

Aus dem Institut für Rechtsmedizin  
der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf  
Direktorin: Univ.-Prof. Dr. med. Stefanie Ritz-Timme

Vergleich der Fahrunsicherheit als Fahrzeugführer im  
Straßenverkehr im Zustand der akuten vs. subakuten  
Cannabis-Beeinflussung

Dissertation

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin  
der Medizinischen Fakultät der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

vorgelegt von  
Lukas Julian Oestreich  
2022

Als Inauguraldissertation gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen  
Fakultät der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

gez.:

Dekan: Prof. Dr. Nikolaj Klöcker

Erstgutachter: Prof. Dr. Thomas Daldrup

Zweitgutachter: Prof. Dr. Rainer Guthoff

„Verstand dient der Wahrnehmung der eigenen Interessen. Vernunft ist Wahrnehmung des Gesamtinteresses.“

*CARL FRIEDRICH FREIHERR VON WEIZSÄCKER, 1912-2007*

Mögen die im Rahmen meiner Dissertation erlangten Erkenntnisse zur Verbesserung der Sicherheit im Straßenverkehr beitragen.



## Abkürzungsverzeichnis

%	Prozent
Δ	Delta
11-OH-THC	11-Hydroxy-Delta9-Tetrahydrocannabinol
Abb.	Abbildung
ACTH	Adrenocorticotropes Hormon
AMG	Arzneimittelgesetz
BfArM	Bundesinstitut für Arzneimittel und Medizinprodukte
BtMG	Betäubungsmittelgesetz
BVerfG	Bundesverfassungsgericht
BVerwG	Bundesverwaltungsgericht
BZgA	Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung
bzw.	beziehungsweise
C. sativa	Cannabis sativa
CB1	Cannabinoidrezeptor Typ 1
CB2	Cannabinoidrezeptor Typ 2
CBD	Cannabidiol
CBN	Cannabinol
CB-Rezeptoren	Cannabinoidrezeptoren
CYP450	Cytochrom P450
Delta-8-THC	Delta-8-Tetrahydrocannabinol
Delta-9-THC	Delta-9-Tetrahydrocannabinol
DSHS	Deutsche Suchthilfestatistik
DSM-IV	Diagnostisches und Statistisches Handbuch Psychischer Störungen, 4. Edition
eCB	Endocannabinoid
EC-System/ECS	Endocannabinoidsystem
EMCDDA	European Monitoring Centre for Drugs and Drug Addiction
et al.	et alii
EU	Europäische Union
FDA	Food and Drug Administration
FeV	Fahrerlaubnisverordnung
g	Gramm
GP(C)R	G-Protein-gekoppelter Rezeptor
i. R.	im Rahmen
KI	Konfidenzintervall
m	Meter
mg	Milligramm
ml	Milliliter
MPU	Medizinisch-Psychologische Untersuchung
ng	Nanogramm
NPS	Neue psychoaktive Substanz
NpSG	Neue-psychoaktive-Stoffe-Gesetz
NRF	Neues Rezeptur-Formularium
OR	Odds Ratio
OVG	Oberverwaltungsgericht
OWiG	Ordnungswidrigkeitengesetz
PPAR	Peroxisom-Proliferator-aktivierter Rezeptor

®	Handelszeichen
RCT	Randomisierte kontrollierte Studie
SGB	Sozialgesetzbuch
SR	Systematisches Review
StGB	Strafgesetzbuch
StPO	Strafprozessordnung
StVG	Straßenverkehrsgesetz
StVO	Straßenverkehrsordnung
StVZO	Straßenverkehrszulassungsordnung
THC	Delta-9-Tetrahydrocannabinol
THCA-A	Delta-9-Tetrahydrocannabinolsäure
THC-COOH	11-nor-9-Carboxy-Tetrahydrocannabinol
TM	Trade Mark
TRPV	Transient Receptor Potential Channels
u. a.	unter anderem
v. Chr.	vor der christlichen Zeitrechnung
VGH	Verwaltungsgerichtshof
z. B.	zum Beispiel
ZNS	Zentralnervensystem

# Inhalt

1. Zusammenfassung .....	1
1.1. Summary .....	2
2. Einleitung.....	3
2.1. Ziele der Arbeit.....	7
2.2. Basisinformationen zu Cannabispflanzen.....	8
2.3. Die Cannabinoide .....	11
2.3.1. Die Phyto-Cannabinoide .....	11
2.3.1.1. Delta-9-Tetrahydrocannabinol (THC) .....	12
2.3.1.2. Delta-8-Tetrahydrocannabinol (Delta-8-THC).....	14
2.3.1.3. Cannabinol (CBN).....	14
2.3.1.4. Cannabidiol (CBD) .....	14
2.3.2. Die synthetischen Cannabinoidrezeptor-Agonisten.....	14
2.4. Das Endocannabinoidsystem.....	16
2.4.1. Endogene Cannabinoide .....	19
2.5. Cannabis-Konsum.....	19
2.5.1. Cannabis-Konsum als Rauschmittel in Deutschland.....	22
2.5.1.1. Gesetzeslage zu Cannabis als Rauschmittel in Deutschland .....	25
2.5.2. Konsumformen von Cannabis zu Rauschzwecken .....	27
2.5.3. Konsummuster von Cannabis zu Rauschzwecken.....	29
2.5.4. Konsum bei Fahrzeugführern im Straßenverkehr.....	30
2.5.4.1. Gesetzeslage zu Cannabis-Konsum für Fahrzeugführer im Straßenverkehr in Deutschland.....	37
2.5.5. Entzugsbehandlung bei Cannabis-Abusus in Deutschland .....	42
2.5.6. Cannabis zu medizinischen Zwecken .....	44
2.5.6.1. Cannabis als Arzneimittel bei Fahrzeugführern im Straßenverkehr .....	50
3. Material und Methoden.....	52
3.1. Material .....	52
3.1.1. Beschreibung der anonymisierten Ausgangsdaten .....	52
3.1.2. Selektion der zu betrachtenden Datenteilmenge anhand der Ein- und Ausschlusskriterien .....	52
3.2. Methoden .....	53
3.2.1. Probengewinnung und Laboranalyse.....	53
3.2.2. Definitionen .....	53
3.2.2.1. von Fahrunsicherheiten.....	53
3.2.2.2. von Fahrzeugführern.....	54
3.2.2.3. des THC und seiner Metabolite .....	55
3.2.2.4. des Cannabis Influence Factor (CIF), Erläuterung der CIF-Formel.....	55
3.2.2.5. von akuter und subakuter Phase nach Cannabis-Konsum .....	56

3.3. Hypothesengenerierung .....	57
3.4. Statistische Methoden .....	58
4. Ergebnisse .....	60
4.1. Deskriptive Datenanalyse .....	60
4.2. Analyse der Fahrauffälligkeiten nach CIF-Wert .....	72
4.3. Darstellung der Fahrauffälligkeiten nach THC-Konzentration und nach der Summe psychoaktiver Metabolite .....	77
5. Diskussion .....	84
5.1. Schlussfolgerungen .....	92
6. Literatur- und Quellenverzeichnis .....	94
7. Anhang .....	101



## 1. Zusammenfassung

Cannabis ist die im Straßenverkehr am häufigsten detektierte, illegale Droge. Es ist seit Jahrzehnten Gegenstand wissenschaftlicher Forschung, den Einfluss von Cannabis, insbesondere den des Wirkstoffs Tetrahydrocannabinol (THC) und seiner Metaboliten auf die Fähigkeit des Führens von Kraftfahrzeugen zu untersuchen und einen wissenschaftlich fundierten Grenzwert für THC im Straßenverkehr, ähnlich dem Grenzwert für Alkohol, zu etablieren. Teil dieser Grenzwertdiskussion ist u. a. die Bestimmung geeigneter, quantifizierbarer Parameter zur Erfassung der realen, isolierten Wirkung von Cannabis.

Die vorliegende Dissertation analysiert verschiedene Parameter (THC-, 11-OH-THC- und THC-COOH-Konzentrationen sowie den Cannabis Influence Factor (CIF)) einer 4350 -den Einschlusskriterien entsprechenden- Datensätze enthaltenden Datenbank. Hierbei werden insbesondere die Auswirkungen von Cannabiskonsum auf die Fahrsicherheit als Fahrzeugführer im Straßenverkehr im Zustand der akuten vs. subakuten Cannabisbeeinflussung betrachtet. Ziel ist es, Ergebnisse hinsichtlich der Beeinträchtigung von Cannabiskonsumern in Abhängigkeit vom Metabolisierungsfortschritt und somit in Abhängigkeit von der Latenz nach Konsum zu ermitteln. Die Datenbank umfasst polizeiliche Daten von Cannabiskonsumern aus den Jahren 1995 bis 2016, die im Rahmen von Verkehrskontrollen detektiert wurden.

Die Daten ergeben u. a., dass über 97% aller Datensätze von männlichen Personen stammen, die nach Cannabiskonsum ein Kraftfahrzeug geführt haben. Ferner stellt sich heraus, dass insbesondere junge Fahrzeugführer Fahrsicherheiten unter Cannabiseinfluss aufwiesen. In der Datenbank wurde die jeweilige Art der Fahrsicherheit verschiedenen Verkehrsdelikten, z. B. Unfällen, Schlangenlinienfahren, Fahren mit überhöhter Geschwindigkeit, zugeordnet, um mit den unterschiedlichen Wirkungen -Cannabis wirkt euphorisierend und sedierend-relaxierend- korreliert zu werden. Die Betrachtung aller erfassten Fahrsicherheiten zeigt, dass hohe THC-Konzentrationen, ebenso wie hohe Konzentrationen der Summe aller psychoaktiven THC-Metabolite und hohe CIF-Werte jeweils mit erhöhten Risiken für Fahrsicherheiten einhergehen. Niedrige CIF-Werte und niedrige Wirkstoffkonzentrationen stellen hingegen ein vermindertes Risiko für Fahrsicherheiten dar. Dabei zeigen einzelne Subgruppenanalysen teilweise von der Betrachtung aller Fälle abweichende Ergebnisse auf. Exemplarisch sei hier erwähnt, dass das Risiko einer Unfallbeteiligung -Unfälle stellen die folgenschwerste, in der Datenbank betrachtete Form der Fahrsicherheit dabei der Analyse nach CIF-Wert in der späten Akutphase und der subakuten Phase, trotz bereits abnehmender Konzentration psychoaktiver Wirkstoffe, am größten ist.

Die Festlegung von Grenzwerten zuverlässiger Parameter sollte Gegenstand zukünftiger Forschung mit größeren Fallzahlen sein.

## 1.1. Summary

Cannabis is the most frequently detected illegal drug in traffic. For decades it has been the subject of scientific research to investigate the influence of cannabis, in particular that of the active ingredient tetrahydrocannabinol (THC) and its metabolites, on the ability to drive motor vehicles and to establish a scientifically based limit value for THC in road traffic, similar to the limit value for alcohol. Part of this limit value discussion is, among others, the determination of suitable, quantifiable parameters for recording the real, isolated effects of cannabis.

The present dissertation analyzes various parameters (THC, 11-OH-THC and THC-COOH concentrations as well as the Cannabis Influence Factor (CIF)) of a database containing 4350 data sets that meet the inclusion criteria. In particular, the effects of cannabis use on driving safety as a vehicle driver in road traffic in a state of acute versus subacute cannabis influence are considered. The aim is to determine results with regard to the impairment of cannabis users depending on the metabolism progress and thus depending on the latency after consumption. The database includes police records on cannabis users from 1995 to 2016 that were detected during traffic controls.

The data show, among others, that over 97% of all data sets belong to male persons who have driven a motor vehicle after consuming cannabis. Furthermore, it turned out that young drivers in particular exhibited driving insecurities under the influence of cannabis. In the database, the respective type of driving uncertainty of the various traffic offenses is assigned, e.g. accidents, serpentine driving, driving at excessive speed. This enables a correlation with the different properties - cannabis has an euphoric and a sedative-relaxing effect. The view to all recorded driving uncertainties shows that high THC concentrations, as well as high concentrations of the sum of all psychoactive THC metabolites and high CIF values, are each associated with an increased risk of driving uncertainty. On the other hand, low CIF values and low concentrations of active cannabis substances represent a reduced risk of driving uncertainty. Individual subgroup analyzes show results that partially differ from the analysis of all cases. Since accidents represent the most serious form of driving uncertainty, it should be mentioned here as an example that the risk of being involved in an accident in the analysis according to the CIF value is greatest in the late acute phase and the subacute phase, despite already decreasing concentration of psychoactive efficacy.

The setting of limit values for reliable parameters should be the subject of future research with larger case numbers.

## 2. Einleitung

Gegenstand der vorliegenden Dissertation ist die Erlangung von Erkenntnissen zu Auswirkungen des in Deutschland zu Rauschzwecken konsumierten Cannabis-Wirkstoffes Delta-9-Tetrahydrocannabinol (THC) auf die Fahrtüchtigkeit von Fahrzeugführern im Straßenverkehr anhand polizeilich bereitgestellter, anonymisierter Daten.

In den letzten Jahren erlangt die wissenschaftliche Erfassung um das Verständnis von Art, Ausmaß und Intensität der Wirkungen der verschiedenen Inhaltsstoffe bestimmter Hanfpflanzen auf den Menschen zunehmende Bedeutung. Hierbei stellen insbesondere die Wirkstoffe der Cannabinoide durch die Zunahme im Nachfrageverhalten, Veränderungen von Konsumformen, Konsummustern und der medizinische Einsatz zu Therapiezwecken sowohl individuelle als auch bedeutsame epidemiologische und gesellschaftspolitische Herausforderungen dar [1].

Cannabinoide können endogenen (Endocannabinoide), pflanzlichen (Phytocannabanoide) oder synthetischen Ursprungs sein und wirken als Neurotransmitter im menschlichen Endocannabinoidsystem [2].

Bei den Hanf-Pflanzenteilen kann der Gehalt an Cannabinoiden – insbesondere an THC – züchtungsbedingt sehr unterschiedlich sein, wobei der Trend des ansteigenden THC-Gehaltes seit Jahren anhält [3]. Konventionelles, in Mitteleuropa gewachsenes Freiland-Marihuana enthält im Schnitt rund 6 % THC, während unter speziellem Kunstlicht gewachsenes, auf hohen THC-Gehalt gezüchtetes Marihuana einen THC-Wirkstoffgehalt von etwa 20 % vorweisen kann [4, 5].

Das Cannabiskraut – umgangssprachlich auch Marihuana, Gras, Weed, Ganja oder Pot genannt – besteht aus meist tabakähnlichen Zubereitungen aus Blütenständen und blütennahen Blättern der weiblichen Hanfpflanze, die den höchsten Gehalt des psychotrop wirkenden THC mit einer Wirkstoffkonzentration zwischen 6% und 20% aufweisen. Das in Europa konsumierte Cannabiskraut wird auch überwiegend in Europa kultiviert. Es wird sowohl als Arzneimittel eingesetzt, wie auch als Rauschmittel missbräuchlich verwendet. Die häufigste Form des Marihuanakonsums beim Menschen ist das

Einatmen des Rauches von Marihuana-Zigaretten, gefolgt von der oralen Einnahme.

Eine weitere Angebotsform ist das in Platten- oder Blockformen gepresste Cannabisharz, das auch als Haschisch, Hasch, Dope oder Shit bezeichnet wird und zwischen 5 und 40% THC enthält [6]. Der Trend des ansteigenden THC-Gehaltes stieg bei den meisten Haschischprodukten von ca. 7% (2008) auf ca. 15% (2017) an [7].

Cannabisöl wird deutlich weniger angeboten, erlangt jedoch mit einem THC-Gehalt von 12-60% (bis 90%) zunehmende Bedeutung. Hergestellt wird es aus Haschisch oder Marihuana, das versetzt mit Lösungsmitteln eingeweicht, gefiltert und eingedampft wird [6, 8].

Ein spezifisches Gegenmittel bei THC-Vergiftungen steht bisher nicht zur Verfügung [8].

Cannabisharz wird vorwiegend aus Marokko über Spanien in die EU eingeschmuggelt, wobei sich Libyen zu einem wichtigen Umschlagplatz für den Harzschmuggel entwickelt hat. Berichten zufolge wird aber auch in der EU Cannabisharz hergestellt. Darüber hinaus sind die westlichen Balkanstaaten eine bedeutsame Quelle für Cannabiskraut und seit kürzerer Zeit auch für Cannabisöl. Cannabisprodukte stellen europaweit eine der bedeutsamsten Einnahmequellen der international organisierten Drogen-Kriminalität dar. So standen in den EU-Mitgliedstaaten von den für 2017 gemeldeten 1,2 Millionen Drogen-Delikten mehr als die Hälfte der polizeilichen Ermittlungen mit Cannabis in Verbindung. Es wurden 782.000 Sicherstellungen von Cannabisprodukten gemeldet; davon entfielen 440.000 auf Cannabiskraut, 311.000 auf Cannabisharz und 22.700 auf Cannabispflanzen. Mengenmäßig wurde mit 466 Tonnen mehr als doppelt so viel Cannabisharz wie Cannabiskraut (209 Tonnen) sichergestellt [7].

Im Jahr 2018 wurden in Deutschland 31.848 (-2,1% gegenüber 2017) Cannabis-Handelsdelikte registriert. Dies waren rund 60% aller registrierten Rauschgifthandelsdelikte. Für Deutschland spielen bei Cannabisprodukten die rechtswidrigen Einfuhren aus den Niederlanden, Spanien und Frankreich eine große Rolle. Der bei Weitem größte Anteil an allen kriminellen Drogen-Delikten in Deutschland trat 2018 mit 65 % (211.548 Fälle) im Zusammenhang mit Cannabis auf und lag damit 6,4 % höher als 2017 [9].

Cannabis wird in Deutschland mit einer 12-Monats-Prävalenz von 7,1% (3,7 Mio. Personen) als häufigste illegale Droge konsumiert [10].

Ein Meilenstein der wissenschaftlichen Bemühungen, beobachtbare Beeinträchtigungen im Sinne von reproduzierbaren Wirkungen nach Cannabisanwendung zu erklären, war die Entdeckung des endogenen Cannabinoid-Systems – auch als Endocannabinoidsystem (EC-System) bezeichnet – als Teil des Nervensystems im Jahre 1992 durch Devane et al. [11]. Seitdem verzeichnet die Erkenntnislage und das Verständnis um die Cannabinoide enorme Fortschritte. Diese Erkenntnisse waren Grundlage eines besseren pharmakologischen Verständnisses und Grundlage weiterer Forschung. Die verbesserte wissenschaftliche Datenlage ermöglichte, dass am 10. März 2017 das „Gesetz zur Änderung betäubungsmittelrechtlicher und anderer Vorschriften“ in Kraft trat. Dieses regelt u. a. die Versorgung mit nicht arzneimittelrechtlich zugelassenen, cannabishaltigen Arzneimitteln mittels ärztlicher Verordnung auf einem Betäubungsmittelrezept und stellt somit eine neue Rechtsgrundlage für legalen Cannabiskonsum dar [12].

Während sich zahlreiche naturwissenschaftliche und medizinische Fachbereiche sowie Pharmafirmen um statistisch gesicherte Nachweise von Evidenzen zu Wirksamkeit und Sicherheit im Rahmen der therapeutischen Nutzung unter Berücksichtigung international etablierter Standards und Regulierungen von Monosubstanzen und unterschiedlichen Cannabis-Medizinalblütensorten mit diversen Wirk- und Begleitstoffen bemühen, fehlen vergleichbare Qualitäts- und Sicherheitsstandards völlig für den missbräuchlichen Konsum von Cannabis als Rauschmittel. Insbesondere diese fehlenden Standards führen dazu, dass der gigantisch große und stetig weiter gewachsene Schwarzmarkt für den illegalen Handel mit Cannabisprodukten und den Konsum als Rauschmittel mit vorsätzlich oder billigend in Kauf genommenen, unkalkulierbaren Risiken bezüglich der Eigen- und Fremdgefährdung einhergeht.

Derzeit haben mehrere Staaten Gesetze verabschiedet, um den Besitz kleiner Mengen Marihuana für den medizinischen und persönlichen Gebrauch zu entkriminalisieren bzw. ziehen den Erlass vergleichbarer Gesetze in Betracht.

Zur Bewusstmachung und Sicherheit im Rahmen der Anwendung von Cannabinoiden als zugelassene Fertigarzneimittel oder als nicht zugelassene

Rezepturarzneimittel gehören z. B. die mögliche Wirkungsbeeinträchtigung anderer Medikamente (Interaktionen), die Verlangsamung des Reaktionsvermögens sowie die erhöhte Vorsicht beim Bedienen von Fahrzeugen und Maschinen zu den Pflichtinformationen.

Bei missbräuchlicher Anwendung illegal erworbener Cannabisprodukte hingegen sind z. B. keine Dosis-Wirkungs-Relationen bekannt und es fehlen zuverlässige Informationen zur Reinheit, Qualität und Wirkstoffkonzentration, sodass jeder Konsum zu Rauschzwecken mit einer unkalkulierbaren Gefährdung für die eigene Gesundheit und unter Umständen einer Fremdgefährdung der Gesellschaft einhergeht, beispielsweise durch eine sich an den Konsum anschließende Teilnahme am Straßenverkehr.

Während die zu therapeutischen Zwecken mit Cannabis behandelten Patienten über die ärztlichen Verordnungen mittels Betäubungsmittelrezept nachvollziehbar registriert sind, besteht in der Gruppe der illegalen Rauschmittel-Konsumenten eine hohe Dunkelziffer, sodass gesellschaftspolitische Gegenmaßnahmen vornehmlich auf Trends, Hochrechnungen und Schätzungen beruhen.

Beeinträchtigungen des Verhaltens von Cannabis-Konsumenten sind hauptsächlich durch den psychoaktiven, zum Rauschzustand führenden Cannabis-Wirkstoff Tetrahydrocannabinol (THC) verursacht.

Für die Beeinträchtigungen der Fahrtüchtigkeit beim Führen eines Kraftfahrzeuges ist – je nach Fortschreiten des Metabolisierungsprozesses – die sedierende, euphorisierende bzw. relaxierende Wirkung des THC führend verantwortlich. Dabei können beispielsweise vorhandene Bedienungs- und Handlungsabläufe dosis-/wirkungsabhängig temporär nicht oder nur verzögert abrufbar sein, was in manchen Verkehrssituationen zu unzureichenden bzw. falschen Reaktionen und Handlungen führen kann und so Ursache für Verkehrsunfälle darstellen kann.

Die sedierende Wirkung des THC führt zu einer Abnahme des Konzentrationsvermögens, der Aufmerksamkeit und der Reaktionsfähigkeit. Andere Verkehrsteilnehmer und Verkehrszeichen werden nicht bzw. eingeschränkt oder verzögert wahrgenommen. Im Straßenverkehr fällt es dem unter THC-Einfluss stehenden Fahrzeugführer schwerer, seine Umgebung real wahrzunehmen und auf Verkehrssituationen adäquat zu reagieren.

Durch die euphorisierende Wirkung des THC kommt der Aspekt der Selbstüberschätzung der eigenen Fahrtüchtigkeit hinzu. Insbesondere in Kombination mit den Aufmerksamkeits- und Reaktionsdefiziten führt dies zu einer Gefahrenpotenzierung. Es kommt beispielsweise zur Vernachlässigung der Anschnallpflicht, zu Fahrten mit überhöhter Geschwindigkeit oder der fehlenden Anpassung des Fahrverhaltens an Verkehrsdichte, Dunkelheit und Wettereinflüsse.

Durch die relaxierende Wirkung des THC kommt es zu einer weiteren Verzögerung oder Ineffizienz bei der Ausführung erforderlicher Reaktionen seitens des Fahrzeugführers, wie beispielsweise dem Einleiten eines Brems- oder Ausweichmanövers, weil die neuromuskulären Signalkaskaden bis zur motorischen Umsetzung des Fahrmanövers zeitlich prolongiert und kraftmäßig unter Umständen nur ungenügend ausgeübt werden können.

Somit kann das THC-bedingte Eigen- und Fremdgefährdungspotenzial - nicht zuletzt in seiner Kombination mit den zahlreichen anderen Wirkstoffen der Cannabispflanze - unter anderem beim Führen von Fahrzeugen im Straßenverkehr dramatisch zunehmen und schwerwiegende Folgen haben.

Hinzu kommen weitere Gefährdungseskalationen durch die Kombination von konsumiertem Cannabis mit anderen, gleichzeitig bestehenden Risiken. Beispielhaft seien hier der Co-Konsum anderer bewusstseinsverändernder Drogen oder Alkohols erwähnt, die zu einer unkalkulierbaren Verquickung der resultierenden Auswirkungen auf die Fahrtauglichkeit des Konsumenten führen.

Der besonders häufige Konsum von Cannabisprodukten bei Jugendlichen und jungen Erwachsenen[13], die als Fahrzeugführer mit geringer praktischer Erfahrung im Straßenverkehr ohnehin, statistisch betrachtet, eine Personengruppe mit erhöhter Unfallwahrscheinlichkeit repräsentieren, bietet Anlass zur Sorge[14].

## 2.1. Ziele der Arbeit

Die vorliegende Dissertation thematisiert die Auswirkungen von Cannabis-Konsum auf die Fahrtüchtigkeit von Fahrzeugführern im Straßenverkehr in Deutschland. Hierbei steht das in Cannabisblüten enthaltene Cannabinoid Tetrahydrocannabinol (THC) im Fokus der Betrachtungen. THC wird in einem



zweistufigen Metabolisierungsprozess über 11-OH-THC zu THC-COOH abgebaut. Es sind unterschiedliche Beeinträchtigungen der Fahrtauglichkeit, abhängig von der jeweils vorliegenden Konzentration der genannten Metabolite nach Cannabis-Konsum zu erwarten. Aus diesem Grund wird ein Vergleich angestellt, der die physischen und psychischen Auswirkungen von THC auf Fahrzeugführer in der akuten und subakuten Phase nach Konsum gegenüberstellt, um hieraus verkehrsmedizinische Rückschlüsse ziehen zu können. Hierzu wurden anlässlich von Verkehrsunfällen und Fahrunsicherheiten polizeilich erhobene Daten von unter Cannabiseinfluss stehenden Fahrzeugführern ausgewertet. Die zugrundeliegende Datenbank wurde anhand von polizeilichen Daten vom Institut für Rechtsmedizin der Universität Düsseldorf erstellt. Die Daten wurden für diese Dissertation in anonymisierter Form zur Verfügung gestellt, sodass eine personenbezogene Zuordnung ausgeschlossen werden kann.

## 2.2. Basisinformationen zu Cannabispflanzen

Bei Cannabis handelt es sich um den lateinischen Namen der Pflanzengattung Hanf, der wiederum zur Familie der Hanfgewächse (Cannabaceae) gehört, die sich vor mehr als 27 Millionen Jahren vom Hopfen (*Humulus*) abspaltete.

Bei den verschiedenen Gattungsarten bzw. Gattungsvariationen der einjährigen, einstieligen, bis zu 5 m Höhe erreichenden Cannabispflanzen wird die heutige Vielfalt von Cannabis botanisch diskutiert. Dies umfasst erneut die jahrhundertealte taxonomische Frage, ob Cannabis eine einzige Art, *Cannabis sativa*, mit mehreren Unterarten oder Sorten ist oder ob es sich bei *Cannabis sativa*, *Cannabis indica* und *Cannabis ruderalis* jeweils um eine eigene Art handelt [15]. Auf dem heutigen Markt sind diese Unterscheidungen jedoch nahezu bedeutungslos, da durch Kreuzungen neue Sorten entstanden sind [5, 16].

Es ist Ziel laufender taxonomischer Untersuchungen bei wachsendem kommerziellem und wissenschaftlichem Interesse von Forschern, Aufsichtsbehörden, Erzeugern und Anwendern, ein international einheitliches Verständnis zu bieten, um Informationen über die Cannabispflanzen auszutauschen. Mittels Genotypisierung sollen die Informationen eindeutig für



jede Züchtung und viele der wichtigsten Linien von Cannabis verfügbar werden [17]. Erst die definierten Abstammungslinien schaffen für die verschiedenen Betätigungsgruppen die nötige Transparenz, Erkenntnis und Standardisierungsmöglichkeit, mit welcher Pflanze sie arbeiten, um Ergebnisse ihrer Bemühungen eindeutig einer Art bzw. Gattung zuschreiben zu können.

Außerdem könnten bestehende Linien mit einzigartigen und nützlichen Merkmalen ohne klare genotypische Taxonomie endgültig verlorengehen.

Eine universelle Klassifizierungsmöglichkeit erlaubt es, zuverlässige Datenbanken mit spezifischen Cannabisinformationen zu jeder Sorte zu erstellen, um ihre Zweckbestimmung zu registrieren und den rechtlichen Rahmen z. B. für Forschungseinrichtungen, kommerzielle Erzeuger, für Freizeitkonsum oder für medizinische Zwecke, einschließlich der evidenzbasierten Wirksamkeitsnachweise in klinischen Studien, durch nationale Gesetzgeber und Regulierungsbehörden vorzugeben.

Dank der Arbeit von Small und Cronquist, die den natürlichen Bereich der THC-Konzentrationen untersuchten, können einige Regierungen die Taxonomiefrage umgehen, indem sie Pflanzen mit weniger als 0,3% THC-Gehalt als Hanf und solche mit höherem THC-Gehalt als Marihuana einstufen. Dies hat es der kanadischen Landwirtschaft ermöglicht, Gruppen von Cannabispflanzen mit stabilen Eigenschaften zu kultivieren und diese als formelle Hanfsorten zu registrieren, ohne damit gegen Drogengesetze zu verstoßen [18].

Die ersten Beschreibungen einer psychotropen und/oder therapeutischen Wirkung und Nutzung von Cannabis stammen aus teils über 4000 Jahre alten schriftlichen Quellen aus China, Ägypten und Indien. Die Verwendung von Extrakten der weiblichen Hanfpflanze als Heilmittel ist im Arzneibuch eines chinesischen Kaisers 2700 v. Chr. und durch Textsammlungen des Hinduismus um 1550 v. Chr. dokumentiert. Nach dem ersten Kreuzzug 1099 brachten die Kreuzritter Hanfpflanzen nach Europa mit [19, 20].

Seit dem 11. Jahrhundert ist der medizinische Einsatz von Cannabis auch in Europa belegt und stellte zunächst einen häufig eingesetzten Wirkstoff bei rheumatischen und respiratorischen Erkrankungen dar, im 19. Jahrhundert kamen neurologische Indikationsbereiche hinzu [21]. Cannabis fungierte bis zum Vermarktungsbeginn von Acetylsalicylsäure (Aspirin®) ab 1898 in den USA

als das am häufigsten eingesetzte Schmerzmittel [21]. Da die Verwendung von Cannabis im 20. Jahrhundert aufgrund von Problemen bei der Dosiskalkulation und aufgrund teils paradoxer Wirkungen zunehmend kritischer gesehen wurde, änderte sich die Gesetzgebung zum Einsatz von Cannabis in Deutschland (Details siehe Kapitel 2.5.1.1) [22-24].

Zu missbräuchlichen Konsumzwecken bestimmte Hanfsorten mit hohem THC-Gehalt dürfen daher aufgrund nationaler Verbote in vielen Ländern heute nicht mehr unkontrolliert angebaut werden.

Nutzhanfsorten werden hingegen wegen ihrer nur geringen Konzentration an dem psychoaktiven und zum Rauschzustand führenden THC (0,3% und weniger) z. B. zur Herstellung von Lebensmitteln (z. B. Speiseöl aus Hanfsamen) oder als Ausgangsmaterial für industrielle Anwendungen und Verwertung, z. B. in der Textil- und Bauindustrie, kommerziell genutzt.

Die Legalisierung von Hanf hat zu Kontroversen geführt, da Untersuchungen gezeigt haben, dass die Verwendung oder der Verzehr von Hanfprodukten möglicherweise Auswirkungen auf Drogentests für Cannabis haben kann [25].

Ähnlich wie Hanföl werden Hanfnahrungsmittel als „natürliche Lebensmittel“ eingestuft und sind im Handel erhältlich. Es zeigte sich, dass der tägliche Verzehr von Hanf-enthaltenden Nahrungsmitteln zum Nachweis von THC und THC-COOH im Urin führen kann, wobei die Konzentrationen jedoch unter den Bestätigungsschwellen lagen [26].

In vielen Ländern wird, wie auch in Deutschland, die Bezeichnung Cannabis oft undifferenziert für Hanfpflanzen und THC-haltige Produkte der Hanfpflanze genutzt, obwohl eine Differenzierung, u. a. wegen der diversen Verwendungszwecke der verschiedenen Pflanzenbestandteile, wichtig ist.

Die Hanfpflanze *Cannabis sativa* (*C. sativa*) enthält mehr als 400 chemische Substanzen, wobei den Cannabinoiden – unter ihnen dem Delta-9-Tetrahydrocannabinol (THC) und dem Cannabidiol (CBD) – seit Jahrzehnten die größte Bedeutung zukommt.

Neben über 100 identifizierten, der Gruppe der Terpenphenole zuzurechnenden Cannabinoiden, enthält die Pflanze *Cannabis sativa* 18 verschiedene Klassen von Chemikalien, darunter stickstoffhaltige Verbindungen, Aminosäuren, Kohlenwasserstoffe, Kohlenhydrate, Terpene sowie Fettsäuren. Sie tragen zu

den bekannten pharmakologischen und toxikologischen Eigenschaften von Cannabis mit agonistischer, antagonistischer oder gar keiner Wirkung auf die CB1- und CB2-Rezeptoren des Endocannabinoidsystems oder THC-modulierenden Eigenschaften bei [2, 27, 28].

Insgesamt synthetisieren und akkumulieren diese Pflanzen 60–85 verschiedene psychoaktive Cannabinoide in ihren Knospenstrukturen, die in direktem Zusammenhang mit der Wirkung von Cannabis-Konsum stehen [29].

Eine Metaanalyse über die Veränderungen des THC-Gehalts von 1979-2009 ergab einen bedeutsamen Anstieg der Cannabispotenz (THC-Gehalt) in Europa und in den USA [30]. Dieser globale Trend für eine weitere Zunahme der Cannabispotenz bei einer zusätzlichen Reduktion von Cannabidiol (CBD) und damit der Verschiebung des THC : CBD-Verhältnisses zugunsten von THC, bestätigt sich auch in weiteren aktuellen Studien, beispielsweise für die USA [31], Australien [32] und Frankreich [33].

## 2.3. Die Cannabinoide

### 2.3.1. Die Phyto-Cannabinoide

Die Phyto-Cannabinoide entfalten ihre Haupt-Wirkung durch ihre Interaktion mit den Cannabinoidrezeptoren des Endocannabinoidsystems [3].

Phyto-Cannabinoide sind sauerstoffhaltige aromatische C<sub>21</sub>-Kohlenwasserstoffe, die insbesondere in der weiblichen Hanfpflanze *Cannabis sativa* vorkommen. Im Gegensatz zu anderen natürlich vorkommenden Drogen wie Opioiden, Nikotin, Kokain oder Koffein enthalten Cannabinoide keinen Stickstoff und sind daher keine Alkaloide.

Die meisten Phyto-Cannabinoide weisen gemeinsame Strukturmerkmale auf, darunter ein Dibenzopyranring und eine hydrophobe Alkylkette. Die am häufigsten vorkommenden Cannabinoide in der Pflanze sind Delta-9-THC, Delta-8-THC, Cannabinol (CBN), Cannabidiol (CBD), Cannabigerol (CBG) und Cannabichromen (CBC), Delta-9-Tetrahydrocannabivarin (THCV), Cannabivarin (CBV), Cannabidivarin (CBDV). Auch andere Phyto-Cannabinoide, wie Cannabinodiol (CBND), Cannabielsion (CBE), Cannabicyclol (CBL) und Cannabitriol (CBT) wurden in den letzten Jahrzehnten untersucht [34].

### 2.3.1.1. Delta-9-Tetrahydrocannabinol (THC)

THC wurde erstmalig isoliert von Raphael Mechoulam im Jahre 1964 am Weizmann-Institut für Wissenschaften in Israel [35]. THC ist zweifellos das inzwischen am besten untersuchte, im Hanf (*Cannabis sativa*) natürlich vorkommende Cannabinoid. Es gilt als wichtigstes psychoaktives Cannabinoid, das die Stimmung und körperliche Verfassung sehr unterschiedlich positiv wie negativ verstärken kann. Positiv empfunden werden können Gefühle der Entspannung, Ausgeglichenheit, Heiterkeit, Kommunikationssteigerung, halluzinogene akustische und visuelle Sinneswahrnehmungen, verstärkte Freude, Zunahme von Durst und Hunger, verlängertes Zeitempfinden. Als unerwünschte Wirkungen können Antriebsminderung, Angst, Panik, alptraumähnliche halluzinogene Vorstellungen, Wahrnehmungs- und Konzentrationseinbußen, Orientierungsverlust, Tachykardie, Blutdruckanstieg, Mundtrockenheit, Übelkeit, Augenrötung, Minderung der Reaktionsfähigkeit, Beeinträchtigung des Kurzzeitgedächtnisses auftreten. Wesentliche Kenngrößen für die eintretenden Veränderungen sind u. a. die applizierte Dosis pro Zeit, die Anwendungsart, die Ausgangsstimmungslage bzw. die Erwartungshaltung, das psychosoziale Umfeld am Konsumort und die Labilität der Person [36].

THC agiert u. a. als moderater, partieller Agonist an CB1- und CB2-Rezeptoren (leichte Präferenz für CB1) des Endocannabinoidsystems, wobei die Effekte jedoch viel weitreichender sind. So ist beispielsweise die potenziell aktivierende Wirkung von THC am GPR55 noch nicht vollständig geklärt. Darüber hinaus wurden antagonistische Effekte am serotonergen 5-HT<sub>3A</sub>-Rezeptor sowie allosterische Modulationen der Opioidrezeptoren beschrieben.

$\Delta$ 9-THC zeigte keine Interaktion mit dem Vanilloid-Typ-1-Rezeptor (TRPV1, auch als Capsaicin-Rezeptor bekannt), wohingegen mehrere Berichte seine agonistischen Wirkungen auf die Kanäle TRPV2, TRPV3 und TRPV4 beschreiben. Wie in diesem Kapitel näher ausgeführt, ist  $\Delta$ 9-THC auch ein Agonist des Ankyrinkanals TRPA1 und ein Antagonist des Melastatinrezeptors TRPM8 [28].

THC ist sehr lipophil und wird bei Aufnahme über die Lunge zu rund 20%, bei Aufnahme über den Magen-Darm-Trakt zu etwa 6% resorbiert [37]. Die durchschnittliche Bioverfügbarkeit beträgt 30%. Bei einer Zigarette mit 3,55%

THC-Gehalt trat ungefähr 10 Minuten nach Inhalation ein Spitzenplasmaspiegel von  $152 \pm 86,3$  ng/ml auf. Oral eingenommenes THC wird nur zu 4% bis 12% bioverfügbar. Je nach Anwendungsart unterscheiden sich Wirkungseintritt (akut bis zu eine Stunde) und Wirkungsdauer (1 bis ca. 6 Stunden) des THC. Es wird mehrphasig aus dem Plasma über Urin und Stuhl eliminiert, wobei geringe Mengen länger als eine Woche nachweisbar sind. THC reichert sich insbesondere in Milz und Fettgewebe als Langzeitspeicher über bis zu 30 Tage an, weniger als 1% erreicht das Gehirn. Die lipophiliebedingte Depotfunktion des Körperfettes begründet die fehlende Korrelation zwischen dem THC-Blutspiegel und den klinischen Wirkungen, anders als z. B. beim Ethanol.

Bedingt durch die längerfristige Freisetzung aus dem Fettgewebedepot kann ein Cannabis-Konsum durch Analyse des Metaboliten THC-COOH auch nach längerer Zeit noch im Urin und im Stuhl festgestellt bzw. eine Abstinenz mittels Drug-Screening-Test überprüft werden, während die THC-Analyse im Blut verwendet wird, um eine kürzlich erfolgte Exposition festzustellen [38, 39].

Die Mobilisierung von THC aus den Fettgewebedepots wird durch körperliche Betätigung intensiviert und der THC-Spiegel im Blut steigt an, was die Interpretation nachgewiesener THC-Werte im Blut bei Tests im Straßenverkehr und am Arbeitsplatz erschwert [40].

