



Deutsche Gesellschaft
für Verkehrspsychologie

**„Die Legalisierung von Cannabis in verschiedenen
Ländern – empirisches Lagebild zu den Auswirkungen auf
Risikokennwerte der Verkehrssicherheit, des
Gesundheitswesens und der Marktdynamik“**

30.4.2023

Bearbeitet von

**Prof. Dr. Wolfgang Fastenmeier
Dr. Martin Söllner**



Institut mensch-verkehr-umwelt
Hochkönigstr. 6, D-81825 München
Tel. 089/530 261 63; Fax 089/530 262 24
wfastenmeier@mensch-verkehr-umwelt.de
kontakt@dgvp-verkehrspsychologie.de

Inhaltsverzeichnis

1 Ausgangslage und Fragestellung	3
2 Allgemeine Erkenntnisse zu Cannabis	4
2.1 Grundlagen	4
2.2 Marktentwicklung (Preis, Wirkstoffgehalt, Verfügbarkeit, Distributionswege).....	8
3 Cannabis und Auswirkungen auf das Gesundheitssystem	10
4 Cannabis und Verkehrssicherheit.....	47
4.1 Methodenprobleme.....	47
4.2 Analysen zum Unfallgeschehen im Zusammenhang mit Cannabis	48
4.3 Auswirkungen von Legalisierung und Entkriminalisierung von Cannabis auf die Verkehrssicherheit.....	51
4.3.1 Überblick zu vorhandenen Evaluationsstudien	51
4.3.2 Bewertung der Evaluationsstudien.....	78
5 Diskussion	88
Literatur	98
Abbildungsverzeichnis	105
Tabellenverzeichnis.....	106
Anhang	107
Anhang 1: Kurzdarstellung typischer Metaanalysen zum allgemeinen Zusammenhang von Cannabiskonsum und Unfallgeschehen	
Anhang 2: Tabellarische Übersicht und Bewertung der untersuchten Studien	

1 Ausgangslage und Vorgehen

Die Deutsche Gesellschaft für Verkehrspsychologie DGVP e.V. möchte die potenziellen Auswirkungen der Gesetzesinitiative der Bundesregierung zur Legalisierung von nicht-medizinischem Cannabis auf die Verkehrssicherheit untersuchen.

Dazu erfolgte eine international angelegte Literaturrecherche anhand eines Kriterienkataloges (siehe Kapitel 5), um folgende Fragen zu beantworten: Welche Erfahrungen zu den Auswirkungen der Legalisierung und Entkriminalisierung von Cannabis auf die Verkehrssicherheit existieren in solchen Ländern, die Cannabis bereits legalisiert haben bzw. z.B. auch im Vergleich zu Ländern ohne Legalisierung (wie etwa USA, da von Bundesstaat zu Bundesstaat unterschiedlich gehandhabt). Kasten 1 gibt einen Überblick zu den Staaten bzw. Ländern, die Cannabis legalisiert haben. Darüber hinaus sollten Risikokennwerte aus verschiedenen Lebensbereichen für die Erstellung des Lagebildes herangezogen werden:

- Verkehrssicherheit (Unfallraten, Verletzte/Getötete im Vorher/Nachher-Vergleich oder mit/ohne-Vergleich; Hospitalisierungsraten in Kliniken; cannabiskorrelierte Verkehrsverstöße)

Folgende weitere Aspekte sollen ebenfalls berücksichtigt werden:

- Auswirkungen auf das Gesundheitssystem (Konsumprävalenz, auch bei unterschiedlichen Nutzergruppen; Anzahl cannabisinduzierter Behandlungen; Behandlungskosten; Komorbiditäten/Diagnosen)
- Marktentwicklung (Preis, Wirkstoffgehalt, Verfügbarkeit, Distributionswege).

Die Literaturrecherche erfolgte über das ICTCT-Netzwerk, PubPsych, PubMed, Safety Lit, Google Scholar. Gesucht und ausgewählt wurden dabei empirische Studien, die in wissenschaftlichen Fachzeitschriften und Berichten publiziert und zugänglich waren. Darüber hinaus wurden auch Übersichtsarbeiten berücksichtigt. Jede der Studien wurde nach den in Kapitel 4 beschriebenen Kriterien analysiert, insbesondere um methodische Schwächen, Verzerrungen in der Datenbasis sowie in den Ergebnissen herauszuarbeiten und damit letztlich die Validität der Studien, ihre Aussagekraft und ggfs. die Relevanz der Ergebnisse und ihre Verallgemeinerungsfähigkeit zu bewerten. Die Ergebnisse der analysierten Studien werden systematisch dargestellt und zusammengefasst. Die vorliegende Bewertung beinhaltet *keine* Meta-Analyse, d.h., es werden keine statistischen Methoden und Techniken eingesetzt, um die Ergebnisse der Studien mathematisch-statistisch zu überprüfen, zu integrieren und neu zusammenzufassen.

Das Thema Cannabiskonsum auch und gerade im Zusammenhang mit Fragen der Verkehrssicherheit und der Eignung zum Führen von Kraftfahrzeugen erweist sich seit vielen Jahren als hochemotionales und vor allem auch politisch besetztes Problemfeld, das sich einer wissenschaftlichen Argumentation häufig entzieht. Sowohl Befürworter als auch Kritiker führen zahlreiche Argumente, Gesichtspunkte oder auch lediglich Behauptungen hinsichtlich der Effekte einer Cannabislegalisierung ins Feld. Die eine Seite prognostiziert u.a. eine reduzierte Kriminalitätsrate, verringerte Gerichtskosten, verbesserte öffentliche Gesundheit, erhöhte Verkehrssicherheit und eine Stimulation des ökonomischen Geschäftsganges. Demgegenüber befürchtet die andere Seite einen Anstieg von Cannabis- sowie allgemein Drogen- und Alkoholkonsum ebenso wie eine zunehmende Kriminalität und beeinträchtigte Verkehrssicherheit. Nicht zuletzt würde eine Legalisierung von Cannabis mit einer Verschlechterung des Gesundheitszustandes der Bevölkerung einhergehen und zudem würde die schulische und universitäre Ausbildung aufgrund cannabisinduzierter

Entwicklungsstörungen der Jugend beeinträchtigt. Systematische Bewertungen dieser angeführten Gesichtspunkte und Behauptungen sind allerdings rar.

Kasten 1: Staaten mit Cannabislegalisierung

Uruguay: Freigabe erfolgte 2013, stark reguliertes und staatlich kontrolliertes Modell: Konsumenten müssen sich registrieren, es gibt drei Bezugsquellen für Cannabis (Eigenproduktion, Gemeinschaftsproduktion und Apothekenverkauf). Erlaubt ist der Anbau von bis zu sechs Pflanzen bzw. der Kauf von bis zu 40 Gramm Marihuana pro Monat.

USA: In 48 der 50 Bundesstaaten ist medizinisches Cannabis erlaubt (schrittweise Einführung zwischen 1996 und 2022). Die Abgabe von Cannabis zu Genusszwecken ist bislang in 21 Bundesstaaten frei (schrittweise Einführung zwischen 2012 und heute): Alaska, Arizona, Connecticut, Colorado, Illinois, Kalifornien, Oregon, Maine, Maryland, Massachusetts, Michigan, Missouri, Montana, Nevada, New Jersey, New Mexico, New York, Rhode Island, Vermont, Virginia und Washington (Bundesstaat). Die erlaubten Mengen und die damit verbundenen Regularien unterscheiden sich je nach Bundesstaat.

Kanada: Seit Herbst 2018 sind Konsum und Besitz von Cannabis erlaubt. Es handelt sich um eine landesweite Legalisierung, aber die Regulierungsmodelle für den Verkauf von Cannabis unterscheiden sich je nach Provinz und Territorium.

Australian Capital Territory in Australia (Enklave in New South Wales): Besitz und Anbau kleiner Mengen erlaubt.

Südafrika: Anbau für den Eigenbedarf und Konsum außerhalb der Öffentlichkeit erlaubt.

Mexiko, Thailand, Malta und Georgien haben vor kurzem eine Art von Legalisierung eingeführt (meist nach Klagen gegen bestehende Regelungen), z.T. gibt es aber noch keine eindeutigen Legalisierungsgesetze.

Im Kontext der vorliegenden Arbeit interessiert vor allem der Gesichtspunkt der Verkehrssicherheit: Angesichts der weltweit in vielen Ländern zu beobachtenden Bestrebungen, Cannabis zu legalisieren, wachsen die Bedenken, dass damit eine erhöhte Prävalenz cannabisinduzierter Fahrten verbunden ist, was wiederum zu einem insgesamt erhöhten Unfallrisiko führen könnte. Bislang erscheint die Sachlage diesbezüglich unklar zu sein. Die vorliegende Studie stellt deshalb den Versuch einer sachlichen und vorurteilsfreien Darstellung des Forschungsstandes im Sinne der oben genannten Fragestellung dar.

2 Allgemeine Erkenntnisse zu Cannabis

2.1 Grundlagen

Unter Cannabiskonsum wird im Folgenden (sofern nicht anders angegeben) immer der Eigenkonsum von nicht-medizinischem Cannabis verstanden, nicht jedoch medizinisches Cannabis zu therapeutischen Zwecken. Pflanzliches Cannabis besteht aus den getrockneten Blütenspitzen und Blättern, Cannabisharz ist eine Pressmasse aus den harzigen Teilen der Pflanze, und Cannabisöl ist ein Lösungsmittelextrakt aus Cannabis. Cannabis wird fast ausschließlich geraucht, oft vermischt mit Tabak. Die Aufnahme bzw. Freisetzung des psychoaktiven Cannabiswirkstoffes Delta9-Tetrahydrocannabinol (THC) erfolgt daher überwiegend respiratorisch. Der am häufigsten nachgewiesene Metabolit ist THC-Carbonsäure

(THC-COOH), ein pharmakologisch inaktives Stoffwechselprodukt von THC. Ein Nebenaspekt in der weiteren Analyse der Cannabisstudien ist die orale Aufnahme von Cannabis etwa über Lebensmittel (sog. „Edibles“). Im Abschnitt zur Marktentwicklung von Cannabisprodukten wird bei Bedarf darauf Bezug genommen.

