stabil mit Periodenlängen von ungefähr 24h, daher der Ausdruck „zirkadian“ von dem lateinischen *circa dies*, was soviel heißt wie „ungefähr ein Tag“. Hinweise über die Tageszeit, so genannte Zeitgeber, wie Licht, Temperaturveränderungen oder Nahrungsaufnahme können die Phase des endogenen Oszillators verschieben, um so den Organismus ständig mit der geophysikalischen Zeit zu synchronisieren. Auf molekularer Ebene besteht die zirkadiane Uhr aus einzelnen zellulären Oszillatoren. Uhrengene wie *Clock*, *Bmal1*, *mPer1* und *2*, *mCry1* und *2* sowie Caseinkinase 1ϵ sind in einem System von Transkriptions-/ Translations-Rückkopplungsschleifen organisiert, das einen präzisen und stabilen 24h-Rhythmus generiert. In der vorliegenden Arbeit haben wir mit zwei unterschiedlichen Modellsystemen gearbeitet. Wir benutzten transgene Mäuse (*Mus musculus*), in deren Erbgut einzelne oder eine Kombination bestimmter Gene (*mPer1* und *2* sowie *mCry1* und *2*) gezielt zerstört wurden, um deren Funktion im zirkadianen Uhrwerk zu bestimmen. In einem zweiten Projekt untersuchten wir die innere Uhr der Blindmaus (*Spalax ehrenbergi*). Sein isoliertes unterirdisches Habitat, eine adaptive visuelle und neuronale Reorganisation sowie sein polyphasisches Aktivitätsprofil machen *Spalax* zu einem äußerst interessanten Modellorganismus zum Studium der Entwicklung innerer Uhren unter besonderen Umweltbedingungen. An Mäusen zeigen wir, dass eine zusätzliche Deletion des *mCry2*-Gens in *mPer2*-mutanten Tieren sowie eine Deletion von *mCry1* in *mPer1*-Mutanten die wildtyp-artige Rhythmizität auf Verhaltens- sowie auf molekularer Ebene wiederherstellt. Dies deutet darauf hin, dass *mCry2* als nicht-allelischer Suppressor von *mPer2* und *mCry1* als nicht-allelischer Suppressor von *mPer1* im zirkadianen Oszillator fungiert. Junge *mPer1/mCry2*-Doppelmutanten zeigen eine extrem lange Periodenlänge unter Freilaufbedingungen. Sie verlieren ihre Rhythmizität jedoch mit fortschreitendem Alter. *mPer2/mCry1*-Mutanten dagegen besitzen von Geburt an keine funktionierende innere Uhr. Dies geht einher mit veränderter Uhrengen- und – proteinregulation im SCN sowie im Auge. Auf der Grundlage diese Beobachtungen haben wir ein Modell zur Interaktion der *mPer*- und *mCry*-Gene im zellulären Oszillator entwickelt. Ein multimerer Komplex aus *mPER*- und *mCRY*-Proteinen bildet den negativen Arm einer autoregulatorischen Rückkopplungsschleife, welche die periodische Aktivierung der Uhrengene kontrolliert. Spezifische Präferenzen für homo- und heteromere Interaktionen zwischen allen *mPER*- und *mCRY*-Proteinen generieren einen selbststabilisierenden Oszillator auf transkriptioneller Ebene. Entfernt man eine oder mehrere der Komponenten aus diesem System, wird dessen Stabilität beeinträchtigt und die Interaktionspräferenzen werden verändert. Überschreitet diese Störung die Kompensationsmöglichkeiten der Uhr, wird die Oszillation gedämpft und die Tiere werden arrhythmisch. An *Spalax* untersuchten wir die molekulare Organisation des zellulären Uhrwerks anhand der Genexpression. Wir zeigen, dass *Spalax* eine funktionelle molekulare Uhr besitzt mit Uhrengenen wie *Clock*, *Bmal1*, *Per1*, *2* und *3* sowie zwei *Crys*. Diese ist dem anderer Nagetiere sehr ähnlich, zeigt aber eine gewisse Anpassung an sein unterirdisches Habitat. Unser Ergebnisse deuten darauf hin, dass die hypertrophe Hardersche Drüse, die das rudimentäre und visuell blinde Auge dieser Tiere umgibt, eine funktionelle Rolle im zirkadianen System übernommen hat und den Schrittmacher im SCN während andauernder Abwesenheit äußerer Zeitinformation stabilisiert. *Spalax* kann von einem tagaktiven zu einem nachtaktiven Verhaltensmuster wechseln. Wir konnten zeigen, dass in nokturnalen Tieren der zentrale Oszillator der Uhr vom Lichteinfluss entkoppelt ist, was auf eine

