

Bewusstseinsfaktoren und -formen

Paul Natterer

Der Arbeitsspeicher (Kurzzeitgedächtnis) ist von zentraler Bedeutung für das Bewusstsein: Er ist nicht nur das **einzigste bewusste Gedächtnis- und Kognitionssystem** auf biologischer Ebene, sondern der systematische **Ort konzentrierter Bewusstheit**, d.h. Aufmerksamkeit, überhaupt. Neurologisch ist der Arbeitsspeicher im tertiären motorischen Kortex verortet, während für das Langzeitgedächtnis die Temporallappen (semantisch) und Parietallappen (episodisch) die neuronale Basis stellen.

Bewusstsein ist ein vielschichtiger Begriff, der **unterschiedliche Formen und Prozesse** umfasst, die alle (1) biologisch von einem weiträumigen **Erregungsanstieg im ZNS** abhängig sind; (2) **vorbewusste vollständige Informationsverarbeitung** in den sensorischen Registern **zur Voraussetzung** haben; (3) psychologisch **aufmerksamkeitskontrollierte Informationsverarbeitung** darstellen, wobei (4) die Aufmerksamkeit nicht durch die quantitative Reizintensität geweckt wird, sondern durch eine kognitive **Bewertung**. Diese ist genauer eine 4-phasige Orientierungsreaktion auf neue und komplexe Reize 200–250 Millisekunden nach erfolgter Reizung, die nach Gewöhnung ausbleibt, was Habituation genannt wird.

Der Aufmerksamkeitsmechanismus bei neuen oder komplexen Situationen, Handlungen oder Reaktionsalternativen wird **LCCS** (*limited capacity control system* oder **quantitativ begrenztes Aufmerksamkeits-Kontrollsystem**) genannt, da es durch willentliche Anstrengung, d.h. kontrollierte Suche (*effort*) und aktive Bewegungsplanung gekennzeichnet ist. Das kognitive LCCS bzw. der Effort-Mechanismus hat zur Bedingung energetische Mechanismen, die die **Ressourcen** (durch größere Durchblutung und höhere Energiebereitstellung) für die Aktivierung sensorischer Systeme (*arousal*) und motorischer Systeme (**Aktivierung**) bereitstellen. Strukturell und funktionell stellt sich das LCCS insgesamt so dar:

- **Energielieferant** für das LCCS sind unspezifische Aktivierungssysteme in der sog. Retikularformation der Mittelhirns (MRF). In funktioneller Hinsicht werden sie **Aufsteigendes retikuläres Aktivierungssystem** (ARAS) genannt. Ihre Leistung ist das tonische **Wachbewusstsein**.
- Tor und Relais zum LCCS und Kortex ist v.a. der **Thalamus**, dessen Funktion die fallweise **physische Aktivierungserhöhung** bei Aufmerk-

samkeitszuwendung ist. Vor dem aktiven Schleusen (*gating*) der Information erfolgt hier eine **multisensorische Analyse und Abgleichung** im Großhirn.

- Kopf des LCCS bzw. die Entscheidungsinstanz ist der **präfrontale motorische Kortex** (zusammen mit dem sensorischen Assoziationskortex und dem Limbischen System).
- Die **Kontrollinstanz** des LCCS ist ein Rückkopplungssystem über die bestehende Erregungsverteilung in den sog. **Basalganglien** im Gehirninernen.
- Die Binnenstruktur des Arbeitsspeichers ist diese: Im Arbeitsspeicher lässt sich ein bewusster Prozessor (*central cognitive executive*) auf den beiden bekannten Repräsentationsebenen unterscheiden: analoge **räumlich-visuelle Kodierung** (*visuo-spatial sketch pad*) und **begrifflich-sprachliche Kodierung** (*articulatory loop*). Der bewusste Prozessor wird auch **SAS** („supervisory attentional/activating system“) genannt. Sein Ausfall wird als Frontallappensyndrom bezeichnet. Es äußert sich in fehlender Planung, Organisation und Kontrolle der Aktivitäten.
- Folgerichtig lassen sich auch bei bewusster Aktivität zwei große gegenständliche Dimensionen unterscheiden: **räumlich-visuell** und **begrifflich-sprachlich**. Das Phänomen der sog. **Hemisphärendominanz** und der **Hemisphärenasymmetrien** dokumentiert diese Unterscheidung auch anatomisch und physiologisch.

