

Aus der Klinik und Poliklinik für Psychiatrie, Psychosomatik und Psychotherapie
des Kindes- und Jugendalters der Universität zu Köln
Direktor: Universitätsprofessor Dr. med. St. Bender

Durchgeführt in:
Zentrum für Seelische Gesundheit des Kindes- und Jugendalters am Sana-Klinikum
Remscheid, Akademisches Lehrkrankenhaus der Universität zu Köln
Herr PD Dr. Gerhard Hapfelmeier

Der Zusammenhang zwischen Indexwerten des WISC-IV und der Zeitschätzung bei psychisch kranken Kindern und Jugendlichen

Inaugural-Dissertation zur Erlangung der Doktorwürde
der Medizinischen Fakultät
der Universität zu Köln

vorgelegt von
Daniel El-Wahsch
aus Düsseldorf

promoviert am 26. August 2024

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der Universität zu Köln
2024

Dekan: Universitätsprofessor Dr. med. G. R. Fink

1. Gutachter: Privatdozent Dr. med. G. Hapfelmeier
2. Gutachter: Universitätsprofessor Dr. med. S. Bender

Erklärung

Ich erkläre hiermit, dass ich die vorliegende Dissertationsschrift ohne unzulässige Hilfe Dritter und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe; die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht.

Bei der Auswahl und Auswertung des Materials sowie bei der Herstellung des Manuskriptes habe ich keine Unterstützungsleistungen erhalten.

Weitere Personen waren an der Erstellung der vorliegenden Arbeit nicht beteiligt. Insbesondere habe ich nicht die Hilfe einer Promotionsberaterin/eines Promotionsberaters in Anspruch genommen. Dritte haben von mir weder unmittelbar noch mittelbar geldwerte Leistungen für Arbeiten erhalten, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertationsschrift stehen.

Die Dissertationsschrift wurde von mir bisher weder im Inland noch im Ausland in gleicher oder ähnlicher Form einer anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Der dieser Arbeit zugrundeliegende Datensatz wurde ohne meine Mitarbeit in dem LVR-Klinikum Düsseldorf von Herrn Dr. Marco Walg zur Verfügung gestellt.

Erklärung zur guten wissenschaftlichen Praxis:

Ich erkläre hiermit, dass ich die Ordnung zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis und zum Umgang mit wissenschaftlichem Fehlverhalten (Amtliche Mitteilung der Universität zu Köln AM 132/2020) der Universität zu Köln gelesen habe und verpflichte mich hiermit, die dort genannten Vorgaben bei allen wissenschaftlichen Tätigkeiten zu beachten und umzusetzen.

Köln, den 10.06.2024

Unterschrift:

Danksagung

Zuallererst möchte ich meinem Betreuer und Mentor, Dr. Walg, danken. Seine fachliche Expertise und Unterstützung haben maßgeblich zu meiner Entwicklung beigetragen.

Mein aufrichtiger Dank gilt ebenfalls meinem Doktorvater, Dr. Hapfelmeier, für seine fortwährende Begleitung und Integrität. Besonders schätze ich, dass er stets zu seinem Wort stand und mich dabei unterstützte, meine Dissertation auf der anderen Rheinseite zu beenden.

Während der Fertigstellung dieser Dissertation befand sich mein Vater in einer ernsten gesundheitlichen Krise auf der Intensivstation im Krankenhaus und verstarb leider nach 4 Wochen. Wir hatten uns versprochen, dass er sich erholt und ich diese Arbeit abschließe, damit er bei der Verteidigung anwesend sein kann. Das Versprechen gab mir in der jetzigen Phase die nötige Kraft, sie fertigzustellen. Diese Dissertation ist mein Ausdruck tiefer Dankbarkeit und Liebe für meinen besten Freund und Vater.

Für meinen Vater

INHALTSVERZEICHNIS

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	7
1. ZUSAMMENFASSUNG	8
2. EINLEITUNG	9
2.1. Die Zeitwahrnehmung	9
2.1.1. Methoden zur Erfassung der Zeitschätzung	10
2.1.2. Die Innere Uhr	12
2.2. Aufmerksamkeitsdefizit-/Hyperaktivitätsstörung (ADHS)	17
2.2.1. Definition, Epidemiologie und Klassifikation	17
2.2.2. Ätiologie	17
2.2.3. Symptomatik, Komorbidität, Verlauf, Diagnostik und Therapie	20
2.3. Abweichende Zeitwahrnehmung	20
2.3.1. Grundlagen zum Verständnis abweichender Zeitwahrnehmung	20
2.3.2. Die Rolle der Zeitwahrnehmung bei AD(H)S	22
2.3.3. Alters- & Geschlechtereffekte auf die Zeitwahrnehmung	26
2.4. Intelligenz und ihre Bedeutung bei AD(H)S	27
2.4.1. Intelligenztheorie	27
2.4.2. Die Rolle der Intelligenz bei AD(H)S-Patienten	27
2.4.3. Zusammenhang zwischen Intelligenz und Zeitwahrnehmung	28
2.5. Fragestellung und Ziel der Arbeit	29
3. MATERIAL UND METHODEN	30
3.1. Ethikvotum	30
3.2. Verfahren und Variablen	30
3.2.1. Diagnostik	30
3.2.2. WISC-IV	31
3.2.3. Testmethode der Zeitschätzung	32
3.2.4. Statistische Analyse	32

4.	ERGEBNISSE	36
4.1.	Intelligenz und Zeitschätzung	36
4.1.1.	Gesamt-IQ und Zeitschätzung	36
4.1.2.	WISC-IV-Indices und Zeitschätzung	37
4.2.	Intelligenz in Abhängigkeit der Diagnose	37
4.2.1.	Gesamt-IQ in Abhängigkeit der Diagnose	38
4.2.2.	WISC-IV-Indices in Abhängigkeit der Diagnose	38
4.3.	Zeitschätzung in Abhängigkeit der Diagnose	38
4.3.1.	AD(H)S-Gesamtgruppe und Klinische Kontrollgruppe	38
5.	DISKUSSION	40
5.1.	Intelligenz und Zeitschätzung	40
5.1.1.	Gesamt-IQ und Zeitschätzung	40
5.1.2.	WISC-IV-Indices und Zeitschätzung	40
5.2.	AD(H)S und Zeitschätzung	44
5.3.	Spezifisches WISC-IV-Profil bei AD(H)S-Patienten	46
5.4.	Klinische bzw. Praktische Relevanz	48
5.5.	Schlussfolgerungen	49
5.6.	Ausblick	51
6.	LITERATURVERZEICHNIS	52
7.	ANHANG	58
7.1.	Abbildungsverzeichnis	58
7.2.	Tabellenverzeichnis	58
8.	VORABVERÖFFENTLICHUNGEN VON ERGEBNISSEN	59

Abkürzungsverzeichnis

AD(H)S	Aufmerksamkeitsdefizit/Hyperaktivitätsstörung	KK	Klinische Kontrollgruppe
AG	Arbeitsgedächtnis	L-DOPA	Levodopa
ANOVA	Analysis of Variance	MRT	Magnetresonanztomographie
ANZ	Angststörungen	M	Arithmetisches Mittel
CHC	Cattel-Horn-Carroll	Mdn	Median
DAT	Dopamin-Transporter	MTL	Medialer Temporallappen
DES	Depressive Störungen	Ncl.	Nucleus
DISYPS	Diagnostik System für psychische Störungen	PFC	Präfrontaler Kortex
DSM	Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders	R	Response
D_xR	Dopamin _x -Rezeptor	SDZ	Standardabweichung der Zeitwahrnehmung
ID	Identifikator	SDG	Standardabweichung der Genauigkeit
FBB	Fremdbeurteilungsbogen	SSV	Störungen des Sozialverhaltens
fMRT	Funktionellen Magnetresonanztomographie	SV	Sprachverständnis
HAWIK	Hamburg Wechsler Intelligenztest für Kinder	VAG	Verarbeitungsgeschwindigkeit
HKS	Hyperkinetische Störung	WISC	Wechsler Intelligence Scale for Children
ICD	International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems	WLD	Wahrnehmungsgebundenes Logisches Denken
IQ	Intelligenzquotient	ZNS	Zentrales Nervensystem

1. Zusammenfassung

Aktuell geht die Forschung nicht von einem Zusammenhang zwischen dem Gesamt-IQ und der Zeitwahrnehmung aus. Studien zeigen jedoch, dass diese bei Kindern und Jugendlichen mit AD(H)S (Aufmerksamkeitsdefizit-/Hyperaktivitätsstörung) im Vergleich zu von AD(H)S nicht betroffenen Gleichaltrigen verändert ist. Zudem weisen AD(H)S-Patienten Defizite der Verarbeitungsgeschwindigkeit sowie des Arbeitsgedächtnisses auf.

Methodisch wurde bei männlichen, psychisch auffälligen Kindern und Jugendlichen zwischen 7 und 16 Jahren ($N = 114$) während eines indizierten WISC-IV Untertests die Bearbeitungszeit gemessen und mit der für diesen Untertest retrospektiv, verbal geschätzten Zeit verglichen. Die subjektive Zeitschätzung wurde auf mögliche Korrelationen mit den WISC-IV-Indexwerten Wahrnehmungsgebundenes Logisches Denken, Arbeitsgedächtnis, Verarbeitungsgeschwindigkeit sowie Sprachverständnis untersucht. Zusätzlich wurden die Zeitschätzungen der AD(H)S-Gruppe mit einer klinischen Kontrollgruppe verglichen, um einen Einfluss der Störung auf die Zeitwahrnehmung untersuchen zu können. Letztlich wurden die Ergebnisse des Intelligenz-Tests auf das Vorliegen störungsspezifischer WISC-IV-Profile untersucht.

Es stellte sich eine negative Korrelation der Zeitschätzung mit der Verarbeitungsgeschwindigkeit in der Gesamtstichprobe heraus: Je niedriger die Verarbeitungsgeschwindigkeit war, desto höher war der Zeitschätzungsfehler. Des Weiteren wiesen AD(H)S-Patienten im Vergleich zu der klinischen Kontrollgruppe eine Zeitüberschätzung auf. Den AD(H)S-Patienten konnte zudem ein spezifisches WISC-IV-Profil zugeordnet werden (niedrigere Verarbeitungsgeschwindigkeit). Ein Altersvergleich nach Mediansplit (10.92 Jahre) zeigte keine signifikanten Unterschiede in den Untersuchungsergebnissen.

Die vorliegenden Ergebnisse weisen auf einen Zusammenhang einer defizitären Verarbeitungsgeschwindigkeit mit der Zeitwahrnehmung hin, die sich in Form einer kognitiv ineffizienten Zeitverarbeitung präsentiert. Darüber hinaus zeigen AD(H)S-Patienten durch die signifikante verbale Zeitüberschätzung eine veränderte Zeitwahrnehmung im Sinne einer schnelleren „Inneren Uhr“.

Praktisch relevant kann die verbale Zeitüberschätzung unter zusätzlicher Berücksichtigung des spezifischen WISC-IV-Profils von Kindern und Jugendlichen mit AD(H)S im diagnostischen Prozess genutzt werden, um AD(H)S differentialdiagnostisch effizienter von anderen psychischen Erkrankungen unterscheiden zu können.

2. Einleitung

„Der Lauf der Zeit ist gleichmäßig - das Zeitempfinden unmäßig.“¹

Klaus Ender, 2009

Das Zitat von Klaus Ender¹ aus dem Jahr 2009 leitet den zentralen Forschungsgegenstand der vorliegenden Dissertation ein: die subjektive Wahrnehmung von Zeit. Obwohl ein Tag objektiv 24 Stunden, 1440 Minuten bzw. 86400 Sekunden dauert, wird diese Zeitspanne sowohl inter- als auch intraindividuell in Abhängigkeit zahlreicher Faktoren unterschiedlich wahrgenommen.²

In der vorliegenden Arbeit wird die Zeitwahrnehmung im Zusammenhang mit psychiatrischen Diagnosen untersucht und verglichen. Dabei erfolgt vor allem der Vergleich von Kindern und Jugendlichen mit einer Aufmerksamkeitsdefizit-/Hyperaktivitätsstörung und einer Klinischen Kontrollgruppe. Zusätzlich sollen Intelligenzleistungen sowie klinische Leitsymptome berücksichtigt werden, um mögliche Defizite durch Interferenzeffekte zu erklären. Dabei auftretende Altersunterschiede können zudem zu der Interpretation des alterstypischen Verlaufs hyperkinetischer Störungen (vgl. 2.2.3) beitragen.

Ziel dieser Arbeit ist es, eine abweichende Zeitwahrnehmung sowohl zum besseren Verständnis der Erkrankung selbst zu nutzen als auch in Form eines differentialdiagnostischen Instruments für den klinischen Alltag empfehlen zu können. Ein spezifisches Intelligenzprofil von AD(H)S-Patienten kann die Interpretation der pathognomonischen Zeitwahrnehmung unterstützen und zudem eine effizientere Diagnosestellung ergänzen.

Zunächst werden die berücksichtigten Themen und Variablen grundlegend erläutert, um anschließend die Ergebnisse dieser Arbeit im Kontext der aktuellen Forschung zu analysieren und zu interpretieren.

2.1. Die Zeitwahrnehmung

Die Zeitwahrnehmung spielt im Alltag jedes Menschen eine zentrale Rolle, beispielsweise bei der korrekten Terminplanung. Ein anschauliches Beispiel stellt die subjektive Zeitwahrnehmung während einer Prüfungssituation dar, in der die Zeit erfahrungsgemäß „wie im Fluge vergeht“. Darüber hinaus gewinnt die Zeitwahrnehmung in der Medizin zunehmend an Relevanz, da zahlreiche Erkrankungen, wie die Aufmerksamkeitsdefizit-/Hyperaktivitätsstörung, mit Abweichungen in der Zeitwahrnehmung in Verbindung gebracht werden.³

Im Anschluss werden zunächst die wissenschaftlichen Methoden zur Erfassung der Zeitwahrnehmung vorgestellt, die sich sowohl in der praktischen Durchführung als auch in ihrer Aussagekraft unterscheiden.

2.1.1. Methoden zur Erfassung der Zeitschätzung

Die Untersuchung der Zeitwahrnehmung kann grundsätzlich nach zwei Paradigmen erfolgen: retrospektiv und prospektiv.^{4,5} Bei Anwendung des prospektiven Paradigmas wissen die Versuchspersonen, dass vor der Präsentation des Intervalls eine Beurteilung der Dauer erforderlich sein wird. Bei der retrospektiven Methode werden die Versuchspersonen hingegen nach der Präsentation der Zeitdauer ohne vorherige Warnung um ein Urteil gebeten.⁶ Diese Paradigmen unterscheiden sich hinsichtlich der Beeinflussbarkeit durch externe und interne Faktoren sowie der Aussagen über die sog. „Innere Uhr“.

Nach einem Modell der Ressourcenallokation werden bei der prospektiven Schätzung die meisten kognitiven Ressourcen für die Verarbeitung zeitlicher Informationen während des Intervalls verwendet.⁷ Bei der retrospektiven Schätzung werden jedoch mehr Ressourcen für nicht-zeitliche Informationen bereitgestellt, zum Beispiel für eine gleichzeitig auszuführende Aufgabe. Daher basiert die prospektive Intervallschätzung auf der zeitlichen Kodierung der Dauer eines Reizes, während die Grundlage für die retrospektive Schätzung die nicht-zeitlichen Informationen sind, die während des Intervalls verarbeitet und im Gedächtnis gespeichert werden. Aus diesem Grund wird die retrospektive Schätzung auch als „erinnerte Dauer“ bezeichnet, während sich der Begriff „erlebte Dauer“ auf die prospektive Schätzung bezieht.⁸

Prospektive Methoden hängen in diesem Kontext maßgeblich von der Aufmerksamkeit auf das Zeitintervall, der sog. zeitgerichteten Aufmerksamkeit, ab, wohingegen die retrospektive Zeitverarbeitung von Ereignissen bzw. dem Kontext während der Untersuchung beeinflusst wird.^{4,5} Obwohl die Paradigmen unterschiedliche Einflussfaktoren auf die Innere Uhr aufweisen, werden sowohl bei prospektiven⁶ als auch retrospektiven⁹ Zeitschätzungen ungenauere Ergebnisse infolge höherer Informationsdichte bzw. Ablenkung während der Untersuchung gemessen. Demnach kann eine Modifikation der Aufmerksamkeit bei Anwendung des retrospektiven Paradigmas eine wichtige Rolle spielen (vgl. Kapitel 2.1.2).

In der vorliegenden Arbeit ist die retrospektive Zeitschätzung das Paradigma der Wahl, um insbesondere die zeitgerichtete Aufmerksamkeit und infolgedessen den Einfluss bestimmter Komponenten der Inneren Uhr (vgl. Kapitel 2.1.2) zu minimieren.

Für die praktische Messung der Zeitwahrnehmung stehen vier Hauptmethoden zur Verfügung, die nachfolgend erläutert sowie anschließend in einem Übersichtsdiagramm (Abbildung 1) dargestellt werden.

Die Methode der vorliegenden Arbeit ist die *verbale Zeitschätzung*. Hierbei soll der Teilnehmer ein Zeitintervall in Minuten bzw. Sekunden schätzen und dem Untersucher verbal mitteilen.^{10,11} Daneben kann die *produktive Zeitschätzung* – nur prospektiv möglich – erfasst werden. Teilnehmer produzieren eine zuvor festgelegte Zeit und signalisieren das (subjektive) Ende mit Hilfe eines Schalters o.ä. Beginn sowie Ende der Zeitschätzung werden jeweils von der untersuchten Person bestimmt.^{10,11}

Zudem kann die Zeitwahrnehmung ebenso durch die *Reproduktions-Methode* – prospektiv und retrospektiv – erfasst werden. Hierbei wird ein Zeitintervall mithilfe visueller oder akustischer Stimuli präsentiert (Präsentationsphase) und soll unmittelbar im Anschluss reproduziert werden (Reproduktionsphase). Das Ende dieser subjektiv reproduzierten Zeit kann ebenfalls durch einen Schalter oder ähnliches signalisiert werden. Im Gegensatz zu der rein produktiven Methode wird bei der reproduktiven Methode keine zuvor festgelegte Dauer produziert, sondern ausschließlich das zuvor wahrgenommene Intervall reproduziert. Daher setzt diese Methode keine Kenntnisse über objektive Zeiteinheiten wie Sekunden oder Minuten voraus, da sie lediglich die subjektive Rekonstruktion einer zuvor wahrgenommenen Zeit misst. Eine Umkodierung der subjektiven Dauer in objektive Einheiten findet demnach nicht statt.^{10,11}

Eine weitere Methode zur Untersuchung der Zeitwahrnehmung ist die *diskriminative Methode*, bei der die Teilnehmer die relative Intervalllänge durch den Vergleich zweier ähnlicher Zeitspannen schätzen. Dabei wird zunächst ein konstantes Standardintervall präsentiert, gefolgt von sukzessiv ähnlicheren Vergleichsintervallen, die hinsichtlich ihrer relativen Länge (kürzer/länger) bewertet werden sollen.¹⁰⁻¹²

Das folgende schematische Übersichtsdigramm in Abbildung 1 fasst die beschriebenen Zeitschätzungsmethoden unter Berücksichtigung des zugrunde gelegten Paradigmas zusammen.

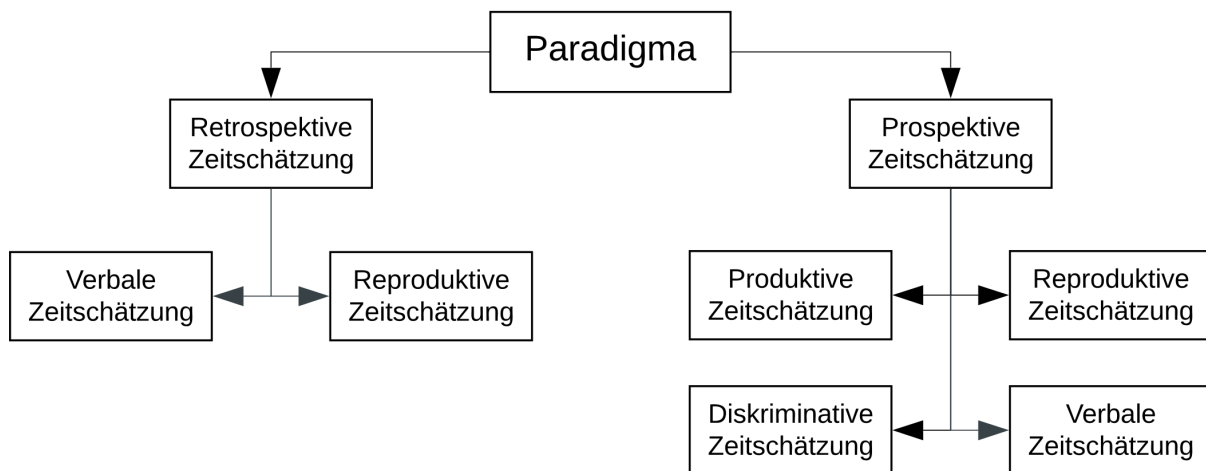


Abb. 1: Hauptuntersuchungsmethoden der Zeitwahrnehmung¹¹

Diese Paradigmen/Methoden spannen unterschiedliche Komponenten bzw. Ebenen der Inneren Uhr ein (vgl. Kapitel 2.1.2). Reproduktive Zeitschätzungen beanspruchen bspw. für die Speicherung der Zeiteinheiten aus der Präsentationsphase v.a. das Arbeitsgedächtnis.^{10,13,14} Demgegenüber wird bei verbalen sowie produktiven Zeitschätzungen v.a. die Geschwindigkeit der Inneren Uhr untersucht.¹⁵⁻¹⁷

Retrospektive Methoden (hier: retrospektiv verbal) minimieren bzw. vernachlässigen die bewusste Aufmerksamkeit auf das Zeitintervall (mehr dazu in Kapitel 2.1.2).⁹

Die theoretischen Grundlagen der Zeitverarbeitung im Rahmen des Modells der Inneren Uhr sowie die Beeinflussung ihrer Komponenten durch verschiedene Zeitschätzungsmethoden werden in Kapitel 2.1.2 näher erläutert.

Die vorliegende Arbeit legt den theoretischen und praktischen Schwerpunkt zunächst auf die Identifikation und Interpretation der Geschwindigkeit der Inneren Uhr bei psychisch kranken Kindern und Jugendlichen mit einer Aufmerksamkeitsdefizit-/Hyperaktivitätsstörung. Dabei werden sowohl Intelligenzwerte als auch klinische Symptome berücksichtigt, um innerhalb dieses Gesamtbildes Schlussfolgerungen für die klinische Praxis sowie das Verständnis der Erkrankung selbst herauszuarbeiten.

Die *retrospektiv verbale Zeitschätzung* erweist sich in diesem Kontext als geeignete Methode, da sie die Untersuchung der unbewussten Zeitwahrnehmung ermöglicht (*retrospektiv*) sowie – aufgrund ihrer unkomplizierten Anwendbarkeit – im Rahmen der vorliegenden Arbeit und potenziell im klinischen Alltag (*verbal*) vorteilhaft ist.