THC wird zum größten Teil zu 11-Hydroxy- $\Delta^9$ -Tetrahydrocannabinol (11-OH-THC), ebenfalls psychotrop wirksam, oxidativ metabolisiert und anschließend in das nicht psychoaktiv wirksame 11-Nor-9-Carboxy- $\Delta^9$ -Tetrahydrocannabinol (THC-COOH, THC-Carbonsäure) umgesetzt.

THC wird überwiegend hepatisch durch Cytochrom-P450(CYP), 2C9, 2C19 und 3A4 metabolisiert. Die Elimination erfolgt zu ca. 65% über die Galleausscheidung fäkal. Bei diesem Ausscheidungsweg liegt größtenteils der Metabolit 11-OH-THC vor. Zu einem geringeren Anteil von ca. 20% erfolgt die Elimination renal, wobei überwiegend mit Glucuronsäure verestertes THC-COOH und teils freies THC-COOH ausgeschieden wird [41-45].

Die LD50 bei der Maus beträgt 42 mg/kg Körpergewicht bei intravenöser und 482 mg/kg bei oraler Verabreichung, beim Rhesusaffen tritt nach intravenöser Gabe von 128 mg/kg Körpergewicht der Tod durch Atemstillstand und Herzversagen ein. Der LD50-Wert für den Menschen lässt sich nicht zuverlässig hochrechnen [46].

#### 2.3.1.2. Delta-8-Tetrahydrocannabinol (Delta-8-THC)

Delta-8-THC ist ein isobares Isomer von Delta-9-THC, das sich in der Position der Doppelbindung unterscheidet. Es bewirkt ebenfalls Psychoaktivität und ist chemisch stabiler als Delta-9-THC. Delta-8-THC zeigt moderate partielle agonistische Effekte auf CB1- und CB2-Rezeptoren. Es gibt nicht viel Literatur über die Aktivität von Delta-8-THC zu anderen Zielen, wie GPR55, GPR18, TRP-Kanälen oder PPAR-Kernrezeptoren [47].

#### 2.3.1.3. Cannabinol (CBN)

Cannabinol ist ein oxidiertes Metabolit von THC. Seine Säureform ist in der Pflanze weit verbreitet und wird beim Erhitzen gebildet. CBN ist eine schwach-psychoaktive Verbindung, die an Cannabinoidrezeptoren bindet und eine höhere Affinität zu CB2-Rezeptoren im Endocannabinoidsystem zeigt [47].

#### 2.3.1.4. Cannabidiol (CBD)

Das pharmakologische Wirkprofil von Cannabidiol (CBD) ist sehr komplex und nicht auf die CB-Rezeptoren des Endocannabinoidsystems beschränkt, da es für diese lediglich eine geringe Affinität besitzt. Daher löst CBD keine der klassischen Cannabis-Verhaltenseffekte aus und wurde somit als nicht psychoaktiv klassifiziert [47].

### 2.3.2. Die synthetischen Cannabinoidrezeptor-Agonisten

Künstliche Cannabinoide sind verschiedene chemisch synthetisierte Verbindungen (z. B. die Alkylindol-Derivate JWH-018, JWH-019 und JWH-073), die die Wirkung von natürlichen Cannabinoiden, mit teils wesentlich größerer Affinität und Wirkung als THC selbst, an denselben Rezeptoren imitieren. Einige hemmen auch den Abbau körpereigener (endogener) Cannabinoide [39].

Besonders bekannt unter den inzwischen mehreren hundert Verbindungen sind beispielsweise JWH-018, AM-1220 und UR-144, die in kristalliner, pulveriger oder flüssiger Form zum Rauchen, Schnupfen oder für die orale Anwendung angeboten werden [48, 49].

Der ursprüngliche Einsatz zu Forschungszwecken führte seit ca. 2005 zunehmend zur Verwendung als zunächst nicht verbotene Rauschmittel. Sie

dienen so insbesondere dem Ersatz des illegalen Konsums von natürlichem THC, beispielsweise als Reinsubstanz oder als Zusätze in sogenannten Kräutermischungen. Die meisten synthetischen CB-Rezeptoragonisten binden gleichwertig sowohl an die CB1- als auch an die CB2-Rezeptoren als volle Agonisten mit hoher Potenz [50, 51].

Die weitgehende Unkenntnis von pharmakologischen und toxikologischen Eigenschaften zu neu synthetisierten Cannabinoiden stellt i. R. der illegalen Alternativanwendung für natürliches Marihuana oder Haschisch, eine expositionsabhängig mit steigenden Morbiditäts- und Mortalitätsraten einhergehende erhebliche Gefahr dar. Dies beruht beispielsweise darauf, dass synthetische Cannabinoide hauptsächlich in vitro und in vivo als vollständige CB1- und CB2-Rezeptor-Agonisten deutlich potenter wirken, während natürliches Delta-9-THC nur ein schwacher Agonist ist. Darüber hinaus binden mehrere Metabolite synthetischer Cannabinoide ebenso mit hoher Affinität an CB1 und CB2-Rezeptoren, während sie sowohl in zellulären Assays als auch in Tierstudien einen Bereich von intrinsischen Aktivitäten von neutralen Antagonisten über partielle Agonisten bis zu vollständigen Agonisten aufweisen [52].

Hinsichtlich der Illegalität der Anwendung synthetischer Cannabinoide ist entscheidend, inwieweit die Molekülstruktur im Betäubungsmittelgesetz (BtMG) bereits berücksichtigt ist. Ist dies nicht der Fall, so liegt die Illegalität erst nach erheblicher Latenz vor, die der Gesetzgeber benötigt, um das Betäubungsmittel entsprechend zu ergänzen und erst dann der unerlaubte Umgang auch hiermit grundsätzlich strafbar wird. Eine vorsätzliche temporäre Umgehung des Betäubungsmittelgesetzes durch Ausnutzung dieses Sachverhaltes ist bestimmten kriminellen Kreisen, die immer wieder neue Stoffe auf den Markt bringen, zu unterstellen.

Um diese Gesetzeslücke in Deutschland zu schließen ist am 26. November 2016 das Neue-psychoaktive-Stoffe-Gesetz (NpSG) in Kraft getreten. Dieses beschreibt u. a. in seiner Anlage umfassend chemische Stoffgruppen (u. a. synthetische Cannabinoide), die diesem Gesetz unterliegen.



## 2.4. Das Endocannabinoidsystem

Die Klonierung von Cannabinoid-Rezeptoren und die Identifizierung der endogenen Cannabinoide Arachidonylethanolamid (Anandamid, AEA) und 2-Arachidonylglycerol (2-AG) durch Devane et al. [11] führten in den 90er Jahren zusammen mit ihren metabolisierenden Enzymen und Membrantransportern zur Charakterisierung des Endocannabinoid-Systems (ECS) als Teil des Nervensystems [28, 53].

Heutzutage ist bekannt, dass das ECS an zahlreichen Funktionen wie Appetitkontrolle, Nahrungsaufnahme, Energiebilanz, Neuroprotektion, an neurodegenerativen Erkrankungen, Schlaganfallereignissen, Stimmungsstörungen, Erbrechen, Schmerzmodulation, Entzündungsreaktionen sowie bei der Krebstherapie beteiligt ist [53].

Die Wirkung von zu Rauschzwecken konsumiertem Cannabis auf den menschlichen Körper wird durch das ECS vermittelt. Das ECS ist im Nervensystem sowie sonstigen Körperstrukturen als Neuromodulator aktiv und beeinflusst die Homöostase über die hemmende wie erregende Beeinflussung anderer Neurotransmittersysteme [36]. Somit ist das ECS für die Regulation zahlreicher physiologischer und pathologischer Prozesse von großer Bedeutung.

Die Wirkung der wichtigsten körpereigenen Endocannabinoide (eCB) Anandamid und 2-Arachidonylglycerin entfaltet sich im Zentralnervensystem (ZNS) sowie in sonstigen Organen der Peripherie über die Cannabinoidrezeptoren (CB-Rezeptoren) CB1 und CB2 als Bindungsstellen, die bisher als zwei Klasse-A-G-Protein-gekoppelte Rezeptoren (GPCRs) als die wichtigsten therapeutischen Ziele dieses Systems entdeckt und validiert wurden [54].

Wie in zahlreichen In-vitro- und In-vivo-Tests gezeigt wurde, fungiert  $\Delta$ 9-THC als moderater partieller Agonist an den CB1- und CB2-Rezeptoren mit leichter Präferenz für CB1-Rezeptoren (Experiment an Ratten) [55] und setzt damit definitionsgemäß durch Imitation eines Transmitters eine unvollständige Signalkaskade in Gang. Die Stimulierung von CB1-Rezeptoren im Gehirn führt zu den psychotropen Wirkungen der Cannabinoide. Die Verteilung der CB1-Rezeptoren variiert stark zwischen verschiedenen Zelltypen und verschiedenen Hirnregionen. Sie sind überwiegend im zentralen Nervensystem (Basalganglien,



Hippocampus, Cerebellum, Hirnstamm, Neocortex) anzutreffen und weisen eine besonders hohe Rezeptordichte in Hirnarealen der motorischen Koordination, des Kurzzeitgedächtnisses und des Schmerzempfindens auf. In deutlich geringerer Konzentration finden sich CB1-Rezeptoren auch in Herz, Nebenniere, Lunge, Pankreas, Milz, Leber, Gastrointestinaltrakt, Fettzellen, Haut, Mund, Auge, Uterus, Ovarien, Hoden, Prostata, Gefäßendothel, Mastzellen, T-Helferzellen und Knochen [56-58]. Ferner besteht eine vergleichsweise geringe CB1-Rezeptordichte in Hirnarealen mit hoher Relevanz für lebenserhaltende Funktionen, was z. B. im Vergleich zur Atemdepression durch Opioide, die relativ geringe Mortalitätsrate durch Cannabis erklärt [59].

CB2-Rezeptoren sind wesentlich an der Regulation von Immunreaktionen beteiligt [60] und finden sich vornehmlich in Zellen des Immunsystems (Makrophagen, CD4+- und CD8-T-Lymphozyten, B-Lymphozyten, natürlichen Killerzellen, Monozyten, Granulozyten sowie Mikroglia) [59].

Zudem befinden sich CB2-Rezeptoren in vielen weiteren Geweben, wie z. B. Endothelzellen der Lunge, vaskulären Strukturen, Milz, Haut, Knochen, Gastrointestinaltrakt, in Organen und Gewebe mit reproduktiver Funktion (z. B. Spermatogonien, Plazenta, Ovarien, Oozyten), in Nervenzellen - bisher u. a. detektiert in: Zerebellum, Hippokampus, Hirnstamm, ventralem tegmentalem Areal, Thalamus und Hypothalamus [60, 61].

Das Vorkommen an CB2-Rezeptoren in Neuronen erhöht sich offenbar kurzfristig durch pathologische Bedingungen (z. B. Verletzung des Nervs, neurodegenerative Prozesse). Dieser Rezeptor steht aktuell wissenschaftlich auch im Fokus der Betrachtung hinsichtlich seines möglichen Potentials in der positiven Beeinflussung des Fortschreitens von Morbus Alzheimer [60].

Die Existenz weiterer cannabinoidaffiner Rezeptoren mit Beteiligung an den Effekten endogener wie exogener Cannabinoide beim Menschen ist hochwahrscheinlich, z. B. für den Vanilloid-VR1-Rezeptor oder den „Orphan“-G-Protein gekoppelten Rezeptor GPR55 [62].

Auch andere, G-Protein-gekoppelte Rezeptoren (GPCR), können eine physiologisch relevante Rolle in diesem therapeutisch vielversprechenden System spielen. In den letzten Jahren haben sich GPCRs wie GPR18 und GPR55 als mögliche vermisste Mitglieder der Cannabinoidfamilie herausgestellt. Diese Kategorisierung regt immer noch eine heftige Debatte an,

da es an pharmakologischen Instrumenten zur Validierung mangelt. Aufgrund ihrer engen phylogenetischen Verwandtschaft wurden die Klasse-A-Orphan-GPCRs GPR3, GPR6 und GPR12 ebenfalls mit den Cannabinoiden in Verbindung gebracht. Darüber hinaus zeigten bestimmte Endo-, Phyto- und synthetische Cannabinoidliganden Aktivität bei anderen etablierten GPCRs, einschließlich der Opioid-, Adenosin-, Serotonin- und Dopaminrezeptorfamilien. Es wurde nachgewiesen, dass die Cannabinoidrezeptoren mit anderen GPCRs Dimere bilden und eine bedingungsabhängige Signalwirkung entfalten [28].

Cannabinoiden haben biphasische Auswirkungen auf die Motorik: Sehr niedrige Dosen führen zu einer Aktivitätssteigerung, während hohe Dosen die Motorik bis zur Katalepsie unterdrücken können. Wahrscheinlich liegt hier u. a. eine Beteiligung dopaminerger Aktivitäten in nigrostrialen Bahnen der Basalganglien vor [63].

Zudem ist bekannt, dass sich in allen wichtigen Botenstoffsystemen des Gehirns geschlechtsspezifische Unterschiede finden, die wesentliche cerebrale neurochemische Abläufe betreffen und sich u. a. auch auf die Synthese und Freisetzung der Botenstoffe sowie auf das Vorkommen und die Empfindlichkeit der Bindungsstellen von Rezeptoren auswirken. Das EC-System spielt prä- und postnatal eine wichtige Rolle bei Zellvermehrungsprozessen (Proliferation), Neurogenese und neuronaler Differenzierung. CB1- und CB2-Rezeptoren werden von neuronalen Vorläuferzellen (Progenitorzellen) exprimiert, und das EC-System erlangt hierüber einen deutlichen Einfluss auf die neuronale Entwicklung [64]. Daher ist es wenig überraschend, dass deutliche geschlechtsspezifische Unterschiede ebenfalls für die unterschiedlichen Reifungsprozesse des EC-Systems beschrieben wurden [65].

Da Cannabis insbesondere bei Jugendlichen sehr beliebt ist - der Einstieg in den Cannabis-Konsum beginnt meist im Zeitraum der Pubertät - fällt demnach der Hauptkonsumzeitraum dieser Droge mit einer erhöhten Vulnerabilität des sich noch in der Entwicklungsphase befindlichen Gehirns zusammen [66].

### 2.4.1. Endogene Cannabinoide

Bei den Endocannabinoiden (eCB) handelt es sich um vom Körper selbst exprimierte Liganden, die als Neurotransmitter in Synapsen fungieren und zwecks Erregungsübertragung an die verschiedenen Cannabinoidrezeptoren des Endocannabinoidsystems binden. Die beiden bekanntesten eCB sind Anandamid und 2-Arachidonoylglycerin. Sie werden, neben weiteren Endocannabinoiden, bedarfsabhängig spontan gebildet und abgebaut. Ausgangsstoffe für ihre Synthese sind polyungesättigte Omega-3- oder Omega-6-Fettsäuren [54].

Seit Entdeckung der eCBs sind diese Gegenstand intensiver Forschung, um die Auswirkungen dieser vielseitigsten Signalmoleküle auf die menschliche Gesundheit und Krankheit durch die Identifizierung ihrer Ensembles von Proteinen, die sie binden, synthetisieren und abbauen, zu ergründen. Inzwischen ist u. a. bekannt, dass sie wesentliche Effekte bei der Feinabstimmung der Körperhomöostase vermitteln. Sie beeinflussen als Schlüsselmediatoren und Second Messenger Systeme grundlegende biologische und pathophysiologische Prozesse auf zellulärer Ebene, einschließlich der Wahl der Zellen zwischen Überleben und Tod. Ferner sind sie an der Proliferation und Differenzierung von Zellen sowie beim Fett- und Glukosestoffwechsel (Energiespeicherung im Fettgewebe) beteiligt. Obwohl dieser auch durch Hormone und Neuropeptide gesteuert wird, können sowohl zentrale als auch periphere Effekte der Endocannabinoid-Regulation des Energiehaushalts fehlreguliert werden und zu Fettleibigkeit, Dyslipidämie und Typ-2-Diabetes beitragen. So erhöhte ACTH die THC-Freisetzung aus Adipozyten in vitro, wenn es Ratten entnommen wurde, die wiederholt in vivo mit THC vorbehandelt wurden. Schließlich erhöhten in vivo ACTH-Exposition und 24 h Nahrungsentzug die Spiegel von THC und seines Metaboliten (-) - 11-nor-9-Carboxy-Delta (9) -tetrahydrocannabinol (THC-COOH) im Blut von Ratten, die wiederholt THC-Injektionen ausgesetzt wurden [36, 67-69].

## 2.5. Cannabis-Konsum

Trotz aller Warnungen über mögliche Gesundheitsrisiken durch den akuten und langfristigen Konsum von Cannabinoiden ist dieser in den letzten Jahrzehnten

stetig gestiegen und die Wirkung der Warnungen ist ausgeblieben. Ergebnisse einer Studie zur Marihuana-Überwachung zeigten zudem, dass die mittlere THC-Konzentration der gezüchteten Cannabispflanzen in den letzten 10 Jahren dramatisch von 8,9% im Jahr 2008 auf 17,1% im Jahr 2017 gestiegen ist. Diese Trends deuten darauf hin, dass Cannabis eine stetig zunehmende Bedeutung erlangt [3].

Die relativ einfache Beschaffung, die gesetzliche Lockerung von Verboten in einigen Ländern, die Zugangsmöglichkeit als Arzneimittel, die Verfügbarkeit von synthetischen Cannabinoiden als Alternative und sozialgesellschaftliche Veränderungen mögen einen Beitrag dazu leisten, dass die subjektive Wahrnehmung gesundheitlicher Risiken von Konsumenten verdrängt wird [70].

In Nordamerika und Europa ist die Gesetzeslage zu Besitz, Konsum und Verkauf/Kauf uneinheitlich, Grauzonen und gesetzliche Ahndungen einbezogen. Marihuana ist mit über 192 Millionen Konsumenten inzwischen die am meisten konsumierte illegale Droge der Welt [71].

Cannabis ist auch die in den Mitgliedstaaten Europas am häufigsten konsumierte illegale Substanz. Schätzungen gehen davon aus, dass im Jahr 2017 27,4% der Bürger der Europäischen Union im Alter von 15 bis 64 Jahren in ihrem Leben Erfahrung mit Cannabis gemacht haben (rund 91,2 Millionen Menschen). Die nationalen Schätzungen des Konsums in der Bevölkerung lagen in den letzten 12 Monaten zwischen 3,5% und 21,8%. Der Anteil betrug in der Gruppe der jungen Erwachsenen (15-34 Jahre alt) 14,4% (rund 17,5 Millionen Menschen) [7].

Im Jahr 2015 berichteten 17% der 15- bis 16-jährigen Schülerinnen und Schüler in Europa, dass sie bereits einmal Cannabis gebraucht haben. Sie waren im Rahmen der Studie „European School Survey Project on Alcohol and Other Drugs (ESPAD)“ (ESPAD Group 2016) befragt worden. Erfahrung mit anderen illegalen Substanzen hatten 5%. Der Gebrauch von Cannabis in den letzten 30 Tagen lag bei 7% vor. Der Anteil der Jugendlichen, die vor dem 13. Lebensjahr Erfahrung mit Cannabis machten, ist seit rund 20 Jahren relativ gleichbleibend (2015: 3%).

Die Anzahl von Personen mit einer substanzbezogenen Abhängigkeit pro 100.000 Personen wurde in Westeuropa im Jahr 2015 für Cannabis auf 425 Personen geschätzt [72].

Als möglicher Mediator für das Wachstum des Cannabis-Konsums in den letzten Jahren werden u. a. Änderungen der subjektiven Wahrnehmung der gesundheitlichen Risiken des Cannabis-Konsums diskutiert. Beispielsweise schätzten Erwachsene in den USA im Jahr 2014 Cannabis als weniger gesundheitlich gefährlich ein als 10 bis 15 Jahre zuvor [70].

Jugendliche sind wahrscheinlich umso mehr gesundheitsgefährdet, je jünger sie sind und je mehr physiologische Entwicklungsprozesse noch nicht abgeschlossen sind. Die aktuelle Forschung zeigt, dass ein regelmäßiger und häufiger Cannabis-Konsum die Hirnleistung und insbesondere die Gedächtnisleistung verschlechtern kann. Abhängig vom Konsumverhalten zeigen sich zum Teil erhebliche Beeinträchtigungen bei der Denk-, Lern- und Erinnerungsleistung sowie hinsichtlich Aufmerksamkeit und Problemlösungsvermögen. Zu den kognitiven Funktionsdefiziten ist noch unklar, ob und nach welcher Zeit der Abstinenz die Symptome wieder vollkommen verschwinden. Ebenso ungeklärt ist, welche Rolle ein junges Einstiegsalter und geschlechtsspezifische Unterschiede dabei spielen. Bildgebende Verfahren zeigen unterdessen, dass sich bei Langzeitkonsumenten das Gehirn in seiner Arbeitsweise und seinem Aufbau verändern kann. Cannabis kann die Wahrscheinlichkeit erhöhen, an einer bestimmten psychischen Störung zu erkranken. So ist die Häufigkeit von Psychosen um das 1,4- bis 3,4-fache erhöht und der Krankheitsverlauf zudem ungünstiger. Unter Cannabis treten auch oft erstmalig manisch-depressive Symptome auf, wie sie bei bipolaren Störungen beobachtet werden. Das Risiko hierfür ist dreimal so hoch wie bei Nicht-Cannabiskonsumenten. Cannabis erhöht auch das Risiko für Angststörungen und Depressionen um den Faktor 1,3 bis 1,7, wobei sich das Risiko für eine Angststörung um den Faktor 3,2 erhöht, wenn Jugendliche schon vor dem 16. Lebensjahr beginnen, regelmäßig Cannabis zu konsumieren. Bezüglich einer erhöhten Selbstmordrate oder vermehrter Suizidgedanken zeigt sich aufgrund einer heterogenen Studienlage kein eindeutiger Zusammenhang mit dem Cannabis-Konsum. Etwa 9 Prozent aller Cannabis-Konsumenten entwickeln eine psychische und körperliche Abhängigkeit. Die Rate steigt auf 17 Prozent, wenn der Cannabis-Konsum in der Adoleszenz beginnt und auf 25 bis 50 Prozent, sofern Cannabis täglich konsumiert wird. Eine Toleranzentwicklung

bezüglich der Cannabiswirkung, eine verminderte Kontrollfähigkeit des Konsums sowie eine Vernachlässigung von anderen Interessen wurden beschrieben. Besondere Risikofaktoren, eine Abhängigkeit zu entwickeln, sind männliches Geschlecht, junges Alter bei Erstkonsum, hohe Konsumfrequenz und der Co-Konsum von Tabak. Ein chronischer Cannabis-Konsum birgt neben den bisher dargestellten psychischen Auswirkungen auch somatische Krankheitsrisiken: So steigt das Risiko für Atemwegserkrankungen sowie für Mischtumore des Hodens, sogenannte Nicht-Seminome. Das Risiko für Lungenkrebs oder Tumore im Kopf-Hals-Bereich scheint dagegen nicht erhöht zu sein. Cannabis-Konsum während der Schwangerschaft kann Risiken für Mutter und Kind bergen. Während die Schwangere selbst ein erhöhtes Risiko für Anämien haben kann, steigt die Gefahr für Entwicklungsstörungen des Fötus. Die Kinder kommen häufig mit einem geringeren Geburtsgewicht zur Welt und sind postpartal häufiger auf intensivmedizinische Behandlungsmaßnahmen angewiesen. Einzelne Studien deuten außerdem darauf hin, dass auch die spätere Entwicklung dieser Kinder in bestimmten kognitiven Bereichen beeinträchtigt sein kann und sie selbst schon im frühen Jugendalter Cannabis konsumieren. Menschen, die häufig Cannabis konsumieren, brechen öfter die Schule ab, besuchen seltener eine Universität und haben seltener akademische Abschlüsse als ihre nicht konsumierenden Altersgenossen. Der geringere Bildungserfolg zeigt sich vor allem, wenn Jugendliche schon vor dem 15. Lebensjahr mit dem Cannabiskonsum begonnen haben und sie diesen über Jahre hinweg regelmäßig fortsetzen [73, 74].

#### 2.5.1. Cannabis-Konsum als Rauschmittel in Deutschland

Einleitend ist kritisch anzumerken, dass die unterschiedlichen Quellen zur Bedeutung von Cannabis in den verschiedenen Ländern, so auch in Deutschland, teils voneinander abweichende Informationen enthalten. Dies ist insbesondere dem Umstand geschuldet, dass der Markt des illegalen Konsums nicht geregelt ist, die Ergebnisse von Datenerhebungen zu den diversen Zielgruppen auf subjektiven Angaben der Konsumenten beruhen und der Wahrheitsgehalt der Angaben meist nicht überprüfbar ist.

Als häufigste illegale Droge wird in Deutschland, dem weltweiten Trend entsprechend, Cannabis konsumiert. Im internationalen Vergleich entspricht die 12-Monats-Prävalenz des Cannabis-Konsums hier mit 7,1% (3,7 Mio. Personen) dem europäischen Gesamtdurchschnitt [10].

Die Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung hat 2015 die Ergebnisse einer Repräsentativbefragung veröffentlicht, die den „Cannabis-Konsum Jugendlicher und junger Erwachsener 2012“ erfasst [75]. Hierzu wurden wiederholt deutschlandweit 12- bis 25-jährige Männer und Frauen befragt. Die Stichprobengröße der im Jahre 2014 Befragten umfasst 7.000 Personen.

Diese Befragung ergab, dass 10% der Jugendlichen zwischen 12 und 17 Jahren jemals Cannabis konsumiert haben (Lebenszeitprävalenz).

Die 12-Monats-Prävalenz beträgt 8,3% und die 30-Tage-Prävalenz 3,7%. Regelmäßiger Konsum wird in dieser Gruppe 2,2% der Befragten attestiert. Als „regelmäßiger Konsum“ gilt der mindestens zehnmalige Cannabis-Konsum binnen der letzten 12 Monate. Die Lebenszeitprävalenz und 12-Monats-Prävalenz zeigt einen statistisch signifikant höheren Anteil an Konsumenten bei Männern im Vergleich zu Frauen (11,3% zu 8,6% bzw. 9,5% zu 7,1%).

In der Gruppe der 18- bis 25-jährigen liegt die Lebenszeitprävalenz bei 37,2% (männlich: 42,6%, weiblich: 31,6%), die 12-Monats-Prävalenz bei 17,6% (männlich: 22,1%, weiblich: 12,9%) und die 30-Tage-Prävalenz bei 7,7% (männlich: 10,5%, weiblich: 4,8%). Der Anteil regelmäßiger Cannabis-Konsumenten beträgt 5,1% (männlich: 10,5%, weiblich: 2,4%) [75].

Somit weist die Gruppe der 18- bis 25-jährigen, die potentielle Fahrzeugführer im Straßenverkehr darstellen, jeden zwanzigsten als regelmäßigen Cannabis-Konsumenten aus. Bei den Männern ist es sogar jeder Zehnte.

Der „Epidemiologische Suchtsurvey“ (ESA) des Bundesgesundheitsministeriums von 2012 stellt die Ergebnisse einer 9.084 Personen umfassenden Stichprobe der 18- bis 64-jährigen dar. Gemittelt über alle Altersklassen lässt sich feststellen, dass das Konsumverhalten mit zunehmendem Lebensalter stetig sinkt und die 12-Monats-Prävalenz für Cannabis-Konsum bei altersunabhängiger Betrachtung 4,5% beträgt. Eine Cannabisabhängigkeit wird 0,5% aller Befragten attestiert [13].



Für Deutschland sind aktualisierte Informationen aus einer Zusatzerhebung u. a. zum Cannabis-Konsum mit dem Epidemiologischen Suchtsurvey 2018 verfügbar. Ziel der Untersuchung war eine allgemeine Vergrößerung der bisherigen Stichprobe, woran sich die Bundesländer Berlin, Hessen, Nordrhein-Westfalen, Sachsen und Thüringen beteiligten. An der kombinierten schriftlichen, telefonischen sowie im Internet durchgeführten Befragung nahmen 1.890 Personen im Alter zwischen 15 und 64 Jahren teil. Die Antwortrate betrug 43.3%.

Die 12-Monats-Prävalenz des Cannabis-Konsums lag demnach mit 17,1% in Berlin am höchsten. Für die übrigen Bundesländer betrug diese zwischen 5.5% und 6.9%. In Berlin unterschieden sich die Werte sowohl für Männer (19.6%) als auch für Frauen (14.6%) signifikant von den bundesweiten Daten (8.9% und 5.3%). Im Vergleich zum Bundesdurchschnitt konsumierten in Berlin signifikant mehr 25-bis 39-jährige, 40-bis 59-jährige und 60-bis 64-jährige Cannabis.

Bei 0.6% der Stichprobe bestand gemäß den Kriterien des DSM-IV eine Cannabisabhängigkeit. Signifikante Unterschiede zu den bundesweiten Abhängigkeitsergebnissen fanden sich bei Frauen (0.9% vs. 0.3%) in Berlin und bei Männern (0.1% vs. 1.0%) in Thüringen. Die 12-Monats-Prävalenz von Cannabisabhängigkeit gemäß DSM-IV betrug 11.1% bei Männern und 6.0% bei Frauen aller Cannabis-Konsumenten. Im Vergleich dazu war die Prävalenz bei Männern in Thüringen signifikant niedriger (1.0%). In allen Bundesländern, außer in Thüringen, wiesen Männer höhere Prävalenzen auf als Frauen.

Bundesweit haben 8.3% aller Befragten angegeben, in den letzten 12 Monaten irgendeine illegale Droge konsumiert zu haben (10.2% Männer und 6.4% Frauen). Unter allen konsumierten illegalen Drogen nimmt Cannabis sowohl bei jungen Erwachsenen als auch bei älteren Altersgruppen die prominenteste Rolle ein: 7.1% der Befragten haben in den letzten 12 Monaten Cannabis konsumiert (8.9% Männer, 5.3% Frauen). Berlin weist die höchste Konsumprävalenz von Cannabis mit 17.1% auf (19.6% Männer, 14.6% Frauen) und weicht damit deutlich vom Bundesdurchschnitt ab. Dies geht einher mit im Vergleich zum Bund höheren Prävalenzen bei Cannabisabhängigkeit (0.6% vs. 1,8%) oder -missbrauch (0.6% vs. 1.8%) nach DSM-IV. In den anderen Bundesländern wurden im Vergleich zum Bundesdurchschnitt vergleichbare 12-Monats-Prävalenzen und Prävalenzen für Cannabisabhängigkeit oder -



missbrauch nach DSM-IV geschätzt. In den letzten zehn Jahren ist in allen Bundesländern ein kontinuierlicher Anstieg der 12-Monats-Prävalenz des Konsums von Cannabis zu beobachten, sodass in etwa das Niveau Anfang der 2000er Jahre erreicht wurde. Insbesondere in der jüngsten Altersgruppe der 18- bis 24-jährigen stieg die Prävalenz zwischen den Jahren 1990 und 2018 signifikant von 7,7% auf 24,3%. Der Cannabis-Konsum ist, nach einem vorangegangenen fallenden Trend, seit 2000 auch unter den Jugendlichen angestiegen. Für das Jahr 2018 wurde unter Jugendlichen eine 12-Monats-Prävalenz von 8.0% ermittelt [76].

#### 2.5.1.1. Gesetzeslage zu Cannabis als Rauschmittel in Deutschland

Da die Verwendung von Cannabis im 20. Jahrhundert aufgrund von Problemen bei der Dosiskalkulation und teils paradoxen Wirkungen zunehmend kritischer gesehen wurde [22] und auf dem Arzneimittelmarkt sinnvolle Alternativen zur Verfügung standen, wurde die Verwendung 1929 durch ein neues Opiumgesetz in Deutschland eingeschränkt (betrifft Cannabis indica) [23]. Das Opiumgesetz trat zum 01.01.1930 in Kraft und besagt, dass neben anderen bewusstseinsverändernden Substanzen auch Cannabis nur noch bei ärztlicher Verordnung herausgegeben und ausschließlich für medizinische Zwecke genutzt werden darf. Diese Regelung wurde 1971 in das Betäubungsmittelgesetz (BtMG) der Bundesrepublik Deutschland übernommen [24].

Das Betäubungsmittelgesetz (BtMG) und das Strafgesetzbuch (StGB) sind auch heutzutage die geltenden Rechtsgrundlagen für den Cannabis-Konsum. Beim Bedienen eines Fahrzeuges kommt die Fahrerlaubnisverordnung (FeV) und bei der Nutzung als Arzneimittel das Arzneimittelgesetz (AMG) hinzu.

Bereits der Besitz geringster Mengen an Cannabis ist per Definition in Deutschland illegal. Der Konsum von Cannabisprodukten ist hingegen gesetzlich nicht explizit verboten, jedoch durch folgende Gesetzeslage auf legalem Weg unpraktikabel: „Der Anbau, die Herstellung, der Handel, die Einfuhr, die Ausfuhr und Abgabe, die Veräußerung sowie sonstige Inverkehrbringung und Erwerb sowie Besitz sind strafbar.“ [77].

Bei Nachweis eines Cannabis-Konsums, auch zu ärztlich verordneten, medizinischen Zwecken, und gleichzeitigem Besitz einer Fahrerlaubnis, besteht

grundsätzlich ein behördlicher Generalverdacht im Sinne der Annahme, dass ein zurückliegender oder aktueller Cannabis-Konsum dazu führen könnte, dass die psycho-physische Leistungsfähigkeit herabgesetzt ist und die Fahreignung deswegen nicht gegeben sein könnte.

Hier besteht ein wesentlicher Unterschied zu Konsumenten von alkoholhaltigen Genussmitteln.

Sobald bei einer Person der Umgang mit Cannabis bekannt wird, sind Polizei und Staatsanwaltschaft gemäß § 163 Abs. 1 StPO grundsätzlich verpflichtet, ein Ermittlungsverfahren einzuleiten, auch wenn das Verfahren später unter Beachtung der ständigen Rechtsprechung eingestellt werden kann [78].

Das Bundesverfassungsgericht (BVerfG) hat mit Beschluss vom 09.03.1994 festgelegt, dass, sofern der Besitz von Cannabis ausschließlich dem gelegentlichen Eigenverbrauch geringer Mengen dient und nicht mit einer Fremdgefährdung verbunden ist, nicht gegen das Übermaßverbot verstößt, sodass der Gesetzgeber den Strafverfolgungsorganen ermöglicht, durch das Absehen von Strafe nach § 29 Abs. 5 BtMG oder Strafverfolgung nach §§ 153 ff. StPO beziehungsweise § 31a BtMG einem geringeren individuellen Unrechts- und Schuldgehalt der Tat Rechnung zu tragen [78].

Aus diesem Urteil hat sich eine in den einzelnen Bundesländern stark unterschiedliche Einstellungspraxis entwickelt, die selbst innerhalb eines jeweiligen Bundeslandes zu völlig unterschiedlichen Vorgehensweisen der einzelnen Staatsanwaltschaften führen kann. In unterschiedlichen Richtlinien der einzelnen Länder sind Einstellungsmengen von bis zu drei Konsumeinheiten in Bayern, bis zu 15 g (Gramm) in Berlin, bis 30 g in Schleswig-Holstein, in den meisten anderen Ländern bis 6 g als unverbindlich normiert und führen somit zu einer unübersichtlichen Ungleichbehandlung von Cannabisbesitzern [79, 80]. Hinsichtlich neuer synthetischer Cannabinoide (z. B. die Alkylindol-Derivate JWH-018,[6] JWH-019 und JWH-073) bestand über viele Jahre eine nicht verfolgbare Konsummöglichkeit, da diese erst mit erheblicher Latenz dem BtMG unterstellt wurden und erst ab dann der unerlaubte Umgang hiermit strafbar wurde. Diese verzögerte gesetzliche Berücksichtigung führte lange Zeit dazu, dass immer wieder neue Stoffe auf den Markt gebracht wurden, um das BtMG temporär zu umgehen.

Zur Schließung dieser Gesetzeslücke ist am 26. November 2016 das Neuepsychoaktive-Stoffe-Gesetz (NpSG) in Kraft getreten, welches u. a. in seiner Anlage umfassend chemische Stoffgruppen beschreibt (u. a. synthetische Cannabinoide), die diesem Gesetz unterliegen [81].

#### 2.5.2. Konsumformen von Cannabis zu Rauschzwecken

In der Europäischen Union wird Cannabis heute überwiegend als Kraut (Marihuana) oder Harz (Haschisch) gehandelt und konsumiert. Historisch gesehen war Haschisch über lange Zeit das bei weitem wichtigere Cannabisprodukt in Westeuropa. In den vergangenen 10 Jahren gab es jedoch eine deutliche Verschiebung von Haschisch hin zu Marihuana. Die Zahl der Sicherstellungen von Marihuana mit 404.000 Tonnen war in der Europäischen Union im Jahr 2017 deutlich höher als von Haschisch mit 288.000 Tonnen. Insgesamt wird Marihuana in Europa heute häufiger konsumiert als Haschisch, das nur noch in den Ländern im Südwesten und Norden Europas präferiert wird. Haschisch und Marihuana werden meist zerkleinert und gemischt mit herkömmlichem Tabak als selbstgedrehte Zigarette („Joint“ oder „Stick“), seltener auch mittels Wasserpfeifen („Eimer“) oder mit Hilfe speziellen Rauchzubehörs, wie Bongs und Pfeifen, geraucht oder mit dem Vaporizer verdampft und dann inhaliert.

Da THC lipophil ist, wird dieses auch in fettreichen Speisen und Getränken, wie Milch, Keksen („Space Cakes“), Kuchen, Muffins etc., verarbeitet [82].

THC-haltige Nahrungsmittel haben eine andere Bioverfügbarkeit und wirken häufig stärker als die vergleichbare gerauchte Dosis, sind aber auch viel schlechter dosierbar und wirken erst mit bis zu vier Stunden Verzögerung. Dies ist besonders beim Führen von Kraftfahrzeugen oder beim Bedienen von Maschinen zu berücksichtigen. Es wurden auch Einzelfälle berichtet, in denen Kinder versehentlich cannabishaltige Nahrungsmittel zu sich genommen haben [83].

Seltener erfolgt der THC-Konsum als Tee oder Haschischöl, das meist auf eine Zigarette geträufelt oder Speisen und Getränken zugefügt wird.

Der Reinstoff THC ist auf Grund seines durch starke Lipophilie verursachten schlechten Lösungsverhaltens ohne Emulgator nicht intravenös applizierbar [84, 85].

Den europäischen Daten ist auch zu entnehmen, dass der Wirkstoffgehalt an THC von Cannabiskraut und -harz zwischen den Jahren 2006 und 2014 stark angestiegen ist und sich 2015 stabilisiert hat. Bei ähnlichem Preis weisen die jüngsten Daten im Durchschnitt eine höhere THC-Wirkstoffkonzentration für Cannabisharz (Median: 11-19%) auf als für Cannabiskraut (Median: 7-11%) [82]. Gefördert wurde diese Steigerung des Wirkstoffgehaltes vermutlich auch durch die Etablierung intensivierter Produktionstechniken in Europa und Marokko.

Neben pflanzlichem Cannabis spielen synthetische Cannabinoide quantitativ betrachtet eine relativ kleine, aber sehr bedeutsame Rolle. Angesichts der oft vielfach höheren Potenz und chemischen Unterschiede der enthaltenen Wirkstoffe, unterscheiden sie sich erheblich vom Risikoprofil des pflanzlichen Cannabis.

Wie bei den synthetischen Cannabinoiden (wegen Todesfällen und lebensbedrohlichen Intoxikationen ergingen hierzu Warnmeldungen der EMCDDA) sind auch durch Cannabis ausgelöste Todesfälle und lebensbedrohliche Intoxikationen bekannt. Daldrup et al. berichteten von jungen, mutmaßlich gesunden Männern, deren plötzlicher Tod nach vollständigem postmortalem autoptischem, toxikologischem, histologischem, immunhistochemischem und genetischem Ausschluss anderer Todesursachen auf eine Cannabisintoxikation durch das Rauchen von Cannabis mit folgenden letal verlaufenden kardiovaskulären Komplikationen verursacht wurde [86].