Cannabis ist weltweit die am häufigsten konsumierte Droge, der Konsum liegt etwa fünfmal höher als bei anderen Substanzen. Auch in Deutschland liegt Cannabis im Trend und kann mittlerweile als „Lifestyle-Droge“ bezeichnet werden (Wagner & Müller, 2022). Die Lebenszeitprävalenz des Cannabiskonsums variiert stark zwischen den Ländern und reicht von etwa 4 % der Erwachsenen in Malta bis zu etwa 45 % in Frankreich. Die Jahresprävalenz liegt bei den 15- bis 64-Jährigen in Europa bei etwa 7,7 % und bei den jungen Erwachsenen zwischen 15 und 34 Jahren bei etwa 15,4 %, wobei die Spanne von 3,4 % in Ungarn bis 21,8 % in Frankreich reicht. Aus anderen demografischen Erhebungen geht hervor, dass etwa 1,8 % der 15- bis 64-jährigen Erwachsenen in der Europäischen Union, von denen die meisten (61 %) jünger als 35 Jahre sind, täglich oder fast täglich Cannabis konsumieren und die Droge im letzten Monat an mindestens 20 Tagen konsumiert haben (alle Daten nach EMCCDA, 2022¹).

Für Deutschland weist der Drogen- und Suchtbericht des Bundesministeriums für Gesundheit (2021) sowie der Alkoholsurvey 2021 folgende (Befragungs-)Daten zu Alkohol, Rauchen, Cannabis und Trends aus: Demnach hat nahezu die Hälfte der jungen Erwachsenen zwischen 18 und 25 Jahren schon einmal Cannabis probiert (Lebenszeitprävalenz: 50,8%). Rund 25% der jungen Erwachsenen konsumierten Cannabis in den letzten zwölf Monaten und etwa 12% in den letzten 30 Tagen vor der Befragung. Etwa 1,6% der 12-17-Jährigen und etwa 8,6% der 18- bis 25-Jährigen rauchen regelmäßig Cannabis. „Regelmäßig“ bedeutet dabei mehr als zehnmal in den letzten zwölf Monaten. In der Altersgruppe der 12- bis 17-Jährigen ergeben sich folgende Werte: Etwa 9,3% der 12 bis 17-Jährigen antworteten, schon einmal Cannabis geraucht zu haben.²

In der Schweiz (BAG, 2021) liegt die Lebenszeitprävalenz bei etwa 33%, die Jahresprävalenz der 15-64-Jährigen bei etwa 7,7% und der Konsum des letzten Monats bei rund 4%. Die Daten für Österreich (Busch et al., 2021) weisen für den Cannabiskonsum eine Lebenszeitprävalenz von 24%, eine Jahresprävalenz von 17% und eine Monatsprävalenz von 7% für Cannabiskonsum aus. Grundsätzlich scheinen sich Konsumerfahrungen mit Cannabis in der Regel auf eine kurze Lebensphase zu beschränken, wie jeweils die große Diskrepanz zwischen der Lebenszeitprävalenz und der Prävalenz des Cannabiskonsums im letzten Monat zeigt. Es ist jedoch nicht auszuschließen, dass diese Prävalenzzahlen durch sozial erwünschte Antworttendenzen verzerrt sind.

Der Konsum von Drogen, in diesem Fall Cannabis, ist grundsätzlich ein *Wirkungs- oder Rauschkonsum*. Die Konzentration von THC in Blut, Speichel etc. erreicht kurz nach dem Konsum ihren Höhepunkt, fällt dann relativ rasch innerhalb von zwei bis drei Stunden ab, ist aber oft noch viele Stunden später, bei regelmäßigen Konsumenten mit intensivem Konsumverhalten auch noch Tage oder Wochen später nachweisbar (Odell et al., 2015, Spindle et al., 2019) (vgl. Abbildung 1).

¹ Einschränkung ist hier zu vermerken, dass diese Befragungsdaten u.U. wegen Methodeneffekten, Antwortstilen der Befragten sowie der Tendenz zu sozial erwünschten Antworten verzerrt sein können.

² Die Angaben im Drogen- und Suchtbericht des deutschen Gesundheitsministeriums sind mit Vorsicht zu betrachten, da sie z.T. widersprüchliche Zahlenangaben zur Situation in Deutschland enthalten. Auch die Angaben zur sogenannten Lebenszeitprävalenz stimmen nicht immer mit den Angaben im EMCCDA überein.

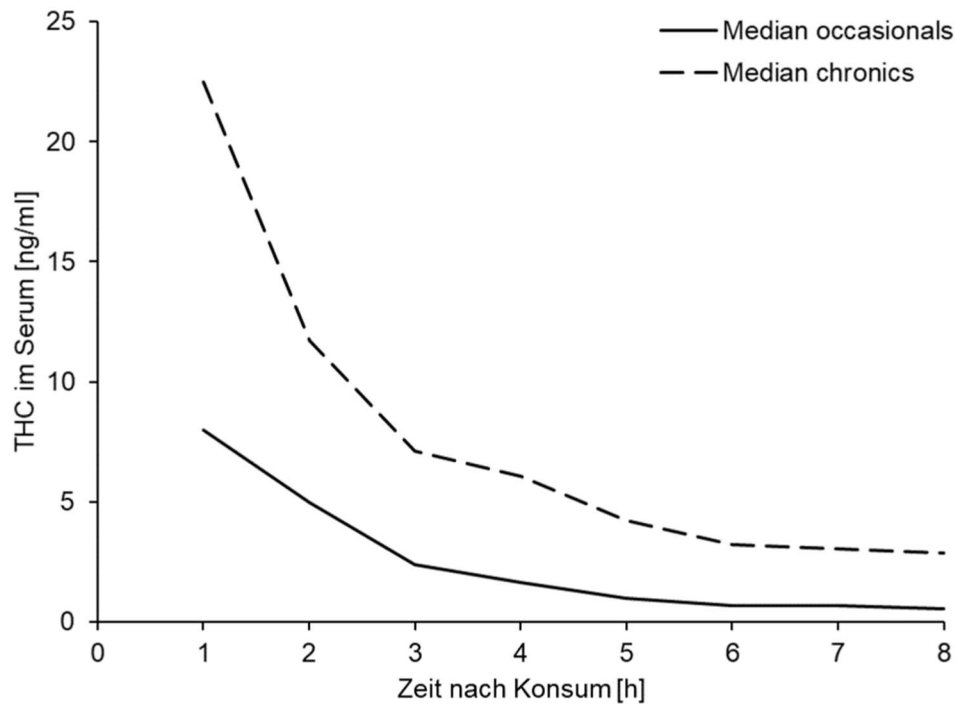


Abbildung 1: Idealtypischer Konzentrationsverlauf von Cannabis bei gelegentlichen und chronischen Nutzern (Darstellung nach Mußhoff, 2022)

Die Wirkungen von Cannabis sind vielfältig, sie können prinzipiell therapeutisch wirksam sein (was in diesem Zusammenhang nicht von Bedeutung ist), im Vordergrund steht jedoch die Rauschwirkung. Dazu gehören

- Stimmungsaufhellungen,
- Euphoriegefühle,
- tiefe Entspannungsgefühle
- Wahrnehmungsveränderungen (Musik, Farben, Geschmack, Zeitgefühl) und
- Redseligkeit.

Dem steht eine Reihe von Nebenwirkungen bzw. unerwünschter Wirkungen gegenüber, da Cannabis bei längerem und hochdosiertem Gebrauch zu einer Abhängigkeit, Toleranz und Entzugserscheinungen führen kann. Typische Nebenwirkungen sind (zusammengefasst nach Schmidbauer & vom Scheidt, 2004):

- Beeinträchtigung des Denk-, Lern- und Erinnerungsvermögens
- Beeinträchtigung der Konzentrationsfähigkeit
- Beeinträchtigung der psychomotorischen Leistungsfähigkeit, Ataxie, Tremor
- Apathie, Müdigkeit
- Augenrötung, trockene Augen, Weitstellung der Pupillen
- Mundtrockenheit, gesteigerter Appetit, Übelkeit und Erbrechen
- Kardiovaskuläre Probleme wie Vasodilatation, niedriger Blutdruck, Tachykardie, Synkopen
- Effekte des Rauchens wie Husten, Bronchitis, möglicherweise Lungenkrebs
- Begünstigt möglicherweise psychotische Störungen.

