

Kyriakos  
Sidiropoulos *Hrsg.*

# EEG-Neuro- feedback bei ADS und ADHS

Innovative Behandlung von Kindern,  
Jugendlichen und Erwachsenen

 Springer

## EEG-Neurofeedback bei ADS und ADHS

Kyriakos Sidiropoulos  
*Hrsg.*

# **EEG-Neurofeedback bei ADS und ADHS**

Innovative Behandlung von Kindern, Jugendlichen  
und Erwachsenen

*Hrsg.*  
Kyriakos Sidiropoulos  
Stuttgart, Deutschland

ISBN 978-3-662-65725-6      ISBN 978-3-662-65726-3 (eBook)  
<https://doi.org/10.1007/978-3-662-65726-3>

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

© Springer-Verlag GmbH Deutschland, ein Teil von Springer Nature 2023

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von allgemein beschreibenden Bezeichnungen, Marken, Unternehmensnamen etc. in diesem Werk bedeutet nicht, dass diese frei durch jedermann benutzt werden dürfen. Die Berechtigung zur Benutzung unterliegt, auch ohne gesonderten Hinweis hierzu, den Regeln des Markenrechts. Die Rechte des jeweiligen Zeicheninhabers sind zu beachten.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag, noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Planung/Lektorat: Christine Lerche

Springer ist ein Imprint der eingetragenen Gesellschaft Springer-Verlag GmbH, DE und ist ein Teil von Springer Nature.

Die Anschrift der Gesellschaft ist: Heidelberger Platz 3, 14197 Berlin, Germany

# Vorwort

---

Gegenwärtig existiert eine beachtliche Anzahl an Publikationen, die sich mit der Thematik der Aufmerksamkeitsdefizit-/Hyperaktivitätsstörung (ADHS) befassen. Sie bieten einen breiten Überblick über das Störungsbild sowie die verschiedenen Interventionsmöglichkeiten. Innerhalb dieses Kontexts wird Neurofeedback oftmals nur stichpunktartig als eine von mehreren Behandlungsoptionen erwähnt. Andererseits gewähren die Fach- und Praxisbücher, die sich mit Neurofeedback befassen, einen tieferen Einblick in die allgemeine Methodik und die praktische Anwendung dieser Therapieform. Dabei wird die Bandbreite der Anwendungsgebiete und die zugehörigen Protokolle üblicherweise nur oberflächlich umrissen. Auf die Besonderheiten, z.B. des EEG-Signals bei der ADHS, oder die spezifische neuronale Netzwerkstruktur und deren Dysfunktionen bei diesem Störungsbild wird aus Platzgründen nicht näher eingegangen. Bislang gibt es kein deutschsprachiges Fachbuch, das detailliert sowohl auf die spezifischen Merkmale des ADHS-Störungsbildes (Diagnose, Symptomerklärung, EEG-Physiologie, neuronale Netzwerke) eingeht, als auch gleichzeitig alle gängigen Neurofeedback-Protokolle vorstellt, die gegenwärtig zum Einsatz kommen. Und das, obwohl Neurofeedback als eine der bedeutsamsten, wirkungsvollsten und am gründlichsten untersuchten nicht-medikamentösen Behandlungsoptionen für ADHS gilt. Genau hier positioniert sich das vorliegende Buch, das bemüht ist, diese Wissenslücke zu schließen.

Dieses Werk ist in vier Sektionen unterteilt. In den ► Kap. 1–5 wird die Verhaltens- und emotionale Störung ADHS vorgestellt (Diagnostik, Ätiologie etc.) sowie auf die Kernsymptome Aufmerksamkeit, Überaktivität, Impulsivität gesondert eingegangen. Dann folgen einige Kapitel über die neuronalen Netzwerke, die bei der ADHS beteiligt sind (► Kap. 6–11), und über die bei der ADHS relevanten Rhythmen im Spontan-EEG (► Kap. 12–13). Am Ende des Buches, in den ► Kap. 14–19, werden eingehend die gängigen Therapieoptionen mittels Neurofeedback vorgestellt (SCP-, Frequenzband-, Z-Score Training, ILF-Training), die aktuelle Studienlage in der Forschung ausführlich diskutiert und die Argumente, die für und gegen den Einsatz der jeweiligen Methode sprechen, dargelegt. Am Ende eines jeden Kapitels werden verschiedene Kasuistiken vorgestellt und über den Einsatz und die positiven Erfolge der Neurofeedbacktherapie berichtet. Besonderen Wert legen wir auf die Wissenschaftlichkeit des Buches, auf das ausreichende Belegen der Aussagen mit Quellen bei gleichzeitiger Verständlichkeit der Ausführungen, sodass das Buch trotz wissenschaftlicher Präzision gut lesbar bleibt. Vorbild in der Hinsicht sind viele amerikanische naturwissenschaftliche Lehrbücher.

Dieses Buch möchte Theoretiker und Praktiker gleichermaßen ansprechen. Unsere Leser werden damit ein Werk vorfinden, das ihnen hilft, die ADHS-Symptomatik besser zu verstehen und die Besonderheiten des EEG-Signals von Kindern, Jugendlichen und Erwachsenen mit ADHS besser zu interpretieren. Das Buch wird aber vor allem ihre praktische Arbeit unterstützen, denn darin werden detailliert alle relevanten EEG-Protokolle vorgestellt, die in der Praxis Anwendung finden. Mithilfe dieses Werkes wird ein leichter Einstieg in die Behandlung der ADHS mit der Methode des Neurofeedbacks ermöglicht, ohne spezielle medizinische Kenntnisse in der Anatomie, Physiologie oder Pathologie vorauszusetzen. Dabei werden

sowohl die Stärken als auch die Schwächen dieser Methode näher vorgestellt. Dieses Buch kann für den Praktiker wichtige Kenntnisse zur Vertiefung seines theoretischen und praktischen Wissens bieten und für den Wissenschaftler ein Ansporn sein, weitere Forschungen auf diesem Gebiet anzustellen, sodass Neurofeedback künftig noch effektiver gestaltet werden kann.

Dieses Buch konnte entstehen, weil alle beteiligten Autoren viele Abende, Wochenenden und Feiertage investiert haben, und dies in den schwierigen Zeiten der Corona-Pandemie, in der viele Praxen mit verschiedensten Restriktionen und Schwierigkeiten (auch finanzieller Natur) zu kämpfen hatten. Alle Autoren haben wissenschaftlichen Hintergrund und sind gleichzeitig in der Praxis tätig. Die Arbeit wurde nach praktischer und theoretischer Expertise unterteilt. Die Texte des jeweiligen Experten wurden im Anschluss von den anderen Autoren mitlektoriert, modifiziert und kritisch diskutiert. Auch externe Kollegen wurden mit dem Lektorat von Teilen dieses Buches beauftragt, die alle zusammen zur inhaltlichen Verbesserung dieses Buches beitrugen. Insbesondere möchte wir an dieser Stelle Prof. Dr. Zikopoulos (Department of Anatomy and Neurobiology, Boston University School of Medicine) und PD Dr. Meike Wiedermann (Leiterin der Trainings- & Lehrabteilung der BEE Medic GmbH) danken. Ein besonderer Dank für die Herstellung und Realisierung dieses Projektes gilt auch dem Springer-Verlag und seinen Mitarbeiterinnen Frau Dr. Lerche und Frau Bauer.

An dieser Stelle möchten wir uns auch bei unseren Partnerinnen und Partnern für ihre Geduld und ihr Verständnis bedanken sowie bei unseren Kindern, denen wir viel Zeit schuldeten, Zeit, die wir nicht gemeinsam mit ihnen verbracht haben.

Der Herausgeber und die Mitautoren

Sept 2023  
Stuttgart, München, Freiburg

# Inhaltsverzeichnis

---

<b>I</b>	<b>Einführung – Aufmerksamkeitsdefizit-/Hyperaktivitätsstörung</b>	
1	<b>ADHS – Definition und Diagnose</b> .....	3
	<i>Beate Kilian und Kyriakos Sidiropoulos</i>	
1.1	Diagnosestellung nach ICD.....	4
1.2	Diagnosestellung nach DSM.....	5
	Literatur.....	7
2	<b>Häufigkeit und Begleitsymptomatik</b> .....	9
	<i>Beate Kilian und Kyriakos Sidiropoulos</i>	
2.1	Prävalenzrate.....	10
2.2	Auswirkungen einer ADHS und Folgeprobleme.....	10
2.3	Begleitsymptomatik.....	11
	Literatur.....	12
3	<b>Neurowissenschaftliche Erklärungsansätze und –modelle</b> .....	15
	<i>Beate Kilian und Kyriakos Sidiropoulos</i>	
3.1	Aufmerksamkeit.....	16
3.2	Exekutivfunktionen.....	23
3.3	Zusammenfassung.....	32
	Literatur.....	32
4	<b>Motorische Schwierigkeiten</b> .....	41
	<i>Beate Kilian und Kyriakos Sidiropoulos</i>	
4.1	Motorische Unruhe und Impulsivität.....	42
4.2	Motorische Entwicklungsdefizite.....	42
	Literatur.....	43
5	<b>Entstehungsfaktoren für eine ADHS</b> .....	45
	<i>Beate Kilian und Kyriakos Sidiropoulos</i>	
5.1	Erbliche und epigenetische Komponenten einer ADHS.....	46
5.2	Entwicklungsbedingte Faktoren – Zusammenhänge mit Trauma, Stress und Bindungsverhalten.....	46
5.3	Stoffliche Einflüsse auf die Gehirnentwicklung.....	47
5.4	Weitere entwicklungsbezogene Risikofaktoren.....	47
	Literatur.....	48