Einige Studien und eine Reihe von Einzelberichten legen nahe, dass Cannabis einen hohen Intoxikationsgrad hervorrufen kann und eine erhebliche Bedeutung beim Auftreten von kardiovaskulären Ereignissen hat [87]. In zahlreichen weiteren Veröffentlichungen wurde ein erhöhtes Risiko für ein akutes Koronarsyndrom und für chronische Herz-Kreislauf-Erkrankungen im Zusammenhang mit Cannabiskonsum hervorgehoben [88].

Eine mögliche kardiale oder zerebrovaskuläre Todesursache sollte zumindest bei plötzlichen oder unerwarteten Todesfällen in einem möglichen ursächlichen Zusammenhang mit der Blutkonzentration von THC gesehen werden [89].

Ein speziell europäisches Problem stellt die Tatsache dar, dass in Europa Cannabis in der Regel mit Tabak vermischt konsumiert wird, während etwa in den USA der Konsum ausschließlich von Cannabis ohne Tabak in Reinpfeifen häufiger anzutreffen ist. Therapeutische Ansätze müssen bei Kombination mit Tabak beide Probleme in geeigneter Weise betrachten [89].

### 2.5.3. Konsummuster von Cannabis zu Rauschzwecken

Die einzelnen Verhaltensparameter des Konsummusters ergeben eine subjektive Kenngröße für die Einschätzung der Konsumintensität und die hiervon ausgehenden physischen, psychischen und sozialen Risiken.

Die Häufigkeit (jeweils ein- oder mehrmals täglich, wöchentlich, monatlich, jährlich), die Einzelmenge (höhere/geringere Dosen), der Anlass (Gewohnheits- oder Probierkonsum), die Konsumart (Joints, Pipes, Bongs, Edibles), die Regelmäßigkeit und Selbstverständlichkeit des Konsums von Cannabis im Alltag und der zusätzliche Konsum anderer Drogen (Mischkonsum) ergeben die Zuordnung des Konsumenten zu einem eher „weichen“ bzw. eher „harten“ Konsummuster.

Isoliert betrachtet lässt keines der Kriterien eine verwertbare Aussage zu. Die so ermittelte Tendenz beruht meist auf persönlichen Angaben des Konsumenten und ist entsprechend kritisch zu werten. Im Übrigen kann ein einzelner Konsument zuweilen ein vorübergehend härteres oder weicheres Konsummuster als sonst üblich aufweisen.

Die Ergebnisse europäischer Studien unterstreichen die Notwendigkeit, zwischen Konsummustern zu unterscheiden. Ein aussagekräftiger Indikator für riskanten Cannabis-Konsum sind Angaben über „täglichem oder fast täglichem Konsum“ in den letzten 4 Wochen. Ergebnisse dazu liegen für die meisten Länder der Europäischen Union und Norwegen vor [90].

#### 2.5.4. Konsum bei Fahrzeugführern im Straßenverkehr

Cannabis ist die am häufigsten im Straßenverkehr festgestellte illegale Droge und insgesamt -nach Alkohol- die am zweithäufigsten konsumierte und detektierte Droge im Straßenverkehr. Junge, erwachsene Männer stellen die Gruppe dar, die statistisch betrachtet am häufigsten Cannabis konsumierenden Verkehrsteilnehmer dar [91].

Laut Statistiken der Weltgesundheitsorganisation (WHO) starben 2013 weltweit etwa 1,25 Millionen Menschen bei Verkehrsunfällen, ein Anstieg von 13% gegenüber 2000. Straßenverkehrsunfälle sind die Haupttodesursache für Menschen im Alter von 15 bis 29 Jahren. Zwischen 1990 und 2004 nahmen die Verkehrsunfälle mit Drogenkonsumnachweis von 20% auf 27% zu und wurden als das größte Risiko für die Verkehrssicherheit angesehen. Cannabiskonsum wurde, je nach Land, bei 2% bis 32% der Verunfallten festgestellt [92].

Eine internationale Arbeitsgruppe berichtete, dass der akute Konsum von Cannabis mit einem signifikant erhöhten Risiko für Kraftfahrzeugunfälle einhergeht. Es gibt demnach drei Hauptansätze für die Beurteilung, ob ein Fahrer unter dem Einfluss von Cannabis fahrfähig ist:

- 1 Beeinträchtigungsbasiert (effektbasiert): Bewertung des Fahrers, um bestimmte Aufgaben auszuführen (Nachteilig ist hierbei, dass keine allgemein akzeptierte Methodik zur Beurteilung existiert)
- 2 "per se" Gesetze: Gesetzliche Grenzfestlegung für THC oder seine Metaboliten im Körper (Blut und Speichel)
- 3 Null Toleranz: Die gesetzliche Grenze ist auf Null gesetzt (als eine Variante von "per se"-Gesetz) [93-95]

Epidemiologische Studien und experimentelle Untersuchungen zeigen einen Zusammenhang zwischen häufigem Cannabiskonsum und erhöhtem Risiko für Kraftfahrzeugunfälle, insbesondere bei Fahrten innerhalb einer Stunde nach Cannabiskonsum. Fahrer versuchen unter THC-Einfluss ihre kognitive Beeinträchtigung durch langsames Fahren zu kompensieren, eine Zunahme der Komplexität der Fahrsituationen verringerte ihre Fähigkeit zur Aufrechterhaltung der Fahrzeugkontrolle, so Hartman et al. [95].

In einer Fall-Kontroll-Studie in Australien waren Fahrer mit messbaren Blut-THC-Werten signifikant häufiger an tödlichen Verkehrsunfällen beteiligt als drogenfreie Fahrer [96].

Ebenso bestätigten Metaanalysen epidemiologischer Studien ein erhöhtes Risiko für Kraftfahrzeugunfälle nach akutem Cannabiskonsum [94, 97].

Studien mit Fahrsimulatoren zeigten, dass THC zu einer signifikanten Beeinträchtigung der Straßenverfolgung, der Abweichung der seitlichen Position (Spurbindung) und der Lenkradvariabilität führte [98, 99].

Für die Fahrsicherheit scheint der Zeitpunkt nach dem Cannabiskonsum bedeutsam zu sein. In einer Fahrsimulatorstudie bei 15 gewohnheitsmäßig Cannabis konsumierenden Probanden konnte gezeigt werden, dass unmittelbar nach dem Cannabiskonsum deutlich mehr Fahrfehler begangen, während drei Stunden nach dem Konsum keine signifikante Zunahme von Fahrfehlern festgestellt wurde und nach sechs Stunden (während der sogenannten subakuten Phase) wieder eine gewisse Zunahme von Fahrfehlern auffällig war [100].

Hingegen wurden bei Fahrradfahrern auch unter dem Einfluss von sehr hohen THC-Konzentrationen nur wenige Fahrfehler beobachtet, so dass eine definierte THC-Konzentration, die zu einer Unfähigkeit führt, Fahrrad zu fahren, nicht angegeben werden kann [101].

Folgende weitere Studien stellen die Grundsätzlichkeit der Negativbeeinflussung der Fahrtauglichkeit durch Cannabiskonsum in Frage:

Studien mit chronisch kranken MS-Patienten legen den Verdacht nahe, dass eine Behandlung mit THC-haltigen Medikamenten die Fahrtüchtigkeit nicht beeinträchtigt, da unter ihnen keine Hinweise auf eine Zunahme von Kraftfahrzeugunfällen zu beobachten war. Die Mehrheit der Patienten berichtete über eine Verbesserung der Fahrfähigkeit nach Beginn der Therapie und es wurde spekuliert, dass dies mit einer verminderten Spastizität und / oder einer besseren kognitiven Funktion zusammenhängen könnte. Es sollte beachtet werden, dass die THC-Blutspiegel niedriger sind als die, die mit dem Freizeitgebrauch von pflanzlichem Cannabis verbunden sind [102]. Die Häufigkeit von Fahrnfällen bei Patienten mit MS mit normaler Kognition war im Vergleich zu gesunden Kontrollen nicht anders [103].

Nur wenige Studien berichten über die Beziehung zwischen Cannabiseffekten und Vollblutkonzentrationen nach dem Rauchen von Cannabis. In einer Studie wird von neun männlichen und einer weiblichen starken chronischen Cannabisraucherin in einer geschlossenen Forschungseinheit berichtet, die



nach Belieben eine 6,8% THC-Cannabis-Zigarette rauchten. THC, 11-Hydroxy-THC und 11-Nor-9-Carboxy-THC wurden in Vollblut und Plasma quantifiziert. Die Analysen wurden vor und bis zu 6 Stunden nach dem Rauchen durchgeführt und es wurden visuelle Analogskalen (VAS) und Likert-Skalen, Herzfrequenz, Blutdruck und Atmung sowie psychomotorische Parameter, wie kritische Verfolgung und geteilte Aufmerksamkeit, untersucht. THC erhöhte die VAS-Reaktionen und die Herzfrequenz signifikant, wobei die Konzentrations-Wirkungs-Kurven eine Hysterese zeigten. Bei dieser Kohorte von starken, chronischen Cannabisrauchern wurden keine signifikanten Unterschiede bei der Ausführung von Aufgaben mit kritischer Nachverfolgung oder geteilter Aufmerksamkeit festgestellt. Diese Daten geben einen Einblick über die Beeinträchtigung und die subjektiven Auswirkungen von akut gerauchtem Cannabis sowie über die Interpretation der Cannabinoidkonzentrationen im Vollblut in forensischen Untersuchungen [104].

Bei in Deutschland rückläufigen Zahlen tödlich verlaufender Verkehrsunfälle macht der Polizei die zunehmende Bedeutung von Alkohol und Drogen im Straßenverkehr Sorgen. Dieses Problem betrifft Fahrer aller Fahrzeugtypen vom Lastwagen bis zum E-Scooter. Insgesamt zählte die Polizei in Nordrhein-Westfalen seit der Einführung der E-Scooter im Juni 2019 223 Unfälle mit 341 beteiligten Personen. 106 davon blieben unverletzt, 192 wurden leicht und 43 schwer verletzt. Gut jeder vierte dieser Unfälle passierte unter Einfluss von Alkohol oder Drogen. Die Polizei hat im vergangenen Jahr ein besonderes Augenmerk auf das Thema Alkohol und Drogen am Steuer gelegt. 2019 wurde bei knapp 14.000 Fahrzeugführern Alkohol am Steuer festgestellt, ein Plus von knapp 3,5 Prozent im Vergleich zum Vorjahr. Schaut man fünf Jahre zurück, stellte die Polizei noch 12.500 Verstöße fest. Noch dramatischer ist die Entwicklung der Anzahl der detektierten Fälle von illegalen Drogen bei Fahrzeugführern. 2019 stellte die Polizei 19.271 Verstöße fest, in denen Menschen unter Einfluss von Drogen durch die Polizei kontrolliert wurden, fast sieben Prozent mehr als 2018 und rund 58 Prozent mehr als noch im Jahre 2015 [105].

Anhand dieser Trends lässt sich eine steigende Relevanz des Themas unterstellen. Diese Entwicklung lässt sich unter der Annahme, dass Cannabis



als die am häufigsten (auch im Straßenverkehr) festgestellte (illegale) Droge gilt [91], vermutlich auch auf den Cannabis-Konsum im Straßenverkehr abstrahieren. THC wirkt auf das Zentralnervensystem, deshalb sollte nach dem Konsum auf das Bedienen von Maschinen und das Führen von Fahrzeugen verzichtet werden. Die Polizei kann bei Fahrerkontrollen mit einem Schweiß-, Speichel-, Urin- oder durch Untersuchung des Blutes auch längere Zeit nach dem Konsum Spuren von THC nachweisen. Die Nachweisdauer hängt vor allem vom jeweiligen Konsummuster (Dauer, Art, Frequenz, Dosis der Anwendung) ab. Bei gesetzlichen Verstößen drohen Geldbußen, Fahrverbote sowie Punkte im Fahreignungsregister des Kraftfahrt-Bundesamtes in Flensburg. Die Polizisten vor Ort können nur orientierende Vortests durchführen, in einer sichergestellten Blutprobe wird zeitversetzt die Konzentration an THC und seiner Abbauprodukte bestimmt. Werden die Substanzen im Blut nachgewiesen, ist dies der Nachweis einer Ordnungswidrigkeit. Im Beschluss des Bayerischen VGH vom 25. Januar 2006, Az. 11 CS 05.1711, wird ausgeführt: „Der derzeitige medizinisch-naturwissenschaftliche Erkenntnisstand rechtfertigt es nicht, bereits ab einer THC-Konzentration von 1,0 ng/ml im Blutserum eines Kraftfahrzeugführers eine Erhöhung des Risikos für die Verkehrssicherheit als derart gesichert im Sinne des § 11 Abs. 7 FeV anzusehen, dass dem Betroffenen ohne weitere Sachverhaltsaufklärung die Fahrerlaubnis zwingend zu entziehen ist. Bei gelegentlichem Konsum von Cannabis und Fahren mit einer THC-Konzentration zwischen 1,0 und 2,0 ng/ml Blutserum ist vor einer etwaigen Entziehung der Fahrerlaubnis gemäß § 14 Abs. 1 S. 4 FeV ein medizinisch-psychologisches Gutachten einzuholen. FeV § 11 Abs. 7, FeV § 14 Abs. 1 S. 4, StVG § 3 Abs. 1 ist aber nur anzuwenden, wenn keine Fahrfehler begangen wurden.“ In vielen Fällen ordnet die Verwaltungsbehörde eine Überprüfung der Kraftfahreignung (MPU) zum Nachweis des Fortbestehens der Fahrerlaubnis und der weiteren Kraftfahrtauglichkeit an.

An dieser Stelle sei erwähnt, dass die Anzahl der unternommenen Maßnahmen zur Detektion von Drogen- und Medikamentenkonsum bei Fahrzeugführern im Straßenverkehr durch in den letzten 10 Jahren erheblich verbesserte Detektionsmöglichkeiten der Polizei NRW in Form von Drogenvortestgeräten für Speichel und Urin deutlich zugenommen haben und damit von der steigenden

Anzahl polizeilich festgestellten Drogenkonsums nicht zwangsläufig auf ein insgesamt gesteigertes Konsumverhalten geschlossen werden kann [106]. Dennoch bietet der forcierte Einsatz der neuen Drogenvortestgeräte die Möglichkeit, künftig drogenbasierte Unfälle in ihrer Anzahl zu verringern, wenn Konsumenten sich dessen bewusst werden, dass ihr Konsum durch die modernen Messgeräte häufiger aufgedeckt und somit rechtswirksam verfolgt werden kann.

Im Folgenden werden die aktuell etablierten Testverfahren zur Detektion von Cannabiskonsum dargestellt.

Die THC-COOH-Glucuronid-Vollblutkonzentration hat sich als ein nützlicher Parameter erwiesen, um Informationen über die Häufigkeit des Cannabiskonsums zu erhalten. Die Berücksichtigung der Blutkonzentrationen von freiem und glucuronidiertem THC-COOH verbessert die Identifizierung intensiver Konsumenten, deren Fahrtauglichkeit sorgfältig bewertet werden muss [107].

Im Vergleich zur Vollblutanalyse haben alle Urintests das Problem, dass sie nicht direkt THC nachweisen, sondern ein Abbauprodukt des THC, die Tetrahydrocannabinolsäure (THC-COOH, auch THC-Carbonsäure genannt). Die Tetrahydrocannabinolsäure hat keine berauschende Wirkung mehr. Sie wird allerdings relativ langsam und je nach Konstitution verschieden schnell aus dem Körper ausgeschieden und ist somit längere Zeit, manchmal sogar über Wochen, im Urin nachweisbar.

Inoffizielle Stellen sprechen von einem Missbrauch des Straßenverkehrsgesetzes (StVG), wenn Patienten mit Opiaten und anderen starken Medikamenten fahrberechtigt bleiben, während der Cannabis-Konsument nicht nur bestraft wird, wenn er unter direktem Einfluss von THC steht, sondern auch, wenn der Konsum schon Tage bis Wochen zurückliegt und hiervon nachweislich keine berauschende Wirkung mehr ausgehen kann.

Im Gegensatz dazu weisen Speichel- und Schweißtests THC mit ausreichender Empfindlichkeit direkt nach.

Die Haaranalyse auf Cannabinoide wird insbesondere bei Drogentests am Arbeitsplatz und in Kinderschutzfällen angewendet, obwohl Daten zur Aufnahme der wichtigsten analytischen Ziele ( $\Delta^9$ -Tetrahydrocannabinol (THC))

und 11-nor-9-Carboxy-THC (THC-COOH)) für menschliches Haar weitgehend fehlen.

Darüber hinaus kommt  $\Delta$ 9-Tetrahydrocannabinolsäure A (THCA-A), die biogenetische Vorstufe von THC, im Haar von Personen vor, die mit Cannabis-Material umgehen. Angesichts der schwerwiegenden Folgen positiver Testergebnisse müssen die Mechanismen des Wirkstoffeinbaus in die Haare weiter wissenschaftlich evaluiert werden, da weder THC noch THCA-A nach systemischer Aufnahme in relevanten Mengen in menschliches Haar eingebaut werden. THC-COOH, das nach heutiger wissenschaftlicher Lehre als unbestreitbarer Nachweis der THC-Aufnahme gilt, wurde im Haar gefunden, war aber auch in älteren Haarsegmenten vorhanden, die bereits vor der oralen THC-Aufnahme wuchsen. Die Cannabinoide können also auch im Haar von nicht konsumierenden Personen vorhanden sein, weil sie durch Cannabis-Konsumenten über ihre Hände, ihren Talg / Schweiß oder Cannabisrauch übertragen werden. Dies ist von Belang z. B. für Sorgerechtsfälle von Kindern. Die toxikologische Laboruntersuchung von menschlichen Haaren kann Beweise zur Kontamination mit Cannabis über die Bestimmung von  $\Delta$ (9)-Tetrahydrocannabinol (THC), des Metaboliten 11-Nor- $\Delta$ (9)-Tetrahydrocannabinol-9-carbonsäure (THC)-COOH und der beiden Cannabinoide Cannabinol (CBN) und Cannabidiol (CBD) liefern [108].

Die nachweisbaren Stoffe können durch passive Diffusion aus dem Blut, durch Diffusion aus Schweiß / Talg oder durch äußere Kontamination (z. B. passive Exposition gegenüber Cannabisrauch anderer Konsumenten) in das Haar gelangen, was zu der bedeutenden Frage führt, ob Cannabis tatsächlich selbst konsumiert wurde [109].

Die mangelnde Unterscheidbarkeit, ob ein positives Haartestergebnis auf eine äußere Cannabisrauch-Kontamination oder auf eigenen Cannabis-Konsum zurückzuführen ist, hat für die betroffene Person erhebliche Konsequenzen. Da jedoch THC-COOH nur im Körper gebildet wird und nicht in Cannabisrauch enthalten ist, liefert der Nachweis dieses Metaboliten in der Haarprobe schließlich den Beweis dafür, dass ein persönlicher Konsum stattgefunden haben muss [110].

Der Nachweis von THC scheint zudem von der Konsumart abzuhängen. Wird Cannabis beispielsweise in Form von Keksen gegessen, so lassen sich im

Schnitt noch sechs Tage später Stoffwechsel(end)produkte des THC im Urin nachweisen. In Studien mit chronisch Konsumierenden gab es sogar Fälle, bei denen noch drei Monate nach dem letzten Konsum das Abbauprodukt THC-COOH nachweisbar war.

Die langen Nachweiszeiten werden vor allem dann relevant, wenn Konsumenten ein Fahrzeug im Straßenverkehr führen, denn wer Auto oder Motorrad fährt, hat sicherzustellen, dass keinerlei Beeinträchtigung von etwaigem Cannabis-Konsum ausgeht.

Die Intensität der durch Cannabis hervorgerufenen Wirkung ist von verschiedenen Faktoren abhängig. Während die THC-Konzentration beispielsweise in medizinisch eingesetztem, kontrolliert angebautem Cannabis weitgehend konstant ist, schwankt die THC-Konzentration in Cannabisprodukten, die dem illegalen Anbau entstammen, erheblich. Somit ist es bei illegalem Konsum aus nicht kontrolliertem Anbau praktisch unmöglich, von der konsumierten Cannabismenge Rückschlüsse auf die Menge des aufgenommenen THCs zu ziehen. Ferner führen die interindividuell variierenden Reaktionsintensitäten und Reaktionsweisen zu einem weiteren Unsicherheitsfaktor in Bezug auf die Vorhersehbarkeit der durch Cannabis-Konsum hervorgerufenen Wirkungen.

Hinzu kommen weitere Gefährdungseskalationen durch die Kombination des konsumierten Cannabis mit anderen, gleichzeitig bestehenden Risiken. Beispielhaft seien hier der Co-Konsum sonstiger bewusstseinsverändernder Drogen oder Alkohols im Sinne einer unabsehbaren Wirkungssummutation der resultierenden Auswirkungen auf die Fahrtauglichkeit des Konsumenten erwähnt. Der besonders häufige Konsum von Cannabisprodukten bei Jugendlichen und jungen Erwachsenen [13], die als Fahrzeugführer mit geringer praktischer Erfahrung im Straßenverkehr ohnehin eine Personengruppe mit erhöhter Unfallwahrscheinlichkeit repräsentieren [14], sei hiermit besonders hervorgehoben.

Aus der sozialwissenschaftlichen Forschung ist bekannt, dass für die Mehrheit der jugendlichen Freizeitkonsumenten der Konsum eine vorübergehende entwicklungsbezogene Erscheinung bleibt, die mit zunehmendem Alter weiter in den Hintergrund tritt und völlig verschwindet oder auf Gelegenheitskonsum beschränkt bleibt („weiches“ Konsummuster).

Wird Cannabis dauerhaft und gewohnheitsmäßig über einen längeren Zeitraum regelmäßig konsumiert, kommen oft Alkohol oder andere illegale Drogen (Ecstasy, Speed, LSD) als Mischkonsum hinzu. Die Abhängigkeitsentwicklung steigt mit zunehmendem Mischkonsum [111, 112].

#### 2.5.4.1. Gesetzeslage zu Cannabis-Konsum für Fahrzeugführer im Straßenverkehr in Deutschland

Für viele Cannabis-Konsumenten ist die Gefahr des Entzugs der Fahrerlaubnis mittlerweile von größerer Bedeutung als eine Strafverfolgung. Denn der Inhaber einer Fahrerlaubnis in Deutschland ist grundsätzlich dem behördlichen Generalverdacht ausgesetzt, dass seine psycho-physische Leistungsfähigkeit aufgrund eines aktuellen oder auch länger zurückliegenden Cannabis-Konsums herabgesetzt ist und die Fahreignung deswegen nicht gegeben sein könnte. Die Fahrerlaubnis-Verordnung (FeV) besagt, dass „nicht nur der zum Führen von KFZ ungeeignet [ist], der aktuell unter Drogeneinfluss steht, sondern auch der, bei dem nicht ausgeschlossen werden kann, dass er unter Einfluss entsprechender Substanzen ein Fahrzeug führen wird“ [113].

Bei wiederholtem Führen eines Kraftfahrzeuges mit nachgewiesenem Cannabis-Konsum gilt der Cannabis-Konsumnachweis als Beweis dafür, dass dem Konsumenten ein Trennen zwischen Fahren und Cannabis-Konsum nicht möglich ist. Die Fahrerlaubnisbehörde darf dann ohne weitere Sachverhaltsaufklärung die Fahrerlaubnis gemäß § 11 Abs. 7 FeV entziehen, sofern eine Konzentration nachgewiesen wurde, die es möglich erscheinen lässt, dass der Kraftfahrzeugführer am Straßenverkehr teilgenommen hat, obwohl seine Fahrtüchtigkeit eingeschränkt war. Seitens der Gerichte wird der Beschluss der „Gemeinsamen Arbeitsgruppe für Grenzwertfragen und Qualitätskontrolle“ (sog. Grenzwertkommission) vom 22. Mai 2007 herangezogen, wonach der Grenzwert für die Annahme einer Ordnungswidrigkeit für THC bei 1 ng/ml Blutserum liegt. Zudem gibt es entscheidende Hinweise, dass bei einer THC-Konzentration zwischen 1,0 und 2,0 ng THC je ml Blutserum nicht seltener als bei deutlich höheren THC-Konzentrationen Unfälle nach Cannabis-Konsum verursacht werden [114]. Toxikologische Studien belegen ferner, dass das Rauschgefühl und deutliche Ausfallerscheinungen auch dann noch bestehen können, wenn nur noch

geringfügig oder gar kein THC mehr im Blut nachweisbar ist. Dies ist mit der hohen Lipophilie von THC zu erklären, weshalb die THC- Konzentration im Blut nicht zwingend mit der Konzentration im Gehirn korreliert [115].

Das Bundesverfassungsgericht (BVerfG) hat bisher keinen Mindestwert einer THC-Konzentration hinsichtlich der Beeinträchtigung der Fahrtüchtigkeit aufgrund eines Verstoßes gegen das Trennungserfordernis nach Nr. 9.2.2 der Anlage 4 zur FeV festgelegt, den Wert von 1,0 ng THC je ml Blutserum aber auch nicht beanstandet [116].

Diese Rechtsauffassung gilt grundsätzlich auch für Fahrerlaubnisinhaber, die Cannabis aus medizinischen Gründen nach der geänderten Gesetzeslage seit dem 10.03.2017 auf ärztlichen Rat anwenden, woraus sich ein besonders hohes Maß an Rechtsunsicherheit ergibt.

So besteht derzeit die Rechtsgrundlage, Cannabis-Konsumenten die Fahrerlaubnis dauerhaft zu entziehen, obwohl sie kein Kraftfahrzeug geführt haben und keine Verkehrsgefährdung vorgelegen hat.

Folgende Rechtsgebiete sind durch einen Cannabis-Konsum betroffenen:

- Betäubungsmittelgesetz (BtMG §§ 29ff.)
- Strafgesetzbuch (StGB)
- Ordnungswidrigkeitengesetz (OWiG § 24 a Abs. 2)
- Fahrerlaubnisverordnung (FeV)

Das Bundesverfassungsgericht (BVerfG) stellte zwar fest: "Unstreitig kann Cannabis-Konsum die Fahreignung im Sinne von § 15b StVZO ausschließen", aber ein Führerscheinenzug sei nicht mit dem Grundrecht der allgemeinen Handlungsfreiheit, die auch die Freiheit des Führens von Kraftfahrzeugen einschließt, vereinbar, wenn dieser aufgrund eines einmaligen oder nur gelegentlichen Cannabiskonsums ohne Bezug zum Straßenverkehr erfolge. Es sei auch nicht generell zu befürchten, dass der einmalige oder gelegentliche Cannabis-Konsum die körperlich-geistige Leistungsfähigkeit der Konsumenten anhaltend und in fahreignungsrelevanter Weise mindere [117].

Die Zuständigkeit der jeweiligen Umsetzung liegt bei den Bundesländern. Entsprechend uneinheitlich ist die Rechtsauslegung. Verhaltensweisen und Merkmale, wie Trennung von Konsum und Verkehrsteilnahme, Zugehörigkeit zu einer Risikogruppe, Konsum auch anderer Rauschmittel sowie Konsummuster und Konsumgrade (einmalig, gelegentlich, regelmäßig) werden beim

Fahrerlaubnisrecht mit verschiedenen Rechtsfolgen unterschiedlich berücksichtigt.

Das Oberverwaltungsgericht Nordrhein-Westfalen (OVG) in Münster hat mit seinen Urteilen am 15.03.2017 bestätigt, dass Cannabis-Konsumenten ab einem THC-Wert von 1,0 ng/ml im Serum nicht mehr fähig sind, ein Kraftfahrzeug im Straßenverkehr zu führen [118]. Damit wurde der bis dahin geltende Grenzwert und die bisherige Rechtsprechung bestätigt, wonach bei Überschreitung dieses Grenzwerts von einem fehlenden, aber erforderlichen Trennungsvermögen zwischen dem Cannabis-Konsum und dem Führen von Kraftfahrzeugen auszugehen ist. Das OVG ist dabei der Empfehlung der Grenzwertkommission – einer fachübergreifenden Arbeitsgruppe, paritätisch besetzt von der Deutschen Gesellschaft für Rechtsmedizin, der Deutschen Gesellschaft für Verkehrsmedizin und der Gesellschaft für Forensische und Toxikologische Chemie – nicht gefolgt, den maximalen Grenzwert für die Frage des Trennungsvermögens von 1,0 ng/ml auf 3,0 ng/ml THC im Serum, anzuheben. Hierfür sei ausschlaggebend, dass schon bei einem solchen Wert nicht in jedem Einzelfall mit der erforderlichen Gewissheit ausgeschlossen werden könne, dass Beeinträchtigungen von verkehrssicherheitsrelevanten Fähigkeiten der Betroffenen vorliegen. Nach der Anhörung des vormaligen und des derzeitigen Vorsitzenden der Grenzwertkommission als Sachverständigem habe sich für das OVG kein durchgreifender Grund für eine abweichende Gefährdungseinschätzung ergeben. Das gelte ungeachtet des von den Gutachtern dargestellten Umstandes, dass ein Wert von 1,0 ng/ml THC im Serum in Abhängigkeit vom individuellen Konsumschema gegebenenfalls auch nach einer längeren, also mehrtägigen, Abstinenz auftreten kann und dem Betroffenen eine Nachwirkung in solchen Fällen nicht notwendigerweise bewusst sein muss [118].

Von den fahrerlaubnisrechtlichen Fragen losgelöst findet das Ermittlungs- und Strafverfahren nach dem Betäubungsmittelgesetz (BtMG) statt. Demnach sind die ermittelnden Behörden regelmäßig verpflichtet, der zuständigen Fahrerlaubnisbehörde nach Einleitung des Ermittlungsverfahrens die Einleitung,



den weiteren Fortgang und den Abschluss eines Ermittlungs- und Strafverfahrens nach dem BtMG mitzuteilen [79].

Somit setzt mit Einleitung des Ermittlungsverfahrens regelmäßig auch schon die Zuständigkeit der Fahrerlaubnisbehörde bezüglich etwaiger Fahreignungsüberprüfungs- und Fahrerlaubnisentziehungsmaßnahmen ein.

Hat ein Fahrerlaubnisinhaber unter nicht nur geringfügigem Einfluss von THC (und/oder anderen berauschenden Substanzen) ein Kraftfahrzeug geführt, so sind ferner die diesbezüglichen Vorschriften des Strafgesetzbuches anzuwenden. Gemäß § 315c Abs. 1 Ziff. 1a StGB sowie § 316 StGB ist dabei eine Wirkstoffgrenze für die Festlegung der absoluten Fahruntüchtigkeit nicht normiert. Im Einzelfall muss die Feststellung der Fahruntüchtigkeit anhand der Beweisanzeigen durchgeführt werden (Vgl. BGH 44, 219 = NStZ-RR 01, 173; OLG München, NZV 06, 274 für Cannabis). Dabei kommt es nicht darauf an, ob Fahrfehler festgestellt werden konnten [79].

Bereits Auffälligkeiten zum Verhalten des Fahrzeugführers bei der Verkehrskontrolle, wie z. B. verwaschene Sprache, verlangsamte oder unsichere Bewegung, Nervosität, unvermittelte Reaktionen, gerötete Augen, erweiterte Pupillen können einen direkten Bezug auf eine Beeinträchtigung der Fahrtüchtigkeit zulassen [119, 120]. Dabei ist im Einzelfall entscheidend, ob es sich bei den Auffälligkeiten nur um allgemeine Merkmale des Drogenkonsums handelt, welche zur Feststellung einer Fahruntüchtigkeit nicht ausreichen, oder ob es sich tatsächlich um Hinweise handelt, die die Einschränkung der psychophysischen Leistungsfähigkeit nahelegen.

Die Fahrerlaubnis wird nach § 69 StGB regelmäßig entzogen, wenn es zu einer Verurteilung nach § 315c; 316 StGB kommt. Für die Wiedererteilung der Fahrerlaubnis nach § 69a Abs. 1 StGB ist eine Sperrfrist zwischen 6 Monaten und 5 Jahren festzusetzen, nach deren Ablauf zunächst die Vorlage einer medizinisch-psychologischen Untersuchung (MPU), mit welcher der Verurteilte seine Fahreignung nachzuweisen hat, vorzulegen ist.

Die weitaus häufigsten Fälle betreffen Tatbestände nach § 24a Abs. 2 StVG mit ausschließlicher Feststellung einer Wirkstoffkonzentration von 1,0 ng THC oder mehr je ml Blutserum beim Führen eines Kraftfahrzeuges. Hiernach können Kraftfahrzeugführer bei erstmaligem Vergehen mit einem Bußgeld von 500 Euro und einem Fahrverbot von einem Monat belegt werden, ohne dass



Fahrauffälligkeiten, Fahrfehler oder gar Unfallbeteiligung vorliegen. Die Fahrerlaubnisbehörde leitet aufgrund dieser Feststellungen das Fahrerlaubnisentziehungs- und ggf. ein Fahreignungsüberprüfungsverfahren ein.

Ein Nachweis des Unvermögens des Trennens zwischen dem Konsum von Cannabis (-derivaten) und dem Führen von Kraftfahrzeugen ist aus Sicht der höchstrichterlichen Rechtsprechung regelmäßig dann erbracht und ist für die Fahrerlaubnisbehörden bereits dann erfüllt, wenn zu einem Fahrerlaubnisinhaber zwei unabhängig voneinander stattgefunden Konsumakte von Cannabisderivaten und einer Kraftfahrzeugfahrt nach § 24a Abs. 2 StVG festgestellt, oder wenn ein zusätzlicher Gebrauch von Alkohol oder anderen psychoaktiv wirkenden Stoffen vorliegt.

Erlangt die zuständige Fahrerlaubnisbehörde Kenntnis davon, dass ein Fahrerlaubnisinhaber regelmäßig, also täglich oder nahezu täglich, Cannabisderivate konsumiert, so kann die Fahrerlaubnis wegen Annahme der Ungeeignetheit auch ohne Verkehrsbezug entzogen werden. Nach ständiger Rechtsprechung des Bundesverwaltungsgerichts (BVerwG) ist regelmäßiger Cannabiskonsum eignungs ausschließend (§ 11 Abs. 7 FeV) und führt, ohne vorheriges medizinisch-psychologisches Gutachten zur Untersuchung der Fahreignung, zum sofortigen Entzug der Fahrerlaubnis. Dabei kommt es nicht darauf an, ob dieser Konsum aktuell noch stattfindet. Es reicht aus, wenn bis zu 10 Jahren zurückliegend ein solcher Konsum stattgefunden hat. Nach Entzug der Fahrerlaubnis ist regelmäßig ein Jahr Abstinenz nachzuweisen, wonach vor Wiedererteilung der Fahrerlaubnis eine medizinische-psychologische Untersuchung den Nachweis der wiedererlangten Fahreignung festzustellen hat [121].

Abstinenz kann so durch Analyse von THC-COOH im Urin festgestellt werden, während die THC-Analyse im Blut verwendet wird, um eine aktuell wirksame Exposition zu ermitteln. Verschiedene Verkehrssicherheitsstudien zeigen, dass ein zeitlich zum Fahren eines Kraftfahrzeuges naheliegender Konsum das Unfallrisiko mindestens verdoppelt und der gleichzeitige Alkoholkonsum dieses Risiko um den Faktor 14 erhöht. Erwähnt sei hier, dass seit 2009 auch wiederholt synthetische Cannabinoide auf dem illegalen Drogenmarkt angeboten werden. Der Wirkmechanismus ist mit dem von THC vergleichbar,

jedoch unterscheidet sich ihre Pharmakokinetik durch eine höhere Affinität zu den Cannabinoid-Rezeptoren und ihre Metabolisierung zu mehreren Derivaten, von denen die meisten stärker wirken als THC selbst [39].

#### 2.5.5. Entzugsbehandlung bei Cannabis-Abusus in Deutschland

Die Deutsche Suchthilfestatistik (DSHS) fasst jährlich die Ergebnisse zur Dokumentation im Bereich der Suchthilfe zusammen. Der aktuell verfügbare Bericht basiert auf den Daten des Jahres 2018 von 861 ambulanten und 137 stationären Einrichtungen. 325.052 ambulante Betreuungen und 31.188 stationäre Behandlungen wurden durchgeführt.

Cannabinoid-Abusus ist sowohl im ambulanten, wie im stationären Versorgungsbereich die zweithäufigste (nach Alkohol) vertretene Suchttherapie-Indikation.

Das Durchschnittsalter aller behandelten Personen liegt ambulant bei 39 Jahren und stationär bei 42 Jahren. Bei der Betrachtung der verschiedenen suchtauslösenden Substanzen zeigt sich eine erhebliche Variation des durchschnittlichen Alters. So sind die 31.912 behandelten Personen mit Störungen aufgrund des Konsums von Cannabinoiden die durchschnittlich Jüngsten (ambulant: 25 Jahre; stationär: 29 Jahre). Die Geschlechterverteilung ist 5 (männlich) : 1 (weiblich).

Im ambulanten Therapiebereich betrug die durchschnittliche Konsumhäufigkeit der 28.717 Behandelten 18,3 Tage je Monat. 26% konsumierten zusätzlich Tabak, 22% Alkohol, 19% Stimulanzien, 8% Kokain, 2% Opiode. Die Einleitung von Therapiemaßnahmen wurde in 39% selbst, in 23% durch Polizei/Justiz/Bewährungshilfe initiiert.

Die Maßnahmen wurden von 67% der Behandelten in durchschnittlich 166 Tagen planmäßig beendet. Bei 60% hatte sich die Suchtproblematik gebessert.

Im stationären Therapiebereich betrug die durchschnittliche Konsumhäufigkeit der 3.195 Behandelten 16 Tage je Monat. 63% konsumierten zusätzlich Tabak, 43% Alkohol, 44% Stimulanzien, 21% Kokain, 6% Opiode. Die Einleitung von Therapiemaßnahmen wurde in 54% durch eine ambulante

Selbsthilfeeinrichtung, in 10% durch eine stationäre Selbsthilfeeinrichtung, in 10% durch eine psychiatrische Klinik initiiert.

Die Maßnahmen wurden von 71% in durchschnittlich 103 Tagen planmäßig beendet. Bei 60% hatte sich die Suchtproblematik gebessert.

Die Behandlungsmaßnahmen verteilen sich wie folgt:

22,2% ambulante Einrichtungen

12,2% stationäre Rehabilitationseinrichtungen

10,7% niedrigschwellige Hilfen

7,3% ambulante medizinische Rehabilitation

5,2% (Reha-)Nachsorge

13,3% Adaption

15,2% Ambulant betreutes Wohnen

Oft kommt zum Cannabis-Konsum der Konsum weiterer Drogen hinzu. Hier seien vor allem der Konsum von Tabak (ambulant: 26%, stationär: 63%), Alkohol (ambulant: 22%, stationär: 43%), Stimulanzen (ambulant: 19%, stationär: 44%) und Kokain (ambulant: 8%, stationär: 21%), aber auch Opioiden (ambulant: 2%, stationär: 6%) erwähnt. Im stationären Bereich weisen zudem 4% eine zusätzliche Glücksspielproblematik und 2% eine exzessive Mediennutzung auf (ambulant jeweils 1%).

Neben der Lebens- und Familiensituation liefern auch Informationen zu Begleiterkrankungen, Schulabschluss, Wohnsituation und Migrationshintergrund wichtige Hinweise über die betreute/behandelte Person [122].

Nach einer eventuell erforderlichen Entgiftung steht die Behandlung der psychischen Abhängigkeit therapeutisch im Vordergrund. Wichtig hierbei ist insbesondere, Verhaltensänderungen in Einzel- und Gruppentherapie zu bewirken und nach Abschluss der Therapiemaßnahmen die Patienten einer ambulanten Nachsorge oder auch einer Selbsthilfegruppe zur Rückfallprävention zuzuführen.

Die Kosten für die Therapie von Berufstätigen zahlt im Normalfall die Rentenversicherung, um eine Berufsunfähigkeit zu verhindern. Bei Schülern zahlen dagegen meist die Krankenversicherungen, wobei allerdings private Krankenversicherungen oft Suchttherapien von ihren Leistungen ausschließen.

