

Originalarbeit

# Der Einfluss sozialer und monetärer Belohnungen auf die Inhibitionsfähigkeit von Jungen mit hyperkinetischer Störung des Sozialverhaltens

Timo D. Vloet<sup>1,2</sup>, Kerstin Konrad<sup>2,3</sup>, Beate Herpertz-Dahlmann<sup>1,3</sup> und Gregor Kohls<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Klinik für Psychiatrie, Psychosomatik und Psychotherapie des Kindes- und Jugendalters, Universitätsklinikum der RWTH Aachen, <sup>2</sup>Lehr- und Forschungsgebiet Klinische Neuropsychologie des Kindes- und Jugendalters, Klinik für Psychiatrie, Psychosomatik und Psychotherapie des Kindes- und Jugendalters, Universitätsklinikum der RWTH Aachen, <sup>3</sup>JARA Translational Brain Medicine, Aachen/Jülich, Germany, <sup>4</sup>Center for Autism Research, Children's Hospital of Philadelphia, PA, USA

**Zusammenfassung, Fragestellung:** Die Inhibitionsfähigkeit von Jungen mit Aufmerksamkeitsdefizit/Hyperaktivitätsstörung (ADHS) lässt sich besonders effektiv durch soziale Belohnungen steigern. Vor dem Hintergrund der hohen Komorbidität von ADHS und Störungen des Sozialverhaltens war es das Ziel der vorliegenden Studie, erstmalig den differenziellen Effekt von sozialen und nicht-sozialen, monetären Belohnungen auf die Inhibitionskontrolle bei Jungen mit hyperkinetischer Störung des Sozialverhaltens (HSV) zu untersuchen. **Methodik:** Zum Einsatz kam eine motivationale «Go/No-go-Aufgabe». Der Studie lag die Hypothese zugrunde, dass Jungen mit HSV ( $n = 17$ ) ihre Inhibitionsleistungen unter sozialer Belohnung deutlich weniger steigern als gesunde Kontrollprobanden ( $n = 17$ ), wogegen die Ansprechbarkeit auf nicht-soziale, monetäre Belohnungen vergleichbar ist. **Ergebnisse:** Beide Experimentalgruppen verbesserten ihre Inhibitionsfähigkeiten unter sozialer und nicht-sozialer, monetärer Belohnung, wobei der Verstärkungseffekt für monetäre Belohnung am größten war. Allerdings zeigte sich nur in der Kontrollgruppe, aber nicht bei den Jungen mit HSV, ein strategischer Wechsel im Antwortverhalten unter monetärer Belohnung, d. h. langsamere Antwortreaktionen zugunsten einer stärkeren Inhibitionskontrolle und somit eines potenziell größeren Geldgewinns. **Schlussfolgerung:** Unsere Befunde deuten nicht auf eine Hyposensitivität für soziale Belohnungen bei Jungen mit HSV hin. Vielmehr legen die Daten nahe, dass bei Jungen mit HSV sowohl monetäre als auch soziale Belohnungen verhaltenswirksam sind, wobei der Einsatz monetärer Verstärker bessere Effekte erwarten lässt.

**Schlüsselwörter:** Inhibition, kognitive Kontrolle, Go-/No-go-Aufgabe, soziale Belohnung, nicht-soziale Belohnung, Motivation, hyperkinetische Störung des Sozialverhaltens, Aufmerksamkeitsdefizit-/Hyperaktivitätsstörung (ADHS)

**Abstract.** *The effect of social and monetary reward on inhibitory control in boys with hyperkinetic conduct disorder*

**Objective:** Social reinforcement can improve inhibitory control in boys with attention deficit/hyperactivity disorder (ADHD), suggesting that hyperkinetic conduct disorder (ADHD + CD/ODD), a combination of ADHD and conduct disorder (CD)/oppositional defiant disorder (ODD), might show similar improvements. This study investigated the effects of social and monetary reward on response inhibition in boys with ADHD + CD/ODD compared to healthy controls. **Method:** An incentive go/no-go task was applied. We hypothesized that the control group ( $n = 17$ ) would show greater improvements in inhibitory control in response to social reward than the ADHD + CD/ODD group ( $n = 17$ ), but that both groups would respond equally to monetary reward. **Results:** Both groups showed improved inhibition accuracy in the social condition and even greater improvement in the monetary condition. Interestingly, the control group altered their response strategy when money was at stake, i.e., they slowed down more dramatically in favour of stronger inhibitory control and, thus, a potentially greater financial gain. **Conclusions:** Our findings do not provide evidence for hyposensitvity to social rewards in boys with ADHD + CD/ODD. Rather, our data suggest that both social and nonsocial reward procedures can be effective in behavioral interventions, but that monetary reinforcers may be more effective.

**Keywords:** inhibition, cognitive control, go/no-go task, social reward, non-social reward, motivation, hyperkinetic conduct disorder, attention-deficit/hyperactivity disorder (ADHD)

## Einleitung

Aufmerksamkeitsdefizit-/Hyperaktivitätsstörung (ADHS) und Störungen des Sozialverhaltens zählen zu den häufigsten psychiatrischen Erkrankungen im Kindes- und Jugendalter und treten überzufällig häufig komorbid auf (Übersicht bei Vloet, Herpertz & Herpertz-Dahlmann, 2006). Seit längerem werden im Zusammenhang mit der Verursachung und Aufrechterhaltung der klinischen Symptomatik von ADHS und Störungen des Sozialverhaltens motivationale Defizite diskutiert (Übersicht bei Luman, Oosterlaan & Sergeant, 2005). Im Dual-Pathway Modell geht Sonuga-Barke beispielsweise davon aus, dass die Kernsymptome der ADHS – Unaufmerksamkeit, Hyperaktivität und Impulsivität – durch Dysfunktionen in zwei unabhängigen neurofunktionalen Schaltkreisen verursacht werden (2002). Eine Beeinträchtigung im so genannten «exekutiven Funktionskreislauf» wird hauptsächlich mit Defiziten in der Inhibitionskontrolle in Verbindung gebracht, wogegen ein defizitäres Belohnungssystem für ein gestörtes Motivationsverhalten verantwortlich gemacht wird. Die Gültigkeit dieses Erklärungsansatzes konnte empirisch weitgehend bestätigt werden (Solanto et al., 2001), allerdings ist die Datenlage hinsichtlich Inhibitionsdefiziten und ihrem Beitrag zur Verursachung einer ADHS-Symptomatik, widersprüchlich (Castellanos, Sonuga-Barke, Milham & Tannock, 2006). Im Hinblick auf abnormes Motivationsverhalten deutet die Übersichtsarbeit von Luman und Kollegen (2005) daraufhin, dass Kinder mit diagnostizierter ADHS, unabhängig von Alter, IQ oder Geschlecht, eine besondere Präferenz für unmittelbare Belohnungen zeigen und einen zeitlichen Belohnungsaufschub vermeiden. Dies gilt selbst dann, wenn dadurch eine größere Belohnung verloren geht; ein Phänomen, das in der englischsprachigen Literatur als «delay aversion» bezeichnet wird (Übersicht bei Marx et al., 2010; Sonuga-Barke, 2002). Zudem konnte in mehreren Studien eine generell größere Ansprechbarkeit für Belohnungsreize auf der Verhaltensebene bei Kindern mit ADHS (und selbst deren Geschwistern) nachgewiesen werden (z. B. Uebel et al., 2010; Übersicht bei Luman et al., 2005). Diese Hypersensitivität für Belohnungen dürfte mit einer reduzierten neuronalen Aktivität in dopaminergen mesolimbischen Belohnungsarealen in Verbindung stehen (z. B. Scheres, Milham, Knutson & Castellanos, 2007). Die Wirksamkeit von Stimulanzien, wie Methylphenidat (MPH), die zu einer erhöhten extrasynaptischen Konzentration von Dopamin (insbesondere im Striatum) führen und die ADHS-Symptomatik deutlich verbessern helfen, untermauert diese Annahme (Überblick bei Swanson et al., 2007). In diesem Kontext konnte gezeigt werden, dass in experimentellen Laboraufgaben die Verabreichung von MPH bei der ADHS zu vergleichbaren Verhaltenssteigerungen führte wie die Gabe externer Belohnungen (Tamm & Carlson, 2007; Tripp & Alsop, 1999; Wilkison, Kircher, McMahon & Sloane, 1995).