2.1.2. Die Innere Uhr

Modelle der Inneren Uhr

Die heutige Auffassung einer Inneren Uhr bei Menschen gründet weitestgehend auf den Theorien von Treisman¹⁸, der bereits 1963 einige Komponenten des zurzeit einflussreichsten Modells der Zeitverarbeitung beschrieb: einen Schrittmacher, Akkumulator sowie Vergleichsmechanismus innerhalb einer Uhrenebene. Dabei generiert der Schrittmacher Impulse pro Zeiteinheit, die in dem Akkumulator gesammelt werden und letztlich der Dauer des wahrgenommenen Zeitintervalls entsprechen.¹⁸

Die sog. Scalar Timing Theory (Theorie der skalaren Zeitmessung) von Gibbon et al.¹⁹ basiert auf diesen grundlegenden Komponenten des Schrittmacher-Akkumulator-Modells, erweitert es allerdings um weitere Zwischenschritte und Ebenen. Innerhalb dieser Theorie wird Zeit als Information betrachtet, deren subjektive Verarbeitung linear mit der objektiv verstrichenen Zeit zusammenhängt und dabei über sämtliche, zu schätzende Längen einen konstanten Variationskoeffizienten (coefficient of variability, vgl. Kapitel 2.3.1) aufweist. Diese Auffassung wurde demnach auch als Informationsverarbeitungsmodell bezeichnet und geht neben der o.g. Uhrenebene ebenso von einer Gedächtnis- sowie Entscheidungsebene aus (vgl. Abbildung 2).¹⁹

Die Erweiterung der Schrittmacher-Akkumulator Vorgänge¹⁸ um einen dazwischen befindlichen Schalter führte zu der erstmaligen Implementierung von Aufmerksamkeitsleistungen in den Prozess der Zeitverarbeitung. Dieser Schalter reguliert in diesem Zusammenhang den Durchtritt von Impulsen zum Akkumulator, indem er durch seine Schließung/Öffnung den Beginn/das Ende einer Zeitschätzungsaufgabe einleitet. Der Mechanismus basiert demnach in diesem Modell auf einer Ja/Nein-Reaktion, weil nur dann eine Passage durch den Schalter gewährt wird, wenn der Teilnehmer seine Aufmerksamkeit auf das Start-/Stopp-Signal des zu schätzenden Zeitintervalls richtet.¹⁹

Das attentional-gate model (Aufmerksamkeitstor-Modell), als weiterentwickelte Version der Scalar Timing Theory von Gibbon et al.¹⁹, weist im direkten Vergleich einen kleinen, aber entscheidenden Unterschied in der Uhrenebene auf: das Aufmerksamkeitstor. Dieses reagiert

hier nicht (nur) auf das Start-/Stopp-Signal einer Zeitschätzungsaufgabe (Scalar Timing Theory), sondern lässt vielmehr die im Schrittmacher generierten Impulse in Abhängigkeit der zeitgerichteten Aufmerksamkeit während des Intervalls passieren. Nichtzeitliche, kognitive Prozesse können dabei die Weiterleitung von Impulsen in quantitativer Hinsicht und folglich die subjektive Zeitwahrnehmung beeinträchtigen, indem sie den Durchtritt mindern.^{5,20,21} Demzufolge muss das Arbeitsgedächtnis die verfügbare Aufmerksamkeit zwischen nichtzeitlichen, kognitiven Prozessen und der Information Zeit abwägen und verteilen. Aufgrund der Interferenz dieser beiden Prozesse (Aufmerksamkeit und Zeitverarbeitung) kann eine hohe kognitive, zeitunabhängige Beanspruchung in subjektiv kürzeren Zeitschätzungen resultieren.^{5,20,21}

Darüber hinaus können Defizite des Arbeitsgedächtnisses beziehungsweise der Aufmerksamkeit ebenfalls zu einer abweichenden Zeitwahrnehmung führen (vgl. Kapitel 2.3). Letztendlich stellt die bewusste Aufmerksamkeitszuwendung zur Zeit die entscheidende Einflussgröße für prospektive Zeitwahrnehmungen dar.²²

Allerdings gelten die bisher vorgestellten Modelle der Inneren Uhr v.a. für prospektive Schätzungen.^{5,18-21} Nachfolgend werden Modelle für die retrospektive Verarbeitung vorgestellt, um die für diese Arbeit gültige Interpretationsgrundlage der Inneren Uhr festzulegen.

Retrospektive Zeitschätzungen fallen im Mittel bis zu 23% geringer aus als prospektive.^{5,23} Dieser durch das Paradigma herbeigeführte, signifikante Effekt (vgl. Kapitel 2.1.1) führte zu der Annahme, dass retrospektive Zeitschätzungen nicht auf aufmerksamkeitsbasierte, sondern eher auf gedächtnisgestützte Rekonstruktionsleistungen basieren.^{5,24} Die retrospektive Verarbeitung eines Zeitintervalls wurde dabei zunächst auf die sog. storage size hypothesis (Speichergrößen-Hypothese) von Ornstein²⁵ zurückgeführt. Diese beschreibt eine subjektive Dauer als Funktion der beanspruchten Gedächtniskapazität, die für alle aufgetretenen Ereignisse während des zu schätzenden Intervalls benötigt wurde. Eine höhere Anzahl an Ereignissen resultiere demnach in einer größeren Beanspruchung des „Speicherplatzes“ (storage size) und letztlich subjektiv längerer Zeitwahrnehmung.²⁵

Allerdings wurde dieses Modell von Block^{8,26,27} bzw. Zakay und Block²⁴ durch das sog. Kontext-Veränderungs-Modell (contextual-change model) abgelöst. Untersuchungen zeigten, dass die subjektive Verlängerung des Zeitintervalls nicht nur bei einer höheren Ereignisanzahl auftritt, sondern v.a. durch das Ausmaß der kontextuellen Veränderungen, die rekonstruiert werden. Darunter werden beispielsweise umweltbedingte oder emotionale Veränderungen gezählt, die während des Zeitintervalls auftreten und dieses demzufolge subjektiv verlängern.^{8,26,27}

Zahlreiche Studien vermuten allerdings vielmehr ein einheitliches System der Zeitverarbeitung, das unabhängig von dem zugrunde gelegten Paradigma gilt (s.u.). Zwar sind prospektive Zeitschätzungen in sämtlichen Studien signifikant länger als retrospektive, weisen allerdings keine Unterschiede bzgl. der Genauigkeit oder Variabilität auf.²³

Dabei führt der Großteil bisheriger Untersuchungen seine Interpretationen auf den Hauptunterschied beider Zeitschätzungsparadigmen zurück: Aufmerksamkeit auf die Zeit.²²

Dieser Parameter konnte durch die Zuteilung paralleler, nicht-zeitlicher Aufgaben während eines Intervalls (concurrent nontemporal tasks) moduliert werden, um mögliche Auswirkungen dieser „Ablenkungen“ auf die Zeitschätzung zu ermitteln. Sämtliche Studien belegten dabei den generell stärksten Interferenz-Effekt innerhalb der Zeitforschung, der beschreibt, dass die höhere Beanspruchung von Aufmerksamkeit durch nicht-zeitliche Ablenkungen kürzere prospektive Zeitangaben zur Folge hat.²² Allerdings konnte dieser Effekt nicht bei retrospektiven Zeitschätzungen nachgewiesen werden^{6,28-30}, sodass auf der Annahme der Existenz zweier Verarbeitungsmechanismen von Zeit beharrt wurde.²³ Diese Studien berücksichtigten jedoch nicht, dass Aufmerksamkeit auf Zeit anstatt qualitativ als Ja-/Nein-Funktion ebenso in Form eines Kontinuums (wenig bis viel) betrachtet werden kann.^{9,31} Dabei läge zwar die zeitgerichtete Aufmerksamkeit bei retrospektiven Schätzungen am geringsten Punkt dieses Kontinuums, wäre allerdings trotzdem nachweisbar.²³ Die o.g. Studien, die keinen Interferenz-Effekt fanden, untersuchten in diesem Zusammenhang die Zeitschätzung mit concurrent nontemporal tasks, die zwar hoch genug waren, um die hohe zeitgerichtete Aufmerksamkeit bei prospektiven Zeitwahrnehmungen zu senken. Allerdings waren diese nicht hoch genug, um die ohnehin minimale Aufmerksamkeit auf Zeit bei retrospektiven Schätzungen insoweit senken zu können, dass ein signifikanter Effekt auftreten könnte.²³ Eine aktuellere Studie von Brown²² wies in diesem Zusammenhang den Interferenz-Effekt ebenso bei retrospektiven Methoden nach, sofern die Ablenkung ausreichend hoch war. Sie bestätigte dadurch Ergebnisse von Brown und Stubbs³² bzw. Kurtz und Strube³³, die diesen Effekt ebenfalls bereits beobachten konnten. Selbst Block und Zakay³⁴ strebten ein einheitliches Modell der Zeitverarbeitung an, welches unabhängig des zugrunde gelegten Paradigmas gelten würde.³⁴ Folglich nahmen Zakay und Block²⁴ später zur Kenntnis, dass das Aufmerksamkeitsmodell neuerdings auch für retrospektive Zeitschätzungen beträchtliche Unterstützung erhielt.²⁴

Insofern kann der Hauptunterschied zwischen prospektiven und retrospektiven Zeitschätzungen (zeitgerichtete Aufmerksamkeit) vielmehr quantitativer anstelle qualitativer Natur sein.²³

Funktionsweise der Inneren Uhr

Letztlich stützt sich die folgende Arbeit auf das attentional-gate model. Die zeitgerichtete Aufmerksamkeit (repräsentiert durch den Schalter bzw. das Aufmerksamkeitsstor) ist bei der hier angewandten retrospektiven Zeitschätzung am niedrigsten Ende des oben beschriebenen Kontinuums. Demzufolge rückt hier vor allem der Schrittmacher in der Uhrenebene (Abbildung 2) in den Mittelpunkt der nachfolgenden Untersuchungen und Interpretationen.

Die folgende Abbildung 2 zeigt das hier angenommene Modell der Zeitverarbeitung. Im Anschluss wird diese Theorie sowie mögliche Auswirkungen beschrieben, die infolge von Modifikationen bestimmter Parameter resultieren.

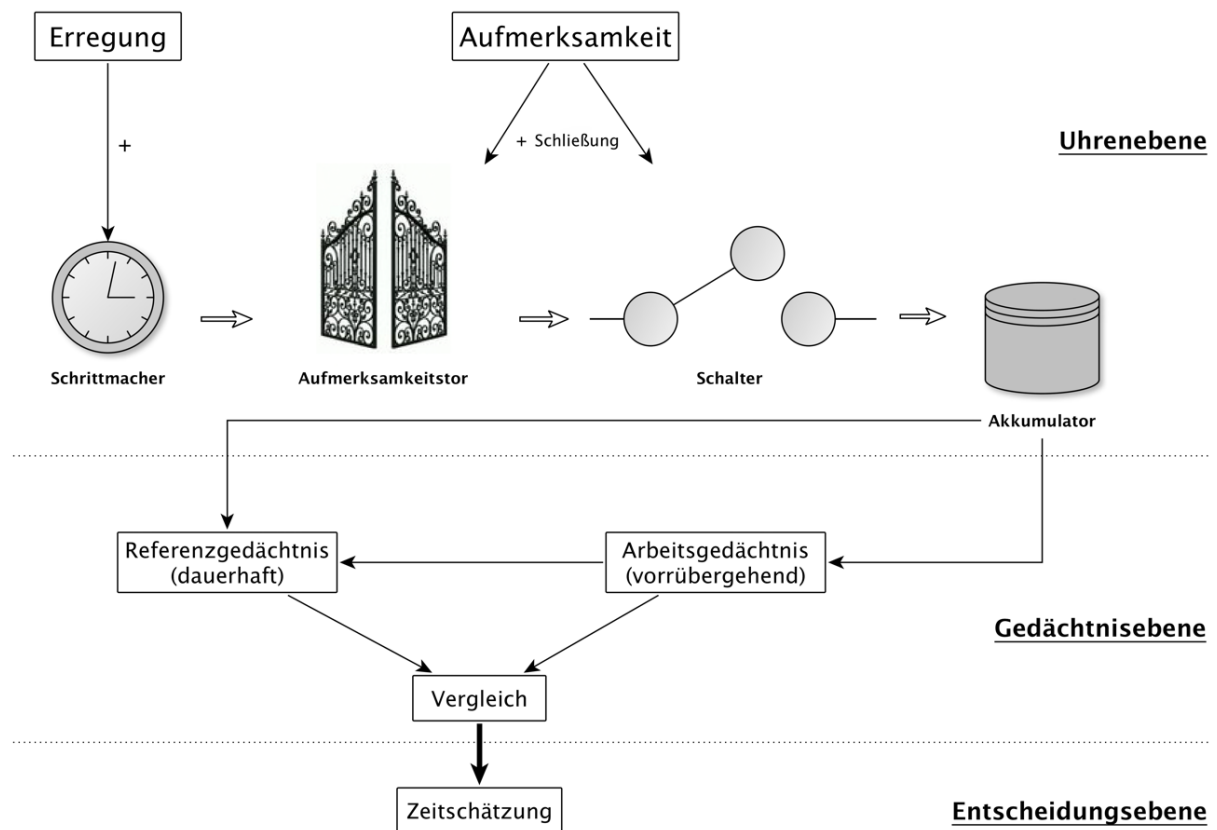


Abb. 2: Modell der Zeitverarbeitung⁵

Zunächst generiert der Schrittmacher Impulse pro Zeiteinheit. Dessen Rate bzw. deren Anzahl ist u.a. situativ variabel und modifizierbar (vgl. Kapitel 2.1.2 *Modelle der Inneren Uhr*). Des Weiteren bedient sich dieses Modell – auf Grundlage der Scalar Timing Theorie (s.o.) – des o.g. Schalters, der anlässlich der hier gewählten retrospektiven Methode gänzlich entfallen würde, da während der Untersuchung kein Start-Signal o.ä. für die beginnende Zeitschätzungsaufgabe ertönt.

Darauffolgend reguliert das o.g. Aufmerksamkeitsstor in Abhängigkeit der zeitgerichteten Aufmerksamkeit den Durchgang von Impulsen in den Akkumulator.^{5,9,19-21,31-33} Dieser leitet die Impulse an das Arbeitsgedächtnis (Gedächtnisebene) für kurze Zeitintervalle – ab 1-3 Sekunden^{35,36} – bzw. an das Referenzgedächtnis für längere Intervalle weiter^{5,19-21}. Zudem soll letzteres ebenso die Funktion eines lebenslang trainierten Vergleichsspeichers für Zeiteinheiten^{19,21} sowie der Verknüpfung dieser Musterzeiten mit verbalen Zeitangaben²¹ wie etwa „eine Minute“ oder „20 Sekunden“ aufweisen.

Die Gegenüberstellung des zuvor registrierten Zeitintervalls mit Referenzwerten findet innerhalb der Entscheidungsebene statt. Dabei erfolgt eine Zeit[ein]schätzung, sofern die aktuelle Impulsanzahl annähernd mit spezifischen Erfahrungswerten übereinstimmen.^{5,19-21}

Modifikation der Inneren Uhr

Das Modell der Zeitverarbeitung setzt sich aus mehreren Komponenten und Ebenen zusammen (vgl. Abbildung 2). Veränderungen relevanter Strukturen bzw. neuronaler Aktivitäten durch neuropsychiatrische Störungen³⁷ und pharmakologische Einflüsse³⁸ können demnach die Zeitwahrnehmung verzerren. Grundlage für die korrekte Funktion der Inneren Uhr ist, wie bereits beschrieben, ein optimales Dopamin-Level – insb. in kortikostriatalen Bahnen.^{38,39}

Untersuchungen ergeben, dass dopaminerge Stimulanzen wie Methamphetamin eine Beschleunigung der Inneren Uhr zur Folge haben. Im Gegensatz dazu führen Antipsychotika wie Haloperidol über die Inhibition des Dopamin-Systems zu einer Verlangsamung der Inneren Uhr.^{16,40,41} Darüber hinaus wirken sich sowohl Amphetamine (Methamphetamin, D-Amphetamin) als auch Haloperidol auf die zeitgerichtete Aufmerksamkeit (Schalter bzw. Aufmerksamkeitstor) sowie das Arbeitsgedächtnis aus.^{40,42} So führt beispielsweise die Einnahme von D-Amphetamin bei Gesunden zu einer Verschiebung der zeitgerichteten Aufmerksamkeit auf die amphetamintypische Euphorie. Aufgrund des eher verschlosseneren Zustands des Schalters/Aufmerksamkeitstors und dem daraus resultierenden Impulsverlust wurden Zeitintervalle überproduziert.⁴² Das Arbeitsgedächtnis, als Speichereinheit der Gedächtnisebene sowie Aufmerksamkeitszuteiler (s.o.), ist dabei generell auf ein spezifisches Dopamin-Level angewiesen, dessen Erhöhung oder Reduktion gleichermaßen zu Defiziten führt (vgl. Kapitel 5.2).⁴³⁻⁴⁶ Demzufolge beeinflusst Dopamin innerhalb des Zeitverarbeitungsprozesses neben der Schrittmacherrate^{16,38-41,47} zugleich die (zeitgerichtete) Aufmerksamkeit sowie das Arbeitsgedächtnis^{40,42}. Allerdings wird ein weiterer Parameter vermutet, der die Zeitverarbeitung in Abhängigkeit von Dopamin beeinflusst. Diese Annahme wird damit begründet, dass veränderte Zeitwahrnehmungen infolge dopaminerger Wirkstoffe ebenso unabhängig von Aufmerksamkeits- bzw. Arbeitsgedächtnisleistungen nachgewiesen wurden.³⁹

Aufgrund der Verteilung neuroanatomischer Korrelate der Inneren Uhr im ZNS müssen bspw. Einflüsse von Dopamin auf die Schrittmacherrate separat von den Auswirkungen auf die zeitgerichtete Aufmerksamkeit oder das Arbeitsgedächtnis betrachtet werden.^{40,48} Allerdings sind in diesem Zusammenhang Kompensationsmechanismen zwischen verbundenen, funktionellen Neuronen denkbar, die ebenfalls abweichende Verhaltensweisen bzw. Zeitwahrnehmungen bei psychisch kranken Patienten begründen können (vgl. Kapitel 2.3.2).

Insgesamt liefert die Innere Uhr – auch im Hinblick auf eine transmitter-assoziierte Sichtweise – zahlreiche Möglichkeiten, psychiatrische Erkrankungen, die v.a. diese relevanten Transmittersysteme betreffen, pathophysiologisch weitreichender zu beleuchten. In diesem Zusammenhang kann die veränderte Zeitwahrnehmung neben einem differentialdiagnostischen Nutzen (vgl. Kapitel 2.5) ebenfalls symptomatische Ausprägungen der Erkrankungen begründen und dadurch zum Gesamtverständnis der Erkrankung beitragen.

2.2. Aufmerksamkeitsdefizit-/Hyperaktivitätsstörung (ADHS)

2.2.1. Definition, Epidemiologie und Klassifikation

Die Aufmerksamkeitsdefizit-/Hyperaktivitätsstörung ist eine Verhaltensstörung mit Beginn in der Kindheit, die durch die drei Kernsymptome Aufmerksamkeitsstörung, Impulsivität und Hyperaktivität gekennzeichnet ist.⁴⁹⁻⁵¹

Die weltweite Prävalenzrate liegt im Durchschnitt bei 5,29%.⁵² In Deutschland beträgt sie 4,8%, wobei Jungen mit 7,9% etwa 4,3-mal häufiger betroffen sind als Mädchen (1,8%).⁵³

Der Begriff ADHS stammt aus dem Klassifikationssystem DSM (Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders) und hat sich im allgemeinen Sprachgebrauch durchgesetzt. Die diagnostischen Kriterien richten sich jedoch nach dem in Deutschland maßgeblichen Klassifikationssystem ICD-10 (International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems, 10. Version). Dieses verlangt das situationsübergreifende und beeinträchtigende Vorliegen der Kernsymptome über mindestens sechs Monate – erstmalig vor dem Alter von sieben Jahren.^{50,51}

Die Kriterien nach ICD-10 (vgl. Abbildung 3) erfordern für die Diagnose einer Einfachen Aktivitäts- und Aufmerksamkeitsstörung (F90.0) das Vorhandensein der drei Kernsymptome Aufmerksamkeitsstörung, Hyperaktivität und Impulsivität. Liegt zudem eine Störung des Sozialverhaltens (F91) vor, wird die Hyperkinetische Störung des Sozialverhaltens (F90.1) diagnostiziert.^{50,51} Sofern bei Betroffenen keine Hyperaktivität nachweisbar ist, wird die Aufmerksamkeitsstörung ohne Hyperaktivität (F98.8) diagnostiziert, die den anderen Verhaltens- und emotionalen Störungen mit Beginn in der Kindheit und Jugend (F98.x) zugeordnet wird.⁵⁰

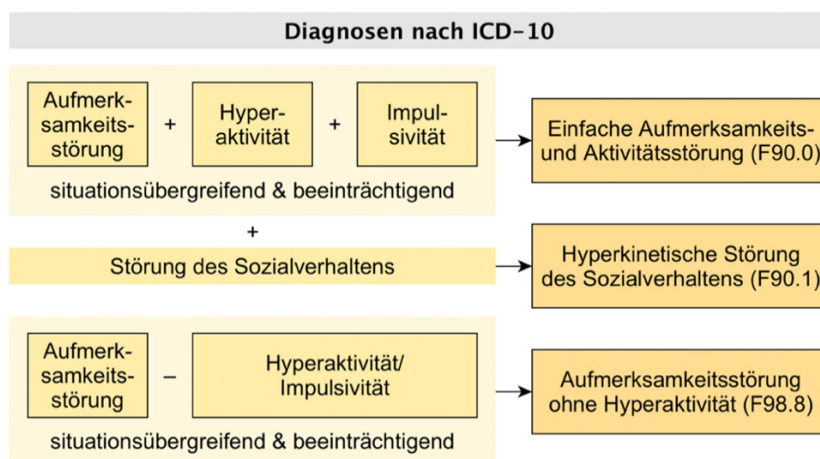


Abb. 3: Diagnosekriterien der AD(H)S nach ICD-10^{50,54}

2.2.2. Ätiologie

Die folgende Abbildung 4 zeigt ein aktuelleres, biopsychosoziales Modell zur Entstehung von AD(H)S. In diesem integrativen Erklärungskonzept sind primäre Ursachen (linke Seite in der Abbildung 4) dargestellt, die über neurobiologische und -psychologische Prozesse zu Kernsymptomen sowie z.T. komorbiden Störungen der AD(H)S führen.