„Die vielleicht bemerkenswerteste Entdeckung im Zusammenhang mit der menschlichen Großhirnrinde geht auf die Arbeiten von Roger Sperry und seine Kollegen am California Institute of Technology an sogenannten ‘Split-Brain’-Patienten zurück. Bei diesen Patienten war der Hauptverbindungsstrang zwischen der der Großhirnrinde der beiden Gehirnhälften – der [200 Millionen Nervenfasern umfassende] Balken oder das Corpus callosum – chirurgisch durchtrennt worden, um schwere epileptische Zustände zu behandeln. Sperry fand heraus, daß Bewußtsein und Wahrnehmung in den beiden Großhirnhemisphären der Patienten anscheinend getrennt und unabhängig voneinander existieren. So ist ein Bewußtsein, das sich in Sprache ausdrücken läßt, offenbar der linken Großhirnhälfte vorbehalten, während die rechte über ein eigenes, nonverbales Bewußtsein verfügt. Beim gesunden Menschen sind die beiden Hemisphären natürlich miteinander verbunden und arbeiten eng zusammen.“ (Thompson: *Das Gehirn. Von der Nervenzelle zur Verhaltenssteuerung*, Heidelberg/Berlin/ New York 1992, 28–29)

- Sperrys neurophysiologischer Fachkollege Eccles betont dagegen eine stets mit der sprachlichen Kompetenz verknüpfte **Einheit des Bewusstseins** (vgl. Popper/ Eccles: *Das Ich und sein Gehirn*, 10. Aufl. München 1991). Bei Rechtshändern schränkt somit eine Schädigung oder Blockade der linken dominanten Großhirnrinde das Sprachverständnis und die Sprachproduktion, allgemein sprachliche und mathematische Funktionen

ein, oder macht diese unmöglich. Rechtshemisphärische Schädigungen erschweren dagegen massiv die Orientierung im Raum und die Erfassung komplexer Strukturen und Bilder, d.h.

„das Erkennen und Verarbeiten räumlicher Muster, Beziehungen und Transformationen. Sie [d.h. die Funktionen der untergeordneten, normalerweise rechten Großhirnhemisphäre] scheinen eher holistisch und ganzheitlich als analytisch und fragmentarisch zu sein und mehr orientierend als fokal und eher konkrete Wahrnehmungseinblicke zu beeinhalteln als abstrakte, symbolische, sequentielle Vernunft.“ Sperry, R. W. In: Popper/Eccles a.a.O. 1991, 393).

- Die bewusste Wahrnehmung und mentale Tätigkeit oder Aufmerksamkeit ist eingebettet in und setzt voraus unterbewusste und nicht bewusste bzw. vorbewusste Informationsaufnahme und -verarbeitung. Zunächst das Folgende zur begrifflichen Orientierung: „Bei **unterbewußten Prozessen** geht es um Material (geistige Inhalte), das gegenwärtig nicht im Bewußtsein vorhanden, aber durch bestimmte Erinnerungstechniken aus dem *Gedächtnis* abrufbar ist. *Nicht bewußte Prozesse* (Verarbeitung) haben mit Informationen zu tun, die weder im Bewußtsein noch im Gedächtnis repräsentiert sind, aber dennoch grundlegende körperliche oder geistige Aktivitäten beeinflussen können.“ (Zimbardo: *Psychologie*, 6. Aufl. Berlin / Heidelberg / New York 1995, 232): Davon ist noch die psychoanalytische Bedeutung des Ausdrucks *unbewusst* zu unterscheiden: „Er bezieht sich auf Prozesse, die außerhalb des Bewußtseins gehalten werden, um Angst zu vermeiden.“ (Zimbardo 1995, 232)
- Für diese vorbewusste Informationsaufnahme und -verarbeitung neben den bereits angeführten Belegen hier noch der Hinweis auf die subliminale Wahrnehmung, das **Blindsehen**: Wir nehmen viele Dinge wahr ohne dass diese Wahrnehmung bewusste Aufmerksamkeit begleitet. Oder Patienten mit manchen Hirnverletzungen können Aufgaben, die das Sehen oder die Wahrnehmung von Dingen notwendig voraussetzen, ganz präzise ausführen, ohne dass sie bewusst das Geringste sehen.
- In dieselbe Richtung geht die nicht bewusste automatische **Ergänzung des blinden Flecks** in der Netzhaut seitens des Gehirns. Der blinde Fleck ist die Stelle, wo der zum Gehirn führende Kabelstrang die Netzhaut verlässt. An dieser Stelle könne also keine Sensoren sitzen. Dennoch sehen wir keinen schwarzen Fleck im Gesichtsfeld, sondern die fehlenden Daten werden vom Gehirn automatisch ergänzt.
- Auch die **Verhaltensautomatisierung** ist ein Beispiel vorbewusster Leistungen: „In contrast to attentional processes, automatic processes are fast, they do not reduce the capacity for performing other tasks, and they are unavailable to conscious awareness.“ (Eysenck/Keane: *Cognitive Psychology*. 5. Aufl. Hove and London-Hillsdale 1992, 125)