Verglichen mit der Vielzahl an ADHS Studien sind bisher

nur wenige Arbeiten zur Belohnungsverarbeitung bei Störungen des Sozialverhaltens (conduct disorder (CD) und oppositional defiant disorder (ODD), nach DSM-IV, American Psychiatric Association, 1994) veröffentlicht worden (Übersicht bei Luman et al., 2005). Es konnte allerdings mehrfach nachgewiesen werden, dass Kinder mit ODD/CD, mit oder ohne komorbider ADHS, unter bestimmten Testbedingungen verstärkt auf Belohnungen ansprechen. So zeigte sich übereinstimmend in Aufgaben mit Entscheidungssituationen (z. B. Door-opening- Aufgabe) ein perseveriertes Streben nach Belohnungen, wobei gleichzeitig Bestrafungsreize (z. B. Geldverluste) unberücksichtigt blieben – eine Verhaltensstrategie, die längerfristig wenig gewinnbringend ist (Daugherty & Quay, 1991; Fonseca & Yule, 1995; Matthys, van Goozen, de Vries, Cohen-Kettenis & van Engeland, 1998). Kinder mit reiner ADHS zeigten diese Auffälligkeit nicht (Daugherty & Quay, 1991; O'Brien & Frick, 1996).

Im Vergleich dazu wiesen insbesondere Kinder mit ADHS – mit oder ohne komorbider ODD/CD – bei Aufgaben zur Inhibitionskontrolle eine größere belohnungsbedingte Leistungssteigerung auf als gesunde Kontrollprobanden (Kohls, Herpertz-Dahlmann & Konrad, 2009; Konrad, Gauggel, Manz & Scholl, 2000). Inhibitionskontrolle meint hier die Fähigkeit eines Individuums, konkurrierende oder unerwünschte Verhaltensimpulse zu Gunsten von zielgerichteten Reaktionen zu unterdrücken (Somerville & Casey, 2010). Kinder mit ausschließlicher ODD/CD scheinen ein derartiges Motivationsverhalten unter diesen Testbedingungen nicht zu zeigen (Oosterlaan & Sergeant, 1998; Scheres, Oosterlaan & Sergeant, 2001).

Zusammengenommen sprechen die experimentellen Daten dafür, dass Kinder mit ADHS (ohne oder mit ODD/CD) besonders bei motivationalen Aufgaben zur Inhibitionskontrolle (z. B. Stop-Signal oder Go/No-go Aufgaben) hypersensitiv auf Belohnungen reagieren. Allerdings konzentrierten sich bisherige Studien so gut wie ausschließlich auf nicht-soziale, materielle Belohnungen (z. B. Geld) und deren Auswirkungen auf das Motivationsverhalten von Patienten mit externalisierenden Störungen. Die Vernachlässigung von sozialen Belohnungen ist in diesem Zusammenhang erstaunlich, besonders da soziale Verstärker – wie Gesichtsausdrücke, Gestik oder verbales Lob – eine zentrale Rolle bei der Entwicklung und Steuerung zwischenmenschlichen Sozialverhaltens von Kindern spielen (Kohls, 2009). Zudem konnte in Bildgebungsstudien nachgewiesen werden, dass soziale und monetäre Belohnungsanreize dieselben mesolimbischen Belohnungsareale aktivieren wie primäre, biologische Verstärker (Rademacher et al., 2010; Spreckelmeyer et al., 2009).

Kürzlich konnte in einer eigenen Untersuchung erstmalig gezeigt werden, dass soziale, aber nicht monetäre, Belohnungsanreize zu einer besonders starken Verbesserung der Inhibitionsleistungen bei Kindern mit ADHS führten (Kohls, Herpertz-Dahlmann et al., 2009). Es liegen nach Wissen der Autoren bisher jedoch noch keine vergleichbaren Befunde zu Kindern mit Störungen des Sozialverhaltens vor.

Unabhängig von Belohnungsverarbeitungsprozessen konnten mehrere Arbeiten eine verringerte Sensitivität für positive, sozial-emotionale Reize bei Patienten mit komorbider ADHS + ODD/CD im Vergleich mit gesunden Probanden und Probanden mit reiner ADHS nachweisen (Herpertz et al., 2008; Krauel et al., 2009). Vor diesem Hintergrund war das Ziel der vorliegenden Studie, den (differenziellen) Effekt von sozialen und nicht-sozialen Belohnungen auf die Inhibitionskontrolle bei Kindern mit ADHS + ODD/CD näher zu untersuchen. In die Studie eingeschlossen, wurden neben einer psychiatrisch unauffälligen Kontrollgruppe (KG) ausschließlich Kinder mit einer hyperkinetischen Störung des Sozialverhaltens (HSV) nach ICD-10 (Remschmidt, Schmidt & Poustka, 2006). Dieser Kombination aus Störungen des Sozialverhaltens und ADHS entspricht im DSM-IV (APA, 1994) das gemeinsame Auftreten von attention-deficit/hyperactivity disorder (ADHD) mit oppositioneller Störung des Sozialverhaltens (ODD) bzw. Störung des Sozialverhaltens im Sinne der CD. Zum Einsatz kam eine motivationale Go/No-go Aufgabe, bei der korrekte Inhibitionen in einer ersten Untersuchungsphase unbelohnt blieben und in einem zweiten Testblock entweder sozial (in Form eines positiven Gesichtsausdrucks) oder nicht-sozial (in Form eines kleinen Geldgewinns) belohnt wurden (Kohls, Herpertz-Dahlmann et al., 2009; Kohls, Peltzer, Herpertz-Dahlmann & Konrad, 2009). Der Studie lag die Hypothese zugrunde, dass Kinder mit HSV, im Vergleich mit gesunden Kontrollen, deutlich verringert auf soziale Belohnungen ansprechen (d. h. ihre motorische Inhibitionsleistung vergleichsweise wenig in der sozialen Bedingung verbessern), wogegen die Ansprechbarkeit auf nicht-soziale, monetäre Belohnungen unauffällig ist (Kohls, Herpertz-Dahlmann et al., 2009).