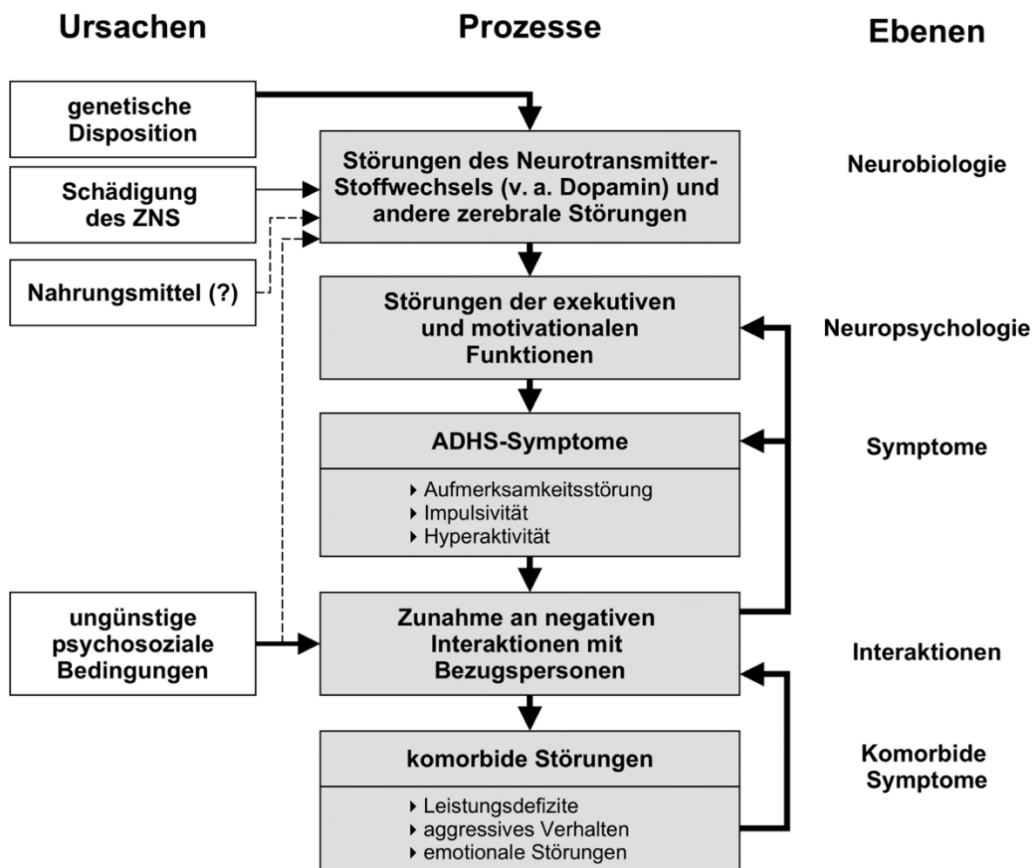


Abb. 4: Biopsychosoziales Modell zur ADHS-Entstehung^{51,54}

Primäre Faktoren

Obwohl AD(H)S zu den am häufigsten untersuchten psychiatrischen Erkrankungen zählt, konnte bislang keine definitive Ursache gefunden werden.⁵⁵ Genetische Faktoren spielen eine wichtige Rolle⁵⁶, wobei die Kombination mehrerer genetischer Abweichungen, insbesondere im Dopamin-System, bei AD(H)S-Patienten nachgewiesen wurde^{55,57}.

Daneben werden zentralnervöse Schädigungen, wie perinatale Hypoxie⁵⁸ sowie pränataler Alkohol- und Nikotinabusus⁵⁹, mit AD(H)S in Verbindung gebracht. Psychosoziale Faktoren, wie ein geringer sozioökonomischer Status^{60,61} und familiäre Konflikte⁶⁰, beeinflussen dabei v.a. den Schweregrad, Verlauf und die Komorbidität der AD(H)S.

Diese Faktoren verstärken in Kombination mit AD(H)S-Symptomen den negativen Einfluss auf Interaktionen mit Bezugspersonen und lösen so eine sich verstärkende Faktorenkette aus (vgl. Abbildung 4). Diese ebnet den Weg für weitere komorbide Störungen, welche ebenso ein signifikantes Rückkopplungspotential aufweisen.⁶²

Vermittelnde Prozesse

Primäre Faktoren beeinflussen neurobiologische/-psychologische Prozesse. Hierbei weisen AD(H)S-Patienten Abweichungen im Striatum, präfrontalen Kortex und Cerebellum auf.⁶³⁻⁷¹ Nach dem biopsychosozialen Modell von Döpfner & Banaschewski⁵¹ wirken sich demnach die

o.g. neurobiologischen Prozesse auf die Neuropsychologie aus, die als Folge die Kernsymptome der AD(H)S nach sich ziehen (vgl. Abbildung 4).⁵¹ In den 90er Jahren stellten exekutive Dysfunktionen den zentralen Ansatz der Entstehungsmodelle der AD(H)S dar.⁷² Das neuropsychologische Entstehungsmodell von Barkley⁷² interpretiert dabei die Symptome der AD(H)S als Konsequenz mangelnder Selbstregulation, welche auf Defizite des Präfrontalen Kortex zurückgeführt werden. Dieser soll in diesem Kontext mitunter für Inhibitionsprozesse verantwortlich sein. Aufgrund der verminderten Verhaltenshemmung sollen Defizite der nachfolgenden vier exekutiven Funktionen resultieren: Arbeitsgedächtnis, Regulation von Affekt, Motivation und Aufmerksamkeit, Internalisierung von Automation und Sprache sowie die Analyse und Entwicklung von Handlungssequenzen.⁷²

Diese exekutiven Störungen führen zu einem defizitären Prozess der Handlungsplanung und -kontrolle, der sich negativ auf die Verhaltensebene auswirkt.⁷² In diesem Zusammenhang zeigen fMRT-Untersuchungen bei Kindern mit AD(H)S verminderte Aktivitäten in Gehirnarealen, die für die oben genannten Exekutivfunktionen verantwortlich sein sollen.⁷³

Daneben beschreibt Sonuga-Barkes⁷⁴ Dual-Pathway-Modell die Ätiologie der AD(H)S als das Ergebnis zweier unabhängiger Prozesse: zum einen kann sie als Selbstregulationsstörung verstanden werden, die infolge defizitärer inhibitorischer Kontrolle negative kognitive und verhaltensspezifische Konsequenzen zur Folge hat. Zum anderen vermutet Sonuga-Barke⁷⁴ einen weiteren, unabhängigen Entstehungsweg, der auf motivationalen Defiziten beruht und sich in Form von Verzögerungsaversionen manifestiert. Die Folge ist eine im Vergleich zu Gesunden höhere Diskontierung bzw. Abwertung zukünftiger Ereignisse, wodurch unmittelbare geringere Belohnungen späteren höheren vorgezogen werden.

Dem Dual-Pathway-Modell zufolge sind sowohl die Dysfunktion inhibitorischer Prozesse als auch ein defizitäres Belohnungssystem für die Entstehung der Kernsymptome der AD(H)S verantwortlich. Impulsivität wird dabei vor allem in Situationen beobachtet, in denen eine Auswahl zwischen unmittelbarer und verzögerter Belohnung möglich ist. Unaufmerksamkeit und Hyperaktivität treten hingegen auf, wenn für Betroffene keine Auswahlmöglichkeit besteht und eine unausweichliche Verzögerung resultiert. Diese wird durch eine Reduktion der Zeitwahrnehmung kompensiert, indem AD(H)S-Patienten versuchen, die Empfindung der verstreichenden Zeit durch die Gestaltung oder Beachtung nicht-zeitlicher Reize zu verringern. Unaufmerksamkeit und Hyperaktivität treten somit als Nebeneffekte dieses Bestrebens auf.⁷⁴ Sonuga-Barke et al.⁷⁵ erweiterten das Dual-Pathway-Modell um eine zusätzliche unabhängige Komponente (Zeitwahrnehmungsstörungen) und postulierten die AD(H)S im Rahmen des sogenannten Triple-Pathway-Modells (mehr dazu in Kapitel 2.3.2).

Das biopsychosoziale Modell⁵¹ stellt demnach ein aktuelles Entstehungsmodell dar, welches zahlreiche Defizite als integrative ätiologische Bestandteile auffasst.⁵¹ Die resultierenden klinischen Ausprägungen können somit als Ergebnis dieser primär kausalen neurobiologischen Faktorenkette, moderiert durch psychosoziale Faktoren, betrachtet werden.⁶²

2.2.3. Symptomatik, Komorbidität, Verlauf, Diagnostik und Therapie

Das symptomatische Ergebnis der Faktorenkette aus dem biopsychosozialen Modell präsentiert sich durch die Kernsymptome Hyperaktivität, Impulsivität und Unaufmerksamkeit. Diese führen – v.a. in Kombination mit ungünstigen psychosozialen Bedingungen – zu der Entstehung von komorbiden Störungen, die bei bis zu 80% der AD(H)S-Patienten zu finden sind.⁷⁶ Der Verlauf von AD(H)S hängt v.a. von dem diagnostizierten Subtyp sowie dem Alter ab. Im Säuglings- und Kleinkindalter überwiegt das hohe Aktivitätsniveau, wohingegen im Vorschulalter die ziellose Hyperaktivität mit u.a. sprachlichen oder motorischen Entwicklungsdefiziten im Vordergrund steht. Im Grundschulalter leiden betroffene Kinder v.a. unter einer starken Ablenkbarkeit im Unterricht und weisen in 30 bis 50% der Fälle aggressives Verhalten auf.⁵¹ Die motorische Hyperaktivität nimmt dabei zwar im Entwicklungsverlauf ab, äußert sich bei Erwachsenen jedoch in einer inneren Unruhe.⁷⁷ Daneben persistieren v.a. Aufmerksamkeitsstörungen⁷⁸ sowie dissoziale und emotionale Auffälligkeiten⁷⁹, die bis ins Alter verbleiben. Grundsätzlich greifen Interventionen auf eine multimodale Behandlung zurück. Dabei werden auf Grundlage einer Psychoedukation (Aufklärung und Beratung) kombinierte pharmako-/verhaltenstherapeutische Maßnahmen angewandt. Hierbei wird anfangs bei stark ausgeprägter Symptomatik die Indikation für pharmakotherapeutische Interventionen festgestellt. Diese besteht v.a. aus der Verabreichung von insb. Methylphenidat, dem Goldstandard des pharmakotherapeutischen Ansatzes.^{80,81}

2.3. Abweichende Zeitwahrnehmung

2.3.1. Grundlagen zum Verständnis abweichender Zeitwahrnehmung

Die physiologische Zeitverarbeitung ist v.a. bei Patienten mit psychischen oder neurologischen Erkrankungen verändert. Folgen einer abweichenden Zeitwahrnehmung können sich dabei in der alltäglichen Wahrnehmung und zeitlichen Einordnung von Situationen sowie deren Abläufen auswirken und dabei die Entstehung bestimmter Symptome (mit)begründen.⁸²⁻⁸⁶ Die Interpretation über die Zeitverarbeitung klinischer Patienten kann anhand des Modells der Inneren Uhr (vgl. Kapitel 2.1.2) erfolgen. Ziel ist, krankheitsspezifische Veränderungen an bestimmten Stationen der Zeitverarbeitung (bspw. Schrittmacher) identifizieren und so pathophysiologische, diagnostische oder therapeutische Aussagen herleiten zu können.

Aussagen über die Zeitwahrnehmung hängen dabei neben der Intervalllänge (hauptsächlich Sekunden und Millisekunden) maßgeblich von der angewandten Methode, dem zugrunde gelegten Paradigma sowie der angegebenen Zeitschätzung ab^{5,11,87,88} (vgl. Kapitel 2.1.1). Die

Beurteilung der Zeitwahrnehmung sowie etwaiger Abweichungen im Gruppenvergleich kann anhand mehrerer Zahlenwerte abgebildet werden. Zunächst können die (absoluten) Abweichungen der Zeitschätzung von der objektiven Dauer im Durchschnitt verglichen werden. Zudem kann mit Hilfe des Richtungsfehlers (directional error) die Richtung der abweichenden Zeitschätzungen dargestellt werden. Dabei wird die subjektive Schätzung in Relation zu der tatsächlich abgelaufenen Zeit gesetzt (hier: verbale Zeitschätzung/tatsächliche Zeit). Ein Zahlenwert größer (kleiner) als eins zeigt eine Zeitüberschätzung (Zeitunterschätzung) bzw. gleich eins die Übereinstimmung der subjektiven Wahrnehmung mit der objektiven Zeit.⁹

Für die Erfassung des absoluten Fehlers wird die Relation der Abweichung im Betrag zu der tatsächlich abgelaufenen Zeit gesetzt – hier: $\frac{|Tatsächliche\ Zeit - Verbale\ Zeitschätzung|}{Tatsächliche\ Zeit} \times 100$. Dieser Wert kann das Ausmaß des Zeitschätzungsfehlers deutlicher beschreiben.⁹

Zudem kann durch den empirischen Variationskoeffizienten die relative Streuung der Fehler dargestellt werden. Dabei wird das Verhältnis der durchschnittlichen Zeitabweichungen zum jeweiligen Mittelwert – als Standardabweichung/Mittelwert – errechnet, um einen objektiveren Vergleich der Variationen zu gewährleisten.

Dadurch, dass die hier angewandte retrospektiv verbale Zeitschätzungsmethode schwerpunktmäßig Aussagen über die Schrittmacherrate trifft (vgl. Kapitel 2.1.2), werden nachfolgend neben generellen Abweichungen der Inneren Uhr insbesondere veränderte Geschwindigkeiten beschrieben und dabei mögliche Ursachen und Folgen herausgearbeitet.

Die Vorstellung des Schrittmachers als einen inneren Sekundenzeiger würde bei einer schnelleren Inneren Uhr bedeuten, dass sich dieser nach einer Minute bereits weit hinter der hypothetischen Uhrenanzeige – 12 – befindet (vgl. Abbildung 5). Ein Zeitintervall wird demzufolge durch das Vorliegen einer schnelleren Inneren Uhr verbal überschätzt bzw. verlängert wahrgenommen werden. Der internale Sekundenzeiger einer langsameren Inneren Uhr würde hingegen nach Ablauf der Minute nicht die -12- erreichen, sodass eine verbale Zeitunterschätzung erfasst würde.^{15,89}

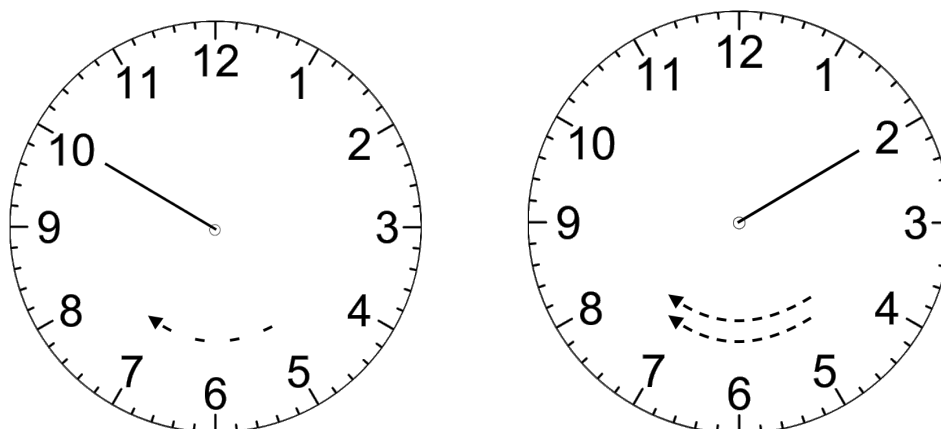


Abb. 5: Geschwindigkeitsunterschiede des Schrittmachers bei einem 60-Sek.-Intervall

Veränderte Zeitwahrnehmungen können durch dopaminerge Stimulanzien und Antipsychotika hervorgerufen werden. Die Gabe von Methamphetamin führt etwa dabei zu einer höheren Schrittmacherrate, wohingegen Antipsychotika wie Haloperidol eine Verlangsamung der Inneren Uhr zur Folge haben. Diese psychoaktiven Substanzen modulieren dabei v.a. das Dopamin-System: Methamphetamin als Dopaminagonist sowie Haloperidol als Dopaminantagonist. Demnach wurde dieser Neurotransmitter – neben der Relevanz für psychische Erkrankungen – bereits früh mit der Zeitverarbeitung in Verbindung gebracht.^{16,40,41}

Neben extern zugeführten pharmakologischen Einflüssen wirken sich ebenso interne Faktoren auf die Wahrnehmung von Zeit bzw. die Geschwindigkeit der Inneren Uhr aus. So konnte ein Zusammenhang zwischen Impulsivität^{88,90}, Emotionen² und hohen Körpertemperaturen⁹¹ mit verbaler Zeitüberschätzung nachgewiesen werden. Die abweichende Zeitwahrnehmung wird dabei auf höhere Erregungslevel und Schrittmacherraten zurückgeführt.^{2,90,91}

2.3.2. Die Rolle der Zeitwahrnehmung bei AD(H)S

Die AD(H)S weist grundsätzlich eine abweichende Zeitverarbeitung auf. Vergangene Studien konnten eine diskriminative Zeitüberschätzung bei Kindern und Jugendlichen mit AD(H)S feststellen.⁹²⁻⁹⁶ Sie empfanden Zeitintervalle als signifikant länger im Vergleich zu Kindern und Jugendlichen ohne AD(H)S, sodass eine schnellere Innere Uhr als Ursache der Zeitüberschätzung vermutet wurde.⁹³⁻⁹⁶ Diese wird durch verbale Zeitüberschätzungen bestätigt, die auf einen überaktiven Schrittmacher im Sinne einer schnelleren Inneren Uhr hinweisen.^{68,85,97-99} Reproduktive^{84,92,100,101} sowie produktive^{92,102,103} Zeitunterschätzungen werden ebenso u.a. auf die höhere Geschwindigkeit der Inneren Uhr zurückgeführt, sodass zusammenfassend bei AD(H)S-Patienten eine schnellere Innere Uhr durch den schnelleren Schrittmacher vermutet werden kann.

Neben den bereits beschriebenen Auffassungen der AD(H)S existieren weitere Modelle, in denen eine abweichende Zeitwahrnehmung – direkt oder indirekt – eine entscheidende Rolle spielt. Bereits 1998 untersuchten Sonuga-Barke et al.¹⁰⁴ die Rolle der Zeitwahrnehmung bei Kindern mit AD(H)S, denen ein 2-Sekunden-Fenster für die Beantwortung einer vorgegebenen Aufgabe zur Verfügung stand. Diese wiesen im Vergleich zur nicht von AD(H)S betroffenen Kontrollgruppe die Tendenz auf, eine Antwort abzugeben noch bevor das dafür vorgesehene Fenster erschien. Sonuga-Barke et al.¹⁰⁴ vermuteten daher eine hohe Relevanz von Zeitwahrnehmungsstörungen bei AD(H)S – neben Verzögerungsaversionen und Inhibitionsstörungen.¹⁰⁴

In diesem Zusammenhang bestätigten Sonuga-Barke et al.⁷⁵ in einer Folgestudie, dass Kinder und Jugendliche mit AD(H)S nicht nur stärker ausgeprägte Inhibitionsstörungen und Verzögerungsaversionen zeigen, sondern ebenso Zeitverarbeitungsdefizite. Von 71% der Erkrankten, die ein neuropsychologisches Defizit aufwiesen, zeigten 70% eine unabhängige Störung in einem dieser Bereiche. Demzufolge konnten separate AD(H)S-Untergruppen mit jeweils nur

einem der drei o.g. Merkmale gebildet werden, von denen Zeitwahrnehmungsstörungen mit 24.7% sogar am häufigsten als unabhängiges Defizit identifiziert wurde.⁷⁵

Die Erweiterung des Dual-Pathway-Modells um ein zusätzliches, unabhängiges Merkmal führte zu dem sog. Triple-Pathway-Modell, das auf der Existenz von drei Komponenten beruht:

- Störungen der Inhibition
- Verzögerungsaversionen
- Zeitverarbeitungsstörungen.

Eine weitere Auffassung von AD(H)S, in der Zeitverarbeitungsstörungen (bisher) eine eher indirekte Rolle innehaben, wird in der sog. dynamischen Entwicklungstheorie (dynamic developmental theory) von Sagvolden et al.⁸⁶ beschrieben. AD(H)S wird hier im Kontext eines Prozesses verstanden, der sich in Abhängigkeit mehrerer Faktoren unterschiedlich entwickeln kann. Die Entstehung der Symptome soll dabei v.a. auf Abweichungen innerhalb folgender dopaminergere Projektionsbahnen (physiologische Funktion in Klammern) beruhen:

- mesolimbisch (Belohnung und Verstärkung von Verhalten)
- mesokortikal (Aufmerksamkeit und Verhaltensorganisation)
- nigrostriatal (motorische Funktionen).

Diese neurobiologischen Abweichungen sollen kontinuierlich den Auswirkungen sozialer Umweltfaktoren unterliegen, die dabei den Erkrankungsverlauf sowie die Entstehung von Symptomen maßgeblich beeinflussen. Folglich werden die resultierenden klinischen Ausprägungen im Alter als variabel angenommen, sodass AD(H)S in einem dynamischen Kontext als Ergebnis individueller Prädisposition und vorliegenden externen Faktoren verstanden wird.⁸⁶

Die Defizite des mesolimbischen Systems sollen hier eine entscheidende Rolle spielen, da sie für die beiden Verhaltensprozesse sowie resultierenden Symptome verantwortlich sein sollen:

- eine veränderte Verstärkung neuer Verhaltensweisen
- eine verminderte Extinktion zuvor verstärkter Verhaltensweisen.

Folgt generell auf neues Verhalten eine positive Reaktion, so ist die Wahrscheinlichkeit eines erneuten Auftretens für zukünftige Situationen erhöht. Der Effekt dieser Verstärkung ist größer, wenn sie unmittelbar auf das Verhalten folgt bzw. kleiner, sobald eine Verzögerung auftritt.

Dabei wird das Verhältnis zwischen dem Verstärkereffekt und der Zeitspanne zwischen Verhalten und Verstärkung durch den sog. Verzögerungsgradienten (delay gradient) beschrieben. Im Vergleich dazu resultiert eine Extinktion zuvor verstärkter Reaktionsmuster durch daraus folgende negative Konsequenzen, da sie die Wiederauftretswahrscheinlichkeit reduzieren.⁸⁶

Bei Verstärkerprozessen zeigt das mesolimbische System eine erhöhte Aktivität mit einem Wechsel von tonischer zu phasisch gesteigerter Dopamin-Freisetzung, was zu einem hyperdopaminergen Zustand im ventralen Striatum und frontalen Kortex führt. Für die Extinktion unerwünschter Reaktionen ist hingegen eine phasische Reduktion der ursprünglich tonischen

Dopamin-Freisetzung erforderlich.⁸⁶ Die Effizienz der Verstärkung und Extinktion soll bei AD(H)S aufgrund mesolimbischer Dysfunktionen verringert/defizitär sein (vgl. Abbildung 6).