## II Neuronale Netzwerke und ADHS

6	<b>Basale Netzwerke</b> .....	55
	<i>Kyriakos Sidiropoulos</i>	
6.1	<b>Einführung</b> .....	56
6.2	<b>Das Wachheitssystem</b> .....	58
	Literatur .....	65
7	<b>Sensorische Netzwerke</b> .....	69
	<i>Kyriakos Sidiropoulos</i>	
7.1	<b>Auditive Verarbeitung</b> .....	70
7.2	<b>Auditive Wahrnehmungsstörungen</b> .....	72
	Literatur .....	73
8	<b>Vermittlernetzwerke</b> .....	75
	<i>Kyriakos Sidiropoulos</i>	
8.1	<b>Das Salienznetzwerk</b> .....	76
8.2	<b>Das Exekutivkontrollnetzwerk</b> .....	79
	Literatur .....	85
9	<b>Extrinsische Bereitschaftsnetzwerke</b> .....	89
	<i>Kyriakos Sidiropoulos</i>	
9.1	<b>Systeme für die extrinsische Aufmerksamkeit</b> .....	90
9.2	<b>DAN – Räumliche Aufmerksamkeitsorientierung</b> .....	90
9.3	<b>VAN – Neuausrichtung der Aufmerksamkeit und Wechsel zwischen Aufgaben</b> .....	91
9.4	<b>DAN, VAN und ADHS</b> .....	92
	Literatur .....	93
10	<b>Intrinsische Bereitschaftsnetzwerke</b> .....	95
	<i>Kyriakos Sidiropoulos</i>	
10.1	<b>Das Ruhezustandsnetzwerk</b> .....	96
10.2	<b>Anatomie des DMN</b> .....	96
10.3	<b>Dysfunktionen des DMN bei der ADHS</b> .....	100
	Literatur .....	102
11	<b>Affektiv-motivationale Netzwerke – Impulskontrolle, Emotion, Motivation und Furchtkonditionierung</b> .....	105
	<i>Kyriakos Sidiropoulos</i>	
11.1	<b>Die drei Dimensionen des Gefühlraums</b> .....	106
11.2	<b>Affektiv-motivationale Netzwerk und die ADHS</b> .....	110
	Literatur .....	112



### III Elektroenzephalografie und ADHS

12	<b>Kortikale Aktivität, EEG und Signalverarbeitung</b> .....	117
	<i>Kyriakos Sidiropoulos, Beate Kilian und Gunnar Ströhle</i>	
12.1	<b>Kortikale Hypersäulen</b> .....	118
12.2	<b>Spontane, evozierte und induzierte Oszillationen</b> .....	118
12.3	<b>Spontane und induzierte Oszillationen</b> .....	119
12.4	<b>Evozierte und ereigniskorrelierte Aktivität</b> .....	120
12.5	<b>Digitalisierung und Aufspaltung des Rohsignals</b> .....	129
	Literatur .....	132
13	<b>ADHS-relevante Rhythmen</b> .....	137
	<i>Kyriakos Sidiropoulos und Beate Kilian</i>	
13.1	<b>Theta-Aktivität</b> .....	138
13.2	<b>Alpha-Aktivität</b> .....	140
13.3	<b>Beta-Aktivität</b> .....	144
13.4	<b>Funktionen der einzelnen Frequenzbänder</b> .....	147
	Literatur .....	152

### IV Behandlung von ADHS mittels Neurofeedback

14	<b>Behandlungsoptionen von AD(H)S mittels Neurofeedback</b> .....	161
	<i>Kyriakos Sidiropoulos</i>	
14.1	<b>AWMF-Leitlinien zur Behandlung einer ADHS</b> .....	162
14.2	<b>Was versteht man unter Neurofeedback?</b> .....	164
	Literatur .....	165
15	<b>Frequenzbandtraining</b> .....	167
	<i>Kyriakos Sidiropoulos</i>	
15.1	<b>Voruntersuchungen</b> .....	169
15.2	<b>Auswahl des geeigneten Protokolls</b> .....	169
15.3	<b>Endophänotypen</b> .....	170
15.4	<b>Individuelle Bestimmung der einzelnen Frequenzbänder</b> .....	175
15.5	<b>Schwellenwertbestimmung und Rückmeldung</b> .....	175
15.6	<b>Eliminierung von Artefakten und Datenauswertung</b> .....	176
15.7	<b>Einkanaltraining</b> .....	177
15.8	<b>Zweikanalanordnungen</b> .....	190
	Literatur .....	198
16	<b>Training langsamer kortikaler Potenziale</b> .....	205
	<i>Gunnar Ströhle, Sarah Hirsch und Kyriakos Sidiropoulos</i>	
16.1	<b>Einführung in das SCP-Training</b> .....	207
16.2	<b>Ereigniskorrelierte Potenziale bei einer ADHS</b> .....	208
16.3	<b>Lerntheoretische Grundlagen des SCP-Trainings</b> .....	212

16.4	<b>Ablauf und Beschreibung des SCP-Trainings</b> .....	215
16.5	<b>Empirische Befunde zum SCP-Training</b> .....	223
16.6	<b>Zusammenfassung und Ausblick</b> .....	233
	Literatur .....	234
17	<b>Infra-Low Frequency Training</b> .....	237
	<i>Gunnar Ströhle</i>	
17.1	<b>Vergleichende Einführung in das ILF-Training</b> .....	239
17.2	<b>Entwicklung des ILF-Trainings</b> .....	240
17.3	<b>Neurophysiologie und allgemeine Trainingsprinzipien</b> .....	245
17.4	<b>ILF-Training bei Aufmerksamkeits- und Hyperaktivitätsstörung</b> .....	250
17.5	<b>Empirische Befunde zum ILF-Training</b> .....	260
17.6	<b>Kritische Diskussion und Würdigung</b> .....	268
	Literatur .....	269
18	<b>Datenbank-basierte EEG-Auswertung und Live-Z-Score-Training</b> .....	273
	<i>Philipp Heiler</i>	
18.1	<b>Z-Score – Definition und Erklärung</b> .....	276
18.2	<b>Voraussetzungen für das Z-Score-Training</b> .....	276
18.3	<b>Einbindung von Z-Score-basierten Methoden in die Praxis</b> .....	276
18.4	<b>Konzept der datenbankbasierten EEG-Aufnahme</b> .....	277
18.5	<b>Exkurs: Standardabweichungen und Normalverteilung</b> .....	279
18.6	<b>EEG-Datenbanken</b> .....	280
18.7	<b>Technische Voraussetzungen und Ablauf für qEEG-Auswertungen</b> .....	282
18.8	<b>Praktische Durchführung einer qEEG-Aufnahme</b> .....	284
18.9	<b>Z-Score-EEG-Auswertung</b> .....	285
18.10	<b>Interpretation der Z-Score-basierten quantitativen EEG-Auswertung</b> .....	289
18.11	<b>Konzept des Live-Z-Score-Trainings</b> .....	291
18.12	<b>Beispielhafte Durchführung des Z-Score-Trainings bei ADS</b> .....	295
18.13	<b>19-Kanal-Z-Score-Training</b> .....	297
18.14	<b>Auswertungsmöglichkeiten des Z-Score-Trainings</b> .....	297
18.15	<b>Aktuelle therapeutische Einordnung des Z-Score-Trainings</b> .....	298
18.16	<b>Fallstudien</b> .....	299
	Literatur .....	309
19	<b>Zusammenführung der Neurofeedbackansätze</b> .....	313
	<i>Gunnar Ströhle</i>	
19.1	<b>Verbesserung der Selbstregulationsfähigkeit des Gehirns</b> .....	314
19.2	<b>Therapiebeginn – Diagnostischer Prozess – Psychoedukation</b> .....	316
19.3	<b>Von der Neurofeedbackdiagnostik zum Neurofeedbacktraining</b> .....	317
19.4	<b>Kombinationen unterschiedlicher Neurofeedbackansätze</b> .....	318
19.5	<b>Zusammenfassender Ausblick</b> .....	320
	Literatur .....	321
	<b>Serviceteil</b>	
	Stichwortverzeichnis .....	327

# Herausgeber- und Autorenverzeichnis

---

## Über den Herausgeber

---



### Dr. rer. nat. Kyriakos Sidiropoulos

Neurowissenschaftler

Jahrgang 1972

Kyriakos Sidiropoulos hat Biologie, Germanistik und Philosophie in Freiburg studiert und in Neurowissenschaften an der Graduate School of Neural & Behavioral Sciences in Tübingen promoviert. Er widmete sich intensiv der Erforschung sprachlicher Funktionen, Gedächtnisprozesse und Exekutivfunktionen. Dabei wandte er eine auf Voxel basierte Methode an, um die Zusammenhänge zwischen zerebralen Läsionen und den daraus resultierenden Symptomen bei Patienten mit Leitungsaphasie zu untersuchen. Durch seine Tätigkeit in der Abteilung Kognitive Neurologie der Universitätsklinik Tübingen und im Psychologischen Institut sammelte er zusätzliche praktische Erfahrungen im klinischen Bereich mit älteren Schlaganfallpatienten, die neben einer Aphasie weitere neuropsychologische Störungen aufwiesen. Durch seine Weiterbildung im Bereich Neurofeedback habe er weitere therapeutische Anwendungsgebiete erschlossen. In seiner eigenen Praxis im Zentrum von Stuttgart behandelt er mittels Neurofeedback neben Schlaganfallpatienten, u. a. Kinder und Erwachsene mit ADHS, Patienten mit Depressionen und Schlafstörungen. Er ist Autor mehrerer wissenschaftlicher Publikationen und ist Mitglied der Deutschen Gesellschaft für Biofeedback e.V.