Eine Suchtberatungsstelle aufzusuchen, stellt für viele Betroffene und Angehörige eine erhebliche Hemmschwelle dar. Daher bieten Online-Interventionen Möglichkeiten, auch auf anderen Wegen Zugang zu Hilfsangeboten zu bekommen. Beispiele hierfür sind:

- Quit-the-Shit (<https://www.quit-the-shit.net/qts/fwd/public/programm.do>)(X)
- CANreduce (<https://www.canreduce.ch/>)(X)
- Drugcom (<https://www.drugcom.de/>)(X)
- Realize-it (<https://www.realize-it.org/das-programm>)(X)

Eventuell ist auch eine temporäre oder dauerhafte medikamentöse Begleittherapie hilfreich.

Zur psychischen Stabilisierung erreichter Verhaltensveränderungen ist auch auf die Mitbehandlung von bestehenden Begleiterkrankungen zu achten. Viele der Cannabisabhängigen leiden gleichzeitig an psychischen Erkrankungen wie Depressionen, Angststörungen oder Persönlichkeitsstörungen [122].

#### 2.5.6. Cannabis zu medizinischen Zwecken

Die medizinische Verwendung von Cannabis ist mehrere tausend Jahre alt, was sowohl durch archäobotanische Beweise von Cannabisfunden, als auch durch schriftliche Aufzeichnungen in alten Texten der ayurvedischen Medizin (etwa 8. Jahrhundert v. Chr.) und die chinesische, medizingeschichtliche Abhandlung über Therapieverfahren und Heilpflanzen "Shen-nung pen-ts'ao ching" (7.-5. Jahrhundert v. Chr.) bestätigt wird. Insbesondere die beschriebenen entzündungshemmenden, antiseptischen und krampflösenden Eigenschaften dienten lange als Indikation für den therapeutischen Einsatz [123].

Nachdem Cannabis 1929 vom deutschen Reichstag im Rahmen des geänderten Opiumgesetzes endgültig verboten wurde und der Hauptwirkstoff Tetrahydrocannabinol (THC) gemäß der Einheitlichen Konvention der Vereinten Nationen über Suchtstoffe als illegale Droge aufgeführt wurde, war es zwar in Apotheken weiter erhältlich, Bedeutung und Einsatz als Arzneimittel nahmen jedoch immer weiter ab.

Der Konflikt der Wirkung einerseits und des Verbotes andererseits hat in den vergangenen Dekaden eine intensive Debatte zwischen Regierungen,

Aufsichtsbehörden, Strafverfolgungsbehörden, Ärzten und Patienten darüber ausgelöst, Cannabinoide, deren Herstellung, Besitz und Verwendung illegal ist, zu legalisieren. Eine eindeutige Liste von Indikationen mit Wirksamkeitsnachweisen cannabisbasierter Medikamente existierte nicht. Es oblag somit lange Zeit den Ärzten, zu entscheiden, unter welchen Umständen sie Cannabis verordneten und welche Patienten möglicherweise von der Behandlung profitieren würden [124].

Die Rolle des Einsatzes von Cannabis zu therapeutischen Zwecken in der Medizin entwickelte sich allerdings zunehmend seit Entdeckung des Endocannabinoidsystems in den 90er Jahren rasant und medizinisches Cannabis ist mittlerweile in vielen Staaten legalisiert. Insbesondere die Cannabinoide THC und CBD wurden bei der Entwicklung von durch die US-Arzneimittelbehörde FDA inzwischen zugelassenen Arzneimitteln verwendet. Aufgrund des komplizierten rechtlichen Status von Cannabis und Cannabinoiden sowie der von Staat zu Staat unterschiedlichen Vorschriften, ist die angemessene Verwendung dieser Substanzen sowohl für Patienten als auch für Ärzte häufig unklar [125].

Mit Inkrafttreten des „Gesetz zur Änderung betäubungsmittelrechtlicher und anderer Vorschriften“ am 10. März 2017 wurde u. a. auch in Deutschland die Versorgung mit nicht arzneimittelrechtlich zugelassenen, cannabishaltigen Arzneimitteln mittels ärztlicher Verordnung auf einem Betäubungsmittelrezept zulasten der gesetzlichen Krankenversicherung ermöglicht (Gesetz zur Änderung betäubungsmittelrechtlicher und anderer Vorschriften vom 06.03.2017. BGBl 2017, 11:403-406) [12].

Das bis dahin praktizierte Verfahren, dass Patienten bei der Bundesopiumstelle des Bundesinstituts für Arzneimittel und Medizinprodukte (BfArM) eine Ausnahmeerlaubnis nach § 3 Abs. 2 Betäubungsmittelgesetz (BtMG) zum Erwerb einer standardisierten Cannabisextraktzubereitung oder von Medizinal-Cannabisblüten zur Anwendung im Rahmen einer ärztlich begleiteten Selbsttherapie beantragen müssen, entfällt seitdem.

Mit Inkrafttreten des Gesetzes hat das Bundesinstitut für Arzneimittel und Medizinprodukte (BfArM) eine Cannabisagentur eingerichtet, die auch den Anbau von Cannabis zu medizinischen Zwecken in Deutschland steuern und kontrollieren wird.

Entsprechend dürfen Cannabisarzneimittel als Medizinal-Cannabisblüten oder Cannabisextrakt in pharmazeutischer Qualität im Einzelfall unter bestimmten Voraussetzungen auch als off-label-Verordnung ärztlich rezeptiert werden.

Nach § 31 Abs. 6 SGB V haben schwerwiegend Erkrankte gesetzlich Krankenversicherte Anspruch auf die Versorgung mit Arzneimitteln auf Cannabisbasis, wenn eine allgemein anerkannte, dem medizinischen Standard entsprechende Leistung, nicht zur Verfügung steht oder diese im Einzelfall nicht zur Anwendung kommen kann und eine realistische Aussicht auf eine spürbar positive Einwirkung auf den Krankheitsverlauf oder auf schwerwiegende Symptome besteht.

Im Gesetz wurde darauf verzichtet, einzelne Indikationen sowie den Begriff „schwerwiegende Erkrankung“ für die Verordnungsfähigkeit von cannabishaltigen Arzneien weiter auszuführen.

Die Krankenkassen weisen darauf hin, dass die Kosten für cannabishaltige Arzneimittel nur dann erstattet werden, wenn der beabsichtigte Zweck nicht auf andere Weise erreicht werden kann, etwa durch ein Arzneimittel, das kein Betäubungsmittel ist und andere Therapieformen nicht geeignet sind. Des Weiteren sind die Krankenkassen der Ansicht, dass vor dem Einsatz von cannabishaltigen Arzneimitteln zugelassene Behandlungsmöglichkeiten ausgeschöpft sein müssen [126].

Dabei ist der aktuelle Kenntnisstand zu Cannabinoiden als Arzneimittel bisher nur für wenige Indikationen mit hinreichend aussagekräftigen Studien nachgewiesen.

Um die insgesamt eher schwache wissenschaftliche Studienlage zu verbessern, führt die Bundesopiumstelle des BfArM eine Begleiterhebung zur Anwendung von Cannabisarzneimitteln durch. So muss jeder verordnende Arzt, nach vorangegangener Patienteninformation, die i. R. der Patientenversorgung gemachten medizinischen Erfahrungen ein Jahr nach dem Behandlungsbeginn (oder bei Abbruch der Behandlung) in anonymisierter Form berichten.

Um den Stand der wissenschaftlichen Erkenntnisse zusammenzufassen, hat das Bundesgesundheitsministerium die Ermittlung des Fachwissensstandes in Auftrag gegeben. Das 2016 gestartete Projekt "Cannabis: Potenziale und Risiken: eine wissenschaftliche Analyse" (CaPRis) zielte darauf ab, das Potenzial von medizinischem Cannabis und die Risiken von Cannabis zu

analysieren. Diese Expertise wurde gemäß dem Manual für die Durchführung von systematischen Literaturrecherchen des Deutschen Cochrane-Zentrums (v.a. dem „Cochrane Handbook of Systematic Reviews“), der Arbeitsgemeinschaft wissenschaftlicher Medizinischer Fachgesellschaften, des Institutes für Medizinisches Wissensmanagement und des Ärztlichen Zentrums für Qualität in der Medizin durchgeführt und erstellt. Eine Suche nach systematischen Reviews (SRs) und randomisierten kontrollierten Studien (RCTs) wurde in fünf internationalen Datenbanken für den Veröffentlichungszeitraum 2006-2017 durchgeführt. Für die medizinische Verwendung von Cannabis wurden 16 SRs (von 186 RCTs) aus einer globalen Suche und neun weitere RCTs aus einer De-novo-Suche einbezogen. Alle Studien wurden methodisch bewertet. Bei Patienten mit chronischen, neuropathischen, entzündungsbedingten und rheumatischen Schmerzen, wozu insbesondere muskuloskelettale- und Rückenschmerzen sowie Spastik aufgrund von Multipler Sklerose gehören, wurde ein ausreichender Nachweis der Wirksamkeit für die Gabe von Cannabis, zusätzlich zur bestehenden Schmerztherapie, gefunden.

Ebenso konnten auch Vorteile für die Appetitanregung, die Verbesserung von Übelkeit und die Gewichtszunahme bei einer Chemotherapie, HIV / AIDS oder in der Palliativversorgung sowie zur Senkung des Augeninnendrucks/Glaukom ermittelt werden. Die FDA hat kürzlich Epidiolex TM (Cannabidiol) für die Behandlung zweier seltener, schwerer, kindlicher Epilepsie-Formen (Lennox-Gastaut-Syndrom und Dravet-Syndrom) die Zulassung erteilt. Für andere körperliche oder psychische Störungen (z. B. bei therapieresistentem Tourette-Syndrom, Psychosen, Anorexia Nervosa, posttraumatische Belastungsstörungen, Entzug bei Abhängigkeitserkrankungen) liegen zu wenige, zu kleine oder gar keine kontrollierten Studien am Menschen vor, um Therapieempfehlungen abzuleiten [74, 127, 128].

Als unkomplizierte Nebenwirkungen der Cannabismedizin treten häufig, meist vorübergehend, Schwindel, Sedierung, Benommenheitsgefühl, Schläfrigkeit, Antriebslosigkeit, Einschränkungen der Aufmerksamkeit, Konzentration sowie Lern- und Denkfähigkeit, Mundtrockenheit, Übelkeit, Erbrechen, Verschlechterung der Stimmungslage auf, die jedoch als sehr unangenehm empfunden werden und oft zu Therapieabbrüchen führen.



Seltener kann es zu Ataxie und Tremor, zum Verlust der zeitlichen, räumlichen und persönlichen Orientierung oder zu somatischen Einflüssen wie Tachykardie, Hypotonie, Mundtrockenheit, Störungen der Thermoregulation und der endokrinen Funktionen als Korrelat vegetativer Einflüsse kommen. Vereinzelt wird Depersonalisation beobachtet. Panik-, Angst- und psychotische Störungen können begünstigt und hervorgerufen werden. Sehr selten treten Halluzinationen auf, umstritten ist das Auftreten von sogenannten *Flashbacks*. Sehr selten können schon geringe Mengen zu Angst- und Erregungszuständen sowie Bewegungsunfähigkeit führen. Schwerwiegende Nebenwirkungen werden nur in Einzelfällen berichtet [128].

Es bestehen keine Hinweise, dass Cannabinoide teratogen sind, trotzdem sollten Schwangere und Stillende darauf verzichten, da Schäden am ungeborenen oder gestillten Kind nicht sicher ausgeschlossen sind.

Um verlässliche Behandlungsempfehlungen für Ärzte und Patienten bereitzustellen, sind größere RCTs mit Follow-up-Bewertungen, konsistenten Ergebnismaßen und aktiven Vergleichen erforderlich.

Wie ein Mensch auf Cannabis reagiert, ist individuell sehr unterschiedlich und hängt von verschiedenen Faktoren wie Stimmungslage, Konsumart, Konsumerfahrung, Situation, Menge und Stärke des aufgenommenen THC ab. Klar ist, dass der Gebrauch von Cannabis gesundheitliche, psychische und soziale Risiken birgt – besonders für Jugendliche, deren Hirnentwicklung noch nicht abgeschlossen ist.

Cannabis ist somit kein harmloses Arzneimittel. Die evidenzbasierten Fakten zeigen, dass der therapeutische Nutzen das Risiko für körperliche und vor allem für psychische Störungen zumindest vorübergehend erhöhen, bei Jugendlichen die Hirnleistung beeinträchtigen und zu einer Abhängigkeit führen kann [74, 127].

In Deutschland können verordnungsfähige medizinische Cannabinoide entweder pflanzlichen, halbsynthetischen oder synthetischen Ursprungs sein und als Monosubstanzen oder in Kombination eingesetzt werden.

Die Verabreichung kann auf verschiedene Weise erfolgen, z. B. rauchen, verdampfen, essen (Kekse), trinken (Tee) und topisch. Der Verabreichungsweg beeinflusst die Resorption von THC und CBD und damit den Beginn, die



Intensität und die Dauer der klinischen Wirkung. Die höchsten THC-Blutspiegel werden innerhalb von 30 Minuten erreicht und fallen innerhalb von 1 bis 3,5 Stunden ab, wenn Cannabis geraucht wird.

Im Gegensatz dazu werden die höchsten THC-Blutspiegel über den Magen-Darm-Trakt innerhalb von 30 Minuten bis 2 Stunden erreicht und können 5 bis 8 Stunden anhalten. Die sublinguale Gabe von THC und CBD über die Mundschleimhaut verhindert den First-Pass-Metabolismus in der Leber, aber die maximalen THC- und CBD-Konzentrationen im Serum werden erst 1 bis 8 Stunden nach der Verabreichung erreicht [59].

Die Elimination von THC und seiner vielen Metabolite erfolgt über Urin und Stuhl. Die Metabolite bleiben mehrere Wochen in Urin und Stuhl nachweisbar. Bei Verabreichung über den Magen-Darm-Trakt unterliegt die Resorption von Cannabinoiden einem hohen hepatischen First-Pass-Effekt. Die pharmakokinetisch-pharmakodynamische Modellierung mit Plasma-THC gegenüber kardialen und psychotropen Effekten zeigt, dass die Intensität der Wirkung nach Erreichen des Gleichgewichts proportional zum Plasma-THC-Profil ist [74, 129].

Bezüglich eventueller Wechselwirkungen ist zu beachten, dass THC und CBD, wie zahlreiche andere Arzneimittel auch, über das Cytochrom P450 (CYP450)-System metabolisiert werden. Potenziell interagieren die Arzneimittel miteinander, sodass möglicherweise ihre Dosierungen zur Erhaltung der Wirksamkeit bzw. zur Vermeidung von Nebenwirkungen entsprechend anzupassen sind. Insbesondere ist während der Dosisanpassung der cannabishaltigen Arzneimittel auf den Patienten erhöhte Aufmerksamkeit geboten [130].

In Deutschland sind Cannabinoide über Apotheken gemäß der ärztlichen Verordnung z. B. als eine der zahlreichen verschiedenen Cannabis-Medizinalblütensorten (mit unterschiedlichem THC- und CBD-Gehalt) gemäß Neuem Rezeptur-Formularium (NRF), als Fertigarzneimittel (Mundspray, Kapseln oder orale Lösung; Sativex® und Canemes®) oder als Rezepturarzneimittel (Dronabinol) erhältlich. Es gibt keine etablierten Dosierungsregimes für gerauchtes/ vaporisiertes Cannabis und Cannabisöl. Die

Höchstverordnungsmenge an Cannabis-Medizinalblüten beträgt 100 g für 30 Tage, unabhängig vom THC-Gehalt.

Bei Cannabissorten für die medizinische Nutzung ist für die Risiko-/ Nutzenbewertung von Cannabispräparaten auch deren Gehalt an dem Cannabinoid Cannabidiol (CBD) zu berücksichtigen, welches teilweise den Effekten von THC entgegenwirkt [131].

Die monatlichen Therapiekosten von Cannabis sind abhängig von der Wahl des Produktes (cannabishaltige Fertigarzneimittel oder Cannabis-Medizinalblüten) und von der verordneten Tagesdosierung und betragen zwischen ca. 400 und 3.500 Euro.

Studien haben bisher keinen Zusammenhang zwischen dem Einsatz von Cannabinoiden zu therapeutischen Zwecken und einer Zunahme von Kraftfahrzeugunfällen oder Verkehrstoten hierdurch nachweisen können [132, 133]. Entsprechende Warnhinweise werden den Patienten übermittelt.

#### 2.5.6.1. Cannabis als Arzneimittel bei Fahrzeugführern im Straßenverkehr

Der Umsatz mit Medizinal-Cannabis ist in den vergangenen Jahren kontinuierlich gestiegen. Zwischen Januar und Oktober 2019 erhöhte sich der Umsatz von rund 8,2 Millionen auf rund 12,4 Millionen Euro bzw. um etwa 52%.

Es wird davon ausgegangen, dass der Bedarf an Medizinal-Cannabis auch zukünftig aus dem geplanten Anbau in Deutschland sowie über Importe gedeckt werden kann. Medizinal-Cannabisblüten werden derzeit aus den Niederlanden, Kanada und Portugal, Cannabisextrakte aus Kanada importiert.

Der Wirkstoff des Fertigarzneimittels Sativex® wird in Großbritannien produziert, für Canemes® sind Wirkstoffhersteller in Deutschland und Österreich gemeldet [134].

Patienten, die zu medizinischen Zwecken mit cannabishaltigen Arzneimitteln bestimmungsgemäß behandelt werden, dürfen, wie bei der Einnahme jedes anderen psychoaktiven Medikamentes, am Straßenverkehr teilnehmen und Fahrzeuge führen, sofern sie in ihrer Fahrtüchtigkeit nicht eingeschränkt sind und sie das Fahrzeug sicher führen können. Patienten droht folglich keine

Sanktion nach der Straßenverkehrsordnung (StVO), wenn Cannabis bestimmungsgemäß und bei definierter Indikation angewandt wird.

Die bestimmungsgemäße Einnahme betrifft die ärztlich verordnete Dosierung. Darüber hinaus erfolgende Einnahmen gelten als illegaler Konsum, wodurch die Fahreignung ausgeschlossen ist.

Somit ist jeder mit cannabishaltigen Medikamenten behandelte Patient vor Antritt einer Fahrt zur eigenverantwortlichen Prüfung und Sicherstellung seiner Fahrtüchtigkeit verpflichtet. Bei z. B. physischen oder psychischen Ausfallserscheinungen ist eine Fahrtüchtigkeit nicht gegeben und eine dennoch erfolgende Bedienung eines Fahrzeuges wäre nach § 315c StGB eine Straftat und als solche zu ahnden. Ein Grenzwert für die THC-Konzentration im Blut ist für Patienten nicht festgelegt. Obwohl Patienten keinen Nachweis der ärztlichen Verordnung mitführen müssen, ist dies beim Führen eines Fahrzeugs ratsam (Kopie des Betäubungsmittelrezeptes oder eine ärztliche Bescheinigung) [135].

## 3. Material und Methoden

### 3.1. Material

#### 3.1.1. Beschreibung der anonymisierten Ausgangsdaten

Die forensische Toxikologie am Institut für Rechtsmedizin der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf besitzt eine seit 1995 geführte Datenbank mit polizeilichen Informationen zu rund 17.000 Fällen von Cannabis-Konsum im Zusammenhang mit Fahrauffälligkeiten im Straßenverkehr. Die Daten wurden personenbezogen erhoben, dem Doktoranden jedoch anonymisiert zur Verfügung gestellt. Das Datenschutzgesetz NRW wird berücksichtigt. Die Daten stammen von abgeschlossenen, im Auftrag der Polizei oder Staatsanwaltschaft durchgeführten Untersuchungen. Es wurden keine neuen, personenbezogenen Daten erhoben. Eine Rückverfolgung der anonymisiert zur Verfügung gestellten Daten zu einer Person ist mir als Doktorand nicht möglich. Es wurden keine Ergebnisse erarbeitet, die für einzelne Personen, deren von der Polizei erhobene Daten im Rahmen der Studie ausgewertet wurden, von individuellem Belang wären.

Ein zustimmendes Votum der Ethikkommission der medizinischen Fakultät Düsseldorf liegt vor (Studiennummer: 5786).

#### 3.1.2. Selektion der zu betrachtenden Datenteilmenge anhand der Ein- und Ausschlusskriterien

Das Einschlusskriterium besteht in der Dokumentation von Fahrauffälligkeiten (Fälle) bzw. keine Fahrauffälligkeiten (Kontrolle) in Einheit mit dem Nachweis des Cannabiswirkstoffs THC und seiner Metabolite 11-OH-THC und THC-COOH im Blut des Fahrzeugführers. Berücksichtigung finden in dieser Auswertung nur diejenigen Konsumenten, die als Kraftfahrzeugführer am Straßenverkehr teilnahmen und neben dem Konsum von Cannabis keinen Alkohol getrunken bzw. keinen anderen, nachgewiesenen Ko-Konsum von bewusstseinsverändernden Substanzen betrieben haben. Dies dient dem Ziel, tatsächlich die isolierte Beeinflussung durch Cannabis sicherer ermitteln zu können und Störfaktoren, die auf einen anderen Wirkstoff oder auf eine Interaktion mehrerer Wirkstoffe zurückzuführen sind, auszuschließen.

Hinsichtlich des Alkoholkonsums wurde eine Blutalkoholkonzentration von  $\geq 0,1\%$  als Ausschlusskriterium festgelegt.

## 3.2. Methoden

### 3.2.1. Probengewinnung und Laboranalyse

Die Veranlassung zur Probengewinnung (Blutabnahme) erfolgte durch die Polizei und wurde entweder im Krankenhaus oder durch geschultes Personal der Polizei durchgeführt. Voraussetzung für die Zuverlässigkeit der Daten und die Möglichkeit, Rückschlüsse auf die Cannabiskonzentration und die Konzentration seiner Metabolite zum Tatzeitpunkt zu ziehen, ist eine möglichst kurze Latenzzeit zwischen der vorgefallenen Verkehrsunsicherheit/Fahrauffälligkeit und der Blutentnahme. Um die Zulässigkeit der Korrelation zwischen einem Verkehrsvergehen und den anschließend analytisch ermittelten Konzentrationen von THC und seinen Metaboliten sicherzustellen, wurden nur diejenigen Fälle einbezogen, bei denen zwischen dem Vergehen im Straßenverkehr und der Gewinnung der Blutprobe nicht mehr als 2 Stunden vergangen waren. Die laboranalytische Auswertung und Ermittlung der Konzentrationen an THC, 11-OH-THC und THC-COOH erfolgte mittels Massenspektrometrie.

### 3.2.2. Definitionen

#### 3.2.2.1. von Fahrunsicherheiten

Im Rahmen der Auswertung der polizeilichen Daten wurden die unterschiedlichen Fahrauffälligkeiten/Fahrunsicherheiten in der Datenbank kategorisiert. Dies dient dem Zweck, die verschiedenen Wirkungen von Cannabis deutlich machen zu können. So liegen beispielsweise dem zu schnellen versus zu langsamen Fahren grundlegend verschiedene Wirkungen des Cannabis zugrunde. Während zu schnelles Fahren eher auf eine Selbstüberschätzung durch euphorisierende Wirkung und mangelnde Würdigung der Umwelt (andere Verkehrsteilnehmer, Witterungseinflüsse, etc.) zurückzuführen ist und somit mit einer erhöhten Risikobereitschaft einhergeht,

steht beim zu langsamen Fahren die sedierende Wirkung und möglicherweise eine motorische Unsicherheit beim Umsetzen der „Fahrbefehle“ im Vordergrund. Folgende Kategorisierung und Codierung wurde in der Datenbank verwendet:

Codierung	Vorfall
10	Beinahe Unfall
11	Leichter Unfall
12	(sehr) schwerer Unfall
13	Unverschuldeter Unfall
21	Leichtes Schlangenlinienfahren
22	Starkes Schlangenlinienfahren
23	Fehler in der Fahrzeugbedienung
24	Falsche Beleuchtung
25	Andere auffällige Fahrweise
31	Rotlichtverstoß
32	Vorfahrtmissachtung
33	Zu schnelles Fahren
34	Zu langsames Fahren
35	Falsches Überholen
36	Andere StVG-Verstöße (ohne Verstöße gegen § 24a (2) StVG)
41	Sichere Fahrweise (trotz Cannabiskonsums); „Kontrollgruppe“; die Blutentnahme wurde i.d.R. wegen des Anfangsverdachts eines Verstoßes gegen § 24a StVG angeordnet.

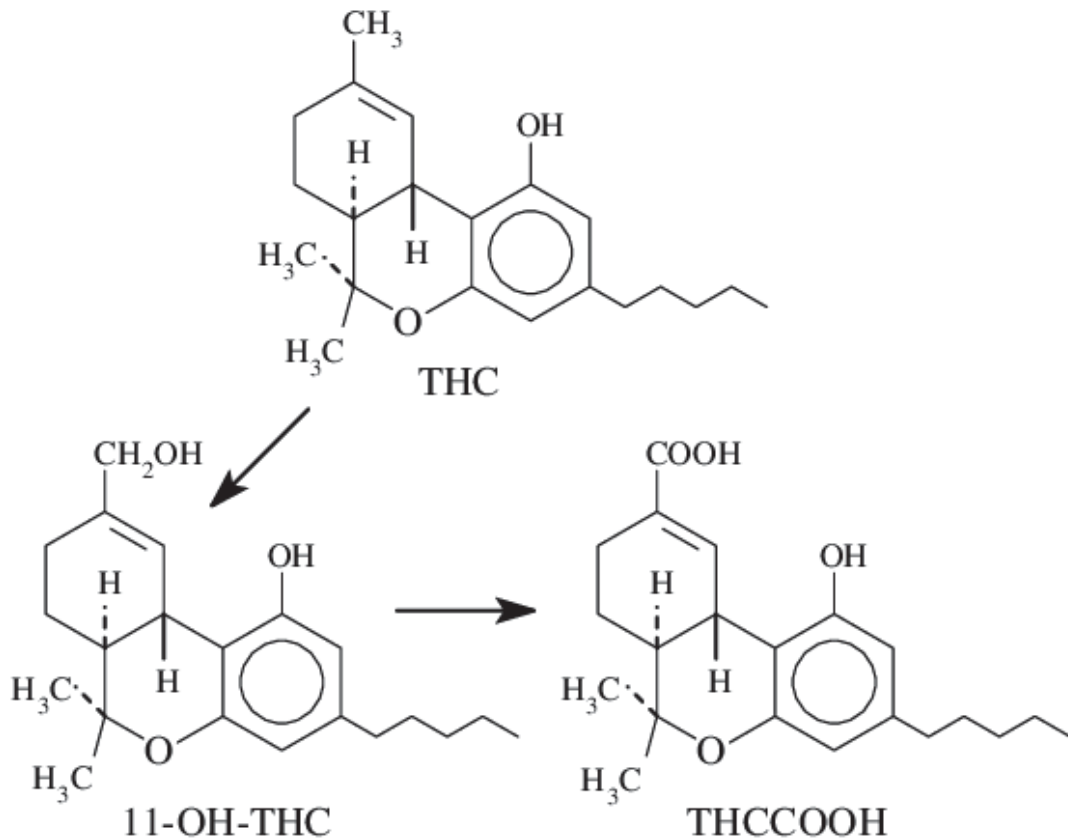
**Tabelle 1: Auflistung der Vorfallskategorien in der Datenbank mit numerischer Codierung**

#### 3.2.2.2. von Fahrzeugführern

Als Fahrzeugführer gelten im Rahmen dieser Dissertation alle diejenigen Teilnehmer am Straßenverkehr, die ein Kraftfahrzeug auf öffentlichen Straßen selbsttätig führten.

### 3.2.2.3. des THC und seiner Metabolite

Im Fokus der Betrachtung steht in dieser Dissertation die Wirkung des Cannabiswirkstoffs Tetrahydrocannabinol (THC, exakte Bezeichnung **(-)- $\Delta^9$ -trans-Tetrahydrocannabinol**) und seiner Metaboliten auf die Fahrtüchtigkeit von Kraftfahrzeugführern. THC, selbst psychoaktiv, wird in einem ersten Metabolisierungsschritt zum ebenfalls psychoaktiven 11-OH-THC (**11-Hydroxy- $\Delta^9$ -THC**) oxidiert. Im Folgenden wird 11-OH-THC zur nicht mehr psychoaktiven THC-Carbonsäure (THC-COOH, **11-Nor-9-carboxy- $\Delta^9$ -THC**) metabolisiert. Weitere Metaboliten des THC wurden detektiert, sind jedoch fast ausschließlich nicht psychoaktiv wirksam [37].



**Abb. 1: Metabolisierungsprozess des THC [136].**

### 3.2.2.4. des Cannabis Influence Factor (CIF), Erläuterung der CIF-Formel

Der Cannabis Influence Factor (CIF) ist eine mathematisch errechnete Größe, die durch folgende Formel ermittelt wird:

$$CIF = \frac{\frac{[THC]}{314,5} + \frac{[11 - OH - THC]}{330,5}}{\frac{[THC - COOH] * 0,01}{344,5}}$$

Der CIF stellt eine Methode zur Korrelation zwischen psychoaktivem THC und 11-OH-THC sowie nicht psychoaktivem THC-COOH her. Hieraus resultiert ein einheitsloser Zahlenwert, der Hinweise auf das Konsumverhalten eines Cannabiskonsumenten ermöglicht. Hierzu wird die Summe der Konzentrationen der psychoaktiven Substanzen im Zähler durch die Konzentration der psychoinaktiven Substanz -jeweils um ihre molaren Massen bereinigt- dividiert und letztlich mit dem Faktor 100 multipliziert, um eine ganzzahlige Größe zu erhalten. Ziel der Entwicklung des CIF ist es, eine Kenngröße zu etablieren, die -ähnlich wie bei der Blutalkoholkonzentration- durch einen Zahlenwert die absolute Fahruntauglichkeit eines Fahrzeugführers attestieren kann. Aktuell findet die CIF-Formel jedoch in der Rechtsprechung noch keine Anwendung [137].

#### 3.2.2.5. von akuter und subakuter Phase nach Cannabis-Konsum

Je nach Verhältnis des THC, 11-OH-THC und THC-COOH zueinander, d.h. je nach Fortschreiten des Metabolisierungsprozesses, liegen THC und seine Metabolite in unterschiedlichen Konzentrationen vor. Während direkt nach der THC-Aufnahme praktisch noch keine Metabolisierung stattgefunden hat und somit -einmaligen Konsum vorausgesetzt- ein hoher Wert im Zähler der CIF-Formel steht, resultiert hieraus auch ein hoher CIF-Wert. Im weiteren Metabolisierungsprozess ist letztendlich der Metabolisierungsschritt vom psychoaktiven 11-OH-THC (im Zähler der CIF-Formel) zum nicht psychoaktiven THC-COOH (im Nenner der CIF-Formel) entscheidend, da zu diesem Zeitpunkt der Zähler des Bruchs kleiner und der Nenner größer wird. Somit sinkt der CIF-Wert mit Fortschreiten dieses zweiten Metabolisierungsschritts, bis zuletzt kein psychoaktiver Metabolit mehr vorliegt und der Zähler -und somit der CIF-Wert- auf Null sinkt. Diese Umverteilung aus dem Zähler in den Nenner der Formel ermöglicht es, Rückschlüsse auf den Fortschritt der Metabolisierung zu ziehen, sodass verschiedene Phasen nach THC-Aufnahme differenziert werden können:



Phase nach Cannabiskonsum (THC-Aufnahme)	CIF-Wert
Perakute Phase	≥30
Akute Phase	≥10
Subakute Phase	1 bis <10
Spätphase	< 1

**Tabelle 2: Phasenzuordnung zu CIF-Werten**

### 3.3. Hypothesengenerierung

Durch die Tatsache, dass der Cannabiswirkstoff THC über zwei Metabolite (11-OH-THC und THC-COOH), die unterschiedliche Eigenschaften hinsichtlich ihrer Psychoaktivität aufweisen, abgebaut wird, lässt sich die unterschiedliche psychomotorische Wirkung in Abhängigkeit von der Latenzzeit nach dem Konsum (Fortschreiten des Metabolisierungsprozesses) korrelieren.

Es wird die Hypothese aufgestellt, dass sich insgesamt betrachtet das Risiko von Fahrunsicherheiten zwischen akuter und subakuter Phase nach Cannabis-Konsum unterscheiden. Hierbei wird vermutet, dass das verkehrsgefährdende Verhalten insbesondere dann auftritt (bzw. sich das Risiko dann nochmals erhöht), wenn die akut dämpfende Wirkung von THC abnimmt. Folglich scheint bei nachlassender sedierender Wirkung eine zunehmende Enthemmung und euphorisierende Wirkung insbesondere in der subakuten Phase in den Vordergrund zu treten, welche zu leichtsinnigem Fahrverhalten und gesteigerter Risikobereitschaft am Steuer führt. Ziel ist es zu prüfen, inwiefern das Auftreten von Fahrunsicherheit und Fahrfehlern, wie z. B. die Unfallhäufigkeit und das Fahren mit überhöhter Geschwindigkeit, das Ignorieren vor Vorfahrtsgeboten sowie das Fahren in Schlangenlinien in der subakuten Phase in Abhängigkeit von den Konzentrationen von THC und seinen Stoffwechselprodukten 11-OH-THC und THC-COOH zu- oder abnehmen. Sollte sich herausstellen, dass die Verkehrstauglichkeit von Cannabis-Konsumenten in der subakuten Phase im Vergleich zur Akutphase sinkt, läge keine lineare Abnahme der Gefahr durch Cannabis nach der Anflutungsphase vor.

Somit soll diese Dissertation dazu beitragen, durch die Herstellung eines systematischen Zusammenhangs zwischen THC und dessen Metabolisierung, Rückschlüsse auf die Verkehrssicherheit und Fahrtauglichkeit von Fahrzeugführern in der akuten und subakuten Phase nach Cannabis-Konsum ziehen zu können.

Daldrup et al. zeigten in einer Fahrsimulatorstudie mit 15 gewohnheitsmäßig Cannabis konsumierenden Probanden, dass bei besonders hohen CIF-Werten ( $\geq 30$ , perakute Phase) eine signifikante Erhöhung der Fahrauffälligkeiten festzustellen war. Mit Fortschreiten der Metabolisierung wurde nach 3 Stunden (Akutphase) keine erhöhte Fehlerhäufigkeit festgestellt, wohingegen nach 6 Stunden (Subakutphase) eine erneute Zunahme an Fahrfehlern festgestellt wurde. Der Anstieg der Fehlerhäufigkeit in der Subakutphase war jedoch nicht signifikant [100].

### 3.4. Statistische Methoden

Die statistische Auswertung wurde mithilfe des Tabellenkalkulationsprogramms Excel durchgeführt. Hierzu wurden zunächst die Odds Ratios zu den verschiedenen Gruppen der Datenbank ermittelt. Odds Ratios (= Chancen-/Quotenverhältnisse) definieren die Stärke über den Zusammenhang zweier Merkmale, d.h. zwei *Odds* (= Chancen/ Wahrscheinlichkeiten) werden miteinander verglichen und bilden ein Quotenverhältnis (= odds Ratio). Der Fokus liegt auf der Betrachtung der Gesamtfallgruppe und der jeweiligen Einzelfallgruppen (jeweils einzelne Delikte wie bspw. Schlangenlinienfahren oder Verursachung eines Unfalls), die der Kontrollgruppe (THC-Konsum ohne Fahrauffälligkeit) gegenübergestellt werden. Hierbei erfolgt eine Kategorisierung insbesondere nach CIF-Werten, THC-Konzentration bzw. THC-+11-OH-THC-Konzentration (entspricht der Summe der psychoaktiven Wirkstoffkonzentrationen).

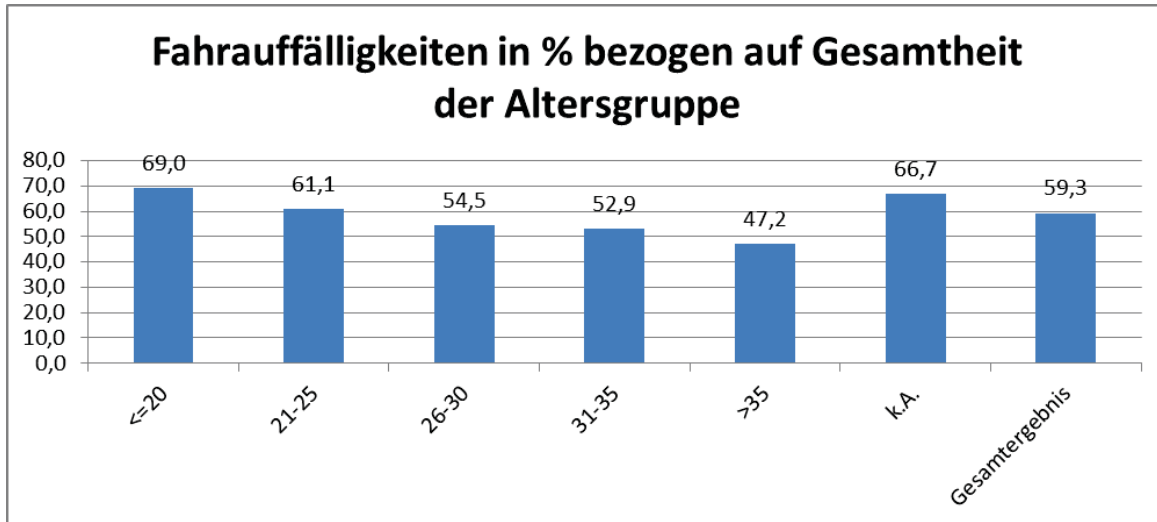
Zu den ermittelten Odds Ratios wurden unter Zuhilfenahme einer Vier-Felder-Tafel die jeweiligen unteren und oberen Grenzwerte des Konfidenzintervalls basierend auf einem Signifikanzniveau von 5% ( $\alpha < 0,05$ ;  $p = 0,05$ ) ermittelt.

Signifikante Unterschiede zwischen Fällen und Kontrollen (bei einem Signifikanzniveau von  $p = 0,05$ ) dürfen angenommen werden, wenn der Wert 1

nicht im Konfidenzintervall enthalten ist, d.h. nicht zwischen unterem und oberem Grenzwert des Konfidenzintervalls liegt. Liegen unterer und oberer Grenzwert des Konfidenzintervalls über einem Wert von 1, so ist von einer signifikanten Risikosteigerung in der Fallgruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe auszugehen. Bei entsprechenden Grenzwerten unterhalb eines Wertes von 1 liegt eine signifikante Risikominderung in der Fallgruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe vor. Basierend auf dem angewandten Signifikanzniveau sind diese Ergebnisse (d.h. wenn der Wert 1 nicht Element des Konfidenzintervalls ist) mit einer Wahrscheinlichkeit von 95% signifikant.

