

Aus der Klinik für Psychiatrie und Psychotherapie
der Medizinischen Fakultät Charité – Universitätsmedizin Berlin

DISSERTATION

Anhaltende Effekte von Cannabiskonsum auf die neurokognitiven
Fähigkeiten Jugendlicher

Non-acute effects of Cannabis-use on neuropsychological
functioning in adolescents

zur Erlangung des akademischen Grades

Doctor medicinae (Dr. med.)

vorgelegt der Medizinischen Fakultät

Charité – Universitätsmedizin Berlin

von

Lena Kristin Sparke

Datum der Promotion: 23.03.2024

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|----|
| Tabellenverzeichnis..... | 5 |
| Abbildungsverzeichnis..... | 6 |
| Abkürzungsverzeichnis | 7 |
| Zusammenfassung..... | 8 |
| Abstract..... | 10 |
| 1 Einleitung..... | 12 |
| 2 Methodik..... | 15 |
| 2.1 IMAGEN-Studie..... | 15 |
| 2.2 Stichprobe..... | 16 |
| 2.3 Messinstrumente..... | 17 |
| 2.3.1 Neurokognition..... | 17 |
| 2.3.2 Intelligenz | 19 |
| 2.3.3 Substanzkonsum | 20 |
| 2.3.4 Sozioökonomischer Status..... | 21 |
| 2.4 Datenanalyse | 21 |
| 3 Ergebnisse..... | 22 |
| 3.1 Ergebnisse der Gesamtstichprobe | 22 |
| 3.2 Ergebnisse der deutschen Substichprobe | 23 |
| 3.2.1 Deskriptive Statistik..... | 23 |
| 3.2.2 Querschnittsanalyse | 27 |
| 3.2.3 Longitudinale Analyse..... | 29 |
| 4 Diskussion | 31 |
| 4.1 Querschnittsanalysen..... | 31 |
| 4.2 Longitudinale Analysen | 33 |
| 4.3 Limitationen..... | 36 |

| | | |
|-----|--|----|
| 4.4 | Resümee und Ausblick..... | 37 |
| 5 | Literaturverzeichnis..... | 40 |
| | Anhang..... | 47 |
| | Eidesstattliche Versicherung | 54 |
| | Anteilerklärung an der erfolgten Publikation | 55 |
| | Auszug aus der Journal Summary List | 56 |
| | Druckexemplar der Publikation..... | 58 |
| | Lebenslauf | 69 |
| | Publikationen..... | 71 |
| | Danksagung..... | 72 |

Tabellenverzeichnis

| | |
|--|----|
| Tabelle 1: Charakteristika der deutschen Stichprobe | 24 |
| Tabelle 2: Querschnittsanalyse der Baseline-Daten der deutschen Stichprobe | 28 |
| Tabelle 3: Querschnittsanalyse der FU2-Daten der deutschen Stichprobe | 29 |
| Tabelle 4: Longitudinale Gruppenvergleiche der deutschen Stichprobe | 30 |
| Tabelle A5: Ein- und Ausschlusskriterien (Englisch) | 47 |
| Tabelle A6: Absolvierte CANTAB-Subtests pro Standort | 49 |
| Tabelle A7: Stichprobengröße nach Standort | 49 |
| Tabelle A8: Stichprobengrößen für die einzelnen CANTAB-Variablen | 50 |

Abbildungsverzeichnis

| | |
|---|----|
| Abbildung 1: Häufigkeit des Tabakkonsums der deutschen Stichprobe..... | 25 |
| Abbildung 2: Häufigkeit des Alkoholkonsums der deutschen Stichprobe | 25 |
| Abbildung 3: Häufigkeit des Cannabiskonsums der deutschen Stichprobe | 26 |
| Abbildung 4: Anzahl der Proband*innen in der deutschen Stichprobe, die über weiteren illegalen Drogenkonsum berichteten | 26 |
| Abbildung 5: Geschätzte Randmittelwerte und 95% KI für Rapid Visual Information Processing (RVP) der deutschen Stichprobe | 31 |
| Abbildung A6: Bildschirmbeispiele Cambridge Guessing Task..... | 50 |
| Abbildung A7: Bildschirmbeispiel Pattern Recognition Memory | 51 |
| Abbildung A8: Bildschirmbeispiele Rapid Visual Information Processing..... | 51 |
| Abbildung A9: Bildschirmbeispiele Spatial Working Memory | 52 |
| Abbildung A10: Matrizen-test..... | 52 |
| Abbildung A11: Mosaiktest..... | 53 |

Abkürzungsverzeichnis

| | |
|----------|--|
| ANCOVA | Kovarianzanalyse (englisch: Analysis of Covariance) |
| rmANCOVA | Kovarianzanalyse mit Messwiederholung (englisch: repeated measures Analysis of Covariance) |
| BL | Baseline Erhebung |
| CANTAB | Cambridge Neuropsychological Test Automated Battery |
| CG | Kontrollgruppe (englisch: Control Group) |
| CGT | Cambridge Guessing Task |
| CU | Cannabiskonsument*innen (englisch: Cannabis-users) |
| DAWBA | Development and Well-Being Assessment |
| ESPAD | European School Survey Project on Alcohol and Other Drugs |
| fMRT | funktionale Magnetresonanztomographie |
| FU | Follow-Up Erhebung |
| GHB | γ -Hydroxybuttersäure |
| glQ | globaler Intelligenzquotient |
| IQR | Interquartilsabstand (englisch: Interquartile Range) |
| LSD | Lysergsäurediethylamid |
| M | Mittelwert |
| MD | Median |
| PRM | Pattern Recognition Memory |
| RVP | Rapid Visual Information Processing |
| SD | Standardabweichung (englisch: Standard Deviation) |
| SES | Sozioökonomischer Status (englisch: Socioeconomic Status) |
| SWM | Spatial Working Memory |
| THC | Tetrahydrocannabinol |
| WISC-IV | Wechsler Intelligence Scale for Children IV |

Zusammenfassung

Hintergrund: Die deutsche Bundesregierung hat im Koalitionsvertrag die Legalisierung von Cannabis ab 18 Jahren beschlossen. Fachleute fürchten als Folge einen Anstieg des Konsums - auch unter Jugendlichen. Dass Cannabis akute Auswirkungen auf die Kognition hat, gilt als belegt. Doch ob dauerhafte kognitive Einbußen zu befürchten sind, ist weitestgehend ungeklärt. Bisher existieren zu diesem Thema nur wenige Längsschnittstudien mit widersprüchlichen Ergebnissen. Daher soll im Rahmen dieser Arbeit die Frage beantwortet werden, ob Cannabiskonsum langanhaltende Auswirkungen auf die neurokognitiven Fähigkeiten Jugendlicher hat. Wir vermuten einen Rückgang der kognitiven Leistung bei Jugendlichen mit Cannabiskonsum im Vergleich zur Kontrollgruppe.

Methodik: Die Daten wurden im Rahmen der Langzeitstudie IMAGEN erhoben, welche Jugendliche aus vier europäischen Ländern untersuchte. Die Gesamtstichprobe, die im Rahmen des veröffentlichten Papers analysiert wurde, bestand aus 804 Jugendlichen (441 weiblich, 363 männlich). Der Fokus des Manteltexts lag auf der deutschen Substichprobe. Diese umfasste 401 Jugendliche (215 weiblich, 186 männlich). Die neurokognitive Testung erfolgte mittels der *Cambridge Neuropsychological Test Automated Battery* und beinhaltete die folgenden Domänen: Aufmerksamkeit, Arbeitsgedächtnis, Kurzzeitgedächtnis, Entscheidungsfähigkeit und Risikobereitschaft. Der Substanzkonsum wurde mithilfe des Fragebogens *European School Survey Project on Alcohol and Other Drugs* erhoben. Die Datenerhebung fand mit 14 Jahren, vor Beginn des Substanzkonsums sowie ein zweites Mal fünf Jahre später statt. Zunächst wurden Kovarianzanalysen berechnet, um Querschnittseffekte zwischen den Gruppen aufzudecken. Anschließend erfolgte die Auswertung der longitudinalen Daten mithilfe von Kovarianzanalysen mit Messwiederholung.

Ergebnisse: Cannabiskonsum*innen gebrauchten signifikant mehr Alkohol und Tabak im Vergleich zur Kontrollgruppe. In den Querschnittsanalysen der Baseline-Erhebung der deutschen Substichprobe fanden wir zwei signifikante Effekte: Zum einen hatten deutsche Cannabiskonsum*innen einen höheren globalen Intelligenzquotienten. Zum anderen zeigten sie vor Initiation des Konsums eine schlechtere Leistung des Arbeitsgedächtnisses. In den longitudinalen Analysen der deutschen Stichprobe fanden wir zudem Beeinträchtigungen der Aufmerksamkeit über

die Zeit bei Cannabiskonsument*innen. Die Analysen der Gesamtstichprobe zeigten hingegen eine Verbesserung der Entscheidungsfähigkeit bei denjenigen Cannabiskonsument*innen mit leichtem Gebrauch und spätem Beginn des Konsums.

Schlussfolgerung: Wir fanden eine Verschlechterung der Aufmerksamkeitsleistung deutscher Jugendlicher durch Cannabiskonsum und konnten zeigen, dass Jugendliche, die Cannabis konsumieren, von einem späten Beginn und moderaten Gebrauch profitieren. Da Cannabiskonsum darüber hinaus mit weiteren gesundheitlichen und sozialen Folgeschäden assoziiert ist, sollte die Politik ihren Schwerpunkt auf die Aufklärung und Resilienzförderung von Kindern und Jugendlichen legen, um den Konsum zu minimieren bzw. dessen negative Effekte abzuschwächen.

Abstract

Background: The German government has decided to legalize recreational cannabis-use for adults. Specialists fear an increase of cannabis consumption, not only in adults but also in adolescents. It is well known that cannabis has an acute impact on cognitive function, but data on chronic effects in adolescents is scarce. Only few longitudinal studies with equivocal findings exist. Therefore, the aim of this study is to investigate the lasting effects of cannabis-use on neurocognitive functioning in adolescents. We hypothesize a decline in neurocognitive ability for the cannabis-users compared to the control group.

Methods: Data were drawn from the longitudinal study IMAGEN, that investigated adolescents from four European countries. The full sample, which was analyzed in the published paper, consisted of 804 adolescents (441 boys, 363 girls). However, the synopsis focused on the German subsample that was comprised of 401 subjects (215 boys, 186 girls). Neurocognitive testing occurred via the *Cambridge Neuropsychological Test Automated Battery* and contained the following domains: attention, working memory, short-term memory, decision-making, and risk taking. Substance use was acquired via the *European School Survey Project on Alcohol and Other Drugs* questionnaire. Subjects were examined before the onset of drug-use at age 14 as well as five years later. First, we conducted analyses of covariance, to detect cross-sectional effects. Second, we analyzed longitudinal data by running repeated measures analyses of covariance.

Results: Cannabis-users consumed more alcohol and tobacco compared to the control group. Before drug-initiation, we found two significant effects in the German sample: On one hand subsequent Cannabis-users had higher global intelligence quotients, but on the other hand impaired working memory was observed. Longitudinally, attention was significantly impaired in German Cannabis-users compared to the control group. However, analyses of the full sample showed an increase in decision-making skills when Cannabis was used in moderation and onset of use occurred at age 16 or later.

Conclusion: Not only did we find a decrease in attention skills in German cannabis-using adolescents, but we also showed that cannabis-users in the full sample benefitted from late-onset as well as light use. Because cannabis-use is also associated with several other negative consequences, politics should focus on health education as well as

promotion of resilience in children and youth, to prevent consumption or at least attenuate negative effects.

1 Einleitung

Die deutsche Bundesregierung hat im Koalitionsvertrag die „kontrollierte Abgabe von Cannabis an Erwachsene zu Genusszwecken“ beschlossen (Bundesregierung, 2021, S. 89). Ziel sei neben dem Verbraucherschutz insbesondere auch der Jugendschutz, beispielsweise durch den Ausbau von Aufklärungs- und Präventionsangeboten (Bundesregierung, 2021). Viele Fachleute fürchten dennoch einen Anstieg Cannabis-bezogener gesundheitlicher und sozialer Folgeschäden (Brooks-Russell et al., 2019; Bühring, 2021). So wird mit einer Steigerung des Cannabiskonsums und -missbrauchs unter Minderjährigen gerechnet (Bühring, 2021). Gründe hierfür könnten neben der erhöhten Verfügbarkeit, den sinkenden Preisen auf dem Schwarzmarkt, der direkten Weitergabe von Erwachsenen an Jugendliche auch eine Veränderung der sozialen Normen hin zu einer größeren Akzeptanz und einer verminderten Risikoeinschätzung sein (Cerdá et al., 2017).

Cannabis ist bereits die am häufigsten konsumierte illegale Droge, sowohl in Europa als auch in Deutschland (European Monitoring Centre for Drugs and Drug Addiction (EMCDDA), 2020). Laut dem Bericht des European School Survey Projects on Alcohol and Other Drugs (ESPAD) von 2019, das Jugendliche aus 37 europäischen Ländern im Alter von 15 bis 16 Jahren befragte, liegt die Lebenszeitprävalenz in Europa bei 16% (EMCDDA, 2020). 13% der Jugendlichen gaben darüber hinaus Cannabiskonsum innerhalb des letzten Jahres und 7.1% innerhalb des letzten Monats an (EMCDDA, 2020). Der Langzeittrend zeigt bereits seit 1995 steigende Werte für die Lebenszeitprävalenz, auch wenn die Werte seit dem letzten Bericht von 2015 stagnieren (EMCDDA, 2020). Hierbei besteht allerdings eine hohe Variabilität zwischen den einzelnen Ländern. Bezogen auf Deutschland liegen sowohl die Lebenszeitprävalenz als auch der Konsum im letzten Monat mit 22% beziehungsweise 10% über dem europäischen Durchschnitt (EMCDDA, 2020). Die Prävalenz des Konsums im letzten Jahr betrug 2019 11% (EMCDDA, 2020). Jungs gaben im Vergleich zu Mädchen häufigeren Konsum an (EMCDDA, 2020).

Bisherige Forschungsergebnisse zu Langzeiteffekten von Cannabiskonsum auf neurokognitive Fähigkeiten, insbesondere bei Jugendlichen, sind zweideutig (Crane et al., 2013; Curran et al., 2016; Jackson et al., 2016; Solowij & Pesa, 2011). Beispielsweise berichteten mehrere Studien von Aufmerksamkeitsdefiziten (Dougherty et al., 2013;

Harvey et al., 2007; Jacobus et al., 2015; Lisdahl & Price, 2012; Medina et al., 2007; Pardini et al., 2015; Tapert et al., 2002). Allerdings beschrieben Pardini et al. (2015) diese Auswirkungen als minimal und transient nach einjähriger Abstinenz. Darüber hinaus waren die gefundenen Effekte nicht mehr signifikant, nachdem die Autoren für Störvariablen wie beispielsweise Alter, sozioökonomischen Status der Familie (socioeconomic status, SES) oder Substanzkonsum der Peergroup kontrollierten. Auch bei Dougherty et al. (2013) zeigten sich keine signifikanten Zusammenhänge mehr, nachdem weitere kognitive Variablen wie beispielsweise der Intelligenzquotient (IQ) in die Berechnung einfließen. Darüber hinaus gab es Studien, bei denen nur gewisse Anteile der Aufmerksamkeit beeinträchtigt waren: Hanson et al. (2010) berichteten, dass die Präzision, mit der ein Zielreiz entdeckt wurde, bei Jugendlichen mit Cannabiskonsum signifikant schlechter ausfiel als bei der Kontrollgruppe (CG), während beide Gruppen die dargebotenen Stimuli gleich schnell verarbeiteten. Dieser Effekt hielt auch nach dreiwöchiger Cannabisabstinenz an (Hanson et al., 2010). Wieder andere Studien konnten hingegen keine signifikanten Effekte bezüglich der Aufmerksamkeit feststellen (Grant et al., 2012; Schuster et al., 2018).

Die meisten Studien, die jugendliche Cannabiskonsum*innen (CU) untersuchten, zeigten Beeinträchtigungen des Arbeitsgedächtnisses (Hanson et al., 2010; Harvey et al., 2007; Jacobsen et al., 2004; Jacobus et al., 2015; Morin et al., 2018). Dies betrifft sowohl die verbale (Hanson et al., 2010; Jacobsen et al., 2004; Jacobus et al., 2015) als auch die visuelle Modalität (Harvey et al., 2007; Morin et al., 2018). Im Gegensatz hierzu fand nur eine Studie über Jugendliche keine Unterschiede (Jager et al., 2010). Auch die meisten Studien mit erwachsenen Proband*innen konnten keine Defizite des Arbeitsgedächtnisses feststellen (Chang et al., 2006; Grant et al., 2012; Jager et al., 2006; McKetin et al., 2016). Darüber hinaus berichteten Jacobus et al. (2015) von signifikant schlechteren Ergebnissen bei jugendlichen Cannabiskonsum*innen bei der ersten Folgeuntersuchung nach 1.5 Jahren, nicht aber beim zweiten Erhebungszeitpunkt nach drei Jahren.

Die Studienlage zu Auswirkungen auf das Kurzzeitgedächtnis ist ebenso gemischt. Während zwei Studien keine Beeinträchtigungen im visuell-räumlichen Kurzzeitgedächtnis fanden (Medina et al., 2007; Whitlow et al., 2004), entdeckten McHale and Hunt (2008) Defizite nicht nur bei der Erinnerung visueller Informationen, sondern auch bei der Wiedererkennung.