## Methodik

### Stichprobe

Insgesamt nahmen 17 Jungen mit HSV und 17 im Hinblick auf IQ und Alter vergleichbare gesunde männliche Kontrollen (KG) im Alter zwischen 8 und 15 Jahren ( $M = 12.2 \pm 2.0$  Jahre) an der Studie teil. Probanden mit einem IQ = 80 (gemessen mit dem HAWIK-IV; Petermann & Petermann, 2010) wurden von der Teilnahme ausgeschlossen.

Alle Probanden in der klinischen Gruppe erfüllten die ICD-10 Kriterien (Remschmidt et al., 2006) für eine HSV (F90.1). Die Probanden wurden über den ambulanten sowie stationären Bereich der Klinik für Psychiatrie, Psychosomatik und Psychotherapie des Kindes- und Jugendalters, Universitätsklinikum Aachen rekrutiert. Die KG wurde durch Aushänge in weiterführenden Schulen im Bereich Aachen gewonnen. Alle Studienteilnehmer nahmen an einer ausführlichen psychiatrischen Untersuchung einschließlich eines semi-strukturierten Interviews

(K-SADS-PL; Kaufmann et al., 1997; deutsche Version von Delmo, Welffenbach, Gabriel, Stadler & Poustka, 2001) teil, die jeweils von einem erfahrenen Facharzt für Kinder- und Jugendpsychiatrie und -psychotherapie durchgeführt wurden. Zudem beurteilten die Sorgeberechtigten das Verhalten ihrer Kinder anhand der Child Behavior Checklist (CBCL; Achenbach, 1991) und des Fremdbeurteilungsbogens für Hyperkinetische Störungen (FBB-HKS, Döpfner und Lehmkuhl, 1998; Erhart, Döpfner, Ravens-Sieberer & BELLA study group, 2008). Die Anzahl der Items des FBB-HKS bietet dabei ein Maß für den Schweregrad der einzelnen ADHS Symptome. Die psychiatrische Diagnosestellung der Probanden mit HSV erfolgte aufgrund der Beurteilung durch einen erfahrenen Kinder- und Jugendpsychiater, einem semi-strukturierten Elterninterview (K-DIPS; Unnewehr, Schneider & Margraf, 1995), der Entwicklungsgeschichte der Probanden, einer neuro-pädiatrischen Untersuchung, sowie der Elternfragebögen (CBCL, FBB-HKS). Die T-Werte der Subskalen «Aufmerksamkeitsprobleme», «dissoziales» und «aggressives Verhalten» der CBCL lagen bei allen Probanden mit HSV über 65. Bei den Probanden der HSV Gruppe bestand ausschließlich eine Medikation mit Stimulanzien. Diese wurde 48h vor der Testung ausgesetzt.

Ausschlusskriterien für die Studienteilnahme waren alle potenziell konfundierenden Diagnosen wie Zwangsstörungen, Psychosen, Manien, depressive Störungen, Substanzmissbrauch, sowie tiefgreifende Entwicklungsstörungen. Es lagen folgende komorbide Störungen innerhalb der HSV Gruppe vor: Enuresis nocturna (F98.0; 3 Fälle) und isolierte Rechtschreibstörung (F81.0; 2 Fälle).

Eine schriftliche Einverständniserklärung wurde von allen Teilnehmern und deren Sorgeberechtigten eingeholt. Das Studienprotokoll wurde durch die Ethikkommission des Universitätsklinikums Aachen genehmigt.

Die demographischen Daten und die deskriptive Statistik zu den Verhaltenskennwerten in der Go/No-go Aufgabe (siehe unten) sind in Tabelle 1 zusammengefasst. Beide Gruppen unterschieden sich nicht signifikant hinsichtlich Alter und IQ (alle  $ps > 0.3$ ). Die Jungen der HSV Gruppe zeigten in der CBCL signifikant höhere Werte auf den Skalen «Aufmerksamkeitsprobleme», «dissoziales», «aggressives», «internalisierendes» und «externalisierendes» Verhalten. Ebenfalls höhere Punktwerte erzielten sie im Hinblick auf die Symptomausprägung gemessen mit dem FBB-HKS (alle  $ps < 0.05$ ).

## Versuchsanordnung und -ablauf

### Motivationale Go/No-go Aufgabe

In der motivationalen Go/No-go Aufgabe (Details bei Kohls, Herpertz-Dahlmann et al., 2009; Kohls, Peltzer et al., 2009) bestand das Ziel der Teilnehmer darin, mit ihrer dominanten Hand so schnell wie möglich auf alle Go-Sti-

Tabelle 1

*Demographische Daten und deskriptive Statistik zu den Verhaltenskennwerten in der motivationalen Go/No-go-Aufgabe*

	HSV (n = 17) M (SD)	KG (n = 17) M (SD)	p-Werte
Alter (in Jahren)	12.5 (1.6)	11.8 (2.3)	0.35
IQ (HAWIK-IV)	99.5 (15.3)	99.7 (9.6)	0.97
CBCL (T-Werte)			
Internalisierendes Verhalten	67.8 (5.4)	55.3 (11.1)	0.048*
Externalisierendes Verhalten	78.0 (5.5)	53.5 (8.7)	< 0.001*
Aufmerksamkeitsprobleme	72.0 (4.8)	55.6 (7.0)	< 0.001*
Delinquentes Verhalten	74.5 (6.4)	55.0 (5.1)	0.001*
Aggressives Verhalten	81.5 (9.1)	57.0 (6.5)	0.002*
FBB-HKS (Perzentile)	85.2 (10.8)	45.8 (25.1)	0.004*
Inhibitions-Fehlerrate (in %)			
Baseline	19.9 (14.1)	20.1 (8.7)	0.96
Soziale Belohnung	11.4 (10.1)	14.1 (8.6)	0.42
Monetäre Belohnung	7.1 (7.5)	10.2 (8.6)	0.27
Reaktionszeiten auf «Go» (in ms)			
Baseline	426.4 (68.8)	420.4 (59.8)	0.79
Soziale Belohnung	416.4 (63.7)	405.1 (46.4)	0.56
Monetäre Belohnung	420.2 (68.1)	414.5 (58.9)	0.79
Reaktionszeiten auf «No-go» (in ms)			
Baseline	353.2 (74.7)	380.2 (139.4)	0.49
Soziale Belohnung	385.2 (45.3)	396.0 (125.0)	0.75
Monetäre Belohnung	382.6 (103.8)	397.5 (170.9)	0.79