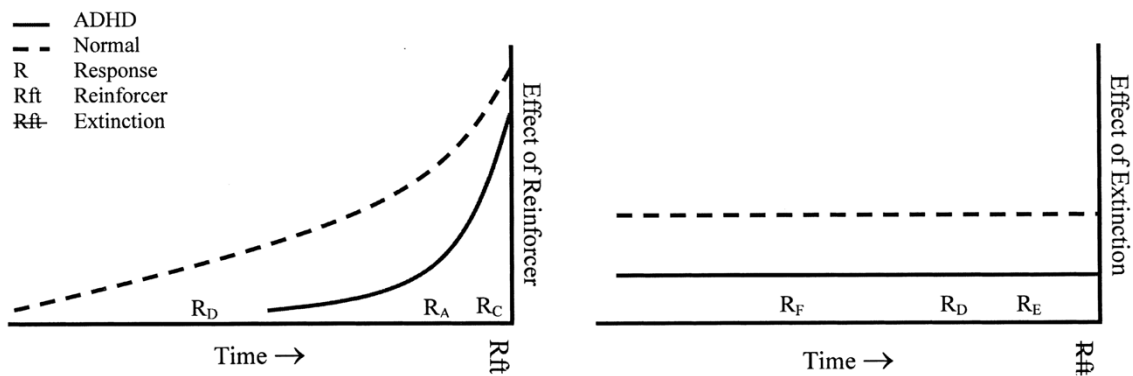


Abb. 6: Zeitspanne der möglichen Verstärker-/Extinktionsverzögerung⁸⁶

Der linke Teil der Abbildung 6 zeigt den Verzögerungsgradienten als das Verhältnis zwischen ablaufender Zeit (Time) und dem Verstärkereffekt (Effect of Reinforcer). Der generell höhere Effekt unmittelbarer Verstärkungen wird durch die negativen Steigungen beider Kurven (durchgezogene Linie für AD(H)S-Betroffene bzw. gestrichelte Linie für AD(H)S-Nicht-Betroffene) deutlich.

Die Reaktionen/Verhaltensweisen R_A und R_C [Response] liegen jeweils innerhalb der Kurvenflächen für AD(H)S-Patienten und Gesunde, sodass in jedem Fall ein Verstärkereffekt auftreten würde (vgl. Abbildung 6 links). Allerdings liegen deutliche Unterschiede zwischen den Gruppen vor. Zum einen werden bei Gesunden grundsätzlich höhere Verstärkereffekte sowie eine geringere Effektminderung pro Zeit (flachere negative Steigung der Kurve) im Vergleich zu AD(H)S-Patienten angenommen. Darüber hinaus soll die Zeitspanne, in der grundsätzlich eine Verstärkung möglich ist, bei Gesunden deutlich länger (späteres Kurvenende) als bei Erkrankten sein. AD(H)S-Patienten weisen demnach einen niedrigeren, steileren sowie kürzeren Verzögerungsgradienten auf, sodass Verstärkerprozesse nicht nur schwächer, sondern z.T. – wie bei R_D – nicht mehr möglich sein sollen. Der Effekt der Extinktion (Effect of Extinction) soll bei Gesunden stets größer als bei AD(H)S-Patienten sein (vgl. Abbildung 6 rechts), sodass unerwünschte Reaktionsmuster grundsätzlich ineffizienter abgeschwächt werden.

Sagvolden et al.⁸⁶ vermuten im Hinblick auf die mesolimbische Dysfunktion ein Ungleichgewicht der tonischen und phasischen Dopamin-Freisetzung, welches sich allerdings – neben einem dauerhaft niedrigeren tonischen Niveau – v.a. in defizitären phasischen Reaktionen äußert. Eine Verminderung der phasischen Erhöhungen der Dopamin-Freigabe bei Verstärker- bzw. Senkungen bei Extinktionsprozessen soll dabei zu den Abweichungen der o.g. Verhaltensprozesse führen. Darüber hinaus soll die ineffiziente Beeinflussung des Verhaltens maßgeblich an der Entstehung und Ausprägung der AD(H)S-Symptome beteiligt sein.⁸⁶

Sagvolden et al.⁸⁶ führen in diesem Kontext Aufmerksamkeitsdefizite auf Dysfunktionen in zwei dopaminergen Neuronenschleifen zurück. Zum einen soll eine Unterfunktion in der hierfür zu-

ständigen mesokortikalen Projektionsbahn verantwortlich sein. Zum anderen sollen die ineffizienten Verstärker- und Extinktionsprozesse infolge mesolimbischer Unterfunktion zu einer verminderten Stimuluskontrolle führen und dadurch u.a. Aufmerksamkeitsdefizite induzieren.⁸⁶

Daneben soll Hyperaktivität v.a. das Ergebnis seltenerer Extinktion von unerwünschten Verhaltensweisen sein. Dadurch stünden letztlich mehrere ungefilterte und unterschiedliche Reaktionsmuster zur Verfügung, die durch einen Mangel an rationaler Selektion zu einer ineffizienten und inadäquaten Antwort der AD(H)S-Patienten führen.⁸⁶

Impulsivität wird häufig im Zusammenhang mit der Verzögerungsaversion bei AD(H)S beschrieben, welche durch die Präferenz, unmittelbare, kleinere Belohnungen späteren, größeren vorzuziehen, gekennzeichnet ist. Dabei sollen v.a. Dysfunktionen des Ncl. accumbens verantwortlich für impulsives Verhalten sein, da dieser Kernbereich eine tragende Säule innerhalb des Belohnungssystems darstellt (s.o.). Im Hinblick auf die dabei involvierten Verstärkerprozesse wird nicht nur das wahrscheinlichere Auftreten einer Reaktion beeinflusst, sondern ebenso deren Beziehung zueinander. Davon sind v.a. die Pausen zwischen zwei Reaktionen (interresponse time) betroffen, wobei deren Verstärkung mit kürzeren Zwischenpausen – R_A und R_C im Vergleich zu R_D und R_C (vgl. Abbildung 6) – als Grundlage impulsiver Verhaltensweisen verstanden wird. Demzufolge werden aufgrund des kürzeren Verzögerungsgradienten bei AD(H)S lediglich bzw. vor allem jene Reaktionen mit kurzen Zwischenpausen verstärkt und dadurch Impulsivität induziert. Dieses Verhalten tritt zwar ebenso physiologisch bei gesunden Kindern auf, sodass v.a. in der frühen Kindheit eine klare Differenzierung zu AD(H)S erschwert ist. Allerdings ist bei Gesunden die Entwicklung von Verhaltensmustern mit längeren Zwischenpausen sowie von Einflussmöglichkeiten über verbale Stimuli deutlich früher ausgeprägt, sodass Impulsivität ohnehin seltener im Verlauf auftritt. Demgegenüber weisen AD(H)S-Patienten infolge kürzerer Verzögerungsgradienten eine verzögerte Entwicklung dieser Eigenschaften auf, sodass eine unphysiologisch längere Persistenz der Impulsivität resultiert.⁸⁶

Die abweichenden Verhaltensprozesse werden in der dynamischen Entwicklungstheorie als Grundlage der erhöhten Vulnerabilität von AD(H)S-Patienten verstanden, welche im Lebensverlauf dem Einfluss o.g. Umweltfaktoren unterliegt. Insbesondere familiäre und gesellschaftliche Faktoren können den Krankheitsverlauf sowohl positiv als auch negativ maßgeblich beeinflussen. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit, vor allem jene therapeutischen Ansätze zu implementieren, die sich durch den gezielten Einsatz von Verstärkern positiv auf die Entwicklung der AD(H)S auswirken. Dabei hätte die unmittelbare, häufige Verstärkung erwünschter Reaktionsmuster durch Sorgeberechtigte mitunter den höchsten Stellenwert. Folglich würde das Unterlassen zu der Entstehung unerwünschter Verhaltensweisen führen und dadurch einen deutlich schlechteren Krankheitsverlauf zur Folge haben.⁸⁶

Im Gegensatz zum Triple-Pathway-Modell, in dem die Zeitwahrnehmungsstörungen bei der AD(H)S einen unabhängigen Subtyp definieren⁷⁵, spielen diese bei den Annahmen von Sagvolden et al.⁸⁶ eher eine untergeordnete Rolle. Dabei würden Defizite der Inneren Uhr die abweichenden Verhaltensprozesse bei AD(H)S im Hinblick auf den kürzeren Verzögerungsgradienten begründen können.

Aufgrund der Rolle, die eine abweichende Zeitwahrnehmung bei AD(H)S spielt, werden in der vorliegenden Dissertation Zusammenhänge zwischen AD(H)S und einer abweichenden bzw. ungenaueren Zeitschätzung sowie dem Gesamt-Intelligenzquotienten (Gesamt-IQ) bzw. einzelnen WISC-IV-Indexwerten untersucht. Möglicherweise wirkt AD(H)S über einen spezifischen, defizitären kognitiven Bereich modulierend auf die Zeitwahrnehmung. Denkbar ist ebenso, dass eine pathologische Zeitverarbeitung Einfluss auf bestimmte kognitive Bereiche oder alltägliche Verhaltensweisen ausübt und dadurch klinische Symptome begründet werden können.

2.3.3. Alters- & Geschlechtereffekte auf die Zeitwahrnehmung

Alters- und Geschlechterunterschiede beeinflussen die Untersuchung der Zeitwahrnehmung und bestimmen daher das Einschlusskriterium Alter und Geschlecht. Gautier und Droit-Volet¹⁰⁵ untersuchten die reproduktive Zeitschätzung bei Kindern im Alter von 5 und 8 Jahren. Die Ergebnisse zeigten, dass die Zeitschätzung insgesamt zu kurz ausfällt, wenn eine Aufgabe während der Zeitspanne durchgeführt werden muss. Dieser Effekt ist allerdings bei 5-Jährigen größer. Des Weiteren wiesen 8-Jährige einen signifikanten Zeitschätzungsunterschied bei der Konstellation keine Aufgabe und hoch komplexe Aufgabe auf, während es bei den 5-Jährigen bereits bei niedrig komplexen Aufgaben zu Unterschieden kam. Die Autoren begründeten diese Tatsache mit einer Entwicklung bzw. Reifung der Zeitwahrnehmung zwischen diesen Altersgruppen. So würden 8-Jährige bei einer komplexen Aufgabe mehr Restkapazität für die Zeitverarbeitung aufweisen als 5-Jährige.¹⁰⁵ Um Alterseffekte zu umgehen und eine weitestgehend ausgereifte Zeitverarbeitung untersuchen zu können, wird das Einschlusskriterium Alter zwischen 7 und 16 Jahren festgelegt.

Des Weiteren untersuchten Rammsayer und Lustnauer¹⁰⁶ mögliche Zeitschätzungsunterschiede in Abhängigkeit des Geschlechts. Sie zeigten, dass Männer Zeit signifikant besser einschätzen können. Seri et al.¹⁰⁰ verglichen zudem die reproduktive Zeitschätzung sowohl mit als auch ohne die Präsentation eines visuellen Reizes bei jungen Männern und Frauen – jeweils mit und ohne AD(H)S. Die Ergebnisse wiesen die folgenden Geschlechtereffekte auf:

- Gesunde Frauen unterschätzen Zeit eher als gesunde Männer.
- Männer mit AD(H)S unterschätzen Zeit im Vergleich zu gesunden Männern
- Frauen mit AD(H)S zeigen keine Unterschiede im Vergleich zu gesunden Frauen
- Signifikante Zeitschätzungsunterschiede weisen insgesamt lediglich Männer auf.¹⁰⁰

Die Untersuchungen in der vorliegenden Arbeit werden demnach an männlichen, psychisch kranken Kindern und Jugendlichen zwischen 7 und 16 Jahren durchgeführt, um den Einfluss o.g. Geschlechter- und Alterseffekte zu kontrollieren.

2.4. Intelligenz und ihre Bedeutung bei AD(H)S

2.4.1. Intelligenztheorie

In der Psychologie wird Intelligenz als eine sehr allgemeine geistige Fähigkeit verstanden, die verschiedene kognitive Prozesse wie schlussfolgerndes Denken, Planen, Problemlösen, abstraktes Denken, Verständnis komplexer Ideen, schnelles Auffassungsvermögen und Lernen aus Erfahrung umfasst.¹⁰⁷ Charles Spearman, ein britischer Psychologe, entwickelte 1927 eine der bekanntesten Intelligenztheorien. In seiner Theorie postulierte Spearman die Existenz eines Generalfaktors der Intelligenz, auch als g-Faktor bezeichnet, der allen Intelligenzleistungen zugrunde liegen soll. Zusätzlich sind mit jedem kognitiven Bereich spezielle Fähigkeiten bzw. s-Faktoren verbunden.¹⁰⁸ Raymond Cattell unterteilte Intelligenz hingegen in zwei unabhängige Komponenten ein – die kristalline und fluide Intelligenz. Kristalline Intelligenz basiert auf einem im Leben erworbenen Wissen, während die fluide Intelligenz eher die Fähigkeit repräsentiert, komplexe Zusammenhänge zu erkennen und Probleme zu lösen.¹⁰⁸

Horn entwickelte in Zusammenarbeit mit Cattell dessen Zwei-Komponenten-Theorie weiter, um weitere spezifische Faktoren zu bestimmen, die den Generalfaktor unterstützen.¹⁰⁹ Die erwähnten Theorien werden der psychometrischen Intelligenztheorie zugeordnet, die auf dem Messen und Testen mentaler Fähigkeiten basiert.¹⁰⁸

Als primäres Maß für die Intelligenz hat sich seit Beginn des 20. Jahrhunderts der Intelligenzquotient etabliert.¹⁰⁸ Für die Messung stehen Intelligenztests zur Verfügung. Der hier angewandte WISC-IV (**W**echsler **I**ntelligence **S**cale for **C**hildren-Fourth Edition) basiert auf dem Intelligenzmodell der CHC-Theorie (**C**attell-**H**orn-**C**arroll-Theorie), die Cattells Auffassung einer kristallinen und fluiden Intelligenz in Carrolls sog. Theorie der drei Ebenen (Three-Stratum-Theory) integriert. In diesen drei Ebenen werden spezifische kognitive Fähigkeiten (Stratum I), acht übergeordnete Faktoren aus den spezifischen Fähigkeiten wie die visuelle Wahrnehmung (Stratum II) sowie der g-Faktor (Stratum III) berücksichtigt.¹¹⁰

2.4.2. Die Rolle der Intelligenz bei AD(H)S-Patienten

AD(H)S-Patienten können durch die Leitsymptome der Erkrankung in der Schule und im Alltag auffallen, was sich negativ auf ihre akademischen Leistungen auswirken kann.¹¹¹ Die AD(H)S-Forschung untersuchte, ob schulische Defizite auf die klinische Symptomatik oder auf Intelligenzabweichungen zurückzuführen sind, wobei bisherige Studien keine eindeutigen Ergebnisse lieferten. Einige Studien fanden einen niedrigeren Gesamt-IQ bei AD(H)S-Patienten im Vergleich zu gesunden Kontrollprobanden^{75,92,94,96,112-118}, während andere keinen signifikanten Unterschied nachweisen konnten.^{93,95,119-121}

Die Untersuchungsergebnisse kognitiver Teilbereiche waren uneinheitlich. So konnten bei Betroffenen Defizite des Arbeitsgedächtnisses nachgewiesen werden.^{112,115-119,122}

Die Stichproben dieser Studien wiesen weitestgehend entweder nur¹¹⁶ oder hohe Raten^{112,115,117-119} komorbider Teilnehmer auf, was darauf hindeutet, dass möglicherweise eine psychische Zweiterkrankung anstelle der AD(H)S selbst die Arbeitsgedächtnisleistung beeinflusst. Suarez et al.⁹³ wiesen indes keinerlei Defizite bei monomorbiden Patienten nach.⁹³

Zudem weisen AD(H)S-Patienten Defizite der Verarbeitungsgeschwindigkeit auf^{113,115,116,119-121}, wobei v.a. mit gesunden Kontrollgruppen verglichen wurde^{113,115,116,118,119,121}.

Defizite übriger WISC-IV-Indices werden bei AD(H)S-Patienten nicht angenommen.^{116,119,123}

2.4.3. Zusammenhang zwischen Intelligenz und Zeitwahrnehmung

Der Zusammenhang zwischen Intelligenz und der Zeitschätzung kann zunächst anhand des Gesamt-IQs untersucht werden. Bei Gesunden hängt ein höherer Gesamt-IQ mit der Genauigkeit produktiver¹²⁴ und reproduktiver¹²⁵ Zeitschätzungen zusammen.

Bei AD(H)S-Patienten konnte kein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Gesamt-IQ und reproduktiver¹¹⁴ bzw. diskriminativer^{75,94,96,117} Zeitschätzung nachgewiesen werden.

Daneben kann der Einfluss eines WISC-IV-Index auf die Zeitschätzung untersucht werden. Arbeitsgedächtnisleistungen hängen bei Gesunden mit der Genauigkeit bzw. Variabilität reproduktiver Zeitschätzungen zusammen.^{13,125}

Bei AD(H)S-Patienten sind höhere Arbeitsgedächtnisleistungen mit genaueren reproduktiven^{75,126}, prospektiv verbalen¹²² und diskriminativen Zeitschätzungen^{75,94,117} assoziiert. Pollak et al.¹²² zeigten dabei, dass AD(H)S-Patienten trotz geringerer Arbeitsgedächtniskapazitäten und größerer Zeitschätzungsfehler bei höherer Arbeitsgedächtnisbeanspruchung keine größeren Fehler im Vergleich zu Gesunden aufwiesen. Methylphenidat verbesserte zwar die Leistungen des Arbeitsgedächtnisses bei AD(H)S-Patienten¹²⁷, allerdings nicht die Zeitschätzungsgenauigkeit. Daher stellten Pollak et al.¹²² trotz signifikanter Ergebnisse die Kausalität dieses Zusammenhangs infrage. Weitere Studien mit AD(H)S-Patienten fanden hingegen keine signifikanten Zusammenhänge zwischen Arbeitsgedächtnisleistungen und diskriminativen⁹³ bzw. reproduktiven¹²⁸ Zeitschätzungen.

Letztlich scheint dieser WISC-IV-Index Einfluss auf reproduktive sowie diskriminative Zeitschätzungen ausüben zu können, der allerdings nicht sämtliche AD(H)S-Patienten betrifft. Im Verlauf dieser Arbeit werden die uneindeutigen Ergebnisse obiger Studien detaillierter erörtert. Fink und Neubauer¹²⁵ wiesen neben dem Arbeitsgedächtnis auch die zentrale Rolle der Verarbeitungsgeschwindigkeit für die Genauigkeit reproduktiver Zeitverarbeitungsprozesse bei Gesunden nach.

Der Zusammenhang zwischen v.a. Arbeitsgedächtnis- sowie Verarbeitungsgeschwindigkeitsleistungen und der hier angewandten retrospektiv verbalen Zeitschätzung wurde bei AD(H)S-Patienten bisher nicht untersucht.

2.5. Fragestellung und Ziel der Arbeit

Die aktuelle Forschung deutet auf einen klinischen Zusammenhang zwischen AD(H)S, Intelligenz und Zeitwahrnehmung hin. Die vorliegende Dissertation beschäftigt sich daher mit den folgenden Fragestellungen:

1./2. Zunächst wird untersucht, ob ein Zusammenhang zwischen dem Gesamt-IQ bzw. bestimmten WISC-IV-Indexwerten und der Zeitschätzung bzw. subjektiven Zeitwahrnehmung bei psychisch kranken Kindern und Jugendlichen besteht.

3. Darüber hinaus wird ein Zusammenhang zwischen der Diagnose AD(H)S und einer systematischen Zeitüberschätzung/-unterschätzung bzw. der Genauigkeit der Zeitschätzung untersucht. Dadurch können Auswirkungen der AD(H)S auf die Innere Uhr des Patienten ermittelt werden. Der Vergleich erfolgt mit einer klinischen Kontrollgruppe. Dabei werden die ermittelten Zusammenhänge auf mögliche Alterseffekte untersucht, um eine potenzielle Entwicklung der Zeitwahrnehmung und AD(H)S-Symptome während eines Entwicklungsprozesses zu belegen.

4. Schließlich wird die Fragestellung behandelt, ob AD(H)S-Patienten einem spezifischen WISC-IV-Profil zugeordnet und anhand dessen von anderen psychisch kranken Kindern und Jugendlichen unterschieden werden können.

Zusammenfassend lassen sich die vier Hypothesen der vorliegenden Dissertation wie folgt darstellen:

- I Der Gesamt-IQ beeinflusst nicht die verbale Zeitschätzung
- II Es besteht ein Zusammenhang zwischen WISC-IV-Indices und verbaler Zeitschätzung
- III AD(H)S-Patienten überschätzen Zeit verbal
- IV AD(H)S-Patienten weisen ein spezifisches WISC-IV-Profil auf

Das primäre Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, einen möglichen Zusammenhang zwischen WISC-IV-Indexwerten und der Zeitschätzung zu untersuchen. Dabei soll der Einfluss der AD(H)S auf die Innere Uhr untersucht werden, um eine präzisere klinische und neurophysiologische Einordnung der AD(H)S zu erreichen.

Das für Medizin und Psychologie relevante Ziel ist die Entwicklung eines Verfahrens zur Differentialdiagnostik psychischer Erkrankungen. Durch den Nachweis von Unterschieden in der Zeitwahrnehmung sowie die Zuordnung eines spezifischen WISC-IV-Profiles bei AD(H)S-Patienten kann sie effizienter und kostengünstiger von anderen Störungen, wie beispielsweise affektiven Störungen, unterschieden werden.

Die Zeitwahrnehmung bei Kindern und Jugendlichen mit AD(H)S wurde zwar bereits mit gesunden Kontrollgruppen verglichen.^{97,98} Der Vergleich mit einer psychisch kranken klinischen Kontrollgruppe ermöglicht jedoch die Entwicklung eines Instruments zur Differentialdiagnostik.

3. Material und Methoden

3.1. Ethikvotum

Das Ethikvotum für die vorliegende Dissertation ist unter der Studiennummer 4498 von der Ethikkommission der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf erteilt worden.

Die Patienten und Sorgeberechtigten wurden mündlich sowie schriftlich über die Untersuchung informiert. Beide erteilten ihr Einverständnis zur Teilnahme in schriftlicher Form.

3.2. Verfahren und Variablen

Die Untersuchung der Zeitwahrnehmung und Intelligenz bei psychisch kranken Kindern und Jugendlichen erfolgte auf der Grundlage der nachfolgenden drei Säulen.

- Im Rahmen der Diagnostik, in der eine klinische Verdachtsdiagnose aus dem psychiatrischen Erkrankungskreis bestätigt werden sollte, erfolgte der WISC-IV Test.
- Das Ergebnis des Intelligenztests wurde auf Zusammenhänge mit abweichenden Zeitschätzungen untersucht.
- Die Untersuchung der subjektiven Zeitverarbeitung erfolgte während des WISC-IV Tests bzw. unmittelbar im Anschluss an einen Untertest.

3.2.1. Diagnostik

Bei Erstvorstellung in der kinder- und jugendpsychiatrischen Ambulanz wurde ein strukturiertes klinisches Interview mit den Sorgeberechtigten und ihren Kindern durchgeführt. Es erfolgte die Erhebung des psychopathologischen Befundes bei den Kindern und Jugendlichen. Zur weiteren Diagnostik wurde mit allen Probanden der WISC-IV (vgl. Kapitel 2.4.1) durchgeführt. Die Verhaltensbeobachtungen aus dem Erstgespräch und der Testung mit dem WISC-IV wurden bei der Diagnostik berücksichtigt.

Fragebögen zu hyperkinetischer, depressiver und ängstlicher Symptomatik aus dem DISYPS-II (**Diagnostik-System für psychische Störungen-II**)⁶¹ wurden allen Sorgeberechtigten zur Bearbeitung vorgelegt. Sofern die Sorgeberechtigten einverstanden waren, wurde ebenso ein Lehrerurteil zum Vorliegen einer hyperkinetischen Symptomatik durch den entsprechenden Fragebogen aus dem DISYPS-II eingeholt.