**Wissenschaftliche und praktische Themenfelder:** Erforschung von Sprache, Gedächtnis und Aufmerksamkeit und deren Dysfunktionen (z. B. Aphasie, AD(H)S, Gedächtnisstörungen), Auditive Wahrnehmung, Funktionelle Anatomie, Läsionsstudien, Neurofeedback, Nahinfrarot-Spektroskopie des Gehirns und Neurostimulation.

## Über die Autoren

---



### Philipp Heiler

Arzt

Jahrgang 1989

Philipp Heiler hat Humanmedizin an der TU München sowie der LMU studiert und promoviert aktuell zum Thema depressive Störungen und Neurofeedback unter Prof. Dr. med. Oliver Pogarell an der Klinik für Psychiatrie und Psychotherapie der LMU. Ein Schwerpunkt der Arbeit liegt auf dem Vergleich unterschiedlicher Feedback Modalitäten sowie dem Einsatz von innovativen Technologien wie Virtual Reality Brillen.

Mit seiner ärztlichen Praxis im Zentrum von München hat er sich direkt nach der Approbation 2016 vollständig auf Neurofeedback bei Kindern, Jugendlichen und Erwachsenen spezialisiert. Zudem ist er Mitgründer und Geschäftsführer der brainboost GmbH und treibt dabei Softwareentwicklung und Forschungsprojekte zur Datenauswertung, auch mittels künstlicher Intelligenz, voran. Universitäre Entwicklungspartner sind dabei die Hochschule Heilbronn, die LMU, die TU München und das Fraunhofer Institut. Mit der brainboost Academy bildet Philipp Heiler Neurofeedback Therapeuten und Trainer aus.

**Wissenschaftliche und praktische Themenfelder:** Neurofeedback bei depressiven Störungen und (komplexer) posttraumatischer Belastungsstörung, EEG Datenaufbereitung, -verarbeitung und -auswertung, Einsatz innovativer Feedback Modalitäten wie virtual oder augmented Reality.



**Dr. phil. Beate Kilian**

Psychologin

Jahrgang 1978

Beate Kilian studierte Psychologie, Philosophie und Neurowissenschaften in Melbourne (Swinburne University), Tübingen (Max Planck Research School of Neural and Behavioral Sciences) und München (Ludwig-Maximilians-Universität). Als Stipendiatin des Elite-Netzwerks Bayern promovierte sie im Bereich der klinischen Neurowissenschaften zum Thema Elektroenzephalographie der Aufmerksamkeitsfunktionen bei Erwachsenen mit einer ADHS. Sie arbeitete am Lehrstuhl für Allgemeine und Experimentelle Psychologie der LMU und in der Klinik für Psychiatrie und Psychotherapie der LMU in Forschung, Lehre und Patientenversorgung. Sie ist systemische Therapeutin, Hypnotherapeutin (nach M. Erickson) und systemische Strukturaufstellerin (SySt) und in München in eigener Praxis tätig. Außerdem arbeitet sie als Neurofeedbacktherapeutin (ILF-Training) in einer kinder- und jugendpsychiatrischen Praxis mit dem Schwerpunkt ADHS. Sie ist Ausbilderin im Bereich systemische Therapie und Hypnotherapie und leitet offene Gruppen und Selbsterfahrungsseminare. Zudem ist sie freie Referentin zu den Themen ADHS, Hochbegabung und Medienabhängigkeit und arbeitet mit der Karg Stiftung für Hochbegabung zusammen.

**Wissenschaftliche und praktische Themenfelder:** Forschungsarbeiten im Bereich Elektroenzephalographie, Aufmerksamkeitsfunktionen, ADHS; Systemische Therapie, Hypnotherapie (M. Erickson), Systemische Strukturaufstellungen (SySt); ILF-Neurofeedback; Begabungspsychologische Beratung



### **Gunnar Ströhle**

Psychologin und Psychotherapeut

Jahrgang 1976

Gunnar Ströhle ist Diplom-Psychologin und Psychologischer Psychotherapeut mit Schwerpunkt Verhaltenstherapie. Er arbeitet als niedergelassener Psychotherapeut in Freiburg im Breisgau. Zuvor war er in verschiedenen klinischen Settings tätig.

Bio- und Neurofeedback lernte er in seiner Ausbildung zum Verhaltenstherapeuten kennen und wertschätzen. Seit 2007 vertieft er sein theoretisches und praktisches Wissen in diesem Bereich durch regelmäßige Teilnahmen an nationalen und internationalen Fortbildungen. Im Rahmen einer integrativen Verhaltenstherapie kombiniert er in seiner täglichen Arbeit verschiedene Neurofeedbacktechniken (z. B. Frequenzbandtraining, ILF-Neurofeedback, Z-Werte-Training) mit anderen Methoden der Psychotherapie (z. B. Schematherapie, Achtsamkeits- und Akzeptanzbasierte Therapien, Emotionsfokussierte Therapien, Embodiment). Seit 2015 gibt er selbst Workshops und Supervisionen in Bio- und Neurofeedback für interessierte Kollegen. Er ist anerkannter Supervisor bei EEGInfo Europe für das ILF-Training. Im Jahr 2020 publizierte er ein Buchkapitel über die Behandlung der Posttraumatischen Belastungsstörung mit Neurofeedback. In den Jahren zuvor war er an einigen wissenschaftlichen Projekten und Publikationen zur Erforschung der Achtsamkeit beteiligt.

Wissenschaftliche und praktische Themenfelder: Achtsamkeit, Bewusstsein, Neuronale Netzwerke, Emotionsfokussierte Therapien und Embodiment, Biofeedback und Neurofeedback.

## **Über den Herausgeber**

---

**Dr. rer. nat. Kyriakos Sidiropoulos** Praxis für Neurofeedback, Stuttgart, Deutschland

## **Autorenverzeichnis**

---

**Philipp Heiler** Praxis für Neurofeedback München, München, Deutschland

**Sarah Hirsch** Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Freiburg, Deutschland

**Dr. phil. Beate Kilian** Psychologische Praxis, München, Deutschland

**Dipl.-Psych. Gunnar Ströhle** Praxis für Psychotherapie und Psychosomatik, Freiburg, Deutschland

# Einführung – Aufmerksamkeitsdefizit-/Hyperaktivitätsstörung

## Inhaltsverzeichnis

- Kapitel 1**     **ADHS – Definition und Diagnose – 3**  
*Beate Kilian und Kyriakos Sidiropoulos*
- Kapitel 2**     **Häufigkeit und Begleitsymptomatik – 9**  
*Beate Kilian und Kyriakos Sidiropoulos*
- Kapitel 3**     **Neurowissenschaftliche Erklärungsansätze und –modelle – 15**  
*Beate Kilian und Kyriakos Sidiropoulos*
- Kapitel 4**     **Motorische Schwierigkeiten – 41**  
*Beate Kilian und Kyriakos Sidiropoulos*
- Kapitel 5**     **Entstehungsfaktoren für eine ADHS – 45**  
*Beate Kilian und Kyriakos Sidiropoulos*



# ADHS – Definition und Diagnose

*Beate Kilian und Kyriakos Sidiropoulos*

## Inhaltsverzeichnis

- 1.1 **Diagnosestellung nach ICD – 4**
- 1.2 **Diagnosestellung nach DSM – 5**
- Literatur – 7**

Die Aufmerksamkeitsdefizit-/Hyperaktivitätsstörung (ADHS) [1] oder hyperkinetische Störung [2] ist eine der am häufigsten diagnostizierten psychiatrischen Störungsbilder bei Kindern und Jugendlichen. In mehr als der Hälfte der Fälle setzt sich die Symptomatik bis ins Erwachsenenalter fort. Die ADHS ist charakterisiert durch weitreichende Schwierigkeiten mit Aufmerksamkeitslenkung, kognitiver Selbststeuerung, Verhaltenskontrolle und Emotionsregulation. Zu den häufigsten Symptomen zählen Ablenkbarkeit und Konzentrationsschwierigkeiten, Impulsivität und überschießende motorische Aktivität, eine geringere Flexibilität, Organisationsprobleme sowie eine beeinträchtigte Eigen- und Fremdwahrnehmung. Die genannte Symptomatik erschwert es den Betroffenen, sich im sozialen Gefüge zu integrieren und zieht in der Regel Probleme im akademischen und zwischenmenschlichen Bereich nach sich. Wie wir im Verlauf des Buches sehen werden, sind entsprechend weitreichende neuronale Netzwerke und Regelkreise beteiligt (siehe Sektion II, ► Kap. 6–11). Die ADHS ist eines der in der klinischen Neurowissenschaft am häufigsten untersuchten psychiatrischen Störungsbilder und Gegenstand zahlreicher psychologischer, physiologischer und biologischer Studien. Eine ausgeprägte Heterogenität im Erscheinungsbild und Veränderungen im Entwicklungsverlauf sowie unterschiedliche der Diagnose zugrunde liegende Klassifizierungssysteme und regelmäßige Überarbeitungen entsprechender Manuale und Richtlinien erschweren die Entwicklung eines einheitlichen Modells [3]. Im Folgenden werden wir zunächst die beiden diagnostischen Herangehensweisen der Internationalen Klassifikation von Krankheiten (ICD) der Weltgesundheitsorganisation (WHO) und

des Diagnostischen und Statistischen Manuals (DSM) der Amerikanischen Psychiatrischen Vereinigung (APA) beschreiben und vergleichen.