spezifische Kontrolle der Signalwege zur zeitlichen Synchronisierung der Uhr hindeutet. Zusammengefasst gewährt diese Arbeit neue Einsichten in die redundanten sowie die spezifischen Funktionen der Per- und Cry-Gene im molekularen Mechanismus der zirkadianen Uhr. Sie betont die Konservierung des Systems autoregulatorischer Rückkopplungsschleifen zur Stabilisierung zirkadianer Rhythmik und zeigt ebenso die evolutionäre Adaption der externen Regulation der Uhr an die Lebensbedingungen des Organismus. To cope with the daily changes in their environment, in organisms, from cyanobacteria to humans, endogenous clocks have evolved that anticipate these changes and synchronize physiology and behavior accordingly. In mammals, the central circadian pacemaker is located in the suprachiasmatic nuclei (SCN) of the hypothalamus. From there subordinated cellular clocks in the peripheral organs are controlled to create the overall rhythm of the organism. Circadian rhythms persist in the absence of external time information with near 24h periods, hence the term "circadian" from the Latin circa dies meaning "about one day" (Halberg, 1952). Time signals from the environment (so called Zeitgeber) like light, temperature variations, or food intake can phase shift the endogenous oscillator to synchronize the organism to geophysical time. On the molecular level circadian clocks are built of cellular oscillators. Pacemaker genes like Clock, Bmal1, mPer1 and 2, mCry1 and 2 or Casein kinase 1 ϵ are organized in a system of transcriptional/ translational feedback loops creating precise, stabilized 24h rhythms. In this study we worked with two different model systems. We used transgenic mice (*Mus musculus*) with a targeted disruption of specific genes (mPer1 and 2, mCry1 and 2) or a combination of these genes to elucidate their function in the circadian clockwork. In a second project we examined the clock of the blind mole rat superspecies (*Spalax ehrenbergi*). Its isolated subterranean habitat, its adaptive visual and neuronal reorganization, and its polymorphic activity profile makes Spalax an extremely interesting model organism to study the evolution of the clock under special environmental conditions. In mice we show that an additional deletion of the mCry2 gene in mPer2 mutants or a deletion of mCry1 in mPer1 mutants restores wild-type rhythmicity on the behavioral and the molecular level. This indicates that mCry2 acts as a non-allelic suppressor of mPer2 and mCry1 of mPer1 in the circadian oscillator. Young mPer1/ mCry2 double mutants display a very long free-running period and lose rhythmicity with progressing age while mPer2/ mCry1 mutants have no functional clock at all. This is accompanied by abnormal clock gene and protein regulation in the SCN and the eye. Based on these findings we developed a model for the interaction of the mPer and mCry genes in the cellular oscillator providing new insights on how the clock is stabilized and integrates external time information at the molecular level. A multiunit complex of mPER and mCRY proteins forms the negative limb of the autoregulatory feedback loop controlling the periodic activation of clock genes. Specific preferences for homo and heteromeric protein interactions between all mPER and mCRY proteins form a self-stabilizing oscillator at the transcriptional level. By deleting one or more of its components, the stability of the pacemaker is disturbed and the interaction preferences are altered. If this disturbance exceeds the compensation limits of the clock, the oscillation dampens and the animals become arrhythmic. In Spalax we elucidated the molecular organization of the cellular clockwork by studying gene expression. We show that Spalax has a functional circadian clock on the molecular level with pacemaker genes like Clock, Bmal1, Per1, 2 and 3 as well as two Crys. The clockwork of Spalax is highly similar to other rodents although some properties show specific adaptation to its subterranean habitat. Our findings suggest that the hypertrophic Harderian gland surrounding the rudimentary and visually blind eye of these animals plays a functional role in the circadian system probably

stabilizing the SCN pacemaker during continuous absence of outside time information. Spalax can shift from a nocturnal to a diurnal activity pattern. We found that in nocturnal animals the central oscillator is uncoupled from the light driven input pathway indicating a specific control of clock entrainment pathways in both activity types. Taken together this work provides new insights on redundant as well as distinct functions of the Per and Cry genes in the molecular mechanism of the circadian clockwork. It demonstrates the conservation of the system of autoregulatory feedback loops to stabilize circadian rhythmicity as well as highlights the evolutionary adaptation of external clock regulation to the ecotope of the organism.

Interaction of Per and Cry genes in the mammalian circadian clock. Available from:

https://www.researchgate.net/publication/33681644_Interaction_of_Per_and_Cry_genes_in_the_mammalian_circadian_clock [accessed Nov 13 2017].