Studien zur Entscheidungsfähigkeit sowie Risikobereitschaft von jugendlichen Cannabiskonsument*innen sind selten und die Ergebnisse ebenfalls inkonsistent (Wendel et al., 2021). Die meisten Querschnittsstudien berichteten von Beeinträchtigungen in der Entscheidungsfähigkeit (Becker et al., 2014; Shannon et al., 2010; Solowij et al., 2012). Hierbei trafen Cannabiskonsument*innen riskantere Entscheidungen und sammelten vorher signifikant weniger Informationen (Solowij et al., 2012). Diese Zusammenhänge waren größer, je früher sie mit dem Konsum begannen und je länger dieser andauerte (Solowij et al., 2012). Mehrere Studien konnten hingegen keine signifikanten Unterschiede zwischen jugendlichen Cannabiskonsument*innen und der Kontrollgruppe finden (Becker et al., 2018; Dougherty et al., 2013; Duperrouzel et al., 2019; Pacheco-Colón et al., 2022). Darunter waren auch zwei longitudinale Untersuchungen: Zum einen konnten Becker et al. (2018), die auf Querschnittsebene noch signifikante Zusammenhänge gefunden hatten (Becker et al., 2014), diese in der Längsschnittanalyse nicht bestätigen. Stattdessen zeigte sich hier eine Verbesserung der Entscheidungsfähigkeit, insbesondere bei Cannabiskonsument*innen (Becker et al., 2018). Auch Pacheco-Colón et al. (2022) konnten keinen Beweis für einen Zusammenhang zwischen Cannabiskonsum und Entscheidungsfähigkeit finden. Cannabiskonsum war bei der Erstuntersuchung nicht prädiktiv für Veränderungen in der Entscheidungsfähigkeit und vice versa (Pacheco-Colón et al., 2022). Darüber hinaus führte ein Anstieg des Cannabiskonsums nicht zu einem Abfall der Entscheidungsfähigkeit über die Zeit (Pacheco-Colón et al., 2022).

Die langfristigen Auswirkungen von Cannabiskonsum auf die neurokognitiven Fähigkeiten sind weiterhin unklar. Bisherige Studien, die zu diesem Thema durchgeführt wurden, weisen mehrheitlich ein Querschnittsdesign und kleine Stichproben auf (Gonzalez et al., 2017; Levine et al., 2017). Darüber hinaus sind Daten aus Europa selten. Eine wissenschaftliche Erforschung der gesundheitlichen und sozialen Konsequenzen ist gerade jetzt dringlicher denn je, sollte es durch die Legalisierung von Cannabis tatsächlich zu einem Anstieg der Prävalenz unter Jugendlichen kommen. Auch die Bundesregierung (2021) betont im Koalitionsvertrag, dass sich vereinbarte Gesetze im Verlauf an neuen wissenschaftlichen Erkenntnissen messen müssten. Ziel dieser Studie ist es daher, den Einfluss von Cannabiskonsum auf neurokognitive Fähigkeiten bei Jugendlichen im Zeitraum von 14 bis 19 Jahren zu untersuchen (Wendel et al., 2021). In der ersten Hypothese des veröffentlichten Papers sollte die Annahme überprüft werden,

dass Cannabiskonsum zu einer Verschlechterung der kognitiven Leistung bei Jugendlichen führt. Wir postulierten, dass diese Effekte insbesondere für diejenigen mit starkem Gebrauch (>20x/Monat) zum Tragen kommen. Die zweite Hypothese sollte überprüfen, ob negative Effekte auf die Kognition größer ausfallen, wenn früh (<16 Jahre) mit dem Cannabiskonsum begonnen wird. Der Fokus der weiterführenden Analyse des Manteltextes soll, aufgrund der aktuellen politischen Debatte, auf Deutschland liegen. In Anbetracht der hierdurch reduzierten Stichprobe ist eine Unterscheidung von geringem und starkem Cannabiskonsum sowie frühem und spätem Beginn des Gebrauchs nicht mehr möglich. In Anlehnung an die Hypothesen des veröffentlichten Papers, erwarten wir auch in der deutschen Stichprobe eine Verschlechterung der kognitiven Fähigkeiten von CU im Vergleich zur CG.

2 Methodik

2.1 IMAGEN-Studie

Die Datengrundlage der vorliegenden Arbeit bildet die prospektive Multicenterstudie IMAGEN (<https://imagen-europe.com/>). Sie ist eine der größten longitudinalen Studien zur Erforschung psychiatrischer Erkrankungen. Ein besonderer Fokus des Projekts liegt auf der Erforschung von Alkohol- und Substanzkonsum bei Jugendlichen (bspw. Baker et al., 2019; Seo et al., 2019; Spechler et al., 2019). Insgesamt haben über 2000 Heranwachsende aus vier europäischen Ländern teilgenommen. Die Datenerhebung fand von 2010 bis 2018 an den acht Standorten Berlin, Dresden, Hamburg, Mannheim, Dublin, London, Nottingham und Paris statt.

Die Baseline-Daten (BL) wurden im Alter von 14 Jahren erfasst. Es folgten drei Follow-Up Untersuchungen (FU1 – FU3) im Alter von 16, 19 sowie 22 Jahren, um die Kausalität gefundener Zusammenhänge besser verstehen und prädiktive Aussagen treffen zu können (Mascarell Maričić et al., 2020; Schumann et al., 2010). Neben Fragebögen (z.B. zu demografischen Variablen, Alkohol- und Drogengebrauch, psychopathologischen Symptomen und Persönlichkeitsvariablen) wurden auch kognitive und behaviorale Testungen sowie Untersuchungen mittels funktionaler Kernspintomographie (fMRT) und genetische Sequenzierungen durchgeführt (Schumann et al., 2010). Darüber hinaus wurden die Eltern der Jugendlichen befragt.

Die IMAGEN-Studie erfolgte in Übereinstimmung mit der Deklaration von Helsinki und wurde von den Ethikkommissionen der jeweiligen Standorte genehmigt (Spechler et al., 2020). Die Grundsätze wissenschaftlichen Arbeitens und guter wissenschaftlicher Praxis der Charité fanden bei der Anfertigung dieser Arbeit Beachtung.

Für die hier vorliegende Studie wurden ausschließlich Daten der BL-Erhebung sowie der zweiten FU-Untersuchung verwendet, da eine neurokognitive Testung bei FU1 nicht erfolgte und FU3 bei Verfassen der Arbeit noch nicht abgeschlossen war. Relevante Messinstrumente und Variablen sowie die untersuchte Stichprobe sollen im Folgenden näher beschrieben werden.

2.2 Stichprobe

Die Rekrutierung der Proband*innen erfolgte an über 100 Sekundarschulen in den Einzugsgebieten der jeweiligen Standorte. Die endgültige Auswahl der Interessent*innen erfolgte anhand eines telefonischen Interviews mit den Eltern nach den Ein- und Ausschlusskriterien des Studienprotokolls (s. Tabelle A5 im Anhang; Schumann et al., 2010). Für die Folgeuntersuchungen wurden die Proband*innen erneut per E-Mail oder Telefon kontaktiert. Einziges Einschlusskriterium war hierbei das Alter der Studienteilnehmer*innen, das bei FU2 19 Jahre betragen sollte.

An der BL-Erhebung nahmen insgesamt 2316 Jugendliche (1177 weiblich, 1139 männlich) im Alter von 14 Jahren teil (Wendel et al., 2021). Bei FU2 wurden 1516 Proband*innen (800 weiblich, 716 männlich) untersucht (Wendel et al., 2021). Für 1439 Proband*innen waren sowohl BL- als auch FU-Daten über deren neurokognitiven Fähigkeiten verfügbar (Wendel et al., 2021). Dabei existierten für 1025 hiervon Daten zum Substanzkonsum (Wendel et al., 2021). 24 Teilnehmer*innen wurden aufgrund fehlender IQ-Daten ausgeschlossen (Wendel et al., 2021). Von den verbleibenden 1001 Teilnehmer*innen fehlten bei 141 Informationen über den SES der Familie und weitere 56 wurden ausgeschlossen, da sie bereits vor der BL-Erhebung Cannabis konsumiert hatten, sodass vollständige Daten von insgesamt 804 Proband*innen (441 weiblich, 363 männlich) vorlagen (Wendel et al., 2021). Für die weiterführenden Analysen des Manteltexts, die nur die deutschen Proband*innen umfassen, ergab sich eine Stichprobengröße von 401 (215 weiblich, 186 männlich).

Alle Teilnehmer*innen unterzeichneten nach ausführlicher Aufklärung über Ablauf und Ziele der IMAGEN-Studie eine Einwilligungserklärung und erhielten am Ende der Testung eine Aufwandsentschädigung.

2.3 Messinstrumente

Folgende Messinstrumente wurden in der vorliegenden Studie zur Erfassung der kognitiven Fähigkeiten, des Substanzkonsums sowie des SES verwendet.

2.3.1 Neurokognition

Neurokognitive Fähigkeiten wurden sowohl mit 14 als auch mit 19 Jahren mithilfe der computerbasierten *Cambridge Neuropsychological Test Automated Battery* (CANTAB; Sahakian & Owen, 1992) untersucht (Wendel et al., 2021). Da die Durchführung laut Studienprotokoll optional war, unterschieden sich die Anzahl durchgeführter Subtests je nach Standort (vgl. Tabelle A6 im Anhang). Die Stichprobengröße der einzelnen untersuchten Variablen findet sich in Tabelle A8 im Anhang. Um die Performanz nicht zu beeinflussen, wurden die Teilnehmer*innen gebeten, 24 Stunden vor der Testung auf den Konsum von Koffein, Nikotin, Alkohol und anderen Drogen zu verzichten (Wendel et al., 2021). Im Folgenden sollen die einzelnen CANTAB-Subtests inklusive ihrer Ergebnis-Variablen vorgestellt werden.

2.3.1.1 Cambridge Guessing Task

Der als Cambridge Gambling Task bekannte Subtest, wurde für das IMAGEN-Projekt aufgrund ethischer Bedenken in *Cambridge Guessing Task* (CGT) umbenannt. Die Proband*innen müssen hierbei angeben, ob sich ein gelber Token in einer roten oder blauen Box befindet (vgl. Abbildung A6 im Anhang). Später müssen sie darüber hinaus den Betrag (von 5% bis 95%) auswählen, mit dem auf die entsprechende Farbe gewettet werden soll (Cambridge Cognition, 2019). Ziel ist es möglichst viele Punkte zu sammeln.

Mit dem CGT werden die beiden Konstrukte Entscheidungsfähigkeit (CGT Decision) und Risikobereitschaft (CGT Risk) erfasst (Cambridge Cognition, 2019). Entscheidungsfähigkeit ist definiert als Anteil rationaler Entscheidungen an allen getroffenen Entscheidungen (Cambridge Cognition, 2019). Die Werte reichen dementsprechend von 0 bis 1. Je höher das Ergebnis, desto besser die Fähigkeit zur Entscheidungsfindung. Eine rationale Entscheidung wird immer dann getroffen, wenn die wahrscheinlichere (d.h. häufiger vorkommende) Farbe ausgewählt wird (Cambridge

Cognition, 2019). Risikobereitschaft wird anhand des durchschnittlich auf die Entscheidung gewetteten Betrags berechnet. Hierbei werden nur Durchgänge gewertet, in denen rationale Entscheidungen getroffen wurden.

2.3.1.2 *Pattern Recognition Memory*

Im Subtest *Pattern Recognition Memory* (PRM) wird den Proband*innen nacheinander eine Serie von zwölf Mustern im Zentrum des Bildschirms angezeigt (Cambridge Cognition, 2019). Dabei sind die Muster absichtlich so gestaltet, dass sie nicht gut verbal umschrieben werden können. In der anschließenden Erkennungsphase muss man aus zwei Mustern das auswählen, welches zuvor bereits präsentiert wurde (vgl. Abbildung A7 im Anhang).

Der PRM-Test ist ein Maß für das visuelle Kurzzeitgedächtnis (Cambridge Cognition, 2019). Die Ergebnisvariable gibt den Anteil korrekt erkannter Muster in Prozent an. Dabei steht ein höheres Ergebnis für eine bessere Leistung.

2.3.1.3 *Rapid Visual Information Processing*

Rapid Visual Information Processing (RVP) misst die Daueraufmerksamkeit (Cambridge Cognition, 2019). Hierbei erscheinen Zahlen von zwei bis neun in einem weißen Rechteck im Zentrum des Bildschirms (vgl. Abbildung A8 im Anhang). Pro Minute werden 100 Zahlen angezeigt. Ziel ist es vorgegebene Sequenzen (beispielsweise 2 – 9 – 5) wieder zu erkennen. Die gesuchten Sequenzen finden sich rechts der weißen Box.

Die Outcome-Variable, deren Werte von 0 bis 1 reichen, ist hierbei ein Maß für die Präzision, mit der die Zielsequenzen erkannt und alle anderen, nicht gesuchten Sequenzen ignoriert wurden (Cambridge Cognition, 2019). Höhere Werte spiegeln dementsprechend eine bessere Leistung wider.

2.3.1.4 *Spatial Working Memory*

Spatial Working Memory (SWM) erfasst die Fähigkeit räumliche Informationen im Arbeitsgedächtnis nicht nur zu speichern, sondern auch zu bearbeiten (Cambridge Cognition, 2019). Hierzu werden mehrere farbige Boxen auf dem Bildschirm angezeigt. Ziel ist es jede Runde den Spielstein zu finden, welcher in einer der Boxen versteckt ist (vgl. Abbildung A9 im Anhang). Dabei kann sich der Token in jeder Runde nur einmal in derselben Box befinden.

In der vorliegenden Studie wurden zwei Variablen untersucht. Zum einen die Fehlervariable SWM Errors, welche die Häufigkeit angibt, mit der bereits geöffnete Boxen in derselben Runde wieder aufgesucht wurden (Cambridge Cognition, 2019). Niedrigere Werte sprechen hierbei für eine bessere Leistung. Zum anderen die Variable SWM Strategy, welche die Anzahl der Durchgänge erfasst, in denen eine neue Suche mit einer anderen Box begonnen wurde (Cambridge Cognition, 2019). Grundlage ist die Annahme von Owen et al. (1990), dass man jede Suche mit derselben Box beginnen sollte, um möglichst strukturiert vorzugehen. Auch hier stehen niedrigere Werte für eine bessere Leistung.

2.3.2 Intelligenz

Eine Einschätzung des Intelligenzniveaus erfolgte mit 14 Jahren mithilfe der Kurzversion der Wechsler Intelligence Scale for Children IV (WISC-IV) (Axelrod, 2002). Sie umfasst die folgenden vier Subtests:

Gemeinsamkeiten finden: Bei dieser Aufgabe müssen die Jugendlichen benennen, inwiefern sich zwei Dinge ähneln oder unterscheiden. Je nach Qualität der Antwort werden null bis zwei Punkte vergeben. Hierbei werden verbale Kategorien und Konzepte sowie Sprachverständnis erfasst.

Wortschatz-Test: Die Proband*innen sollen die Bedeutung eines mündlich dargebotenen Begriffes erklären. Abgefragt werden hierbei neben Sprachverständnis und -gebrauch auch Wortwissen. Da dieses Wissen auf vorherigen Lernerfahrungen basiert, werden hierbei vorrangig Aspekte der kristallinen Intelligenz erhoben (Daseking et al., 2014).

Matrizen-Test: Der Test untersucht fluide Intelligenz, indem aus fünf Antwortmöglichkeiten diejenige Figur ausgesucht werden soll, die die unvollständige Figurenmatrix logisch ergänzt (vgl. Abbildung A10 im Anhang).

Mosaik Test: Vorgegebene Muster sollen mithilfe zweifarbiger Würfel nachgelegt werden. Dazu muss das Gesamtbild zunächst erfasst, anschließend in Einzelteile zerlegt und zuletzt rekonstruiert werden. Erhoben wird hierbei die Fähigkeit zum abstrakten visuellen Problemlösen und logischen Denken (vgl. Abbildung A11 im Anhang).

Zusätzlich wurde der Subtest *Zahlen nachsprechen* durchgeführt. Hierbei müssen verbal vorgetragene Zahlenreihen (beispielsweise 4 – 2 – 0 – 1) vorwärts beziehungsweise rückwärts wiederholt werden. Dabei beginnen die Reihen mit einer Länge von zwei

Zahlen. Es werden jeweils zwei Durchgänge absolviert. Danach wird die Zahlenreihe jeweils um eine Zahl erweitert. Erfasst wird hierbei das auditive Kurzzeit- sowie Arbeitsgedächtnis.

Mithilfe einer Hauptkomponentenanalyse wurde aus den fünf durchgeführten Subtests ein globaler Intelligenzfaktor (gIQ) berechnet. Da der gIQ einen Großteil der Varianz erklärte, wurde dieser in den weiterführenden Analysen verwendet (Wendel et al., 2021).

2.3.3 Substanzkonsum

Alkohol-, Tabak- und illegaler Drogenkonsum wurden sowohl mit 14 als auch 19 Jahren mithilfe des *ESPAD Fragebogens* erhoben (The ESPAD Group, 2016; Wendel et al., 2021). Abgefragt wurde das Alter bei Beginn des Konsums und dessen Häufigkeit während des letzten Monats, Jahres sowie über die gesamte Lebensdauer. Letzteres wurde mithilfe einer Ordinalskala mit der folgenden Einteilung gemessen: 0 = 0x; 1 = 1-2x; 2 = 3-5x; 3 = 6-9x; 4 = 10-19x; 5 = 20-39x, 6 = $\geq 40x$. Die folgenden Substanzen wurden gesondert erfasst: Alkohol, Tabak, Cannabis, (Met-)Amphetamine, Anabolika, Kokain, Crack, γ -Hydroxybuttersäure (GHB), Aerosole, Heroin, Ketamin und Phencyclidin, Lysergsäurediethylamid (LSD), 3,4-Methylenedioxy-N-methylamphetamin (MDMA) und Ecstasy, Halluzinogene, Narkotika (wie beispielsweise Opium, Morphin, Codein) und Sedativa.