## 1.1 Diagnosestellung nach ICD

In Deutschland und vielen europäischen Ländern erfolgt die Diagnosestellung offiziell über das ICD in seiner zehnten Version (ICD-10), seit 2022 gilt die überarbeitete Version (ICD-11), die bereits seit 2018 online zugänglich ist. In den USA und vielen anderen Ländern außerhalb Europas gilt das DSM als offizielle Richtlinie, seit 2013 in seiner fünften Überarbeitung. Ältere Studien beziehen sich folglich auf Stichproben, die nach den Kriterien der Vorgängerausfassung ausgewählt wurden. Daher lohnt sich eine kurze Betrachtung der Unterschiede bzw. der Änderungen, die 2013 vorgenommen wurden.

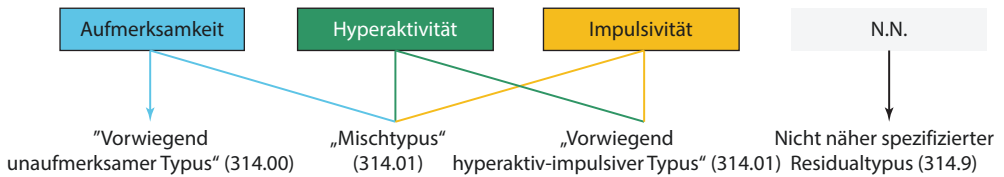
Je nach Ausprägung der Kernsymptome (Aufmerksamkeit, Überaktivität, Impulsivität) werden, wie in ■ Abb. 1.1 dargestellt, im ICD sowie im DSM-IV verschiedene Subtypen unterschieden. Im DSM-V wurde diese Unterscheidung aufgehoben (siehe unten).

Im ICD-10 ist die hyperkinetische Störung charakterisiert durch einen frühen Beginn, meist vor dem 6. Lebensjahr (im ICD-11 wurde die genaue Altersgrenze aufgehoben). Als Kernsymptome werden genannt:

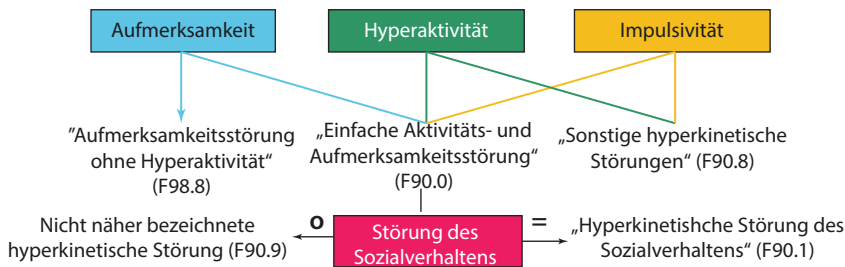
- ein Mangel an Ausdauer bei Beschäftigungen, die kognitiven Einsatz verlangen,
- eine Tendenz, von einer Tätigkeit zu einer anderen zu wechseln, ohne sie zu Ende zu führen,
- desorganisierte, mangelhaft regulierte und überschießende Aktivität.



### ADHS-Diagnose nach DSM-IV-TR (2010)



### ADHS-Diagnose nach ICD-10-GM-2017



■ **Abb. 1.1** ADHS-Subtypen nach ICD-10 und DSM-IV. Die Abbildung zeigt den Vergleich der beiden gängigen Diagnosesysteme in Hinblick auf

ADHS und die jeweils beschriebenen Ausprägungsformen

Diese sind oft verbunden mit

- Achtlosigkeit und Impulsivität,
- einer Neigung zu Unfällen aus Unachtsamkeit,
- Regelverletzung aus Unachtsamkeit, was häufig zu Bestrafungen führt,
- einer Distanzstörung und einem Mangel an normaler Vorsicht und Zurückhaltung in der Beziehung zu Erwachsenen,
- Beeinträchtigungen kognitiver Funktionen,
- Unbeliebtheit bei Gleichaltrigen und mitunter soziale Isolation,
- spezifischen Verzögerungen der motorischen und sprachlichen Entwicklung sowie
- dissozialem Verhalten und niedrigem Selbstwertgefühl als Folge.

Die Symptome müssen in mindestens zwei Lebensbereichen auftreten. Ausschlussdiagnosen sind affektive Störungen, Angststörungen, tiefgreifende Entwicklungsstörungen (Autismusspektrum), sowie in

höherem Alter Schizophrenie. Ist ausschließlich die Aufmerksamkeit betroffen, wird anstatt der hyperkinetischen Störung die Diagnose „Aufmerksamkeitsstörung ohne Hyperaktivität“ gestellt.

## 1.2 Diagnosestellung nach DSM

Im DSM werden zur Diagnosestellung Symptome und Verhaltensweisen aus den Bereichen Unaufmerksamkeit, Hyperaktivität und Impulsivität aufgelistet. Eine ADHS liegt bei Kindern gemäß den aktuellen Richtlinien dann vor, wenn mindestens sechs Symptome aus der Kategorie Unaufmerksamkeit oder mindestens sechs Symptome aus der Kategorie Hyperaktivität /Impulsivität zutreffen (siehe folgende Übersicht). Für Jugendliche und Erwachsene sind vier Symptome in einer Kategorie ausreichend. Bis 2013 waren über alle Altersgruppen hinweg sechs Symptome erforderlich.

### Diagnosekriterien der ADHS im DSM

- **Unaufmerksamkeit** Missachtet häufig Einzelheiten oder begeht Flüchtigkeitsfehler bei den Schularbeiten und sonstigen Arbeiten und Aktivitäten
- Hat oft Schwierigkeiten, die Aufmerksamkeit bei Aufgaben oder beim Spielen aufrechtzuerhalten
- Scheint häufig bei Ansprache nicht zuzuhören
- Hält häufig Anweisungen anderer nicht durch und kann Arbeiten nicht zu Ende bringen (nicht wegen oppositionellen Verhaltens oder weil die Erklärungen nicht verstanden werden)
- Hat häufig Schwierigkeiten, Aufgaben und Aktivitäten zu organisieren
- Vermeidet oder zeigt Abneigung gegenüber Aufgaben, die länger dauernde geistige Anstrengung erfordern
- Verliert häufig Gegenstände, die für bestimmte Aufgaben wichtig sind, z. B. für Schularbeiten, Spielsachen und Werkzeuge
- Ist öfter leicht ablenkbar durch äußere Reize
- Ist bei Alltagsaktivitäten häufig vergesslich

### Überaktivität und Impulsivität

- Zappelt häufig mit Händen oder Füßen und rutscht auf dem Stuhl herum
- Steht in der Klasse oder in anderen Situationen, in denen Sitzenbleiben erwartet wird, häufig auf
- Läuft häufig herum oder klettert exzessiv in Situationen, in denen dies unpassend ist (bei Jugendlichen oder Erwachsenen kann dies auf ein subjektives Unruhegefühl beschränkt bleiben)

- Hat häufig Schwierigkeiten, ruhig zu spielen oder sich mit Freizeitaktivitäten ruhig zu beschäftigen
- Ist häufig „auf Achse“ oder handelt oftmals, als wäre sie/er getrieben
- Redet häufig übermäßig viel
- Platzt oft zu früh mit den Antworten heraus, z. B. bevor eine Frage zu Ende gestellt ist
- Kann nur schwer warten, bis sie/er an der Reihe ist
- Unterbricht und stört andere häufig, z. B. platzt er/sie in Gespräche oder Spiele anderer hinein

Eine wichtige Neuerung im DSM-V ist das Aufheben der strengen Unterteilung in die Subtypen „vorwiegend unaufmerksamer Typus“, „vorwiegend hyperaktiver Typus“ und „kombinierter Typus“, die zu Ausprägungsarten (engl. presentations) zum Zeitpunkt der Diagnosestellung abgeschwächt wurden. Dabei zugrunde gelegt wurde die Tatsache, dass die 1994 vorgenommene Unterscheidung in Subtypen nicht stabil über die Lebensspanne hinweg besteht [4] und auch neurowissenschaftlich bisher nicht bestätigt werden konnte (siehe Sektion III, ► Kap. 12–13). In der Adoleszenz und im Erwachsenenalter treten tendenziell die Aufmerksamkeitsprobleme im weitesten Sinne sowie Impulsivität und emotionale Dysregulation in den Vordergrund [5, 6]. Hyperaktivitätssymptome werden geringer und zeigen sich eher als ein subjektives Unruhegefühl oder eine mangelnde Fähigkeit, sich zu entspannen [7].