*Anmerkungen:* HSV = Hyperkinetische Störung des Sozialverhaltens; KG = Kontrollgruppe; CBCL = Child Behavior Checklist; FBB-HKS = Fremdbeurteilungsbogen für Hyperkinetische Störungen; ms = Millisekunden; M = Mittelwert; SD = Standardabweichung; HAWIK-IV = Hamburg-Wechsler-Intelligenztest für Kinder IV; \* = signifikantes Ergebnis (auf der Grundlage von Zweistichproben-*t*-Tests für unabhängige Stichproben).

muli (Buchstaben «A» bis «E») mittels Tastendruck zu antworten, wogegen die Reaktion bei allen No-go-Reizen (Buchstabe «X») unterdrückt werden sollte. Die Stimuli wurden für die Dauer von 500 ms in pseudorandomisierter Reihenfolge in der Mitte eines Computerbildschirms präsentiert. Das Zeitintervall zwischen zwei Stimuli betrug 1500 ms. Informatives bzw. nicht-informatives Feedback (siehe unten) wurde 1500 ms nach jedem No-go-Stimulus für eine Dauer von 1500 ms angezeigt.

Die motivationale Go/No-go-Aufgabe bestand aus zwei experimentellen Blöcken mit jeweils 150 Trials (60 % Go-Trials und 40 % No-go-Trials). Im ersten Block, der Baseline-Bedingung, wurde bedeutungsloses (d. h., nicht-informatives) Feedback sowohl für korrekte Inhibitionen als auch für Inhibitionsfehler verwendet. Im zweiten Versuchsdurchgang wurden alle Teilnehmer für erfolgreiche Inhibitionsleistungen blockweise mit sozialen oder nicht-sozialen, monetären Belohnungen verstärkt. Jeder Belohnungsblock bestand aus sechs sozialen oder sechs monetären Belohnungen. Insgesamt wurden fünf Blöcke mit sozialen Verstärkern und fünf Blöcke mit nicht-sozialen Verstärkern in pseudorandomisierter Reihenfolge dargeboten. Freund-

liche Gesichtsausdrücke dienten als positive soziale Verstärker, während nach Inhibitionsfehlern neutrale Gesichtsausdrücke gezeigt wurden.

Korrekte Inhibitionen in den nicht-sozialen Trials wurden positiv mit Geld verstärkt (dargestellt mittels Geldbörsen mit 50 Cent Inhalt), leere Geldbörsen wurden nach Inhibitionsfehlern präsentiert. Unabhängig von der Leistung gewannen alle Teilnehmer 3 EUR, obwohl sie vorher instruiert wurden, dass eine bessere Leistung zu einem größerem Geldgewinn führen würde.

Alle Teilnehmer wurden zu Beginn eines jeden experimentellen Blocks daran erinnert, so schnell wie möglich zu reagieren und dabei so wenig Fehler wie möglich zu begehen. Aufgabeninstruktionen, einschließlich einer ausführlichen Erklärung zu den unterschiedlichen Belohnungstypen (keine, soziale oder monetäre Belohnung), wurden jedem Versuchsteilnehmer vor dem Experiment anhand von Powerpoint Folien präsentiert. Um sicher zu stellen, dass alle Teilnehmer die Aufgabeninstruktionen richtig verstanden hatten, wurden 20 Go/No-go Übungs-Trials vor jedem Versuchsdurchgang durchgeführt (mit der Möglichkeit zur Wiederholung).



## Nachbefragung

Nach jedem Untersuchungsblock wurden alle Teilnehmer mittels eines speziell entwickelten Selbstbeurteilungsbogens hinsichtlich ihrer subjektiven Erfahrungen in den verschiedenen experimentellen Bedingungen befragt. Dazu wurde eine 5-Punkte-Likert-Skala mit den Antwortmöglichkeiten 0, 1, 2, 3 und 4 eingesetzt. Alle Teilnehmer wurden gefragt, (1) wie sehr sie vor dem Experiment motiviert waren, die anstehende Aufgabe durchzuführen, (2) wie motivierend bzw. (3) wie schwer sie die Aufgabe einschätzten, und (4) wie verstärkend sie die verschiedenen Belohnungsstimuli empfanden.

## Statistische Auswertung

Abhängige Variablen in der Go/No-go-Aufgabe waren die Inhibitions-Fehlerrate bei No-go-Reizen (in %) sowie die Reaktionszeit (in ms) der richtigen Antworten bei Go-/Reizen. Es wurde eine multivariate Varianzanalyse mit Messwiederholung auf dem Zwischensubjektfaktor «Gruppe» (KG, HSV) und dem Innersubjektfaktor «Belohnung» (keine Belohnung, soziale Belohnung, monetäre Belohnung) durchgeführt, gefolgt von univariaten Varianzanalysen und Innersubjektkontrasten. Als Signifikanzniveau wurde ein Alpha-Wert von 5 % festgelegt. Zusätzlich wurde das partielle Eta-Quadrat ( $\eta^2_p$ ) als Effektstärkemaß berechnet. Auslassungsfehler auf Go-Reize waren verschwindend gering (< 3 %) und wurden nicht in die Analyse aufgenommen.

Es wurden zusätzlich, separat für beide Gruppen und die drei Belohnungsbedingungen, Produkt-Moment-Korrelationen zwischen Inhibitions-Fehlerraten und Reaktionszeiten berechnet, um mögliche Strategiewechsel- bzw. Speed-accuracy tradeoff-Effekte (erhöhte Genauigkeit auf Kosten einer langsameren Geschwindigkeit) aufzudecken.

Die Effekte des Belohnungsfeedbacks auf die subjektiven Ratings in der Nachbefragung wurden mithilfe des Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Tests für abhängige Stichproben und des Mann-Whitney-U-Tests für unabhängige Stichproben berechnet.

Alle statistischen Analysen wurden mit SPSS 17.0 durchgeführt (SPSS Inc., Chicago, Illinois).

## Ergebnisse

### Subjektive Ratings

Beide Experimentalgruppen begannen die Untersuchung laut Selbstbeurteilung gleich motiviert ( $Mdn_{KG} = 3$ ,  $Mdn_{HSV} = 3.5$ ; Mann-Whitney  $U = 131.0$ , *ns*).

Die Nachbefragung für die Baseline-Bedingung ergab, dass sich die Gruppen hinsichtlich erlebter Motivation ( $Mdn_{KG} = 2$ ,  $Mdn_{HSV} = 2$ ; Mann-Whitney  $U = 101.5$ , *ns*), Schwierigkeitsempfinden ( $Mdn_{KG} = 3$ ,  $Mdn_{HSV} = 3.5$ ; Mann-

Whitney  $U = 109.0$ , *ns*) oder Feedbackbewertung (FB) (FB für korrekte Inhibition:  $Mdn_{KG} = 2$ ,  $Mdn_{HSV} = 2$ ; Mann-Whitney  $U = 128.5$ , *ns*) nicht voneinander unterschieden.