Die Kontrollgruppe (Control Group, CG) zeichnete sich dadurch aus, dass sie noch nie in ihrem Leben Cannabis oder andere illegale Drogen konsumiert hatte. Dem gegenüber gaben die Cannabiskonsument*innen (Cannabis-users, CU) bei FU2 Konsum im letzten Monat an. Im veröffentlichten Paper wurde diese Gruppe ursprünglich nach Häufigkeit des Konsums (erste Hypothese) beziehungsweise Beginn des Konsums (zweite Hypothese) unterteilt (Wendel et al., 2021). Leichter Konsum war hierbei definiert als $< 20x$ im letzten Monat und ein später Beginn ab 16 Jahren. Da sich die hier erfolgten zusätzlichen Analysen des Manteltextes nur auf die deutschen Proband*innen beziehen und die Stichprobengröße dementsprechend kleiner ausfällt, war eine solche Unterteilung nicht mehr möglich. Darüber hinaus ist wichtig zu erwähnen, dass bei der BL-Erhebung alle Proband*innen Cannabis-naiv waren.

Da etwa ein Drittel (34%) der CU zusätzlich illegale Drogen konsumierte hatten, wurde ein *Illegaler Drogen Score* berechnet, indem die einzelnen Häufigkeiten der bis zum FU2 konsumierten illegalen Drogen addiert wurden (Wendel et al., 2021). Tabak, Alkohol und

Cannabis wurden hiervon ausgenommen. Dieser Score floss später als Kovariate in die Analysen ein.

2.3.4 Sozioökonomischer Status

Der SES wurde mithilfe des *Development and Well-Being Assessments* (DAWBA) sowie des *ESPAD Fragebogens* erfasst (Goodman et al., 2000; Group, 2016; Wendel et al., 2021). Die Angaben wurden hierbei zum Zeitpunkt der BL-Erhebung von den Eltern gemacht.

Zur Berechnung des SES-Scores wurden die folgenden Variablen addiert: Mütterliche Bildung, väterliche Bildung, Arbeitslosigkeit in der Familie, Arbeitslosigkeit der Mutter, Arbeitslosigkeit des Vaters, finanzielle Schwierigkeiten, finanzielle Krisen, inadäquate Wohnverhältnisse und Probleme mit den Nachbarn beziehungsweise der Nachbarschaft (Whelan et al., 2014). Höhere Werte bilden hierbei einen höheren SES ab.

2.4 Datenanalyse

Die Originaldaten wurden über den IMAGEN-Server unter www.imagen2.cea.fr/ abgerufen. Für die statistischen Analysen wurde IBM SPSS Statistics 25 genutzt (IBM Corp., 2017). Signifikanzniveau und Konfidenzintervall wurden für alle Berechnungen auf $\alpha = 0.05$ beziehungsweise 95% festgesetzt.

Die Untersuchung der Normalverteilungsannahme erfolgte mithilfe des Shapiro-Wilk- und Kolmogorov-Smirnov-Tests sowie der Analyse von Schiefe und Kurtosis. Um die Stichprobe der Studie genauer zu beschreiben, wurden Mittelwert (M) und Standardabweichung (standard deviation, SD) von Alter, glQ, SES und Beginn des Cannabiskonsums berechnet. Median (MD) und Interquartilsabstand (interquartile range, IQR) wurden für die Häufigkeit des Cannabiskonsums im letzten Monat, letzten Jahr und über die gesamte Lebensdauer sowie für die Häufigkeit des Alkohol-, Tabak- und sonstigen illegalen Drogenkonsums ermittelt. Anschließend wurden Gruppenunterschiede demografischer Variablen berechnet. Hierbei wurden Chi²-Tests für nominale Variablen, unabhängige t-Tests für normalverteilte Variablen und Mann-Whitney-U-Tests für schiefe Daten verwendet.

Da die Anzahl durchgeführter CANTAB Subtests je nach Standort variierte, wurden fehlende Werte paarweise ausgeschlossen.

Für die Berechnung der Gruppenunterschiede wurden zunächst t-Tests für jede der sechs CANTAB-Variablen bei BL durchgeführt, um bereits vorbestehende Gruppenunterschiede aufzudecken. Im Anschluss erfolgte die Berechnung einfaktorieller Kovarianzanalysen (analysis of covariance; ANCOVA). Hierbei wurden folgende, potenzielle Störvariablen als Kovariaten in die Berechnung aufgenommen: Standort der Erhebung, Gender, glQ sowie lebenslanger Tabak-, Alkohol- und Drogengebrauch. Diese Querschnittsberechnungen wurden für die CANTAB-Daten von FU2 wiederholt.

Um die longitudinale Entwicklung der einzelnen Gruppen von 14 bis 19 Jahren zu vergleichen, wurden in einem zweiten Schritt ANCOVAs mit Messwiederholung (repeated measures ANCOVA, rmANCOVA) durchgeführt. Wiederum flossen die bereits erwähnten Kovariaten in die Analyse ein. *Gruppe x Zeit* als Inner-Subjekt-Faktor sowie *Gruppe* als Zwischen-Subjekt-Faktor wurden analysiert.

3 Ergebnisse

3.1 Ergebnisse der Gesamtstichprobe

Im veröffentlichten Paper wurde, wie bereits beschrieben, zwischen leichtem und schwerem Cannabiskonsum sowie frühem und spätem Beginn des Gebrauchs unterschieden (Wendel et al., 2021). Die Gruppen unterschieden sich nicht in Bezug auf glQ oder SES, aber CU waren häufiger männlich (vgl. Wendel et al., 2021, S. 5-6, Tabelle 1 und 5). Proband*innen mit schwerem Cannabiskonsum zeigten einen früheren Beginn des Konsums und vice versa. Allgemein zeigten CU häufigeren Tabak- und Alkoholkonsum sowie Konsum weiterer illegaler Drogen im Vergleich zur CG.

Auf Querschnittsebene zeigten sich vor Initiation des Cannabiskonsums keine neurokognitiven Unterschiede zwischen den Gruppen (vgl. Wendel et al., 2021, S.5-6, Tabelle 2 und 6). Bei FU2 gab es jedoch einen signifikanten Effekt für die Entscheidungsfähigkeit. Hierbei schnitten Proband*innen mit leichtem Cannabiskonsum beziehungsweise diejenigen mit spätem Beginn des Konsums besser ab als die CG (vgl. Wendel et al., 2021, S. 5-6, Tabelle 3 und 7). In den longitudinalen Analysen konnten signifikante Interaktionseffekte *Gruppe x Zeit* in Bezug auf die Entscheidungsfähigkeit gefunden werden (vgl. Wendel et al., 2021, S. 5-7, Tabelle 4 und 8). Hierbei zeigte sich

bei Proband*innen mit leichtem Cannabiskonsum sowie denjenigen mit spätem Beginn des Konsums ein steilerer Anstieg der Leistung zwischen den beiden Zeitpunkten.

3.2 Ergebnisse der deutschen Substichprobe

3.2.1 Deskriptive Statistik

Tabelle 1 zeigt die deskriptiven Statistiken der im Rahmen des Manteltexts untersuchten, deutschen Stichprobe, welche 401 der ursprünglich 804 Proband*innen umfasst. Die Zuordnung der Proband*innen zu den einzelnen Testzentren findet sich in Tabelle A7 im Anhang. Ähnlich zur Gesamtstichprobe waren CU überwiegend männlich ($\chi^2(2, N = 401) = 25.95, p < .001, \phi = 0.25$) und wiesen keine Gruppenunterschiede bezüglich des SES auf ($t(399) = 1.79, p = .074, d = 0.20$). Allerdings unterschied sich gIQ als Maß für Intelligenz signifikant zwischen den beiden Gruppen ($t(399) = 2.62, p = .009, d = 0.29$). gIQ wurde mit 14 Jahren, das heißt vor Beginn des Cannabiskonsums, erhoben. Diese Variable wurde daher als weitere Kovariate bei der Berechnung der (rm)ANCOVAs aufgenommen. Hierbei fiel gIQ bei den CU im Schnitt um 0.28 (95% KI 0.06 – 0.40) höher aus, im Vergleich zur CG. Darüber hinaus zeigten CU auch in der deutschen Stichprobe ein höheres Maß an Alkohol- ($U = 23284.50, Z = 8.35, p < .001, d = 0.85$) und Tabakkonsum ($U = 25138.50, Z = 10.03, p < .001, d = 1.10$). Konsummuster der beiden Gruppen zeigen Abbildungen 1 und 2.

103 Jugendliche wurden der CU-Gruppe zugeteilt, da sie bei FU2 angaben, im letzten Monat Cannabis konsumiert zu haben. Das Konsummuster kann in Abbildung 3 nachvollzogen werden. Im Durchschnitt fand der erste Konsum mit knapp 16 Jahren statt ($M = 15.98, SD = 1.13$). 37 Proband*innen gaben einen früheren Konsumbeginn mit ≤ 15 Jahren an. MD und IQR des Cannabiskonsums lagen hierbei bei MD = 2.00, IQR = 1.00 – 3.00 im letzten Monat, MD = 4.00, IQR = 3.00 – 6.00 im letzten Jahr und MD = 5.00, IQR = 4.00 – 6.00 für die gesamte Lebenszeit. Nur 13 Jugendliche zeigten starken Gebrauch, welcher definiert war als $\geq 20x$ im letzten Monat (Wendel et al., 2021).

Tabelle 1: Charakteristika der deutschen Stichprobe

| | CG | CU | Gruppenvergleich | Effektgröße |
|-------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------------------|---------------------------------|
| n | 298 | 103 | | |
| Gender (w/m) | 182 / 116 | 33 / 70 | $p < .001^a$ | $\phi = 0.25$ |
| SES | 9.37 (1.67) | 9.01 (1.87) | $p = .074^b$ | $d = 0.20$ |
| glQ | 0.21 (0.76) | 0.43 (0.77) | $p = .009^b$ | $d = 0.29$ |
| Alkohol Konsum | 5.00 [3.00 - 6.00] | 6.00 [6.00 – 6.00] | $p < .001^c$ | $d = 0.85$ |
| Tabak Konsum | 1.00 [0.00 - 3.00] | 6.00 [3.50 – 6.00] | $p < .001^c$ | $d = 1.10$ |

Anmerkung. M (SD) oder MD [IQR]. Der Alkohol- und Tabakkonsum wurde für die gesamte Lebenszeit erfasst. glQ = globaler Intelligenzquotient. w = weiblich, m = männlich. CG = Control Group, Kontrollgruppe. CU = Cannabis-user, Cannabiskonsument*innen. SES = Sozioökonomischer Status. Verwendete statistische Tests: ^aChi Quadrat Test, ^bt-Test für unabhängige Stichproben und ^cMann-Whitney-U Test. N = 401. Quelle: eigene Darstellung.

Neben Cannabis wurden auch weitere illegale Drogen konsumiert. Besonders häufig betraf dies MDMA und andere (Met-)Amphetamine. Eine Auflistung aller konsumierten Drogen nach Häufigkeit findet sich in Abbildung 4. MD und IQR für den Lebenszeitgebrauch lagen hierbei bei MD = 0.00, IQR = 0.00 – 1.00. Definitionsgemäß konsumierten alle Proband*innen der CG, aber auch 68 Jugendliche aus der CU-Gruppe, neben Alkohol, Tabak und Cannabis keine weiteren Suchtmittel.

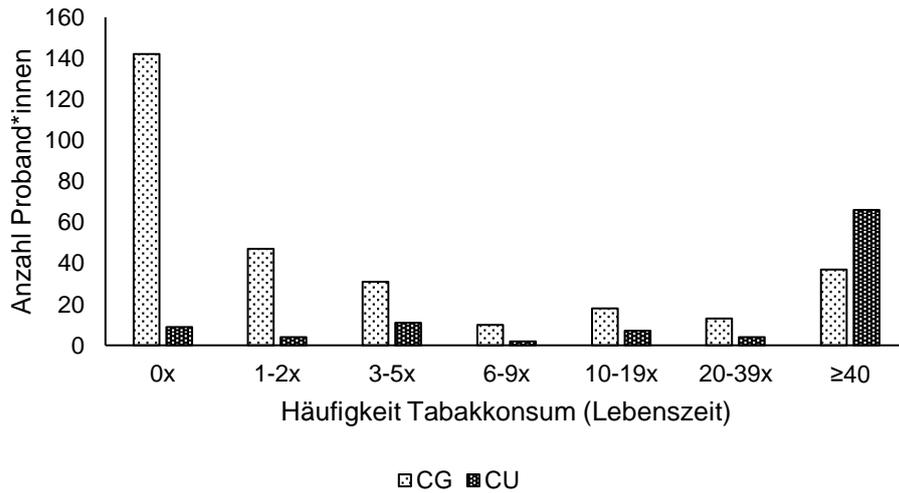


Abbildung 1: Häufigkeit des Tabakkonsums der deutschen Stichprobe

Häufigkeit des Tabakkonsums über die gesamte Lebenszeit im Alter von 19 Jahren. CG = Control Group. Kontrollgruppe. CU = Cannabis-user, Cannabiskonsument*innen. N = 103. Quelle: eigene Darstellung.

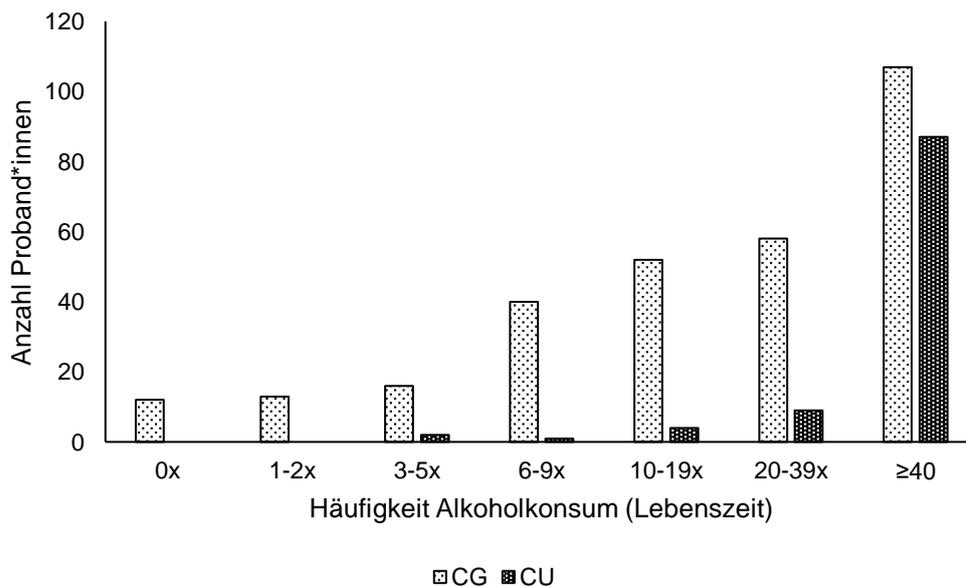


Abbildung 2: Häufigkeit des Alkoholkonsums der deutschen Stichprobe

Häufigkeit des Alkoholkonsums über die gesamte Lebenszeit im Alter von 19 Jahren. CG = Control Group. Kontrollgruppe. CU = Cannabis-user, Cannabiskonsument*innen. N = 103. Quelle: eigene Darstellung.

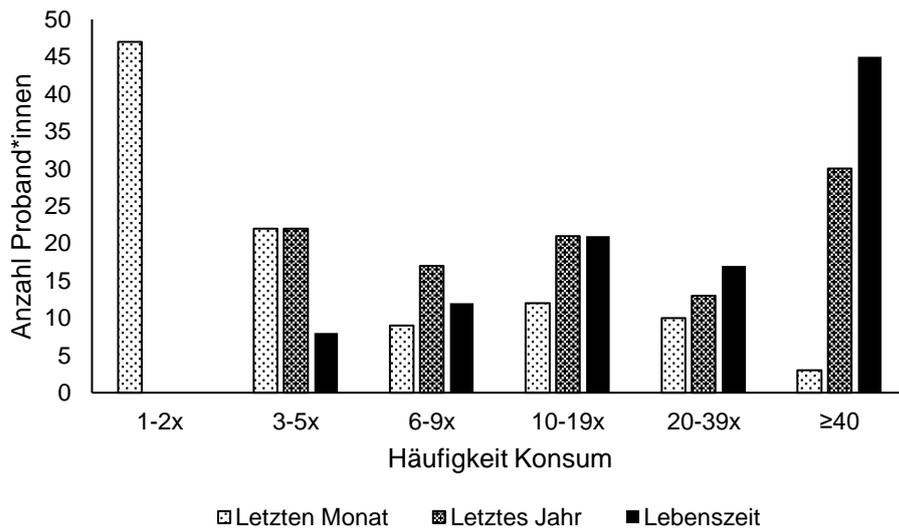


Abbildung 3: Häufigkeit des Cannabiskonsums der deutschen Stichprobe

Häufigkeit des Cannabiskonsums im letzten Monat, letzten Jahr sowie für die gesamte Lebenszeit im Alter von 19 Jahren. Abbildung angelehnt an Spechler et al. (2020). N = 103. Quelle: eigene Darstellung.

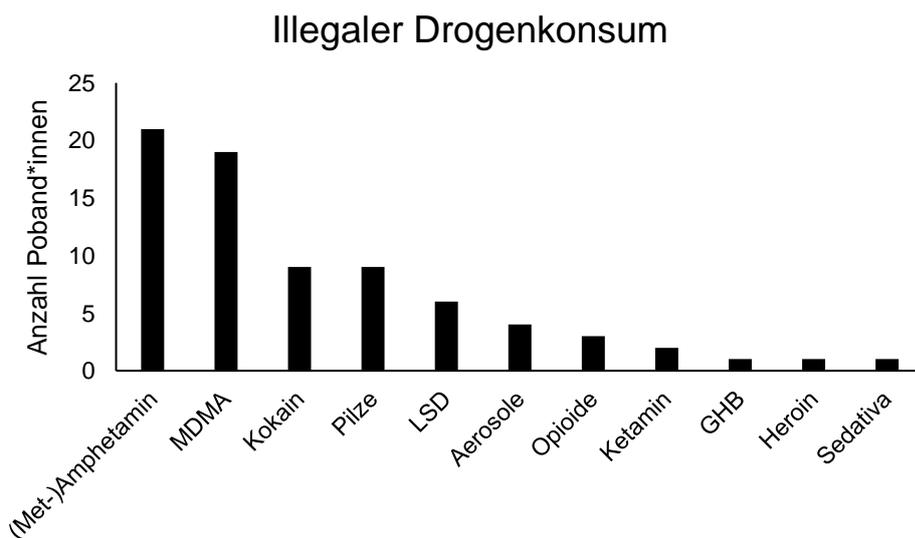


Abbildung 4: Anzahl der Proband*innen in der deutschen Stichprobe, die über weiteren illegalen Drogenkonsum berichteten

Es wird, aufgelistet für die jeweilige Substanz, dargestellt, wie viele Proband*innen zum Zeitpunkt der zweiten Follow-Up Erhebung weitere illegale Drogen konsumiert haben. GHB = Gamma-Hydroxy Buttersäure; LSD = Lysergsäurediethylamid; MDMA = 3,4-Methylenedioxyamphetamin. N = 103. Quelle: eigene Darstellung.