Für den Hauptwirkstoff des Cannabis (Delta9-Tetrahydrocannabinol THC) existieren keine eindeutigen Konzentrations-Wirkungs-Beziehungen (Skopp et al., 2022). Wie Tönnies (2022) ausführt, ist die Toxikokinetik von THC äußerst komplex und Konzentrationszeitverläufe sind weder vorhersehbar noch berechenbar. Daldrup und Hartung (2022) bestätigen diese Einschätzungen in einer Literaturübersicht zur Diskussion um neue THC-Grenzwerte: Die Kenntnis der Dosis eines Cannabisproduktes ließe keine hinreichend sicheren Rückschlüsse auf die THC-Konzentration im Blutserum zu. Zudem gäbe es keine neuen Erkenntnisse zu den Zusammenhängen zwischen THC-Dosis, deren Konzentration im Blut und daraus resultierenden Einflüssen auf die Fahrsicherheit gegenüber dem Stand von 2004. Ähnliche oder gleichlautende Einschätzungen finden sich auch in der internationalen Literatur (z.B. Spindle et al., 2019; Huestis & Smith, 2018, zitiert nach White & Burns, 2022). Hier zeigt sich auch folgende grundsätzliche Problematik bei der Verwendung von Biomarkern wie THC: Sie werden als „Quasi-Diagnostikum“ eingesetzt, aber in ihrer Anwendung missverstanden, da ihre Limitationen (von Messfehlern bis hin zur Problematik des „Residual-THC“) nicht immer adäquat berücksichtigt werden. Zudem sind experimentelle Ergebnisse aus kontrollierten Laborumgebungen nur sehr schwer auf „real world settings“ – im vorliegenden Fall also die Verkehrsrealität – übertragbar.

In einer Stellungnahme der Fachgesellschaften DGVP und DGVM (2018) zur Cannabismedikation wird dies bekräftigt und bezogen auf das Verkehrsrisiko wie folgt formuliert:

„Bei regelmäßiger Einnahme spielen Faktoren wie Adaptionsprozesse, Toleranzentwicklung und individuell unterschiedliche Wirkungsintensität eine wesentliche Rolle. Das Verkehrsrisiko unter Cannabiseinfluss hängt weniger vom Wirkstoffspiegel ab als von folgenden Faktoren:

- Motiv der Einnahme/ des Konsums und der Wirkungserwartung,
- der allgemeinen psychophysischen Leistungsfähigkeit,
- der Toleranz und Gewöhnung,
- der Anpassungsbereitschaft der Person und der Bereitschaft zu risikovermeidendem Verhalten und / oder
- der Wahrnehmung und Beurteilung riskanter Verkehrssituationen.“

Die Präsenz von Cannabis im Straßenverkehr ist relativ unbestritten. Die Bereitschaft, Konsum und Fahren zu trennen, nimmt mit steigendem Konsum und damit meist auch mit regelmäßigem (d.h. täglichem, gewohnheitsmäßigem) Konsum ab. Bei diesem können nach längerer Zeit höhere THC-Werte nachgewiesen werden als bei Gelegenheitskonsumenten. Solche regelmäßigen Konsumenten sind in der Regel zum Führen von Kraftfahrzeugen ungeeignet. Was ist nun ein hoher THC-Wert? Das Erreichen einer Rauschwirkung wird weitgehend übereinstimmend ab einem Bereich von etwa 20 ng/ml gesehen. Deutliche Leistungsbeeinträchtigungen treten nach einer Reihe von Studien bereits im Bereich von etwa 10 ng/ml auf, weshalb Konzentrationen unter 10 ng/ml häufig als niedrig eingestuft werden. Demgegenüber berichten andere Studien von Beeinträchtigungen bereits bei niedrigen Konzentrationen unter 2 ng/ml. Als äußerst problematisch wird der Mischkonsum von Cannabis und Alkohol wegen eines deutlich erhöhten Unfallrisikos angesehen (siehe dazu die Kapitel 4 und 5). Umgekehrt wird bei Personen, bei denen lediglich THC-Carbonsäure (d.h., der Metabolit) nachgewiesen wurde (d.h. Personen, die nicht akut konsumiert haben), davon ausgegangen, dass kein erhöhtes Risiko wie z.B. eine erhöhte Unfallwahrscheinlichkeit besteht (zsfd. aus Berghaus, 2002; Grotenhermen & Karus, 2002; Kannheiser, 2002; Krüger, 2002).

Insgesamt besteht weitgehend folgender Konsens: Wer nur gelegentlich Cannabis konsumiert, ist in der Lage, den gestellten Anforderungen zum Führen von Kraftfahrzeugen gerecht zu

werden, wenn dabei Konsum und Fahren getrennt werden, wenn kein zusätzlicher Gebrauch von Alkohol oder anderen psychoaktiv wirkenden Stoffen sowie keine Störungen der Persönlichkeit und kein Kontrollverlust vorliegen.

2.2 Marktentwicklung (Preis, Wirkstoffgehalt, Verfügbarkeit, Distributionswege)

Südamerika, Westasien und Nordafrika sind seit vielen Jahren wichtige Herkunftsregionen für illegale Drogen, die nach Europa gelangen. Zu den jüngsten Veränderungen auf dem europäischen Markt für illegale Drogen zählen Innovationen bei den Methoden der Drogenherstellung und des Drogenschmuggels, die Entstehung neuer Schmuggelrouten und Partnerschaften zwischen europäischen und außereuropäischen Netzwerken der organisierten Kriminalität. Europa gehört ebenfalls zu den Regionen, in denen Cannabis und synthetische Drogen hergestellt werden, wobei die Produktion von Cannabis in der Regel für den europäischen Konsum bestimmt ist, während synthetische Drogen auch für Märkte außerhalb der EU produziert werden (vgl. EMCCDA, 2022). Hauptquellen sind hier die westlichen Balkanländer und für Cannabiskräuter zudem Marokko.

Folgt man der Zusammenstellung der Europäischen Beobachtungsstelle für Drogen und Drogensucht EMCCDA (2021, 2022) weiter, so ergeben sich zusehends neue Entwicklungen im Cannabisbereich. Zwar sind die Preise (in Euro/g) seit 2009 von 3 Euro auf 7-12 Euro gestiegen. Andererseits sind die indexierten Preise sowohl für Cannabisharz als auch für Cannabiskraut relativ stabil geblieben. Eine deutliche Verschiebung hat sich jedoch beim THC-Gehalt ergeben: Der THC-Gehalt von Cannabisharz liegt mittlerweile etwa doppelt so hoch wie der von Cannabiskraut (21% THC vs. 11% THC). Dies kann als Trendumkehr bezeichnet werden, da in der Vergangenheit der THC-Gehalt von Cannabiskraut in der Regel höher war als der von Cannabisharz. Die EMCCDA interpretiert dies als Anpassung an die neuen Gegebenheiten auf dem Drogenmarkt, da die meist außerhalb Europas ansässigen Harzproduzenten damit auf die wachsende Konkurrenz durch inländisch produziertes Cannabiskraut reagieren. Der erhöhte Wirkstoffgehalt wird mit Sorge betrachtet, da er für die Konsumenten zunächst intransparent ist und die möglicherweise gewohnte Wirkung u.U. deutlich verstärken kann. Innerhalb des EU-Marktes scheint Spanien ein immer wichtigerer Lieferant zu werden. Auch die Vielfalt der in Europa angebotenen Cannabisprodukte habe weiter zugenommen, wobei Extrakte und Edibles (Cannabis in Lebensmitteln) mit hohem THC-Gehalt auf dem Drogenmarkt angeboten würden und CBD-Produkte mit niedrigem THC-Gehalt legal kommerziell vertrieben würden.

Der Europäische Drogenbericht sieht es als besorgniserregend an, dass im Jahr 2021 mehr EU-Länder Cannabisprodukte gemeldet haben, die mit gefährlichen synthetischen Cannabinoiden gestreckt wurden und aufgrund ihres möglicherweise höheren Wirkstoffgehalts sowie von Beimengungen und Verunreinigungen ein Gesundheitsrisiko für die Konsumierenden darstellen. Sogenannte „Drug-Checking-Dienste“ erhalten mehr Cannabisprodukte für Tests, was die Produktvielfalt und die Verunsicherung der Konsumenten widerspiegelt. Synthetische Cannabinoide imitieren die Wirkungen von THC, können aber hochpotenter und auch toxischer sein als pflanzliches Cannabis. Offenbar werden auch Cannabisharze und -kräuter, die nur einen niedrigen THC-Gehalt aufweisen, mit synthetischen Cannabinoiden gestreckt.

Ein Blick in die Länder, in denen Cannabis legalisiert ist, zeigt ein recht heterogenes, teilweise sogar widersprüchliches Bild. Exemplarisch seien zwei Studien herausgegriffen: So konstatieren etwa Hall & Lynskey (2020), die Legalisierung hätte in den USA zu einem substanziellen Preisverfall bei Cannabis, gleichzeitig zu einem höheren Wirkstoffgehalt sowie

zu einer verbesserten Cannabisverfügbarkeit insbesondere bei Erwachsenen (weniger bei Jugendlichen) geführt. Dills et al. (2016, 2021) beklagen zunächst eine begrenzte Verfügbarkeit zuverlässiger Daten und kommen dann zu folgendem Schluss: Die monatlichen Durchschnittspreise seien in Colorado and Washington zwar gesunken, aber in den letzten Jahren weitgehend stabil geblieben. Der Preis qualitativ hochwertigen Marihuanas liege in Washington bei etwa \$230/Unze und in Colorado bei rund \$240/Unze. In Oregon seien die Preise nach der Legalisierung allerdings sogar auf ca. \$210/Unze gestiegen. Auch in Kalifornien sei ein kontinuierlicher, moderater Aufwärtstrend zu verzeichnen, wobei die Preise leicht über denen in Washington lägen. Die Eröffnung von Cannabisläden habe sich nur geringfügig auf die Preise ausgewirkt, und der vorhergesagte Preisverfall sei nicht eingetreten. Abbildung 2 gibt einen Überblick über die monatlichen Umsätze in ausgewählten US-Bundesstaaten.

