

## 6 | Aufmerksamkeit, Bewusstsein und Schlaf

### Inhalt

Die Aufmerksamkeit mit ihren beiden Funktionen Intensität und Selektivität wird definiert, und ihre neurobiologischen Grundlagen werden beschrieben. Es wird erläutert, wann bewusstes Erleben eintritt. Der Schlaf als Zustand eines herabgesetzten Aktivierungsniveaus wird in seiner Struktur, neuronalen Vermittlung, Funktion und Pathologie dargestellt.

#### 6.1 Aufmerksamkeit

##### 6.1.1 Die Intensitätsfunktion

##### 6.1.2 Die Selektivitätsfunktion

#### 6.2 Bewusstsein

#### 6.3 Schlaf

##### 6.3.1 Schlafstruktur

##### 6.3.2 Phylogenese und Ontogenese

##### 6.3.3 Neuronale Vermittlung

##### 6.3.4 Funktionen des Schlafs

##### 6.3.5 Schlafstörungen

### 6.1 | Aufmerksamkeit

multidimensionales  
Konstrukt

Die Aufmerksamkeit ist ein Konstrukt, das in den letzten Jahrzehnten eine intensive Modellentwicklung und über die elektronische Testdarbietung große Fortschritte in der Testkonstruktion erlebt hat. Ausschlaggebend war die Bedeutung von Aufmerksamkeitsstörungen als Leitsymptom vieler neuropsychologischer Erkrankungen. Ältere Modelle verstanden unter Aufmerksamkeit die Anspannung zum Zwecke der Koordination und gingen davon aus, dass es sich um ein von der Intelligenz unabhängiges Konstrukt handele. Heute gilt die

Aufmerksamkeit als Basisfunktion für höhere kognitive Prozesse wie Intelligenz, Sprache und Gedächtnis. Es ist ein multidimensionales Konstrukt, das sich aus verschiedenen kognitiven Funktionen zusammensetzt. Nach Sohlberg und Mateer (1987) werden die folgenden Aufmerksamkeitsfunktionen unterschieden:

- 1) fokussierte Aufmerksamkeit,
- 2) selektive Aufmerksamkeit,
- 3) Daueraufmerksamkeit,
- 4) alternierende Aufmerksamkeit und
- 5) geteilte Aufmerksamkeit.

Diese Aufmerksamkeitsstypen wurden in späteren Modellen in zwei Grundfunktionen der Aufmerksamkeit zusammengefasst, die Intensitätsfunktion und Selektivitätsfunktion der Aufmerksamkeit. Die *Intensitätsfunktion* umfasst die Aufmerksamkeitsaktivierung (Alertness), Daueraufmerksamkeit und Vigilanz, die *Selektivitätsfunktion* die fokussierte, selektive, alternierende und geteilte Aufmerksamkeit (Sturm 2009).

Intensität und  
Selektivität

## Die Intensitätsfunktion

| 6.1.1

Die Intensitätsfunktion bezieht sich auf die Fähigkeit, das Aufmerksamkeitsniveau kurzfristig heraufzusetzen (Alertness) oder lang andauernd aufrechtzuerhalten (Daueraufmerksamkeit und Vigilanz).

**Operationalisierung:** Operationalisiert wird die *Daueraufmerksamkeit* über lang andauernde Signalentdeckungsaufgaben mit einem hohen Anteil relevanter Stimuli (12 Zielreize pro Minute zur Operationalisierung der Daueraufmerksamkeit) bzw. einem niedrigen Anteil relevanter Stimuli (6 Zielreize pro Minute zur Operationalisierung der Vigilanz). Alternativ kann ein zeitlich kurzer Test mit sehr kurzen Darbietungszeiten der Stimuli oder degradierten Stimuli dargeboten werden, um auf diese Weise eine hohe Auslastung der Aufmerksamkeitszuwendung zu erreichen. Ein Aufgabenbeispiel ist der Continuous Performance Test (CPT).