3.2.2 Querschnittsanalyse

Die Ergebnisse der Querschnittsanalysen, welche für BL und FU2 getrennt durchgeführt wurden, finden sich in den Tabellen 2 und 3.

Bei BL ergaben sich vor Einschluss der Kovariaten keine signifikanten Gruppenunterschiede bezüglich der neurokognitiven Variablen. Nach Einschluss der Kovariaten wurde jedoch ein signifikanter Effekt für die Fehlervariable SWM Errors gefunden ($F(1, 255) = 4.64, p = .032, d = 0.27$). Hierbei machten CU mehr Fehler im Vergleich zur CG ($M = 21.53, 95\%-KI 17.73 - 25.32$ beziehungsweise $M = 16.59, 95\% KI 14.77 - 18.42$). Die Variablen glQ und Gender fungierten als signifikante Kovariaten, ($F(1, 255) = 38.56, p < .001, d = 0.78$ und $F(1, 255) = 5.18, p = .024, d = 0.29$).

Bei FU2 konnten, auf Querschnittsebene, weder bei der Berechnung der t-Tests noch bei der Durchführung der ANCOVAs signifikante Gruppenunterschiede gefunden werden.

Tabelle 2: Querschnittsanalyse der Baseline-Daten der deutschen Stichprobe

| CANTAB Variable | CG | CU | ANCOVA | | |
|--------------------|----------------------------------|----------------------------------|-------------|-------------|------------|
| | <i>M (SD)</i> <i>[95% KI]</i> | <i>M (SD)</i> <i>[95% KI]</i> | <i>F</i> | <i>p</i> | <i>d</i> |
| CGT | 0.94 (0.09) | 0.92 (0.12) | 0.00 | .974 | .00 |
| Decision | [0.92 – 0.95] | [0.90 – 0.95] | | | |
| CGT | 0.51 (0.15) | 0.52 (0.15) | 0.32 | .572 | .06 |
| Risk | [0.49 – 0.53] | [0.48 – 0.55] | | | |
| PRM | 95.11 (7.19) | 95.51 (6.58) | 0.08 | .773 | .06 |
| | [93.74 – 96.47] | [93.38 – 97.65] | | | |
| RVP | 0.88 (0.05) | 0.89 (0.04) | 0.00 | .995 | .00 |
| | [0.88 – 0.89] | [0.88 – 0.90] | | | |
| SWM | 16.96 (13.11) | 20.30 (14.97) | 4.64 | .032 | .27 |
| Errors | [15.14 – 18.77] | [16.43 – 24.17] | | | |
| SWM | 30.77 (5.37) | 31.33 (5.57) | 1.69 | .194 | .17 |
| Strategy | [30.02 – 31.51] | [29.89 – 32.77] | | | |

Anmerkung. M, (SD) und [95% KI]. M = Mittelwert, SD = Standardabweichung, KI = Konfidenzintervall. CG = Control Group. Kontrollgruppe. CU = Cannabis-user, Cannabiskonsument*innen. CGT = Cambridge Guessing Task, PRM = Pattern Recognition Memory, RVP = Rapid Visual Information Processing, SWM = Spatial Working Memory. Kovariaten, die in die ANCOVA-Analyse einfließen: Standort, Gender, glQ = globaler Intelligenzquotient, Alkoholkonsum (Lebenszeit), Tabakkonsum (Lebenszeit), illegaler Drogenkonsum (Lebenszeit). ANCOVA = Kovarianzanalyse. N = 401. Quelle: eigene Darstellung.

Tabelle 3: Querschnittsanalyse der FU2-Daten der deutschen Stichprobe

| CANTAB Variable | CG | CU | ANCOVA | | |
|--------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------|----------|----------|
| | <i>M (SD)</i> <i>[95% KI]</i> | <i>M (SD)</i> <i>[95% KI]</i> | <i>F</i> | <i>p</i> | <i>d</i> |
| CGT Decision | 0.95 (0.08) [0.94 – 0.96] | 0.96 (0.08) [0.94 – 0.98] | 1.92 | .167 | .16 |
| CGT Risk | 0.53 (0.13) [0.51 – 0.55] | 0.54 (0.14) [0.51 – 0.57] | 0.06 | .810 | .00 |
| PRM | 93.65 (8.17) [92.10 – 95.21] | 95.84 (10.77) [89.35 – 96.33] | 0.01 | .941 | .00 |
| RVP | 0.93 (0.05) [0.92 – 0.93] | 0.92 (0.04) [0.91 – 0.94] | 0.90 | .344 | .13 |
| SWM Errors | 11.95 (12.60) [10.21 – 13.69] | 11.18 (10.38) [8.50 – 13.86] | 0.73 | .392 | .11 |
| SWM Strategy | 28.09 (6.31) [27.22 – 28.96] | 28.42 (6.11) [26.84 – 30.00] | 1.57 | .212 | .16 |

Anmerkung. M, (SD) und [95% KI]. M = Mittelwert, SD = Standardabweichung, KI = Konfidenzintervall. CG = Control Group. Kontrollgruppe. CU = Cannabis-user, Cannabiskonsument*innen. CGT = Cambridge Guessing Task, PRM = Pattern Recognition Memory, RVP = Rapid Visual Information Processing, SWM = Spatial Working Memory. Kovariaten, die in die ANCOVA-Analyse einfließen: Standort, Gender, glQ = globaler Intelligenzquotient, Alkoholkonsum (Lebenszeit), Tabakkonsum (Lebenszeit), illegaler Drogenkonsum (Lebenszeit). ANCOVA = Kovarianzanalyse. N = 401. Quelle: eigene Darstellung.

3.2.3 Longitudinale Analyse

Die Ergebnisse der longitudinalen Analysen, welche mithilfe von rmANCOVAs berechnet wurden, finden sich in Tabelle 4. Es konnte ein signifikanter Interaktionseffekt *Gruppe x Zeit* für die Variable RVP gefunden werden ($F(1, 254) = 4.87, p = .028, d = 0.29$). Wie Abbildung 5 veranschaulicht, schnitt die CU-Gruppe bei BL, das heißt vor Initiation des

Cannabiskonsums, besser ab als die CG ($M = 0.89$, $95\% \text{ KI} = 0.88 - 0.91$ versus $M = 0.88$, $95\% \text{ KI} = 0.88 - 0.89$). Bei FU2 hatte sich dieses Bild jedoch gewandelt, sodass nun die CG eine bessere Leistung im Vergleich zur CU zeigten ($M = 0.93$, $95\% \text{ KI} = 0.92 - 0.93$ versus $M = 0.92$, $SE = 0.01$, $95\% \text{ KI} = 0.91 - 0.93$). Allerdings verbesserten sich beide Gruppen im Laufe der Zeit.

Für die verbleibenden neurokognitiven Variablen konnten keine signifikanten, longitudinalen Effekte gefunden werden.

Tabelle 4: Longitudinale Gruppenvergleiche der deutschen Stichprobe

| CANTAB Variable | rmANCOVA | | | | | |
|--------------------|----------|----------|----------|---------------|-------------|------------|
| | Gruppe | | | Gruppe x Zeit | | |
| | <i>F</i> | <i>p</i> | <i>d</i> | <i>F</i> | <i>p</i> | <i>d</i> |
| CGT Decision | 0.22 | .643 | .06 | 1.99 | .160 | .16 |
| CGT Risk | 0.14 | .706 | .00 | 0.01 | .941 | .00 |
| PRM | 0.05 | .822 | .00 | 0.03 | .873 | .00 |
| RVP | 0.02 | .899 | .00 | 4.87 | .028 | .28 |
| SWM Errors | 3.39 | .067 | .23 | 1.80 | .181 | .17 |
| SWM Strategy | 2.09 | .150 | .18 | 0.02 | .903 | .00 |

Anmerkung. CGT = Cambridge Guessing Task, PRM = Pattern Recognition Memory, RVP = Rapid Visual Information Processing, SWM = Spatial Working Memory. Kovariaten, die in die rmANCOVA-Analyse einfließen: Standort, Gender, gIQ = globaler Intelligenzquotient, Alkoholkonsum (Lebenszeit), Tabakkonsum (Lebenszeit), illegaler Drogenkonsum (Lebenszeit). rmANCOVA = Kovarianzanalyse mit Messwiederholung. N = 401. Quelle: eigene Darstellung.

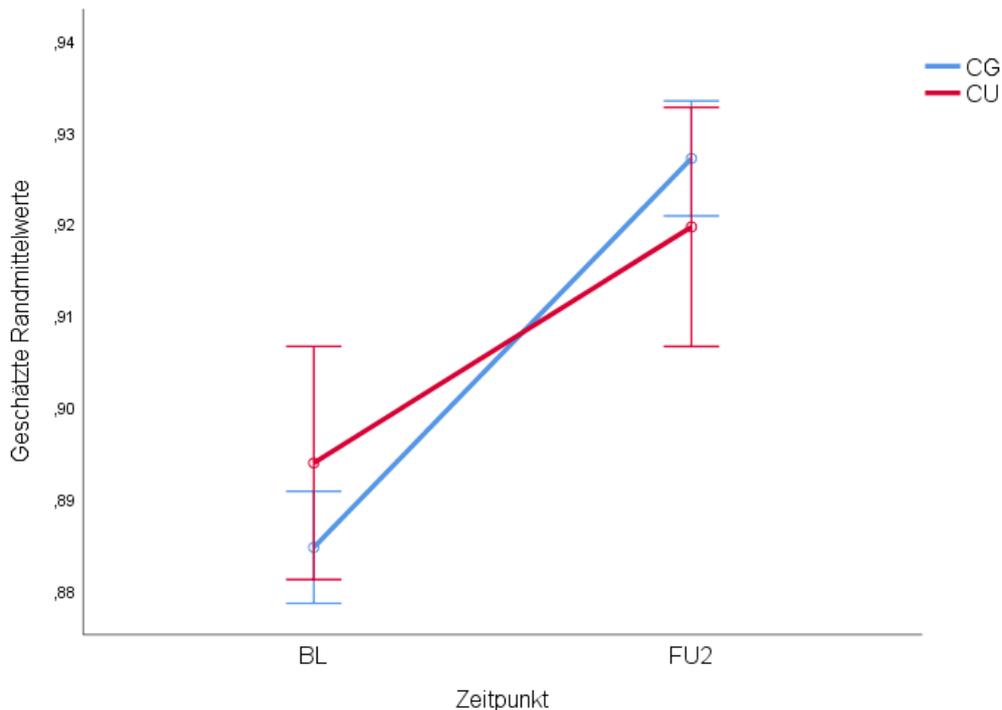


Abbildung 5: Geschätzte Randmittelwerte und 95% KI für Rapid Visual Information Processing (RVP) der deutschen Stichprobe

Geschätzte Randmittelwerte der Variable RVP getrennt für die beiden Gruppen über die Zeit. Fehlerbalken repräsentieren 95% KI = Konfidenzintervall. CG = Control Group. Kontrollgruppe. CU = Cannabis-user, Cannabiskonsumant*innen. BL = Baseline-Erhebung. FU2 = 2. Follow-Up Untersuchung. Quelle: eigene Darstellung.

4 Diskussion

4.1 Querschnittsanalysen

Die vorliegende Arbeit untersuchte als eine der größten longitudinalen Multicenterstudien Europas den Effekt von Cannabiskonsum auf die neurokognitiven Fähigkeiten Jugendlicher. In der Gesamtstichprobe fand sich in den Querschnittsanalysen ein signifikanter Gruppeneffekt für die Entscheidungsfähigkeit zum Zeitpunkt des Konsums (FU2). Dieser signifikante Zusammenhang konnte auch in den longitudinalen Analysen wiedergefunden werden. Jugendliche profitierten hierbei davon, wenn sie wenig Cannabis konsumierten und erst mit 16 Jahren oder später damit begannen (Wendel et al., 2021).

In der deutschen Substichprobe wurde in den Querschnittsanalysen der BL-Erhebung, das heißt vor Beginn des Cannabiskonsums, ein signifikanter Gruppeneffekt für das

Fehlermaß des räumlichen Arbeitsgedächtnisses (SWM Errors) entdeckt. Die späteren Cannabiskonsument*innen schnitten hierbei schlechter ab als die CG. Der gefundene Effekt war klein und wurde erst nach Kontrolle für Störvariablen signifikant. Signifikante Covariaten waren hierbei sowohl Gender als auch gIQ. Letztere Variable wurde in den weiterführenden Analysen des Manteltexts neu als Covariate in die Berechnungen der ANCOVAs aufgenommen, da sich in der deutschen Substichprobe Unterschiede zwischen CG und CU gezeigt hatten. CU zeigten hierbei höhere gIQ-Werte als die CG.

Mehrere Studien berichten über einen Zusammenhang zwischen Cannabiskonsum und Beeinträchtigungen im Arbeitsgedächtnis bei Jugendlichen (Hanson et al., 2010; Harvey et al., 2007; Jacobsen et al., 2004; Jacobus et al., 2015; Morin et al., 2018; Vo et al., 2014). Auch das systematische Review von Gonzalez et al. (2002) identifizierte neben der Aufmerksamkeit vor allem das Arbeitsgedächtnis als Domäne, welche bei Cannabiskonsum beeinträchtigt wird. Viele der bisher durchgeführten Studien verwendeten jedoch ein Querschnittsdesign, sodass eine kausale Attribution der gefundenen Zusammenhänge nicht möglich war (Cowan, 2008; Harvey et al., 2007; Vo et al., 2014). Interessanterweise konnten weder bei den Querschnittsanalysen von FU2 noch den longitudinalen Berechnungen signifikante Effekte bezüglich des Arbeitsgedächtnisses gezeigt werden. Möglich wäre daher, dass präexistente Einbußen der Arbeitsgedächtnisleistung im Verlauf eher zu Cannabiskonsum führen. Mehrere longitudinale Studien fanden kognitive Einschränkungen bereits vor Initiation des Substanzgebrauchs (Castellanos-Ryan et al., 2017; Jackson et al., 2016). Beispielsweise waren bei Castellanos-Ryan et al. (2017), sowohl Einschränkungen im Arbeits- und Kurzzeitgedächtnis als auch, ähnlich wie bei unseren Ergebnissen, ein höherer IQ mit einem früheren Beginn des Cannabiskonsums assoziiert. Zum Zeitpunkt des Konsums im jungen Erwachsenenalter fanden Castellanos-Ryan et al. (2017) aber ebenfalls keine Einschränkungen der Gedächtnisleistung mehr. Es lässt sich daher vermuten, dass kognitive Einschränkungen zu einer erhöhten Vulnerabilität gegenüber dem Substanzkonsums führen (Jackson et al., 2016; Morin et al., 2018). Auch Morin et al. (2018) berichteten über Einschränkungen des Arbeitsgedächtnisses bei denjenigen Proband*innen, die häufiger Cannabis und Alkohol konsumierten. Dem entsprechen ebenfalls die Ergebnisse von Tervo-Clemmens et al. (2018), die in ihrer Studie einen von der Cannabisdosis unabhängigen Effekt auf das visuelle Arbeitsgedächtnis fanden. Sie

sprechen sich ebenfalls für präexistente, interindividuelle Faktoren aus, die sich auf die Initiation des Substanzkonsums auswirken.

Allerdings gab es in keiner der durchgeführten Analysen signifikante Effekte für die zweite Ergebnisvariable des visuellen Arbeitsgedächtnisses (SWM Strategy). Eine Verschlechterung der Gedächtnisleistung aufgrund des Cannabiskonsums ist in dieser Stichprobe daher eher unwahrscheinlich. Alternativ könnten bei gefundenem Effekt auch die Gruppenunterschiede von gIQ abgebildet worden sein. Der Zusammenhang zwischen Intelligenz und Arbeitsgedächtnis ist gut belegt (Colom et al., 2008; Engle et al., 1999; Luciano et al., 2001). Auch, dass der Effekt nicht mehr signifikant war, nachdem gIQ als Covariate aus den Berechnungen ausgeschlossen wurde, spricht hierfür. Darüber hinaus könnte ein Typ-I-Fehler, also dass die Nullhypothese fälschlicherweise verworfen wurde, für den gefundenen Effekt verantwortlich sein.

4.2 Longitudinale Analysen

In den longitudinalen Analysen der Gesamtstichprobe wurde ein signifikanter Interaktionseffekt *Gruppe x Zeit* in Hinblick auf die Entscheidungsfähigkeit gefunden (Wendel et al., 2021). Entsprechend der Ergebnisse der Querschnittsanalysen zeigten Jugendliche mit leichtem Konsum und später Initiation einen Anstieg der Performanz über die Zeit, während die Leistung der CG relativ gleich blieb. Beschriebene Effekte stimmen mit longitudinalen Studien wie der von Becker et al. (2018) überein, die eine Verbesserung der Entscheidungsfähigkeit bei erwachsenen CU über die Zeit beschrieben. Interessanterweise fanden Becker et al. (2014) in einer vorher veröffentlichten Querschnittsanalyse desselben Datensatzes zunächst Einschränkungen der Entscheidungsfähigkeit bei CU. Auch Duperrouzel et al. (2019) fanden zwar auf Querschnittsebene einen negativen Zusammenhang zwischen Cannabiskonsum und Entscheidungsfähigkeit. Diese Effekte konnten jedoch ebenfalls in den longitudinalen Analysen nicht reproduziert werden (Duperrouzel et al., 2019). Ein Anstieg des Cannabiskonsums war hierbei nicht mit einem Abfall der Entscheidungsfähigkeit assoziiert und auch schlechtere Ergebnisse der Entscheidungsfähigkeit konnten einen Anstieg des Cannabiskonsums nicht vorhersagen (Duperrouzel et al., 2019). Weitere Studien, welche Beeinträchtigungen der Entscheidungsfähigkeit bei CU fanden, waren ebenfalls nicht longitudinal (Clark et al., 2009; Solowij et al., 2012). Zusammengenommen weisen daher die hier veröffentlichten Ergebnisse darauf hin, dass

sich ein seltener Konsum sowie später Beginn dessen protektiv auf die Entscheidungsfähigkeit auswirken (Wendel et al., 2021).