Generell müssen die Symptome über einen Zeitraum von mindestens 6 Monaten bestehen, sich in mindestens zwei Lebensbereichen zeigen und dürfen nicht im Rahmen einer anderen Erkrankung wie Schizophrenie, affektiver oder psychotischer

Störung, Angst- oder Persönlichkeitsstörung erklärbar sein. Eine autistische Störung ist seit 2013 kein Ausschlusskriterium mehr. Während im DSM-IV die Symptome vor dem 7. Lebensjahr erkennbar sein mussten, ist dies jetzt vor dem 12. Lebensjahr ausreichend. Zudem müssen anders als zuvor die Symptome nicht mehr zwingend zu „klinisch bedeutsamen“, sondern lediglich zu „merklichen“ Beeinträchtigungen im Alltag führen.

Bereits vor Einführung des DSM-V wurde in Fachkreisen darauf hingewiesen, dass die Lockerungen der Kriterien im Vergleich zur Vorgängerversion sehr wahrscheinlich zu einer steigenden Prävalenzrate führen werden, was kontrovers diskutiert wird [4, 8–10]. In einer Studie führte allein das Heraufsetzen des maximalen Beginns von 7 auf 12 Jahre zu einer Zunahme von 50 % [11]. Vergleichbares ist für die Reduktion der Anzahl an erforderlichen Symptomen von sechs auf vier pro Kategorie für Erwachsene zu beobachten, die ebenfalls zu höheren Prävalenzraten führt [4, 12]. Es wird weiterhin diskutiert, inwieweit der Einschluss von Kindern und Jugendlichen mit nur milden Symptomen in diese Gruppe gerechtfertigt ist oder inwiefern dies eine Überdiagnostizierung darstellt [13]. Gleichzeitig sprechen einige wissenschaftliche Studien für diese Lockerungen (siehe [10] für eine Zusammenfassung). In diesem Zusammenhang ist noch darauf hinzuweisen, dass die gängige diagnostische Praxis häufig unter Verwendung von Fragebögen durchgeführt wird, die auf den DSM-IV-Kriterien basieren, die Diagnose letztendlich aber im Sinne des ICD erfolgt und es somit in der Praxis zu einer Vermischung der beiden Systeme kommt.

## Fazit

Der ADHS oder hyperkinetischen Störung liegen unterschiedliche Diagnosesysteme zugrunde, die zudem regelmäßiger Veränderung unterliegen. Als Kernsymptome werden übereinstimmend Unaufmerksamkeit, Überaktivität und Impulsivität beschrieben. Eine Unterscheidung nach Subtypen wurde aufgehoben und die Altersgrenze für den Beginn der Störung gelockert.

## Literatur

1. American Psychiatric Association (APA). (2013). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders* (5. Aufl., text revision). American Psychiatric Association.
2. World Health Organization (WHO). (2021). *International statistical classification of diseases and related health problems* (11. Aufl.). <https://icd.who.int/>. 28.12.2022
3. Drechsler, R., Brem, S., Brandeis, D., Grünblatt, E., Berger, G., & Walitza, S. (2020). ADHD: Current concepts and treatments in children and adolescents. *Neuropediatrics*, 51, 315–335.
4. Epstein, J. N., & Loren, R. E. (2013). Changes in the definition of ADHD in DSM-5: Subtle but important. *Neuropsychiatry (London)*, 3(5), 455–458.
5. Adler, A. A., Faraone, S. V., Spencer, T. J., Berglund, P., Alperin, S., & Kessler, R. C. (2016). The structure of adult ADHD. *International Journal of Methods in Psychiatric Research*, 26, e1555.
6. Sibley, M. H., & Yaquez, C. E. (2018). The impact of DSM-5 A-criteria changes on parent ratings of ADHD in adolescents. *Journal of Attention Disorders*, 22(1), 83–91.
7. Essau, C. A., Groen, G., Conrads, J., Turbanisch, U., & Petermann, F. (1999). Häufigkeit, Komorbidität, und psychosoziale Korrelate der Aufmerksamkeits-Defizit/Hyperaktivitätsstörung. *Fortschritte in Neurologie und Psychiatrie*, 67, 2296–2305.
8. Batstra, L., & Frances, A. (2013). DSM-V further inflates attention deficit hyperactivity disorder.

- der. *Journal of Nervous and Mental Disorders*, 200, 486–488.
9. Coghill, D., & Seth, S. (2011). Do the diagnostic criteria for ADHD need to change? Comments on the preliminary proposals of the DSM-5 ADHD and Disruptive Behavior Disorders Committee. *European Child and Adolescent Psychiatry*, 20, 75–81.
  10. Tannock, R. (2013). Rethinking ADHD and LD in DSM-5: Proposed changes in diagnostic criteria. *Journal of Learning Disabilities*, 46(1), 5–25.
  11. Vande Voort, J. L., He, J.-P., Jameson, N. D., & Merikangas, K. R. (2014). Impact of the DSM-5 attention-deficit/hyperactivity disorder age-of-onset criterion in the US adolescent population. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, 53(7), 736–744.
  12. Matte, B., Rohde, L. A., Turner, J. B., Fisher, P. W., Shen, S., Bau, C. H. D., Nigg, J. T., & Grevet, E. H. (2015). Reliability and validity of proposed DSM-5 ADHD symptoms in a clinical sample of adults. *Journal of Neuropsychiatry and Clinical Neuroscience*, 27, 228–236.
  13. Kazda, L., Bell, K., Rae, T., McGeechan, K., Sims, R., & Barratt, A. (2021). Overdiagnosis of attention-deficit/hyperactivity disorder in children and adolescents. A systematic scoping review. *JAMA Network Open*, 4(4), e215335.



# Häufigkeit und Begleitsymptomatik

*Beate Kilian und Kyriakos Sidiropoulos*

## Inhaltsverzeichnis

- 2.1 Prävalenzrate – 10
- 2.2 Auswirkungen einer ADHS und Folgeprobleme – 10
- 2.3 Begleitsymptomatik – 11
- Literatur – 12

## 2.1 Prävalenzrate

2

Die Häufigkeit einer ADHS unter Kindern und Jugendlichen wurde über lange Zeit mit 5–8 % beschrieben ([1, 2] – Metaanalysen mit jeweils über 170.000 Probanden). Bei Erwachsenen wurde eine Prävalenzrate von etwa 2–4 % angenommen [3–5]. Neuere Studien berichten teilweise deutlich höhere Prävalenzraten von bis zu 10–12 % ([6], Übersichtsarbeit). Dies könnte einerseits einen echten Anstieg der Fallzahlen darstellen, andererseits auch mit den Lockerungen der diagnostischen Kriterien wie in ► Kap. 1 beschrieben zusammenhängen. Ganz allgemein bedarf es bei der Diagnosestellung nach DSM keiner Zweiteinschätzung, was die Wahrscheinlichkeit einer Diagnose erhöht.

In Deutschland wurde im Rahmen einer breit angelegten Studie des Robert Koch-Instituts in den Jahren 2014 bis 2017 (KiGGS Welle 2) bei Kindern und Jugendlichen insgesamt eine Prävalenzrate von 4,4 % ermittelt [7]. Da für die jüngeren Kinder (Vorschulalter) die Zahlen für Deutschland erstmals leicht rückläufig waren, kommt ein insgesamt geringerer Wert zustande als bei der ersten KiGGS-Kohorte. Die hyperkinetische Störung bleibt jedoch auch in Deutschland eine der am häufigsten diagnostizierten psychischen Störungen im Kindesalter. Je nach Alter sind Jungen dabei zwei- bis viermal häufiger betroffen als Mädchen. Bei mehr als der Hälfte der Betroffenen bestehen die Symptome auch in der Adoleszenz fort.

## 2.2 Auswirkungen einer ADHS und Folgeprobleme

Die oben genannten Kernsymptome haben in der Regel negative Auswirkungen auf die schulischen und akademischen bzw. beruflichen Leistungen der Betroffenen [4, 8, 9].

Je ausgeprägter die Symptomatik, desto wahrscheinlicher sind Folgeprobleme [10]. Ablenkbarkeit und mangelnde Strukturiertheit, fehlerhaftes Arbeiten und evtl. häufigeres Kontrollieren von Arbeitsschritten führen zu größerer Ineffizienz und leider häufiger zu Kündigungen und Jobwechsell. Nicht selten liegen das individuelle Bildungsniveau und die Berufswahl unter den eigenen intellektuellen Fähigkeiten, worunter die Betroffenen oftmals leiden.

Weitreichende soziale Probleme und Erziehungsprobleme wurden ebenso dokumentiert [10–14]. Häufiges Unterbrechen, weniger aufmerksames Zuhören oder „Unzuverlässigkeit“ erwecken im Gegenüber mitunter fälschlicherweise den Eindruck mangelnden persönlichen Interesses. Die weniger gute Wahrnehmung des eigenen Körpers kann bei jüngeren Kindern zur Suche nach Körperkontakt auf sozial „unangemessene“ Weise führen (Distanzlosigkeit). Tatsächlich werden negative Rückmeldungen aus dem sozialen Umfeld von allen Altersgruppen berichtet und führen häufig zu weiteren seelischen Beeinträchtigungen wie Aggression oder Rückzugsverhalten, Selbstwertproblemen oder Ängsten. Häufiger wechselnde Freund- und Partnerschaften sind typisch, wenn auch nicht spezifisch, für eine ADHS.