Daueraufmerksamkeit

**Neurobiologische Grundlagen:** Neuronal wird die Intensitätsfunktion mit den Arousalssystemen des Hirnstamms und basalen Vorderhirns in Verbindung gebracht. Das wichtigste Arousalssystem des Hirnstamms ist die *Formatio reticularis*. Sie innerviert aufsteigend das thalamische

Retikulärsystem, vermittelnder Neurotransmitter ist Acetylcholin. Über die unspezifischen Thalamuskern wird das Erregungsniveau an den zerebralen Kortex weitergeleitet. Hierbei kann das Arousalniveau je nach Filterung in einem großen Bereich variieren.

Bottom-up- /Top-down-  
Prozesse

Diese aszendierende Steuerung (*bottom up*) des kortikalen Erregungsniveaus wird über deszendierende Bahnen vom Kortex zum Thalamus „*top down*“ reguliert und über thalamische Gating-Mechanismen kanalisiert. Die Regulation vom Kortex erfolgt durch den dorsolateralen präfrontalen und inferioren parietalen Kortex (Sturm 2004). Vermutlich gibt es zwei miteinander interagierende kortiko-subkortikale Netzwerke, die durch den anterioren Anteil des Gyrus cinguli koordiniert werden (Felix et al. 2006).

### 6.1.2 Die Selektivitätsfunktion

Die selektive Aufnahme von Information erfordert die Aufmerksamkeitsfokussierung auf bestimmte Zielreize unter Ausblendung von ablenkenden Reizen (Distraktoren). Dabei kann die Unterdrückung eines automatisierten Antwortverhaltens notwendig sein. Hierdurch lässt sich die Selektivitätsfunktion in die zwei Subtypen fokussierte und selektive Aufmerksamkeit unterscheiden.

**Operationalisierung:** Operationalisiert wird die *fokussierte Aufmerksamkeit* durch Wahlreaktionsaufgaben mit Störreizen, die keine weiteren Prozesse der Informationsverarbeitung wie semantisches, lexikalisches oder grammatikalisches Wissen beanspruchen.

#### Beispiel

Ein Beispiel ist die Darbietung verschiedener geometrischer Figuren, wobei nur eine Figur Zielreiz ist. Ein Aufgabenbeispiel für die selektive Aufmerksamkeit ist der Stroop-Test, bei dem das automatisierte Verhalten, auf einen Farbreiz zu reagieren, unterdrückt werden muss.

Switching-Funktion

Ein Spezialfall der Selektivitätsfunktion ist die *alternierende* und *geteilte Aufmerksamkeit* (*Switching-Funktion*). Dabei muss ein rascher Fokuswechsel zwischen verschiedenen Sinneskanälen, Informationen oder mentalen Operationen erfolgen.

### Definition

Beträgt das Interstimulusintervall zwischen den Reizen bis zu einer Sekunde, spricht man von **alternierender Aufmerksamkeit**. Werden die Reize fast gleichzeitig dargeboten, handelt es sich um **geteilte Aufmerksamkeit**.

Die Switching-Funktion erfordert mehrere mentale Operationen: Fokussieren, Ablösen des Aufmerksamkeitsfokus (disengage), Verschieben des Aufmerksamkeitsfokus (shift) und Neufokussieren (engage). Die alternierende und geteilte Aufmerksamkeit wird durch uni- oder crossmodale Doppelaufgaben operationalisiert.

**Neurobiologische Grundlagen:** Neuroanatomisch sind ähnliche Hirnstrukturen beteiligt wie bei der Intensitätsfunktion, wobei jedoch Top-down-Prozesse zur Kanalisation des aufsteigenden Arousal durch kortiko-thalamische Bahnen eine größere Rolle spielen. Die Fokussierung der Aufmerksamkeit wird durch thalamische Gating-Mechanismen vermittelt. Eine topographisch geordnete Hemmung einzelner Thalamuskern führt zur Bündelung der Erregung auf den stärksten Aktivierungsfluss. Informationseingänge für den Gating-Prozess stammen aus dem parietalen und präfrontalen Kortex sowie den Basalganglien bei emotionaler Information. Alternierende und geteilte Aufmerksamkeit werden über den raschen Wechsel von Exzitation und Inhibition der Gating-Mechanismen vermittelt. Die Oszillation von Erregungs- und Hemmungsmechanismen hat Aufmerksamkeitsfluktuation mit der Fähigkeit des raschen Alternierens zwischen Informationseingängen zur Folge.