Die longitudinalen Analysen der deutschen Substichprobe zeigten einen signifikanten Interaktionseffekt *Gruppe x Zeit* für RVP, einem Maß für Aufmerksamkeit. Hierbei schnitten die CU vor Initiation des Konsums zunächst besser ab als die CG. Im Verlauf zeigten beide Gruppen Verbesserungen, am ehesten im Sinne eines Lerneffekts. Dieser fiel jedoch bei den CU deutlich kleiner aus. Die Interaktion war signifikant, nachdem für mehrere potenzielle Störvariablen wie Standort, Gender, gIQ, Alkohol-, Tabak- und weiteren illegalen Drogenkonsum kontrolliert wurde.

Unsere Ergebnisse stimmen mit mehreren Studien überein, die von Einschränkungen der Aufmerksamkeit berichteten (Harvey et al., 2007; Jacobsen et al., 2004; Jacobus et al., 2015; Meier et al., 2012; Shannon et al., 2010). Shannon et al. (2010) fanden beispielsweise eine signifikant schlechtere Daueraufmerksamkeit bei Jugendlichen mit hohen Tetrahydrocannabinol (THC) Werten im Urin und Tapert et al. (2002) konnten anhand des kumulativen Cannabiskonsums das Abschneiden im Aufmerksamkeitstest prognostizieren. Auch Harvey et al. (2007), die ebenfalls neurokognitive Fähigkeiten mithilfe des CANTAB erfassten, fanden schlechtere RVP-Ergebnisse bei Jugendlichen mit regelmäßigem Cannabiskonsum. In der von Hanson et al. (2010) veröffentlichten Studie war die Aufmerksamkeit sogar die einzige kognitive Domäne, welche nach einer dreiwöchigen Abstinenzperiode immer noch Defizite aufwies. Auch die zwei Metaanalysen von Gonzalez et al. (2002) und Scott et al. (2018) fanden Einschränkungen vor allem in den Domänen Lernen, Gedächtnis und Aufmerksamkeit. Daher verwundert es nicht, dass der Lerneffekt zwischen den beiden Erhebungszeitpunkten bei den CU signifikant kleiner ausfiel. Der hier gefundene Effekt könnte außerdem Auswirkungen auf den Alltag der Jugendlichen haben. Beispielsweise fanden Schaefer et al. (2021), die longitudinale Zwillingsstudien durchführten, Veränderungen im Bereich von Schule und Ausbildung bei CU. Hierbei war Cannabiskonsum mit einem Rückgang der Motivation, Abfall der Schulnoten sowie einem Anstieg von Problemverhalten und Disziplinarmaßnahmen verbunden. Auch Silins et al. (2015) zeigten, dass Cannabis-, verglichen mit Alkoholkonsum, unter Jugendlichen häufiger zum Abbruch der Schulbildung führt. In der Untersuchung von Schaefer et al. (2021) wirkte sich Cannabiskonsum in der Adoleszenz über oben beschriebene Effekte sogar noch auf den sozioökonomischen Status im jungen Erwachsenenalter aus.

Darüber hinaus konnten weder in der Gesamtstichprobe noch in den weiterführenden Analysen des Manteltexts signifikante longitudinale Effekte gefunden werden. Hierfür sind verschiedene Gründe denkbar (Wendel et al., 2021). Zum einen wurde in der vorliegenden Arbeit subklinischer Cannabiskonsum untersucht. Außerdem zeigte die überwiegende Mehrheit unserer Stichprobe nur einen leichten Gebrauch, welcher definiert war als <20x im letzten Monat. Viele Studien mit signifikanten kognitiven Defiziten untersuchten hingegen Patient*innen, die sich aufgrund von schädlichem Gebrauch oder Abhängigkeit von Cannabis in Behandlung begeben mussten (beispielsweise Meier et al., 2012; Solowij et al., 2002; Tapert et al., 2002). Zum anderen umfasste die Analyse einen Zeitraum von nur fünf Jahren. Eventuell sind jedoch längere Intervalle nötig, um chronische Langzeiteffekte aufzudecken. Meier et al. (2012) zeigten beispielsweise, dass die Effekte auf den IQ am größten waren, je länger der Konsum andauerte. Auch Solowij et al. (2002), die über Aufmerksamkeits- und Gedächtnis-Einbußen bei CU berichteten, fanden eine direkte Korrelation zwischen Dauer des Konsums und Performanz. Diese war nur bei Langzeitkonsument*innen signifikant eingeschränkt. Unterschiede zwischen Proband*innen, die erst seit kurzer Zeit Cannabis konsumierten, und der Kontrollgruppe wurden hingegen nicht gefunden (Solowij et al., 2002). Außerdem ging in der vorliegenden Studie die Zeitspanne zwischen dem letzten Cannabiskonsum und der neurokognitiven Testung nicht in die Analysen ein. Dass kognitive Effekte nach einer Phase der Abstinenz wieder abnehmen oder sogar ganz verschwinden, konnten jedoch unter anderem Fried et al. (2005) nachweisen: Während Proband*innen mit aktivem Konsum neurokognitive Defizite zeigten, konnten nach einer Abstinenz von drei Monaten keine signifikanten Unterschiede zwischen ehemaligen CU und der CG gefunden werden. Zudem gab es in unserer Stichprobe keine Unterschiede zwischen den Gruppen bezüglich des SES. CU hatten in der deutschen Substichprobe im Durchschnitt sogar einen höheren glQ als die CG. Dies könnte ein Hinweis darauf sein, dass die hier untersuchten CU überdurchschnittlich gute Voraussetzungen hatten, die sie vor den negativen Folgen des Cannabiskonsums schützten. Zuletzt könnten weitere Variablen, für die nicht kontrolliert wurde, sowie unbekannte Gründe, die zum Studienabbruch geführt haben, die gefundenen Effekte beeinflusst haben.

Die Ergebnisse der deutschen Substichprobe unterscheiden sich von denen der Gesamtstichprobe. Mehrere Gründe sind hierfür denkbar. Wie bereits beschrieben unterscheiden sich die Konsummuster von Cannabis, aber auch der begleitend

konsumierten Substanzen, zwischen den verschiedenen Standorten. Die große Mehrheit der deutschen CU zeigte hierbei nur einen leichten Cannabiskonsum (<20x im letzten Monat). Tierstudien konnten zeigen, dass negative kognitive Defizite dosisabhängig auftreten (Levine et al., 2017). Beispielsweise fanden Fehr et al. (1976) bleibende Einschränkungen im Lernen bei Ratten, wenn diesen 20 mg THC pro Kilogramm Körpergewicht appliziert wurde. Nach Verabreichung der halben Dosis fanden sie jedoch keine signifikanten Effekte. Auch die Zeit zwischen neurokognitiver Testung und dem letzten Cannabiskonsum kann in den verschiedenen Standorten unterschiedlich ausgefallen sein. Hierbei wären, wie bereits dargelegt, längere Zeiträume der Abstinenz mit einer Abnahme des Effekts assoziiert (Fried et al., 2005; Schreiner & Dunn, 2012). Außerdem war die Anzahl der Proband*innen der deutschen Substichprobe kleiner, sodass nicht mehr zwischen leichtem und schwerem Gebrauch sowie frühem und spätem Beginn des Konsums unterschieden werden konnte. Auch die unterschiedliche chemische Zusammensetzung von Cannabis an den einzelnen Standorten könnte eine Rolle gespielt haben. Der gegensätzliche Einfluss von THC und Cannabidiol (CBD) auf die Kognition wird seit längerem diskutiert (Figueiredo et al., 2020; Levine et al., 2017). Hierbei werden negative kognitive Effekte vor allem THC zugeschrieben, während CBD diese eher abmildern kann (Batalla et al., 2014; Curran et al., 2016). Zukünftige Studien sollten daher auch den jeweiligen Anteil der einzelnen Bestandteile des Cannabis berücksichtigen. Des Weiteren ist eine direkte Vergleichbarkeit der Ergebnisse von Gesamtstichprobe und deutscher Substichprobe nicht gegeben, da in den weiterführenden Analysen glQ als weitere Covariate in die Berechnungen aufgenommen wurde.

4.3 Limitationen

Die Limitationen der weiterführenden Analyse der deutschen Stichprobe entsprechen weitestgehend denen, die bereits für die Gesamtstichprobe berichtet wurden (Wendel et al., 2021): Zum einen wurde der Substanzkonsum nur mithilfe von Fragebögen erhoben. Dies ist zwar eine erprobte Methode, dennoch müssen Selbstberichte nicht zwangsläufig mit dem THC-Gehalt im Körper übereinstimmen (Shannon et al., 2010). Hierbei spielen Faktoren wie Körpergewicht oder unterschiedliche THC-Metabolisierung eine Rolle (Shannon et al., 2010). Künftige Studien sollten daher objektive THC-Messungen vornehmen. Allerdings zeigte sich in den hier vorliegenden Daten eine hohe Korrelation zwischen zwei Fragebögen, die beide Cannabiskonsum erfasst hatten. Zweitens waren

Frauen unterrepräsentiert. Auch das ist ein häufig berichtetes Problem bei Studien über Cannabiskonsum (Solowij et al., 2011). Um hierfür zu kontrollieren, floss Gender als Kovariate in die (rm)ANCOVA-Berechnungen ein. Außerdem variierten die Konsummuster zwischen den unterschiedlichen Standorten und die CU-Gruppe konsumierte signifikant mehr Alkohol und Tabak sowie weitere illegale Drogen. Auch für die genannten Störfaktoren wurde in den durchgeführten Analysen kontrolliert. Dennoch ist es schwierig die gezeigten Effekte exklusiv dem Cannabiskonsum zuzuordnen (Hanson et al., 2010). Zudem zeigte die deutsche Stichprobe Unterschiede bezüglich des gIQ, sodass in den weiterführenden Berechnungen des Manteltexts auch diese Variable als Kovariate mit einfluss. gIQ wurde außerdem nur einmalig bei der BL-Erhebung und mithilfe der weniger reliablen Kurzversion des WISC-IV erhoben (Axelrod, 2002). Zuletzt zeigten manche Kovariaten bei der Berechnung der (rm)ANCOVAs Heterogenität der Regressionssteigungen, was zu einer geringeren Power der Tests geführt haben könnte.

4.4 Resümee und Ausblick

Die Daten unserer longitudinalen Studie legen nahe, dass präexistente Einschränkungen im Arbeitsgedächtnis konsekutiv zu einer erhöhten Vulnerabilität gegenüber des Substanzkonsums führen und die Aufmerksamkeit deutscher Jugendlicher nach Cannabiskonsum beeinträchtigt ist. Darüber hinaus scheint es, in Hinblick auf die Entscheidungsfähigkeit, förderlich zu sein, wenn wenig Cannabis konsumiert wird und der Beginn des Konsums erst spät stattfindet. Diese Effekte zeigten sich, nachdem für eine Reihe von prospektiv erfassten Covariaten kontrolliert wurde.

Cannabiskonsum ist außerdem, über die kognitiven Fähigkeiten hinaus, mit weiteren gesundheitlichen und sozialen Folgeschäden assoziiert. So konsumierten CU in unserer Stichprobe signifikant häufiger Alkohol, Tabak und weitere illegale Drogen. Darüber hinaus belegen viele Studien einen Zusammenhang von Cannabiskonsum mit psychischen Störungen wie Angst, Depression, Suizidalität oder Psychosen (French et al., 2015; Gobbi et al., 2019; Manrique-Garcia et al., 2012). Außerdem ist Cannabiskonsum in der Adoleszenz mit schlechteren schulischen Leistungen, niedrigeren Bildungsabschlüssen beziehungsweise dem Abbrechen der Schule sowie einem geringeren SES im Erwachsenenalter assoziiert (Fergusson et al., 2003; Lynskey et al., 2003; Schaefer et al., 2021). Des Weiteren berichten Studien übereinstimmend, dass Jugendliche Cannabis nach Legalisierung als weniger schädlich wahrnehmen

(Brooks-Russell et al., 2019; Cerdá et al., 2017; Fleming et al., 2016). Dies könnte, auch aufgrund der leichteren Verfügbarkeit, nach Umsetzung des geplanten Gesetzes, zu einem höheren Konsum Jugendlicher führen. Studien aus den USA haben bereits gezeigt, dass die Legalisierung dort zu einer Zunahme des Cannabiskonsums unter Jugendlichen führte (De Faria 2021). Gleichzeitig stellt die Adoleszenz eine besonders vulnerable Phase in der Entwicklung des Gehirns dar (Crane et al., 2013; De Faria et al., 2021).

Es ist die Aufgabe der Politik Jugendliche und junge Erwachsene vor diesen negativen Folgen zu schützen. Der Fokus sollte hierbei vor allem auf der Präventivarbeit liegen, um den Konsum Jugendlicher von vornherein so gering wie möglich zu halten. Hierfür sind insbesondere die Aufklärung der Jugendlichen über oben genannte negative Folgen sowie deren Resilienzförderung essenziell. Dies könnte beispielsweise im Rahmen von obligatorischen Aufklärungsprogrammen an Schulen, wie sie die Bundespsychotherapeuten- und Bundesärztekammer übereinstimmend fordern, geschehen (Haserück & Maybaum, 2022). Zweitens muss mit Inkrafttreten des Gesetzes ein effektiver Jugendschutz geschaffen werden. Offensichtlich sollte keine Abgabe an Minderjährige erfolgen. Aber auch ein Werbeverbot für Cannabis, die Regulation von Öffnungszeiten und Anzahl der Verkaufsstellen sowie eine Mengenbegrenzung bei der Abgabe könnten indirekt den Konsum Jugendlicher eindämmen (Haserück & Maybaum, 2022). Darüber hinaus wird über die Einführung einer THC-Obergrenze diskutiert, welche jedoch von der Politik aktuell, aufgrund des höheren Aufwands bei der Strafverfolgung, abgelehnt wird. Drittens müssen Hilfsangebote, wie beispielsweise niedrigschwellige Frühinterventionsprogramme und Suchtberatungen, flächendeckend eingeführt werden. Auch speziell geschultes Gesundheitspersonal an Schulen könnte hierfür eingesetzt werden (De Faria et al., 2021). Diese Maßnahmen sollten mit Steuermitteln subventioniert werden. Das fordern auch die Deutsche Gesellschaft für Kinder- und Jugendpsychiatrie, Psychosomatik und Psychotherapie sowie die Bundespsychotherapeutenkammer (DGKJP, 2021; Haserück & Maybaum, 2022). Viertens sollte die Legalisierung des Konsums wissenschaftlich begleitet werden. Die Bundesregierung plant dies bereits und möchte das Vorhaben anhand der gewonnenen Daten zunächst nach vier Jahren reevaluieren (Bundesregierung, 2021; Haserück & Maybaum, 2022). Dies kann aus wissenschaftlicher Sicht nur begrüßt werden. Hierfür werden weitere longitudinale Studien mit großen Stichproben und langen

Erhebungszeiträumen nötig sein. Diese sollten insbesondere Jugendliche mit starkem oder gar schädlichem Gebrauch von Cannabis untersuchen, die keine weiteren Substanzen konsumieren. Außerdem sollte neben der chemischen Zusammensetzung und Dosis des Cannabis nicht nur die Dauer des Konsums sondern auch die Dauer der Abstinenz bei Testung bekannt sein.