Das DISYPS-II umfasst Fragebögen zur Selbst- und Fremdeinschätzung. Es eignet sich zur Feststellung der nachfolgenden psychischen Störungen bei Kindern und Jugendlichen gemäß ICD-10 und DSM-V:

- Hyperkinetische Störung (HKS)
- Störungen des Sozialverhaltens (SSV)
- Angststörungen (ANZ)
- Depressive Störungen (DES)

Bei allen Probanden erfolgte eine körperlich-neurologische Untersuchung sowie eine Prüfung der Schulzeugnisse im Hinblick auf das Vorliegen psychischer Auffälligkeiten.

Neben diesem diagnostischen Standard erfolgten störungsspezifische diagnostische Untersuchungen in Abhängigkeit von Vorstellungsgründen und Verdachtsdiagnosen.

Diese umfassten somatische Untersuchungen (z.B. EEG, EKG, Blutbild, augenärztliche Untersuchung), Leistungsdiagnostik (z.B. Konzentrationstests, Lese- und Rechtschreibtests, Rechentests) sowie andere testpsychologische Verfahren (z.B. spezifische Fragebögen zur Erfassung von Ängsten, depressiver Symptomatik, aggressiven Verhaltensweisen, Leistungsmotivation).

3.2.2. WISC-IV

Sowohl der Gesamt-Intelligenzquotient (Gesamt-IQ), als auch die einzelnen Indices Sprachverständnis, Wahrnehmungsgebundenes Logisches Denken, Arbeitsgedächtnis sowie Verarbeitungsgeschwindigkeit wurden in der statistischen Auswertung berücksichtigt, um jeweils einen Zusammenhang mit der Zeitschätzung untersuchen zu können.

Der WISC-IV Test hat eine Durchführungszeit von 65 bis 90 Minuten und ist für einen Altersbereich von 6 bis 16 Jahren normiert. Die nachfolgende Tabelle 1 enthält die wichtigsten Merkmale des WISC-IV.

Tabelle 1

Eckdaten des WISC-IV¹⁰

Allgemeine Informationen	Herausgeber	Petermann, F. & Petermann, U.
	Erscheinungsjahr	2007; 2.,ergänzte Auflage, 2008
	Altersbereich	6 bis 16 Jahre
	Durchführungszeit	65 bis 90 Minuten
	Setting	Einzeltest
Übergeordnete Werte	Globale Fähigkeit	Gesamt-Intelligenzquotient
	Indexwerte	Sprachverständnis Wahrnehmungsgebundenes Logisches Denken Verarbeitungsgeschwindigkeit Arbeitsgedächtnis
	Untertests	10 Kerntests 5 optionale Untertests
Normstichprobe	Stichprobenumfang	1.650
	Zeitraum Datenerhebung	2005 - 2006

3.2.3. Testmethode der Zeitschätzung

Für die Integration der Untersuchung der Zeitwahrnehmung in den indizierten WISC-IV eignete sich die retrospektive, verbale Zeitschätzung in Sekunden. Die Zeitschätzung erfolgte während des WISC-IV Untertests Matrizen, der dem kognitiven Bereich Wahrnehmungsgebundenes Logisches Denken zugeordnet wird. Der Untersucher stoppte die für den Untertest benötigte Zeit mit Hilfe einer für den Teilnehmer nicht sichtbaren Stoppuhr. Es befand sich zu dem Zeitpunkt ebenfalls keine für den Teilnehmer sichtbare Uhr im Untersuchungsraum. Sobald die untersuchten Personen den Matrizen-Test beendet hatten, wurde unmittelbar nach einer subjektiven Schätzung der für diesen konkreten Untertest benötigten Zeit gefragt. Die geschätzte sowie die tatsächlich abgelaufene Zeit (in Sekunden) wurden notiert. Die Zeitschätzung wurde als Differenz der geschätzten mit der tatsächlich abgelaufenen Zeit als Zeitüberschätzung (positives Vorzeichen) bzw. Zeitunterschätzung (negatives Vorzeichen) erfasst. Zudem wurde der absolute Wert dieser Differenz als Maß für die Genauigkeit der Zeitschätzung verwendet.

3.2.4. Statistische Analyse

Datenmanagement

Die Daten der vorliegenden Variablen wurden in eine Excel-Tabelle aufgenommen (Microsoft Office 365) und in das Statistikprogramm IBM SPSS Statistics (Version 29) für Mac importiert.

Stichprobenbeschreibung

Fehlende Werte in der Stichprobe wurden in der statistischen Auswertung nicht berücksichtigt. Die nachfolgende Tabelle 2 beschreibt die Ein- und Ausschlusskriterien für die verwendete Studienpopulation.

Tabelle 2

Ein- und Ausschlusskriterien der Studienpopulation

Einschlusskriterien	Ausschlusskriterien
Diagnostizierte psychische Erkrankung	Gesamt-IQ < 85
Diagnostik am LVR-Klinikum Düsseldorf	
Keine aktuelle Medikation	
Männliches Geschlecht	
Alter ≥ 7 und ≤ 16 Jahre	
Einverständnis der Sorgeberechtigten und untersuchten Teilnehmer	

Insgesamt betrug die Gesamtstichprobengröße der untersuchten Kinder und Jugendlichen $N = 114$. Alle Teilnehmer waren männlichen Geschlechts. Das jüngste Kind war 7 Jahre, der älteste Jugendliche 16 Jahre alt.

Der Verdacht auf eine psychische Erkrankung eines Teilnehmers (ID 500-68) hat sich nicht bestätigt, sodass die ermittelten Ergebnisse nicht berücksichtigt wurden. Die Ergebnisse von 7 weiteren Teilnehmern (ID 500-3, -48, -51, -83, -89, -93 und -95) wurden ebenso nicht in der

statistischen Auswertung verwendet, da sie das Ausschlusskriterium (Gesamt-IQ < 85) erfüllten. Demnach betrug die Stichprobengröße zunächst $N = 106$. Darunter wurden 2 Ausreißer (ID 500-17 und -105) bzgl. der Zeitschätzung durch den Test nach Pearson und Hartley identifiziert und eliminiert.

Die Ergebnisse von insgesamt 10 Teilnehmern wurden daher nicht in der Auswertung berücksichtigt, sodass die ausgewertete Gesamtstichprobengröße letztlich $N = 104$ betrug.

Das arithmetische Mittel des Alters betrug in der Gesamtstichprobe 10.96 Jahre ($SD = 2.07$ Jahre).

Anhand des Altersmedians von 10.92 Jahre bzw. 10.50 Jahre bei der AD(H)S-Gruppe konnte die Gesamtstichprobe bzw. die AD(H)S-Gruppe in zwei Altersgruppen aufgeteilt werden (jeweils ≥ 10.92 Jahre bzw. ≥ 10.50 Jahre). Die statistischen Auswertungen wurden für beide Altersgruppen durchgeführt, um mögliche Alterseffekte identifizieren zu können.

Diagnosen

Des Weiteren wurden die Diagnosen mit Hilfe der ICD-10 Codierung bei der statistischen Auswertung berücksichtigt, um einen Zusammenhang zwischen der Diagnose und der Zeitschätzung untersuchen zu können. Dabei wurden sowohl die Haupt-, als auch etwaige Nebendiagnosen berücksichtigt, um den Einfluss von Komorbiditäten auf die Zeitwahrnehmung identifizieren zu können.

Die Teilnehmer der Gesamtstichprobe ($N = 104$) wurden den übergeordneten Hauptdiagnosegruppen AD(H)S-Gesamtgruppe ($n = 50$) und Klinische Kontrollgruppe ($n = 54$) zugeordnet. Die AD(H)S-Gesamtgruppe umfasste sämtliche AD(H)S-Patienten mit ($n = 16$) sowie ohne Komorbiditäten ($n = 34$) bzw. AD(H)S-Patienten der Subtypen F90.0 Einfache Aufmerksamkeits- und Hyperaktivitätsstörung ($n = 20$), F90.1 Hyperkinetische Störung des Sozialverhaltens ($n = 9$) sowie F98.8 Aufmerksamkeitsstörung ohne Hyperaktivität ($n = 21$).

Die übrigen Teilnehmer wurden der Klinischen Kontrollgruppe zugeordnet, deren Zusammensetzung ebenso in der nachfolgenden Tabelle 3 gezeigt werden.

Tabelle 3*Häufigkeitsverteilung der untersuchten Diagnosegruppen (N = 104)*

Diagnosegruppe	Häufigkeit <i>n</i>
AD(H)S-Gesamtgruppe	50
- AD(H)S ohne Komorbiditäten (F90.x/F98.8)	34
- AD(H)S mit Komorbiditäten (F90.x/F98.8 + Fxx.x)	16
- Lese- und Rechtschreibstörung (F81.0)	5
- Anpassungsstörung (F43.2)	2
- Emotionale Störungen des Kindesalters (F93.x)	2
- Depressive Episode (F32.x)	2
- Nichtorganische Enuresis (F98.0)	2
- Störung des Sozialverhaltens mit depressiver Störung (F92.0)	1
- Rechenstörung (F81.2)	1
- Kombinierte Störungen schulischer Fertigkeiten (F81.3)	1
AD(H)S-Subtypen	
- Einfache Aufmerksamkeits- und Hyperaktivitätsstörung (F90.0)	20
- Hyperkinetische Störung des Sozialverhaltens (F90.1)	9
- Aufmerksamkeitsstörung ohne Hyperaktivität (F98.8)	21
Klinische Kontrollgruppe	54
- Emotionale Störungen (F93.x)	13
- Belastungs-/Anpassungsstörung (F43.2)	12
- Entwicklungsstörung schulischer Fähigkeiten (F81.x)	10
- Kombinierte Störung Sozialverhalten/Emotionen (F92.x)	8
- Rezidivierende depressive Störung (F33.x)	3
- Störung des Sozialverhaltens (F91.x)	3
- Depressive Episode (F32.x)	2
- Störungen sozialer Funktionen (F94.x)	2
- Andere psychische Störungen im Jugendalter (F98.x)	1

Statistische Testverfahren

Eliminierung von Ausreißern

Der Test nach Pearson und Hartley zeigte bei der Auswertung der Zeitschätzung in Abhängigkeit der Gruppenzugehörigkeit zwei signifikante Ausreißer (ID 500-17 und -105, $\alpha < .01$), deren Ergebnisse daher bei den folgenden Analysen nicht berücksichtigt wurden. Zudem konnte ein Ausreißer der Klinischen Kontrollgruppe (ID 500-94) innerhalb der Untersuchung der Alterseffekte (< 10.92 Jahre) identifiziert und eliminiert werden ($\alpha < .05$).

Zusammenhang zwischen Gesamt-IQ und Zeitschätzung (Hypothese I)

Die Untersuchung dieses Zusammenhangs erfolgte mit Hilfe der Pearson-Korrelation.

Zusammenhang zwischen WISC-IV-Indices und Zeitschätzung (Hypothese II)

Zusammenhänge wurden mit Hilfe der linearen Regression ermittelt.

Zeitschätzungen (und WISC-IV-Indices) bei AD(H)S-Patienten (Hypothese III)

Für die Untersuchung signifikanter Mittelwertunterschiede eignete sich der T-Test für zwei unabhängige Stichproben. Der Levene-Test wurde verwendet, um zu testen, ob Varianzgleichheit angenommen wurde. Varianzgleichheit wurde bei $p > .05$ angenommen und die entsprechenden Werte für die statistische Auswertung verwendet.

WISC-IV-Profil von AD(H)S-Patienten (Hypothese IV)

Für die Untersuchung von Auswirkungen der Diagnosegruppen AD(H)S und Klinische Kontrollgruppe auf die WISC-IV Ergebnisse wurde eine multivariate Varianzanalyse (MANOVA) durchgeführt. Die unabhängige Variable war hierbei die Diagnosegruppe mit den beiden Stufen AD(H)S und Klinische Kontrollgruppe.

Als abhängige Variablen wurden die kontinuierlichen Variablen der verschiedenen WISC-IV-Indizes und der Gesamt-IQ verwendet:

- Gesamt-IQ
- Wahrnehmungsgebundenes Logisches Denken
- Arbeitsgedächtnis
- Verarbeitungsgeschwindigkeit
- Sprachverständnis

4. Ergebnisse

4.1. Intelligenz und Zeitschätzung

4.1.1. Gesamt-IQ und Zeitschätzung

Die Tabelle 4 zeigt die deskriptive Statistik des Gesamt-IQs und der Zeitschätzungen in der untersuchten Gesamtstichprobe ($N = 104$).

Tabelle 4

Gesamt-IQ und Zeitschätzung in Sekunden in der Gesamtstichprobe

Variable	Minimum	Maximum	M	Mdn	SD
Gesamt-IQ	85	128	101.8	101.0	9.8
SV	85	144	104.4	103.0	11.9
WLD	79	131	103.1	103.0	10.4
VAG	68	131	98.5	97.0	12.2
AG	68	123	99.1	99.0	11.2
Zeitwahrnehmung	-245	782	68.5	23.0	205.0
Genauigkeit	2	782	149.3	96.5	155.7

Anmerkung. SV = Sprachverständnis, WLD = Wahrnehmungsgebundenes Logisches Denken, VAG = Verarbeitungsgeschwindigkeit, AG = Arbeitsgedächtnis

Die Teilnehmer wiesen einen durchschnittlichen Gesamt-IQ von 101.8 ($SD = 9.8$) auf. Die verbal geschätzte Zeitdauer für den Untertest Matrizen betrug im Durchschnitt 68.5s ($SD = 205$ s). Für die Genauigkeit ergab sich eine durchschnittliche Abweichung von 149.3s ($SD = 155.7$ s). Tabelle 5 enthält die Ergebnisse der jeweils paarweisen Korrelationen zwischen zwei der beiden Variablen Gesamt-IQ und Zeitwahrnehmung bzw. Genauigkeit. Hierbei wies der Gesamt-IQ keine signifikante Korrelation mit der Zeitschätzung auf (je $p > .05$).

Tabelle 5

Korrelation zwischen Gesamt-IQ und Zeitschätzung in der Gesamtstichprobe

$N = 104$		Zeitwahrnehmung	Genauigkeit
Gesamt-IQ	r	-.040	.002
	p	-.686	.987

Daneben stellte sich ebenfalls keine signifikante Korrelation bei der separaten Untersuchung der Gruppen AD(H)S sowie Klinische Kontrollgruppe heraus mit $p > .05$. Ein Gesamt-IQ-Mediansplit bei 101 führte zudem ebenso zu nicht signifikanten Korrelationen ($p > .05$).

4.1.2. WISC-IV-Indices und Zeitschätzung

Die Verarbeitungsgeschwindigkeit konnte als Prädiktor für die Zeitschätzung identifiziert werden (Tabelle 6), mit $\beta = -.34$, $t(99) = -3.48$, $p < .01$ (Zeitwahrnehmung) bzw. $\beta = -.34$, $t(99) = -3.45$, $p < .01$ (Genauigkeit). Die Verarbeitungsgeschwindigkeit erklärte einen signifikanten Anteil der Varianz der Zeitschätzung mit $R^2 = .13$, $F(1,99) = 3.57$, $p < .01$. Die übrigen Zusammenhänge waren schwach und nicht signifikant ($\beta < |.15|$, $p > .05$).

Tabelle 6

Korrelation zwischen WISC-IV-Indices und Zeitschätzung

Variable	Zeitwahrnehmung			Genauigkeit		
	β	t	p	β	t	p
SV	-.14	-1.30	.198	-.14	-1.06	.292
WLD	-.01	0-.06	.954	-.07	-0.69	.494
VAG	-.34	-3.48	.001	-.34	-3.45	.001
AG	-.03	-0.30	.768	-.07	.71	.481

Anmerkung. SV = Sprachverständnis, WLD = Wahrnehmungsgebundenes Logisches Denken, VAG = Verarbeitungsgeschwindigkeit, AG = Arbeitsgedächtnis

4.2. Intelligenz in Abhängigkeit der Diagnose

Die nachfolgende Tabelle 7 zeigt einen Überblick der WISC-IV Ergebnisse der Untersuchungsgruppe im Vergleich mit der Klinischen Kontrollgruppe. Die Beschreibung der Ergebnisse erfolgt im Unterkapitel 4.2.1 (Gesamt-IQ) bzw. 4.2.2 (WISC-IV-Indices).

Tabelle 7

WISC-IV Ergebnisse der AD(H)S-Gesamtgruppe und Klinischen Kontrollgruppe

	Variable	M	SD	t	df	p
AD(H)S-Gesamtgruppe ($n = 50$)	Gesamt-IQ	101.3	10.6	-.47	102	.641
	SV	105.2	13.8	.69	102	.493
	WLD	104.7	11.0	1.50	102	.136
	VAG	92.5	12.1	-5.38	102	<.001
	AG	99.7	10.7	.55	102	.583
Klinische Kontrollgruppe ($n = 54$)	Gesamt-IQ	102.2	9.1			
	SV	103.6	9.9			
	WLD	101.6	9.7			
	VAG	104.0	9.5			
	AG	98.5	11.8			

Anmerkung. SV = Sprachverständnis, WLD = Wahrnehmungsgebundenes Logisches Denken, VAG = Verarbeitungsgeschwindigkeit, AG = Arbeitsgedächtnis. Das Kennzeichen ** weist auf einen signifikanten Unterschied hin mit $p < .01$

4.2.1. Gesamt-IQ in Abhängigkeit der Diagnose

Es zeigten sich keine signifikanten Gruppenunterschiede im Gesamt-IQ ($p > .05$).

4.2.2. WISC-IV-Indices in Abhängigkeit der Diagnose

AD(H)S und Klinische Kontrollgruppe

Es konnte ein statistisch signifikanter Unterschied der Verarbeitungsgeschwindigkeit zwischen der AD(H)S-Gesamtgruppe ($M = 92.5$; $SD = 12.1$) und der Klinischen Kontrollgruppe ($M = 104$, $SD = 9.5$) nachgewiesen werden mit $t(102) = -5.38$, $p < .001$.

Wie aus Tabelle 7 ersichtlich wird, unterschieden sich die übrigen WISC-IV-Indices hinsichtlich der hier betrachteten Stichproben nicht signifikant voneinander ($p > .05$).

Für die Untersuchung eines WISC-IV-Profiles bei AD(H)S-Patienten wurde mit Hilfe der multivariaten Varianzanalyse (MANOVA) ein signifikanter Gruppeneffekt nachgewiesen, mit $F(4,99) = 10.01$, $p < .001$, Wilks $\lambda = .71$, partielles $\eta^2 = .29$. Die Trennschärfe war – ebenso wie das partielle η^2 – mit 1.0 hoch, sodass eine entsprechend hohe Teststärke angenommen wurde. Demnach unterscheidet sich das WISC-IV-Profil von Kindern und Jugendlichen mit AD(H)S signifikant von einer Klinischen Kontrollgruppe.

4.3. Zeitschätzung in Abhängigkeit der Diagnose

Die nachfolgende Tabelle 8 zeigt die Zeitschätzungen der AD(H)S-Gesamtgruppe im Vergleich mit der Klinischen Kontrollgruppe.

Tabelle 8

Zeitschätzungen der AD(H)S-Gesamtgruppe im Vergleich mit Klinischer Kontrollgruppe

	Variable	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>t</i>	<i>df</i>	<i>p</i>
AD(H)S-Gesamtgruppe (<i>n</i> = 50)	Zeitwahrnehmung**	130.8	207.8	3.11	102	.002
	Genauigkeit**	189.8	154.5	2.63	102	.010
Klinische Kontrollgruppe (<i>n</i> = 54)	Zeitwahrnehmung	10.7	186.2			
	Genauigkeit	111.8	148.5			

Anmerkung. Die Kennzeichen ** weisen auf signifikante Unterschiede hin mit mindestens $p < .05$

4.3.1. AD(H)S-Gesamtgruppe und Klinische Kontrollgruppe

Wie aus Tabelle 8 sowie Abbildung 7 ersichtlich wies die AD(H)S-Gesamtgruppe zum einen eine höhere Zeitüberschätzung ($M = 130.8s$, $SD = 207.8s$) als die Klinische Kontrollgruppe ($M = 10.7s$, $SD = 186.2s$) auf. Zudem erfolgte durch die AD(H)S-Patienten eine ungenauere Zeitschätzung ($M = 189.8s$, $SD = 154.5s$) im Vergleich mit der Klinischen Kontrollgruppe ($M = 111.8s$, $SD = 148.5s$).

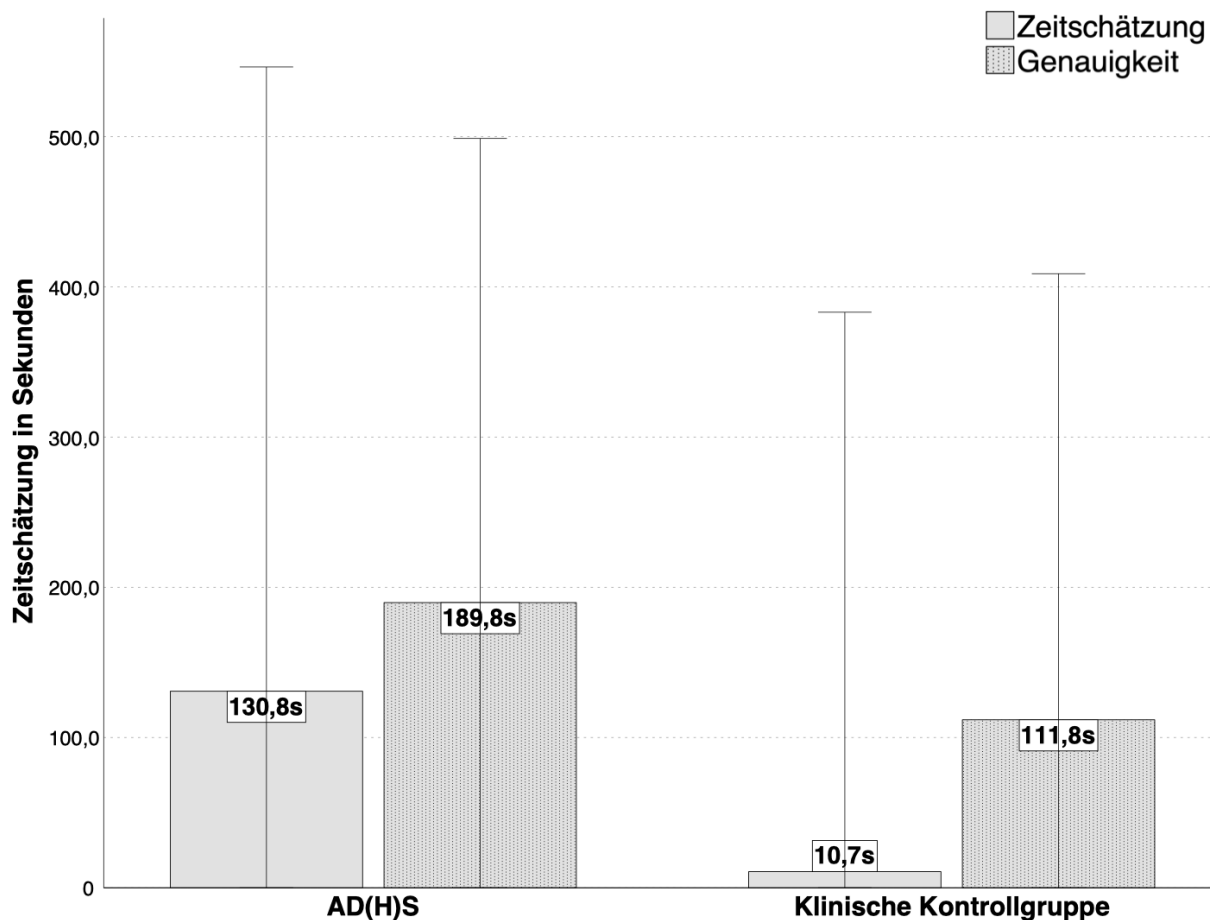


Abb. 7: Zeitschätzungen der AD(H)S-Gesamtgruppe und der Klinischen Kontrollgruppe (SD_z AD(H)S = 207.8s, Klinische Kontrollgruppe = 186.2s; SD_G AD(H)S = 154.5s, Klinische Kontrollgruppe = 148.5s)

Die höhere Zeitüberschätzung durch die AD(H)S-Gesamtgruppe war im Vergleich zu der Klinischen Kontrollgruppe mit $t(102) = 3.11$, $p < .01$, signifikant. Die Genauigkeit der Zeitschätzungen war bei den AD(H)S-Patienten mit $t(102) = 2.63$, $p < .05$ ebenso signifikant geringer (Tabelle 8).