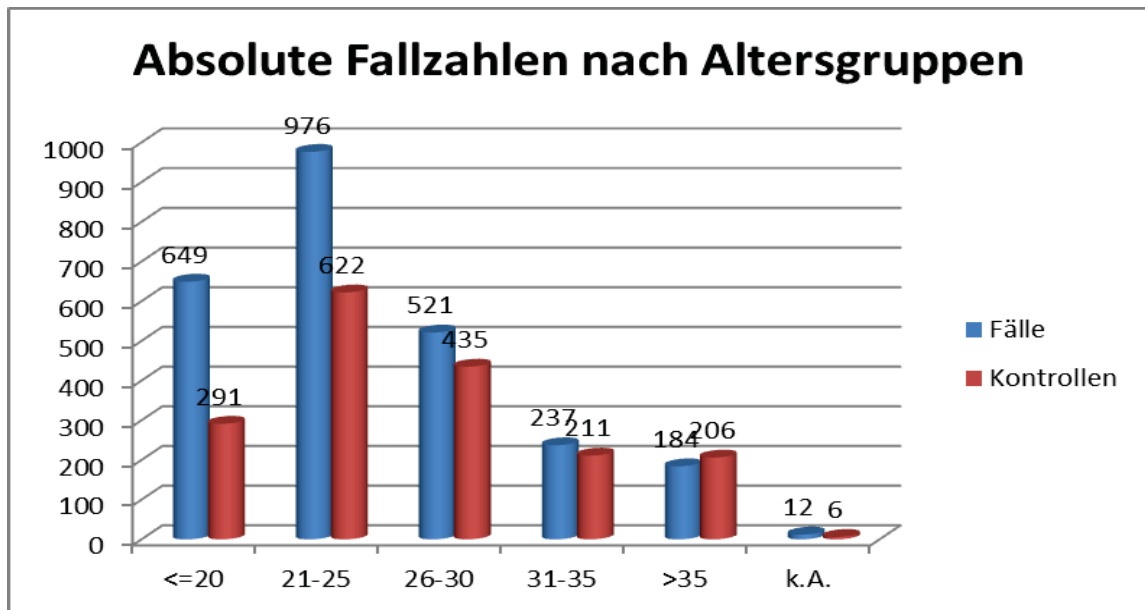
## 4. Ergebnisse

### 4.1. Deskriptive Datenanalyse



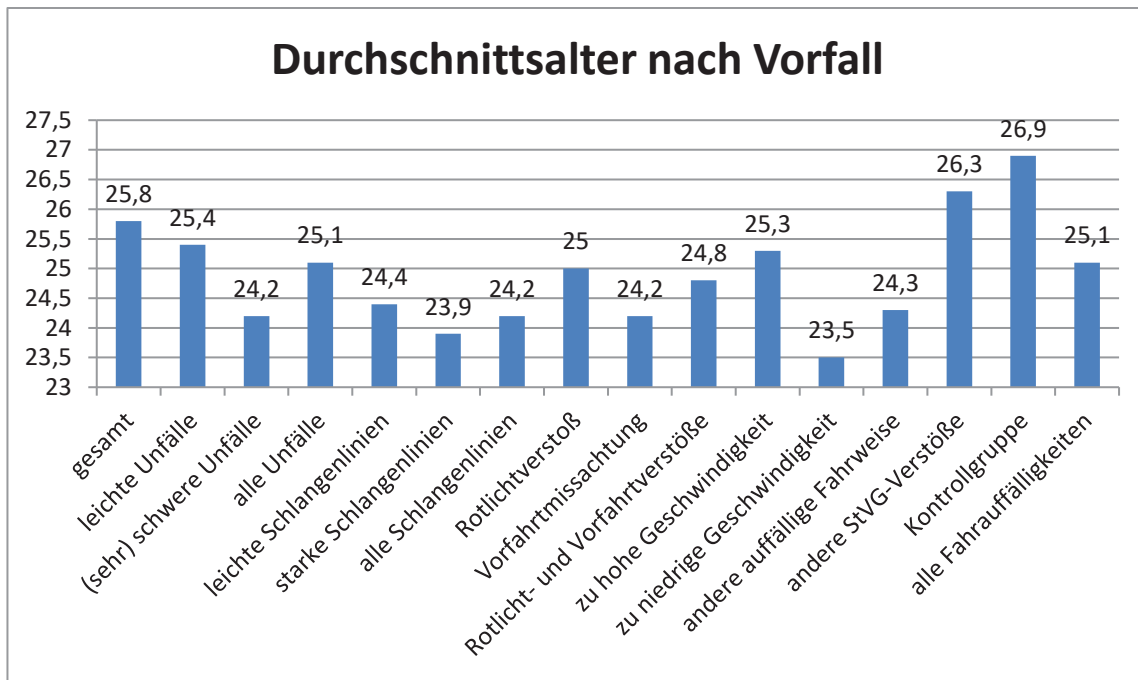
**Abb. 2: Fahrauffälligkeiten in % bezogen auf Gesamtheit der Altersgruppe:**

Es ist festzustellen, dass der Anteil derjenigen, die eine Fahrauffälligkeit (Codierung 10 bis 36, siehe Tabelle 1 unter Kapitel 3.2.2.1) aufweisen, bezogen auf die Gesamtheit derjenigen einer Altersgruppe, die Cannabis konsumiert haben, mit zunehmendem Alter sinkt. Von den unter 20-jährigen weisen 69,0% eine Fahrauffälligkeit auf. Bei den 21-25-jährigen Fahrzeugführern sinkt der Anteil auf 61,1%. Im Alter von 26-30 Jahren fallen noch 54,5% der Personen durch eine Fahrauffälligkeit auf. Der Anteil sinkt bei den 31-35-jährigen weiter auf 52,9% und bei den über 35 Jahre alten Personen auf 47,2%. Die Gruppe der unter 20-jährigen umfasst insgesamt 940 Datensätze. Die Anzahl an Datensätzen beträgt bei den 21-25-jährigen 1598, bei den 26-30-jährigen 956, bei den 31-35-jährigen 448 und bei den über 35-jährigen 390. Bei insgesamt 18 Datensätzen ist das Alter des Fahrzeugführers unbekannt.



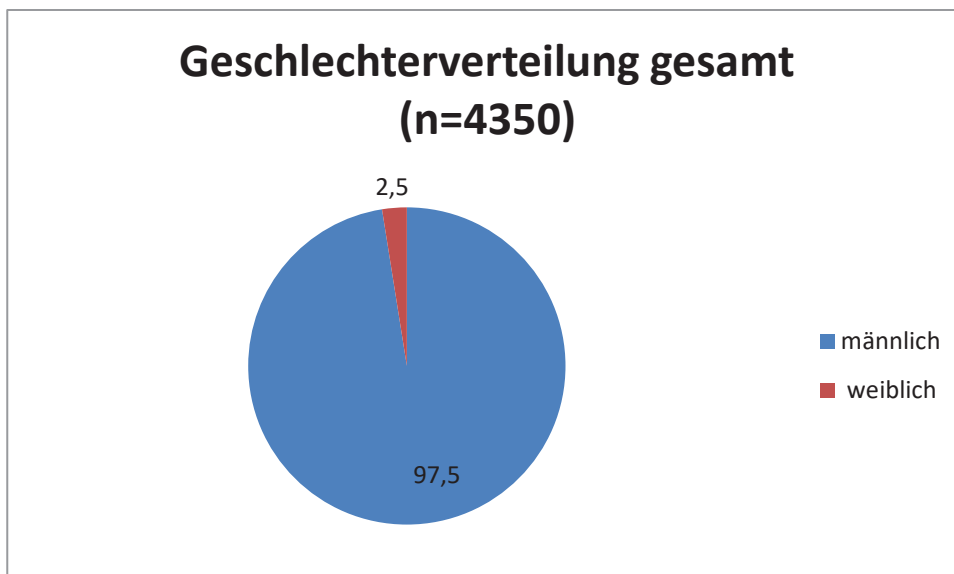
**Abb. 3: Absolute Fallzahlen nach Altersgruppen:**

Diese Grafik zeigt, dass der Anteil der unter Cannabis stehenden Fahrzeugführer in Summe in der Altersgruppe der 21-25-jährigen am größten ist. Die „benachbarten“ Altersgruppen ( $\leq 20$  und 26-30 Jahre) sind ebenfalls noch von großer Relevanz. Bei den über 30-jährigen lässt die Fallzahl bereits deutlich nach. Als Fälle sind in diesem Zusammenhang alle detektierten Cannabiskonsumenten definiert, die eine Fahrauffälligkeit vorwiesen. Unter Kontrollen werden alle detektierten Cannabiskonsumenten geführt, die keine Fahrauffälligkeiten zeigten.



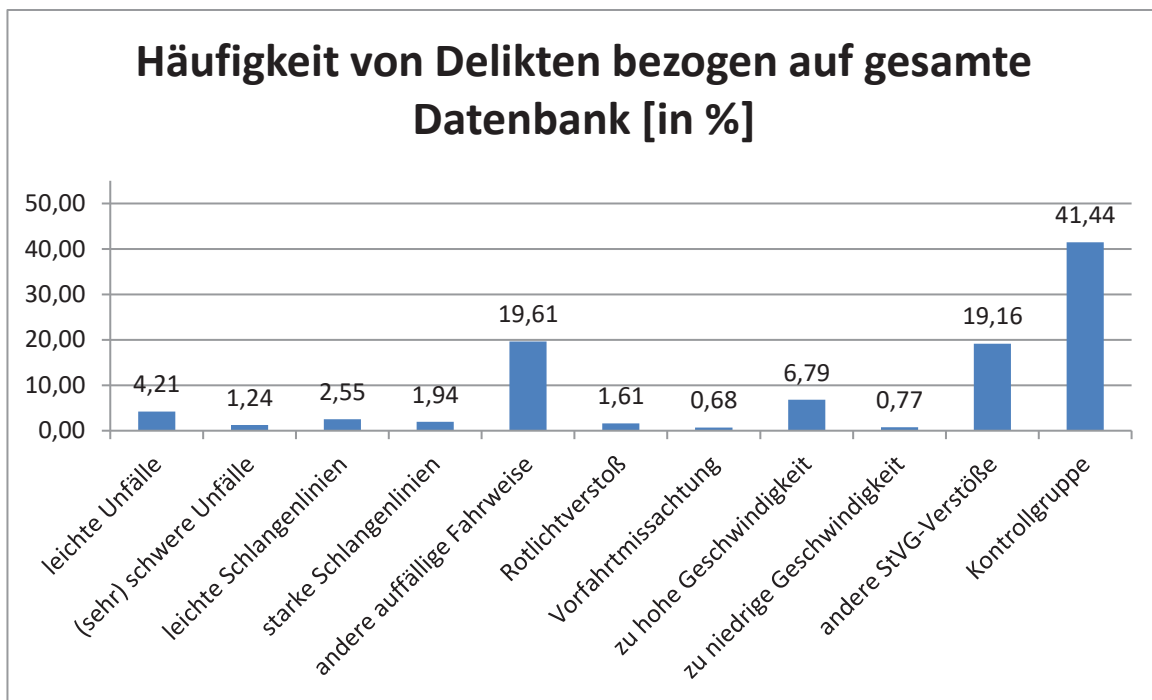
**Abb. 4: Durchschnittsalter nach Vorfall:**

Das Durchschnittsalter der Kontrollgruppe liegt mit 26,9 Jahren höher als das Durchschnittsalter, gemittelt über „alle Fahrauffälligkeiten“ (25,1 Jahre). Das Durchschnittsalter aller Personen in der Datenbank beträgt 25,8 Jahre. Bei der Analyse der Durchschnittsalter nach Vorfällen fällt insbesondere auf, dass das Schlangenlinienfahren und das zu langsame Fahren besonders große Abweichungen vom Gesamt-Durchschnittsalter zeigen: Hier finden sich mit durchschnittlich 23,9 bzw. 23,5 Jahre alten Fahrern vergleichsweise deutlich jüngere Fahrer. Diese Darstellung untermauert, dass insbesondere jüngere Fahrer unter Cannabiseinfluss entsprechende Auffälligkeiten in ihrer Fahrweise aufweisen bzw. entsprechende Delikte häufiger begehen.



**Abb. 5: Geschlechterverteilung gesamt (n=4350)**

Gezeigt wird die Geschlechterverteilung aller Datenbanksätze. Hierbei sind 4241 dokumentierte Fälle (=97,5%) männlichen und nur 109 Fälle (=2,5%) weiblichen Geschlechts. Aufgrund dieses drastischen Fallzahlunterschieds wird von einer Differenzierung der Daten nach Geschlecht abgesehen und es wird auf die Tatsache hingewiesen, dass die Daten nur zu 2,5% von weiblichen Fahrzeugführern stammen. Somit ist eine Übertragbarkeit der Resultate eher auf das männliche Geschlecht möglich, sofern ein geschlechtsspezifischer Wirkungsunterschied vorliegt. Prinzipiell kann zunächst geschlussfolgert werden, dass insgesamt betrachtet der Konsum von Cannabis wesentlich häufiger bei Männern als bei Frauen polizeilich dokumentiert wurde.

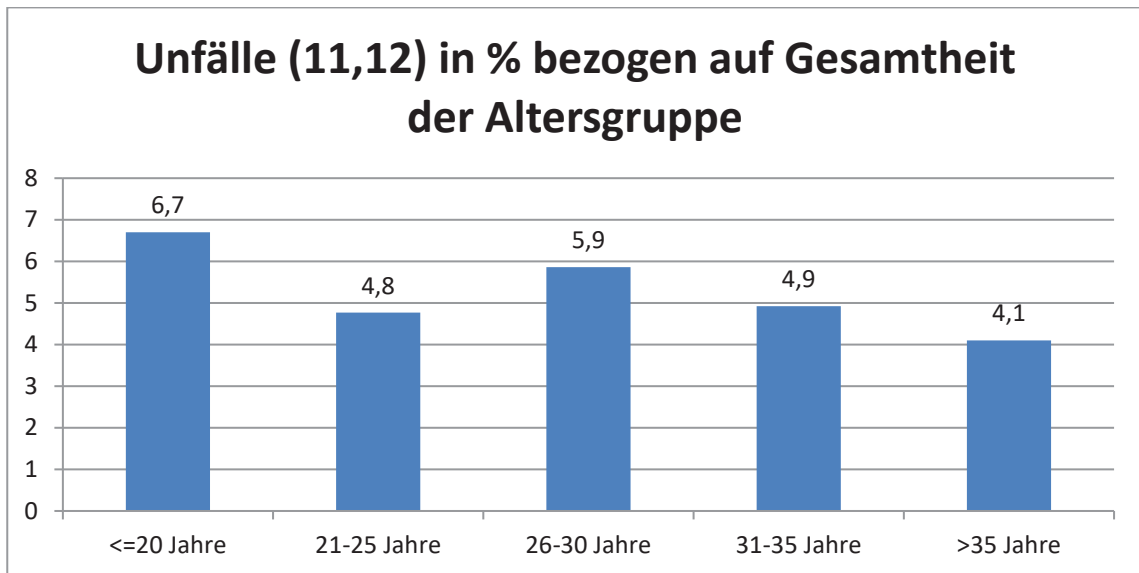


**Abb. 6: Häufigkeit von Delikten bezogen auf die gesamte Datenbank [in %]:**

Bei der Analyse der Gruppen nach Fahrauffälligkeiten zeigt sich, dass die Kontrollgruppe 41,4% (Cannabiskonsumenten, die keine Fahrauffälligkeit aufwiesen) und die Verum-Gruppe (Cannabiskonsumenten mit vorliegender Fahrauffälligkeit) 58,6% ausmachen. Ferner ist festzustellen, dass die Gruppen „andere auffällige Fahrweise“ (19,6%) und „andere StVG-Verstöße“ (19,2%) außergewöhnlich groß sind und folglich Beachtung im Rahmen der Analyse finden sollten, auch wenn die Vergehen, die diesen Gruppen zugeordnet worden sind, insgesamt sehr heterogen sein können und in sich nicht weiter differenziert werden können. An dieser Stelle darf unterstellt werden, dass die entsprechend vorliegenden Verhaltensweisen der Fahrzeugführer offenbar ausreichend Anlass zur weiteren polizeilichen Verfolgung geboten haben.

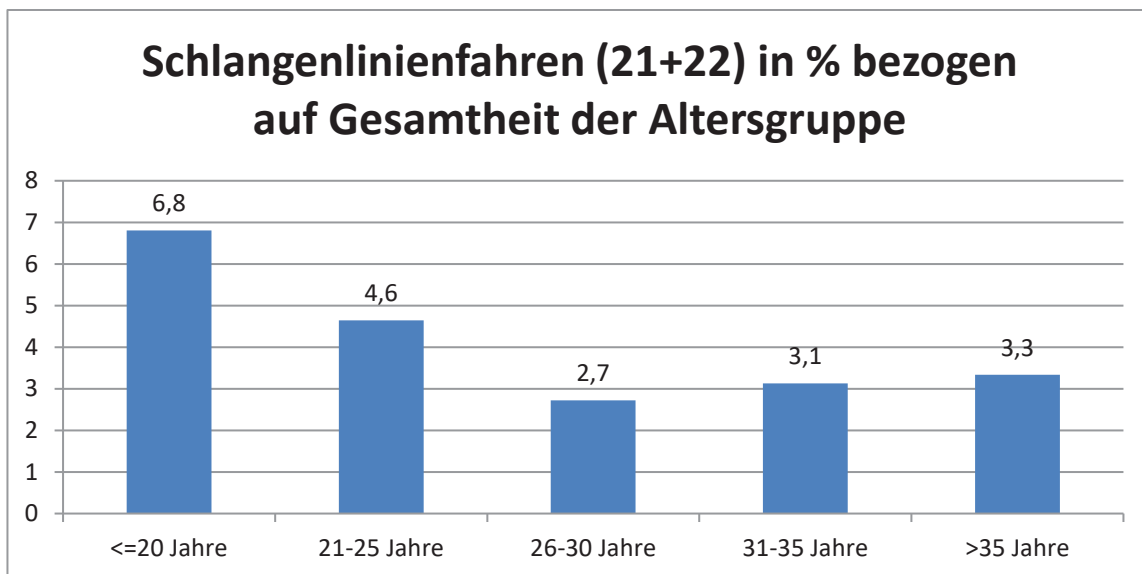


Die folgenden Darstellungen (Bezeichnung des Verkehrsdeliktes) basieren auf der Kategorisierung des entsprechenden Deliktes gemäß der analysierten Datenbank. So entspricht die Analyse der Unfälle (exemplarisch erläutert) den Codierungen 11 und 12 (vgl. Tabelle 1, Kapitel 3.2.2.1). Signifikante Ergebnisse werden in den Übersichten fett hervorgehoben.



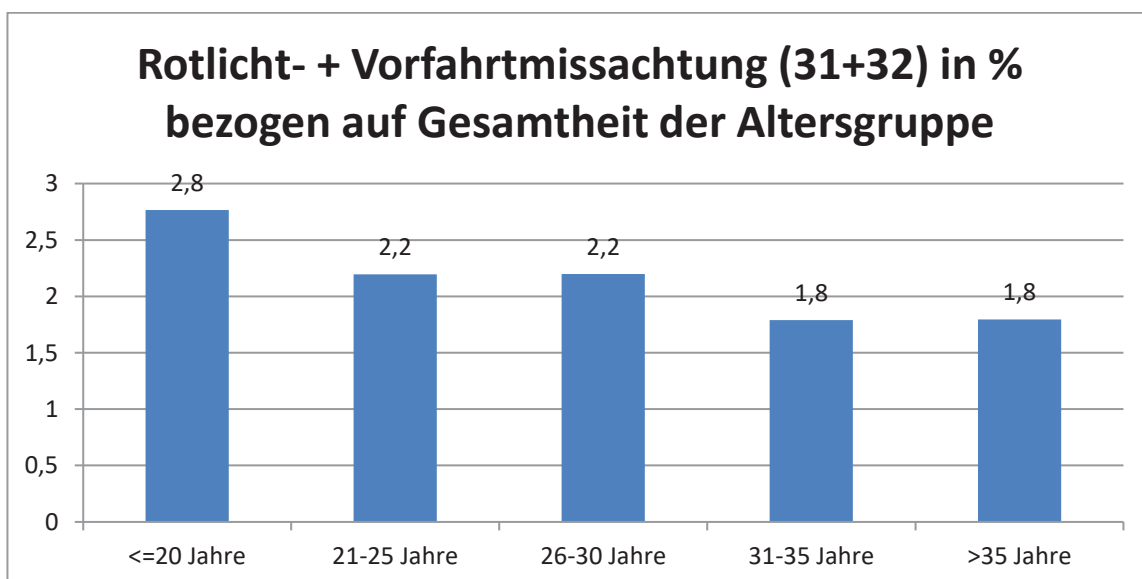
**Abb. 7: Unfälle (11, 12) in % bezogen auf Gesamtheit der Altersgruppe:**

Es ist festzustellen, dass bei den unter 20-jährigen mit 6,7% der Anteil derjenigen, die an einem Unfall beteiligt sind, am größten ist. In der Gruppe der 21-25-jährigen sinkt der Anteil auf 4,8%. Bei den 26-30-jährigen steigt der Prozentsatz wieder auf 5,9%. Anschließend nimmt die Unfallrate konstant ab und beläuft sich auf 4,9% bei den 31-35-jährigen und 4,1% bei den über 35-jährigen. Die Datenbank umfasst insgesamt 233 Unfälle. In Abhängigkeit von der Altersgruppe sind somit ca. 4 bis 7 Prozent der Cannabiskonsumenten in einen Verkehrsunfall verwickelt. An dieser Stelle fanden die Gruppen 11 (leichter Unfall) und 12 ((sehr) schwerer Unfall) Berücksichtigung. Die Gruppe 13 fand an dieser Stelle keine Berücksichtigung, da ein unverschuldeter Unfall wohl eher nicht auf den Cannabiskonsum des nicht schuldigen Unfallbeteiligten zurückgeführt werden kann.



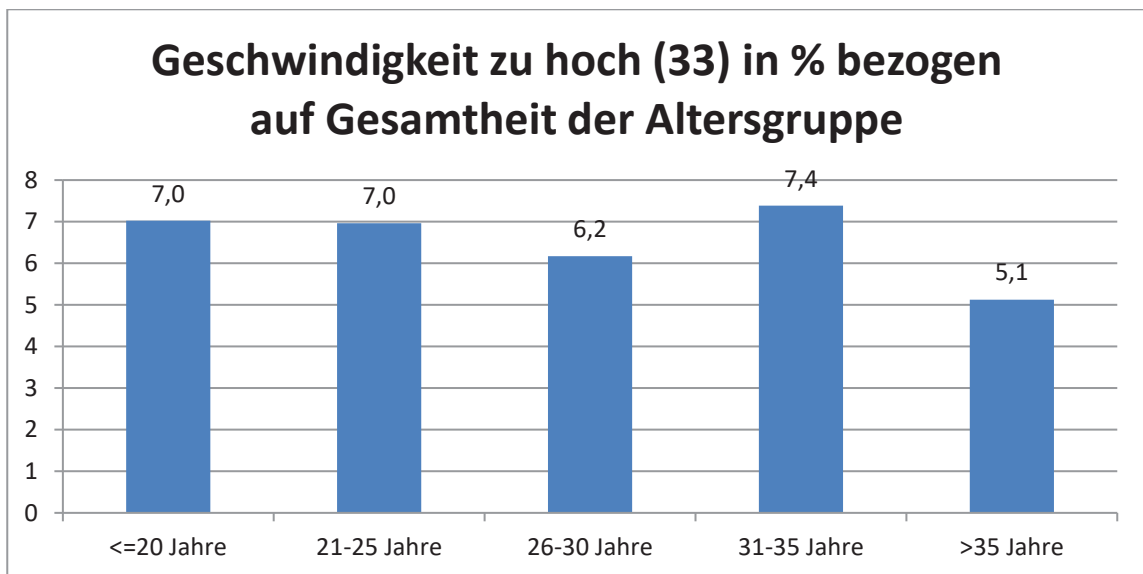
**Abb. 8: Schlangenlinienfahren (21+22) in % bezogen auf Gesamtheit der Altersgruppe:**

Auch bei den Schlangenlinienfahrten zeigt sich, dass die unter 20-jährigen mit 6,8% am häufigsten mit dieser Fahrauffälligkeit beobachtet wurden. Die folgenden Altersgruppen weisen eine Häufigkeit von 4,6% bei den 21-25-jährigen, 2,7% bei den 26-30-jährigen, 3,1% bei den 31-35-jährigen und 3,3% bei den über 35-jährigen auf. Somit zeigt sich ein abfallender Trend des Anteils an Schlangenlinienfahrern von der Gruppe der unter 20-jährigen bis zur Gruppe der 26-30-jährigen. Bei den über 30-jährigen kehrt sich dieser Trend leicht um. Die Datenbank umfasst insgesamt 191 Fälle von Schlangenlinienfahren.



**Abb. 9: Rotlicht- und Vorfahrtmissachtung (31+32) in % bezogen auf Gesamtheit der Altersgruppe:**

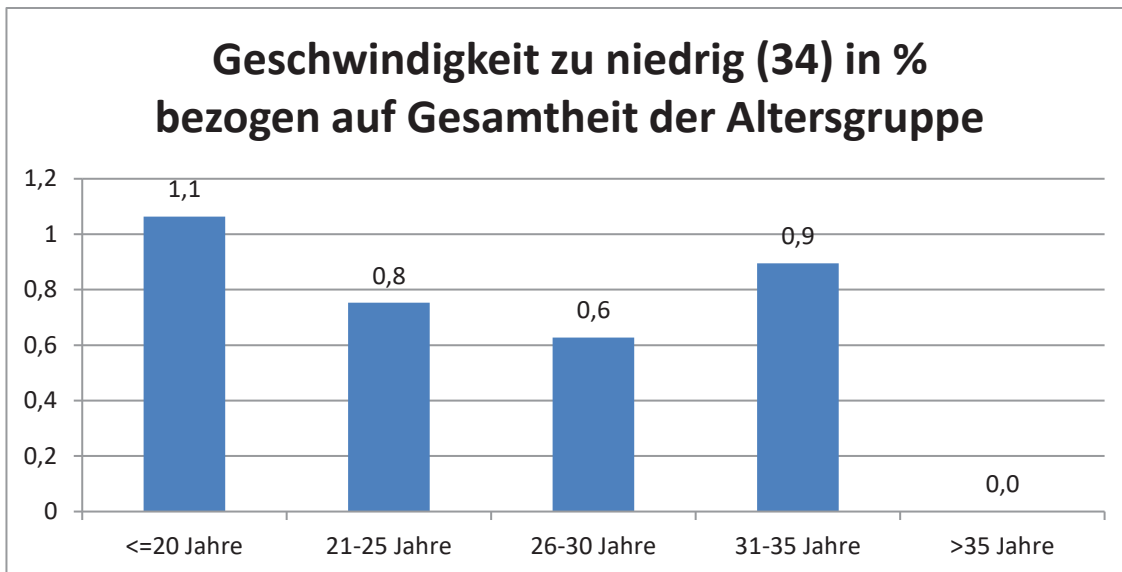
Das Delikt der Rotlicht- und Vorfahrtsmissachtung findet sich mit 2,8% ebenfalls am häufigsten in der Gruppe der unter 20 Jahre alten Personen. Bei den 21-25-jährigen und den 26-30-jährigen beträgt der Anteil jeweils 2,2%. In den Altersklassen über 30 sinkt der Anteil weiter auf jeweils 1,8%. Die Datenbank umfasst insgesamt 97 Fälle von Rotlicht- und Vorfahrtsmissachtung.



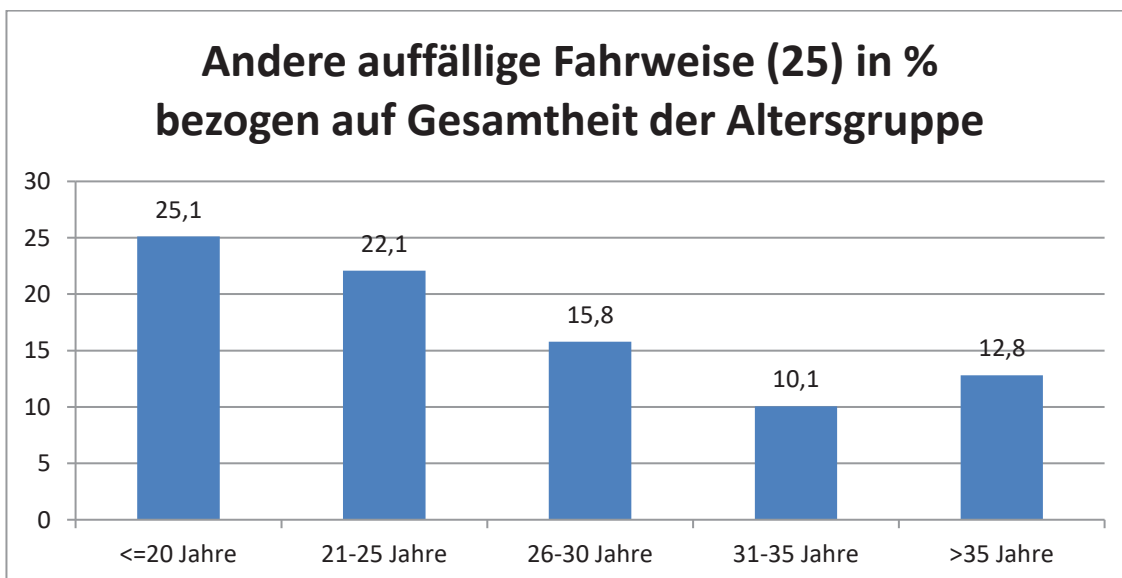
**Abb. 10: Geschwindigkeit zu hoch (33) in % bezogen auf Gesamtheit der Altersgruppe:**

Das Fahren mit überhöhter Geschwindigkeit tritt bei den unter 20-jährigen und den 21-25-jährigen in 7,0% der Fälle auf. Die 26-30-jährigen sind in 6,2% auffällig. Bei den 31-35-jährigen steigt der Anteil auf sein Maximum mit 7,4%, bevor er bei den über 35-jährigen auf 5,1% sinkt.

Auffällig ist, dass die 31-35-jährigen mit 7,4% am häufigsten zu schnell unterwegs sind, die über 35-jährigen (altersmäßig recht inhomogene Gruppe) hingegen mit 5,1 % am seltensten mit überhöhter Geschwindigkeit aufgefallen sind. Die Datenbank umfasst insgesamt 289 Fälle von überhöhter Geschwindigkeit.



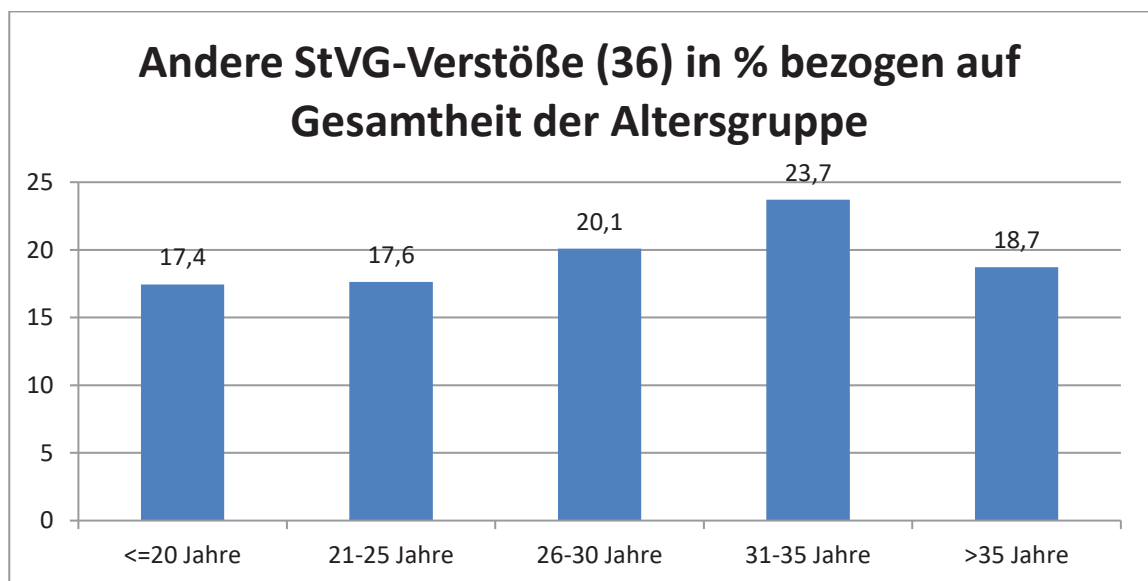
**Abb. 11: Geschwindigkeit zu niedrig (34) in % bezogen auf Gesamtheit der Altersgruppe:** 1,1% der unter 20-jährigen und 0,8% der 21-25-jährigen sind auffällig zu langsam gefahren. Bei den 26-30-jährigen sind es 0,6%. In der Gruppe der 31-35-jährigen steigt der Anteil leicht auf 0,9%. Bei den über 35-jährigen wurde kein Fall beobachtet. Die Datenbank umfasst insgesamt 32 Fälle von zu geringer Geschwindigkeit. Somit wurde dieses Fehlverhalten insgesamt verhältnismäßig selten festgestellt, sodass nur eine eingeschränkte Aussagefähigkeit aufgrund der geringen Fallzahl zustande kommt.



**Abb. 12: Andere auffällige Fahrweise (25) in % bezogen auf Gesamtheit der Altersgruppe:** In der Gruppe „anderer auffälliger Fahrweisen“ zeigt sich, dass 25,1% der unter 20-jährigen eine anderweitig auffällige Fahrweise aufweisen. Mit zunehmendem Alter sinkt der Anteil tendenziell in den Alterskategorien der 21-25-jährigen auf

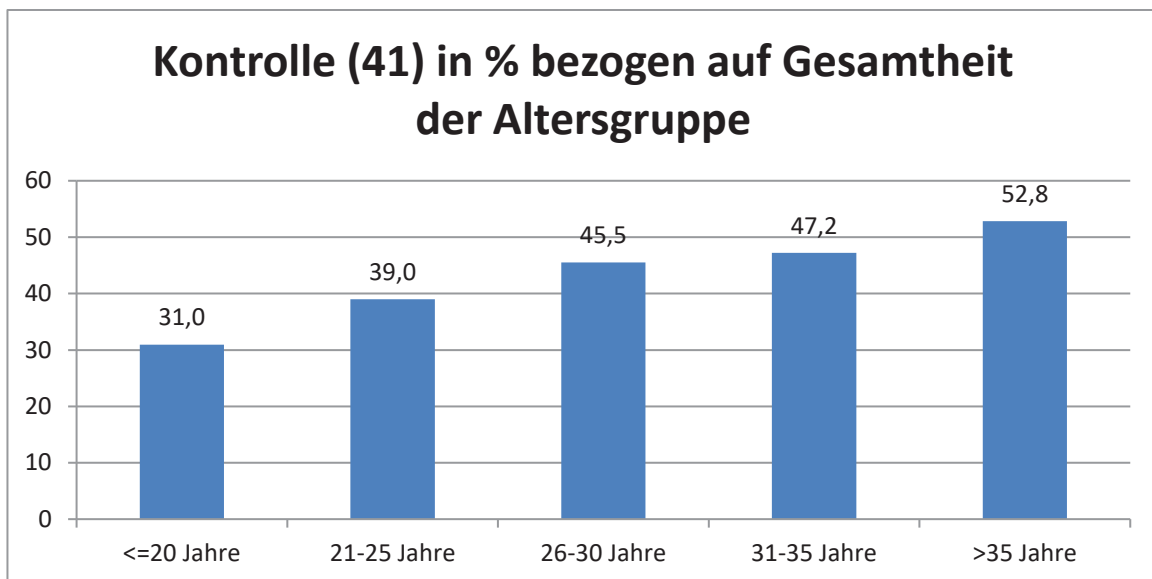
22,1%, bei den 26-30-jährigen auf 15,8% und bei den 31-35-jährigen auf 10,1%. Bei den über 35-jährigen steigt der Anteil wieder auf 12,8%.

Es handelt sich bei der Gruppe anderer auffälliger Fahrweisen um einen Pool von nicht näher klassifizierten Auffälligkeiten, beispielsweise weil die konkreten Auffälligkeiten zahlenmäßig nur sehr selten auftreten oder weil die zugrundeliegende Auffälligkeit nicht ausreichend dokumentiert wurde, um sie einer der anderen, konkret deliktbezogenen, Gruppen zuordnen zu können. Die Gruppe anderer auffälliger Fahrweisen umfasst insgesamt 834 Fälle.



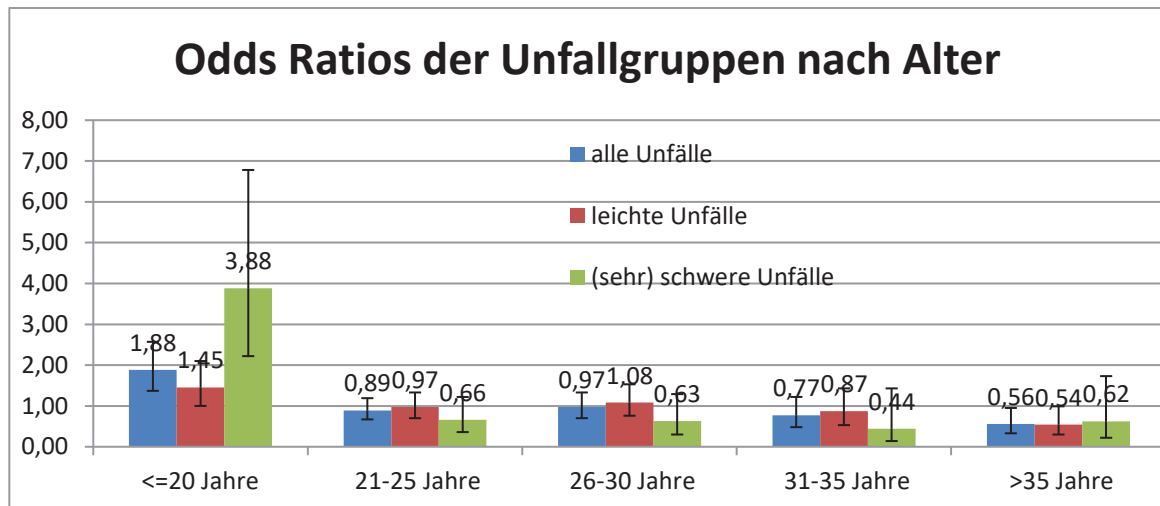
**Abb. 13: andere StVG-Verstöße (36) in % bezogen auf Gesamtheit der Altersgruppe:**

Die Gruppe anderer StVG-Verstöße weist hingegen bis zu einem Alter von 35 Jahren einen stetig steigenden Anteil auf. Die unter 20-jährigen fallen mit 17,4%, die 20-25-jährigen mit 17,6 % auf. Der Anteil steigt bei den 26-30-jährigen auf 20,1% und bei den 31-35-jährigen auf 23,7%, bevor er bei den über 35-jährigen auf 18,7% sinkt. Es handelt sich bei dieser Gruppe um ein Pool von nicht näher klassifizierten Verstößen gegen die Straßenverkehrsordnung, die nicht direkt einer Fahrauffälligkeit zuzuordnen sind (beispielsweise defekte Beleuchtung oder keine gültige Hauptuntersuchung des Fahrzeugs). Die Datenbank umfasst insgesamt 816 Fälle dieser anderen StVG-Verstöße.



**Abb. 14: Kontrolle (Gr. 41) in % bezogen auf Gesamtheit der Altersgruppe:**

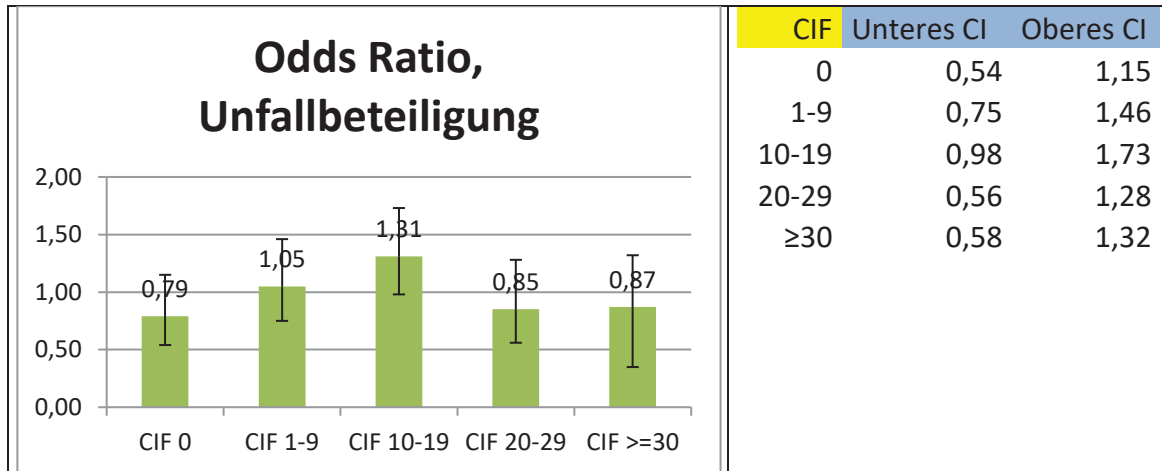
In der Kontrollgruppe zeigt sich, dass der Anteil der Fahrzeugführer, der trotz Cannabiskonsums eine unauffällige Fahrweise zeigt, mit zunehmendem Alter zunimmt. Bei den unter 20-jährigen zeigen 31,0% eine unauffällige Fahrweise, bei den 21-25-jährigen 39,0%, bei den 26-30-jährigen 45,5% und bei den 31-35-jährigen 47,2%. In der altersmäßig recht inhomogenen Gruppe der über 35-jährigen zeigt sich mit 52,8% am häufigsten eine unauffällige Fahrweise trotz nachgewiesenen Cannabiskonsums. Diese Beobachtung lässt die Schlussfolgerung zu, dass mit steigendem Alter die Beeinflussung des Fahrzeugführers durch Cannabiskonsum rückläufig zu sein scheint bzw. der Fahrer durch Kompensationsmechanismen, wie beispielsweise hohe Fahrerfahrung/Routine, cannabisbedingte Defizite eher ausgleichen kann. Die Kontrollgruppe umfasst insgesamt 1765 Datensätze.