5 Literaturverzeichnis

- Axelrod, B. N. (2002). Validity of the Wechsler abbreviated scale of intelligence and other very short forms of estimating intellectual functioning. *Assessment*, 9(1), 17-23. <https://doi.org/10.1177/1073191102009001003>
- Baker, T. E., Castellanos-Ryan, N., Schumann, G., Cattrell, A., Flor, H., Nees, F., Banaschewski, T., Bokde, A., Whelan, R., Buechel, C., Bromberg, U., Papadopoulos Orfanos, D., Gallinat, J., Garavan, H., Heinz, A., Walter, H., Brühl, R., Gowland, P., Paus, T., Poustka, L., Martinot, J. L., Lemaitre, H., Artiges, E., Paillère Martinot, M. L., Smolka, M. N., & Conrod, P. (2019). Modulation of orbitofrontal-striatal reward activity by dopaminergic functional polymorphisms contributes to a predisposition to alcohol misuse in early adolescence. *Psychol Med*, 49(5), 801-810. <https://doi.org/10.1017/s0033291718001459>
- Batalla, A., Crippa, J. A., Busatto, G. F., Guimaraes, F. S., Zuardi, A. W., Valverde, O., Atakan, Z., McGuire, P. K., Bhattacharyya, S., & Martín-Santos, R. (2014). Neuroimaging studies of acute effects of THC and CBD in humans and animals: a systematic review. *Curr Pharm Des*, 20(13), 2168-2185. <https://doi.org/10.2174/13816128113199990432>
- Becker, M. P., Collins, P. F., & Luciana, M. (2014). Neurocognition in college-aged daily marijuana users. *J Clin Exp Neuropsychol*, 36(4), 379-398. <https://doi.org/10.1080/13803395.2014.893996>
- Becker, M. P., Collins, P. F., Schultz, A., Urosevic, S., Schmaling, B., & Luciana, M. (2018). Longitudinal changes in cognition in young adult cannabis users. *J Clin Exp Neuropsychol*, 40(6), 529-543. <https://doi.org/10.1080/13803395.2017.1385729>
- Brooks-Russell, A., Ma, M., Levinson, A. H., Kattari, L., Kirchner, T., Anderson Goodell, E. M., & Johnson, R. M. (2019). Adolescent Marijuana Use, Marijuana-Related Perceptions, and Use of Other Substances Before and After Initiation of Retail Marijuana Sales in Colorado (2013-2015). *Prev Sci*, 20(2), 185-193. <https://doi.org/10.1007/s11121-018-0933-2>
- Bühning, P. (2021). Legalisierung von Cannabis: Risiken für die Gesundheit. *Dtsch Arztebl International*, 118(49), A-2326. <https://www.aerzteblatt.de/int/article.asp?id=222411>
- Cerdá, M., Wall, M., Feng, T., Keyes, K. M., Sarvet, A., Schulenberg, J., O'Malley, P. M., Pacula, R. L., Galea, S., & Hasin, D. S. (2017). Association of State Recreational Marijuana Laws With Adolescent Marijuana Use. *JAMA Pediatr*, 171(2), 142-149. <https://doi.org/10.1001/jamapediatrics.2016.3624>
- Chang, L., Yakupov, R., Cloak, C., & Ernst, T. (2006). Marijuana use is associated with a reorganized visual-attention network and cerebellar hypoactivation. *Brain*, 129(5), 1096-1112. <https://doi.org/10.1093/brain/awl064>
- Clark, L., Roiser, J. P., Robbins, T. W., & Sahakian, B. J. (2009). Disrupted 'reflection' impulsivity in cannabis users but not current or former ecstasy users. *Journal of psychopharmacology (Oxford, England)*, 23(1), 14-22. <https://doi.org/10.1177/0269881108089587>
- Colom, R., Abad, F. J., Quiroga, M. Á., Shih, P. C., & Flores-Mendoza, C. (2008). Working memory and intelligence are highly related constructs, but why? *Intelligence*, 36(6), 584-606. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.intell.2008.01.002>
- Cowan, N. (2008). Chapter 20 What are the differences between long-term, short-term, and working memory? In W. S. Sossin, J.-C. Lacaille, V. F. Castellucci, & S. Belleville (Eds.), *Progress in Brain Research* (Vol. 169, pp. 323-338). Elsevier. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0079-6123\(07\)00020-9](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0079-6123(07)00020-9)
- Crane, N. A., Schuster, R. M., Fusar-Poli, P., & Gonzalez, R. (2013). Effects of cannabis on neurocognitive functioning: recent advances, neurodevelopmental influences, and sex

- differences. *Neuropsychol Rev*, 23(2), 117-137. <https://doi.org/10.1007/s11065-012-9222-1>
- Curran, H. V., Freeman, T. P., Mokrysz, C., Lewis, D. A., Morgan, C. J., & Parsons, L. H. (2016). Keep off the grass? Cannabis, cognition and addiction. *Nat Rev Neurosci*, 17(5), 293-306. <https://doi.org/10.1038/nrn.2016.28>
- Daseking, M., Petermann, F., & Waldmann, H. C. (2014). Schätzung der allgemeinen Intelligenz mit einer Kurzform der WAIS-IV bei neurologischen Fragestellungen [Estimation of General Intelligence in Neurological Settings by a Short Form of the WAIS-IV]. *Aktuelle Neurologie*, 41(06), 349-355.
- De Faria, L., Mezey, L., & Winkler, A. (2021). Cannabis Legalization and College Mental Health. *Curr Psychiatry Rep*, 23(4), 17. <https://doi.org/10.1007/s11920-021-01231-1>
- DGKJP. (2021). Gesundheitliche Risiken einer Cannabislegalisierung für Kinder und Jugendliche. <https://www.dgkjp.de/cannabislegalisierung/>
- Dougherty, D. M., Mathias, C. W., Dawes, M. A., Furr, R. M., Charles, N. E., Liguori, A., Shannon, E. E., & Acheson, A. (2013). Impulsivity, attention, memory, and decision-making among adolescent marijuana users. *Psychopharmacology (Berl)*, 226(2), 307-319. <https://doi.org/10.1007/s00213-012-2908-5>
- Duperrouzel, J. C., Hawes, S. W., Lopez-Quintero, C., Pacheco-Colon, I., Coxe, S., Hayes, T., & Gonzalez, R. (2019). Adolescent cannabis use and its associations with decision-making and episodic memory: Preliminary results from a longitudinal study. *Neuropsychology*, 33(5), 701-710. <https://doi.org/10.1037/neu0000538>
- EMCDDA. (2020). *ESPAD report 2019 : results from the European school survey project on alcohol and other drugs*. Publications Office. <https://doi.org/doi:10.2810/877033>
- Engle, R. W., Tuholski, S. W., Laughlin, J. E., & Conway, A. R. A. (1999). Working memory, short-term memory, and general fluid intelligence: A latent-variable approach. *Journal of Experimental Psychology: General*, 128(3), 309-331. <https://doi.org/10.1037/0096-3445.128.3.309>
- Fehr, K. A., Kalant, H., & LeBlanc, A. E. (1976). Residual learning deficit after heavy exposure to cannabis or alcohol in rats. *Science*, 192(4245), 1249-1251. <https://doi.org/10.1126/science.1273591>
- Fergusson, D. M., Horwood, L. J., & Beauvais, A. L. (2003). Cannabis and educational achievement. *Addiction*, 98(12), 1681-1692. <https://doi.org/10.1111/j.1360-0443.2003.00573.x>
- Figueiredo, P. R., Tolomeo, S., Steele, J. D., & Baldacchino, A. (2020). Neurocognitive consequences of chronic cannabis use: a systematic review and meta-analysis. *Neurosci Biobehav Rev*, 108, 358-369. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2019.10.014>
- Fleming, C. B., Guttmannova, K., Cambron, C., Rhew, I. C., & Oesterle, S. (2016). Examination of the Divergence in Trends for Adolescent Marijuana Use and Marijuana-Specific Risk Factors in Washington State. *J Adolesc Health*, 59(3), 269-275. <https://doi.org/10.1016/j.jadohealth.2016.05.008>
- French, L., Gray, C., Leonard, G., Perron, M., Pike, G. B., Richer, L., Séguin, J. R., Veillette, S., Evans, C. J., Artiges, E., Banaschewski, T., Bokde, A. W., Bromberg, U., Bruehl, R., Buchel, C., Cattrell, A., Conrod, P. J., Flor, H., Frouin, V., Gallinat, J., Garavan, H., Gowland, P., Heinz, A., Lemaitre, H., Martinot, J. L., Nees, F., Orfanos, D. P., Pangelinan, M. M., Poustka, L., Rietschel, M., Smolka, M. N., Walter, H., Whelan, R., Timpson, N. J., Schumann, G., Smith, G. D., Pausova, Z., & Paus, T. (2015). Early Cannabis Use, Polygenic Risk Score for Schizophrenia and Brain Maturation in Adolescence. *JAMA Psychiatry*, 72(10), 1002-1011. <https://doi.org/10.1001/jamapsychiatry.2015.1131>

- Fried, P. A., Watkinson, B., & Gray, R. (2005). Neurocognitive consequences of marijuana - a comparison with pre-drug performance. *Neurotoxicology and Teratology*, 27(2), 231-239. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ntt.2004.11.003>
- Gobbi, G., Atkin, T., Zytynski, T., Wang, S., Askari, S., Boruff, J., Ware, M., Marmorstein, N., Cipriani, A., Dendukuri, N., & Mayo, N. (2019). Association of Cannabis Use in Adolescence and Risk of Depression, Anxiety, and Suicidality in Young Adulthood: A Systematic Review and Meta-analysis. *JAMA Psychiatry*, 76(4), 426-434. <https://doi.org/10.1001/jamapsychiatry.2018.4500>
- Gonzalez, R., Carey, C., & Grant, I. (2002). Nonacute (residual) neuropsychological effects of cannabis use: a qualitative analysis and systematic review. *J Clin Pharmacol*, 42(S1), 48s-57s. <https://doi.org/10.1002/j.1552-4604.2002.tb06003.x>
- Gonzalez, R., Pacheco-Colon, I., Duperrouzel, J. C., & Hawes, S. W. (2017). Does Cannabis Use Cause Declines in Neuropsychological Functioning? A Review of Longitudinal Studies. *J Int Neuropsychol Soc*, 23(9-10), 893-902. <https://doi.org/10.1017/s1355617717000789>
- Goodman, R., Ford, T., Richards, H., Gatward, R., & Meltzer, H. (2000). The Development and Well-Being Assessment: description and initial validation of an integrated assessment of child and adolescent psychopathology. *Journal of child psychology and psychiatry, and allied disciplines*, 41(5), 645-655.
- Grant, J. E., Chamberlain, S. R., Schreiber, L., & O'Laug, B. L. (2012). Neuropsychological deficits associated with cannabis use in young adults. *Drug Alcohol Depend*, 121(1-2), 159-162. <https://doi.org/10.1016/j.drugalcdep.2011.08.015>
- Group, T. E. (2016). *ESPAD Report 2015. Results from the European School Survey Project on alcohol and other drugs*. L. P. O. o. t. E. Union. <http://www.espad.org/report/home/>
- Hanson, K. L., Winward, J. L., Schweinsburg, A. D., Medina, K. L., Brown, S. A., & Tapert, S. F. (2010). Longitudinal study of cognition among adolescent marijuana users over three weeks of abstinence. *Addict Behav*, 35(11), 970-976. <https://doi.org/10.1016/j.addbeh.2010.06.012>
- Harvey, M. A., Sellman, J. D., Porter, R. J., & Frampton, C. M. (2007). The relationship between non-acute adolescent cannabis use and cognition. *Drug Alcohol Rev*, 26(3), 309-319. <https://doi.org/10.1080/09595230701247772>
- Haserück, A., & Maybaum, T. (2022). Cannabislegalisierung: Kein Gesetzentwurf ohne EU-Zustimmung. *Dtsch Arztebl International*, 119(44), 1888-1889. <https://www.aerzteblatt.de/int/article.asp?id=228291>
- Jackson, N. J., Isen, J. D., Khoddam, R., Irons, D., Tuvblad, C., Iacono, W. G., McGue, M., Raine, A., & Baker, L. A. (2016). Impact of adolescent marijuana use on intelligence: Results from two longitudinal twin studies. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 113(5), E500-E508. <https://doi.org/10.1073/pnas.1516648113>
- Jacobsen, L. K., Mencl, W. E., Westerveld, M., & Pugh, K. R. (2004). Impact of cannabis use on brain function in adolescents. *Ann N Y Acad Sci*, 1021, 384-390. <https://doi.org/10.1196/annals.1308.053>
- Jacobus, J., Squeglia, L. M., Infante, M. A., Castro, N., Brumback, T., Meruelo, A. D., & Tapert, S. F. (2015). Neuropsychological performance in adolescent marijuana users with co-occurring alcohol use: A three-year longitudinal study. *Neuropsychology*, 29(6), 829-843. <https://doi.org/10.1037/neu0000203>
- Jager, G., Block, R. I., Luijten, M., & Ramsey, N. F. (2010). Cannabis use and memory brain function in adolescent boys: a cross-sectional multicenter functional magnetic resonance imaging study. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, 49(6), 561-572.e5723. <https://doi.org/10.1016/j.jaac.2010.02.001>

- Jager, G., Kahn, R. S., Van Den Brink, W., Van Ree, J. M., & Ramsey, N. F. (2006). Long-term effects of frequent cannabis use on working memory and attention: an fMRI study. *Psychopharmacology (Berl)*, *185*(3), 358-368. <https://doi.org/10.1007/s00213-005-0298-7>
- Levine, A., Clemenza, K., Rynn, M., & Lieberman, J. (2017). Evidence for the Risks and Consequences of Adolescent Cannabis Exposure. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, *56*(3), 214-225. <https://doi.org/10.1016/j.jaac.2016.12.014>
- Lisdahl, K. M., & Price, J. S. (2012). Increased marijuana use and gender predict poorer cognitive functioning in adolescents and emerging adults. *J Int Neuropsychol Soc*, *18*(4), 678-688. <https://doi.org/10.1017/s1355617712000276>
- Luciano, M., Wright, M., Smith, G. A., Geffen, G. M., Geffen, L. B., & Martin, N. G. (2001). Genetic covariance among measures of information processing speed, working memory, and IQ. *Behav Genet*, *31*(6), 581-592. <https://doi.org/10.1023/a:1013397428612>
- Lynskey, M. T., Coffey, C., Degenhardt, L., Carlin, J. B., & Patton, G. (2003). A longitudinal study of the effects of adolescent cannabis use on high school completion. *Addiction*, *98*(5), 685-692. <https://doi.org/10.1046/j.1360-0443.2003.00356.x>
- Manrique-Garcia, E., Zammit, S., Dalman, C., Hemmingsson, T., Andreasson, S., & Allebeck, P. (2012). Cannabis, schizophrenia and other non-affective psychoses: 35 years of follow-up of a population-based cohort. *Psychol Med*, *42*(6), 1321-1328. <https://doi.org/10.1017/s0033291711002078>
- Mascarell Maričić, L., Walter, H., Rosenthal, A., Ripke, S., Quinlan, E. B., Banaschewski, T., Barker, G. J., Bokde, A. L. W., Bromberg, U., Büchel, C., Desrivières, S., Flor, H., Frouin, V., Garavan, H., Itterman, B., Martinot, J.-L., Martinot, M.-L. P., Nees, F., Orfanos, D. P., Paus, T., Poustka, L., Hohmann, S., Smolka, M. N., Fröhner, J. H., Whelan, R., Kaminski, J., Schumann, G., Heinz, A., & consortium, I. (2020). The IMAGEN study: a decade of imaging genetics in adolescents. *Mol Psychiatry*, *25*(11), 2648-2671. <https://doi.org/10.1038/s41380-020-0822-5>
- McHale, S., & Hunt, N. (2008). Executive function deficits in short-term abstinent cannabis users. *Hum Psychopharmacol*, *23*(5), 409-415. <https://doi.org/10.1002/hup.941>
- McKetin, R., Parasu, P., Cherbuin, N., Eramudugolla, R., & Anstey, K. J. (2016). A longitudinal examination of the relationship between cannabis use and cognitive function in mid-life adults. *Drug Alcohol Depend*, *169*, 134-140. <https://doi.org/10.1016/j.drugalcdep.2016.10.022>
- Medina, K. L., Hanson, K. L., Schweinsburg, A. D., Cohen-Zion, M., Nagel, B. J., & Tapert, S. F. (2007). Neuropsychological functioning in adolescent marijuana users: subtle deficits detectable after a month of abstinence. *J Int Neuropsychol Soc*, *13*(5), 807-820. <https://doi.org/10.1017/S1355617707071032>
- Meier, M. H., Caspi, A., Ambler, A., Harrington, H., Houts, R., Keefe, R. S. E., McDonald, K., Ward, A., Poulton, R., & Moffitt, T. E. (2012). Persistent cannabis users show neuropsychological decline from childhood to midlife. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *109*(40), E2657-E2664. <https://doi.org/10.1073/pnas.1206820109>
- Morin, J.-F. G., Afzali, M. H., Bourque, J., Stewart, S. H., Séguin, J. R., O'Leary-Barrett, M., & Conrod, P. J. (2018). A Population-Based Analysis of the Relationship Between Substance Use and Adolescent Cognitive Development. *American Journal of Psychiatry*, *176*(2), 98-106. <https://doi.org/10.1176/appi.ajp.2018.18020202>

- Owen, A. M., Downes, J. J., Sahakian, B. J., Polkey, C. E., & Robbins, T. W. (1990). Planning and spatial working memory following frontal lobe lesions in man. *Neuropsychologia*, *28*(10), 1021-1034. [https://doi.org/10.1016/0028-3932\(90\)90137-d](https://doi.org/10.1016/0028-3932(90)90137-d)
- Pacheco-Colón, I., Lopez-Quintero, C., Coxe, S., Limia, J. M., Pulido, W., Granja, K., Paula, D. C., Gonzalez, I., Ross, J. M., Duperrouzel, J. C., Hawes, S. W., & Gonzalez, R. (2022). Risky decision-making as an antecedent or consequence of adolescent cannabis use: findings from a 2-year longitudinal study. *Addiction*, *117*(2), 392-410. <https://doi.org/10.1111/add.15626>
- Pardini, D., White, H. R., Xiong, S., Bechtold, J., Chung, T., Loeber, R., & Hipwell, A. (2015). Unfazed or Dazed and Confused: Does Early Adolescent Marijuana Use Cause Sustained Impairments in Attention and Academic Functioning? *J Abnorm Child Psychol*, *43*(7), 1203-1217. <https://doi.org/10.1007/s10802-015-0012-0>
- Pausova, Z., Paus, T., Abrahamowicz, M., Almerigi, J., Arbour, N., Bernard, M., Gaudet, D., Hanzalek, P., Hamet, P., Evans, A. C., Kramer, M., Laberge, L., Leal, S. M., Leonard, G., Lerner, J., Lerner, R. M., Mathieu, J., Perron, M., Pike, B., Pitiot, A., Richer, L., Séguin, J. R., Syme, C., Toro, R., Tremblay, R. E., Veillette, S., & Watkins, K. (2007). Genes, maternal smoking, and the offspring brain and body during adolescence: Design of the Saguenay Youth Study [<https://doi.org/10.1002/hbm.20402>]. *Human brain mapping*, *28*(6), 502-518. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/hbm.20402>
- Sahakian, B. J., & Owen, A. M. (1992). Computerized assessment in neuropsychiatry using CANTAB: discussion paper. *Journal of the Royal Society of Medicine*, *85*(7), 399-402. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1629849>
- <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1293547/>
- Schaefer, J. D., Hamdi, N. R., Malone, S. M., Vrieze, S., Wilson, S., McGue, M., & Iacono, W. G. (2021). Associations between adolescent cannabis use and young-adult functioning in three longitudinal twin studies. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *118*(14). <https://doi.org/10.1073/pnas.2013180118>
- Schreiner, A. M., & Dunn, M. E. (2012). Residual effects of cannabis use on neurocognitive performance after prolonged abstinence: a meta-analysis. *Exp Clin Psychopharmacol*, *20*(5), 420-429. <https://doi.org/10.1037/a0029117>
- Schumann, G., Loth, E., Banaschewski, T., Barbot, A., Barker, G., Buchel, C., Conrod, P. J., Dalley, J. W., Flor, H., Gallinat, J., Garavan, H., Heinz, A., Itterman, B., Lathrop, M., Mallik, C., Mann, K., Martinot, J. L., Paus, T., Poline, J. B., Robbins, T. W., Rietschel, M., Reed, L., Smolka, M., Spanagel, R., Speiser, C., Stephens, D. N., Strohle, A., & Struve, M. (2010). The IMAGEN study: reinforcement-related behaviour in normal brain function and psychopathology. *Mol Psychiatry*, *15*(12), 1128-1139. <https://doi.org/10.1038/mp.2010.4>
- Schuster, R. M., Gilman, J., Schoenfeld, D., Evenden, J., Hareli, M., Ulysse, C., Nip, E., Hanly, A., Zhang, H., & Evins, A. E. (2018). One Month of Cannabis Abstinence in Adolescents and Young Adults Is Associated With Improved Memory. *J Clin Psychiatry*, *79*(6). <https://doi.org/10.4088/JCP.17m11977>
- Scott, J. C., Slomiak, S. T., Jones, J. D., Rosen, A. F. G., Moore, T. M., & Gur, R. C. (2018). Association of Cannabis With Cognitive Functioning in Adolescents and Young Adults: A Systematic Review and Meta-analysis. *JAMA Psychiatry*, *75*(6), 585-595. <https://doi.org/10.1001/jamapsychiatry.2018.0335>
- Seo, S., Beck, A., Matthis, C., Genauck, A., Banaschewski, T., Bokde, A. L. W., Bromberg, U., Büchel, C., Quinlan, E. B., Flor, H., Frouin, V., Garavan, H., Gowland, P., Itterman, B., Martinot, J. L., Paillère Martinot, M. L., Nees, F., Papadopoulos Orfanos, D., Poustka, L., Hohmann, S., Fröhner, J. H., Smolka, M. N., Walter, H., Whelan, R., Desrivières, S., Heinz, A., Schumann, G., & Obermayer, K. (2019). Risk profiles for heavy drinking in