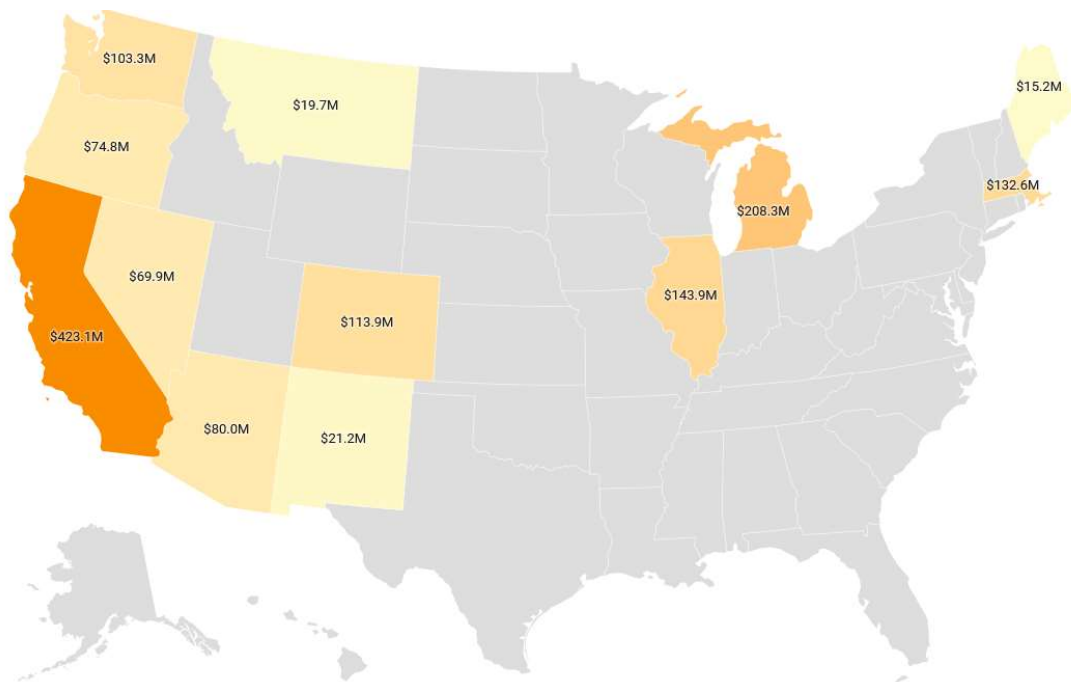


Abbildung 2: Monatliche Umsätze legaler Cannabisverkäufe in ausgewählten US-amerikanischen Bundesstaaten (<https://mjbizdaily.com/us-cannabis-sales-by-state>) (abgerufen 13.2.2023)

Ein weiterer Trend sei, dass sich eine Preisschere zwischen Cannabis von hoher und Cannabis von mittlerer Qualität aufgetan habe. Auf dem Schwarzmarkt sei es für die Konsumenten schwierig, die tatsächliche Qualität eines Produkts zu erkennen. Der Handel mit Cannabis sei komplex, es gebe hunderte verschiedener Stämme und Sorten. Dies führe dazu, dass für mittlere Qualität ähnliche Preise bezahlt würden wie für hohe Qualität. Eine Legalisierung – so ihre Interpretation – würde es den Konsumenten erleichtern, zwischen den verschiedenen Qualitäten zu unterscheiden und entsprechend ihrer finanziellen Möglichkeiten zu kaufen. Mit Sicherheit ließe sich aber nur ein wirklich signifikanter Effekt der Legalisierung feststellen: nämlich höhere Steuereinnahmen für die jeweiligen Bundesstaaten.

Zu einer ähnlichen Einschätzung gelangt Armstrong (2021) für Kanada, das über eine relativ gute und systematisch aufbereitete Datenlage verfügt. So verlief die Einführung legaler Cannabis-Fachgeschäfte nur schleppend. Ihr Anteil am Verkauf lag im Oktober 2018 – also im Jahr der Legalisierung – bei lediglich 7,8% und stieg bis September 2019 auf 23,7%, wobei es große Unterschiede zwischen den zehn Provinzen gab und die Anteile zwischen 13% und 70%

schwankten. Ursachen lagen in geringer Verkaufsdichte, Lieferproblemen bei Cannabiskraut (weniger bei Cannabisöl) und intransparenter Preispolitik. Der Anteil des Schwarzmarktes wird für 2021 immer noch auf ca. 30% geschätzt, die legale Beschaffung scheint eine relativ geringe Rolle zu spielen. Die Zunahme des Anteils legaler Verkäufe wird auf die Zunahme der Anzahl der Verkaufsstellen und die Senkung der Verkaufspreise, d.h. die Angleichung an den Schwarzmarktpreis, zurückgeführt. Ab Sommer 2021 bleibt der legale Verkauf jedoch auf einem Plateau mit leicht sinkender Tendenz. Jährlich werden in Kanada etwa 4,3 Milliarden kanadische Dollar mit dem Verkauf von legalem Cannabis umgesetzt (Statistics Canada, 2022).

Die Inhalation von Cannabiskraut ist zwar nach wie vor die häufigste Konsumform. Insbesondere bei Jugendlichen, die keinen Zugang zum legalen Markt haben, scheint jedoch eine allmähliche Verlagerung hin zu verarbeiteten Produkten stattzufinden. Diese neuen Produkte, wie z.B. Esswaren oder Konzentrate, führen wie bereits erwähnt zu neuen Risiken (z.B. schwere Vergiftungen), eröffnen andererseits auch neue Möglichkeiten zur Risikominderung (z.B. reduzierte inhalative Aufnahme).

3 Cannabis und Auswirkungen auf das Gesundheitssystem

Laut EMCCDA (2021, 2022) ergibt sich hinsichtlich der Auswirkungen von Cannabiskonsum auf das Gesundheitssystem folgendes Bild: Cannabis war im Jahr 2020 die am häufigsten gemeldete Substanz im Euro-DEN Plus-Krankenhausnetz. Es war an 23% der Notfälle mit akuter Drogenintoxikation beteiligt (26% im Jahr 2019), in der Regel in Kombination mit anderen Substanzen. Im Jahr 2019 nahmen rund 111.000 Menschen in Europa eine spezialisierte Drogenbehandlung wegen Problemen im Zusammenhang mit dem Konsum von Cannabis in Anspruch; davon kamen etwa 62.000 zum ersten Mal in die Behandlung. In den 24 Ländern, für die Daten vorliegen, stieg die Gesamtzahl der Erstbehandlungen wegen Cannabisproblemen zwischen 2009 und 2019 um 45%. Fünfzehn Länder meldeten einen Anstieg zwischen 2009 und 2019, zwei Länder einen Anstieg für 2018-19. Insgesamt gaben 51% der Personen, die sich im Jahr 2019 wegen Cannabisproblemen in eine Erstbehandlung begaben, an, die Droge im letzten Monat täglich konsumiert zu haben. Trotz des Anstiegs des Cannabiskonsums sind im Vergleich zur jeweils letzten Datenerhebung die Behandlungsaufnahmen in fast allen Ländern stabil geblieben. Notfälle bei Cannabis sind hingegen bei der Hälfte aller EU-Länder angestiegen. Das Durchschnittsalter bei Erstkonsum liegt bei 17 Jahren, das Durchschnittsalter bei erstmaliger Behandlungsaufnahme bei 25 Jahren. Betroffen sind in erster Linie Männer (84% gegenüber 16% Frauen).

In den USA haben verschiedene Studien versucht, die Frage nach den Auswirkungen auf das Gesundheitssystem und die öffentliche Gesundheit zu beantworten. Viele dieser Studien beziehen sich jedoch nur auf die Freigabe von medizinischem Cannabis, relativ wenige auf nicht-medizinisches Cannabis. Weitgehende Einigkeit besteht darüber, dass die verschiedenen Legalisierungsmaßnahmen zu einem Anstieg des Cannabiskonsums geführt haben (u.a. Anderson et al., 2014; Anderson et al., 2019; Athanassiou et al., 2023; Jones et al., 2018; Kerr et al., 2018; Kim & Monte, 2016; Mauro et al., 2019; Smart & Pacula, 2019). Dies betrifft weniger die jüngeren Altersgruppen bis 25 Jahre, sondern vielmehr die erwachsenen Nutzer ab 26 Jahren. Zu einem ähnlichen Ergebnis kommen Wen et al. (2015), die einen Anstieg bereits ab einem Alter von 21 Jahren berichten. Auch Smart und Pacula (2019) berichten einen erhöhten Cannabiskonsum bei Erwachsenen, nicht aber bei Jugendlichen. Ebenso Chiu et al. (2021), die keine Hinweise darauf gefunden haben, dass die Legalisierung von medizinischem Cannabis den Cannabiskonsum unter Jugendlichen erhöht hätte. Die Übersichtsarbeit von

Anderson und Rees (2021) kommt zu einem eher ambivalenten Ergebnis der aktuellen Befundlage: Einerseits gäbe es Hinweise auf einen Rückgang des Konsums, andererseits fehlten dafür Belege. Miech et al. (2017) und Hasin et al. (2019) (jeweils zitiert nach Chiu et al., 2021) stellten fest, dass die Trends beim Cannabiskonsum unter Jugendlichen parallel zu den Trends beim Alkohol- und Tabakkonsum verlaufen: Der erwartete Anstieg des Cannabiskonsums seit 2005 korrespondiert mit einem gleichzeitigen Rückgang des Anteils der Jugendlichen, die Zigaretten und Alkohol konsumierten. Einen Anstieg des Cannabiskonsums bereits vor den diversen Legalisierungen konstatieren auch Weinberger et al. (2022), allerdings ohne Cannabis- und Zigarettenkonsum getrennt zu betrachten.