Die AD(H)S-Gesamtgruppe wies demnach eine von anderen psychischen Erkrankungen signifikant abweichende Zeitverarbeitung auf, die sich in Form einer ungenaueren, verbalen Zeitüberschätzung äußerte.

5. Diskussion

Die in Kapitel 4 dargestellten Ergebnisse der vorliegenden Dissertation werden nachfolgend interpretiert und im Kontext der aktuellen Forschung betrachtet. Die Gliederung erfolgt grundsätzlich anhand der in der Einleitung aufgestellten Hypothesen:

- I Der Gesamt-IQ beeinflusst nicht die verbale Zeitschätzung
- II Es besteht ein Zusammenhang zwischen WISC-IV-Indices und verbaler Zeitschätzung
- III AD(H)S-Patienten überschätzen Zeit verbal
- IV AD(H)S-Patienten weisen ein spezifisches WISC-IV-Profil auf

5.1. Intelligenz und Zeitschätzung

5.1.1. Gesamt-IQ und Zeitschätzung

Die Ergebnisse dieser Arbeit belegen keinen Zusammenhang zwischen retrospektiv verbaler Zeitschätzung und dem Gesamt-IQ in der Gesamtstichprobe (vgl. Kapitel 4.1.1).

Demnach werden die Auffassungen von Fink und Neubauer¹²⁵ sowie Wearden et al.¹²⁴, dass Menschen mit einem höheren Gesamt-IQ Zeit genauer einschätzen können (produktive und reproduktive Zeitschätzung), nicht gestützt.

Das vorliegende Ergebnis stimmt jedoch mit früheren Studien überein, die, vor allem bei AD(H)S-Patienten, ebenfalls keine Korrelation zwischen der Zeitwahrnehmung (reproduktive und diskriminative Zeitschätzung) und dem Gesamt-IQ nachweisen konnten.^{75,94,96,114,117}

Der Gesamt-IQ beeinflusst im Hinblick auf die vorliegenden Ergebnisse nicht die verbale Zeitschätzung – weder in der Gesamtstichprobe noch innerhalb untersuchter Diagnosegruppen.

5.1.2. WISC-IV-Indices und Zeitschätzung

Die vorliegende Arbeit belegt in der Gesamtstichprobe einen signifikanten Zusammenhang zwischen der Verarbeitungsgeschwindigkeit und der verbalen Zeitschätzung.

Die Inkonsistenzen bisheriger Studien, die den Zusammenhang zwischen dem Gesamt-IQ und der Zeitschätzungsfähigkeit thematisieren, sowie die hier vorliegenden Ergebnisse legen nahe, dass nicht der Gesamt-Intelligenzquotient, sondern ein spezifischer kognitiver Faktor die Zeitwahrnehmung beeinflusst.

Bereits zahlreiche Studien untersuchten die Rolle von WISC-IV-Indizes hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf die Zeitwahrnehmung.^{13,75,94,117,122,125,126,129} Diese Forschungsarbeiten zeigten allerdings aufgrund der Variabilität in den angewandten Methodologien und den Charakteristika der Stichproben divergierende Ergebnisse. Demnach wurden hier (mögliche) Zusammenhänge der Zeitschätzung mit einzelnen WISC-IV-Indices untersucht.

Hierbei konnte in der Gesamtstichprobe nachgewiesen werden, dass höhere Leistungen der Verarbeitungsgeschwindigkeit mit geringeren und genaueren retrospektiv verbalen Zeitschätzungen verbunden sind (vgl. Kapitel 4.3.1). Bei der Zunahme dieses Indexwerts um einen

Punkt ist eine geringere Zeitschätzung von 0.34 Sekunden ($\beta = -.34$) bzw. absolut geringere Abweichung von je 0.34 Sekunden (je $\beta = -.34$) von der tatsächlichen abgelaufenen Zeit zu erwarten.

Die übrigen WISC-IV-Indices Sprachverständnis, Wahrnehmungsgebundenes Logisches Denken und Arbeitsgedächtnis wiesen keine signifikanten Zusammenhänge mit der verbalen Zeitschätzung auf.

Die differenzierende Untersuchung der AD(H)S-Gruppe bzw. der Klinischen Kontrollgruppe untermauert gleichermaßen allein den WISC-IV-Index Verarbeitungsgeschwindigkeit als signifikanten Prädiktor für die hier angewandte retrospektiv verbale Zeitschätzung.

Verarbeitungsgeschwindigkeit

Dieses Ergebnis entspricht nur teilweise dem bisherigen Forschungsstand. Fink und Neubauer¹²⁵ wiesen die hohe Relevanz der Verarbeitungsgeschwindigkeit bei Gesunden für die Genauigkeit reproduktiver Zeitschätzungen nach. Zudem erweist sich dieser WISC-IV-Index ebenso bei Schädel-Hirn-Trauma-Patienten als signifikanter Prädiktor für die Variabilität reproduktiver sowie produktiver Zeitschätzungen.¹²⁹ Die Geschwindigkeit mentaler und graphomotorischer Verarbeitung¹¹⁰ bzw. Verarbeitungsgeschwindigkeit ist u.a. verantwortlich für Aufmerksamkeitsleistungen¹¹⁰, die ebenso durch das Arbeitsgedächtnis als Lenker der Aufmerksamkeit gesteuert werden¹³⁰. Die Zusammenhänge wurden allerdings mit der reproduktiven Methode nachgewiesen^{125,129}, welche vor allem der Untersuchung der Gedächtnisebene der Inneren Uhr dienen²⁰. Demnach kann ein Einfluss der Verarbeitungsgeschwindigkeit auf diese/r Ebene angenommen werden.

Zudem wurden signifikante Zusammenhänge der Verarbeitungsgeschwindigkeit mit produktiven Zeitschätzungen¹²⁹ nachgewiesen, die – entsprechend der hier angewandten Methode – vor allem die Schnelligkeit der Inneren Uhr (Schrittmacher) untersucht¹³¹. Daher scheint dieser WISC-IV-Index ebenfalls die Uhrenebene zu beeinflussen (Abbildung 8).

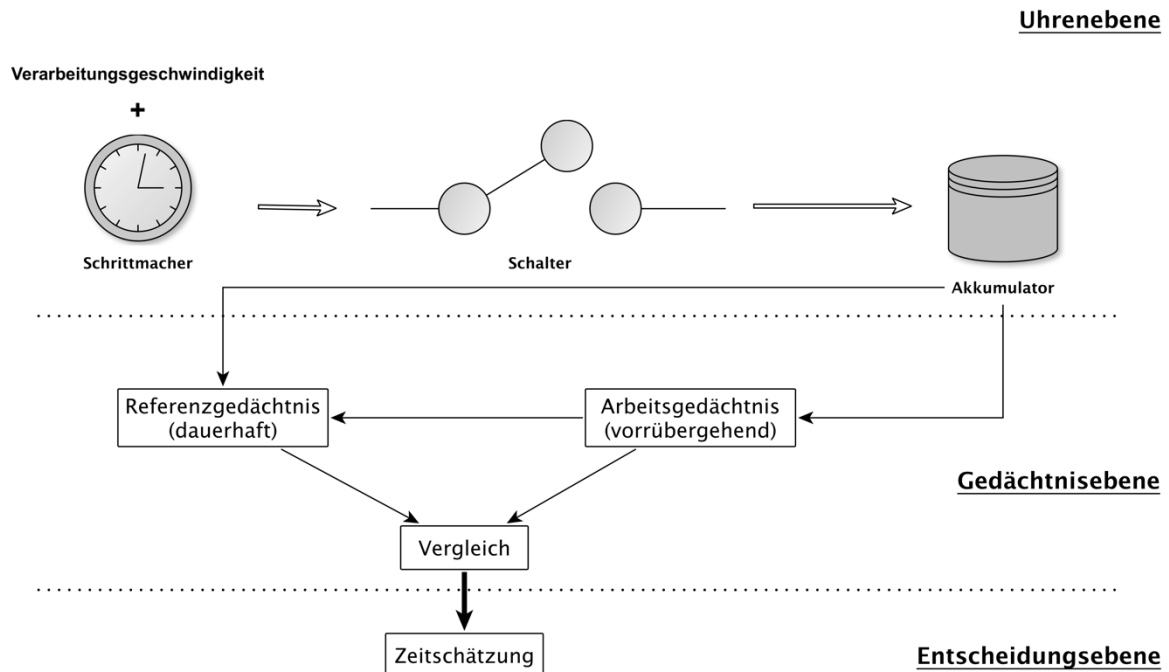


Abb. 8: Auswirkung der Verarbeitungsgeschwindigkeit auf den Schrittmacher

Es liegt allerdings bislang keine weitere Studie vor, die den Zusammenhang zwischen der Verarbeitungsgeschwindigkeit und retrospektiv verbalen Zeitschätzungen untersucht hat und das hier vorliegende Ergebnis unterstützen könnte.

Arbeitsgedächtnis

Mehrere Untersuchungen stellten einen Zusammenhang zwischen Arbeitsgedächtnisleistungen und der Genauigkeit bzw. Variabilität reproduktiver Zeitschätzungen bei Gesunden fest.^{13,125} Dieser Zusammenhang wurde ebenso bei AD(H)S-Patienten mit Hilfe reproduktiver^{75,126}, prospektiv verbaler¹²² und diskriminativer Zeitschätzungen^{75,94,117} nachgewiesen.

Trotz signifikanter Ergebnisse von Pollak et al.¹²² stellten die Autoren die Relevanz des Arbeitsgedächtnisses für die Zeitwahrnehmung infrage. In diesem Kontext konnten Suarez et al.⁹³ bzw. Mette et al.¹²⁸ bei AD(H)S-Patienten keinen Zusammenhang zwischen dem Arbeitsgedächtnis und der diskriminativen bzw. reproduktiven Zeitschätzung nachweisen.

Die hier vorliegenden Ergebnisse konnten das Arbeitsgedächtnis nicht als signifikanter Prädiktor für die retrospektiv verbale Zeitschätzung identifiziert werden.

Allerdings kann der bei bisherigen Studien untersuchte Subsekunden-Bereich (< 1s) die Ergebnisse begründen, da das Zeitintervall nicht der Mindestlänge (1–3s) für die Rekrutierung des Arbeitsgedächtnisses entspricht.^{35,36} Demzufolge kann das Ergebnis von Suarez et al.⁹³ in dem betrachteten Kontext vernachlässigt werden.

Interpretation

Obwohl Pollak et al.¹²², Suarez et al.⁹³ sowie Mette et al.¹²⁸ demnach an der Relevanz des Arbeitsgedächtnisses für die Zeitwahrnehmung zweifelten, wird – auch trotz der hier vorliegenden Resultate – der Einfluss dieses WISC-IV-Index nicht ausgeschlossen, sondern vielmehr unterstützt. Die Ergebnisse sämtlicher o.g. Studien, die eine Assoziation dieser Variablen bestätigen, könnten mit Hilfe der angewandten Zeitschätzungsmethode – hier *retrospektiv verbal* – sowie der untersuchten Gruppe begründet werden. Zum einen wurden Zusammenhänge zwischen Arbeitsgedächtnisleistungen und der Zeitverarbeitung mit reproduktiven^{13,75,125,126,129}, diskriminativen^{75,94,117} sowie prospektiv verbalen¹²² Zeitschätzungen nachgewiesen wurden. Diese Methoden teilen das gemeinsame Merkmal der Prospektivität. Aufgrund der Kenntnis um die bevorstehende Zeitschätzung ist sie mit höherer Informationsverarbeitung bzw. Aufmerksamkeitsbeanspruchung verbunden^{5,20}, die durch das betrachtete Arbeitsgedächtnis und Verarbeitungsgeschwindigkeit gelenkt wird¹³⁰.

Das Phänomen einer höheren Beanspruchung des Arbeitsgedächtnisses kann bei der hier angewandten retrospektiv verbalen Zeitschätzung vernachlässigt werden, da zum einen die untersuchten Teilnehmer – mit Ausnahme der verbalen Aussprache – keine motorischen Leistungen erbringen müssen. Zum anderen entfällt aufgrund der Unkenntnis über die bevorstehende Zeitschätzung (Retrospektivität) die bewusste Aufmerksamkeit auf die ablaufende Zeit⁹. Demnach wird bei der Anwendung retrospektiv verbaler Zeitschätzungen ein – im Vergleich zu den o.g. Methoden – inaktiveres Arbeitsgedächtnis angenommen.

Daneben könnte infolge der Studienergebnisse von Suarez et al.⁹³ bzw. Mette et al.¹²⁸ die Vermutung aufgestellt werden, dass lediglich bestimmte AD(H)S-Subtypen Beeinträchtigungen bzw. Beeinflussungen der Zeitverarbeitung in der Gedächtnisebene durch das Arbeitsgedächtnis aufweisen.⁹³ Oftmals ist – wie etwa bei Mette et al.¹²⁸ – aufgrund einer undeutlichen Teilnehmerbeschreibung die Zuordnung der untersuchten Patienten zu den spezifischen AD(H)S-Untergruppen erschwert. Zudem bestätigen Mette et al.¹²⁸ Defizite des Arbeitsgedächtnisses, widerlegen jedoch den Zusammenhang seiner Leistungen mit reproduktiven Zeitschätzungen¹²⁸, sodass ein weiterer Parameter angenommen werden kann.

Folgerichtig widersprechen die hier vorliegenden Ergebnisse nicht den obigen Studien, sondern unterstützen sie vielmehr bei der Interpretation der Zeitschätzungsmethoden sowie ihrer inhaltlichen Aussagen über Bestandteile und Veränderungen der Inneren Uhr. Ihr Konzept weist mehrere modifizierbare Elemente auf, von denen das Arbeitsgedächtnis als zentraler Bestandteil der Gedächtnisebene (Abbildung 8) im Verlauf der Zeitverarbeitung als Kurzzeitspeicher fungiert⁵. Die Speicherung dieser Zeitimpulse ist dabei an Längen ab 1–3 Sekunden gebunden^{35,36} und wird vor allem durch o.g. prospektive Zeitschätzung untersucht.

In Anbetracht der vorgestellten Ergebnisse kann in diesem Zusammenhang folgendes Resümee gezogen werden: Der Einfluss bzw. die Eignung von WISC-IV-Indices als Prädiktor für

die untersuchte Zeitschätzung hängt maßgeblich von der angewandten Methode ab. Das Arbeitsgedächtnis steht – innerhalb der Gedächtnisebene – insbesondere in Zusammenhang mit prospektiven Untersuchungsformen wie beispielsweise reproduktiven Zeitschätzungen, nicht jedoch mit retrospektiv verbalen Methoden.

Die Höhe der Verarbeitungsgeschwindigkeit beeinflusst zum einen die Gedächtnisebene. Andererseits kann anhand der hier vorliegenden Ergebnisse aus Kapitel 4.1.2 eine Assoziation dieses Indexwerts mit (Teilen) der Uhrenebene angenommen werden.

Zudem steht die Geschwindigkeit kognitiver Verarbeitung einerseits mit der verbalen Zeitschätzung in Zusammenhang sowie gleichzeitig mit der AD(H)S. Darüber hinaus beeinflusst AD(H)S selbst die hier untersuchte Zeitverarbeitung (vgl. Kapitel 4.3.1 und 5.2).

Nachfolgend werden diese Zusammenhänge beschrieben und im Kontext der aktuellen Studienlage beleuchtet.

Die Verarbeitungsgeschwindigkeit eignet sich als einziger Prädiktor für die retrospektiv verbale Zeitschätzung und erklärt dabei einen signifikanten Anteil der Varianz.

5.2. AD(H)S und Zeitschätzung

Die signifikanten Ergebnisse dieser Arbeit belegen sowohl eine retrospektiv verbale Zeitüberschätzung als auch eine ungenauere Zeitangabe bei Kindern und Jugendlichen mit AD(H)S im Vergleich zu einer Klinischen Kontrollgruppe (vgl. Kapitel 4.3.1).

AD(H)S-Patienten überschätzten retrospektiv verbal die tatsächlich abgelaufene Zeit im Mittel um etwa 131 Sekunden. Diese signifikante Zeitüberschätzung im Vergleich zur Klinischen Kontrollgruppe verdeutlicht die veränderte Zeitwahrnehmung bei Kindern und Jugendlichen mit AD(H)S. Aufgrund dieser verbalen Zeitüberschätzung wird eine schnellere Innere Uhr angenommen⁶⁸, die anhand eines Beispiels erklärt werden soll: wenn der metaphorische, innere Sekundenzeiger ihrer Inneren Uhr im Vergleich zu der Klinischen Kontrollgruppe signifikant schneller schlägt (vgl. Abbildung 5), dann verstreicht in einer Minute bzw. in den 60 Sekunden subjektiv eine längere Zeit. Der internale Sekundenzeiger wäre daher im Anschluss an die objektiv vergangene Minute bereits über der Anzeige -12- der Inneren Uhr hinaus.

Der Zusammenhang zwischen AD(H)S und der Zeitwahrnehmung wurde bereits in zahlreichen Studien untersucht (vgl. Kapitel 2.3.2). Insbesondere die dabei nachgewiesene verbale Zeitüberschätzung^{85,97-99} sowie produktive Zeitunterschätzung^{92,102,103} unterstützen ebenso die Annahmen einer schnelleren Inneren Uhr bei Patienten mit AD(H)S. Die Auffassung gründet auf den zugrunde liegenden Methoden – verbal und produktiv –, die Aussagen über die Aktivität bzw. Impulsrate des Schrittmachers (Uhrenebene) treffen.^{5,131}

Selbst Walg et al.⁹⁵ schlussfolgerten anhand diskriminativen Zeitüberschätzungen durch Kinder mit AD(H)S auf eine schnellere Innere Uhr. Dabei wurden gleich aussehende Symbole (Kreise) für unterschiedliche Zeitspannen (50–500 Millisekunden sowie 1.3–8.2 Sekunden)

präsentiert, die anschließend bewertet werden sollten. Kinder mit AD(H)S empfanden dabei die präsentierten Zeitintervalle häufiger als länger im Vergleich mit psychisch gesunden Kindern. Die Annahme der schnelleren Inneren Uhr kann anhand des obigen Beispiels verdeutlicht werden. Wenn ein Kreis für 5 Sekunden sichtbar ist, würde sich der „schnellere Sekundenzeiger“ von AD(H)S-Patienten bei der anschließenden Bewertung des Zeitintervalls bereits hinter der Anzeige –05– der metaphorischen Uhr befinden.

AD(H)S mit Zeitschätzungsdefiziten - ein unabhängiger Subtyp?

Der Nachweis einer *verbalen Zeitüberschätzung* durch AD(H)S-Patienten kann einen inhaltlichen Beitrag zu den anfangs vorgestellten, unterschiedlichen Auffassungen der Erkrankung leisten (Triple-Pathway-Modell versus Dual-Pathway-Modell; vgl. Kapitel 2.3.2).

Sonuga-Barke et al.⁷⁵ sprachen der AD(H)S eine von Verzögerungsaversionen und Störungen der Inhibition unabhängige Komponente zu: AD(H)S mit Zeitverarbeitungsdefiziten. Diese daraufhin als Triple-Pathway-Modell bezeichnete Auffassung von drei neurophysiologisch unabhängigen Komponenten der AD(H)S⁷⁵ kann als Erweiterung des Dual-Pathway-Modells von Sagvolden et al.⁸⁶ verstanden werden⁸⁶. Dieses berücksichtigt Zeitschätzungsdefizite nicht als eigenständiges Merkmal der AD(H)S, sondern legt den Schwerpunkt vielmehr auf die Hyperaktivität/Impulsivität sowie das Aufmerksamkeitsdefizit. (vgl. Kapitel 2.3.2)

Nun stellt sich die Frage, ob Zeitschätzungsdefizite im Sinne von Sonuga-Barkes Triple-Pathway-Modell eine pathophysiologisch unabhängige AD(H)S-Komponente darstellen oder die schnellere Zeitverarbeitung das Verhalten Betroffener verändert, sodass die Leitsymptome Hyperaktivität/Impulsivität und Aufmerksamkeitsdefizit entstehen (Sagvoldens Dual-Pathway-Modell). Die Zeitschätzungsdefizite würden sich bei letzterem ausgehend von der transmitter-assoziierten Ebene – kürzere Zeitspanne für die Verstärkung von Verhalten als Begründung des Dual-Pathway-Modells – modifizierend bis hin zu der veränderten, subjektiven Zeitwahrnehmung auswirken, ohne jedoch einen eigenständigen Subtyp der AD(H)S zu repräsentieren. Die im Rahmen dieser Arbeit vorgestellten Ergebnisse, die die Zeitschätzungsdefizite bei AD(H)S von Sonuga-Barke et al.⁷⁵ explizit als retrospektiv verbale Zeitüberschätzungen definieren konnten⁷⁵, schließt keine der beiden Theorien kategorisch aus.

Zum einen unterstützen die Ergebnisse aufgrund der verbalen Zeitüberschätzung die von Sonuga-Barke et al.⁷⁵ betonte Relevanz der Zeitwahrnehmungsstörungen bei AD(H)S-Patienten⁷⁵. Anhand eben dieser schnelleren subjektiven Zeitwahrnehmung kann hingegen das Modell von Sagvolden et al.⁸⁶ des kürzeren Gradienten der (möglichen) Verzögerung der Verstärkung (engl. Delay-of-Reinforcement Gradient) hinreichend erklärt werden. Die Auffassung eines verkürzten Zeitintervalls bei AD(H)S-Patienten, um einen Verstärkereffekt erzielen zu können, kann dadurch begründet und bestätigt werden. Die schnellere Innere Uhr würde nämlich das physiologische Zeitintervall, in dem eine Verhaltensverstärkung gerade noch möglich ist, verkürzen.