- adolescence: differential effects of gender. *Addict Biol*, 24(4), 787-801. <https://doi.org/10.1111/adb.12636>
- Shannon, E. E., Mathias, C. W., Dougherty, D. M., & Liguori, A. (2010). Cognitive Impairments in Adolescent Cannabis Users are Related to THC Levels. *Addictive Disorders & Their Treatment*, 9(4). https://journals.lww.com/addictiondisorders/Fulltext/2010/12000/Cognitive_Impairments_in_Adolescent_Cannabis_Users.4.aspx
- Silins, E., Fergusson, D. M., Patton, G. C., Horwood, L. J., Olsson, C. A., Hutchinson, D. M., Degenhardt, L., Tait, R. J., Borschmann, R., Coffey, C., Toumbourou, J. W., Najman, J. M., & Mattick, R. P. (2015). Adolescent substance use and educational attainment: An integrative data analysis comparing cannabis and alcohol from three Australasian cohorts. *Drug Alcohol Depend*, 156, 90-96. <https://doi.org/10.1016/j.drugalcdep.2015.08.034>
- Solowij, N., Jones, K. A., Rozman, M. E., Davis, S. M., Ciarrochi, J., Heaven, P. C., Pesa, N., Lubman, D. I., & Yucel, M. (2012). Reflection impulsivity in adolescent cannabis users: a comparison with alcohol-using and non-substance-using adolescents. *Psychopharmacology (Berl)*, 219(2), 575-586. <https://doi.org/10.1007/s00213-011-2486-y>
- Solowij, N., Jones, K. A., Rozman, M. E., Davis, S. M., Ciarrochi, J., Heaven, P. C. L., Lubman, D. I., & Yücel, M. (2011). Verbal learning and memory in adolescent cannabis users, alcohol users and non-users. *Psychopharmacology (Berl)*, 216(1), 131-144. <https://doi.org/10.1007/s00213-011-2203-x>
- Solowij, N., & Pesa, N. (2011). Cannabis and cognition: short- and long-term effects. In D. Castle, D. C. D'Souza, & R. M. Murray (Eds.), *Marijuana and Madness* (2 ed., pp. 91-102). Cambridge University Press. <https://doi.org/DOI:10.1017/CBO9780511706080.009>
- Solowij, N., Stephens, R. S., Roffman, R. A., Babor, T., Kadden, R., Miller, M., Christiansen, K., McRee, B., & Vendetti, J. (2002). Cognitive functioning of long-term heavy cannabis users seeking treatment. *Jama*, 287(9), 1123-1131. <https://doi.org/10.1001/jama.287.9.1123>
- Spechler, P. A., Allgaier, N., Charani, B., Whelan, R., Watts, R., Orr, C., Albaugh, M. D., D'Alberto, N., Higgins, S. T., Hudson, K. E., Mackey, S., Potter, A., Banaschewski, T., Bokde, A. L. W., Bromberg, U., Büchel, C., Cattrell, A., Conrod, P. J., Desrivières, S., Flor, H., Frouin, V., Gallinat, J., Gowland, P., Heinz, A., Ittermann, B., Martinot, J. L., Paillère Martinot, M. L., Nees, F., Papadopoulos Orfanos, D., Paus, T., Poustka, L., Smolka, M. N., Walter, H., Schumann, G., Althoff, R. R., & Garavan, H. (2019). The initiation of cannabis use in adolescence is predicted by sex-specific psychosocial and neurobiological features. *Eur J Neurosci*, 50(3), 2346-2356. <https://doi.org/10.1111/ejn.13989>
- Spechler, P. A., Charani, B., Orr, C., Albaugh, M. D., Fontaine, N. R., Higgins, S. T., Banaschewski, T., Bokde, A. L. W., Quinlan, E. B., Desrivières, S., Flor, H., Grigis, A., Gowland, P., Heinz, A., Ittermann, B., Artiges, E., Martinot, M.-L. P., Nees, F., Orfanos, D. P., Paus, T., Poustka, L., Hohmann, S., Fröhner, J. H., Smolka, M. N., Walter, H., Whelan, R., Schumann, G., & Garavan, H. (2020). Longitudinal associations between amygdala reactivity and cannabis use in a large sample of adolescents. *Psychopharmacology (Berl)*, 237(11), 3447-3458. <https://doi.org/10.1007/s00213-020-05624-7>
- Tapert, S. F., Granholm, E., Leedy, N. G., & Brown, S. A. (2002). Substance use and withdrawal: Neuropsychological functioning over 8 years in youth. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 8(7), 873-883. <https://doi.org/10.1017/S1355617702870011>
- Tervo-Clemmens, B., Simmonds, D., Calabro, F. J., Day, N. L., Richardson, G. A., & Luna, B. (2018). Adolescent cannabis use and brain systems supporting adult working memory

- encoding, maintenance, and retrieval. *NeuroImage*, 169, 496-509. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2017.12.041>
- Vo, H. T., Schacht, R., Mintzer, M., & Fishman, M. (2014). Working memory impairment in cannabis- and opioid-dependent adolescents. *Subst Abus*, 35(4), 387-390. <https://doi.org/10.1080/08897077.2014.954027>
- Wendel, L. K., Daedelow, L., Kaminski, J., Banaschewski, T., Millenet, S., Bokde, A. L. W., Quinlan, E. B., Desrivières, S., Flor, H., Grigis, A., Garavan, H., Gowland, P., Heinz, A., Brühl, R., Martinot, J.-L., Artiges, E., Nees, F., Papadopoulos Orfanos, D., Paus, T., Poustka, L., Fröhner, J. H., Smolka, M. N., Whelan, R., Schumann, G., & Walter, H. (2021). Residual effects of cannabis-use on neuropsychological functioning. *Cognitive Development*, 59, 101072. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cogdev.2021.101072>
- Whelan, R., Watts, R., Orr, C. A., Althoff, R. R., Artiges, E., Banaschewski, T., Barker, G. J., Bokde, A. L., Buchel, C., Carvalho, F. M., Conrod, P. J., Flor, H., Fauth-Buhler, M., Frouin, V., Gallinat, J., Gan, G., Gowland, P., Heinz, A., Ittermann, B., Lawrence, C., Mann, K., Martinot, J. L., Nees, F., Ortiz, N., Paillere-Martinot, M. L., Paus, T., Pausova, Z., Rietschel, M., Robbins, T. W., Smolka, M. N., Strohle, A., Schumann, G., & Garavan, H. (2014). Neuropsychosocial profiles of current and future adolescent alcohol misusers. *Nature*, 512(7513), 185-189. <https://doi.org/10.1038/nature13402>
- Whitlow, C. T., Liguori, A., Livengood, L. B., Hart, S. L., Mussat-Whitlow, B. J., Lamborn, C. M., Laurienti, P. J., & Porrino, L. J. (2004). Long-term heavy marijuana users make costly decisions on a gambling task. *Drug Alcohol Depend*, 76(1), 107-111. <https://doi.org/10.1016/j.drugalcdep.2004.04.009>

Anhang

Tabelle A5: Ein- und Ausschlusskriterien (Englisch)

| | | Actions |
|----------------------------|--|----------------------------------|
| A) Demographics | 1. Child in target age (14 years) | Inclusion |
| B) Pregnancy and birth | 1. Use of alcohol by the mother during pregnancy | Exclusion (>210 ml alcohol/week) |
| | 2. Diabetes of the mother during pregnancy (onset before pregnancy, treated by insulin) | Exclusion |
| | 3. Premature birth (<35 weeks) and/or detached placenta | Exclusion |
| | 4. Hyperbilirubinemia requiring transfusion | Exclusion |
| C) Child's medical history | 1. Type 1 diabetes | Exclusion |
| | 2. Systemic rheumatologic disorders (e.g. Complications of strep throat, such as glomerulonephritis or endocarditis) | Exclusion |
| | 3. Malignant tumours requiring chemotherapy (e.g. leukaemia) | Exclusion |
| | 4. Congenital heart defects or heart surgery | Exclusion |
| | 5. Aneurism | Exclusion |
| D) Neurological conditions | 1. Epilepsy 2. Bacterial Infection of CNS | Exclusion |

| | | |
|------------------------------|---|-----------|
| | 3. Brain tumour | |
| | 4. Head trauma with loss of consciousness >30 minutes | Exclusion |
| | 5. Muscular dystrophy, myotonic dystrophy | Exclusion |
| E) Developmental conditions | 1. Nutritional and metabolic diseases (e.g. failure to thrive, phenylketonuria) | Exclusion |
| | 2. Major neuro-developmental disorders (e.g. autism) | |
| | 3. Hearing deficit (requiring hearing aid) | Exclusion |
| | 4. Vision problems (strabismus, visual deficit not correctible) | Exclusion |
| F) Mental health & abilities | 1. Treatment for schizophrenia, bipolar disorder | Exclusion |
| | 2. IQ <70 | Exclusion |
| | | |
| G) MRI contraindications | 1. Metal implants | Exclusion |
| | 2. Electronic implants (e.g. pacemakers) | Exclusion |
| | 3. Severe claustrophobia | Exclusion |

Anmerkung. Ein- und Ausschlusskriterien nach Schumann et al. (2010). Die Kriterien wurden in Anlehnung an die Saguenay Youth Study von Pausova et al. (2007) erstellt. MRI = magnetic resonance imaging. IQ = intelligence quotient. e.g. = for example. CNS = central nervous system.

Tabelle A6: Absolvierte CANTAB-Subtests pro Standort

| | CGT | PRM | RVP | SWM |
|----------|------------|------------|------------|------------|
| Berlin | X | X | X | X |
| Dresden | X | | X | X |
| Hamburg | X | | | |
| Mannheim | X | X | X | X |

Anmerkung. CGT = Cambridge Guessing Task. PRM = Pattern Recognition Memory. RVP = Rapid Visual Information Processing. SWM = Spatial Working Memory. Quelle: eigene Darstellung.

Tabelle A7: Stichprobengröße nach Standort

| | N CG | N CU | N Gesamt |
|----------|---------|---------|-------------|
| Berlin | 51 | 27 | 78 |
| Dresden | 107 | 24 | 131 |
| Hamburg | 72 | 33 | 105 |
| Mannheim | 68 | 19 | 87 |
| Gesamt | 298 | 103 | 401 |

Anmerkung. CG = Control Group. Kontrollgruppe. CU = Cannabis-user, Cannabiskonsument*innen. Quelle: eigene Darstellung.

Tabelle A8: Stichprobengrößen für die einzelnen CANTAB-Variablen

| | Control Group | Cannabis-users | Summe |
|-------|---------------|----------------|-------|
| CGT | 252 | 83 | 335 |
| PRM | 109 | 39 | 148 |
| RVP | 202 | 60 | 262 |
| SWM | 203 | 60 | 263 |
| Total | 298 | 103 | 401 |

Anmerkung. CANTAB = Cambridge Neuropsychological Test Automated Battery. CGT = Cambridge Guessing Task. PRM = Pattern Recognition Memory. RVP = Rapid Visual Information Processing. SWM = Spatial Working Memory. Quelle: eigene Darstellung.

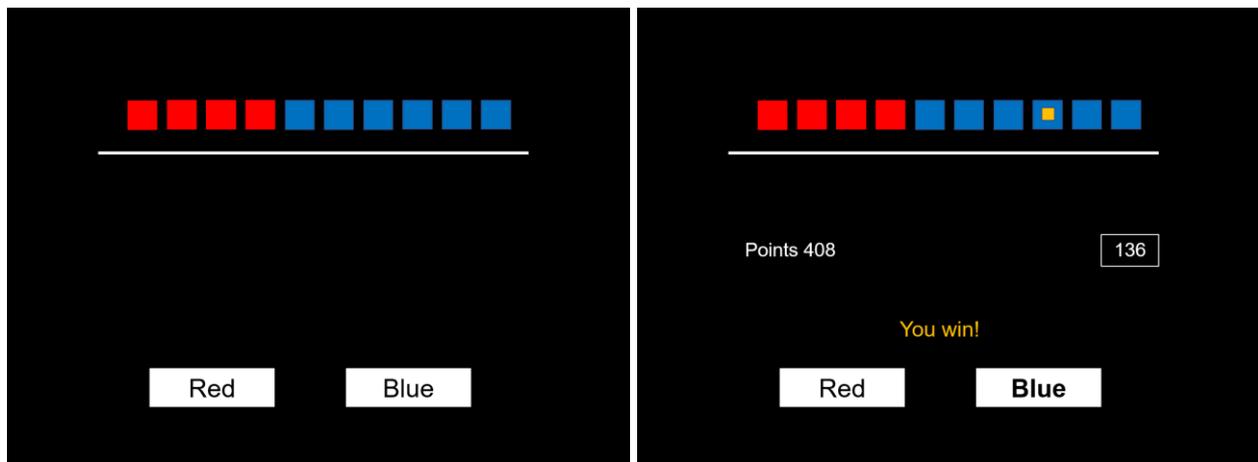


Abbildung A6: Bildschirmbeispiele Cambridge Guessing Task

Links ist die Entscheidungsphase, rechts die Spielphase abgebildet. Da die Entscheidung richtig war, wurden 136 Punkte gewonnen. Die Gesamtpunktzahl ist somit auf 408 gestiegen. Abbildung modifiziert nach Cambridge Cognition (2019).

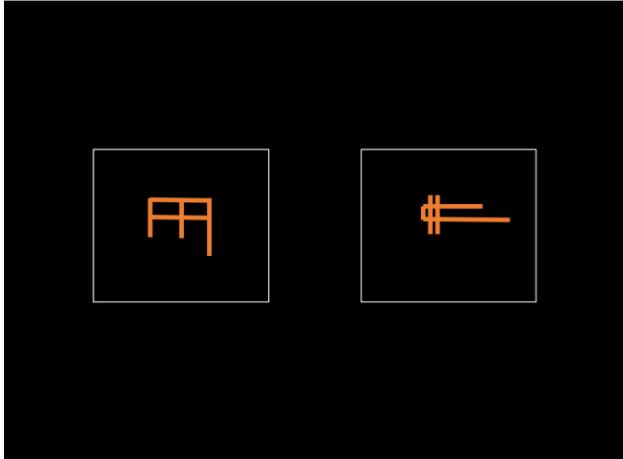


Abbildung A7: Bildschirmbeispiel Pattern Recognition Memory

Es ist die Erkennungsphase abgebildet. Abbildung modifiziert nach Cambridge Cognition (2019).

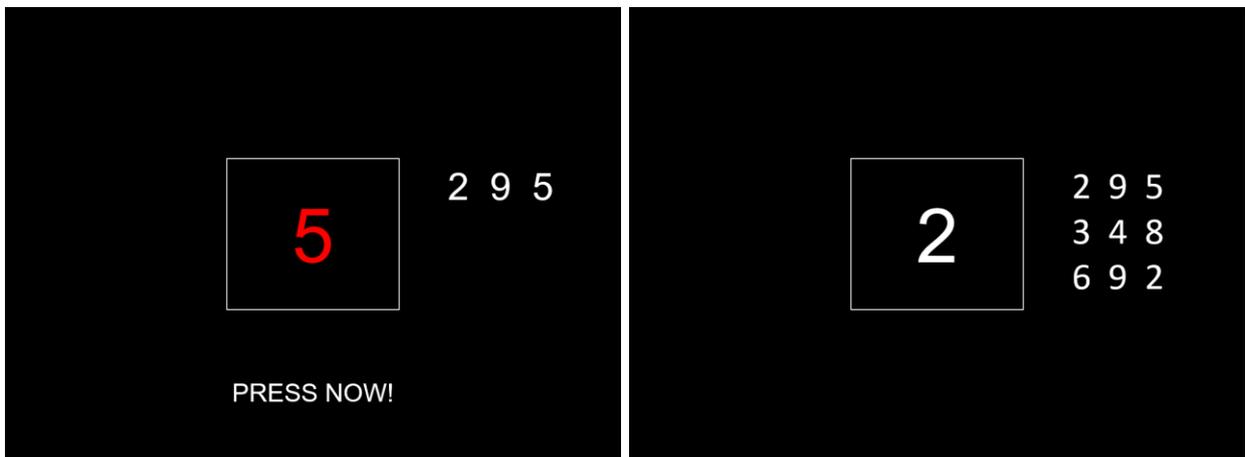


Abbildung A8: Bildschirmbeispiele Rapid Visual Information Processing

Links ist die Trainings-, rechts die Testphase abgebildet. Abbildung modifiziert nach Cambridge Cognition (2019).