Diese Aussagen beruhen jedoch zumeist auf Häufigkeitsbetrachtungen, wobei bemerkenswert erscheint, dass sich kaum signifikante Unterschiede zu der Zeit vor den Legalisierungen ergeben. Anderson et al. (2014) bekräftigen diese Aussage für „High School“-Schüler, in dem sie lediglich nichtsignifikante Anstiege von 0,8 Prozentpunkten etwa für die Wahrscheinlichkeit von Cannabiskonsum sowie einen Anstieg von 0,7 Prozentpunkten für häufigen Cannabiskonsum innerhalb der letzten 30 Tage feststellen. Dilley et al. (2019) kommen bei einer Studie mit Schülern zu uneinheitlichen Ergebnissen (je nach Datenquelle entweder Rückgang oder Anstieg des Cannabiskonsums). Zuckermann et al. (2021) untersuchten den Cannabiskonsum von Schülern in Kanada: Zwar war der Anteil der Schüler, die jemals Cannabis konsumiert hatten, unverändert, dafür erhöhte sich die Häufigkeit des Konsums. Zellers et al. (2023) zogen eine Stichprobe von Zwillingen aus Staaten mit und ohne Legalisierung und konstatierten einen Anstieg von ca. 20% in den Staaten mit Legalisierung ohne dies allerdings mit statistischen Kennwerten zu belegen. Miller et al. (2017) berichten zwei unterschiedliche Tendenzen: Einerseits gebe es keinen Effekt des legalen Verkaufs von Cannabis auf den Anteil der Marihuanakonsumenten. Andererseits findet sich – basierend auf einer Befragung an der Washington State University – ein signifikanter Anstieg insbesondere bei „Females, Black students and Hispanic students“. Everson et al. (2019) vermuten generell einen Zusammenhang zwischen der Prävalenz und der räumlichen Nähe zu Einzelhändlern, ohne dies nachvollziehbar belegen zu können. In Kanada hat sich der Cannabiskonsum von Jugendlichen im Jahr nach der Legalisierung nicht erhöht (Canadian Student Tobacco Alcohol and Drug Use Survey). Ein systematischer Review und eine Metaanalyse von Studien zur Cannabislegalisierung auf internationaler Ebene ergaben keinen oder nur einen geringen Anstieg des Cannabiskonsums bei Jugendlichen und jungen Erwachsenen (Melchior et al. 2019).

Nach Schmidt et al. (2019) hat die Cannabislegalisierung in Kalifornien zwar bei jungen Erwachsenen zu einer erhöhten Wahrscheinlichkeit geführt, mit dem Konsum von Marihuana (ggfs. früher) zu beginnen. Es ließen sich aber keine negativen Auswirkungen auf die Entwicklung in der Adoleszenz feststellen. Gleichzeitig sei der Konsum von Tabak, Alkohol und anderen Drogen unverändert geblieben. Dies ist allerdings ein eher singuläres Ergebnis, denn nahezu alle anderen Studien diskutieren einen indirekten Effekt der Cannabislegalisierung: So sei der gleichzeitige Konsum von Alkohol und Cannabis zurückgegangen – mit einer Ausnahme: „binge drinking“ (deutsch: Besäufnis bzw. das „Komasaufen“). Mögliche Gründe für diesen von vielen als überraschend eingestuft Befund sind vielfältig. Jones et al. (2018) vermuten, der Zugang zu Marihuana erfolgte vor der Legalisierung vor allem in solchen Umgebungen, in denen üblicherweise Alkohol konsumiert wird (Restaurants, Bars, Partys, „social events“ etc.). Da Marihuana nun öffentlich verfügbar ist, wird dieser Zugangsweg entbehrlich. Ähnlich argumentieren Wen et al. (2015): Alkohol- und Marihuanakonsum würden sich wegen der leichteren Marihuanaverfügbarkeit zusehends vom öffentlichen Raum in die Privatsphäre verlagern. Das hätte auch Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit, denn potenzielle Hochrisikogruppen würden nun eher zuhause bleiben als

unterwegs zu sein (siehe dazu mehr in Kapitel 4). Als weiteren interessanten Aspekt diskutieren sie die Motive hinter dem gleichzeitigen Genuss von Marihuana und Alkohol und stellen die Frage, ob beide Substanzen eher als einander substituierend oder als komplementär zu betrachten wären. Da Ethanol die Absorption von THC erleichtert und bei gleichzeitigem Konsum mit Marihuana häufigere und länger anhaltende euphorische Zustände erreicht werden, könnte dies sogar dazu führen, noch mehr trinken zu wollen. Diejenigen, die lediglich einen entspannten, stimmungsaufhellenden Zustand erreichen wollten, begnügten sich mit Marihuana während diejenigen, die euphorische Zustände erreichen wollten, Marihuana mit vermutlich höheren Dosen Alkohol kombinierten. Nur in letzterem Fall würde eine Legalisierung also in einen höheren Konsum beider Substanzen münden – und lediglich eine kleine Gruppe von Marihuanakonsumenten betreffen. Ähnlich argumentieren Anderson et al. (2013) nach der Legalisierung von medizinischem Cannabis.

Die Studie von Kim und Monte (2016) weist in die gleiche Richtung: ein allgemeiner Rückgang des gleichzeitigen Konsums von Alkohol und Marihuana seit der Legalisierung, mit Ausnahme der starken Trinker bzw. der „binge drinker“. Ein weiterer Aspekt ihrer Studie bezieht sich auf Notaufnahmen und Krankenhausaufenthalte im Zusammenhang mit einer akuten Marihuana-Intoxikation: Sie vermerken einen signifikanten Anstieg nach der Legalisierung. Auch die Zahl der Anrufe wegen Marihuanaexposition bei der Giftnotrufzentrale von Colorado habe sich in den Jahren nach der Legalisierung von Marihuana für medizinische und Freizeit Zwecke verdoppelt. Das angegebene Volumen ist jedoch sehr gering und daher kaum verwertbar (Legalisierung von medizinischem Marihuana: 44 Anrufe im Jahr 2010 gegenüber 95 Anrufen im Jahr 2011; Legalisierung von Freizeit-Marihuana: 127 Anrufe im Jahr 2013 gegenüber 221 Anrufen im Jahr 2014).

Thomas et al. (2021) untersuchten für ein Kinderkrankenhaus im US-Bundesstaat Washington, ob die Legalisierung von Cannabis zu Veränderungen bei der unbeabsichtigten pädiatrischen Exposition gegenüber Marihuana bei Kindern unter 9 Jahren geführt hat. Sie identifizierten 17 Fälle für den Zeitraum 2007-2016 und stellten einen signifikanten Anstieg nach der Legalisierung fest. Aufgrund des Vorgehens und der Datenlage können hier jedoch keine belastbaren Schlussfolgerungen gezogen werden. Die gleiche Fragestellung verfolgten auch Richards et al. (2017) sowie Whitehill et al. (2019), allerdings mit ähnlich unergiebigem Ergebnissen.

Relativ wenige Daten wurden zu Krankenhausaufenthalten und Komorbiditäten erhoben. Stellvertretend kann hier die Gruppe um Wang et al. (2017, 2018) angeführt werden, die für Colorado für den Zeitraum 2005-2015 retrospektiv Daten von 13-21-jährigen Patienten eines Kinderkrankenhauses analysiert hat. Auf Grundlage von marihuanabezogenen Visiten wurden ICD-Klassifikationen sowie Urin-Drogenscreenings ausgewertet. Sie kommen zu dem Ergebnis, dass zwischen 2009 und 2015 ein signifikanter Anstieg (von 1,8 auf 4,9 pro 1.000 Visiten) zu verzeichnen war und in 71% dieser Fälle eine psychiatrische Diagnose gestellt wurde. Auch Chu (2014) sieht einen Anstieg ohne dies mit Signifikanzen belegen zu können. Die verfügbaren Daten deuten auf einen starken Zusammenhang zwischen Cannabiskonsum im Jugendalter und dem Risiko, eine Psychose zu entwickeln, hin. Aus der Übersicht von Leyton (2019) geht hervor, dass bei gelegentlichem Konsum kaum Effekte in diese Richtung festzustellen sind, jedoch ein starker Effekt bei Jugendlichen, die regelmäßig oder sogar täglich hochpotentes Cannabis konsumieren. Der Fokus wäre also auf diese Gruppe vulnerabler Jugendlicher zu legen. Bei den jugendlichen Gelegenheitskonsumenten sei kein Anstieg zu verzeichnen, in Kanada z.B. nur bei den Erwachsenen im Alter von 45-64 Jahren. Ein möglicher Anstieg von Notaufnahmen, Krankenhausaufenthalten und Anrufen bei Giftnotrufzentralen nach der Legalisierung scheint in erster Linie mit dem Konsum von verarbeiteten Produkten

(Edibles) verbunden zu sein, insbesondere bei Kindern bis 12 Jahren. Calcaterra et al. (2019) untersuchten zwei Zeitintervalle vor und nach der Legalisierung von Marihuana (Januar 2009 bis Dezember 2013 bzw. Januar 2014 bis Dezember 2015), um Veränderungen der monatlichen Raten von Notfällen und Krankenhausaufenthalten zu erfassen. Sie konstatieren einen Anstieg, schränken aber ein, dass dieser Anstieg nur möglicherweise mit Cannabis in Verbindung gebracht werden kann. Cerda et al. (2020) führen an, es komme zwar nicht zu einem Anstieg der Prävalenz bei Jugendlichen, dafür aber zu einem gering erhöhten Risiko von Cannabiskonsumstörungen.