**Abb. 15: Odds Ratios der Unfallgruppen (11+12) nach Alter:**

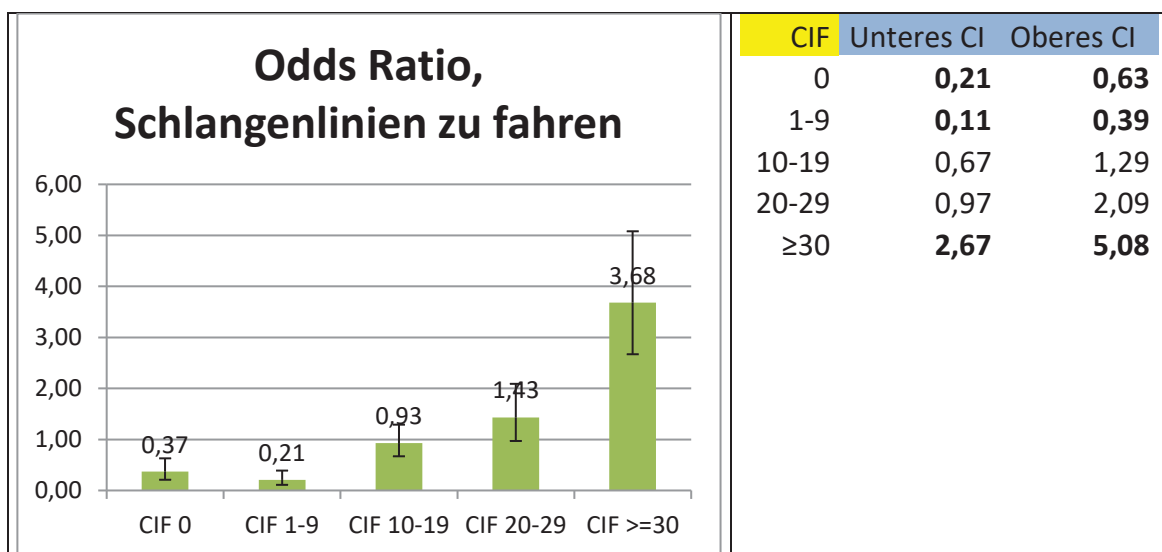
Das Diagramm zeigt die Odds Ratios (zur Definition siehe Kapitel 3.4) der Gruppen leichte + (sehr) schwere Unfälle zusammengefasst sowie die einzelnen Odds Ratios der leichten und (sehr) schweren Unfälle. Hierbei zeigt sich, dass insgesamt betrachtet das Odds Ratio in der Gesamtgruppe aller Unfälle bei den unter 20-jährigen mit rund 1,88 am höchsten ist. Anschließend sinkt das OR bei den 21-25-jährigen auf 0,89 und steigt bei den 26-30-jährigen auf 0,97 wieder leicht an. Bei den 31-35-jährigen sinkt das OR auf 0,77 und bei den über 35-jährigen auf 0,56. Somit zeigt sich (mit Ausnahme der Gruppe der 26-30-jährigen) ein annähernd kontinuierlicher Rückgang des OR mit zunehmendem Alter. Auffällig ist, dass die unter 20-jährigen mit einem OR von 3,88 das mit Abstand größte Risiko für (sehr) schwere Unfälle aufweisen. In den anderen Altersgruppen schwankt der Anteil an schweren Unfällen wesentlich weniger mit OR-Werten zwischen 0,44 und 0,66. Hierdurch wird ebenfalls gezeigt, dass insbesondere junge Fahrzeugführer in besonderem Maße gefährdet sind, in die schwerwiegendste Form aller hier differenzierten Fahrauffälligkeiten, nämlich einen schweren oder sehr schweren Unfall, verwickelt zu sein.

## 4.2. Analyse der Fahrauffälligkeiten nach CIF-Wert



**Abb. 16: Odds Ratio, an einem Unfall beteiligt zu sein:**

Die Grafik zeigt, dass das OR, in einen Unfall involviert zu sein, bei einem CIF-Wert von 10-19 mit 1,31 am größten ist. Auch CIF-Werte von 1-9 stellen mit einem OR von 1,05 noch ein leicht erhöhtes Risiko dar. Bei CIF-Werten über 20, ebenso wie bei einem CIF-Wert von 0, ist das Unfallrisiko deutlich geringer. CIF-Werte in den Kategorien 1-9 (subakute Phase) und 10-19 können somit als risikosteigernd angesehen werden, nicht nur im Vergleich zur Spätphase (CIF=0), sondern auch im Vergleich zur Akutphase nach Cannabiskonsum (hohe CIF-Werte). Gemäß der berechneten 95%-Konfidenzintervalle konnte jedoch keine Signifikanz herausgestellt werden.



**Abb. 17: Odds Ratio, Schlangenlinien zu fahren:**



Das Fahren von Schlangenlinien wird in der akuten Phase (CIF  $\geq 30$ ) mit einem OR von 3,68 signifikant häufiger beobachtet. CIF-Werte von unter 10 (subakute und späte Phase) stellen einen signifikant risikomindernden Faktor dar.

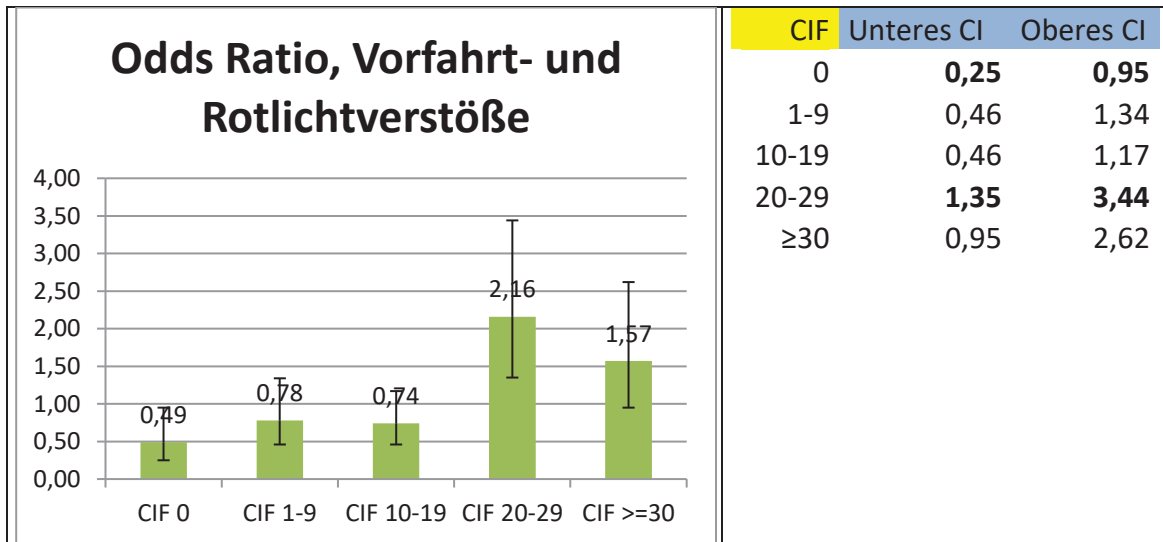


Abb. 18: Odds Ratio, Vorfahrt- und Rotlichtverstöße:

Die Missachtung von Vorfahrt- und Rotlichtgeboten findet sich in der Akutphase (CIF 20-29) signifikant vermehrt. Das OR sinkt anschließend über die Subakutphase bis hin zur Spätphase und ist bei einem CIF-Wert von 0 signifikant verringert.

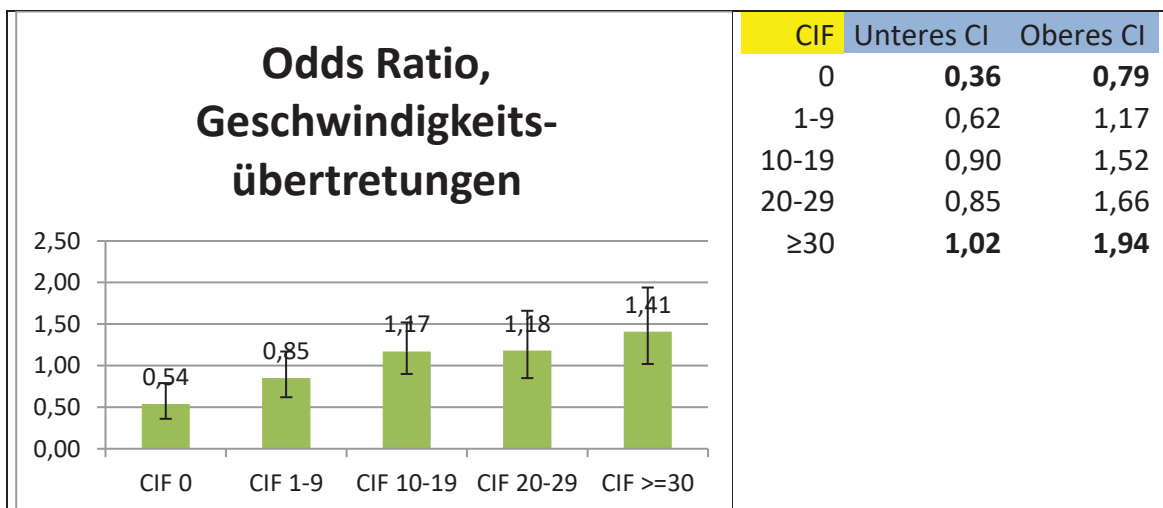
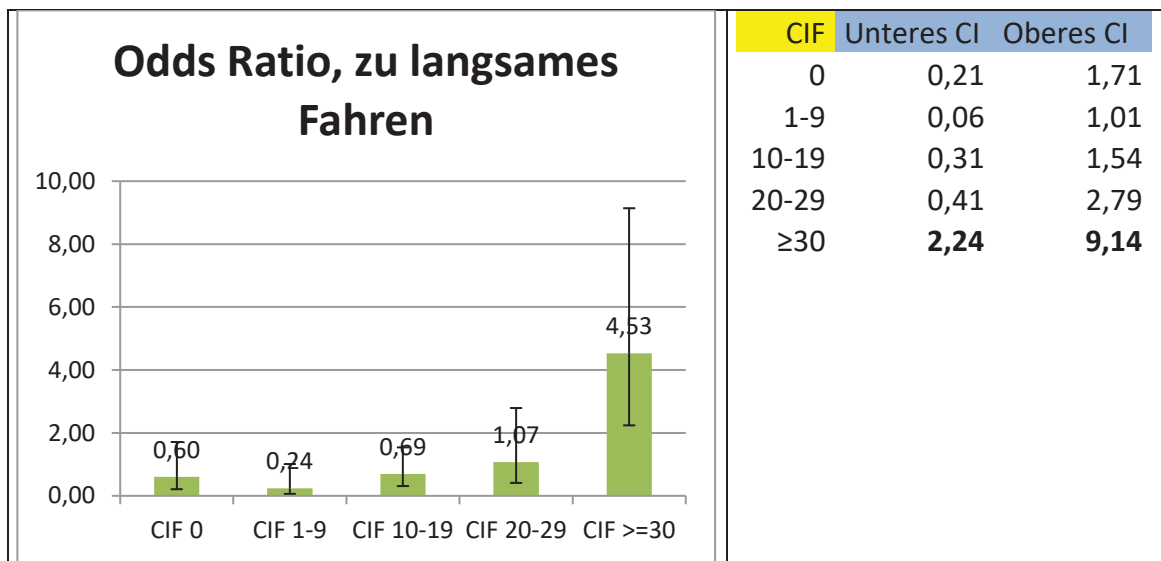


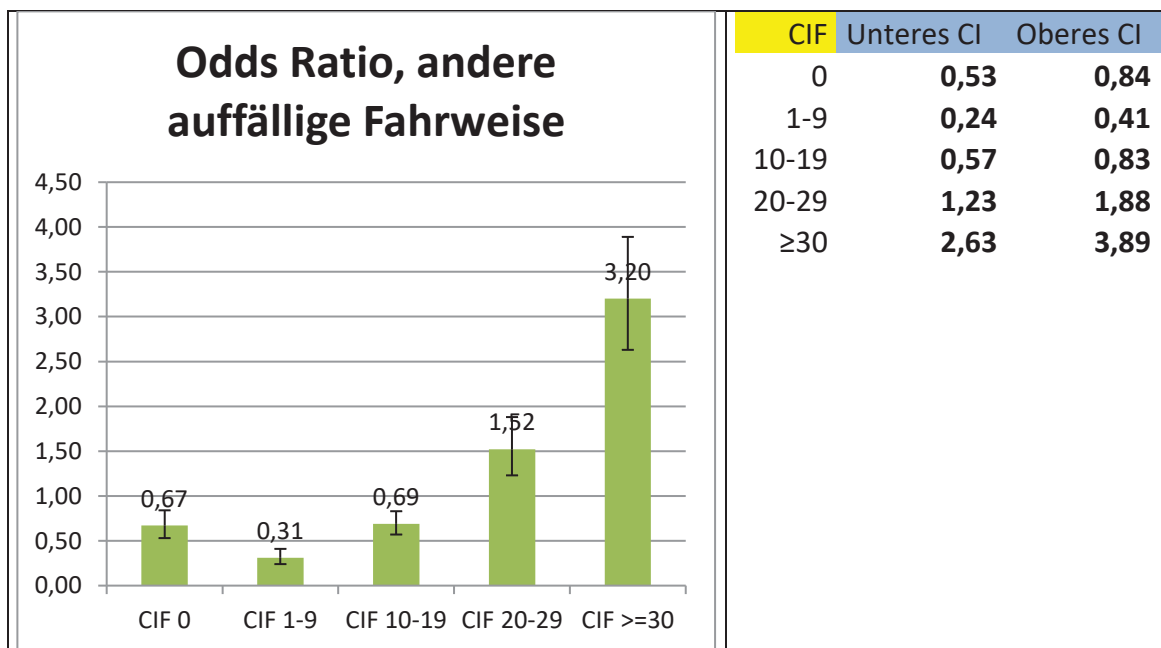
Abb. 19: Odds Ratio, Geschwindigkeitsübertretungen:

Geschwindigkeitsübertretungen sinken in ihrer Häufigkeit mit fallendem CIF-Wert. Bei CIF-Werten  $\geq 30$  ist das OR einer Geschwindigkeitsübertretung signifikant erhöht, in der Spätphase (CIF=0) ist die Wahrscheinlichkeit einer Geschwindigkeitsübertretung hingegen signifikant reduziert.



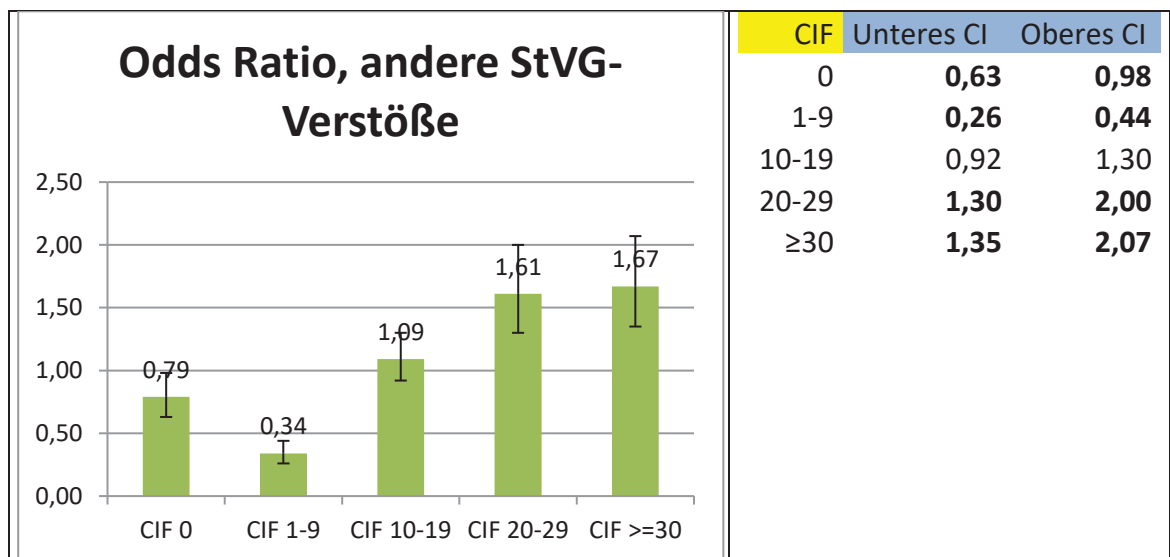
**Abb. 20: Odds Ratio, zu langsames Fahren:**

Bei zu langsamem Fahren stellen CIF-Werte unter 20 tendenziell einen risikomindernden Faktor dar. Bei CIF-Werten  $\geq 30$  (Akutphase) ist das Risiko zu langsamen Fahrens mit einem OR von 4,53 signifikant erhöht.



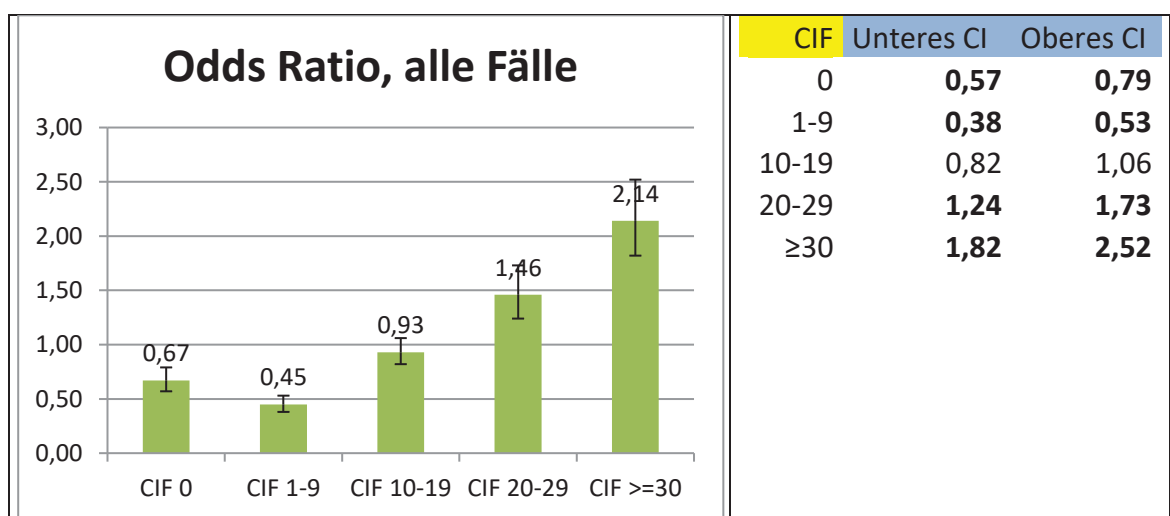
**Abb. 21: Odds Ratio, andere auffällige Fahrweise:**

In der Gruppe der „anderen auffälligen Fahrweisen“ zeigen CIF-Werte  $\geq 20$  ein signifikant erhöhtes Risiko. CIF-Werte unter 20 (Subakut- und Spätphase inbegriffen) stellen hingegen einen signifikant risikomindernden Faktor dar.



**Abb. 22: Odds Ratio, andere StVG-Verstöße:**

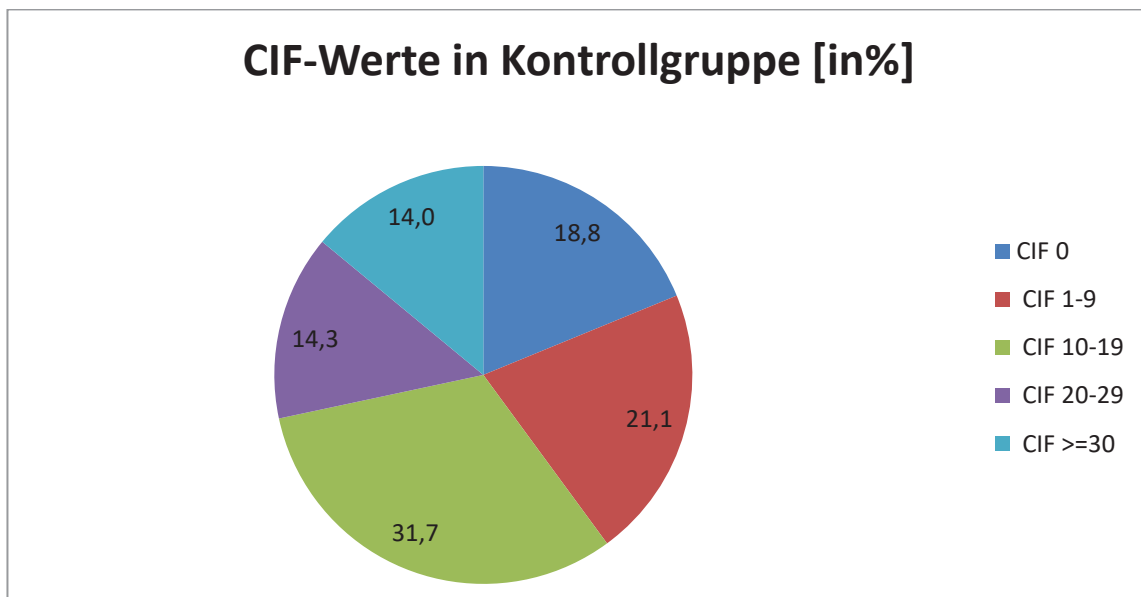
In der Gruppe der „anderen StVG-Verstöße“ stellt ein CIF-Wert von unter 10 einen signifikant das Risiko reduzierenden Faktor dar. Bei CIF-Werten ab 20 und höher (Akutphase) ist das Risiko hingegen signifikant erhöht.



**Abb. 23: Odds Ratio, alle Fälle:**

Betrachtet man alle Fälle der gesamten Datenbank gemeinsam, so ist festzustellen, dass das Risiko einer Fahrunsicherheit/ eines Fehlverhaltens bei hohen CIF-Werten besonders groß ist. Ein signifikant erhöhtes Risiko im Vergleich zur Kontrollgruppe (Cannabiskonsumenten, die keine Fahrunsicherheit/kein Fehlverhalten zeigten) ist bei allen CIF-Werten  $\geq 20$  feststellbar (Akutphase). CIF-Werte  $\leq 9$  bieten hingegen einen signifikant risikomindernden Faktor. Somit lässt sich feststellen, dass das Risiko, eine Fahrunsicherheit oder ein Fehlverhalten zu begehen, in der Perakut- und Akutphase nach Konsum besonders groß ist.

Einzig in der Betrachtung der Gruppe der Unfälle, die als schwerwiegendstes Fehlverhalten besondere Beachtung in der Analyse finden muss, zeigt sich bei CIF-Werten der Kategorien 1-9 und 10-19, entgegen der Ergebnisse der Betrachtung aller Fälle, eine erhöhte Häufigkeit. Die Aussagen sind aufgrund ihrer Fallzahl aber nicht signifikant. Es benötigt eine höhere Fallzahl in der Datenbank, um diese Tendenz auf ein aussagekräftiges Signifikanzniveau zu heben.



**Abb. 24: CIF-Werte in Kontrollgruppe [in %]:**

Das Kuchendiagramm zeigt die Verteilung der einzelnen CIF-Kategorien in der Kontrollgruppe (41). Rund 19% wiesen einen CIF von 0 auf, 21% lagen im Intervall CIF 1-9, 32% im Intervall CIF 10-19 und 14% im Intervall CIF 20-29. 14% wiesen einen CIF  $\geq 30$  auf. Somit liegen die einzelnen Kontrollgruppen der jeweiligen CIF-Intervalle alle in einer vergleichbaren Größenordnung und erstrecken sich über ein vergleichbares CIF-Spektrum (10-er Schritte mit Ausnahme der „Randgruppen“ CIF=0 und CIF  $\geq 30$ ).

### 4.3. Darstellung der Fahrauffälligkeiten nach THC-Konzentration und nach der Summe psychoaktiver Metabolite

Im Folgenden werden die Odds Ratios nach THC-Konzentration allein sowie in der Summe aller psychoaktiven Metabolite (= THC+11-OH-THC) betrachtet:

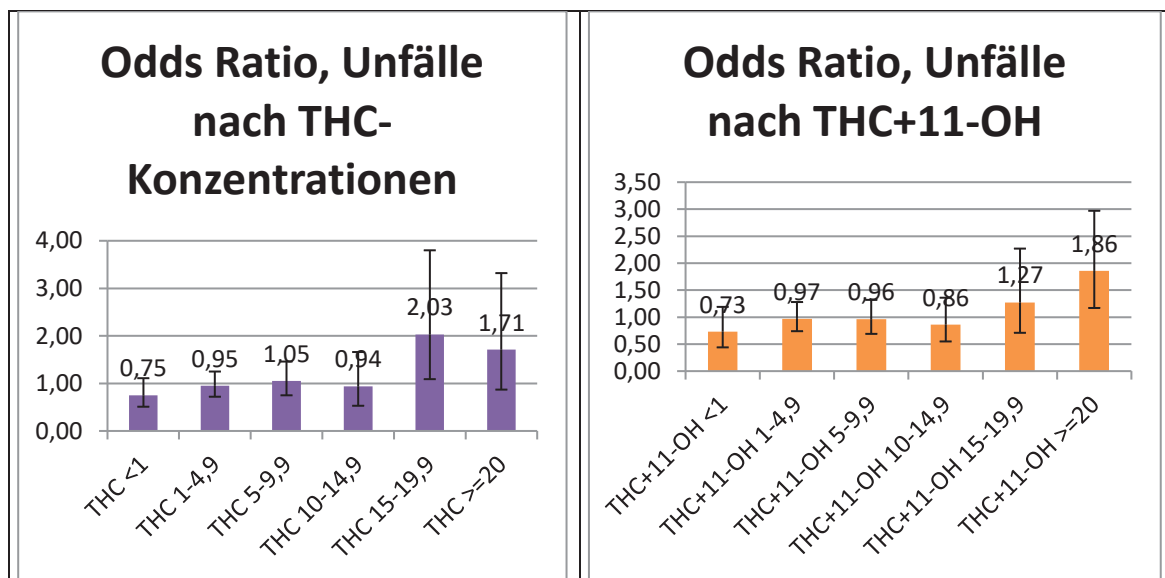
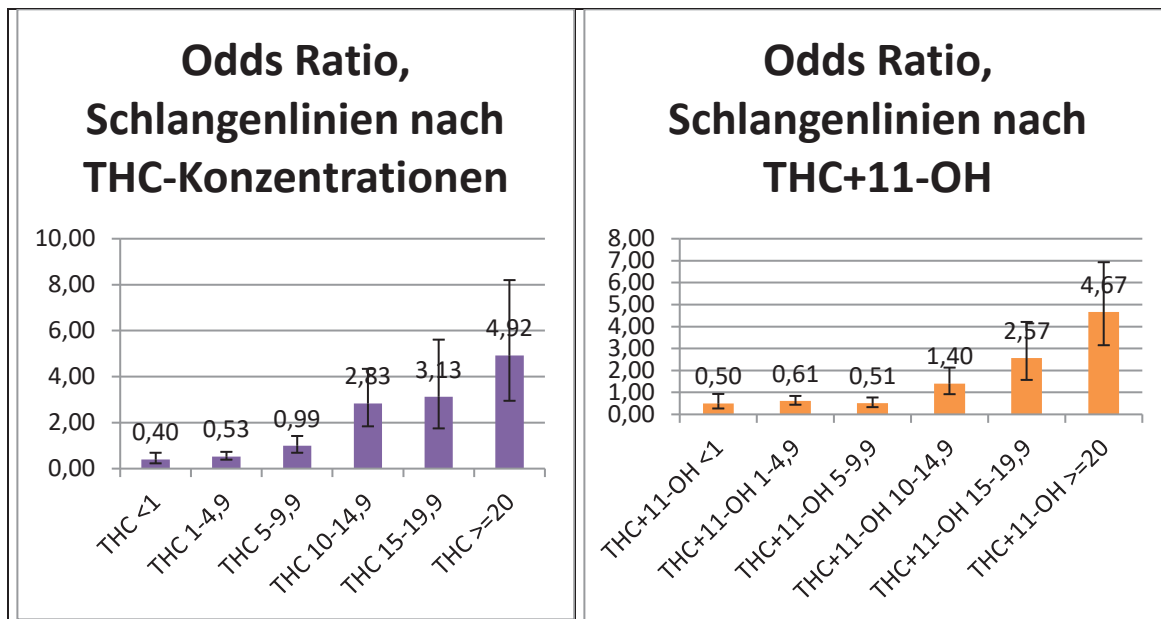


Abb. 25, 26: Odds Ratio Unfälle nach THC- bzw. THC+11-OH-THC-Konzentration [ng/ml]:

Das OR schwankt bei niedrigen THC-Konzentrationen bis 14,9 ng/ml zwischen 0,75 und 1,05. Bei THC-Konzentrationen von 15 bis 19,9 ng/ml liegt das OR bei 2,03 und stellt eine signifikante Risikoerhöhung dar. Bei Werten  $\geq 20$  ng/ml sinkt das OR leicht auf 1,71. Somit zeigt sich, dass insbesondere ab THC-Werten von 15 ng/ml ein stark erhöhtes Unfallrisiko vorliegt.

Bei der Betrachtung von Unfällen nach THC+11-OH-Konzentration ergeben sich ähnliche Trends bei leicht differierenden Zahlenwerten. Eine signifikante Risikoerhöhung kann bei Wirkstoffkonzentrationen über 20 ng/ml bei einem OR von 1,86 gezeigt werden.



**Abb. 27, 28: Odds Ratio Schlangenlinienfahren nach THC- bzw. THC+11-OH-THC-Konzentration [ng/ml]:**

Bei der Betrachtung des Schlangenlinienfahrens nach THC-Konzentration zeigt sich mit steigender THC-Konzentration eine stetige Zunahme der Wahrscheinlichkeit des Schlangenlinienfahrens. Während THC-Werte unter 5 ng/ml einen signifikant risikomindernden Faktor darstellen, zeigt sich bei THC-Konzentrationen ab 10 ng/ml eine signifikante Risikosteigerung bis hin zu einem 4,92-fach erhöhten Risiko des Schlangenlinienfahrens bei THC-Konzentrationen von  $\geq 20$  ng/ml.

Betrachtet man die Summe der psychoaktiven Stoffe, so stellt sich ein ähnlicher Trend dar: Signifikant risikomindernd wirken sich Konzentrationen bis 10 ng/ml aus. Bei Konzentrationen über 10 ng/ml ist das Risiko für Schlangenlinienfahren erhöht; ab Wirkstoffkonzentrationen von 15 ng/ml zeigt sich eine Signifikanz.

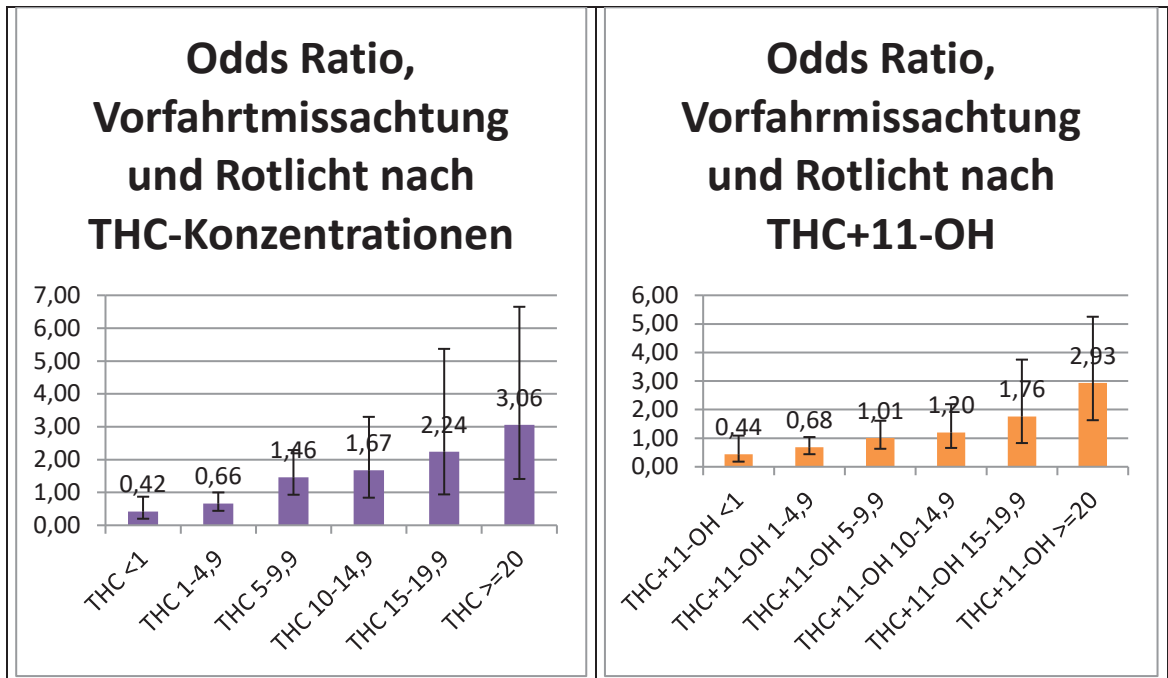


Abb.: 29, 30: Odds Ratio Vorfahrtmissachtung und Rotlichtverstöße nach THC- bzw. THC+11-OH-THC-Konzentration [ng/ml]:

Das OR zeigt bei THC-Konzentrationen von unter 5 ng/ml ein signifikant das Risiko reduzierendes Ergebnis. Eine Risikoerhöhung kann ab Wirkstoffkonzentrationen von mindestens 5 ng/ml festgestellt werden, wobei ein signifikant erhöhtes Risiko ab einer Konzentration von  $\geq 20$  ng/ml vorliegt.

Bei Betrachtung der Summe der beiden psychoaktiven Metabolite zeigt sich ein vergleichbares Bild, jedoch ohne signifikante Risikoreduktion bei THC-Werten von unter 5 ng/ml.

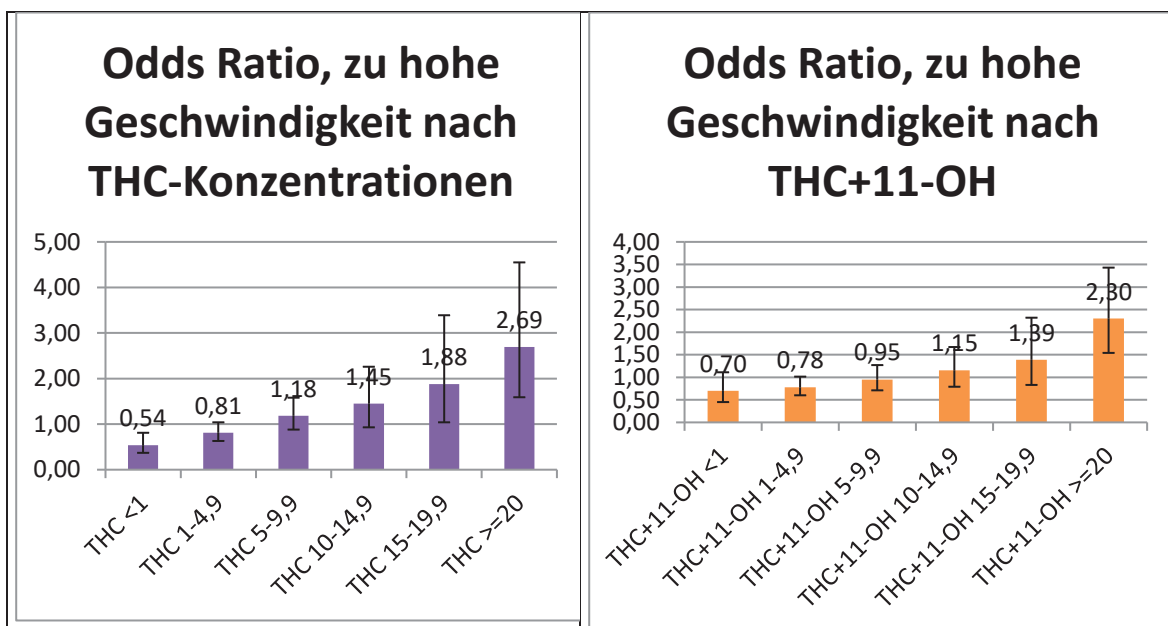
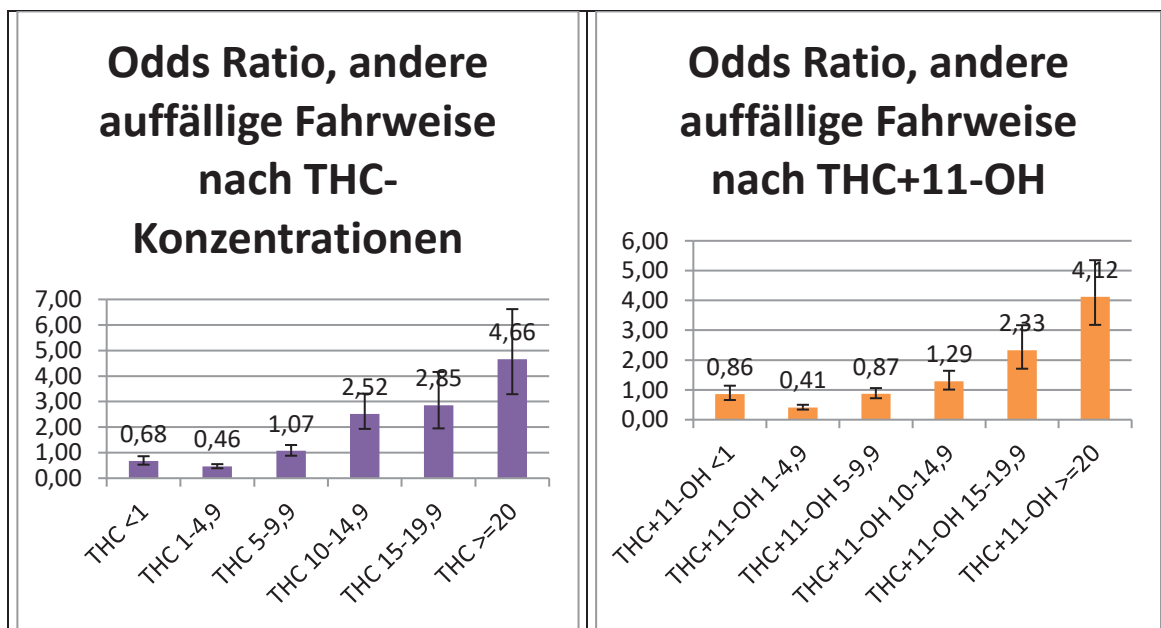


Abb. 31, 32: Odds Ratio zu hohe Geschwindigkeit nach THC- bzw. THC+11-OH-THC-Konzentration [ng/ml]:

THC-Konzentrationen von unter 5 ng/ml stellen einen risikoreduzierenden Faktor hinsichtlich Geschwindigkeitsübertretungen dar. Konzentrationen unter 1 ng/ml zeigen einen signifikant risikomindernden Faktor. Bei THC-Werten ab 5 ng/ml findet sich eine Risikoerhöhung, wobei das Risiko ab THC-Werten von 15 ng/ml signifikant erhöht ist.

Eine signifikante Risikoerhöhung kann bei der Synopse beider psychoaktiver Metaboliten ab einer Wirkstoffkonzentration von  $\geq 20$  ng/ml festgestellt werden.