Eine weitere Modulation der Signalfilterung auf Zellebene erfolgt durch das noradrenerge System. Die erhöhte Ausschüttung von Noradrenalin bei sympathikotoner Tonuslage führt bei der Reizweiterleitung zu einer *Verbesserung von Signal-zu-Rauschen* und damit Kontrastierung der Informationseingänge. Die Signalfilterung erfolgt durch Inhibition der Reizweiterleitung, wodurch nur stark gebahnte Reize die Hyperpolarisation an den postsynaptischen Neuronen passieren. Über den noradrenergen Heterorezeptor, der die Neurotransmitterausschüttung auch an fremden Neuronen inhibiert, kann der Informationsfluss noch stärker eingengt werden.

Die Leistung in Aufgaben zur fokussierten Aufmerksamkeit ist bei einem mittleren peripheren und zentralnervösen Erregungsniveau maximal, es besteht ein umgekehrt U-förmiger Zusammenhang zwischen Aktivierung und Leistung. Bei extremem Stress kann die

Verbesserung von Signal-zu-Rauschen

Offline-Schaltung

**Merksatz**

**Aufmerksamkeitsprozesse werden durch Modulation kortikaler Erregungsschwellen bei der Reizweiterleitung vermittelt. Dabei dienen Inhibitionsprozesse der Herausfilterung relevanter Information und thalamische Gating-Mechanismen der Kanalisation der Informationseingänge.**

Reizweiterleitung an den Neuronen ganz blockiert werden. Die Folge ist, dass es unter extremem Stress zu so starker Aufmerksamkeitseinengung kommt, dass der zerebrale Kortex „offline“ genommen wird. So werden schnellere, subkortikal gesteuerte Reflexe ermöglicht, die u.U. lebenserhaltend sind (Ramos/Arnsten 2007).

## 6.2 | Bewusstsein

Bewusstsein für eingehende Information entsteht, wenn neue Reize mit vitaler Bedeutung registriert werden oder aufgrund von Inkonsistenz Vergleiche mit gespeicherter Information vorgenommen werden müssen. Hierbei erfolgt kontrollierte Informationsverarbeitung, d.h. eine langsame, serielle Verarbeitung, die kapazitätslimitiert ist und damit anfällig gegenüber Müdigkeit und Medikamenten- oder Drogeneffekten. Die meisten Prozesse der Informationsverarbeitung sind nicht bewusst, sie laufen automatisch ab. Hierbei kommt es zur schnellen, parallelen Verarbeitung. Die Kapazitätslimitierung ist gering, aber es besteht eine Resistenz gegenüber Kontrolle und Modifikation, insbesondere wenn Reiz und Reaktion nach einem konsistenten Plan erfolgen (Beispiel: Mustererkennung, Lesen).

**Neurobiologische Grundlagen:** Kontrollierte Informationsverarbeitung benötigt erhöhte neuronale Ressourcen, da eine zeitliche und/oder räumliche Summation von Aktionspotenzialen durch das synchrone Feuern großer Neuronenverbände erforderlich ist. Bewusstsein für Informationseingänge entsteht erst dann, wenn die aktivierten Neuronenverbände im Neokortex ein bestimmtes Schwellenniveau durch hochfrequentes Feuern übersteigen oder eine minimale räumliche Ausdehnung erreicht wird. Die hierzu erforderliche Aktivierung stammt vom kortiko-subkortikalen Arousalssystem mit begrenzten Ressourcen.

## 6.3 | Schlaf

Schlaf ist ein Zustand zentralnervöser und vegetativer Ruhe mit herabgesetztem Bewusstsein. Er wechselt sich periodisch mit Phasen der