Die verminderte Wahrnehmung des eigenen Körpers steht auch in Zusammenhang mit einer beeinträchtigten Emotionswahrnehmung und mit einer Störung der Fähigkeit, die Intensität der Emotionen und das Eskalationspotenzial bei Konflikten situationsadäquat anzupassen (emotionale Dysregulation). Emotionale Dysregulation gilt inzwischen als wesentliches Merkmal einer ADHS und stellt einen Risikofaktor für Angststörungen und Depression dar ([15], Metaanalyse; [16], Übersichtsarbeit). Ebenfalls berichtet wurde ein vermehrt gesundheitsgefährdendes und antisoziales Verhalten [5, 17]. Menschen mit einer ADHS sind anfälliger für Alkohol- und Drogen-

missbrauch und andere Suchterkrankungen, unter anderem Internet- und PC-Sucht [4, 18]. Nicht selten kommt es zu Selbstmedikationsversuchen mit Nikotin, Koffein oder gar Kokain zur Aufmerksamkeitssteigerung bzw. mit Cannabis bei Hyperaktivität. Die Neigung zu Verletzungen und Unfällen ist erhöht, ebenso die Suizidrate (primär durch risikoreicheres Verhalten und sekundär durch Komorbiditäten) und die Delinquenzrate [4, 14].

### 2.3 Begleitsymptomatik

---

Begleitend zu ADHS treten über alle Altersgruppen hinweg verschiedene psychiatrische Störungsbilder und klinisch relevante Verhaltensweisen auf. Den aktuellen KiGGS-Daten zufolge ist mehr als die Hälfte der Personen betroffen [7]. Angst- und Lernstörungen, Depression, Störungen des Sozialverhaltens, Tic- und Schlafstörungen sowie Suchterkrankungen gelten allgemein als die häufigsten Probleme ([17, 19], Übersichtsarbeit; [20], Übersichtsarbeit; [7, 12, 14, 21]). Symptome von Hyperaktivität und Impulsivität werden dabei tendenziell eher mit nach außen gerichtetem Verhalten in Verbindung gebracht, Aufmerksamkeitsdefizite häufiger mit Rückzugsverhalten und Depression [21]. Personen mit Symptomen aus beiden Bereichen (Unaufmerksamkeit und Hyperaktivität/Impulsivität) sind insgesamt am stärksten betroffen [5]. Vor allem bei Kindern treten bestimmte andere Entwicklungsverzögerungen häufiger auf, u. a. Enuresis, Sprachschwierigkeiten, Lese-, Rechtschreib- und Rechenprobleme, auch Migräne und Epilepsie sind häufiger als im Altersdurchschnitt [16].

Dabei ist zu beachten, dass viele der Symptome für sich genommen nicht spezifisch sind für eine ADHS, vielmehr ist es die

Kombination der Symptome in Verbindung mit entwicklungsbezogenen Angaben, die das Störungsbild charakterisieren. Konzentrationsprobleme, Desorganisation, innere Unruhe, Schlafstörungen, Emotionsregulationsschwierigkeiten oder sozial auffälliges Verhalten treten häufig auch im Kontext anderer psychiatrischer Störungsbilder auf, wie Depression, Angst-, Zwangs- und Traumafolgestörungen, Autismus sowie Sozialverhaltens-, Bindungs- und Persönlichkeitsstörungen. Eine ausführliche Darstellung differenzialdiagnostischer Überlegungen würde an dieser Stelle zu weit führen. Wir verweisen dazu auf die aktuelle Leitlinie „Aufmerksamkeitsdefizit-/Hyperaktivitätsstörung (ADHS) im Kinder-, Jugend- und Erwachsenenalter“ (S3) [22].

Eine solide Diagnostik beinhaltet in der Regel eine ausführliche medizinisch-psychologische Untersuchung einschließlich einer Anamnese der sozialen und familiären Situation, Vorerkrankungen und bisheriger Behandlungsversuche, den Ausschluss einer Schilddrüsenunterfunktion und anderer medizinischer Faktoren, ein Elektroenzephalogramm (EEG), Verhaltensbeobachtungen, Eigen- und Fremdeinschätzungen aus verschiedenen Settings (von Eltern, Lehrern und Erziehern) und eine Begutachtung der Schulzeugnisse vor allem aus den ersten Schuljahren. Eine testpsychologische Untersuchung, die in der Regel ebenfalls durchgeführt wird, ist hilfreich, um im Einzelfall festzustellen, welche Schwierigkeiten genau vorliegen und was im Rahmen der Behandlung zu berücksichtigen ist. Es wird jedoch mehrfach darauf hingewiesen, dass diese Untersuchung aufgrund der sehr unterschiedlichen Ausprägungsformen der ADHS zu Diagnosezwecken nicht geeignet ist, weder bei Kindern noch bei Erwachsenen ([16], Übersichtsarbeit; [23, 24], Metaanalyse; [25], Meta-Analyse).



## Fazit

Eine ADHS geht häufig mit Alltagsproblemen einher, die sich weitreichend auf alle Lebensbereiche auswirken können. Neuere Studien beschreiben emotionale Dysregulation als weiteres wesentliches Merkmal. Mehr als die Hälfte der Betroffenen zeigt zusätzliche Symptome oder psychische Beeinträchtigungen.

## Literatur

- Willcutt, E. G. (2012). The prevalence of DSM-IV attention deficit/hyperactivity disorder: A meta-analytic review. *Neurotherapeutics*, 9, 490–499.
- Polancyk, G., Silva de Lima, M., Horta, B. L., Biederman, J., & Rohde, L. A. (2007). The worldwide prevalence of ADHD: A systematic review and metaregression analysis. *American Journal of Psychiatry*, 164, 942–948.
- American Psychiatric Association (APA). (2013). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders* (5. Aufl., text revision). American Psychiatric Association.
- Weiss, M., & Murray, C. (2003). Assessment and management of attention-deficit hyperactivity disorder in adults. *Canadian Medical Association Journal*, 168, 715–722.
- Wilens, T. E., Biederman, J., Faraone, S. V., Martelon, M., Westenberg, D., & Spencer, T. J. (2009). Presenting ADHD symptoms, subtypes, and comorbid disorders in clinically referred adults with ADHD. *Clinical Psychiatry*, 70(11), 1557–1562.
- Luo, Y., Weibman, D., Halperin, J. M., & Li, X. (2019). A review of heterogeneity in attention deficit/hyperactivity disorder (ADHD). *Frontiers in Human Neuroscience*, 13, 42.
- Göbel, K., Baumgarten, F., Kuntz, B., Hölling, H., & Schlack, R. (2018). ADHS bei Kindern und Jugendlichen in Deutschland – Querschnittergebnisse aus KiGGS Welle 2 und Trends. *Journal of Health Monitoring*, 3(3), 46–53.
- Alloway, T. P., Gathercole, S. E., & Elliott, J. (2010). Examining the link between working memory behavior and academic attainment in children with ADHD. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 52, 632–636.
- Barkley, R. A., Cunningham, C. E., Gordon, M., Faraone, S. V., Lewandowski, L., & Murphy, K. R. (2006). ADHD symptoms vs. impairment: Revisited. *ADHD Report*, 14, 1–9.
- Garcia, C. R., Bau, C. H. D., Silva, K. L., Callegari-Jacques, S. M., Salgado, C. A. I., Fischer, A. G., Victor, M. M., Sousa, N. O., Karam, R. G., Rohde, L. A., Belmonte-de-Abreu, P., & Grevet, E. H. (2012). The burdened life of adults with ADHD: Impairment beyond comorbidity. *European Psychiatry*, 27, 309–313.
- Essau, C. A., Groen, G., Conradt, J., Turbanisch, U., & Petermann, F. (1999). Häufigkeit, Komorbidität, und psychosoziale Korrelate der Aufmerksamkeits-Defizit/Hyperaktivitätsstörung. *Fortschritte in Neurologie und Psychiatrie*, 67, 2296–2305.
- Faraone, S. V., & Antshel, K. M. (2008). Diagnosing and treating attention-deficit/hyperactivity in adults. *World Psychiatry*, 7, 131–136.
- Martins, B. P., Bandarra, N. M., & Figueiredo-Braga, M. (2019). The role of marine omega-3 in human neurodevelopment, including autism spectrum disorders and attention-deficit/hyperactivity disorder – A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 60(9), 1431–1446.
- Nigg, J. T. (2013). Attention-deficit/hyperactivity disorder and adverse health outcomes. *Clinical Psychology Review*, 33, 215–228.
- Beheshti, A., Chavanon, M.-L., & Christiansen, H. (2020). Emotion dysregulation in adults with attention deficit hyperactivity disorder: A meta-analysis. *BMC Psychiatry*, 20, 120.
- Drechsler, R., Brem, S., Brandeis, D., Grünblatt, E., Berger, G., & Walitza, S. (2020). ADHD: Current concepts and treatments in children and adolescents. *Neuropediatrics*, 51, 315–335.
- Barkley, R. A., & Brown, T. E. (2008). Unrecognized attention-deficit/hyperactivity disorder in adults presenting with other psychiatric disorders. *CNS Spectrums*, 13(11), 977–984.
- Frölich, J., & Lehmkuhl, G. (2012). *Computer und Internet erobern die Kindheit. Vom normalen Spielverhalten bis zur Sucht und deren Behandlung*. Schattauer.
- D’Agati, E. D., Curatolo, P., & Mazone, L. (2019). Comorbidity between ADHD and anxiety disorders across the lifespan. *International Journal of Psychiatry in Clinical Practice*, 23(4), 238–244.
- DuPaul, G. J., Gormley, M. J., & Laracy, S. D. (2012). Comorbidity of LD and ADHD: Implications of DSM-5 for assessment and treatment. *Journal of Learning Disabilities*, 46(1), 43–51.
- Willcutt, E. G., Nigg, J. T., Pennington, B. F., Solanto, M. V., Rohde, L. A., Tannock, R., Loo, S. K., Carlson, C. L., Brunett, B. B., & Lahey, B. B. (2012). Validity of DSM-IV attention-deficit/hyperactivity disorder symptom dimensions and subtypes. *Abnormal Psychology*, 121(4), 991–1010.