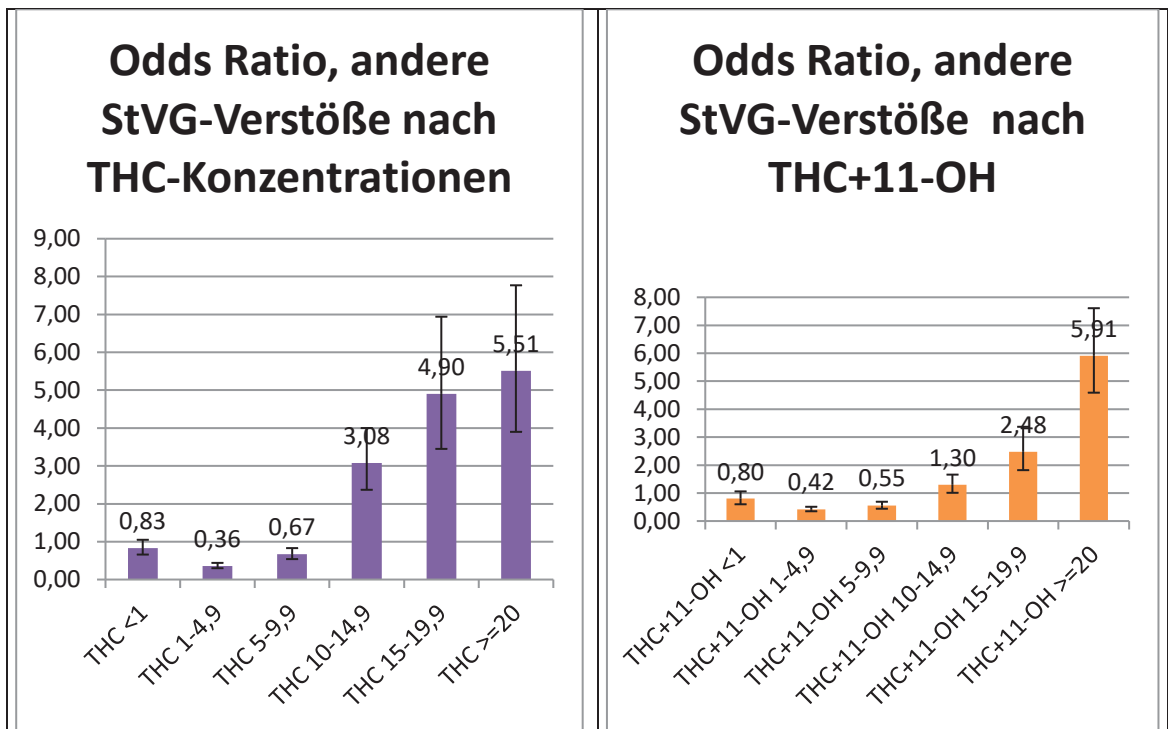


**Abb. 33, 34: Odds Ratio andere auffällige Fahrweise nach THC- bzw. THC+11-OH-THC-Konzentration [ng/ml]:**

Signifikant niedrigere Risiken für andere auffällige Fahrweisen im Vergleich zur Kontrollgruppe zeigen sich bei THC-Wirkstoffkonzentrationen unter 5 ng/ml. Ein signifikant erhöhtes und mit steigender Wirkstoffkonzentration stetig zunehmendes Risiko findet sich ab einer Konzentration von 10 ng/ml.

Ähnliche Trends zeigen sich auch in der Zusammenschau beider psychoaktiven Stoffe. Eine Signifikanz für eine Risikoreduktion findet sich nur in der Gruppe von 1-4,9 ng/ml, eine signifikante Risikoerhöhung bei Wirkstoffkonzentrationen ab 10 ng/ml.

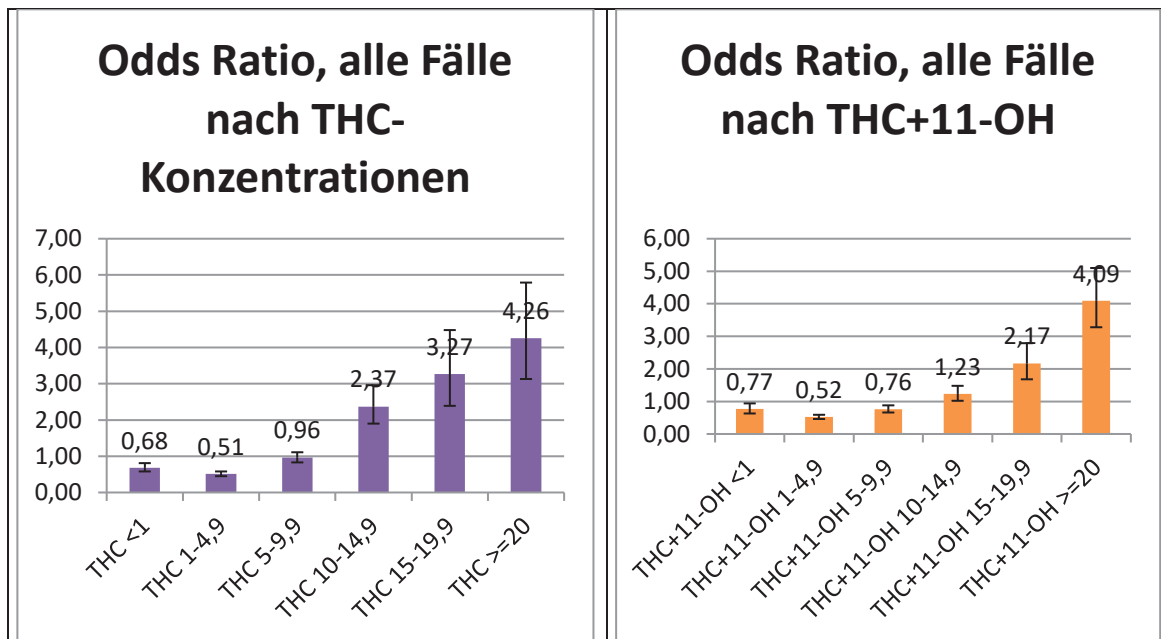




**Abb. 35, 36: Odds Ratio andere StVG-Verstöße nach THC- bzw. THC+11-OH-THC-Konzentration [ng/ml]:**

THC-Konzentrationen unter 10 ng/ml stellen einen das Risiko mindernden Faktor für andere StVG-Verstöße dar (signifikant in den Intervallen 1-4,9 und 5-9,9 ng/ml). Eine signifikante Risikoerhöhung zeigt sich bei Konzentrationen über 10 ng/ml mit einem bis zu 5,51-fach erhöhten Risiko in der Gruppe der THC-Konzentration von  $\geq 20$  ng/ml.

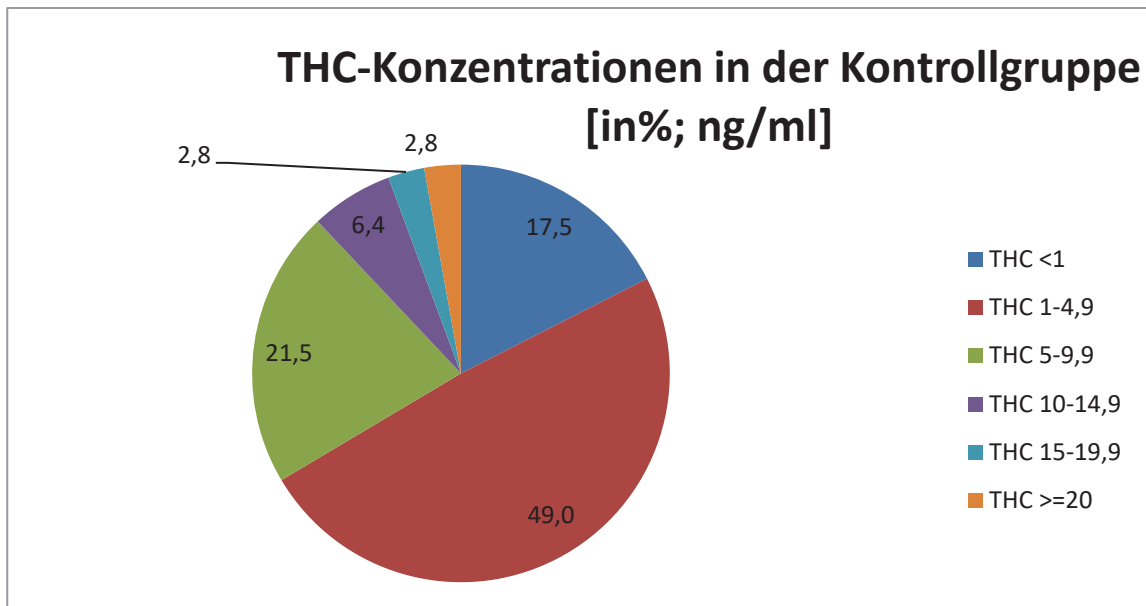
Vergleichbare Zusammenhänge finden sich ebenfalls in der Zusammenschau von THC und 11-OH-THC in Summe.



**Abb. 37, 38: Odds Ratio alle Fälle nach THC- bzw. THC+11-OH-THC-Konzentration [ng/ml]:**

Betrachtet man alle Fahrauffälligkeiten gemeinsam, so lässt sich feststellen, dass THC-Konzentrationen von unter 5 ng/ml einen signifikant risikomindernden Faktor hinsichtlich des Auftretens einer Fahrauffälligkeit darstellen. THC-Werte von mindestens 10 ng/ml erhöhen das Risiko signifikant und stetig mit weiter steigender THC-Konzentration auf das bis zu 4,26-fache.

Bei der gemeinsamen Betrachtung von THC und 11-OH-THC zeigt sich ein signifikant das Risiko reduzierender Effekt bei Wirkstoffkonzentrationen von unter 10 ng/ml. Ab einer Wirkstoffkonzentration von 10 ng/ml findet sich auch hier eine signifikante Risikosteigerung.



**Abb. 39: THC-Konzentrationen in der Kontrollgruppe [in %; ng/ml]:**

Das Kuchendiagramm zeigt die Verteilung der Kontrollgruppe auf die einzelnen THC-Intervalle: Knapp 18 % der Kontrollgruppe weisen eine THC-Konzentration von <1 ng/ml auf, 49% eine Konzentration zwischen 1 und 4,9 ng/ml. Knapp 22% zeigen einen Wert zwischen 5 und 9,9 ng/ml, 6 % einen Wert zwischen 10 und 14,9 ng/ml sowie jeweils 3% einen Wert zwischen 15 und 19,9 ng/ml und von mindestens 20 ng/ml. Hierbei zeigt sich, dass die jeweiligen intervallbezogenen Kontrollgruppen mit zunehmender THC-Konzentration bedeutend kleiner werden. Dies lässt den Rückschluss zu, dass nicht so viele Fälle mit höheren THC-Konzentrationen festgestellt wurden, die dabei keine Fahrauffälligkeit zeigten.

## 5. Diskussion

Es ist stets eine besondere Herausforderung, zuverlässige und repräsentative Daten zu Konsummustern illegaler Substanzen zu erheben. Die Datenlage zu Cannabiskonsum von Fahrzeugführern im Straßenverkehr stellt hier keine Ausnahme dar; dies ist überwiegend dem Status der Illegalität von Cannabis-Zugang und -Besitz geschuldet (sofern keine medizinische Verordnung vorliegt). Die Rechtslage zu Cannabiskonsum und -besitz in Deutschland bietet keine geeigneten Voraussetzungen für annähernd zuverlässige Angaben direkt durch die Konsumenten. Die Ungewissheit und das Risiko, in die Hände der Strafverfolgungsbehörden zu gelangen, wird von den meisten Konsumenten sicherlich völlig gemieden oder durch Falschangaben zu umgehen versucht.

Somit ist allen Quellen, die sich mit der Analyse des Konsums illegaler Substanzen auseinandersetzen, gemein, dass die durch die Betroffenen selbst berichteten Angaben zum Konsum eine nur bedingte Aussagefähigkeit aufweisen.

Die stetig steigenden Zahlen im Zusammenhang mit Cannabis-Konsum zeigen die mangelnde Wirksamkeit gesetzlicher Vorgaben und deren unzureichende praktische Überwachung und unterstreichen den dringlichen Bedarf der Nachbesserung durch Legislative, Judikative und Exekutive -auch, aber nicht nur im Straßenverkehr!

THC (selbst psychoaktiv wirksam) wird im Wesentlichen im ersten Schritt zu 11-OH-THC metabolisiert, welches ebenfalls psychoaktive Wirksamkeit aufweist. Anschließend wird das psychoaktiv wirksame 11-OH-THC zu THC-COOH metabolisiert. THC-COOH weist keine psychoaktive Wirkung mehr auf. Vor diesem Hintergrund ist zu diskutieren, inwiefern eine isolierte Betrachtung des THC zur Ermittlung der Fahrtüchtigkeit eines Kraftfahrzeugführers sinnvoll erscheint oder inwiefern nicht auch 11-OH-THC ebenfalls Berücksichtigung finden muss. Betrachtet man einen Zeitraum, der noch dicht am Konsumzeitpunkt liegt (vorausgesetzt es liegt nur ein relevanter Konsumzeitpunkt vor), so liegt ohnehin noch überwiegend THC selbst vor, da noch keine praktisch relevante Metabolisierung eingesetzt hat. Zu diesem

Zeitpunkt wäre somit durch die singuläre Betrachtung der THC-Konzentration ein aussagekräftiges Ergebnis hinsichtlich der insgesamt THC-bedingten Konzentration an psychoaktiven Wirkstoffen erzielbar. Mit zunehmendem Fortschreiten des ersten Metabolisierungsprozesses von THC zu 11-OH-THC sinkt jedoch die THC-Konzentration, ohne dass die psychoaktive Wirkung in gleichem Maße nachlasse, da stattdessen das ebenfalls psychoaktive 11-OH-THC in entsprechend höherer Konzentration vorliegt. Somit würde die ausschließliche Betrachtung der THC-Konzentration zur Ermittlung der Fahrtauglichkeit bei Annahme einer gewissen Latenz zwischen Cannabiskonsum und dem Führen eines Kraftfahrzeugs keine ausreichend aussagekräftigen Ergebnisse zur Fahrtauglichkeit nach Cannabiskonsum liefern, da die psychoaktive Wirkung des 11-OH-THC ignoriert werden würde und man somit fälschlicherweise bereits verfrüht von einer Fahrtauglichkeit aufgrund geringerer vorliegender THC-Konzentration potentiell ausgehen könnte. Aufgrund von variablen Konsummustern, der Zeitspanne des Cannabiskonsums bis zur Feststellung einer Fahrauffälligkeit und weiter bis zur Blutabnahme bei interindividueller Metabolisierungsgeschwindigkeit mit ggf. einhergehenden Adaptationsmechanismen bei regelmäßigem oder langjährigem Konsum ist es auch nicht möglich, von der THC-Konzentration auf die jeweilig vorliegende Konzentration der THC-Metabolite zu schließen. Somit kann festgehalten werden, dass im Rahmen einer Grenzwertdiskussion für THC mindestens der psychoaktive Metabolit 11-OH-THC Berücksichtigung finden sollte.

Mit Einsetzen des zweiten Metabolisierungsprozesses vom 11-OH-THC zum THC-COOH endet dann die psychoaktive Wirkung. Dennoch liefert dieser Parameter wertvolle Hinweise hinsichtlich des Konsumverhaltens. Wird seitens eines Konsumenten angegeben, dass der Cannabiskonsum kürzlich erfolgte (und somit eine objektive Beeinträchtigung durch Vorhandensein der psychoaktiven Metabolite vorliegt), zeitgleich jedoch THC-COOH in erhöhter Konzentration festgestellt wird, so kann man davon ausgehen, dass es sich nicht um einmaligen Konsum THC-haltiger Produkte handeln kann. Es ist somit zu diesem Zeitpunkt ein Spätprodukt früheren Cannabiskonsums nachweisbar. Dies könnte bei der Bewertung der Zuverlässigkeit des Konsumenten als Fahrzeugführer im Straßenverkehr und der Frage eines möglichen

Führerscheinentzugs aufgrund des Nachweises mehrfachen/ regelmäßigen Konsums, der durch besonders hohe THC-COOH-Werte anzunehmen wäre (Akkumulation), wertvolle Hinweise liefern; insbesondere dann, wenn der betroffene Fahrzeugführer bezüglich seines Konsummusters befragt wird und regelmäßigen bzw. mehrfachen Konsum verneint, kann die Nachweisbarkeit hoher THC-COOH-Konzentrationen weitere Zweifel an seiner Zuverlässigkeit und somit auch seiner Fahrtauglichkeit entstehen lassen.

Ein weiteres Problem besteht aufgrund der hohen Lipophilie von THC und seinen Abbauprodukten. Hieraus resultiert eine nur eingeschränkt aussagekräftige Korrelation zwischen der Wirkstoffkonzentration im Blut und am Wirkungsort.

Beim Bestreben, eine möglichst handhabbare und kompakte Methodik zur Bewertung der Fahrtauglichkeit nach Cannabiskonsum zu etablieren, wurde der Cannabis Influence Factor (=CIF) entwickelt. In die Formel des CIF finden alle drei Metaboliten (THC, 11-OH-THC und THC-COOH) Einzug. Die Formel lautet:

$$CIF = \frac{\frac{[THC]}{314,5} + \frac{[11-OH-THC]}{330,5}}{\frac{[THC-COOH] * 0,01}{344,5}}$$

Dies hat zur Folge, dass eine dimensionslose Zahl entsteht, die psychoaktive und nicht psychoaktive Metabolite ins Verhältnis setzt (Vgl. Kapitel 3.2.2.4). Der CIF ist somit ein Indikator für den Fortschritt des Abbauprozesses von THC nach Cannabiskonsum, unabhängig von der Gesamtmenge des konsumierten THC. Liegen kurzzeitig nach Cannabiskonsum hohe Konzentrationen der frühen Metabolite und noch niedrige Konzentrationen der späteren Metabolite vor, ergeben sich entsprechend hohe Zahlenwerte im Zähler und entsprechend niedrige Zahlenwerte im Nenner der CIF-Formel, sodass ein hoher CIF-Wert resultiert. Da sich das Verhältnis bei weiter fortschreitender Metabolisierung immer mehr aus dem Zähler in den Nenner verschiebt, sinkt der CIF-Wert entsprechend. Ein CIF-Wert von 0 liegt also dann vor, wenn der (letzte) Konsum so lange zurückliegt, dass keine psychoaktiven Metaboliten mehr vorliegen, jedoch THC-COOH als Nachweis von Konsum in der Vergangenheit vorliegt.

Mathematisch betrachtet ist der CIF-Wert erst berechenbar, sobald eine gewisse Konzentration an THC-COOH vorliegt, da nicht durch null dividiert werden kann.

Problematisch bei der isolierten Verwendung des CIF-Wertes als Parameter zur Befundung über eine bestehende Fahrtauglichkeit ist zu bewerten, dass die tatsächlich vorliegenden Konzentrationen an psychoaktiven Substanzen keinen direkten Einfluss auf den CIF-Wert haben, sondern mit der Konzentration des psychoinaktiven Metaboliten korreliert werden. Dies hat zur Folge, dass durch regelmäßigen Konsum viel THC-COOH akkumuliert werden könnte und somit ein bei chronischen Konsumenten oder zumindest regelmäßigem Konsum in der jüngeren Vergangenheit, niedrigerer CIF-Wert nach dem Konsum resultiert, da der Wert im Nenner der CIF-Formel entsprechend groß ist. Unterstellt man nun mögliche Adaptationsprozesse regelmäßiger Konsumenten, so ist zu diskutieren, inwiefern diese vermeintliche Verzerrung möglicherweise sogar ein realistischeres Abbild der tatsächlichen Beeinträchtigung einer Person im Hinblick auf Ihre Tauglichkeit als Fahrzeugführer im Straßenverkehr darstellt, als die isolierte Betrachtung der Konzentrationen der psychoaktiven Metabolite. Hier spielen die Adaptationsprozesse eine entscheidende Rolle, die es ermöglichen könnten, dass ein chronischer Konsument unter identischen Konzentrationen psychoaktiver THC-Wirkstoffe eine geringere Beeinträchtigung aufweist, als ein Erst- oder Gelegenheitskonsument. Eine Schwierigkeit stellt an dieser Stelle bei reiner Betrachtung des CIF jedoch die unter Umständen fehlende Möglichkeit der Differenzierung zwischen a.) einem bereits weiter fortgeschrittenen Metabolisierungsprozess eines Einmal- oder Gelegenheitskonsumenten b.) einem Konsumenten, der in letzter Zeit mehrmals und womöglich hohe Dosen an Cannabis konsumiert hat, zuvor jedoch kein Cannabis konsumierte und somit bislang keine „Adaptation“ erfolgt sein kann und c.) dem chronischen und möglicherweise adaptierten Cannabiskonsumenten dar. Aus diesem Grund stellt der CIF zur Einordnung der Phase nach Konsum eine wertvolle Größe dar, dennoch sollten die absoluten Konzentrationen der psychoaktiven Metaboliten ebenfalls Beachtung in der Grenzwertdiskussion und Bewertung der Fahrtauglichkeit finden, sodass im Sinne einer Vorbildfunktion keine „Bevorzugung“ des chronischen

Cannabiskonsumenten erfolgt. Mit dieser Handhabung würde in Analogie zur Praxis bei alkoholisierten Fahrzeugführern gehandelt.

Die Ergebnisse der Analyse im Rahmen dieser Dissertation zeigen, dass der Anteil derjenigen Cannabiskonsumenten, die eine Fahrauffälligkeit aufweisen, mit zunehmendem Alter des Fahrzeugführers kontinuierlich abnimmt. Somit scheint eine besondere Gefahr von den jüngsten Fahrern auszugehen. Mögliche Ursachen für diese Feststellung könnten zum einen ein Mangel an Fahrpraxis sein, die ihrerseits bei Annahme dieser These somit einen Teil der cannabisbedingten Fahrunsicherheit kompensieren kann. Andererseits finden sich auch in der Betrachtung nüchternen Fahrzeugführer ein erhöhter Anteil an Fahrauffälligkeiten bei jüngeren und somit unerfahreneren Fahrern, sodass hier möglicherweise eine Korrelation vorliegen könnte, die nicht (ausschließlich) auf den Konsum von Cannabis zurückzuführen ist.

Bei der Betrachtung der absoluten Fallzahlen nach Altersgruppen fällt auf, dass die Gruppe der 21-25-jährigen am größten ist und die Gesamtzahl mit steigendem Alter (Betrachtung von 5-Jahres-Kohorten) kontinuierlich sinkt. Es ist zu vermuten, dass die Gruppe der  $\leq 20$ -jährigen nur deshalb kleiner ist, weil hier nicht 5-Jahreskohorten berücksichtigt sind, da die 16- und 17-jährigen zu einem deutlich geringeren Teil einen Führerschein besitzen und der Erwerb des Autoführerscheins bzw. das alleinige eigenständige Führen eines Autos erst nach Vollendung des 18. Lebensjahres gestattet ist.

Die Geschlechterverteilung zeigt ein massives Ungleichgewicht im Hinblick auf männliche und weibliche Fahrzeugführer, die als Cannabiskonsumenten detektiert wurden. 97,5% aller Datensätze stammen von männlichen Cannabiskonsumenten. Hieraus lassen sich Rückschlüsse auf das Konsummuster ziehen: Männer scheinen nach Cannabiskonsum wesentlich häufiger bereit zu sein, im Anschluss noch ein Kraftfahrzeug zu führen. Somit kann vermutet werden, dass bei männlichen Cannabiskonsumenten zudem eine deutlich erhöhte Risikobereitschaft besteht bzw. die eigene Fahrtauglichkeit fehlerhaft eingeschätzt wird.

Da es sich bei dem Ereignis eines Unfalls um die schwerwiegendste Form bzw. das schwerwiegendste Resultat einer Fahrauffälligkeit handelt, ist diese Teilgruppe von besonderer Bedeutung! Bei der Betrachtung der Odds Ratios



nach Alter fällt auf, dass die  $\leq 20$ -jährigen ein besonders hohes Unfallrisiko aufweisen. Hierbei ist zu betonen, dass gerade die Wahrscheinlichkeit (sehr) schwerer Unfälle sich in dieser Altersgruppe besonders drastisch von allen Gruppen älterer Fahrer abhebt. Vor diesem Hintergrund wäre in Analogie zur Handhabung beim Alkoholkonsum bei Fahrzeugführern dafür zu plädieren, für Fahranfänger bis zu einem bestimmten Alter oder in der Probezeit, unabhängig von weiteren Grenzwertdiskussionen, in jedem Fall eine Null-Toleranz-Lösung zu fordern.

Bei der Betrachtung der Fahrauffälligkeiten nach CIF-Wert gilt es zu ermitteln, inwiefern durch die Ermittlung des CIF-Wertes eines Cannabiskonsumenten Rückschlüsse auf dessen Fahrtauglichkeit zulässig sind.

Im Rahmen der Analyse der Unfallbeteiligung nach CIF-Wert konnten keine signifikanten Ergebnisse herausgearbeitet werden; vermutlich wäre hier eine höhere Fallzahl hilfreich, den Trend eines Risikomaximums bei CIF-Werten zwischen 10 und 20 zu verdeutlichen. Interessanterweise zeigt sich der Trend, dass bei CIF-Werten über 20 das Risiko für Unfälle sinkt.

Bei Betrachtung des Schlangenlinienfahrens fällt auf, dass das Risiko mit fallenden CIF-Werten sinkt. Insbesondere in der akuten Phase mit CIF-Werten ab 30 ist das Risiko, Schlangenlinien zu fahren, somit signifikant erhöht. Da beim Schlangenlinienfahren das cannabisbedingte Aufmerksamkeitsdefizit (sedierende Wirkung) im Vordergrund steht, kann festgehalten werden, dass diesbezüglich die Beeinträchtigung in der Akutphase besonders drastisch auszufallen scheint. CIF-Werte unter 10 (Subakut- und Spätphase) stellen einen signifikant risikomindernden Faktor dar. Offenbar ist in dieser Phase nach Konsum die aufmerksamkeitsdefizitäre Komponente nach Konsum weitgehend zurückgebildet. Es ist zu vermuten, dass das Bewusstsein der Fahrzeugführer, kürzlich Cannabis konsumiert zu haben, zu einer erhöhten Aufmerksamkeit führt, woraus eine verringerte Quote an Schlangenlinienfahrten resultiert. Da Vorfahrt- und Rotlichtverstöße ebenfalls auf ein Aufmerksamkeitsdefizit zurückzuführen sind, zeigen sich hier ähnliche Trends. Tendenziell stellen CIF-Werte über 20 (im Bereich 20-29 signifikant) ein erhöhtes Risiko dar, CIF-Werte unter 20 sind hingegen -vermutlich aus den genannten Gründen- als eher risikoreduzierend zu werten, wenngleich hierfür -mit Ausnahme der CIF-0-Gruppe- keine Signifikanzen herausgestellt werden konnten. Auch zu

langsames Fahren kann als Resultat der sedierenden Komponente gewertet werden. Hier zeigen sich ebenfalls vergleichbare Tendenzen mit risikoreduzierender Wirkung bei CIF-Werten unter 20 und einer Risikoerhöhung bei CIF-Werten über 20, die bei CIF-Werten ab 30 eine Signifikanz aufweist.

Geschwindigkeitsübertretungen lassen sich hingegen eher einer euphorisierend-selbstüberschätzenden Wirkkomponente des Cannabis zuordnen. Auch hier ist festzustellen, dass hohe CIF-Werte ein erhöhtes Risiko darstellen, das mit abnehmendem CIF-Wert annähernd kontinuierlich sinkt. Signifikant konnte gezeigt werden, dass ein CIF-Wert von 0 (Spätphase) einen risikomindernden Faktor, ein CIF-Wert  $\geq 30$  einen risikosteigenden Faktor darstellt.

Die Gruppe „andere auffällige Fahrweise“ enthält eine Vielzahl verschiedener Fahrauffälligkeiten, die in ihrer jeweiligen Anzahl zu klein sind, um separate Untergruppen zu bilden. Dennoch ist diese Gruppe von großem Interesse, da sie mit insgesamt 838 Datensätzen viele Fälle enthält. Aufgrund der Heterogenität der Gruppe lässt sich hier keine eindeutige Zuordnung zu den einzelnen Cannabiswirkungen (sedierend, euphorisierend, muskelrelaxierend) vornehmen. Aufgrund der hohen Fallzahl zeigt sich hier für jede Subgruppe ein signifikantes Ergebnis: Es ist festzustellen, dass mit sinkendem CIF-Wert das Risiko einer auffälligen Fahrweise sinkt. Bei CIF-Werten über 20 ist das Risiko signifikant erhöht, bei CIF-Werten unter 20 signifikant erniedrigt mit einem Minimum in der Gruppe der CIF-Werte von 1 bis 9. Einen identischen Trend zeigt die Gruppe der „anderen StVG-Verstöße“, die mit einer Fallzahl von 819 ebenfalls eine sehr große, aber ebenfalls inhomogene Gruppe darstellt.

In der Synopse aller Fahrauffälligkeiten ( $n = 2579$ ) zeigt sich, dass das Risiko, eine Fahrauffälligkeit zu begehen, bei CIF-Werten ab 20 signifikant erhöht ist. Je höher der CIF-Wert, desto höher ist die Wahrscheinlichkeit für eine Fahrauffälligkeit. CIF-Werte unter 10 stellen hier einen signifikant risikomindernden Faktor dar. Hierbei ist festzustellen, dass das Odds Ratio in der Gruppe der CIF-Werte 1-9 deutlich niedriger liegt, als in der Gruppe CIF 0. Vermutlich ist dies damit zu begründen, dass die beeinträchtigende Wirkung des Cannabis auf die Fahrtauglichkeit bei CIF-Werten unter 10 offenbar weitgehend abgebaut ist, jedoch das Bewusstsein, kürzlich Cannabis konsumiert zu haben, zu einer erhöhten Konzentration und Aufmerksamkeit

führt, um keinen Anlass für eine polizeiliche Verkehrskontrolle zu bieten. Mit zunehmender zeitlicher Distanz zum vergangenen Cannabiskonsum lässt diese Fokussierung auf die Vermeidung eigener Fahrfehler nach, sodass die Fehlerquote in der CIF=0-Gruppe wieder leicht ansteigt.

Somit kann insgesamt betrachtet festgehalten werden, dass bei CIF-Werten ab 20 eine signifikante Risikoerhöhung hinsichtlich des Auftretens von Fahrauffälligkeiten besteht. Dieses erhöhte Risiko rechtfertigt, eine reduzierte Fahrtauglichkeit bei Vorliegen eines CIF-Wertes ab 20 zu unterstellen, sodass diese Größe Einzug in die Grenzwertdiskussion erhalten sollte. Somit stellt in dieser Datenanalyse die Akutphase nach Cannabiskonsum unter Berücksichtigung aller Fahrauffälligkeiten die weitaus gefährlichere Phase dar, wohingegen die Subakut- und Spätphase mit CIF-Werten von unter 10 mit reduzierten Risiken weitaus weniger häufig zu Verkehrsdelikten zu führen scheint. Besondere Beachtung sollte jedoch die Analyse der Unfallzahlen (Unfälle als weitaus schwerwiegendste Form der Fahrauffälligkeit) finden. Hierbei zeigte sich, wie bereits dargelegt, ein erhöhtes Risiko in der späten Akutphase und der Subakutphase, die somit ebenfalls i.R. der Grenzwertfindung berücksichtigt werden muss.

Bei der Betrachtung der Ergebnisse der Odds Ratios der Fahrauffälligkeiten nach THC- und THC+11-OH-THC fällt auf, dass geringe Konzentrationen an psychoaktiven Metaboliten tendenziell einen risikoreduzierenden Faktor hinsichtlich der Häufigkeit an Fahrauffälligkeiten darstellen. Erst höhere Wirkspiegel führen zu einer Risikosteigerung. Bei der Analyse der Unfälle ist festzustellen, dass THC-Werte unter 15 und THC+11-OH-THC-Werte (Summe der psychoaktiven Metabolite) unter 15 tendenziell zu einer Verringerung der Wahrscheinlichkeit für Unfälle führen. Höhere Werte führen zu einer Steigerung des Risikos, wobei die Risikoerhöhung für THC-Werte zwischen 15 und 19,9 und für die Summe psychoaktiver Metabolite bei Konzentrationen ab 20 ng/ml jeweils signifikant sind. Bei der Fahrauffälligkeit des Schlangenlinienfahrens zeigt sich ein signifikant risikomindernder Faktor bei THC-Konzentrationen bis 4,9 und einer Konzentration der Summe psychoaktiver Metabolite bis 9,9 ng/ml. Eine signifikante Risikoerhöhung ist bei THC-Werten ab 10 und THC+11-OH-THC-Werten ab 15 ng/ml gegeben. Vergleichbare Ergebnisse zeigen sich auch

bei der Betrachtung von Vorfahrt- und Rotlichtmissachtungen und Geschwindigkeitsübertretungen. Die fallzahlbezogen größten Gruppen „andere auffällige Fahrweise“ und „andere StVG-Verstöße“ bringen ganz ähnliche Ergebnisse hervor, wie die Betrachtung aller Fälle in Summe: Bei der Analyse aller Fahrauffälligkeiten zeigt sich, dass THC-Werte bis 4,9 (THC+11-OH-THC-Werte bis 9,9 ng/ml) einen signifikant risikomindernden Faktor darstellen. Eine signifikante Risikoerhöhung für das Auftreten von Fahrauffälligkeiten findet sich bei THC-Konzentrationen ab 10 und THC+11-OH-THC-Konzentrationen ab 15 ng/ml.

Generell betrachtet kann festgehalten werden, dass sowohl die Analyse von THC allein, als auch die Zusammenschau mit dem psychoaktiven Metaboliten 11-OH-THC jeweils zu einem signifikanten Ergebnis hinsichtlich eines Grenzwertes zwischen risikominderndem Einfluss und einer Risikoerhöhung führen. Dennoch dürfte die Betrachtung der Summe aus THC und 11-OH-THC ein zuverlässigeres Ergebnis liefern, da hier unabhängig vom Fortschreiten des Metabolisierungsprozesses die reale Konzentration psychoaktiver THC-bedingter Wirkkomponenten betrachtet wird. Kritisch muss an dieser Stelle hinterfragt werden, inwiefern bei THC und 11-OH-THC eine reine Summation der Konzentrationen zulässig ist, da nicht gesichert ist, ob die psychoaktive Potenz beider Stoffe identisch ist. Dies wäre Voraussetzung dafür, dass die Summenbildung ohne Beachtung eines Potenzfaktors, was eine alternative Berechnungsmethode bei unterschiedlich starker Psychoaktivität darstellen würde, sinnvoll ist.

## 5.1. Schlussfolgerungen

Ziel der Ermittlung der durch Cannabiskonsum verursachten Einschränkung der Fahrtauglichkeit muss eine evidenzbasierte Diskussion zur Etablierung eines zuverlässigen Grenzwertes sein. Hierbei muss die möglichst präzise Repräsentanz der Beeinträchtigung in allen konkret denkbaren Konstellationen durch Cannabiskonsum im Vordergrund stehen.

Somit halte ich eine Grenzwertermittlung allein auf Basis der THC-Konzentration aus mehreren Gründen für ungeeignet: Es ist bekannt, dass THC in Form des 11-OH-THC einen weiteren psychoaktiven Metabolit besitzt, der in seiner Konzentration ebenfalls Einfluss auf die Fahrtauglichkeit ausübt und entsprechend Berücksichtigung finden muss. Insofern ist die Betrachtung der Summe aus THC und 11-OH-THC unbedingt anzustreben, wie sie zum einen in den Ergebnissen dieser Arbeit erfolgt ist und zum anderen unter zusätzlicher Berücksichtigung des späteren, nicht mehr psychoaktiven Abbauprodukts THC-COOH, Einzug in die Berechnung des CIF-Wertes erhält.

So gilt es zu eruieren, welchen Zusatznutzen die Information des THC-COOH - und somit die Berechnung des CIF-Wertes- gegenüber der Summation der psychoaktiven Metabolite besitzt: Die THC-COOH-Konzentration kann unter Umständen wertvolle Hinweise auf das Konsummuster eines Cannabiskonsumenten generell, im aktuellen Zusammenhang auf das Konsummuster eines cannabiskonsumierenden Fahrzeugführers, liefern, da THC-COOH bedeutend länger nachweisbar bleibt. Eine niedrige THC-COOH-Konzentration zeigt einen seltenen oder einmaligen Konsum, hohe Konzentrationen hingegen das Resultat durch Akkumulation bei regelmäßigem/engmaschigem Konsum. Diese Information ist je nach Gesetzeslage und Rechtsprechung hilfreich, um die weitere Fahreignung eines Fahrzeugführers zu bewerten.

Ferner ist zu fordern, dass -in Analogie zur Handhabung bei Alkohol am Steuer- bei jungen Fahrzeugführern und Fahrzeugführern in der Probezeit eine Null-Toleranz-Regelung für Cannabiskonsum Anwendung finden sollte.

Es bedarf weiterer wissenschaftlicher Untersuchungen, insbesondere Studien und Datenanalysen mit höheren Fallzahlen, um eine ausreichende statistische Aussagefähigkeit in die Grenzwertdiskussion einbringen zu können. Nur mit der hierdurch erzielbaren höheren Aussagekraft wissenschaftlicher Ergebnisse kann eine Grundlage geschaffen werden, die den Gesetzgeber in die Lage versetzt, eine wissenschaftlich fundierte, evidenzbasierte rechtliche Basis hinsichtlich Cannabiskonsums bei Fahrzeugführern im Straßenverkehr zu schaffen.

## 6. Literatur- und Quellenverzeichnis

1. Seitz, N.-N., et al., *Trends in substance use and related disorders: Analysis of the epidemiological survey of substance abuse 1995 to 2018*. Deutsches Ärzteblatt International, 2019. **116**(35-36): p. 585.
2. Huestis, M.A., *Human cannabinoid pharmacokinetics*. Chemistry & biodiversity, 2007. **4**(8): p. 1770.
3. Chandra, S., et al., *New trends in cannabis potency in USA and Europe during the last decade (2008–2017)*. European archives of psychiatry and clinical neuroscience, 2019. **269**(1): p. 5-15.
4. Lizermann, L.-L., *Der Cannabis-Anbau: Alles über Botanik, Anbau, Vermehrung, Weiterverarbeitung und medizinische Anwendung sowie THC-Messverfahren*. 2012: Nachtschatten Verlag.
5. Eichhorn Bilodeau, S., et al., *An update on plant photobiology and implications for cannabis production*. Frontiers in Plant Science, 2019. **10**: p. 296.
6. Hazekamp, A., *Eine Beurteilung der Qualität von medizinischem Cannabis in den Niederlanden*. 2006, Cannabinoids.
7. Europäische Beobachtungsstelle für Drogen, *Drogensucht. Europäischer Drogenbericht 2019: Trends und Entwicklungen, (2019)*. Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union, 2019.
8. Fitzgerald, K.T., A.C. Bronstein, and K.L. Newquist, *Marijuana poisoning*. Topics in companion animal medicine, 2013. **28**(1): p. 8-12.
9. Bundeskriminalamt. *Bundeslagebild Rauschgift 2018*. 2019 [22.07.2020]; Available from: <https://www.bka.de/SharedDocs/Downloads/DE/Publikationen/JahresberichteUndLagebilder/Rauschgiftkriminalitaet/2018RauschgiftBundeslagebildZ.html?jsessionid=32A227BE EA9A51373865A8AC3A76B65A.live0611?nn=27972>.
10. Atzendorf, J., et al., *Gebrauch von Alkohol, Tabak, illegalen Drogen und Medikamenten*. Dtsch Ärzteblatt, 2019. **116**: p. 577-584.
11. Devane, W.A., et al., *Isolation and structure of a brain constituent that binds to the cannabinoid receptor*. Science, 1992. **258**(5090): p. 1946-1949.
12. Bundesgesetzblatt, *Gesetz zur Änderung betäubungsmittelrechtlicher und anderer Vorschriften*. Bundesgesetzblatt, 2017. **Nr. 11 vom 09.03.2017**.
13. Kraus, L., Piontek, D., Gomes de Matos, E., *Epidemiologischer Suchtsurvey 2012: Repräsentativerhebung zum Gebrauch psychoaktiver Substanzen bei Erwachsenen in Deutschland* R. Bundesministerium für Gesundheit, Editor. 2014.
14. [http://www.dvr.de/betriebe\\_bg/daten/unfallstatistik/de\\_jungeerwachsene.htm](http://www.dvr.de/betriebe_bg/daten/unfallstatistik/de_jungeerwachsene.htm). abgerufen am 06.02.2017].
15. Schneider, M., et al., *Cannabis, Cannabinoide und das Endocannabinoidsystem*, in *Cannabis: Potenzial und Risiko*. 2019, Springer. p. 1-36.
16. Fishedick, J.T., et al., *Metabolic fingerprinting of Cannabis sativa L., cannabinoids and terpenoids for chemotaxonomic and drug standardization purposes*. Phytochemistry, 2010. **71**(17-18): p. 2058-2073.
17. Pisupati, R., D. Vergara, and N.C. Kane, *Diversity and evolution of the repetitive genomic content in Cannabis sativa*. BMC genomics, 2018. **19**(1): p. 1-9.
18. Small, E. and A. Cronquist, *A practical and natural taxonomy for Cannabis*. Taxon, 1976: p. 405-435.
19. Bonini, S.A., et al., *Cannabis sativa: A comprehensive ethnopharmacological review of a medicinal plant with a long history*. Journal of ethnopharmacology, 2018. **227**: p. 300-315.
20. Emboden, W., *Cannabis in Ostasien – Herkunft, Wanderung und Gebrauch*. Rausch und Realität, Drogen im Kulturvergleich, Band 2, ed. K.v.W. G. Völger. 1982, Rowohlt Taschenbuchverlag.