Die Nachbefragung für den Belohnungsblock zeigte, dass beide Gruppen die Belohnungsbedingung als motivierender empfanden als die Baseline ( $Mdn_{KG1} = 2$ ,  $Mdn_{KG2} = 4$ ;  $Z = -3.28$ ,  $p = .001$ ;  $Mdn_{HSV1} = 2$ ,  $Mdn_{HSV2} = 3$ ;  $Z = -3.06$ ,  $p = .002$ ). Ebenso zeigte sich für beide Gruppen, dass das Feedback auf korrekte Inhibitionen im zweiten Block als belohnender empfunden wurde als im ersten Untersuchungsdurchgang ( $Mdn_{KG1} = 2$ ,  $Mdn_{KG2} = 3$ ;  $Z = -3.51$ ,  $p < .001$ ;  $Mdn_{HSV1} = 2$ ,  $Mdn_{HSV2} = 3$ ;  $Z = -3.15$ ,  $p = .002$ ). Zusammengenommen deuten die Daten darauf hin, dass unsere experimentelle Manipulation erfolgreich war.

Allerdings offenbarte der direkte Gruppenvergleich tendenziell geringere Motivationswerte und ein tendenziell geringeres Schwierigkeitsempfinden für die Jungen mit HSV in den Belohnungsbedingungen (Motivation: Mann-Whitney  $U = 92.5$ ,  $p = .09$ ; Schwierigkeit: Mann-Whitney  $U = 85.0$ ,  $p = .06$ ; Feedback für korrekte Inhibition: Mann-Whitney  $U = 108.0$ , *ns*).

## Verhaltenskennwerte

### Inhibitions-Fehlerraten und Reaktionszeiten

In der Baseline-Bedingung zeigten sich keine signifikanten Gruppenunterschiede hinsichtlich Inhibitions-Fehlerraten und Reaktionszeiten ( $F(2, 31) = 0.052$ , *ns*,  $\eta^2_p = 0.003$ ; siehe Tabelle 1 für Details).

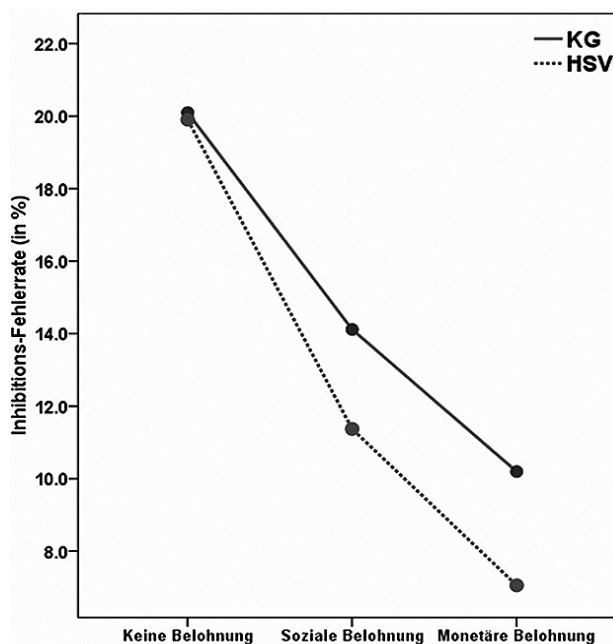


Abbildung 1. Verbesserung der Inhibitionsleistung unter sozialer und monetärer Belohnung bei gesunden Jungen (Kontrollgruppe, KG) und Jungen mit hyperkinetischer Störung des Sozialverhaltens (HSV).

Die multivariate Varianzanalyse mit Messwiederholung ergab einen signifikanten Haupteffekt für den Faktor Belohnung,  $F(4, 29) = 11.60, p < .001, \eta^2_p = 0.62$ , allerdings keinen signifikanten Gruppeneffekt,  $F(2, 31) = 0.41, ns, \eta^2_p = 0.03$ , oder Interaktionseffekt,  $F(4, 29) = 0.51, ns, \eta^2_p = 0.07$ . Dies legt nahe, dass beide Gruppen ihr Antwortverhalten gleichermaßen stark unter Belohnung verbesserten (siehe Abbildung 1). Univariate ANOVAs zeigten, dass der Belohnungseffekt sowohl auf gesteigerte Inhibitionsleistungen,  $F(2, 64) = 28.71, p < .001, \eta^2_p = 0.48$ , als auch auf schnellere Reaktionszeiten,  $F(2, 64) = 3.41, p = 0.039, \eta^2_p = 0.1$ , zurückzuführen ist. Innersubjektkontraste für die Inhibitionsfehler ergaben eine verstärkte Inhibitionskontrolle (d. h., geringere Fehlerrate) unter beiden Belohnungstypen (monetäre Belohnung < soziale Belohnung < keine Belohnung; alle signifikanten  $ps \leq .004$ ). Dagegen zeigte sich bei den Reaktionszeiten – verglichen mit der Baseline – nur ein schnelleres Antwortverhalten unter sozialer Belohnung (soziale Belohnung < keine Belohnung;  $p = .026$ ).

### Mögliche Strategiewechsel- und Speed-accuracy tradeoff-Effekte (erhöhte Genauigkeit auf Kosten einer langsameren Geschwindigkeit)

In einem nächsten Schritt gingen wir der Frage nach, ob sich mögliche Speed-accuracy tradeoff-Effekte aufdecken ließen, d. h. langsames Reagieren auf Go-Reize zugunsten besserer No-go-Inhibitionsleistungen. Dazu wurden separat für beide Gruppen und die drei Belohnungsbedingungen Produkt-Moment-Korrelationen zwischen Inhibitions-Fehlerraten und Reaktionszeiten berechnet. Keiner der Korrelationskoeffizienten erreichte Signifikanzniveau ( $ps > .05$ ), was gegen mögliche Speed-accuracy tradeoff-Effekte spricht.

Da in unserem Paradigma nur die erfolgreiche Inhibition, nicht aber schnelle Antwortreaktionen belohnt wurden, war es besonders wichtig, für weitere mögliche Strategiewechsel zu kontrollieren (z. B. unter Belohnung langsamer zu reagieren und dadurch besser zu inhibieren). Hierzu wurden Produkt-Moment-Korrelationen zwischen  $\Delta RT$  (Reaktionszeitunterschiede zwischen Baseline und Belohnungsbedingungen) und einem Änderungsindex für Inhibitionsfehler berechnet (ausführlich in Kohls, Peltzer et al., 2009). Es zeigte sich, dass nur die Kontrollgruppe, nicht aber die Probanden mit HSV, ihr Antwortverhalten unter Belohnung änderten. Insbesondere führte der Wechsel von der unbelohnten Baseline hin zum Geldanreiz bei den gesunden Teilnehmern zu einem deutlich verlangsamten Reagieren zugunsten einer stärkeren Inhibitionskontrolle und somit einem potenziell größeren Geldgewinn (monetäre Belohnung: KG,  $r = .53, p = .027$ ; HSV,  $r = .05, p = .84$ ; soziale Belohnung: KG,  $r = -.44, p = .08$ ; HSV,  $r = -.19, p = .46$ ). Allerdings unterschied sich die Anzahl der Strategiewechsler pro Gruppe nicht (je  $n = 8$  oder 47 %).