- Ein weiteres Beispiel ist die **Zeitdifferenz von physiologischem Reiz und bewusster Empfindung**. Bewusste Wahrnehmung ist nicht zeitgleich zu den vorbewussten physiologischen Trägerprozessen. Neuronale Aktivität in den primären sensorischen Arealen der Großhirnrinde allein löst keine bewusste Wahrnehmung (Empfindung) aus. Diese stellt sich erst ein nach einer Inkubationszeit bis zu 0,5 Sekunden nach zunehmender Ausbreitung und Synthesis der neuralen Erregungsmuster, wobei jedoch in der bewussten Wahrnehmung der Reiz nach experimentellen Befunden auf den Zeitpunkt seiner tatsächlichen physiologischen Registrierung vordatiert wird (Libet: Electrical Stimulation of Cortex in Human Subjects and Conscious Memory Aspects. In: Iggo, A. (ed.) *Handbook of Sensory Physiology*, II, Berlin/New York, 1973, 743–790; vgl. Popper/Eccles a.a.O. 1991, 309, 315–318).
- In diesen Zusammenhang gehört auch das **Phänomen der Vorwärts- und Rückwärts-Maskierung**, d.h. der Interferenz sehr schnell aufeinanderfolgender Reize, die in der Wahrnehmung nicht mehr oder nur ungenügend differenziert werden können. Für visuelle Konturen verschmelzen die Stimuli bei einem zwischenstimulatorischen Intervall von weniger als 100 ms; wird nur der zweite Reiz wahrgenommen bei einem Intervall von 100–200 ms; und erst ab 200 ms wird korrekt raum-zeitlich differenziert (vgl. Coren/Ward/Enns: *Sensation and Perception*, 4. Aufl. Fort Worth / Philadelphia / San Diego et al. 1994, 372–373). Sonstige experimentelle Befunde lassen den Schluss zu, dass die Verarbeitungszeit bis zur visuellen und auch auditorischen Wahrnehmung im Allgemeinen etwa 60–70 Millisekunden beträgt.
- Ein letztes Beispiel ist die **Zeitdifferenz von physiologischer und intentionaler Verhaltensaktivierung**. Bewusst geplante Bewegung (= Willkürmotorik) fußt auf vorbewusster physiologischer Ressourcenbereitstellung. Das heißt: Auf der motorischen Ausgangs-Seite ist eine analoge vorbewusste Inkubationszeit wie bei der Sensorik (Empfindungen, siehe oben) für strikt willkürliche, d.h. bewusst beabsichtigte Bewegungen (einschließlich der Sprechmotorik), nachgewiesen worden. Diese Inkubationszeit bzw. Ressourcenbereitstellung besteht in (1) **großflächigen**, über die motosensorischen Kontroll- und Exekutivsysteme in Frontal- und Scheitelregion des Gehirns ausgebreiteten, (2) **unspezifischen**, d.h. mit für jede willkürliche Bewegung weitgehend gleicher räumlicher Verteilung und gleichem Zeitverlauf, (3) **langsamen**: 0,8 s statt 1 ms bei normalen Aktionspotentialen, (4) **kleinen** und **elektrisch-negativen** Bereitschaftspotentialen: 10–15 Mikrovolt statt etwa 100 Mikrovolt bei normalen Aktionspotentialen. Diese haben die Form von (5) **Gleichspannungsverschiebungen**: d.h. sie verbleiben im Rahmen des negativen Ruhepotentials der Neuronen und wechseln nicht wie das Aktionspotential von negativ (–75 Millivolt) zu positiv (+30/40 Millivolt), die (6) ca. 0,8 s

vor dem Aktionspotential der schließlich und spezifisch die Bewegung einleitenden Motoneuronen des Kortex auftreten (vgl. Birbaumer / Schmidt: *Biologische Psychologie*, 3. Aufl. Berlin / Heidelberg / New York et al. 1996, 526).