Weiterführende Literatur

Aufmerksamkeitsprozesse sind in sehr unterschiedlichen Zusammenhängen untersucht und beschrieben worden. Ein hervorragender Übersichtsartikel wurde von Neumann, O. (1992), *Theorien der Aufmerksamkeit – von Metaphern und Mechanismen*, verfasst. Auch Kinchla, R. A. (1992), *Attention*, gibt einen guten Überblick. Neuere Einzelbeiträge enthält Pashler, H. (Hg.) (1998), *Attention*. Eine sehr ausführliche Darstellung der *Aufmerksamkeit und Aufmerksamkeitsforschung* geben Neumann, O., & Sanders, A. (Hg.) (1996), in der *Enzyklopädie der Psychologie*. Deutsch, J. A., & Deutsch, D. (1963), *Attention*, befassen sich mit dem Problem der Aufmerksamkeitsselektion; ebenso Treisman, A. M., & Riley, J. (1969), *Is selective attention selective perception or selective response?* Treisman, A. M., & Sato, S. (1990), *Conjunction research revisited*, diskutieren die Rolle der Aufmerksamkeit bei der Wahrnehmung von Merkmalskombinationen. Eine generelle Theorie zur kontrollierten und automatischen Aufmerksamkeit (Attention) diskutieren Shiffrin, R. M., & Schneider, W. (1977). Zur Orientierungsreaktion und evozierten Potenzialen siehe Loveless, N. (1983), *The orienting response and evoked potentials in man*. Interessante Beiträge zu *Attention, Sensory and motivational processes* enthält der Sammelband von Lang, P., Simons, R. F., und Balaban, M. (1997). Über *Bewusstsein und Aufmerksamkeit* berichten aus biopsychologischer Sicht (Kap. 21) Birbaumer, N., & Schmidt, F. (2006, 2010). Verschiedene Beiträge zur Rolle der Aufmerksamkeit in den kognitiven Neurowissenschaften finden sich in Gazzaniga, M. S. (Hg.) (2002), *The new cognitive neurosciences*.

Zum Themenbereich Bewusstsein und seinen Veränderungen kann zur Vertiefung auf die Übersichtswerke von Farthing, G. W. (1992), *The psychology of consciousness*, sowie auf Hobson, J. A. (1994), *The chemistry of consciousness states*, verwiesen werden. Einen vielseitigen Einstieg bietet der Sammelband von Singer, W. (Hg.) (1994), *Gehirn und Bewusstsein*. Kognitionswissenschaftliche Ansätze zum Verständnis des Bewusstseins werden diskutiert von Anderson, J. R. (1983), *The architecture of cognition*. Eine *Wechselwirkungstheorie zwischen Körper und Geist* diskutieren Popper, K. R., & Eccles, S. (1982). Für eine psychologische Diskussion des Bewusstseins eignet sich auch Baars, B. J. (1989), *Das Schauspiel des Denkens*. Zu verschiedenen Aspekten der Neurowissenschaften verweisen wir auch hier auf das von Gazzaniga, W. S. (2002), herausgegebene Sammelwerk *The new cognitive neurosciences*, eindrücklicher als Lehrbuch: Gazzaniga et al.: *Cognitive neuroscience, the Biology of the mind*. Über die *Wirkung von Drogen und Psychopharmaka* informiert unter anderem Julien, R. M. (1997).

Eine gut lesbare und bebilderte Einführung in die aktuelle Schlaf- und Traumforschung bietet das Buch von Hobson, J. A. (1990), *Schlaf, Gehirnaktivität im Ruhezustand*, sowie Hobson, J. A. (1988), *The dreaming brain*; kurz und leicht zu lesen ist Becker-Carus, C. (1977), *Wer träumt, schläft besser*, sowie allgemein verständlich Borbély, A. (1987), *Das Geheimnis des Schlafs*. Zur Wissensvertiefung eignet sich das *Handbuch des normalen und gesunden Schlafs* von Berger, M. (Hg.) (1992), und von Becker-Carus, C. (1999), *Aktuelle psychophysiologische Schlafforschung*. Einen Einstieg in die Physiologie von Schlaf und Traum bietet die *Biologische Psychologie* von Birbaumer, N., & Schmidt, F. (2006, 2010). Erschöpfende Ausführungen über den gegenwärtigen Stand in den verschiedenen Bereichen der medizinischen und psychologischen Schlafforschung liegen vor in dem fortlaufend aktualisierten *Kompendium Schlafmedizin*, herausgegeben von Schulz, H. (1997–2016). Aktuelle Beispiele zur Insomnieforschung liegen vor in Becker-Carus, C. (1994), *Forum Stress und Schlafforschung*. Zum derzeit aktuellen Stand der chronobiologischen Grundfragen (zircadiane Schlafregulation, Schichtarbeit) informieren zwei Beiträge in der Zeitschrift *Somnologie*, Bd.21, Sonderheft 2, S. 50, 51, (Okt. 2017). Einen vertiefenden Einblick in die Traumforschung geben Schredl, M. (1999), *Die nächtliche Traumwelt*, sowie Strauch, I., & Meier, B. (1992), *Den Träumen auf der Spur, Ergebnisse der experimentellen Traumforschung*.

Haftungsausschluss

Der Anbieter dieser Seite hat keinen Einfluss auf die Inhalte der verlinkten Seiten. Sie beinhalten zum Zeitpunkt der Verlinkung kein rechtlich-moralisch-kompromittierendes Material.

Für die Inhalte jeglicher Internetseiten die von dieser Webseite aus erreichbar sind, sind ausschließlich deren Betreiber selbst verantwortlich.

Kein Teil des Inhalts dieser Webseite darf ohne ausdrückliche schriftliche Genehmigung in jeglicher Form reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet oder verbreitet werden.

C. Becker-Carus.