## Diskussion

Die vorliegende Studie hatte zum Ziel, erstmalig den (differenziellen) Effekt von sozialen und nicht-sozialen, monetären Belohnungen auf die Inhibitionskontrolle bei Jungen mit HSV im Vergleich mit gesunden Kontrollen näher zu untersuchen. Es zeigte sich – in Übereinstimmung mit früheren Untersuchungen unserer Arbeitsgruppe –, dass sowohl soziale als auch nicht-soziale Belohnungen die Inhibitionsfähigkeit von Kindern und Jugendlichen deutlich verbesserten, wobei der Verstärkungseffekt für monetäre Belohnungen am stärksten ausgeprägt war (Kohls, Herpertz-Dahlmann et al., 2009; Kohls, Peltzer et al., 2009; Kohls et al., 2011). Die Hypothese, dass Kinder mit HSV im Vergleich mit gesunden Kontrollen deutlich verringert auf soziale Belohnungen ansprechen, bestätigte sich hingegen in unserer Stichprobe nicht. Die Daten zu den Inhibitions-Fehlerraten legen nahe, dass beide Experimentalgruppen ihre kognitiven Kontrollleistungen sowohl unter sozialer als auch unter nicht-sozialer, monetärer Belohnung steigerten. Allerdings zeigte sich nur in der Kontrollgruppe ein Zusammenhang zwischen deutlich langsameren Antwortreaktionen und besserem Inhibitionsverhalten, insbesondere unter monetärer Belohnung. Dieser Strategiewechsel im Antwortverhalten deutet an, dass die gesunden Probanden vermutlich ein optimales Verhaltensresultat im Sinne eines potenziell größtmöglichen Profits an monetären Belohnungen erstrebten. Dieser Zusammenhang ließ sich bei den Kindern mit HSV nicht beobachten. Darüber hinaus ergab die begleitend durchgeführte Selbstbeurteilung für die Gruppe mit HSV tendenziell geringere Motivationswerte in den Belohnungsbedingungen.

Unsere Daten stehen im Einklang mit früheren Befunden von Scheres et al. (2001) und Oosterlaan & Sergeant (1998), die beobachten konnten, dass Kinder mit Störungen des Sozialverhaltens in Aufgaben zur Inhibitionskontrolle (hier: Stop-Signal-Aufgabe) ähnlich stark auf nicht-soziale Belohnungen ansprachen wie gesunde Kontrollprobanden.

Es zeigte sich zudem in der vorliegenden Arbeit, dass nur die Kontrollprobanden, nicht aber die Jungen mit HSV ihre Antwortstrategie unter monetärer Belohnung hinsichtlich eines potenziell größeren Geldgewinns änderten (d. h., langsames Reagieren zugunsten einer stärkeren Inhibitionskontrolle). Das suboptimale Antwortverhalten in der HSV-Gruppe stimmt mit Ergebnissen aus Arbeiten zu motivationalen Entscheidungsaufgaben bei Kindern mit externalisierenden Verhaltensstörungen überein (s. Einleitung). Dabei konnte studienübergreifend gezeigt werden, dass Patienten mit Störungen des Sozialverhaltens in perseverierender Weise nach monetären Belohnungen streben, wobei gleichzeitig Bestrafungsreize (in Form von kontinuierlich ansteigenden Geldverlusten) unberücksichtigt bleiben – ein motivationaler Stil, der längerfristig wenig gewinnbringend ist (Daugherty & Quay, 1991; Fonseca & Yule, 1995; Mathys et al., 1998). Aktuelle Bildgebungsstudien legen nahe, dass für eine eingeschränkte Anpassung motivations-

gesteuerten Verhaltens bei Personen mit Störungen des Sozialverhaltens möglicherweise defizitäre präfrontale Hirnstrukturen verantwortlich sind (Überblick bei Sterzer & Stadler, 2009).

Entgegen unserer Annahme zeigte sich bei den Kindern mit HSV keine Hyposensitivität für soziale Belohnungen. Dies steht im Widerspruch zu den Ergebnissen von Krauel und Kollegen (2009), die eine verringerte Ansprechbarkeit für positive, sozial-emotionale Stimuli bei Patienten mit komorbider ADHS + ODD/CD im Vergleich mit gesunden Probanden und Probanden mit reiner ADHS beobachten konnten. Allerdings kam in der Studie von Krauel und Mitarbeitern eine Gedächtnis- und keine Belohnungsaufgabe zum Einsatz, was eine direkte Vergleichbarkeit der Studienergebnisse einschränkt.

Die vorliegenden Daten zu Patienten mit HSV – zusammen mit den Ergebnissen aus unserer vorangegangenen Studie zur ADHS (Kohls, Herpertz-Dahlmann et al., 2009) – legen nahe, dass diese beiden verwandten Störungsbilder hinsichtlich der Belohnungsverarbeitung voneinander abgrenzbar sind. Bei Kindern mit reiner ADHS fand sich eine Hypersensitivität für soziale Belohnungen in derselben motivationalen Inhibitionsaufgabe; diese Auffälligkeit ließ sich bei Kindern mit HSV in der aktuellen Arbeit nicht beobachten. Dieser studienübergreifende Befund steht in Einklang mit Resultaten von Luman und Kollegen (2009), die zeigen konnten, dass Kinder mit ADHS + ODD ein weniger stark ausgeprägtes Belohnungsdefizit hatten als Kinder mit reiner ADHS. Zudem legen aktuelle Bildgebungsbeobachtungen nahe, dass beide Erkrankungsbilder möglicherweise mit jeweils störungsspezifischen Dysfunktionen im Belohnungssystem einhergehen (Rubia et al., 2009). Zusammengefasst weisen diese Daten darauf hin, dass HSV und ADHS aus neuropsychologischer Sicht unterschiedliche Entitäten darstellen könnten, die mit differenziellen Veränderungen im Bereich der Belohnungsverarbeitung assoziiert sind (siehe auch Banaschewski et al., 2003).

Allerdings sollte einschränkend erwähnt werden, dass wir keinen direkten Vergleich zwischen Kindern mit reiner ADHS und Kindern mit HSV durchgeführt haben. Hier sind zukünftige Arbeiten wünschenswert, die Kinder mit reiner ADHS, Kinder mit Störungen des Sozialverhaltens ohne ADHS und Patienten mit HSV untersuchen.