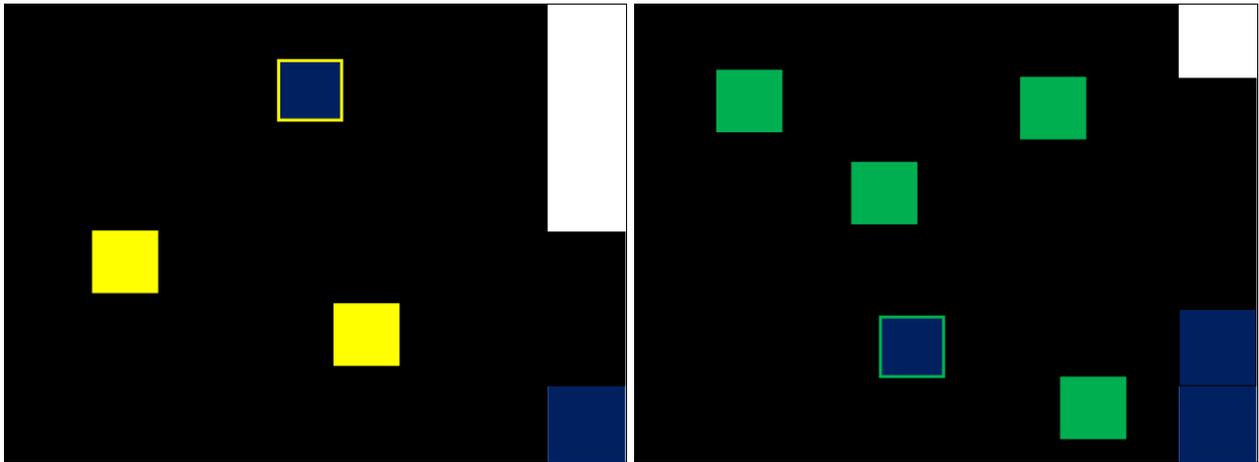


Abbildung A9: Bildschirmbeispiele Spatial Working Memory

Links ist ein Durchgang mit drei, rechts mit fünf Boxen dargestellt. Abbildung modifiziert nach Cambridge Cognition (2019).

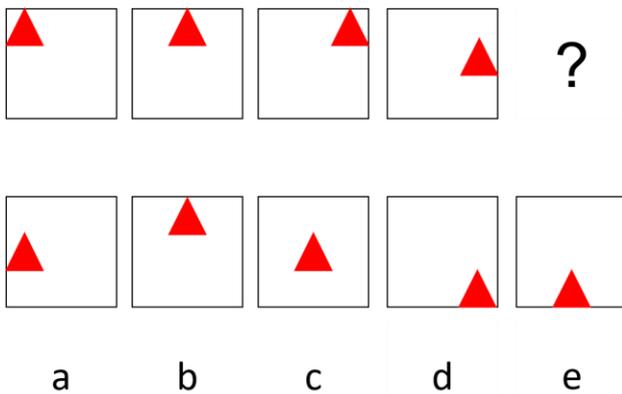


Abbildung A10: Matrizenest

Aus den untenstehenden fünf Beispielen soll diejenige ausgewählt werden, die die obere Reihe logisch sinnvoll komplettiert. Abbildung modifiziert nach Axelrod (2002).

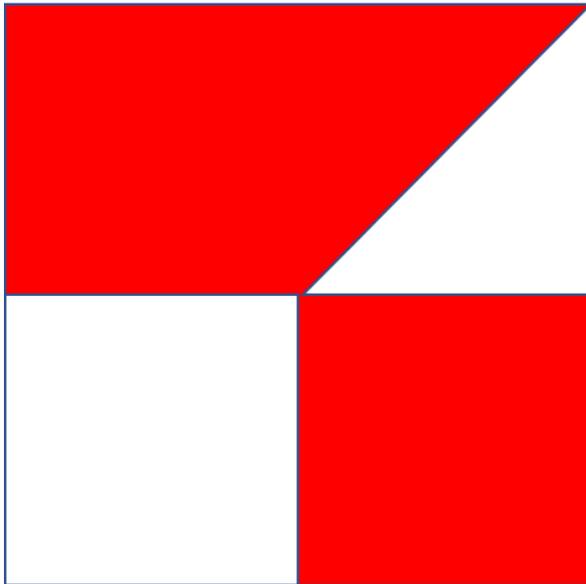


Abbildung A11: Mosaiktest

Beispielmuster, das mithilfe mehrerer, zweifarbiger Würfel nachgelegt werden soll. Abbildung modifiziert nach Axelrod (2002).

Eidesstattliche Versicherung

„Ich, Lena Kristin Sparke, versichere an Eides statt durch meine eigenhändige Unterschrift, dass ich die vorgelegte Dissertation mit dem Thema: „*Anhaltende Effekte von Cannabiskonsum auf die neurokognitiven Fähigkeiten Jugendlicher*“ bzw. „*Non-acute effects of Cannabis-use on neuropsychological functioning in adolescents*“ selbstständig und ohne nicht offengelegte Hilfe Dritter verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel genutzt habe.

Alle Stellen, die wörtlich oder dem Sinne nach auf Publikationen oder Vorträgen anderer Autoren/innen beruhen, sind als solche in korrekter Zitierung kenntlich gemacht. Die Abschnitte zu Methodik (insbesondere praktische Arbeiten, Laborbestimmungen, statistische Aufarbeitung) und Resultaten (insbesondere Abbildungen, Graphiken und Tabellen) werden von mir verantwortet.

Ich versichere ferner, dass ich die in Zusammenarbeit mit anderen Personen generierten Daten, Datenauswertungen und Schlussfolgerungen korrekt gekennzeichnet und meinen eigenen Beitrag sowie die Beiträge anderer Personen korrekt kenntlich gemacht habe (siehe Anteilserklärung). Texte oder Textteile, die gemeinsam mit anderen erstellt oder verwendet wurden, habe ich korrekt kenntlich gemacht.

Meine Anteile an etwaigen Publikationen zu dieser Dissertation entsprechen denen, die in der untenstehenden gemeinsamen Erklärung mit dem/der Erstbetreuer/in, angegeben sind. Für sämtliche im Rahmen der Dissertation entstandenen Publikationen wurden die Richtlinien des ICMJE (International Committee of Medical Journal Editors; www.icmje.org) zur Autorenschaft eingehalten. Ich erkläre ferner, dass ich mich zur Einhaltung der Satzung der Charité – Universitätsmedizin Berlin zur Sicherung Guter Wissenschaftlicher Praxis verpflichte.

Weiterhin versichere ich, dass ich diese Dissertation weder in gleicher noch in ähnlicher Form bereits an einer anderen Fakultät eingereicht habe.

Die Bedeutung dieser eidesstattlichen Versicherung und die strafrechtlichen Folgen einer unwahren eidesstattlichen Versicherung (§§156, 161 des Strafgesetzbuches) sind mir bekannt und bewusst.“

Datum

Unterschrift

Anteilserklärung an der erfolgten Publikation

Lena Kristin Sparke hatte folgenden Anteil an den folgenden Publikationen:

Publikation:

Wendel, L. K., Daedelow, L., Kaminski, J., Banaschewski, T., Millenet, S., Bokde, A. L. W., Quinlan, E. B., Desrivères, S., Flor, H., Grigis, A., Garavan, H., Gowland, P., Heinz, A., Brühl, R., Martinot, J.-L., Artiges, E., Nees, F., Papadopoulos Orfanos, D., Paus, T., Poustka, L., Fröhner, J. H., Smolka, M. N., Whelan, R., Schumann, G., & Walter, H. (2021). Residual effects of cannabis-use on neuropsychological functioning. *Cognitive Development*, 59, 101072.
doi: <https://doi.org/10.1016/j.cogdev.2021.101072>

Beitrag im Einzelnen:

- Entwicklung des Promotionsthemas, inklusive Forschungsfrage, Hypothesen und Auswertungskonzept
- Recherche des aktuellen Forschungsstands zur Auswirkung von Cannabiskonsum auf die neurokognitiven Fähigkeiten Jugendlicher und junger Erwachsener
- Zusammenstellung des finalen Datensatzes, Berechnung von Variablen (glQ, SES, Illegaler Drogenscore)
- Durchführung aller statistischen Analysen in Rücksprache mit dem Institut für Biometrie und Klinische Epidemiologie (iBikE)
- Erstellung aller Tabellen und Abbildungen
- Auswertung und Interpretation der Ergebnisse
- Verfassen eines ersten Entwurfs des Artikels, Überarbeitungsprozess im Austausch mit Laura Daedelow, Jakob Kaminski, Henrik Walter und Andreas Heinz, Einarbeitung der Hinweise aller Koautor*innen in die finale Version
- Identifizierung adäquater Zeitschriften für die Publikation und Anpassung des Artikels an die jeweiligen Vorgaben
- Kommunikation mit dem Journal „Cognitive Development“ sowie Bearbeitung des Artikels im Rahmen des Peer-Review-Prozesses in Rücksprache mit Laura Daedelow

Unterschrift, Datum und Stempel des erstbetreuenden Hochschullehrers

Unterschrift der Doktorandin

Auszug aus der Journal Summary List

Journal Data Filtered By: **Selected JCR Year: 2019** Selected Editions: SCIE,SSCI
 Selected Categories: **"PSYCHOLOGY, DEVELOPMENTAL"** Selected Category
 Scheme: WoS

Gesamtanzahl: 77 Journale

| Rank | Full Journal Title | Total Cites | Journal Impact Factor | Eigenfactor Score |
|------|--|-------------|-----------------------|-------------------|
| 1 | JOURNAL OF CHILD PSYCHOLOGY AND PSYCHIATRY | 19,837 | 7.035 | 0.021080 |
| 2 | JOURNAL OF THE AMERICAN ACADEMY OF CHILD AND ADOLESCENT PSYCHIATRY | 19,831 | 6.936 | 0.017840 |
| 3 | Developmental Cognitive Neuroscience | 3,177 | 4.966 | 0.010180 |
| 4 | CHILD DEVELOPMENT | 30,882 | 4.891 | 0.022310 |
| 5 | Child Development Perspectives | 2,999 | 4.636 | 0.006120 |
| 6 | AUTISM | 5,252 | 4.609 | 0.009590 |
| 7 | EUROPEAN CHILD & ADOLESCENT PSYCHIATRY | 5,422 | 3.941 | 0.009450 |
| 8 | JOURNAL OF ADOLESCENT HEALTH | 16,287 | 3.900 | 0.026420 |
| 9 | Autism Research | 3,611 | 3.727 | 0.008550 |
| 9 | DEVELOPMENTAL REVIEW | 3,351 | 3.727 | 0.003550 |
| 11 | DEVELOPMENTAL SCIENCE | 7,783 | 3.722 | 0.012090 |
| 12 | JOURNAL OF CLINICAL CHILD AND ADOLESCENT PSYCHOLOGY | 5,724 | 3.656 | 0.008930 |
| 13 | DEVELOPMENT AND PSYCHOPATHOLOGY | 11,002 | 3.385 | 0.011670 |
| 14 | JOURNAL OF YOUTH AND ADOLESCENCE | 9,380 | 3.121 | 0.012890 |
| 15 | DEVELOPMENTAL PSYCHOLOGY | 22,397 | 3.063 | 0.021040 |
| 16 | JOURNAL OF AUTISM AND DEVELOPMENTAL DISORDERS | 21,351 | 3.047 | 0.022970 |
| 17 | JOURNAL OF ABNORMAL CHILD PSYCHOLOGY | 9,261 | 2.864 | 0.010750 |
| 18 | Journal of Attention Disorders | 3,620 | 2.826 | 0.005840 |

| Rank | Full Journal Title | Total Cites | Journal Impact Factor | Eigenfactor Score |
|------|---|-------------|-----------------------|-------------------|
| 19 | Applied Developmental Science | 1,380 | 2.750 | 0.001000 |
| 20 | ATTACHMENT & HUMAN DEVELOPMENT | 2,022 | 2.656 | 0.001900 |
| 21 | JOURNAL OF PEDIATRIC PSYCHOLOGY | 7,050 | 2.587 | 0.007010 |
| 22 | SEX ROLES | 8,565 | 2.409 | 0.005760 |
| 23 | MONOGRAPHS OF THE SOCIETY FOR RESEARCH IN CHILD DEVELOPMENT | 2,448 | 2.387 | 0.001410 |
| 24 | EARLY CHILDHOOD RESEARCH QUARTERLY | 4,564 | 2.316 | 0.005650 |
| 25 | JOURNAL OF EXPERIMENTAL CHILD PSYCHOLOGY | 7,422 | 2.301 | 0.011540 |
| 26 | JOURNAL OF ADOLESCENCE | 7,047 | 2.284 | 0.008320 |
| 27 | PSYCHOLOGY AND AGING | 10,065 | 2.107 | 0.006280 |
| 28 | European Journal of Developmental Psychology | 1,228 | 2.063 | 0.002080 |
| 29 | JOURNAL OF DEVELOPMENTAL AND BEHAVIORAL PEDIATRICS | 4,100 | 2.056 | 0.005070 |
| 30 | COGNITIVE DEVELOPMENT | 2,315 | 2.050 | 0.002740 |
| 31 | INFANCY | 1,794 | 2.021 | 0.002250 |
| 32 | JOURNAL OF APPLIED DEVELOPMENTAL PSYCHOLOGY | 3,162 | 2.000 | 0.002990 |
| 33 | JOURNAL OF EARLY ADOLESCENCE | 2,344 | 1.924 | 0.002710 |
| 34 | School Mental Health | 806 | 1.913 | 0.001380 |
| 35 | JOURNAL OF RESEARCH ON ADOLESCENCE | 3,725 | 1.905 | 0.004120 |
| 36 | HUMAN DEVELOPMENT | 1,533 | 1.893 | 0.000980 |
| 37 | CHILD PSYCHIATRY & HUMAN DEVELOPMENT | 2,377 | 1.889 | 0.003960 |
| 38 | Journal of Cognition and Development | 1,282 | 1.869 | 0.002480 |

Druckexemplar der Publikation

Wendel, L. K., Daedelow, L., Kaminski, J., Banaschewski, T., Millenet, S., Bokde, A. L. W., Quinlan, E. B., Desrivères, S., Flor, H., Grigis, A., Garavan, H., Gowland, P., Heinz, A., Brühl, R., Martinot, J.-L., Artiges, E., Nees, F., Papadopoulos Orfanos, D., Paus, T., Poustka, L., Fröhner, J. H., Smolka, M. N., Whelan, R., Schumann, G., & Walter, H. (2021). Residual effects of cannabis-use on neuropsychological functioning. *Cognitive Development*, 59, 101072.
<https://doi.org/10.1016/j.cogdev.2021.101072>

Lebenslauf

Mein Lebenslauf wird aus datenschutzrechtlichen Gründen in der elektronischen Version meiner Arbeit nicht veröffentlicht.

Publikationen

Wendel, L. K., Daedelow, L., Kaminski, J., Banaschewski, T., Millenet, S., Bokde, A. L. W., Quinlan, E. B., Desrivères, S., Flor, H., Grigis, A., Garavan, H., Gowland, P., Heinz, A., Brühl, R., Martinot, J.-L., Artiges, E., Nees, F., Papadopoulos Orfanos, D., Paus, T., Poustka, L., Fröhner, J. H., Smolka, M. N., Whelan, R., Schumann, G., & Walter, H. (2021). Residual effects of cannabis-use on neuropsychological functioning. *Cognitive Development*, 59, 101072.
<https://doi.org/10.1016/j.cogdev.2021.101072>

Danksagung

Als erstes möchte ich mich bei meinem Erstbetreuer Professor Walter für die Überlassung des Promotionsthemas bedanken. Es war eine Freude und Ehre mit einem so eindrucksvollen Datensatz arbeiten zu dürfen.

Mein spezieller Dank gilt darüber hinaus Laura Daedelow, die mir immer mit Rat und Tat zur Seite stand. Danke für deine Zeit, Geduld, Expertise und gute Vernetzung, die einen erfolgreichen Abschluss dieser Promotion erst möglich gemacht haben. Vielen Dank auch an Sarah Miller für die gemeinsamen Stunden im Labor, die ohne dich nur halb so unterhaltsam gewesen wären. Auch Professor Heinz und Jakob Kaminski möchte ich für das ausführliche und wiederholte Feedback und Jochen Kruppa für die kompetente Statistikberatung danken.

Ein großes Dankeschön geht auch an meine Freund*innen Meret, Tanja, Nora, Jorinde, Johanna und Felix, die mich während des gesamten Prozesses emotional unterstützt haben. Besonders möchte ich Nora für den regen Austausch sowie das inhaltliche Feedback danken. Du hast Adleraugen!

Zu guter Letzt möchte ich den wichtigsten Personen in meinem Leben danken, meiner Familie. Allen voran meinem Mann Bastian, der mich immer wieder motivierte weiterzumachen und das durch die hingebungsvolle Betreuung von Fritzi überhaupt erst ermöglicht hat. Ein besonderer Dank gilt auch meinen Eltern Sigrid und Martin. Mama, ohne dich hätte ich mich wahrscheinlich nie für das Medizinstudium entschieden und ohne deine hartnäckigen Nachfragen läge der Abschluss dieser Arbeit wahrscheinlich immer noch in weiter Ferne. Sebastian, vielen Dank für deine Ratschläge insbesondere in Bezug auf die Publikation dieser Arbeit. Du bist nicht nur in der Forschung mein Vorbild.

Ich widme diese Arbeit meiner Tochter Fritzi.