Einen eher singulären Ansatz verfolgten Neiswenter et al. (2022), indem sie die postmortalen THC-Konzentrationen im Blut vor und nach der Legalisierung verglichen. Zwar stieg die durchschnittliche $\Delta 9\text{THC}/\Delta 9\text{COOH-THC}$ -Konzentration, die pro Verstorbenen nachgewiesen wurde, nicht signifikant an. Dagegen wies der Anteil der positiv auf $\Delta 9\text{THC}$ getesteten Verstorbenen einen geringen, aber signifikanten Anstieg auf. Mit Daten aus zwei Krankenhäusern in Boston versuchten Tolan et al. (2022) zu belegen, dass mit fortschreitender Legalisierung die Zahl der THC IA und der cannabisbezogenen ICD-10-Diagnosen in der Notaufnahme angestiegen wäre. Dies betraf vor allem Frauen, Patienten im Alter zwischen 30 und 39 Jahren, ältere Erwachsenen >50 Jahre bzw. >59 Jahre und Personen aus der höchsten Einkommensgruppe.

Drake et al. (2021) versuchten, einen Zusammenhang zwischen den Auswirkungen der Legalisierung von Cannabis für den Freizeitkonsum und der Anzahl opioidbedingter Notfallaufnahmen herzustellen. Da Cannabis als Ersatz für verschreibungspflichtige Opioide in der Schmerzbehandlung Verwendung findet, könnte eine entsprechende Legalisierung das Potenzial haben, den Opioidkonsum zu reduzieren. In den ersten beiden Quartalen nach der Einführung gingen die opioidbedingten Aufnahmezeiten in der Notaufnahme um etwa 7,6 % zurück. Dieser Effekt war bei Männern und in geringerem Maße bei Erwachsenen im Alter von 25 bis 44 Jahren zu beobachten, ließ jedoch nach 6 Monaten wieder nach. Athanassiou et al. (2023) schließen aus einer Literaturübersicht einen Rückgang der Opioidmengen sowie der Opioidverschreibungen. Ähnlich Chihuri und Li (2019), die feststellen, die Legalisierung von Marihuana für den medizinischen Gebrauch wäre mit einer statistisch nicht signifikanten Verringerung der Sterblichkeit durch Opioidüberdosierung einhergegangen. Die Belege für die Auswirkungen der Legalisierung von Marihuana auf die Mortalität durch Überdosierung von Opioiden seien jedoch uneinheitlich, nicht schlüssig und beruhten lediglich auf Korrelationen. Chung et al. (2019) verglichen die Einlieferungen in sechs Traumazentren (drei Zentren in Colorado und drei Zentren in Staaten ohne Marihuana-Gesetzgebung). Die Kommerzialisierung von Freizeitmarihuana wurde mit einer erhöhten Marihuananachweisrate in Colorado im Vergleich zu den anderen Staaten in Verbindung gebracht. Auch die Nachweisrate anderer Drogen stieg nach der Kommerzialisierung im Vergleich zur Zeit vor der Kommerzialisierung an. Davies et al. (2016) untersuchten für Colorado die Anzahl Marihuana-bezogener Krankenhausesentlassungen sowie Anrufe bei Giftnotrufzentralen zwischen 2009 und 2016 und stellen jeweils Anstiege fest. Delling et al. (2019) verglichen Colorado mit zwei Kontrollstaaten und konstatieren, die Krankenhauseinweisungen in Colorado wären nach der Legalisierung angestiegen. Nach einer Bereinigung der Kovariaten verschwand dieser Effekt wieder und war mit dem der Kontrollstaaten vergleichbar. Zu einem vollkommen anderen Ergebnis kommen Bhandari et al. (2019), ebenfalls für Colorado: Sie berichten einen signifikanten Anstieg der durch zyklisches Erbrechen bedingten Krankenhausaufenthalte, der mit einem erhöhten Cannabiskonsum einhergeht. Hall et al. (2018) kommen in ihrer Analyse von Prävalenzraten von Entlassungen aus der Notaufnahme aufgrund psychischer Erkrankungen zu dem Schluss, die Legalisierung von Cannabis könnte eine ohnehin anfällige Bevölkerungsgruppe mit

psychischen Erkrankungen erheblich belasten, wenn die Zahl der Erkrankungen aufgrund des erhöhten Cannabiskonsums tatsächlich zunehmen würde.

In einer Literaturübersicht stellen Leung et al. (2019) fest, dass die Legalisierung des Freizeitkonsums von Cannabis in den USA zu einem Anstieg der Notaufnahmen wegen cannabisbedingter medizinischer Probleme (akute negative psychische Auswirkungen, Hyperämie und unbeabsichtigte Vergiftungen bei Kindern) geführt hat. Regelmäßige Cannabiskonsumanten, insbesondere tägliche Konsumenten, seien am anfälligsten für cannabisbedingte Schäden wie Abhängigkeit, Psychosen, Depressionen und Selbstverletzungen. Es sei jedoch unklar, ob sich die Inzidenz und Prävalenz dieser Störungen seit der Legalisierung von Cannabis verändert haben. Ebenso vermochten sie aus den verwendeten Daten nicht abzuleiten, ob die Legalisierung von Cannabis den Konsum von Alkohol und Opioiden verringert hat. Demgegenüber deuten die Ergebnisse von Chihuri und Li (2019) darauf hin, dass die Legalisierung von Marihuana zu einem bescheidenen Rückgang der Opioidverschreibungen sowie der Mortalität durch Opioidüberdosierungen beigetragen haben könnte.

Ebenfalls in einer Übersichtsarbeit berichten Bahji und Stephenson (2019): Nach der Legalisierung von medizinischem Marihuana in mehreren US-Bundesstaaten sei es zu einem signifikanten Anstieg der kardialen Mortalitätsraten sowie der Tabakverkäufe gekommen, gleichzeitig aber auch zu einem Rückgang der Verschreibungsraten von Opioiden, insbesondere in Gebieten, in denen Cannabis-Abgabestellen legal waren. Die Compliance-Raten von chronischen Schmerzpatienten, die mit Opioiden behandelt wurden, änderten sich gemäß ihrer Analyse nach der Legalisierung in ausgewählten US-Bundesstaaten nicht. In Gebieten, in denen medizinisches Marihuana legalisiert wurde, war die Prävalenz schwerer psychischer Erkrankungen – wie Schizophrenie und bipolare Störungen – nach der Legalisierung signifikant höher als in der Zeit vor der Legalisierung, wobei unklar ist, ob dies auf einen epidemiologischen Anstieg der Prävalenz oder einen Anstieg der Diagnoseraten zurückzuführen ist. Auch die Prävalenz psychiatrischer Komorbiditäten als auch die Zahl Notaufnahmen wegen cannabisbezogener Beschwerden (wie Cannabisintoxikation und Cannabis-induzierte Hyperämie) seien erhöht. Die Qualität und Verfügbarkeit der präsentierten Evidenz ist durch den begrenzten Zeithorizont (erst ab 2018) eingeschränkt, ansonsten sind die Schlussfolgerungen der Autoren konsistent mit vielen anderen Arbeiten. Die systematische Literaturübersicht von Athanassiou et al. (2023) zeigt einen Trend zu vermehrten Krankenhauseinweisungen, Notaufnahmen und Cannabisintoxikationen.

Dills et al. (2016) konstatieren für Colorado, Washington, Oregon und Alaska, es wäre kein aufsteigender Trend bei Krankenhausaufnahmen zu verzeichnen. Die Suizidraten würden in allen vier Staaten leicht ansteigen, wobei kein Zusammenhang mit dem Cannabiskonsum oder der Legalisierung von Cannabis hergestellt werden könne. Ebenso sei kein Zusammenhang mit Kriminalitätsraten erkennbar. Insgesamt sei aber die Datenlage für die Zeiten nach der Legalisierung zu dünn, um ausschließen zu können, dass es zumindest geringfügige Veränderungen hinsichtlich des Marihuanakonsums sowie weiterer Faktoren gegeben habe. Verschiedene Autoren haben sich näher mit den Kriminalitätsraten befasst. Hintergrund dieses Themas ist das Argument der Befürworter der Legalisierung von Marihuana, die Legalisierung würde es den Polizeibehörden ermöglichen, anderen polizeilichen Aktivitäten Vorrang zu geben, was wiederum die Aufklärungsraten erhöhen und die Kriminalität verringern würde. Chu (2014) kommt in einer Studie zum Einfluss der Freigabe medizinischen Marihuanas auf illegalen Marihuanakonsum in Städten zu dem Ergebnis, marihuanabezogene Arreste seien bei erwachsenen Männern um 10-20% angestiegen. Allerdings bezieht er sich auf Haftstrafen wegen Marihuanabesitzes im Zeitraum von 1998 bis 2008, also einem Zeitraum, in dem

medizinisches Cannabis erst seit kurzem verfügbar war. Zudem können Haftstrafen nicht direkt mit der Prävalenz von Marihuanakonsum in Verbindung gebracht werden. Athanassiou et al. (2023) sehen einen potenziellen Anstieg der Kriminalitätsrate. Demgegenüber findet Leyton (2019) auf Basis einer Literaturanalyse eine geringere Arrestrate sowohl bei Jugendlichen als auch bei Erwachsenen in den Staaten mit Cannabislegalisierung. Wu et al. (2022) vermerken einen signifikanten Anstieg der Aufklärungsquote von Gewaltverbrechen und schwerer Körperverletzung in Oregon im Vergleich zu Staaten ohne Legalisierung. Gleichzeitig sei die Legalisierung von Marihuana für Freizeitzwecke mit einem signifikanten Anstieg der Gesamtgewaltkriminalität und der schweren Körperverletzung verbunden. Laut Makin et al. (2019) stiegen in Colorado und Washington ebenfalls die Aufklärungsquoten (u.a. auch Autodiebstahl). Jorgensen und Harper (2020) versuchten, die Studie von Makin et al. zu replizieren, kamen allerdings zu anderen Ergebnissen: Weder bei Gewalt- noch bei Eigentumsdelikten seien Änderungen oder gar Zusammenhänge zur Cannabislegalisierung herzustellen. Das Argument, dass die Polizei eine bessere Arbeit bei der Reduzierung der Schwerekriminalität bzw. bei der Festnahme von Schwerekriminellen leisten würde, wenn sie sich nicht mit dem illegalen Konsum von Marihuana beschäftigen würde, ist nach den Ergebnissen ihrer Studie somit unbegründet. Insgesamt lässt sich festhalten: Der Zusammenhang von Cannabislegalisierung und Kriminalitätsraten bleibt vage und lässt sich auch kaum auf Grundlage lediglich korrelativer Betrachtungen etablieren.