Unsere Studie hat eine Reihe von Limitationen. Eine Haupteinschränkung besteht in der Größe und Zusammensetzung der Untersuchungsstichprobe, die lediglich 34 Jungen umfasste. Unsere Schlussfolgerungen sind demnach in ihrer Aussagekraft beschränkt und bedürfen der Replizierung in einer größeren Patientengruppe (einschließlich weiblicher Versuchsteilnehmer).

Wie bereits erwähnt, wurde zudem auf eine klinische Vergleichsgruppe (z. B. Jungen mit reinem ADHS oder Patienten mit Autismus; Poustka et al., 2011) verzichtet, was die Spezifität der vorliegenden Befunde deutlich begrenzt.

Außerdem war die Gruppe der Patienten mit HSV zu klein (und im Durchschnitt zu jung), um bedeutsame Aus-

sagen zu potentiellen Unterschieden bei der Belohnungsverarbeitung von Kindern vom «early-starter» Typus (Beginn vor dem 10. Lebensjahr) versus «late-starter» Typus (Beginn in später Kindheit oder Adoleszenz) zu treffen. Zukünftige Forschungsarbeiten sollten sich allerdings vermehrt dieser Fragestellung widmen, da davon auszugehen ist, dass beide Entwicklungspfade mit unterschiedlich stark ausgeprägten Motivationsdefiziten einhergehen (Fairchild et al., 2009).

Trotz der genannten methodischen Einschränkungen liefert die vorliegende Studie neue Erkenntnisse bezüglich differenzieller Effekte von sozialen und nicht-sozialen Belohnungen bei Jungen mit hyperkinetischer Störung des Sozialverhaltens. Die hier gewonnenen Daten könnten wichtige klinische Implikationen haben, insbesondere hinsichtlich des Einsatzes von Verstärkern in verhaltenstherapeutischen Prozeduren: Während sich auf Grund der Ergebnisse der Studien von Kohls, Herpertz-Dahlmann et al. (2009) anzubieten scheint, bei Kindern mit reiner ADHS insbesondere soziale Belohnungen in Verstärkerpläne einzubauen, legen unsere aktuellen Befunde nahe, dass bei Jungen mit HSV sowohl Geld als auch soziale Belohnungen verhaltenswirksam sind, wobei der Einsatz nicht-sozialer, monetärer Verstärker bessere Effekte erwarten lässt.

## Literatur

- Achenbach, T. M. (1991). *Manual for the Child Behavior Checklist/4-18 and 1991 profile*. Burlington, VT: University of Vermont, Department of Psychiatry.
- American Psychiatric Association. (1994). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders* (4th ed). Washington, DC: American Psychiatric Press.
- Banaschewski, T., Brandeis, D., Heinrich, H., Albrecht, B., Brunner, E. & Rothenberger, A. (2003). Association of ADHD and conduct disorder – brain electrical evidence for the existence of a distinct subtype. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 44, 356–376.
- Castellanos, F. X., Sonuga-Barke, E. J., Milham, M. P. & Tannock, R. (2006). Characterizing cognition in ADHD: Beyond executive dysfunction. *Trends in Cognitive Sciences*, 10, 117–123.
- Daugherty, T. K. & Quay, H. C. (1991). Response perseveration and delayed responding in childhood behavior disorders. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 32, 453–461.
- Delmo, C., Welfenbach, O., Gabriel, M., Stadler, C. & Poustka, F. (2001). *Diagnostisches Interview Kiddie-Sads Present und Lifetime Version (K-SAD-PL)* (5. ed.). www.kqu.de/zpsy/kinderpsychiatrie/ksadspl.html
- Döpfner, M. & Lehmkuhl, G. (1998). *Diagnostiksystem für psychische Störungen im Kindes- und Jugendalter nach ICD-10 und DSM-IV*. Bern: Huber.
- Erhart, M., Döpfner, M., Ravens-Sieberer, U. & BELLA study group. (2008). Psychometric properties of two ADHD questionnaires: Comparing the Conners' scale and the FBB-HKS in the general population of German children and adolescents – results of the BELLA study. *European Journal of Child and Adolescent Psychiatry*, 17, 106–115.