22. Banaschewski, T., Hohmann, S., & Millenet, S. (2018). *Langfassung der interdisziplinären evidenz- und konsensbasierten (S3) Leitlinie „Aufmerksamkeitsdefizit-/Hyperaktivitätsstörung (ADHS) im Kindes-, Jugend- und Erwachsenenalter“*. AWMF online – Das Portal der wissenschaftlichen Medizin.
23. Guo, N., Fuermaier, A. B. M., Koerts, J., Mueller, B. W., Diers, K., Mroß, A., Mette, C., Tucha, L., & Tucha, O. (2021). Neuropsychological functioning of individuals at clinical evaluation of adult ADHD. *Journal of Neural Transmission*, *128*, 877–891.
24. Schoechlin, C., & Engel, R. R. (2005). Neuropsychological performance in adult attention-deficit hyperactivity disorder: Meta-analysis of empirical data. *Archives of Clinical Neuropsychology*, *20*(6), 727–744.
25. Willcutt, E. G., Doyle, A. E., Nigg, J. T., Faraone, S. V., & Pennington, B. F. (2005). Validity of the executive function theory of attention deficit/hyperactivity disorder: A meta-analytic review. *Biological Psychiatry*, *57*(11), 1336–1346.



# Neurowissenschaftliche Erklärungsansätze und –modelle

*Beate Kilian und Kyriakos Sidiropoulos*

## Inhaltsverzeichnis

- 3.1 Aufmerksamkeit – 16**
  - 3.1.1 Formen der Aufmerksamkeitsintensität: Übergang von der ungerichteten zur längerfristigen Aufmerksamkeit – 18
  - 3.1.2 Formen der Aufmerksamkeitsselektivität und -ausrichtung: Selektive Aufmerksamkeit – Konzentration – 21
  
- 3.2 Exekutivfunktionen – 23**
  - 3.2.1 Kernexekutivfunktionen: Arbeitsgedächtnis, Hemmung und kognitive Flexibilität – 23
  - 3.2.2 Arbeitsgedächtnis und „Überwachungsfunktionen“ – 24
  - 3.2.3 Hemmung – 28
  - 3.2.4 Kognitive Flexibilität, Planungsvermögen, Problemlösefähigkeit und Zeitgefühl – 31
  
- 3.3 Zusammenfassung – 32**
  - Literatur – 32**

In der Vergangenheit wurden unterschiedliche Erklärungsansätze für das Symptomcluster der ADHS postuliert. Im Mittelpunkt der „Executive Dysfunction Theory“ [1] steht die Beeinträchtigung der Fähigkeit zur Hemmung von Impulsen aufgrund eines Ungleichgewichts im Noradrenalin- und Dopaminhaushalt. Diese führe zu Schwierigkeiten beim Arbeitsgedächtnis, bei der Internalisierung von Sprache, bei der Regulation von Affekt, Motivation und Erregungsniveau sowie bei der Handlungsplanung und -kontrolle. Halperin und Schulz [2] sehen in ihrem entwicklungsneurologischen Modell Dysfunktionen subkortikaler Strukturen (Thalamus und Hirnstamm) und damit basaler Steuerungsprozesse als ursächlich für ADHS-Symptome. Das „Cognitive-Energetic Model“ [3] geht davon aus, dass die kognitive Leistungsfähigkeit abhängig ist von einem optimalen energetischen Zustand, in dem Wachheit und Aktivierung optimal an die momentanen Anforderungen angepasst werden können. Sind Reizdichte oder motivationaler Anreiz nicht ausreichend für ein entsprechendes Aktivierungsniveau, hat dies Leistungseinbußen zur Folge. Bei der „Delay Aversion Theory“ [4] stehen Motivation und damit einhergehende Schwierigkeiten mit dem Belohnungsaufschub im Vordergrund. Gemäß der „Dynamic Developmental Theory (DDT)“ [5] führt ein zu geringes Dopamin-Niveau zu mangelhaftem sozialem Lernverhalten und entsprechenden Folgeproblemen.

Wie in der Literatur mehrfach dargelegt wurde, sind aus wissenschaftstheoretischer Sicht alle diese Theorien unzureichend, da sie weder umfassend genug sind, um die Bandbreite der Symptomatik zu erklären, noch konkret genug, um wissenschaftlich testbar bzw. widerlegbar zu sein [6, 7]. Prinzipiell ist es schwer festzustellen, welche Symptome im Einzelfall primär und welche sekundär sind [6, 8]. Die Heterogenität der Störung und uneinheitliche diagnostische

Kriterien erschweren dies zusätzlich [9]. Gleichzeitig finden alle Modelle auf ihre Weise empirische Unterstützung in der modernen Neurowissenschaft. Im Folgenden werden wir näher auf die zahlreichen Befunde eingehen und Bezüge zu den in ► Kap. 1 genannten Symptomen herstellen.

### 3.1 Aufmerksamkeit

Die Informationen, die aus der Umwelt auf unsere Sinnesorgane treffen, sind so umfangreich und komplex, dass eine neuronale Verarbeitung ohne Selektion bei der Informationsaufnahme zwar möglich, energetisch aber aufwendig und ineffizient wäre. Den ersten limitierenden Faktor bei der Wahrnehmung stellen unsere eigenen Sinnesorgane dar, die nur das Wahrnehmen bestimmter Informationen zulassen. Der zweite limitierende Mechanismus bei der Auswahl, Enkodierung und Weiterverarbeitung bzw. Unterdrückung von sensorischen Reizen ist die Aufmerksamkeit. Diese ist jedoch keine klar abgegrenzte Fähigkeit, sondern beinhaltet zahlreiche Unterfunktionen, die mit unterschiedlichen neuronalen Netzwerken und Regelkreisen in Verbindung stehen, welche wiederum auf komplexe Weise miteinander agieren (siehe Sektion II).

In der Literatur existieren unterschiedliche Klassifizierungsmodelle von Aufmerksamkeitsfunktionen. Auf psychologischer Ebene wird traditionell zwischen reizbezogener (exogener) und intern gesteuerter (endogener) Aufmerksamkeitslenkung unterschieden [10, 11]. Bei der unwillkürlichen, reizbezogenen Aufmerksamkeit erlangen Reize, Objekte oder Personen, die sich aufgrund der Ausprägung bestimmter Merkmale (z. B. Intensität, Beschaffenheit, Neuigkeit) von der Umgebung abheben, unsere Aufmerksamkeit („Bottom-up-Aufmerksamkeit“). Gleichzeitig wird der Prozess der Aufmerksamkeitslenkung durch

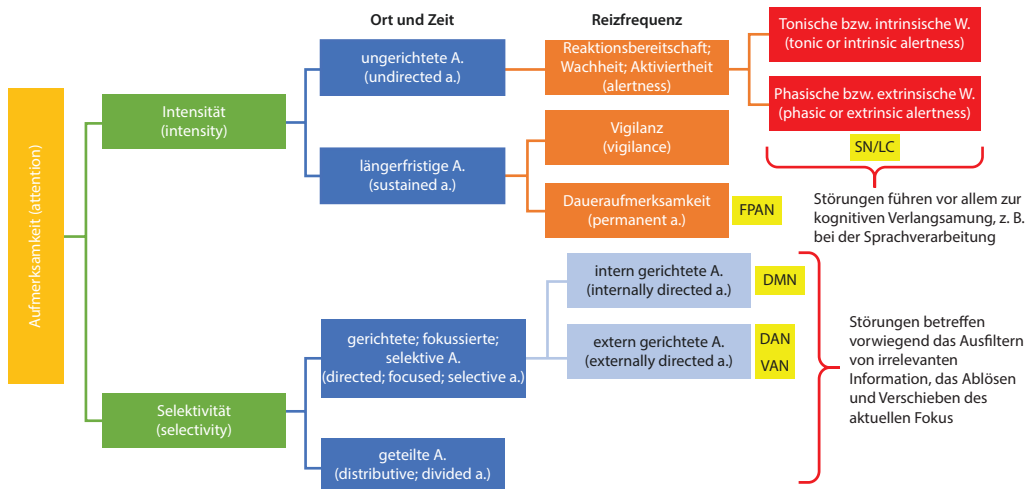
unsere inneren Einstellungen, Prägungen und Erwartungen beeinflusst. Diese sogenannte Top-down-Aufmerksamkeit hängt von der Relevanz (biografisch, sozial, biologisch etc.) ab, die wir Reizen, Objekten oder Personen zuschreiben [12, 13]. Wie wir in Sektion II sehen werden, lässt sich die psychologische Unterscheidung zwischen exogener und endogener Aufmerksamkeitslenkung auf der neurophysiologischen Ebene in dieser Form nicht so scharf abbilden, da die beiden Aspekte über Schaltkreise reguliert sind, die funktionell eng miteinander verbunden sind.