Hall & Lynskey (2020) verweisen auf historische Erfahrungen zur Regulation von Alkohol und Tabak und leiten daraus ab, kurzfristig würde der Zugang zu günstigeren und möglicherweise potenteren Cannabisprodukten die Konsumhäufigkeit der bisherigen Nutzer erhöhen. Ein Grund hierfür läge darin, dass die legalen Verkaufsstellen bis dato die Nachfrage nicht bedienen und nicht die gesamte Produktpalette zur Verfügung stellen könnten – und der Schwarzmarkt günstiger anbieten würde (siehe auch Leyton, 2019). Langfristig würde aber die legale Cannabisindustrie versuchen, sowohl die Zahl der Konsumenten als auch die Regelmäßigkeit des Konsums zu steigern, um ihre Profite zu maximieren.

Dills et al. (2021) stellen in ihrer Analyse der Cannabislegalisierung in Colorado, Washington, Oregon und Alaska fest, dass sich zwar höhere Prävalenzraten ergeben würden, aber bereits vor der Legalisierung ein relativ starker Anstieg des Marihuanakonsums zu verzeichnen war. Daraus entwickeln sie folgende bemerkenswerte Hypothese: Der Anstieg des Marihuanakonsums nach der Legalisierung könnte demnach nicht eine *Folge* dieser Legalisierung, sondern der *Grund* für die Legalisierung gewesen sein. Im Zuge eines kulturellen und gesellschaftlichen Wandels sei Cannabis mehr und mehr zum Allgemeingut geworden (siehe den eingangs zitierten Begriff der „Lifestyle-Droge“), sei weniger stigmatisiert worden und schließlich hätten die öffentliche Meinung und der Gesetzgeber der Legalisierung nicht mehr ablehnend oder gar feindlich gegenübergestanden. Am Ende kodifiziert der Gesetzgeber also die bereits gesellschaftlich durchgesetzte Auffassung.

Im nachfolgenden Text geben wir einen Überblick zu denjenigen Studien, die sich mit den Auswirkungen der Cannabislegalisierung auf das Gesundheitssystem beschäftigt haben und die uns bis heute bekannt sind. Zunächst folgen die Studien, die sich mit dem Zusammenhang zwischen der Legalisierung von Cannabis und dem Konsumverhalten befasst haben. Anschließend werden die Studien aufgeführt, die sich mit dem engeren Thema der Krankenhausbehandlungen und Hospitalisierungen befasst haben. Eine ausführlichere tabellarische Übersicht zu den Studien, ihre wesentlichen Merkmale, die zentralen Ergebnisse sowie eine kurze Einschätzung ihrer Bedeutung bzw. Aussagekraft findet sich in Anhang 2.

Studien zu Konsumverhalten und Prävalenz

1. **Anderson, D. M., Hansen, B. & Rees, D. I. (2013). Medical Marijuana Laws, Traffic Fatalities, and Alcohol Consumption. *Journal of Law and Economics*, 56(2), 333-369.**

Die vorliegende Studie untersuchte die Auswirkungen der Legalisierung von medizinischem Marihuana auf (1) auf Änderungen im Konsumverhalten unterschiedlicher Altersgruppen, (2) auf die Anzahl tödlicher Verkehrsunfälle und (3) auf den Konsum von Alkohol. Anhand von Daten aus der National Survey on Drug Use and Health (NSDUH) konzentrierten sich die Autoren bei der Untersuchung der ersten Fragestellung auf drei Bundesstaaten, die Mitte der 2000er Jahre medizinisches Marihuana legalisiert hatten: Montana, Rhode Island und Vermont. Die Autoren stellten unter Verwendung einer Differenz-von-Differenzen-Schätzstrategie fest, dass der Konsum von Marihuana durch Erwachsene in Montana und Rhode Island zugenommen hatte. Keine Belege fanden die Autoren hingegen für die Hypothese, dass Legalisierung von medizinischem Marihuana mit dem Konsum von Marihuana durch Minderjährige zusammenhängt.

In einem nächsten Schritt wurde der Zusammenhang zwischen der Legalisierung von medizinischem Marihuana und tödlichen Verkehrsunfällen untersucht. Die Daten über Verkehrstote auf Bundesstaatenebene stammten dabei aus dem Fatality Analysis Reporting System (FARS) für die Jahre 1990-2009. Dreizehn Staaten haben in diesem Zeitraum eine Legalisierung von medizinischem Marihuana eingeführt. FARS erfasst die Tageszeit, zu der sich der Unfall ereignete, den Wochentag, an dem er sich ereignete, und ob Alkohol im Spiel war. Eine Standard-Differenz-von-Differenzen (DD)-Regression wurde dabei verwendet, um die Auswirkungen der Legalisierung auf die Zahl der Verkehrstoten zu berechnen. Die Resultate zeigten, dass die Zahl der Verkehrstoten nach der Legalisierung von medizinischem Marihuana um fast 9,7 % gesunken war. Die Legalisierung von medizinischem Marihuana wird mit einem Rückgang der tödlichen Unfälle, bei denen kein Alkohol im Spiel war, um 6,4 % in Verbindung gebracht, wobei diese Schätzung statistisch nicht signifikant war. Im Vergleich dazu war die Legalisierung von medizinischem Marihuana mit einem fast 12-prozentigen Rückgang der tödlichen Unfälle mit geringer Blutalkoholkonzentration (BAK > 0) pro 100.000 Lenkern und einem fast 14-prozentigen Rückgang der tödlichen Unfälle mit hoher Blutalkoholkonzentration (BAK $\geq$ 0.10) pro 100.000 Lenkern verbunden. Die Ergebnisse zur Unfallanalyse sind aufgrund der Nutzung des FARS fragwürdig.

Anhand von Daten aus dem Behavioral Risk Factor Surveillance System (BRFSS) stellten die Autoren fest, dass die Legalisierung von medizinischem Marihuana mit einem Rückgang des Alkoholkonsums verbunden ist, insbesondere bei den 20- bis 29-Jährigen. Außerdem stellten sie fest, dass die Legalisierung mit einem Rückgang des Verkaufs von Bier, dem beliebtesten alkoholischen Getränk unter jungen Erwachsenen, verbunden ist.

2. **Anderson, D. M., Hansen, B., Rees, D. I. & Sabia, J. J. (2019). Association of marijuana laws with teen marijuana use: new estimates from the youth risk behavior surveys. *JAMA Pediatrics*, 173(9), 879-881.**

In der Studie von Anderson et al. (2019) wurden Schätzungen des Zusammenhangs zwischen der Legalisierung von Marihuana für den Freizeitkonsum und medizinischem Cannabis und seinem Konsum berichtet. Hierfür wurden die nationalen und bundesstaatlichen Daten aus den Erhebungen zum Risikoverhalten von Jugendlichen (Youth Risk Behavior Surveys, YRBS) von 1993 bis 2017 zusammengefasst. Diese Erhebungen werden alle zwei Jahre bei US-

amerikanischen High-School-Schülern (Klassen 9-12) durchgeführt und von Regierungsbehörden genutzt, um Trends bei Verhaltensweisen wie ungesundem Essen, sexueller Aktivität und Drogenkonsum zu verfolgen. Um die Assoziationen zwischen der Legalisierung von medizinischem und Freizeit-Marihuana und der Wahrscheinlichkeit des Marihuanakonsums in den letzten 30 Tagen zu schätzen, wurden multivariate logistische Regressionsanalysen gerechnet. Häufiger Marihuanakonsum (d. h. mindestens zehn Mal in den letzten 30 Tagen) wurde ebenfalls als Ergebnis berücksichtigt.

Marihuana für den Freizeitkonsum war mit einem Rückgang der Wahrscheinlichkeit des Marihuanakonsums um 8% (OR, 0,92; 95% CI, 0,87-0,96) und der Wahrscheinlichkeit des häufigen Marihuanakonsums um 9 % (OR, 0,91; 95% CI, 0,84-0,98) verbunden, medizinisches Marihuana war in den vollständig bereinigten Modellen statistisch nicht signifikant mit beiden Maßen des Marihuanakonsums assoziiert. In Übereinstimmung mit den Ergebnissen früherer Studien zeigten die Ergebnisse somit keine Hinweise darauf, dass die Legalisierung von medizinischem Marihuana den Marihuanakonsum unter Jugendlichen fördert. Darüber hinaus zeigten die Schätzungen, dass der Marihuanakonsum unter Jugendlichen nach der Legalisierung für Freizeit Zwecke möglicherweise sogar zurückgeht.