21. Jack Herer, M.B., *Die Wiederentdeckung der Nutzpflanze Hanf, Cannabis Marihuana*. Vol. 11. Auflage. 2008, Nachtschatten.
22. *Cannabis als Medizin*. abgerufen am 06.02.2017.
23. *Reichsgesetzblatt vom 10. Dezember 1929*. RGBL. I S.215.
24. *Art. I Nr. 1 ÄndG vom 22. Dezember 1971 (BGBl. I S. 2092)*; . gültig ab 25. Dezember 1971.
25. Alt, A. and G. Reinhardt, *Positive cannabis results in urine and blood samples after consumption of hemp food products*. Journal of analytical toxicology, 1998. **22**(1): p. 80-81.
26. Leson, G., et al., *Evaluating the impact of hemp food consumption on workplace drug tests*. Journal of analytical toxicology, 2001. **25**(8): p. 691-698.
27. Mechoulam, R., et al., *Early phytocannabinoid chemistry to endocannabinoids and beyond*. Nature Reviews Neuroscience, 2014. **15**(11): p. 757-764.
28. Morales, P. and P.H. Reggio, *An update on non-CB1, non-CB2 cannabinoid related G-protein-coupled receptors*. Cannabis and cannabinoid research, 2017. **2**(1): p. 265-273.
29. El-Alfy, A.T., et al., *Antidepressant-like effect of  $\Delta$ 9-tetrahydrocannabinol and other cannabinoids isolated from Cannabis sativa L*. Pharmacology Biochemistry and Behavior, 2010. **95**(4): p. 434-442.
30. Cascini, F., C. Aiello, and G. Di Tanna, *Increasing delta-9-tetrahydrocannabinol ( $\Delta$ -9-THC) content in herbal cannabis over time: systematic review and meta-analysis*. Current drug abuse reviews, 2012. **5**(1): p. 32-40.
31. ElSohly, M.A., et al., *Changes in cannabis potency over the last 2 decades (1995–2014): analysis of current data in the United States*. Biological psychiatry, 2016. **79**(7): p. 613-619.
32. Swift, W., et al., *Analysis of cannabis seizures in NSW, Australia: cannabis potency and cannabinoid profile*. PloS one, 2013. **8**(7): p. e70052.
33. Dujourdy, L. and F. Besacier, *A study of cannabis potency in France over a 25 years period (1992–2016)*. Forensic science international, 2017. **272**: p. 72-80.
34. Marsicano, G. and R. Kuner, *Anatomical distribution of receptors, ligands and enzymes in the brain and in the spinal cord: circuitries and neurochemistry*, in *Cannabinoids and the Brain*. 2008, Springer. p. 161-201.
35. Gaoni, Y. and R. Mechoulam, *Isolation, structure, and partial synthesis of an active constituent of hashish*. Journal of the American chemical society, 1964. **86**(8): p. 1646-1647.
36. Maccarrone, M., et al., *Endocannabinoid signaling at the periphery: 50 years after THC*. Trends in pharmacological sciences, 2015. **36**(5): p. 277-296.
37. Grinspoon, L., Bakalar, J., *Marihuana, die verbotene Medizin*. Zweitausendeins, 1994.
38. McGilveray, I.J., *Pharmacokinetics of cannabinoids*. Pain Research and Management, 2005. **10**.
39. Goullé, J.-P. and M. Guerbet, *Tetrahydrocannabinol pharmacokinetics; new synthetic cannabinoids; road safety and cannabis*. Bulletin de L'academie Nationale de Medecine, 2014. **198**(3): p. 541-56; discussion 556.
40. Wong, A., et al., *Exercise increases plasma THC concentrations in regular cannabis users*. Drug and Alcohol Dependence, 2013. **133**(2): p. 763-767.
41. Lemberger L, A.J., Kopin IJ, *Metabolism and disposition of delta-9-tetrahydrocannabinol in man*. Pharmacol Rev 1971; 23: 371-380, 1971.
42. Sharma, P., P. Murthy, and M.M. Bharath, *Chemistry, metabolism, and toxicology of cannabis: clinical implications*. Iran J Psychiatry, 2012. **7**(4): p. 149-56.
43. Huestis, M., *Pharmacokinetics and metabolism of the plant cannabinoids,  $\Delta$  9-tetrahydrocannabinol, cannabidiol and cannabinol*, in *Cannabinoids*. 2005, Springer. p. 657-690.
44. Gouille, J., E. Saussereau, and C. Lacroix. *Delta-9-tetrahydrocannabinol pharmacokinetics*. in *Annales pharmaceutiques francaises*. 2008.
45. Brunet, B., et al., *Validation of large white pig as an animal model for the study of cannabinoids metabolism: application to the study of THC distribution in tissues*. Forensic science international, 2006. **161**(2-3): p. 169-174.

46. Teuscher, E. and U. Lindequist, *Biogene Gifte*. 1987: Gustav Fischer Stuttgart.
47. Morales, P., D.P. Hurst, and P.H. Reggio, *Molecular targets of the phytocannabinoids: a complex picture*. *Phytocannabinoids*, 2017: p. 103-131.
48. Pertwee, R.G., *Pharmacology of cannabinoid receptor ligands*. *Current medicinal chemistry*, 1999. **6**: p. 635-664.
49. Knittel, J.L., et al., *Analysis of parent synthetic cannabinoids in blood and urinary metabolites by liquid chromatography tandem mass spectrometry*. *Journal of analytical toxicology*, 2016. **40**(3): p. 173-186.
50. van Amsterdam, J., T. Brunt, and W. van den Brink, *The adverse health effects of synthetic cannabinoids with emphasis on psychosis-like effects*. *Journal of psychopharmacology*, 2015. **29**(3): p. 254-263.
51. Castaneto, M.S., et al., *Synthetic cannabinoids: epidemiology, pharmacodynamics, and clinical implications*. *Drug and alcohol dependence*, 2014. **144**: p. 12-41.
52. Tai, S. and W.E. Fantegrossi, *Pharmacological and toxicological effects of synthetic cannabinoids and their metabolites*, in *Neuropharmacology of New Psychoactive Substances (NPS)*. 2016, Springer. p. 249-262.
53. Freitas, H.R., et al., *Polyunsaturated fatty acids and endocannabinoids in health and disease*. *Nutritional neuroscience*, 2018. **21**(10): p. 695-714.
54. Iannotti, F.A., V. Di Marzo, and S. Petrosino, *Endocannabinoids and endocannabinoid-related mediators: targets, metabolism and role in neurological disorders*. *Progress in lipid research*, 2016. **62**: p. 107-128.
55. Petitot, F., et al., *Complex pharmacology of natural cannabinoids: evidence for partial agonist activity of delta9-tetrahydrocannabinol and antagonist activity of cannabidiol on rat brain cannabinoid receptors*. *Life Sci*, 1998. **63**(1): p. PL1-6.
56. Marsicano G., K.R., *Anatomical distribution of receptors, ligands and enzymes in the brain and in the spinal cord: circuitries and neurochemistry*. *Cannabinoids and The Brain*, ed. Köfalvi A., editor. (Boston, MA: Springer US; ), 161-201, 2008.
57. Herkenham, M., et al., *Characterization and localization of cannabinoid receptors in rat brain: a quantitative in vitro autoradiographic study*. *J Neurosci*, 1991. **11**(2): p. 563-83.
58. Vallee, M., et al., *Pregnenolone can protect the brain from cannabis intoxication*. *Science*, 2014. **343**(6166): p. 94-8.
59. Slawek, D., et al., *Medical Cannabis for the Primary Care Physician*. *Journal of primary care & community health*, 2019. **10**: p. 2150132719884838.
60. Benito, C., et al., *Cannabinoid CB2 receptors in human brain inflammation*. *Br J Pharmacol*, 2008. **153**(2): p. 277-85.
61. Atwood, B.K. and K. Mackie, *CB2: a cannabinoid receptor with an identity crisis*. *British journal of pharmacology*, 2010. **160**(3): p. 467-479.
62. *GPR55 G protein-coupled receptor 55 (human)*. In: ncbi.nlm.nih.gov. . **abgerufen am 06.02.2017**.
63. Van der Stelt, M., et al., *Neuroprotection by Δ9-tetrahydrocannabinol, the main active compound in marijuana, against ouabain-induced in vivo excitotoxicity*. *Journal of Neuroscience*, 2001. **21**(17): p. 6475-6479.
64. Krebs-Kraft, D.L., et al., *Sex difference in cell proliferation in developing rat amygdala mediated by endocannabinoids has implications for social behavior*. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2010. **107**(47): p. 20535-20540.
65. Fattore, L. and W. Fratta, *How important are sex differences in cannabinoid action?* *British journal of pharmacology*, 2010. **160**(3): p. 544-548.
66. Monshouwer, K., et al., *First cannabis use: does onset shift to younger ages? Findings from 1988 to 2003 from the Dutch National School Survey on Substance Use*. *Addiction*, 2005. **100**(7): p. 963-970.
67. Di Marzo, V., F. Piscitelli, and R. Mechoulam, *Cannabinoids and endocannabinoids in metabolic disorders with focus on diabetes*, in *Diabetes-Perspectives in Drug Therapy*. 2011, Springer. p. 75-104.
68. Gunasekaran, N., et al., *Reintoxication: the release of fat-stored Δ9-tetrahydrocannabinol (THC) into blood is enhanced by food deprivation or ACTH exposure*. *British journal of pharmacology*, 2009. **158**(5): p. 1330-1337.



69. Funada, M. and K. Tomiyama, *Dependence and Cytotoxicity of Components of Cannabis*. Yakugaku Zasshi: Journal of the Pharmaceutical Society of Japan, 2020. **140**(2): p. 205-214.
70. Compton, W.M., et al., *Marijuana use and use disorders in adults in the USA, 2002–14: analysis of annual cross-sectional surveys*. The Lancet Psychiatry, 2016. **3**(10): p. 954-964.
71. Miller, N.S., R. Ipeku, and T. Oberbarnscheidt, *A review of cases of marijuana and violence*. International journal of environmental research and public health, 2020. **17**(5): p. 1578.
72. Peacock, A., et al., *Global statistics on alcohol, tobacco and illicit drug use: 2017 status report*. Addiction, 2018. **113**(10): p. 1905-1926.
73. Leduc-Pessah, H., S.K. Jensen, and C. Newell, *An overview of the adverse effects of cannabis use for Canadian physicians*. Clinical and Investigative Medicine, 2019. **42**(3): p. E17-E34.
74. Hoch, E., C.M. Friemel, and M. Schneider, *Cannabis: Potenzial und Risiko: Eine wissenschaftliche Bestandsaufnahme*. 2019, Berlin: Springer.
75. *Der Cannabiskonsum Jugendlicher und junger Erwachsener in Deutschland 2012*, B.f.g. Aufklärung, Editor. 2014, BZgA Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung
76. Seitz, N.-N., et al., *Berlin, Hessen, Nordrhein-Westfalen, Sachsen und Thüringen. Ergebnisse des Epidemiologischen Suchtsurvey 2018*. 2020.
77. <https://anwaltsauskunft.de/magazin/gesellschaft/strafrecht-polizei/177/cannabis-was-erlaubt-ist/> abgerufen am 07.02.2017. Deutsche Anwaltsauskunft, Das Rechtsportal des Deutschen Anwaltvereins.
78. Bundesverfassungsgericht. *Leitsätze zum Beschluß des Zweiten Senats vom 9. März 1994*. 1994 13.10.2020]; Available from: [https://www.bundesverfassungsgericht.de/SharedDocs/Entscheidungen/DE/1994/03/ls19940309\\_2bvl004392.html](https://www.bundesverfassungsgericht.de/SharedDocs/Entscheidungen/DE/1994/03/ls19940309_2bvl004392.html).
79. Hanfverband, D., *Klarer Kopf. Klare Regeln! Die Führerscheinkampagne Informationsbroschüre: Wissenschaft, rechtliche Dimensionen & Kosten*. anwaltsauskunft.de. *Betäubungsmittel- Cannabis: Was erlaubt ist*. 2018 13.10.2020]; Available from: <https://anwaltsauskunft.de/magazin/gesellschaft/strafrecht-polizei/cannabis-was-erlaubt-ist>.
80. Bundesministerium für Gesundheit. *Das Neue-psychoaktive-Stoffe-Gesetz (NpSG)*. 13.10.2020]; Available from: <https://www.bundesgesundheitsministerium.de/service/begriffe-von-a-z/n/npsg.html>.
81. Europäische Beobachtungsstelle für Drogen, *Drogensucht (2017) Europäischer Drogenbericht 2017: Trends und Entwicklungen*. Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union, Luxemburg, 2018.
82. Zhang, W., et al., *Extraction and Analysis of Tetrahydrocannabinol, A Cannabis Compound in Oral Fluid*. International Journal of Biology, 2016. **9**(1): p. 30.
83. chemie.de. *Tetrahydrocannabinol*. 13.10.2020]; Available from: <https://www.chemie.de/lexikon/Tetrahydrocannabinol.html>.
84. verkehrlexikon.de. *Tabelle der Cannabis-Konsumformen nach Daldrup*. 13.10.2020]; Available from: <https://verkehrlexikon.de/TexteA/Cannabis99.php>.
85. Hartung, B., et al., *Sudden unexpected death under acute influence of cannabis*. Forensic Science International, 2014. **237**: p. e11-e13.
86. Coleman, J., *Cannabinoids and Their Use for Chronic Pain—Cannabinoids as an Alternative to Opioids for Chronic Pain*. International Journal of Public Health and Health Systems, 2018. **3**(5): p. 72.
87. Richards, J.R., et al., *Cannabis use and acute coronary syndrome*. Clinical Toxicology, 2019. **57**(10): p. 831-841.
88. Drummer, O.H., D. Gerostamoulos, and N.W. Woodford, *Cannabis as a cause of death: a review*. Forensic science international, 2019. **298**: p. 298-306.
89. Thanki, D., et al., *Prevalence of daily cannabis use in the European Union and Norway*. Lisbon, Portugal: European Monitoring Centre for Drugs and Drug Addiction, 2012.

91. Bundesanstalt\_für\_Straßenwesen, *Abschlussbericht: Durchgeführte Arbeiten, wichtigste Ergebnisse und Empfehlungen*. DRUID-Study, Projekt.Nr.: TREN-05-FP6TR-S07.61320-518404-DRUID, 2011.
92. World Health Organization, *Global status report on road safety 2015*. 2015: World Health Organization.
93. Asbridge, M., J.A. Hayden, and J.L. Cartwright, *Acute cannabis consumption and motor vehicle collision risk: systematic review of observational studies and meta-analysis*. *Bmj*, 2012. **344**: p. e536.
94. Rogeberg, O. and R. Elvik, *The effects of cannabis intoxication on motor vehicle collision revisited and revised*. *Addiction*, 2016. **111**(8): p. 1348-1359.
95. Hartman, R.L. and M.A. Huestis, *Cannabis effects on driving skills*. *Clinical chemistry*, 2013. **59**(3): p. 478-492.
96. Drummer, O.H., et al., *The involvement of drugs in drivers of motor vehicles killed in Australian road traffic crashes*. *Accident Analysis & Prevention*, 2004. **36**(2): p. 239-248.
97. Li, M.-C., et al., *Marijuana use and motor vehicle crashes*. *Epidemiologic reviews*, 2012. **34**(1): p. 65-72.
98. Lenné, M.G., et al., *The effects of cannabis and alcohol on simulated arterial driving: influences of driving experience and task demand*. *Accident Analysis & Prevention*, 2010. **42**(3): p. 859-866.
99. Ronen, A., et al., *The effect of alcohol, THC and their combination on perceived effects, willingness to drive and performance of driving and non-driving tasks*. *Accident Analysis & Prevention*, 2010. **42**(6): p. 1855-1865.
100. Tank, A., et al., *On the impact of cannabis consumption on traffic safety: a driving simulator study with habitual cannabis consumers*. *International journal of legal medicine*, 2019. **133**(5): p. 1411-1420.
101. Hartung, B., et al., *The effect of cannabis on regular cannabis consumers' ability to ride a bicycle*. *International journal of legal medicine*, 2016. **130**(3): p. 711-721.
102. Celius, E.G. and C. Vila, *The influence of THC: CBD oromucosal spray on driving ability in patients with multiple sclerosis-related spasticity*. *Brain and behavior*, 2018. **8**(5): p. e00962.
103. Ryan, K.A., et al., *Fitness to drive in multiple sclerosis: Awareness of deficit moderates risk*. *Journal of clinical and experimental neuropsychology*, 2009. **31**(1): p. 126-139.
104. Schwöpe, D.M., et al., *Psychomotor performance, subjective and physiological effects and whole blood  $\Delta^9$ -tetrahydrocannabinol concentrations in heavy, chronic cannabis smokers following acute smoked cannabis*. *Journal of analytical toxicology*, 2012. **36**(6): p. 405-412.
105. Die Landesregierung Nordrhein-Westfalen. *Unfallstatistik: So wenig Verkehrstote wie noch nie*. 2020; Available from: <https://www.land.nrw.de/pressemitteilung/unfallstatistik-so-wenig-verkehrstote-wie-noch-nie>.
106. *Verkehrsunfallstatistik Nordrhein-Westfalen 2014*, M.f.I.u.K.d.L. Nordrhein-Westfalen, Editor. 2015.
107. Hädener, M., et al., *Assessing cannabis consumption frequency: Is the combined use of free and glucuronidated THCCOOH blood levels of diagnostic utility?* *Drug testing and analysis*, 2017. **9**(7): p. 1043-1051.
108. Moosmann, B., N. Roth, and V. Auwärter, *Finding cannabinoids in hair does not prove cannabis consumption*. *Scientific reports*, 2015. **5**: p. 14906.
109. Paul, R., et al., *Detection of cannabinoids in hair after cosmetic application of hemp oil*. *Scientific reports*, 2019. **9**(1): p. 1-6.
110. Grotenhermen, F., *Pharmacokinetics and pharmacodynamics of cannabinoids*. *Clinical pharmacokinetics*, 2003. **42**(4): p. 327-360.
111. Verkehrssicherheitsrat, D. *Drogen und Straßenverkehr*. 15.10.2020; Available from: <https://drogen.dvr.de/>.
112. e.V., D.H.f.S. *Cannabis Basisinformationen*. 2017 15.10.2020; Available from: [https://www.dhs.de/fileadmin/user\\_upload/pdf/Broschueren/2017\\_-\\_Basisinfo\\_Cannabis.pdf](https://www.dhs.de/fileadmin/user_upload/pdf/Broschueren/2017_-_Basisinfo_Cannabis.pdf).

113. Rebler, A., *Führerscheinentzug bereits bei niedrigen THY-Werten, Keine Toleranz für Kiffer*. Legal Tribune Online, 2014.
114. Drasch, G., et al., *Unfaelle und reale Gefaehrdung des Strassenverkehrs unter Cannabis-Wirkung/Accidents and genuine endangering of road traffic under the influence of cannabis*. Blutalkohol, 2006. **43**(6).
115. Mura, P., et al., *THC can be detected in brain while absent in blood*. Journal of analytical toxicology, 2005. **29**(8): p. 842-843.
116. Bundesverfassungsgericht. *Beschluss der 2. Kammer des Ersten Senats vom 21. Dezember 2004 - 1 BvR 2652/03 -, Rn. 1-34.*, 2004; Available from: [https://www.bundesverfassungsgericht.de/SharedDocs/Entscheidungen/DE/2004/12/rk20041221\\_1bvr265203.html](https://www.bundesverfassungsgericht.de/SharedDocs/Entscheidungen/DE/2004/12/rk20041221_1bvr265203.html).
117. Deutsche Apothekerzeitung. *RECHTSPRECHUNG AKTUELL: Keine generelle Fahruntüchtigkeit bei gelegentlichem Cannabiskonsum*. 2002; Available from: <https://www.deutsche-apotheker-zeitung.de/daz-az/2002/daz-29-2002/uid-8046>.
118. Redaktion beck-aktuell. *OVG Münster bestätigt bisherigen Grenzwert für Cannabiskonsumanten im Straßenverkehr*. 2017 13.10.2020]; Available from: <https://rsw.beck.de/aktuell/daily/meldung/detail/ovg-muenster-bestaetigt-bisherigen-grenzwert-fuer-cannabiskonsumanten-im-strassenverkehr>.
119. OLG Düsseldorf. *NJW 1994, 2428*. 1994 13.10.2020]; Available from: <https://dejure.org/dienste/vernetzung/rechtsprechung?Gericht=OLG%20D%FCsseldorf&Datum=02.05.1994&Aktenzeichen=5%20Ss%20358/93>.
120. OLG Frankfurt. *NStZ-RR 02, 17 f.* 2001 13.10.2020]; Available from: <https://dejure.org/dienste/vernetzung/rechtsprechung?Gericht=OLG%20Frankfurt&Datum=22.10.2001&Aktenzeichen=3%20Ss%20287%2F01>.
121. Bundesverwaltungsgericht. *Beschluss vom 23.10.2014 NJW 2015,2439*. 2014 13.10.2020]; Available from: <https://dejure.org/dienste/vernetzung/rechtsprechung?Gericht=BVerwG&Datum=23.10.2014&Aktenzeichen=3%20C%203.13>.
122. Dauber, H., et al. *Suchthilfe in Deutschland 2018 Jahresbericht der deutschen Suchthilfestatistik (DSHS)*. 2019 13.10.2020]; Available from: [https://www.suchthilfestatistik.de/fileadmin/user\\_upload\\_dshs/Publikationen/Jahresberichte/DSHS\\_Jahresbericht\\_2018.pdf](https://www.suchthilfestatistik.de/fileadmin/user_upload_dshs/Publikationen/Jahresberichte/DSHS_Jahresbericht_2018.pdf).
123. Pisanti, S. and M. Bifulco, *Medical Cannabis: A plurimillennial history of an evergreen*. Journal of cellular physiology, 2019. **234**(6): p. 8342-8351.
124. Bifulco, M. and S. Pisanti, *Medicinal use of cannabis in Europe: The fact that more countries legalize the medicinal use of cannabis should not become an argument for unfettered and uncontrolled use*. EMBO reports, 2015. **16**(2): p. 130-132.
125. Levinsohn, E.A. and K.P. Hill, *Clinical uses of cannabis and cannabinoids in the United States*. Journal of the neurological sciences, 2020. **411**: p. 116717.
126. Müller-Vahl, K. and F. Grotenhermen, *Medizinisches Cannabis: Die wichtigsten Änderungen*. Dtsch Arztebl, 2017. **114**(8): p. 352-6.
127. Ärzteblatt, D. *Neue Kurzinformation zu medizinischem Cannabis erschienen*. 2020 13.10.2020]; Available from: <https://www.aerzteblatt.de/nachrichten/111414/Neue-Kurzinformation-zu-medizinischem-Cannabis-erschieden>.
128. Pertwee, R.G., *Targeting the endocannabinoid system with cannabinoid receptor agonists: pharmacological strategies and therapeutic possibilities*. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 2012. **367**(1607): p. 3353-3363.
129. Hoch, E., et al., *How effective and safe is medical cannabis as a treatment of mental disorders? A systematic review*. European archives of psychiatry and clinical neuroscience, 2019. **269**(1): p. 87-105.
130. Alsherbiny, M.A. and C.G. Li, *Medicinal cannabis—potential drug interactions*. Medicines, 2019. **6**(1): p. 3.
131. Casey, S.L. and C.W. Vaughan, *Plant-based cannabinoids for the treatment of chronic neuropathic pain*. Medicines, 2018. **5**(3): p. 67.

132. Santaella-Tenorio, J., et al., *US traffic fatalities, 1985–2014, and their relationship to medical marijuana laws*. American journal of public health, 2017. **107**(2): p. 336-342.
133. Rogeberg, O., *A meta-analysis of the crash risk of cannabis-positive drivers in culpability studies—avoiding interpretational bias*. Accident Analysis & Prevention, 2019. **123**: p. 69-78.
134. Ärzteblatt, D. *Umsatz mit Medizinalcannabis steigt*. 2020 [13.10.2020]; Available from: <https://www.aerzteblatt.de/nachrichten/110803/Umsatz-mit-Medizinalcannabis-steigt>.
135. Ärzteblatt, D. *Cannabispatienten dürfen Auto fahren*. 2017 [13.10.2020]; Available from: <https://www.aerzteblatt.de/nachrichten/74004/Cannabispatienten-duerfen-Auto-fahren>.
136. researchgate.net. [14.10.2020]; Available from: [https://www.researchgate.net/profile/Marilyn\\_Huestis/publication/268394661/figure/fig1/AS:646073647394816@1531047369380/Major-metabolic-route-for-9-tetrahydrocannabinol-THC-including-the-primary-active.png](https://www.researchgate.net/profile/Marilyn_Huestis/publication/268394661/figure/fig1/AS:646073647394816@1531047369380/Major-metabolic-route-for-9-tetrahydrocannabinol-THC-including-the-primary-active.png).
137. verkehrlexikon.de. *DER CIF-Wert - Cannabis-Influence-Factor*. [14.10.2020]; Available from: <https://verkehrlexikon.de/ModuleB/CIFWert.php>.

# 7. Anhang

## Auszug aus der in Excel transferierten Datenbank zur exemplarischen Darstellung der Datengrundlage

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
CHNR	GENDEF	AI	FAT	THC	11C	THCCOOH	BA	CIF	Vorfall	Vorfall	Vorfall	Selekt	Beurteilung	THC + 11-OH (psychoaktiv)
1	0H5366	männlich	19	00:30	2,4	1,2	11,5	33	23	Fehler Fahrzeugbedienung	2	4		3,6
2	0H5366	männlich	20	00:35	1,2	0,8	8,3	0	25	andere auffällige Fahrweise	2	3		2
3	0H5332	männlich	37	01:20	22,1	4,5	37,3	0	77	zu schnell	4	4		26,6
4	0H5332	männlich	37	01:28	10,6	3,2	24,4	0	61	leichter Unfall	4	4		13,8
5	0H6350	männlich	19	00:24	2,5	1,9	12,5	37	21	leichte Schlangenfalten	2	4		4,4
6	0H6356	männlich	16	02:00	0	0	11	0	0	andere auffällige Fahrweise	1	1		0
7	0H6356	männlich	16	02:00	2,6	1	7,3	53	11	leichter Unfall	2	4		3,6
8	0H7182	männlich	20	01:45	0,9	0	10,7	0	25	andere auffällige Fahrweise	1	1		0,9
9	0H7431	männlich	23	01:35	1,1	1,4	20,6	0	13	Rotlichtverstoß	2	3		2,5
10	0H7431	männlich	23	01:35	3,7	2	12,2	0	50	leichte Schlangenfalten	2	4		5,7
11	0H7894	männlich	19	00:45	8	2	15	72	25	andere auffällige Fahrweise	3	4		10
12	0H7894	männlich	19	00:45	1,6	0,6	10,6	22	21	leichte Schlangenfalten	2	3		2,2
13	0H8062	männlich	20	00:30										
14	0K6778	männlich	19	01:30	17,3	3,9	81,4	28	11	leichter Unfall	4	3	Der letzte Cannabiskonsum dürfte kurz vor der Fahrt/dem Unfall erfolgt sein. Die vom Arzt festgestellten deutlichen Ausfallerscheinungen (Schwankender Gang, benommen etc.) sind durch die vorliegenden Blutbefunde erklärbar. Somit ist davon auszugehen, daß Herr XXXX cannabisbedingt nicht mehr in der Lage war, ein Kraftfahrzeug im Straßenverkehr sicher zu führen.	21,2
15	0K6799	männlich	23	01:30	2,9	0,8	11,9	33	41	sichere Fahrweise			Herr XXXXXXX zeigte ausweislich des ärztlichen Berichts deutliche Ausfallerscheinungen (schwankender Gang, Keirwendung unsicher, wirkt benommen, „ Romberg „ pathologisch), die sich durch die hier nachgewiesene Einwirkung von Cannabis erklären lassen. Somit ist davon auszugehen, daß Herr XXXXXXX cannabisbedingt nicht mehr in der Lage war, ein Kraftfahrzeug im Straßenverkehr sicher zu führen.	3,7
16	0K7210	männlich	18	00:35	1,8	0,6	7,4	35	25	andere auffällige Fahrweise	2	4	Ausweislich des Polizeiberichtes soll die Fahrweise des Herr XXXXXXX unsicher gewesen sein. Wie sich diese Unsicherheit dargestellt hat, ist hier nicht bekannt. Des weiteren war sein Gang schleppend und er habe geztittert, geweint und sei redselig gewesen. Unter Berücksichtigung dieser Beobachtung, die sich durch den Cannabiskonsum erklären lassen, dürfte eine deutliche Beeinträchtigung der Fahrtüchtigkeit vorzuliegen haben.	2,4
17	0K7309	männlich	25	01:00	5,7	1,7	26,3	30	25	andere auffällige Fahrweise	3	4	Die von Herr XXXXXXX ausweislich des Polizeiberichtes gezeigten Auffälligkeiten lassen sich durch das vorliegende Blutergebnis erklären. Somit kann davon ausgegangen werden, daß Herr XXXX cannabisbedingt nicht mehr in der Lage war, ein Kraftfahrzeug im Straßenverkehr sicher zu führen.	7,4



## Odds Ratios mit Konfidenzintervallen

Abb.	Kriterium	Intervall	Odds Ratio [Konfidenzintervall]
15	Alter, alle Unfälle	≤20	1,88 [1,37-2,57]
		21-25	0,89 [0,67-1,19]
		26-30	0,97 [0,70-1,33]
		31-35	0,77 [0,48-1,22]
		>35	0,56 [0,33-0,95]
	Alter, leichte Unfälle	≤20	1,45 [1,00-2,10]
		21-25	0,97 [0,70-1,33]
		26-30	1,08 [0,76-1,53]
		31-35	0,87 [0,53-1,43]
		>35	0,54 [0,30-0,99]
	Alter, (sehr) schwere Unfälle	≤20	3,88 [2,22-6,78]
		21-25	0,66 [0,36-1,22]
		26-30	0,63 [0,30-1,29]
		31-35	0,44 [0,14-1,43]
		>35	0,62 [0,22-1,73]
16	CIF Unfälle	0	0,79 [0,54-1,15]
		1-9	1,05 [0,75-1,46]
		10-19	1,31 [0,98-1,73]
		20-29	0,85 [0,56-1,28]
		≥30	0,87 [0,58-1,32]
		17	CIF Schlangenlinien
1-9	0,21 [0,11-0,39]		
10-19	0,93 [0,67-1,29]		
20-29	1,43 [0,97-2,09]		
≥30	3,68 [2,67-5,08]		
18	CIF Vorfahrt-/Rotlichtverstöße		
		1-9	0,78 [0,46-1,34]
		10-19	0,74 [0,46-1,17]
		20-29	2,16 [1,35-3,44]
		≥30	1,57 [0,95-2,62]
		19	CIF Geschwindigkeitsübertretungen
1-9	0,85 [0,62-1,17]		
10-19	1,17 [0,90-1,52]		
20-29	1,18 [0,85-1,66]		
≥30	1,41 [1,02-1,94]		
20	CIF zu langsames Fahren		
		1-9	0,24 [0,06-1,01]
		10-19	0,69 [0,31-1,54]
		20-29	1,07 [0,41-2,79]
		≥30	4,53 [2,24-9,14]
		21	CIF andere auffällige Fahrweise
1-9	0,31 [0,24-0,41]		
10-19	0,69 [0,57-0,83]		
20-29	1,52 [1,23-1,88]		
≥30	3,20 [2,63-3,89]		
22	CIF andere StVG-Verstöße		
		1-9	0,34 [0,26-0,44]
		10-19	1,09 [0,92-1,30]
		20-29	1,61 [1,30-2,00]
		≥30	1,67 [1,35-2,07]

23	CIF alle Fälle	0	0,67 [0,57-0,79]
		1-9	0,45 [0,38-0,53]
		10-19	0,93 [0,82-1,06]
		20-29	1,46 [1,24-1,73]
		≥30	2,14 [1,82-2,52]
25	THC Unfälle	<1	0,75 [0,51-1,11]
		1-4,9	0,95 [0,72-1,25]
		5-9,9	1,05 [0,75-1,46]
		10-14,9	0,94 [0,53-1,66]
		15-19,9	2,03 [1,09-3,80]
		≥20	1,71 [0,87-3,32]
26	THC + 11-OH Unfälle	<1	0,73 [0,44-1,19]
		1-4,9	0,97 [0,74-1,28]
		5-9,9	0,96 [0,69-1,32]
		10-14,9	0,86 [0,55-1,36]
		15-19,9	1,27 [0,71-2,27]
		≥20	1,86 [1,17-2,97]
27	THC Schlangenlinien	<1	0,40 [0,23-0,69]
		1-4,9	0,53 [0,39-0,73]
		5-9,9	0,99 [0,69-1,42]
		10-14,9	2,83 [1,84-4,34]
		15-19,9	3,13 [1,75-5,61]
		≥20	4,92 [2,95-8,20]
28	THC + 11-OH Schlangenlinien	<1	0,50 [0,27-0,93]
		1-4,9	0,61 [0,44-0,84]
		5-9,9	0,51 [0,33-0,77]
		10-14,9	1,40 [0,92-2,13]
		15-19,9	2,57 [1,57-4,21]
		≥20	4,67 [3,15-6,93]
29	THC Vorfahrt-/Rotlichtverstöße	<1	0,42 [0,20-0,87]
		1-4,9	0,66 [0,44-1,00]
		5-9,9	1,46 [0,93-2,29]
		10-14,9	1,67 [0,84-3,30]
		15-19,9	2,24 [0,94-5,37]
		≥20	3,06 [1,41-6,65]
30	THC + 11-OH Vorfahrt-/Rotlichtverstöße	<1	0,44 [0,18-1,09]
		1-4,9	0,68 [0,44-1,04]
		5-9,9	1,01 [0,63-1,61]
		10-14,9	1,20 [0,66-2,19]
		15-19,9	1,76 [0,83-3,75]
		≥20	2,93 [1,63-5,25]
31	THC Geschwindigkeitsübertretungen	<1	0,54 [0,37-0,81]
		1-4,9	0,81 [0,63-1,04]
		5-9,9	1,18 [0,88-1,58]
		10-14,9	1,45 [0,93-2,26]
		15-19,9	1,88 [1,04-3,39]
		≥20	2,69 [1,59-4,55]
32	THC + 11-OH Geschwindigkeits- übertretungen	<1	0,70 [0,45-1,11]
		1-4,9	0,78 [0,60-1,01]
		5-9,9	0,95 [0,71-1,27]
		10-14,9	1,15 [0,79-1,67]
		15-19,9	1,39 [0,83-2,32]
		≥20	2,30 [1,54-3,43]

33	THC andere auffällige Fahrweise	<1	0,68 [0,53-0,86]
		1-4,9	0,46 [0,39-0,55]
		5-9,9	1,07 [0,88-1,30]
		10-14,9	2,52 [1,93-3,31]
		15-19,9	2,85 [1,95-4,16]
		≥20	4,66 [3,29-6,62]
34	THC + 11-OH andere auffällige Fahrweise	<1	0,86 [0,66-1,14]
		1-4,9	0,41 [0,34-0,50]
		5-9,9	0,87 [0,72-1,06]
		10-14,9	1,29 [1,01-1,64]
		15-19,9	2,33 [1,71-3,17]
		≥20	4,12 [3,18-5,35]
35	THC andere StVG-Verstöße	<1	0,83 [0,66-1,05]
		1-4,9	0,36 [0,30-0,44]
		5-9,9	0,67 [0,54-0,83]
		10-14,9	3,08 [2,37-4,00]
		15-19,9	4,90 [3,45-6,94]
		≥20	5,51 [3,90-7,77]
36	THC+ 11-OH andere StVG-Verstöße	<1	0,80 [0,60-1,06]
		1-4,9	0,42 [0,35-0,51]
		5-9,9	0,55 [0,44-0,69]
		10-14,9	1,30 [1,01-1,66]
		15-19,9	2,48 [1,82-3,37]
		≥20	5,91 [4,59-7,61]
37	THC alle Fälle	<1	0,68 [0,58-0,81]
		1-4,9	0,51 [0,45-0,58]
		5-9,9	0,96 [0,83-1,11]
		10-14,9	2,37 [1,90-2,96]
		15-19,9	3,27 [2,39-4,48]
		≥20	4,26 [3,13-5,79]
38	THC+ 11-OH alle Fälle	<1	0,77 [0,63-0,94]
		1-4,9	0,52 [0,46-0,59]
		5-9,9	0,76 [0,66-0,88]
		10-14,9	1,23 [1,02-1,48]
		15-19,9	2,17 [1,68-2,79]
		≥20	4,09 [3,28-5,10]



# Excel-Tabelle zur Berechnung der Konfidenzintervalle

	A	B	C	D	E	F	G
1	Odds Ratio Berechnung						
2							
3							
4	Anz. Exponierter Fälle	a		Kontrolle	a+c	=C4+C6	2579
5	Anz. Exponierter Nicht-Fälle (Kontrolle)	b			b+d	=C5+C7	1771
6	Anz. Nicht-Exponierter Fälle	c	=C8-C4				
7	Anz. Nicht-Exponierter Nicht-Fälle (Kontrolle)	d	=C9-C5				
8	Gesamtzahl Fälle						
9	Gesamtzahl Kontrolle						
10							
11			=1/(C4)+(1/C5)+(1/C6)+(1/C7)				
12		OR	=C4/C6)/C5/C7				
13							
14		unteres CI	=EXP(1)*LN(C12)-1,96*WURZEL(C11))				
15		oberes CI	=EXP(1)*LN(C12)+1,96*WURZEL(C11))				
16							
17							

## Danksagung

An erster Stelle danke ich sehr herzlich meinem Doktorvater, Herrn Prof. Dr. Thomas Daldrup, für die Überlassung des Promotionsthemas. Seine ständige Hilfsbereitschaft, seine wertvollen Anregungen und stetige Erreichbarkeit gewährleisteten eine hervorragende, kontinuierliche Betreuung im Rahmen der Erstellung meiner Dissertation.

Ferner bedanke ich mich herzlich bei Herrn Prof. Dr. Rainer Guthoff für die freundliche Bereitschaft zur Übernahme des Korreferats.

Außerdem danke ich Frau Prof. Dr. Stefanie Ritz-Timme für die Möglichkeit, meine Promotion am Institut für Rechtsmedizin der Universität Düsseldorf durchzuführen.

Herrn Prof. Dr. Holger Schwender sei an dieser Stelle für seine Beratung im Rahmen der statistischen Auswertung herzlich gedankt.

Darüber hinaus danke ich allen Mitarbeitern am Institut für Rechtsmedizin, die an der Erstellung und kontinuierlichen Erweiterung der zu Grunde gelegten Datenbank beteiligt waren.

Zu guter Letzt danke ich von Herzen meinen Eltern, Dr. Petra Behrens-Oestreich und Dr. Wolfgang Oestreich sowie meinem Bruder Christian Oestreich, die durch ihre motivierenden und ermutigenden Worte und Taten meine Dissertation mitemöglicht haben. Sie haben mir stets durch die Freistellung von anderen Aufgaben und Pflichten den erforderlichen Zeitaufwand eingeräumt.