- Fairchild, G., van Goozen, S.H.M., Stollery, S.J., Aitken, M.R.F., Savage, J., Moore, S.C. & Goodyer, I.M. (2009). Decision making and executive function in male adolescents with early-onset or adolescence-onset conduct disorder and control subjects. *Biological Psychiatry*, *66*, 162–168.
- Fonseca, A.C. & Yule, W. (1995). Personality and antisocial behavior in children and adolescents: An enquiry into Eysenck's and Gray's theories. *Journal of Abnormal Child Psychology*, *23*, 767–781.
- Herpertz, S.C., Huebner, T., Marx, I., Vloet, T.D., Fink, G.R., Stoelcker, T., ... Herpertz-Dahlmann, B. (2008). Emotional processing in male adolescents with childhood-onset conduct disorder. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, *49*, 781–791.
- Kaufman, J., Birmaher, B., Brent, D., Rao, U., Flynn, C., Moreci, P., ... Ryan, N. (1997). Schedule for affective disorders and schizophrenia for school-age children-present and lifetime version (K-SADS-pl): Initial reliability and validity data. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, *36*, 980–988.
- Kohls, G. (2009). *Der Einfluss von sozialen und nicht-sozialen Belohnungen auf die kognitiven Kontrollfähigkeiten von Kindern und Jugendlichen mit und ohne Aufmerksamkeitsdefizit-/Hyperaktivitätsstörung (ADHS)*. Unveröffentlichte Dissertation. Medizinischen Fakultät der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen (D 82, Diss. RWTH Aachen, 2009).
- Kohls, G., Herpertz-Dahlmann, B. & Konrad, K. (2009). Hyperresponsiveness to social rewards in children and adolescents with attention-deficit/hyperactivity disorder (ADHD). *Behaviour and Brain Functions*, *5*, 20.
- Kohls, G., Peltzer, J., Herpertz-Dahlmann, B. & Konrad, K. (2009). Differential effects of social and non-social reward on response inhibition in children and adolescents. *Developmental Science*, *12*, 614–625.
- Kohls, G., Peltzer, J., Schulte-Rüther, M., Kamp-Becker, I., Remschmidt, H., Herpertz-Dahlmann, B. & Konrad, K. (2011). Atypical brain responses to reward cues in autism as revealed by event-related potentials. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, Feb 3. [Epub ahead of print].
- Konrad, K., Gauggel, S., Manz, A. & Scholl, M. (2000). Lack of inhibition: A motivational deficit in children with attention deficit/hyperactivity disorder and children with traumatic brain injury. *Child Neuropsychology*, *6*, 286–296.
- Krauel, K., Duzel, E., Hinrichs, H., Rellum, T., Santel, S. & Baving, L. (2009). Emotional memory in ADHD patients with and without comorbid ODD/CD. *Journal of Neural Transmission*, *116*, 117–120.
- Luman, M., Oosterlaan, J. & Sergeant, J.A. (2005). The impact of reinforcement contingencies on AD/HD: A review and theoretical appraisal. *Clinical Psychology Review*, *25*, 183–213.
- Luman, M., van Noesel, S.J., Papanikolaou, A., Oostenbruggen-Scheffer, J., Veugelers, D., Sergeant, J.A. & Oosterlaan, J. (2009). Inhibition, reinforcement sensitivity and temporal information processing in ADHD and ADHD + ODD: Evidence of a separate entity? *Journal of Abnormal Child Psychology*, *37*, 1123–1135.
- Marx, I., Hubner, T., Herpertz, S.C., Berger, C., Reuter, E., Kircher, T., ... Konrad, K. (2010). Cross-sectional evaluation of cognitive functioning in children, adolescents and young adults with ADHD. *Journal of Neural Transmission*, *117*, 403–419.
- Matthys, W., van Goozen, S.H., de Vries, H., Cohen-Kettenis, P.T. & van Engeland, H. (1998). The dominance of behavioural activation over behavioural inhibition in conduct disordered boys with or without attention deficit hyperactivity disorder. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, *39*, 643–651.
- O'Brien, B.S. & Frick, P.J. (1996). Reward dominance: Associations with anxiety, conduct problems, and psychopathy in children. *Journal of Abnormal Child Psychology*, *24*, 223–240.
- Oosterlaan, J. & Sergeant, J.A. (1998). Effects of reward and response cost on response inhibition in AD/HD, disruptive, anxious, and normal children. *Journal of Abnormal Child Psychology*, *26*, 161–174.
- Petermann, F. & Petermann, U. (Hrsg.). (2010). *Hamburg-Wechsler-Intelligenztest für Kinder – IV (HAWIK-IV)* (3., ergänzte Auflage). Bern: Verlag Hans Huber.
- Poustka, L., Bender, F., Bock, M., Bölte, S., Möhler, E., Banaschewski, T. & Goth, K. (2011). Temperament und soziale Reaktivität bei Autismus-Spektrum-Störungen und ADHS. *Zeitschrift für Kinder- und Jugendpsychiatrie und Psychotherapie*, *39*, 133–141.
- Rademacher, L., Krach, S., Kohls, G., Irmak, A., Gründer, G. & Spreckelmeyer, K.N. (2010). Dissociation of neural networks for anticipation and consumption of monetary and social rewards. *NeuroImage*, *49*, 3276–3285.
- Remschmidt, H., Schmidt, M. & Poustka, F. (2006). *Multiaxiales Klassifikationsschema für psychische Störungen des Kindes- und Jugendalter nach ICD-10 der WHO* (5th ed). Bern: Hogrefe.
- Rubia, K., Smith, A.B., Halari, R., Matsukura, F., Mohammad, M., Taylor, E. & Brammer, M. (2009). Disorder-specific dissociation of orbitofrontal dysfunction in boys with pure conduct disorder during reward and ventrolateral prefrontal dysfunction in boys with pure ADHD during sustained attention. *American Journal of Psychiatry*, *166*, 83–94.
- Scheres, A., Oosterlaan, J. & Sergeant, J.A. (2001). Response inhibition in children with DSM-IV subtypes of AD/HD and related disruptive disorders: The role of reward. *Child Neuropsychology*, *7*, 172–189.
- Scheres, A., Milham, M.P., Knutson, B. & Castellanos, F.X. (2007). Ventral striatal hypo-responsiveness during reward anticipation in attention-deficit/hyperactivity disorder. *Biological Psychiatry*, *61*, 720–724.
- Solanto, M.V., Abikoff, H., Sonuga-Barke, E., Schachar, R., Logan, G.D., Wigal, T., ... Turkel, E. (2001). The ecological validity of delay aversion and response inhibition as measures of impulsivity in AD/HD: A supplement to the NIMH multimodal treatment study of AD/HD. *Journal of Abnormal Child Psychology*, *29*, 215–228.
- Somerville, L.H. & Casey, B.J. (2010). Developmental neurobiology of cognitive control and motivational systems. *Current Opinion in Neurobiology*, *20*, 236–241.
- Sonuga-Barke, E.J. (2002). Psychological heterogeneity in AD/HD – a dual pathway model of behaviour and cognition. *Behaviour and Brain Research*, *130*, 29–36.
- Spreckelmeyer, K.N., Krach, S., Kohls, G., Rademacher, L., Irmak, A., Konrad, K., ... Gründer, G. (2009). Anticipation of monetary and social reward differently activates the mesolimbic brain structures in men and women. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, *4*, 158–165.
- Sterzer, P. & Stadler, C. (2009). Neuroimaging of aggressive and



- violent behaviour in children and adolescents. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, 3, 35.
- Swanson, J. M., Kinsbourne, M., Nigg, J., Lanphear, B., Stefanatos, G. A., Volkow, N., . . . Wadhwa, P. D. (2007). Etiologic subtypes of attention-deficit/hyperactivity disorder: Brain imaging, molecular genetic and environmental factors and the dopamine hypothesis. *Neuropsychology Review*, 17, 39–59.
- Tamm, L. & Carlson, C. L. (2007). Task demands interact with the single and combined effects of medication and contingencies on children with ADHD. *Journal of Attention Disorders*, 10, 372–380.
- Tripp, G. & Alsop, B. (1999). Sensitivity to reward frequency in boys with attention deficit hyperactivity disorder. *Journal of Clinical Child Psychology*, 28, 366–375.
- Uebel, H., Albrecht, B., Asherson, P., Borger, N. A., Butler, L., Chen, W., . . . Banaschewski, T. (2010). Performance variability, impulsivity errors and the impact of incentives as gender-independent endophenotypes for ADHD. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 51, 210–218.
- Unnewehr, S., Schneider, S. & Margraf, J. (1995). *Kinder-DIPS – Diagnostisches Interview bei psychischen Störungen im Kindes- und Jugendalter* (2. Aufl.). Heidelberg: Springer-Verlag.
- Vloet, T. D., Herpertz, S. & Herpertz-Dahlmann, B. (2006). Ätiologie und Verlauf kindlichen dissozialen Verhaltens: Risikofaktoren für die Entwicklung einer Antisozialen Persönlichkeitsstörung. *Zeitschrift für Kinder- und Jugendpsychiatrie und Psychotherapie*, 34, 101–114.
- Wilkison, P. C., Kircher, J. C., McMahon, W. M. & Sloane, H. N. (1995). Effects of methylphenidate on reward strength in boys with attention-deficit hyperactivity disorder. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, 34, 897–901.

Manuskripteingang	20. Februar 2011
Nach Revision angenommen	19. April 2011
Interessenkonflikte	Nein

Dr. med. Timo D. Vloet

---

Klinik für Psychiatrie, Psychosomatik und Psychotherapie des Kindes- und Jugendalters  
 Universitätsklinikum Aachen  
 Neuenhofer Weg 21  
 DE - 52074 Aachen  
 tvloet@ukaachen.de