Das nachfolgende Beispiel betont mögliche Auswirkungen, die sich aufgrund von mehr als 10-fach erhöhter Zeitüberschätzungen durch AD(H)S-Patienten ergeben. Veranschaulichend soll erneut eine Zeitspanne von 60 Sekunden bei Gesunden vorgestellt werden, in der die Verstärkung erwünschten Verhaltens (z.B. Lob für das Aufräumen des Zimmers) noch sinnvoll und effizient ist. Die Sorgeberechtigten von Kindern mit AD(H)S müssten dasselbe Verhalten innerhalb einer deutlich kürzeren Zeitspanne – hier etwa 6 Sekunden – verstärken, um eine adäquate Verstärkung herbeizuführen. Da eine Löschung unerwünschten Verhaltens ebenso auf demselben neurophysiologischen Prinzip beruht⁸⁶, wird hier dasselbe Prinzip angenommen.

Folglich muss für die Verstärkung/Löschung eines erwünschten/unerwünschten Verhaltens bei AD(H)S-Patienten der Verstärker/die Löschung schneller eintreten, um eine Wirkung zu erreichen. Diese äußert sich in einer Wahrscheinlichkeitserhöhung des erwünschten bzw. der zukünftigen Vermeidung des unerwünschten Verhaltens.

Letztlich schließt die Auffassung von Zeitschätzungsdefiziten durch AD(H)S in Form einer schnelleren Inneren Uhr als unabhängiger Subtyp die Annahme einer defizitären Verstärkung/Löschung durch AD(H)S nicht aus, sondern begründet sie vielmehr.

Verarbeitungsgeschwindigkeit und verbale Zeitschätzung bei AD(H)S

Die Ergebnisse der hier vorliegenden Arbeit belegen einen Zusammenhang zwischen der Verarbeitungsgeschwindigkeit und der retrospektiv verbalen Zeitschätzung in der Gesamtstichprobe. Eine niedrigere Verarbeitungsgeschwindigkeit führt zu höheren und ungenaueren verbalen Zeitschätzungen. (vgl. Kapitel 4.1.2 und 5.1.2)

Dabei weisen Kinder und Jugendliche mit AD(H)S im Vergleich zu der Klinischen Kontrollgruppe signifikant höhere verbale Zeitüberschätzungen (vgl. Kapitel 4.3.1) sowie niedrigere Leistungen der Verarbeitungsgeschwindigkeit (vgl. Kapitel 4.2.2) auf.

Die Verarbeitung von Zeit findet auf mehreren Ebenen statt (vgl. Kapitel 2.1.2). AD(H)S-Patienten weisen neben der hier nachgewiesenen verbalen Zeitüberschätzung^{85,97-99} ebenso produktive Zeitunterschätzungen auf^{92,102,103}. Diese Abweichungen werden – aufgrund ihrer Relevanz für die Uhrenebene^{131,132} – von sämtlichen Autoren als Folge einer höheren Schrittmacherrate bzw. schnelleren Inneren Uhr interpretiert.

5.3. Spezifisches WISC-IV-Profil bei AD(H)S-Patienten

AD(H)S-Patienten wiesen keinen signifikanten Unterschied des Gesamt-IQs im Vergleich zu der Klinischen Kontrollgruppe auf, sodass der aktuelle Forschungsstands teilweise unterstützt^{93,95,119-121,133} sowie widerlegt^{75,92,94,96,112-118} wird. Anzumerken ist hierbei, dass AD(H)S-Patienten in der vorliegenden Arbeit mit einer Klinischen Kontrollgruppe und nicht mit einer gesunden Kontrollgruppe verglichen wurden.

Die AD(H)S-Gruppe wies allerdings signifikante Defizite der Verarbeitungsgeschwindigkeit im Vergleich zu der Klinischen Kontrollgruppe auf. Demnach leiden Betroffene u.a. unter Defiziten der Geschwindigkeit der mentalen und graphomotorischen Verarbeitung, der visuellen Analysefähigkeit, des visuellen Kurzzeitgedächtnisses, der Aufmerksamkeit sowie der visuomotorischen Koordination.¹¹⁰ Das vorliegende Ergebnis stützt demnach die Annahme von defizitären Leistungen der Verarbeitungsgeschwindigkeit bei AD(H)S-Patienten.^{113,115,116,119-121}

Es stellte sich – wie auch bei Suarez et al.⁹³ – kein signifikanter Unterschied der Arbeitsgedächtnisleistung bei der Untersuchung der Kinder und Jugendlichen mit AD(H)S und der Klinischen Kontrollgruppe. Allerdings wurden in zahlreichen Studien Defizite des Arbeitsgedächtnisses bei AD(H)S-Patienten nachgewiesen.^{112,115-119,122} Dieses Ergebnis konnte allerdings in mindestens 6 von 7 der o.g. Studien bei denjenigen Stichproben festgestellt werden, die von 44% bis hin zu 92% komorbide AD(H)S-Patienten enthielten – die in diesem Kontext detailliertere Stichprobenbeschreibung entfiel lediglich bei Pollak et al.¹²².

Möglicherweise kann – wie auch von Schmidtendorf et al.¹¹⁶ vermutet – der Einfluss einer psychischen Zweiterkrankung verantwortlich für Defizite des Arbeitsgedächtnisses bei AD(H)S-Patienten sein. Dieser mögliche Einfluss kann in weiteren Studien untersucht werden. Die übrigen WISC-IV-Indices Sprachverständnis sowie Wahrnehmungsgebundenes Logisches Denken waren bei Kindern und Jugendlichen mit AD(H)S ebenso nicht defizitär. Dieses Ergebnis entspricht dem aktuellen Forschungsstand.^{116,119,123}

AD(H)S-Patienten konnten demnach signifikant anhand der WISC-IV Ergebnisse von der Klinischen Kontrollgruppe unterschieden werden. Daher wird der Großteil der aktuellen Studienlage bzgl. dieses kognitiven Bereichs bei der AD(H)S bestätigt^{113,116,120,121}. Der Vergleich der WISC-IV-Indices erfolgte in den o.g. bisherigen Studien allerdings bisher mit gesunden Kontrollgruppen^{116,121}.

Des Weiteren kann eine Hypothese für die reproduktive Zeitunterschätzung bei AD(H)S-Patienten aufgestellt werden^{100,101}, die nicht durch den o.g. schnelleren Schrittmacher begründet werden kann. In diesem Kontext kann das in dieser Arbeit nachgewiesene Defizit der Verarbeitungsgeschwindigkeit bei AD(H)S-Patienten als ein Grund für eine *langsamere* und *ineffizientere* kognitive *Zeitverarbeitung* verstanden werden, bei der die Projektion im Akkumulator gesammelter Impulse in das Arbeitsgedächtnis nach der Präsentationsphase ebenso langsamer stattfindet. Demnach können in dem kurzen Zeitfenster dieser Projektion Impulse verloren gehen. Dementsprechend muss während der Reproduktionsphase nicht erneut dieselbe Impulsanzahl generiert werden, um der nun durch o.g. Verluste *geringeren* Anzahl im Arbeitsgedächtnis zu entsprechen. Folglich wird das Stopp-Signal des untersuchten Teilnehmers früher erscheinen.

5.4. Klinische bzw. Praktische Relevanz

Die verbale, retrospektive Zeitüberschätzung bzw. die resultierende schnellere Zeitwahrnehmung bei AD(H)S-Patienten kann als leichtes und schnelles differentialdiagnostisches Instrument in die klinische Praxis eingeführt werden. Die hier angewandte Zeitschätzungsmethode an ausschließlich psychisch kranken Patienten rechtfertigt – als Alleinstellungsmerkmal innerhalb bis hierher durchgeführter Studien – die differentialdiagnostische Eignung. Eine Zeitschätzungsaufgabe während/nach neuropsychologischen Untersuchungen kann erste Hinweise auf eine veränderte Zeitwahrnehmung aufzeigen und dadurch die Unterscheidung innerhalb klinisch – oftmals zunächst – ähnlichen psychiatrischen bzw. insbesondere affektiven Erkrankungen wie die Depression vereinfachen.

Die schnellere Zeitwahrnehmung bei AD(H)S-Patienten kann zudem als ein mögliches Instrument zur Kontrolle der medikamentösen Wirksamkeit genutzt werden. Wird die schnellere Innere Uhr als ein das Symptomkomplex-bestimmender Faktor gesehen, der wesentlich zum Charakter dieser Erkrankung beiträgt, so stellt sich die Frage, ob Wirkstoffe eine Verhaltensmodifikation über Verlangsamung der Zeitwahrnehmung bewirken. Wilson et al.¹³⁴ bestätigten diese Annahme, indem sie zeigten, dass einerseits AD(H)S-Patienten Zeit ungenauer abschätzen als eine gesunde Kontrollgruppe und sich andererseits diese Ungenauigkeit durch AD(H)S-Medikation (Amphetamin-Salz) signifikant verbessert. Da ein Zusammenhang zwischen der Zeitwahrnehmung und AD(H)S besteht und gleichzeitig eine Auswirkung der Medikation auf das Zeitgefühl nachgewiesen wurde, kann demzufolge eine effektive und effiziente Wirksamkeitskontrolle der psychopharmakologischen AD(H)S-Therapie genutzt werden.

Darüber hinaus liefern die vorliegenden Ergebnisse einen Beitrag zu einem besseren Verständnis der Alltagswahrnehmung Betroffener. Durch eine dauerhaft *schnellere* Innere Uhr ist das physiologische Empfinden von Zeit und Situationen stark verändert. Kinder und Jugendliche mit AD(H)S empfinden die Schulzeit als weitaus länger im Vergleich zu Gesunden, da – aufgrund des schnelleren, metaphorischen Sekunden-/Minutenzeigers – für Betroffene subjektiv nach einer Schulstunde sinnbildlich bereits mehr Unterricht verstrichen ist. Eine Verhaltenstherapie, die auf die Wahrnehmung und Empfindung von Alltagssituationen „entschleunigend“ wirkt, kann ergänzend als ein neuer und spezifischer Ansatz in der AD(H)S-Therapie etabliert werden.

Ein spezifisches WISC-IV-Profil bei AD(H)S-Patienten kann – neben einer retrospektiven, verbalen Zeitüberschätzung – in der Differentialdiagnostik verwendet werden. Dabei kann das v.a. durch subjektive Einschätzungen geprägte Testgerüst mit Hilfe dieser *objektiveren* Untersuchungen komplettiert werden. Der Grad der Beeinflussbarkeit retrospektiver Zeitschätzungen bzw. des WISC-IV ist aufgrund der Unwissenheit des Zeitpunkts (bzgl. Zeitschätzung) sowie höherer Komplexität (bzgl. WISC-IV) erheblich geringer.

5.5. Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse waren im Hinblick auf die in Kapitel 2.5 aufgestellten Hypothesen signifikant und altersunabhängig.

- I Der Gesamt-IQ beeinflusst nicht die verbale Zeitschätzung
- II Es besteht ein Zusammenhang zwischen WISC-IV-Indices und Zeitschätzung
- III AD(H)S überschätzen die Zeit verbal
- IV AD(H)S-Patienten weisen ein spezifisches WISC-IV-Profil auf

I. Die Höhe des Gesamt-IQ hat keinen Einfluss auf die Zeitschätzung.

II. Es besteht ein signifikanter Zusammenhang zwischen dem WISC-IV-Index Verarbeitungsgeschwindigkeit und der Zeitschätzung. Eine höhere Verarbeitungsgeschwindigkeit ist mit einer geringeren sowie genaueren Zeitschätzung verbunden. Eine defizitäre Verarbeitungsgeschwindigkeit kann dabei limitierend auf den kognitiven Zeitverarbeitungsprozess und anschließende Reproduktion wirken, mit der Folge einer ineffizienten bzw. fehlerhaften Zwischenspeicherung der Impulse aus dem Sammler im Arbeitsgedächtnis. Ein möglicher Impulsverlust während dieses Vorgangs kann eine Begründung für eine reproduktive Zeitunterschätzung bei AD(H)S-Patienten sein.

III. AD(H)S-Patienten überschätzen retrospektiv verbal die Zeit im Vergleich zu der Klinischen Kontrollgruppe. Diese Zeitüberschätzung deutet auf einen schnelleren Schrittmacher bzw. eine schnellere Innere Uhr hin. Die betroffenen Patienten empfinden die Zeit demnach als schneller ablaufend. Wenn beispielsweise für einen gesunden Schüler eine Doppelstunde als ca. 90 Minuten wahrgenommen wird, empfinden AD(H)S-Patienten dem Ablauf dieser Stunden deutlich länger.

Dieses Phänomen trägt nicht nur alltägliche, sondern auch neurophysiologische und folgend verhaltensmodifizierende Konsequenzen mit sich. Das Zeitfenster, in dem eine Belohnung der AD(H)S-Patienten erfolgen muss, um eine Wirkung herbeizuführen, ist verkürzt und muss weit- aus stärker erfolgen als bei Gesunden. Das kürzere Zeitintervall kann durch den schnelleren „Sekundenzeiger“ der Inneren Uhr begründet werden.

Die alltäglichen Folgen durch die schnellere Zeitwahrnehmung bei AD(H)S-Patienten betrifft die unterschiedliche Wahrnehmung von situativen und zeitlichen Abfolgen.

Die schneller laufende Innere Uhr kann die Hyperaktivität erklären. Betroffene besitzen den Drang – ihrer Inneren Uhr entsprechend – auf alltägliche Reize zügiger reagieren zu wollen. Aufgrund subjektiv längerer Zeitintervalle bei AD(H)S-Patienten sind sie bestrebt, reizlose Situationen, die länger und möglicherweise dadurch „langweiliger“ empfunden werden, zu vermeiden und mit Aktivität „zu füllen“. Dieses Wissen kann im Rahmen einer multimodalen The-

rapie dadurch genutzt werden, dass in den für AD(H)S-spezifischen Programmen ein Schwerpunkt auf entschleunigende Übungen gelegt wird, die das Bewusstsein für die Zeitwahrnehmung sensibilisiert. In diesem Konzept können Therapiestunden in den Tagesablauf integriert werden, die die bewusste Zeitwahrnehmung in Form ausgewählter Spiele wie bspw. Zeitschätzungsspiele schulen. Dabei kann eine genauere Zeitschätzung direkt und daher krankheitsgerecht belohnt werden. Die täglichen punktuellen Ruhephasen sowie eine mögliche Steigerung der Wahrnehmung und Konzentration auf diese Ruhephasen, die durch die direkte Belohnung verstärkt wird, können sich entschleunigend auf AD(H)S-Patienten auswirken.

IV. AD(H)S-Patienten weisen ein spezifisches WISC-IV-Profil auf – Defizite der Verarbeitungsgeschwindigkeit. Daher kann bei der Diagnostik aufgrund des Intelligenzprofils eine Tendenz zu der Verdachtsdiagnose AD(H)S geschlossen werden.

Die inhaltliche Kombination von III und IV kann neue diagnostische Verfahren für die klinische Praxis bieten. Aufgrund der aktuell eher subjektiven AD(H)S-Diagnostik kann die schnellere Zeitwahrnehmung sowie das spezifische WISC-IV Profil (niedrigere Verarbeitungsgeschwindigkeit) im Vergleich zu einer klinischen Kontrollgruppe eine Möglichkeit zu einer objektiveren AD(H)S-(Differential)Diagnostik darstellen. Die aktuelle Anwendung des WISC-IV dient größtenteils zum Ausschluss einer Intelligenzminderung als Begründung der Symptomatik. Der WISC-IV sowie die retrospektive, verbale Zeitschätzung, als effektive, zeiteffiziente und darüber hinaus kostengünstige Untersuchungen, können in die subjektive klinische AD(H)S-Diagnostik integriert werden.

Des Weiteren konnte festgestellt werden, dass es möglich ist, unterschiedliche Auffassungen von AD(H)S, Ätiologien und Subtypen zu vereinen. Die schnellere Zeitwahrnehmung durch eine beschleunigte Innere Uhr rechtfertigt einerseits die Theorie eines eigenständigen Subtyps von AD(H)S mit spezifischen Zeitschätzungsdefiziten und andererseits eine Begründung für die Dysfunktion der Verstärker- und Löschmechanismen bei Patienten mit AD(H)S.

5.6. Ausblick

Die vorliegende Arbeit erbrachte den Nachweis einer signifikanten negativen Korrelation zwischen der Verarbeitungsgeschwindigkeit und der retrospektiven verbalen Zeitschätzung. Darüber hinaus konnte gezeigt werden, dass AD(H)S-Patienten Zeitintervalle im Vergleich zu einer klinischen Kontrollgruppe retrospektiv überschätzen. Das Ergebnis unterstützt zudem die Auffassung eines möglichen AD(H)S-Subtyps, bei dem Zeitwahrnehmungsdefizite eine zentrale Rolle spielen. Darüber hinaus wird die Ansicht bekräftigt, dass Leitsymptome der AD(H)S durch eine Dysfunktion des Dopamin-Systems und in diesem Zusammenhang des Verstärker- und Löschungssystems begründet werden können. Diese Dysfunktion entsteht durch eine kürzere Zeitspanne, in der eine Verstärkung bzw. Löschung erfolgen muss, um den gewünschten Effekt auslösen zu können. Die kürzere Zeitspanne kann folgerichtig durch die schnellere Innere Uhr bei AD(H)S-Patienten begründet werden.

Daneben wurde nachgewiesen, dass AD(H)S-Patienten ein charakteristisches Profil in der Wechsler Intelligence Scale for Children - Fourth Edition (WISC-IV) zeigen.

Die Ergebnisse legen nahe, dass die retrospektiv verbale Zeitschätzung sowie der WISC-IV bei Patienten mit AD(H)S als diagnostisches Hilfsmittel verwendet werden können. Sie können in die differentialdiagnostische Beurteilung einfließen, um AD(H)S deutlicher von anderen psychischen Erkrankungen abzugrenzen sowie einem „Überdiagnostizieren“ dieser Erkrankung entgegenzuwirken.

In der therapeutischen Praxis könnte die Zeitwahrnehmung dazu genutzt werden, um die Effizienz der medikamentösen Behandlung zu überprüfen und entsprechend anzupassen. Ein Ansatz könnte sein, die Wirkung von Medikamenten wie etwa Methylphenidat auf die Zeitwahrnehmung systematisch zu erfassen und als Indikator für die Dosierung und den Therapieerfolg zu nutzen.

Die vorliegenden Untersuchungen weisen einige Einschränkungen auf. Die geringe Stichprobengröße schränkt die Möglichkeit einer präzisen statistischen Analyse von Untergruppen ein. Zukünftige Untersuchungen sollten die retrospektive verbale Zeitschätzung in homogenen Probandengruppen mit Diagnosen wie depressiver Störung oder Verhaltensstörung allein näher betrachten.

Darüber hinaus beschränken sich die Ergebnisse dieser Arbeit auf männliche Teilnehmer. Obwohl Barkley et al.⁹⁷ keine Unterschiede in den Zeitschätzungsfähigkeiten zwischen männlichen und weiblichen AD(H)S-Patienten feststellten, sollten die Ergebnisse für Letztere zunächst vorsichtig interpretiert werden.

Abschließend eröffnen die hier gewonnenen Ergebnisse neue Perspektiven der Diagnostik und Therapie von AD(H)S und leisten einen wertvollen Beitrag zum besseren Verständnis dieser Störung.

6. Literaturverzeichnis

1. Ender K. Von Zeit zu Zeit. Bergen: Art Photo Archiv Verlag; 2009.
2. Droit-Volet S, Meck WH. How emotions colour our perception of time. *Trends in Cognitive Sciences* 2007; **11**(12): 504-13.
3. Mette C. Time Perception in Adult ADHD: Findings from a Decade - A Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 2023; **20**(4): 3098.
4. Block RA, Gruber RP. Time perception, attention, and memory: A selective review. *Acta Psychologica* 2014; **149**: 129-33.
5. Zakay D, Block RA. Prospective and retrospective duration judgments: A meta-analytic review. *Psychonomic Bulletin & Review* 1997; **4**(2): 184-97.
6. Hicks RE, Miller GW, Kinsbourne M. Prospective and retrospective judgments of time as a function of amount of information processed. *American Journal of Psychology* 1976; **89**(4): 719-30.
7. Zakay D, Levin I. Time and human cognition: A life-span perspective. Oxford, England; 1989.
8. Block RA. Models of psychological time. Cognitive models of psychological time. Hillsdale, NJ, US: Lawrence Erlbaum Associates, Inc; 1990: 1-35.
9. Brown SW. Time perception and attention: The effects of prospective versus retrospective paradigms and task demands on perceived duration. *Perception & Psychophysics* 1985; **38**(2): 115-24.
10. Block RA, Zakay D, Hancock PA. Developmental changes in human duration judgments: A meta-analytic review. *Developmental Review* 1999; **19**(1): 183-211.
11. Grondin S. Timing and time perception: A review of recent behavioral and neuroscience findings and theoretical directions. *Attention, Perception, & Psychophysics* 2010; **72**(3): 561-82.
12. Macmillan NA, Creelman CD. Detection Theory. 2 ed. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates; 2004.
13. Dutke S. Remembered duration: working memory and the reproduction of intervals. *Perception & Psychophysics* 2005; **67**(8): 1404-13.
14. Mahlberg R, Kienast T, Bschor T, Adli M. Evaluation of time memory in acutely depressed patients, manic patients, and healthy controls using a time reproduction task. *European Psychiatry* 2008; **23**(6): 430-3.
15. Block RA, Zakay D, Hancock PA. Human aging and duration judgments: a meta-analytic review. *Psychology and Aging* 1998; **13**(4): 584-96.
16. Meck WH. Neuropharmacology of timing and time perception. *Brain research Cognitive brain research* 1996; **3**(3-4): 227-42.
17. Rammsayer T. Ageing and temporal processing of durations within the psychological present. *European Journal of Cognitive Psychology* 2001; **13**(4): 549-65.
18. Treisman M. Temporal discrimination and the indifference interval: Implications for a model of the "internal clock". *Psychological Monographs: General and Applied* 1963; **77**(13): 1.
19. Gibbon J, Church RM, Meck WH. Scalar timing in memory. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1984; **423**(1): 52-77.
20. Zakay D, Block RA. An attentional-gate model of prospective time estimation. Liège, Belgium: Université Liège; 1995.
21. Block RA, Zakay D. Models of psychological time revisited. *Time and mind* 1996; **33**(9): 171-95.
22. Brown SW. Time and attention: Review of the literature. Bingley, UK: Emerald Group Publishing; 2008.
23. Tobin S, Bisson N, Grondin S. An ecological approach to prospective and retrospective timing of long durations: a study involving gamers. *PLOS ONE* 2010; **5**(2): e9271.
24. Zakay D, Block RA. Prospective and retrospective duration judgments: an executive-control perspective. *Acta Neurobiologiae Experimentalis* 2004; **64**(3): 319-28.