Van Zomeren und Brouwer [14] unterscheiden zwei Dimensionen der Aufmerksamkeit: die Intensität und die Selektivität. Bei der Aufmerksamkeitsintensität werden die Schnelligkeit, die Dauer und die Stärke der Reaktionsbereitschaft berücksichtigt, während es bei der Aufmerksamkeitsselektivität darum geht, wie viele und welche sensorischen oder gedanklichen Repräsentationen im Fokus der Aufmerksamkeit stehen (■ Abb. 3.1).

Das Klassifizierungsmodell nach Petersen und Posner [15] unterscheidet folgende drei Komponenten:

1. das Wachheitssystem („alerting system“), welches die Aufrechterhaltung der geistigen Erregung und der Reaktionsvorbereitung moduliert;
2. das Orientierungssystem („orienting system“), das hauptsächlich die Fähigkeit widerspiegelt, sensorische Reize über verschiedene Modalitäten hinweg zu priorisieren;
3. das Exekutivsystem („executive system“), welches eine Reihe an aufmerksamskeitsbezogenen Kontroll- und Überwachungsfunktionen beschreibt.

Alle drei Komponenten der Aufmerksamkeit sind anatomisch in drei weitverzweigte und voneinander unabhängige Netzwerke unterteilt, die sich jedoch gegenseitig beeinflussen (siehe Sektion II). Der Attentional Network Test (ANT) nach Posner [16] wurde entwickelt, um die Funktionsweise der drei beschriebenen Aufmerksamkeits-



■ **Abb. 3.1 Klassifizierungsmodell der Aufmerksamkeit nach van Zomeren und Brouwer.** Das Diagramm zeigt die schematische Untergliederung von „Aufmerksamkeit“ anhand verschiedener Merkmale, die damit verbundenen Funktionen sowie die beteiligten

neurophysiologischen Regelkreise. *FPAN* „frontoparietal attention network“, *DMN* „default mode network“, *DAN* „dorsal attention network“, *VAN* „ventral attention network“, *SN/LC* Salienznetzwerk/Locus coeruleus

systeme über eine feste Abfolge experimenteller Aufgaben zu messen. Untersuchungen mit dem ANT bei Kindern zeigten, dass sich Kinder ab dem 10. Lebensjahr bei Alerting-Aufgaben verbessern. Das Orientierungs- und das Exekutivsystem sind bei Kindern noch anfälliger für Störungen. Obwohl die Verhaltensdaten der Kinder zwischen 8 und 12 Jahren den Daten Erwachsener ähneln, scheinen Aufmerksamkeitsprozesse bei Kindern nicht dieselben kortikalen Areale zu beanspruchen wie bei Erwachsenen. Die neuronale Aktivierung der an Aufmerksamkeitsprozessen beteiligten Netzwerke zeigte sich in einer Studie mittels funktioneller Magnetresonanztomografie (fMRT) deutlich reduzierter und diffuser [17].

### 3.1.1 Formen der Aufmerksamkeitsintensität: Übergang von der ungerichteten zur längerfristigen Aufmerksamkeit

#### 3.1.1.1 Ungerichtete Aufmerksamkeit

In einem Wachzustand ungerichteter Aufmerksamkeit lassen wir unsere Gedanken frei und assoziativ schweifen. Wir lenken die Aufmerksamkeit dabei also nicht bewusst oder gemäß einer Anweisung in eine bestimmte Richtung und fixieren uns nicht auf einen Inhalt. Ist die ungerichtete Aufmerksamkeit gut reguliert, sind wir entspannt und in der Lage, auf neue Gedanken und Ideen zu kommen und neue Erkenntnisse zu erlangen. Die ungerichtete Aufmerksamkeit

ist prominent in den Übergängen zwischen Wachen und Schlafen (hypnagoger Zustand) und während des Tagträumens.

#### 3.1.1.2 Vigilanz und Daueraufmerksamkeit

Ein wichtiger Aspekt der Aufmerksamkeitsintensität ist die Stärke der Bereitschaft eines Individuums, auf interne oder externe Reize zu reagieren. Sie wird von der allgemeinen Wachheit (engl. alertness) bestimmt. Darunter versteht man die andauernde, ungerichtete Reaktionsbereitschaft eines Individuums. Versucht man, diese ungerichtete Reaktionsbereitschaft bei niedriger Reizfrequenz (z. B. bei einer Fließbandarbeit oder bei versiertem Auto- oder Radfahren) willentlich zu kontrollieren, spricht man von Vigilanz [18]. Die Vigilanz ist demnach eine vorbewusste Form von Wachheit, insofern als sie für eine Weile automatisiert abläuft, uns aber jederzeit bewusst werden kann und sich auf diese Weise manipulieren lässt. Die Vigilanz ist kein Zustand entspannter Wachheit, sondern geht immer mit einer mentalen Anstrengung einher. Die längerfristige Aufmerksamkeit kann in unterschiedlicher Intensität auftreten. Die niedrigste Reaktionsbereitschaft zeigen wir im traumlosen Schlaf, die höchste in einer Schrecksituation. Ist die Reizfrequenz hoch, nennen wir die willentlich kontrollierte Reaktionsbereitschaft Daueraufmerksamkeit (engl. sustained attention; z. B. bei der Lösung einer Mathematikaufgabe oder beim Lesen). Vigilanz und Daueraufmerksamkeit unterscheiden sich demnach nur qualitativ und lassen sich experimentell leicht simulieren, über eine entsprechende Veränderung der Reizfrequenz bei einer einfachen Reizdis-

krinationsaufgabe (z. B. 25 % Zielreize zu 75 % Ablenkreize bei Vigilanz und umgekehrt bei Daueraufmerksamkeit).

### 3.1.1.3 Tonische vs. phasische Wachheit

Im Gehirn jedes Menschen werden Ressourcen zur Aufrechterhaltung einer andauernden Wachheit bereitgestellt. Die endogene Regulierung der Wachheit wird tonische (= intrinsische) Wachheit genannt. Sie ist ein länger anhaltender Bewusstseinszustand des Gehirns unter Ruhebedingungen und ist abhängig von der Tageszeit, externen Reizen und dem emotionalen und motivationalen Zustand der Person. Eine moderate tonische Wachheit ist die Grundvoraussetzung für eine fokussierte, selektive Wahrnehmung äußerer Reize, weil nur dadurch eine phasische Antwort auf interne oder externe Reize hervorgerufen werden kann. Unter phasischer (= extrinsischer) Wachheit versteht man den zeitlich begrenzten Anstieg der Aktiviertheit und Reaktionsbereitschaft infolge eines äußeren Reizes (z. B. eines experimentellen Warnreizes). Je nach Signalintensität und -neuheit kommt es zu einer Verschiebung oder Lenkung der Aufmerksamkeit auf den erwarteten Reiz – zu einer sogenannten Orientierungsreaktion – sodass die Reaktionsgeschwindigkeit experimentell beeinflusst werden kann [15]. Die tonische Wachheit kann gut anhand von Reaktionsaufgaben überprüft werden, die phasische mithilfe von Reaktionsaufgaben, denen ein Warnreiz (sogenannter Prime) vorausgeht.

### 3.1.1.4 Arousal und Aktiviertheit

Das Zusammenspiel zwischen tonischer und phasischer Wachheit beschreibt auch das ältere Konzept des Arousals von Pribram und McGuinnes [19]. Die Autoren unterscheiden zwischen einem phasischen Arousal, einer tonischen Aktiviertheit und einem über-

geordneten Anpassungssystem, das eine neuronale „Anstrengung“ (engl. effort) erfordert. Wir benutzen in diesem Buch für die verschiedenen Aktivierungsrhythmen des Gehirns die Begriffe tonisch (1–5 Hz) vs. phasisch (8–10 Hz) und unterscheiden zwischen einer tonischen und einer phasischen Wachheit (= Arousal). Dabei gibt der Begriff des Arousals das aktuelle energetische Niveau des Gehirns wieder. So ist während einer Ruhephase das Arousal niedrig, während es bei der bewussten Erfassung sensorischer Signale oder der Durchführung einer Aufgabe erhöht wird. Aktiviertheit ist hingegen die Mobilisierung energetischer Ressourcen, die für die Durchführung einer bestimmten Leistung (z. B. Vorbereiten einer Handlung) benötigt werden. Das Anpassungssystem koordiniert schließlich die zwei beschriebenen „basalen“ Systeme (tonisch vs. phasisch), sodass die erforderliche Aktiviertheit und Reaktionsbereitschaft zur Erfüllung der Aufgabenanforderungen bereitgestellt wird. Die neuronalen Repräsentationen werden derartig verändert, dass zwischen innerer Repräsentation und äußerer Welt stets eine Übereinstimmung herrscht.

Die Begriffe der phasischen bzw. der tonischen Wachheit beziehen sich hier auf die psychometrische Seite der allgemeinen Erregung des Gehirns und können als Kontrollprozesse der Aufmerksamkeit verstanden werden. Die Einführung des Anpassungssystems ist der erste Versuch, die subjektiv erlebte Aktiviertheit in Bezug zur Hirnstromaktivität sensorischer und motorischer Areale zu bringen. Bis heute besteht jedoch kein allgemein akzeptiertes Konzept, wie dies genau erfolgt und ob die Wachheit (phasisch vs. tonisch), die während der Aufmerksamkeitsprozesse gemessen wird, vom kortikalen Arousal zu unterscheiden ist. Letzteres würde das generelle, unspezifische Grunderregungsniveau (engl. arousal) des