- *Kognitives Bewusstsein*. Einen Überblick über die vorliegenden Theorien zu den physikalischen Korrelaten des Bewusstseins bietet Chalmers (*The Conscious Mind. In Search of a Fundamental Theory*, New York / Oxford 1996, 238–246). Dazu gehören die Theorie des Bewusstseins als neuronalem Zeitschalter (Libet); die auf das LCCS (siehe oben) gestützte Theorie, und die kognitive Theorie (Farrah), die Bewusstsein mit hochstufigen Repräsentationen zusammenhängen lässt; sowie schließlich die einflussreiche, sich auf weiträumige Neuronenoszillation stützende Theorie Crick/Kochs. Die experimentelle Bilanz ihrer auf das Bewusstsein der visuellen Wahrnehmung konzentrierten Forschungen wird von Crick/Koch so zusammengefasst:

„Wir haben daher vorgeschlagen, daß es eine flüchtige Form des Bewußtseins gebe, die nur sehr einfache Merkmale repräsentiert und keinen Aufmerksamkeitsmechanismus erfordert. Daraus konstruiert das Gehirn eine beobachterzentrierte Repräsentation, die ohne Aufmerksamkeit nicht zustande kommt: das , was wir lebhaft und deutlich sehen. Darauf wiederum bauen wahrscheinlich eine dreidimensionale Gegenstands-Repräsentation und auf dieser noch höhere Stufen der Kognition auf [...] Allem Anschein nach ist das neuronale Korrelat des Bewußtwerdens nicht nur über einen Bereich weniger benachbarter Neuronen verteilt ..., sondern weiträumig über die Gehirnrinde – allerdings nicht über alle Regionen, denn einige Areale zeigen keine Reaktion auf visuelle Signale. [...] Gibt es über die Sehrinde verteilt spezielle Arten von Neuronen, deren Aktivität direkt den Inhalt visuellen Bewußtseins symbolisiert? Nach einer sehr vereinfachenden Hypothese sind die Aktivitäten der oberen Schichten im Cortex vorwiegend unbewußt, während die in den tieferen Schichten 5 und 6 meist mit dem Bewußtsein zusammenhängen.“ (Crick/Koch: *Das Problem des Bewußtseins*. In: *Spektrum der Wissenschaft* 11, 1992, 147–152); vgl. Singer: *Ein neurobiologischer Erklärungsversuch zur Evolution von Bewusstsein und Selbstbewusstsein*. In: Newen, A./Vogeley, K. (Hrsg.) *Selbst und Gehirn. Menschliches Selbstbewusstsein und seine neurobiologischen Grundlagen*, Paderborn 2000, 348–351)

- Eine Zusammenfassung und Integration der neurobiologischen Aspekte des Bewusstseins bietet Damasio (*Ich fühle, also bin ich. Die Entschlüsselung des Bewusstseins*, München.2000, und: *Eine Neurobiologie des Bewusstseins*. In: Newen, A./Vogeley, K. (Hrsg.) *Selbst und Gehirn. Menschliches Selbstbewusstsein und seine neurobiologischen Grundlagen*, Paderborn 2000, 315–331), der darüber hinaus die enge Verbindung von Bewusstsein und Emotionen herausgearbeitet hat. Damasio entwickelt ferner eine komplexe ontogenetisch aufeinander folgende, neuronale Binnenstruktur von intentionalen und reflexiven Bewusstseinsstufen, ähnlich wie sie Newen (Selbst und Selbstbewusstsein aus philosophischer und kognitionswissenschaftlicher Perspektive. In: Newen, A./ Vogeley, K. (Hrsg.) *Selbst und Gehirn. Menschliches*

Selbstbewusstsein und seine neurobiologischen Grundlagen, Paderborn 2000, 19–55) von der Linguistik, Entwicklungspsychologie und philosophischen Analyse her entwickelt. Insbesondere unterscheidet Damasio zunächst ein unbewusstes „**Proto-Selbst**“ des Organismus mittels der Hirnregionen, die „kontinuierlich ... den Zustand des lebendigen Körpers in seinen vielen Dimensionen in dynamischen Körperkarten“ repräsentieren (Damasio 2000b, 323, 324). Dies ist die neuronale Grundlage für die bewussten Instanzen des Bewusstseins. Dies ist einmal ein einfaches, von Gedächtnis und Sprache unabhängiges „**Kernbewusstsein**“ das „den Organismus mit einem Selbstgefühl (Kernselbst) bezüglich des Hier und Jetzt“ versieht (2000b, 318). Zum anderen ist es ein „*erweitertes Bewusstsein*“, das „viele verschiedene Ebenen und Abstufungen“ hat (2000b, 319) und sich „innerhalb der Lebensspanne eines Organismus entwickelt“: **Autobiographisches Selbst** (2000b, 319). Dieses Letztere umfasst personale Identität und das biographische Selbst in Vergangenheit und antizipierter Zukunft; es hat das Kernbewusstsein zur notwendigen Bedingung, aber nicht umgekehrt (2000b, 319). Damasio: „Die Ausbildung einer Erste-Person-Perspektive, von Subjektivität, ist das eigentliche Rätsel des Bewusstseins“ (2000b, 321).