25. Ornstein RE. On the Experience of Time. New York: Penguin; 1969.
26. Block RA. A Contextualistic View of Time and Mind. In: Fraser JT, ed. Time and Mind: Interdisciplinary Issues: International Universities Press; 1989: 61-79.
27. Block RA, Reed MA. Remembered duration: Evidence for a contextual-change hypothesis. *Journal of Experimental psychology: Human Learning and memory* 1978; **4**(6): 656.
28. Block RA. Prospective and Retrospective Duration Judgment: The Role of Information Processing and Memory. 1992; 1992.
29. McClain L. Interval estimation: effect of processing demands on prospective and retrospective reports. *Perception & Psychophysics* 1983; **34**(2): 185-9.
30. Zakay D. Relative and absolute duration judgments under prospective and retrospective paradigms. *Perception & Psychophysics* 1993; **54**: 656-64.
31. Brown SW, Stubbs DA. The psychophysics of retrospective and prospective timing. *Perception* 1988; **17**(3): 297-310.
32. Brown SW, Stubbs DA. Attention and interference in prospective and retrospective timing. *Perception* 1992; **21**(4): 545-57.
33. Kurtz RM, Strube MJ. Hypnosis, attention, and time cognition. *International journal of clinical and experimental hypnosis* 2003; **51**(4): 400-13.
34. Block RA, Zakay D. Retrospective and Prospective Timing: Memory, Attention, and Consciousness. *Retrospective and Prospective Timing: Memory, Attention, and Consciousness* 2001: 59-76.
35. Mates J, Müller U, Radil T, Pöppel E. Temporal integration in sensorimotor synchronization. *Journal of Cognitive Neuroscience* 1994; **6**(4): 332-40.
36. Pöppel E. A hierarchical model of temporal perception. *Trends in Cognitive Sciences* 1997; **1**(2): 56-61.
37. Allman MJ, Meck WH. Pathophysiological distortions in time perception and timed performance. *Brain* 2012; **135**(Pt 3): 656-77.
38. Rammsayer T. Are there dissociable roles of the mesostriatal and mesolimbocortical dopamine systems on temporal information processing in humans? *Neuropsychobiology* 1997; **35**(1): 36-45.
39. Coull JT, Cheng RK, Meck WH. Neuroanatomical and neurochemical substrates of timing. *Neuropsychopharmacology* 2011; **36**(1): 3-25.
40. Buhusi C, Meck W. Differential Effects of Methamphetamine and Haloperidol on the Control of an Internal Clock. *Behavioral neuroscience* 2002; **116**: 291-7.
41. Meck WH. Selective adjustment of the speed of internal clock and memory processes. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes* 1983; **9**(2): 171-201.
42. Lake JI, Meck WH. Differential effects of amphetamine and haloperidol on temporal reproduction: Dopaminergic regulation of attention and clock speed. *Neuropsychologia* 2013; **51**(2): 284-92.
43. Arnsten AF. Stimulants: Therapeutic actions in ADHD. *Neuropsychopharmacology* 2006; **31**(11): 2376-83.
44. Floresco SB, Magyar O. Mesocortical dopamine modulation of executive functions: beyond working memory. *Psychopharmacology* 2006; **188**(4): 567-85.
45. Goldman-Rakic PS, Muly III EC, Williams GV. D1 receptors in prefrontal cells and circuits. *Brain Research Reviews* 2000; **31**(2-3): 295-301.
46. Mattay VS, Callicott JH, Bertolino A, et al. Effects of Dextroamphetamine on Cognitive Performance and Cortical Activation. *NeuroImage* 2000; **12**(3): 268-75.
47. Williamson LL, Cheng R-K, Etchegaray M, Meck WH. "Speed" warps time: methamphetamine's interactive roles in drug abuse, habit formation, and the biological clocks of circadian and interval timing. *Current Drug Abuse Reviews* 2008; **1**(2): 203-12.
48. Buhusi CV, Meck WH. What makes us tick? Functional and neural mechanisms of interval timing. *Nature Reviews Neuroscience* 2005; **6**(10): 755-65.
49. Association AP. Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders (DSM-5) ISBN 978-0-89042-554-1. 2013.
50. Dilling H. Internationale Klassifikation Psychischer Störungen. 10., überarbeitete Auflage ed: Hogrefe Verlag; 2015.

51. Döpfner M, Banaschewski T. Aufmerksamkeitsdefizit- und Hyperaktivitätsstörung (ADHS). 7. Auflage ed. Göttingen: Hogrefe; 2013.
52. Polanczyk G, De Lima MS, Horta BL, Biederman J, Rohde LA. The worldwide prevalence of ADHD: a systematic review and metaregression analysis. *American Journal of Psychiatry* 2007; **164**(6): 942-8.
53. Schlack R, Hölling H, Kurth BM, Huss M. Die Prävalenz der Aufmerksamkeitsdefizit-/Hyperaktivitätsstörung (ADHS) bei Kindern und Jugendlichen in Deutschland. *Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz* 2007; **50**(5): 827-35.
54. Döpfner M, Frölich J, Lehmkuhl G. Aufmerksamkeitsdefizit-/Hyperaktivitätsstörung (ADHS). Hogrefe Verlag GmbH & Co. KG; 2013. p. 184.
55. Thapar A, Cooper M, Eyre O, Langley K. Practitioner review: what have we learnt about the causes of ADHD? *Journal of Child Psychology and Psychiatry* 2013; **54**(1): 3-16.
56. Faraone SV, Perlis RH, Doyle AE, et al. Molecular Genetics of Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder. *Biological Psychiatry* 2005; **57**(11): 1313-23.
57. Spencer TJ, Biederman J, Madras BK, et al. In vivo neuroreceptor imaging in attention-deficit/hyperactivity disorder: a focus on the dopamine transporter. *Biological Psychiatry* 2005; **57**(11): 1293-300.
58. Cruikshank BM, Eliason M, Merrifield B. Long-Term Sequelae of Cold Water Near-Drowning. *Journal of Pediatric Psychology* 1988; **13**(3): 379-88.
59. Biederman J. Attention-deficit/hyperactivity disorder: a selective overview. *Biological Psychiatry* 2005; **57**(11): 1215-20.
60. Biederman J, Mick E, Faraone SV, et al. Influence of gender on attention deficit hyperactivity disorder in children referred to a psychiatric clinic. *American Journal of Psychiatry* 2002; **159**(1): 36-42.
61. Döpfner M, Görtz-Dorten A, Lehmkuhl G, Breuer D, Goletz H. Diagnostik-System für psychische Störungen nach ICD-10 und DSM-IV für Kinder und Jugendliche-II (DISYPS-II); Huber; 2008.
62. Döpfner M, Frölich J, Lehmkuhl G. Aufmerksamkeitsdefizit-/Hyperaktivitätsstörung (ADHS). 2. Auflage ed. Göttingen: Hogrefe; 2012.
63. Onnink AMH, Zwiers MP, Hoogman M, et al. Brain alterations in adult ADHD: Effects of gender, treatment and comorbid depression. *European Neuropsychopharmacology* 2014; **24**(3): 397-409.
64. Semrud-Clikeman M, Fine JG, Bledsoe J, Zhu DC. Regional volumetric differences based on structural MRI in children with two subtypes of ADHD and controls. *Journal of Attention Disorders* 2017; **21**(12): 1040-9.
65. Plichta MM, Vasic N, Wolf RC, et al. Neural hypo-responsiveness and hyper-responsiveness during immediate and delayed reward processing in adult attention-deficit/hyperactivity disorder. *Biological psychiatry* 2009; **65**(1): 7-14.
66. Arnsten AF, Rubia K. Neurobiological circuits regulating attention, cognitive control, motivation, and emotion: disruptions in neurodevelopmental psychiatric disorders. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry* 2012; **51**(4): 356-67.
67. Scheres A, Milham MP, Knutson B, Castellanos FX. Ventral striatal hypo-responsiveness during reward anticipation in attention-deficit/hyperactivity disorder. *Biological psychiatry* 2007; **61**(5): 720-4.
68. Rubia K, Halari R, Christakou A, Taylor E. Impulsiveness as a timing disturbance: neurocognitive abnormalities in attention-deficit hyperactivity disorder during temporal processes and normalization with methylphenidate. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 2009; **364**(1525): 1919-31.
69. Castellanos FX, Lee PP, Sharp W, et al. Developmental trajectories of brain volume abnormalities in children and adolescents with attention-deficit/hyperactivity disorder. *JAMA Psychiatry* 2002; **288**(14): 1740-8.
70. Tomasi D, Volkow ND. Abnormal functional connectivity in children with attention-deficit/hyperactivity disorder. *Biological Psychiatry* 2012; **71**(5): 443-50.
71. Valera EM, Brown A, Biederman J, et al. Sex differences in the functional neuroanatomy of working memory in adults with ADHD. *American Journal of Psychiatry* 2010; **167**(1): 86-94.

72. Barkley RA. Behavioral inhibition, sustained attention, and executive functions: constructing a unifying theory of ADHD. *Psychological Bulletin* 1997; **121**(1): 65-94.
73. Cortese S, Kelly C, Chabernaud C, et al. Toward systems neuroscience of ADHD: a meta-analysis of 55 fMRI studies. *American Journal of Psychiatry* 2012; **169**(10): 1038-55.
74. Sonuga-Barke E. Psychological heterogeneity in AD/HD—a dual pathway model of behaviour and cognition. *Behavioural Brain Research* 2002; **130**(1-2): 29-36.
75. Sonuga-Barke E, Bitsakou P, Thompson M. Beyond the dual pathway model: evidence for the dissociation of timing, inhibitory, and delay-related impairments in attention-deficit/hyperactivity disorder. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry* 2010; **49**(4): 345-55.
76. Jensen PS, Martin D, Cantwell DP. Comorbidity in ADHD: implications for research, practice, and DSM-V. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry* 1997; **36**(8): 1065-79.
77. Barkley RA. Attention-deficit hyperactivity disorder: A handbook for diagnosis and treatment, 3rd ed. New York, NY, US: The Guilford Press; 2006.
78. Biederman J, Mick E, Faraone SV. Age-dependent decline of symptoms of attention deficit hyperactivity disorder: impact of remission definition and symptom type. *American Journal of Psychiatry* 2000; **157**(5): 816-8.
79. Barkley RA, Fischer M, Smallish L, Fletcher K. Young adult outcome of hyperactive children: adaptive functioning in major life activities. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry* 2006; **45**(2): 192-202.
80. Heiser P, Benkert O. Kompendium der psychiatrischen Pharmakotherapie. 13 ed. Heidelberg: Springer Berlin; 2013.
81. Schwabe U, Paffrath D. Arzneiverordnungs-Report 2015. Berlin: Springer; 2015.
82. Bschor T, Ising M, Bauer M, et al. Time experience and time judgment in major depression, mania and healthy subjects. A controlled study of 93 subjects. *Acta Psychiatrica Scandinavica* 2004; **109**(3): 222-9.
83. Gil S, Droit-Volet S. Time perception, depression and sadness. *Behavioural Processes* 2009; **80**(2): 169-76.
84. Kerns KA, McInerney RJ, Wilde NJ. Time Reproduction, Working Memory, and Behavioral Inhibition in Children with ADHD. *Child Neuropsychology* 2001; **7**(1): 21-31.
85. McGee R, Brodeur D, Symons D, Andrade B, Fahie C. Time Perception: Does It Distinguish ADHD and RD Children in a Clinical Sample? *Journal of Abnormal Child Psychology* 2004; **32**(5): 481-90.
86. Sagvolden T, Johansen EB, Aase H, Russell VA. A dynamic developmental theory of attention-deficit/hyperactivity disorder (ADHD) predominantly hyperactive/impulsive and combined subtypes. *Behavioral and Brain Sciences* 2005; **28**(3): 397-418.
87. Mioni G, Grondin S, Stablum F. Temporal dysfunction in traumatic brain injury patients: primary or secondary impairment? *Frontiers in Human Neuroscience* 2014; **8**.
88. Wittmann M, Paulus MP. Decision making, impulsivity and time perception. *Trends in Cognitive Sciences* 2008; **12**(1): 7-12.
89. Wittmann M. The inner experience of time. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 2009; **364**(1525): 1955-67.
90. Berlin HA, Rolls ET, Kischka U. Impulsivity, time perception, emotion and reinforcement sensitivity in patients with orbitofrontal cortex lesions. *Brain* 2004; **127**(Pt 5): 1108-26.
91. Wearden JH, Penton-Voak IS. Feeling the heat: Body temperature and the rate of subjective time, revisited. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section B* 1995; **48**(2b): 129-41.
92. Huang J, Yang B-r, Zou X-b, et al. Temporal processing impairment in children with attention-deficit-hyperactivity disorder. *Research in Developmental Disabilities* 2012; **33**(2): 538-48.
93. Suarez I, Lopera F, Pineda D, Casini L. The cognitive structure of time estimation impairments in adults with attention deficit hyperactivity disorder. *Cognitive Neuropsychiatry* 2013; **30**(4): 195-207.
94. Yang B, Chan RC, Zou X, Jing J, Mai J, Li J. Time perception deficit in children with ADHD. *Brain Research* 2007; **1170**: 90-6.

95. Walg M, Oepen J, Prior H. Adjustment of Time Perception in the Range of Seconds and Milliseconds: The Nature of Time-Processing Alterations in Children With ADHD. *Journal of Attention Disorders* 2015; **19**(9): 755-63.
96. Smith A, Taylor E, Warner Rogers J, Newman S, Rubia K. Evidence for a pure time perception deficit in children with ADHD. *Journal of Child Psychology and Psychiatry* 2002; **43**(4): 529-42.
97. Barkley RA, Murphy KR, Bush T. Time perception and reproduction in young adults with attention deficit hyperactivity disorder. *Neuropsychology* 2001; **15**(3): 351-60.
98. Prevatt F, Proctor B, Baker L, Garrett L, Yelland S. Time estimation abilities of college students with ADHD. *Journal of Attention Disorders* 2011; **15**(7): 531-8.
99. Hurks PPM, Hendriksen JGM. Retrospective and Prospective Time Deficits in Childhood ADHD: The Effects of Task Modality, Duration, and Symptom Dimensions. *Child Neuropsychology* 2010; **17**(1): 34-50.
100. Seri Y, Kofman O, Shay L. Time estimation could be impaired in male, but not female adults with attention deficits. *Brain and Cognition* 2002; **48**(2-3): 553-8.
101. Mullins C, Bellgrove MA, Gill M, Robertson IH. Variability in time reproduction: difference in ADHD combined and inattentive subtypes. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry* 2005; **44**(2): 169-76.
102. Rommelse NN, Altink ME, Oosterlaan J, et al. Speed, variability, and timing of motor output in ADHD: which measures are useful for endophenotypic research? *Behavior Genetics* 2008; **38**: 121-32.
103. Marx I, Hübner T, Herpertz SC, et al. Cross-sectional evaluation of cognitive functioning in children, adolescents and young adults with ADHD. *Journal of Neural Transmission* 2010; **117**(3): 403-19.
104. Sonuga-Barke E, Saxton T, Hall M. The role of interval underestimation in hyperactive children's failure to suppress responses over time. *Behavioural Brain Research* 1998; **94**(1): 45-50.
105. Gautier T, Droit-Volet S. Attention and time estimation in 5- and 8-year-old children: a dual-task procedure. *Behavioural Processes* 2002; **58**(1): 57-66.
106. Rammsayer T, Lustnauer S. Sex differences in time perception. *Perceptual and Motor Skills* 1989; **68**(1): 195-8.
107. Gottfredson LS. Mainstream science on intelligence: An editorial with 52 signatories, history and bibliography. *Intelligence* 1997; **24**(1): 13-23.
108. Gerrig RJ, Graf R, Zimbardo PG. Psychologie. München: Pearson Studium; 2013.
109. Maltby J, Day L, Macaskill A. Differentielle Psychologie, Persönlichkeit und Intelligenz. 2 ed. Munich, Germany: Pearson Studium ein Imprint von Pearson Deutschland; 2011.
110. Petermann F, Daseking M. Fallbuch HAWIK-IV. Göttingen: Hogrefe; 2009.
111. Gawrilow C, Schmitt K, Rauch W. Kognitive Kontrolle und Selbstregulation bei Kindern mit ADHS. *Kindheit und Entwicklung* 2011; **20**: 41-8.
112. Barber AD, Jacobson LA, Wexler JL, et al. Connectivity supporting attention in children with attention deficit hyperactivity disorder. *NeuroImage: Clinical* 2015; **7**: 68-81.
113. Shanahan MA, Pennington BF, Yerys BE, et al. Processing speed deficits in attention deficit/hyperactivity disorder and reading disability. *Journal of Abnormal Child Psychology* 2006; **34**: 584-601.
114. Rommelse NN, Oosterlaan J, Buitelaar J, Faraone SV, Sergeant JA. Time reproduction in children with ADHD and their nonaffected siblings. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry* 2007; **46**(5): 582-90.
115. Theiling J, Petermann F. Neuropsychological profiles on the WAIS-IV of adults with ADHD. *Journal of Attention Disorders* 2016; **20**(11): 913-24.
116. Schmidtendorf S, Christmann N, Heinrichs N. The performance of children with AD(H)D according to the HAWIK-IV. *Zeitschrift für Kinder- und Jugendpsychiatrie und Psychotherapie* 2012; **40**(3): 191-9.
117. Toplak ME, Tannock R. Time perception: modality and duration effects in attention-deficit/hyperactivity disorder (ADHD). *Journal of Abnormal Child Psychology* 2005; **33**: 639-54.

118. Toplak ME, Rucklidge JJ, Hetherington R, John SC, Tannock R. Time perception deficits in attention-deficit/ hyperactivity disorder and comorbid reading difficulties in child and adolescent samples. *The Journal of Child Psychology and Psychiatry* 2003; **44**(6): 888-903.
119. Hellwig-Brida S, Daseking M, Petermann F, Goldbeck L. Intelligenz- und Aufmerksamkeitsleistungen von Jungen mit ADHS. *Zeitschrift für Psychiatrie, Psychologie und Psychotherapie* 2010; **58**(4): 299-308.
120. Thaler NS, Bello DT, Etcoff LM. WISC-IV profiles are associated with differences in symptomatology and outcome in children with ADHD. *Journal of Attention Disorders* 2013; **17**(4): 291-301.
121. Yang P, Cheng CP, Chang CL, Liu TL, Hsu HY, Yen CF. Wechsler Intelligence Scale for Children 4th edition-Chinese version index scores in Taiwanese children with attention-deficit/hyperactivity disorder. *Psychiatry and clinical neurosciences* 2013; **67**(2): 83-91.
122. Pollak Y, Kroyzer N, Yakir A, Friedler M. Testing possible mechanisms of deficient supra-second time estimation in adults with attention-deficit/hyperactivity disorder. *Neuropsychology* 2009; **23**(5): 679.
123. Mayes SD, Calhoun SL. WISC-IV and WISC-III profiles in children with ADHD. *Journal of Attention Disorders* 2006; **9**(3): 486-93.
124. Wearden JH, Wearden AJ, Rabbitt PM. Age and IQ effects on stimulus and response timing. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance* 1997; **23**(4): 962.
125. Fink A, Neubauer A. Individual differences in time estimation related to cognitive ability, speed of information processing and working memory. *Intelligence* 2005; **33**(1): 5-26.
126. Bauermeister JJ, Barkley RA, Martínez JV, et al. Time Estimation and Performance on Reproduction Tasks in Subtypes of Children With Attention Deficit Hyperactivity Disorder. *Journal of Clinical Child and Adolescent Psychology* 2005; **34**(1): 151-62.
127. Pietrzak RH, Mollica CM, Maruff P, Snyder PJ. Cognitive effects of immediate-release methylphenidate in children with attention-deficit/hyperactivity disorder. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews* 2006; **30**(8): 1225-45.
128. Mette C, Grabemann M, Zimmermann M, et al. No Clear Association between Impaired Short-Term or Working Memory Storage and Time Reproduction Capacity in Adult ADHD Patients. *PLOS ONE* 2015; **10**(7): e0133714.
129. Perbal S, Couillet J, Azouvi P, Pouthas V. Relationships between time estimation, memory, attention, and processing speed in patients with severe traumatic brain injury. *Neuropsychologia* 2003; **41**(12): 1599-610.
130. Baddeley A. Working memory: theories, models, and controversies. *Annual Review of Psychology* 2012; **63**: 1-29.
131. Toplak ME, Dockstader C, Tannock R. Temporal information processing in ADHD: findings to date and new methods. *Journal of Neuroscience methods* 2006; **151**(1): 15-29.
132. Perbal-Hatif S. A neuropsychological approach to time estimation. *Dialogues in Clinical Neuroscience* 2012; **14**(4): 425-32.
133. Schweitzer JB, Lee DO, Hanford RB, et al. Effect of methylphenidate on executive functioning in adults with attention-deficit/hyperactivity disorder: normalization of behavior but not related brain activity. *Biological Psychiatry* 2004; **56**(8): 597-606.
134. Wilson TW, Heinrichs-Graham E, White ML, Knott NL, Wetzel MW. Estimating the passage of minutes: deviant oscillatory frontal activity in medicated and unmedicated ADHD. *Neuropsychology* 2013; **27**(6): 654-65.

7. Anhang

7.1. Abbildungsverzeichnis

<i>Abb. 1: Hauptuntersuchungsmethoden der Zeitwahrnehmung¹¹</i>	11
<i>Abb. 2: Modell der Zeitverarbeitung⁵</i>	15
<i>Abb. 3: Diagnosekriterien der AD(H)S nach ICD-10^{50,54}</i>	17
<i>Abb. 4: Biopsychosoziales Modell zur ADHS-Entstehung^{51,54}</i>	18
<i>Abb. 5: Geschwindigkeitsunterschiede des Schrittmachers bei einem 60-Sek.-Intervall</i>	21
<i>Abb. 6: Zeitspanne der möglichen Verstärker-/Extinktionsverzögerung⁸⁶</i>	24
<i>Abb. 7: Zeitschätzungen der AD(H)S-Gesamtgruppe und der Klinischen Kontrollgruppe</i>	39
<i>Abb. 8: Auswirkung der Verarbeitungsgeschwindigkeit auf den Schrittmacher</i>	42

7.2. Tabellenverzeichnis

<i>Tabelle 1 Eckdaten des WISC-IV¹¹⁰</i>	31
<i>Tabelle 2 Ein- und Ausschlusskriterien der Studienpopulation</i>	32
<i>Tabelle 3 Häufigkeitsverteilung der untersuchten Diagnosegruppen (N = 104)</i>	34
<i>Tabelle 4 Gesamt-IQ und Zeitschätzung in Sekunden in der Gesamtstichprobe</i>	36
<i>Tabelle 5 Korrelation zwischen Gesamt-IQ und Zeitschätzung in der Gesamtstichprobe</i>	36
<i>Tabelle 6 Korrelation zwischen WISC-IV-Indices und Zeitschätzung</i>	37
<i>Tabelle 7 WISC-IV Ergebnisse der AD(H)S-Gesamtgruppe und Klinischen Kontrollgruppe</i>	37
<i>Tabelle 8 Zeitschätzungen der AD(H)S-Gesamtgruppe im Vergleich mit Klinischer Kontrollgruppe</i>	38

8. Vorabveröffentlichungen von Ergebnissen

Walg M, Bowi U, El-Wahsch D. Leistungen von Kindern und Jugendlichen mit AD(H)S in der WISC-IV. *Zeitschrift für Kinder- und Jugendpsychiatrie und Psychotherapie* 2016; **44**(2): 127-137.

Walg M, Hapfelmeier G, El-Wahsch D, Prior H. The faster internal clock in ADHD is related to lower processing speed: WISC-IV profile analyses and time estimation tasks facilitate the distinction between real ADHD and pseudo-ADHD. *European Child & Adolescent Psychiatry* 2017; **26**(10): 1177-1186.