- Interessant für die interdisziplinäre Bewertung der kantischen Theorie ist, dass Damasio im Kern- und Erweiterungsbewusstsein empirische, mentale Repräsentationen erster Ordnung (von Objekten und vom Protoselbst) von reflexiv-intentionalen Repräsentationen zweiter Ordnung (nämlich als Objekt-Organismus-Beziehung) unterscheidet, die sehr genau der **empirischen Apperzeption** und objektiven **transzendentalen Einheit der Apperzeption** entsprechen: „Daraus resultiert ein ‘vereinheitlichtes Bewusstseinsfeld’: eine klare mentale Vorstellung des Objekts innerhalb seines räumlichen und zeitlichen Kontexts *und* im Kontext des ‘Selbst’“ (2000b, 328). Als neuroanatomische Kandidaten dieses Prozesses „kommen die Colliculi superior, der Thalamus, der zinguläre Kortex, Teile des medialen parietalen Assoziationskortex und der präfrontale Kortex in Frage“ (2000b, 327).
- Singer (a.a.O. 2000) ist ein gleichlaufender Beitrag, der besonders auf die Evolution von Bewusstsein und Selbstbewusstsein abhebt. Auch Singer entwickelt – wie Damasio – eine Unterscheidung in evolutionär alte, erststufige, und neue, höherstufige Operationen, wobei „die neu hinzugekommenen Areale ... gewissermaßen die Funktion eines inneren Auges“ wahrnehmen (Singer 2000, 338, 343). Und:

„Es besteht also eine enge Verbindung, vielleicht sogar eine kausale Bedingtheit zwischen Aufmerksamkeitsmechanismen und dem Aufbau von [bewussten intentionalen Repräsentationen und höherstufigen, reflexiven] Metarepräsentationen“ (2000, 339).

Außerdem betont Singer die neurologische Korrelation von **Bewusstsein** und bewusster Erfahrung und Synchronizität, **Zeitordnung**, also eines Zeitschematismus (a.a.O. 2000, 348–350). Auch dies erinnert sehr stark an Kants philosophische Analysen.

- Singers weitere ebenso begründete wie neurobiologisch interessante These ist, dass für die Ausbildung eines echten personalen Selbst **soziale, kommunikative und handlungstheoretische Bedingungen** nötig sind, also intersubjektive Mitteilungen über motorische Effektorsysteme (Taten, Gesten, Sprachmotorik):

„Mein Vorschlag ist nun, daß durch, und erst durch diesen reziproken Abbildungsprozeß, durch diesen Dialog zwischen Gehirnen, die zusätzliche Erfahrung vermittelt wird, ein autonomes Wesen zu sein, das zu subjektiven Empfindungen fähig ist, frei entscheiden und Handlungen initiieren kann und sich seiner selbst als Individuum bewußt ist“ (2000, 319).

Singer streift damit die kaum zu überschätzenden Ergebnisse der Bindungsforschung in der Entwicklungs- und Sozialpsychologie (vgl. Spitz (Hospitalism. An Inquiry into the genesis of psychiatric conditions in early childhood. In: *Psychoanalytic Study of the Child* 1, 1945, 53–74), Ainsworth (The development of infant-mother attachment. In: B. M. Caldwell/H. N. Ricciuti (eds.) *Review of child development research* (vol. 3), Chicago 1973), Bowlby (*Trennung*, München 1976, und *Verlust*, Frankfurt/M.1983), Fonagy/Steele&Steele (Maternal representation of attachment during pregnancy. In: *Child development* 62, 1991, 891–905). Diese spezifisch menschliche Ichkonstitution hängt von der interpersonalen Spiegelung des eigenen Selbst „von ‘Außen’“ ab (2000, 340), und hat somit „eine zusätzliche historische Dimension“, ist ein „Produkt nicht nur der biologischen, sondern auch der kulturellen Evolution“ (2000, 340, 350). Singers plädiert denn auch in der Bewusstseinsforschung für eine „Weitung des wissenschaftlichen Ansatzes“ (341–342) durch die Zusammenarbeit von Geisteswissenschaften und Neuro- und Kognitionswissenschaften.