3. Anderson, D. M. & Rees, D. I. (2021). *The public health effects of legalizing marijuana* (No. w28647). National Bureau of Economic Research.

In der Überblicksarbeit von Anderson und Rees (2021) wird die Literatur zu den Folgen der Legalisierung von Marihuana für die öffentliche Gesundheit zusammengefasst, wobei der Schwerpunkt auf Studien liegt, die in wirtschaftswissenschaftlichen Fachzeitschriften sowie in führenden Fachzeitschriften für Politik, öffentliche Gesundheit und Medizin erschienen sind. Dabei fokussieren die Autoren auf folgende thematische Schwerpunkte: Cannabiskonsum bei Jugendlichen, Alkoholkonsum, Missbrauch von verschreibungspflichtigen Opioiden, Verkehrstote und Kriminalität. Nachfolgend werden jene im Artikel berichteten Schlussfolgerungen angeführt, die für die Fragestellungen im Rahmen der vorliegenden Literaturübersicht von Relevanz sind.

Fast ausnahmslos und unabhängig davon, ob sich die Studien auf frühe Gesetzgebungen zur Legalisierung von Cannabis für medizinische Zwecke (Anderson et al. 2014) oder auf nach 2000 verabschiedete Gesetzgebungen (Hollingsworth et al. 2020) konzentrierten, gibt es kaum Belege dafür, dass Jugendliche auf die Legalisierung von medizinischem Marihuana mit einem Anstieg ihres Konsums reagierten. Hinsichtlich der Auswirkungen der Legalisierung von Cannabis auf den Freizeitkonsum bei Jugendlichen ist die aktuelle Befundlage eher zweideutig, wonach eine Studie von Anderson et al. (2019) zu dem Schluss kommt, dass Gesetze zur Legalisierung von Cannabis für den Freizeitkonsum zu einer Reduktion des Cannabiskonsums geführt haben. Zugleich gibt es aber auch Studienergebnisse, die keine Belege für einen derartigen Effekt fanden (Hao & Cowan, 2020; Coley et al., 2021). Hollingsworth et al. (2020) hingegen kommen zu dem Schluss, dass die Legalisierung von Cannabis für Freizeit Zwecke mit einem erheblichen Anstieg des Cannabiskonsums im letzten Monat unter 12- bis 17-Jährigen verbunden war. Hinsichtlich der Forschungsfrage, ob Cannabis und Alkohol Substitute oder Komplement seien, unterstützen unterschiedliche Studienergebnisse die Hypothese, dass junge Erwachsene beide Substanzen als Substitute verwenden. Demnach fanden Anderson et al. (2013) und Sabia et al. (2017) beispielsweise heraus, dass die Legalisierung von medizinischem Marihuana den Alkoholkonsum und das Rauschtrinken in den letzten Monaten reduzierte; Miller und Seo (2021) fanden heraus, dass die Legalisierung von Freizeitmarihuana zu einem 5-prozentigen Rückgang der Alkoholverkäufe führte; Kelly und Rasul (2014) fanden einen

starken Rückgang der alkoholbedingten Krankenhauseinweisungen bei männlichen 15- bis 24-Jährigen, nachdem Lambeth, ein Bezirk in London, den Besitz von Marihuana entkriminalisiert hatte.

4. Athanassiou, M., Dumais, A., Zouaoui, I. & Potvin, S. (2022). The clouded debate: A systematic review of comparative longitudinal studies examining the impact of recreational cannabis legalization on key public health outcomes. *Frontiers in Psychiatry*, 13, 1060656. doi: 10.3389/fpsy.2022.1060656.

Ziel dieser jüngst erschienenen systematischen Literaturübersicht von Athanassiou et al. (2022) war es, die Evidenz zu bewerten, die einen Zusammenhang zwischen Gesundheitsdaten auf Bevölkerungsebene und der Umsetzung von Legalisierungsmaßnahmen im Freizeitbereich herstellt, wobei Parameter wie Cannabiskonsumraten, Krankenhausaufenthaltsraten, Verkehrsunfälle und Todesfälle, kriminelle Aktivitäten und suizidales Verhalten sowie andere Trends beim Drogenkonsum näher untersucht wurden. Auf Basis einer umfassenden Recherche nach PRISMA-Standards in den Datenbanken MEDLINE und Google Scholar wurden qualitativ hochwertige Längsschnittstudien selektiert, die Ergebnisse im Bereich der öffentlichen Gesundheit zwischen Regionen mit und ohne Legalisierungspolitik für Cannabis für den Freizeitkonsum verglichen und dabei unterschiedliche Datenbanken und/oder Zeiträume verwendet hatten. Daraus resultierten letztlich 32 Forschungsartikel, die in die Analyse inkludiert wurden und teilweise bereits in der hier vorliegenden Literaturübersicht aufgeführt sind.

Der Cannabiskonsum im letzten Monat bei Erwachsenen (26 Jahre und älter) scheint nach der Legalisierung von Cannabis für den Freizeitkonsum signifikant zugenommen zu haben (Konsumanstieg im letzten Monat (von 2,13 auf 2,62%) ebenso wie Cannabiskonsumstörungen im letzten Jahr (von 0,90 auf 1,23%). Bei jungen Erwachsenen (18-26 Jahre) und Jugendlichen (12-17 Jahre) sind die Ergebnisse uneinheitlich und deuten eher auf keinen signifikanten Anstieg des Cannabiskonsums im letzten Monat hin. Die Legalisierung von Freizeit-Cannabis zeigt tendenziell einen Anstieg von Krankenhausaufenthalten, Notaufnahmen und Cannabisintoxikationen. Was die Entwicklung der Verkehrsunfälle nach der Legalisierung angeht, so ist die Datenlage uneinheitlich, deutet jedoch auf einen möglichen Anstieg hin. Hinsichtlich des Zusammenhangs zwischen der Legalisierung von Cannabis für den Freizeitkonsum und dem Alkoholkonsum wurden einerseits drei Studien selektiert, die Belege für einen Anstieg des Alkoholkonsums in den Bundesstaaten mit Legalisierung von Freizeitcannabis liefern. Andererseits zeigten drei weitere Studien keinen Zusammenhang zwischen Legalisierung und Alkoholkonsum. Hinsichtlich des Zigarettenkonsums in Zusammenhang mit der Einführung von Cannabis für den Freizeitkonsum in den USA konnten die bewerteten Studien mehrheitlich keine negativen Auswirkungen feststellen.

Insgesamt eine wichtige Studie, allerdings ohne Einbezug weiterer gesundheitlicher Aspekte wie z.B. psychische Gesundheit. Die Anwendung der Vergleichskriterien bedingt Ausschluss aller Studien aus dem kanadischen Raum; die Ergebnisse aus den USA sind möglicherweise nicht uneingeschränkt übertragbar auf Kanada. Eine Reihe der einbezogenen Studien unterscheidet nicht zwischen Legalisierung und verzögerter Einführung von Maßnahmen und sie kontrollieren selten potentielle Störfaktoren.

5. Bahji, A. & Stephenson, C. (2019). International perspectives on the implications of cannabis legalization: a systematic review & thematic analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16, 3095.

Bahji und Stephenson (2019) fassten in dieser systematischen Literaturübersicht, welche in Übereinstimmung mit den PRISMA-Richtlinien erstellt wurde, vorwiegend internationale Literatur seit 2018 zu den klinischen und gesundheitspolitischen Auswirkungen der Legalisierung von Cannabis zusammen. Hierfür recherchierten die Autoren in drei Online-Datenbanken (MEDLINE, EMBASE und PsycINFO) und selektierten insgesamt 36 Studien, die die Einschlusskriterien erfüllten. Die Literaturübersicht widmet sich dabei einer Vielzahl von Themenschwerpunkten: Prävalenz und Trends des Cannabiskonsums (n = 5), Auswirkungen auf die Gesundheit (n = 9), Inanspruchnahme des Gesundheitswesens (n = 7), Kriminalität (n = 4), Auswirkungen auf den Cannabischwarzmarkt (n = 9) und Gesundheitspolitik (n = 2). Insgesamt zeigt die vorliegende Literaturübersicht, dass die berichteten Studienergebnisse zu den Auswirkungen der Cannabislegalisierung nach wie vor sehr heterogen sind und teilweise erhebliche Kontroversen hinsichtlich der ermittelten Gesamtauswirkungen der Legalisierung bestehen.

Cannabis & Prävalenzraten

Die berichteten Studien zur Prävalenz des Cannabiskonsums nach der Legalisierung zeigen mehrheitlich, dass die Prävalenz des Cannabiskonsums im Laufe der Zeit gestiegen ist. Ähnlich wie in der Allgemeinbevölkerung sind die Raten des Marihuanakonsums nach der Legalisierung von Marihuana bei schwangeren Frauen und Eltern in Washington gestiegen, wohingegen sich die Prävalenz von Geburten mit niedrigem Geburtsgewicht oder kleinem Gestationsalter in diesem Zeitraum nicht signifikant verändert hat.

Cannabis & Hospitalisierung

Nach der Legalisierung von medizinischem Marihuana in mehreren US-Bundesstaaten kam es zu einem signifikanten Anstieg der kardialen Sterblichkeitsraten sowie der Tabakverkäufe, gleichzeitig aber auch zu einem Rückgang der Verschreibungsraten von Opioiden, insbesondere in Gebieten, in denen Cannabisabgabestellen legal waren. Die Compliance-Raten bei chronischen Schmerzpatienten, die mit Opioiden behandelt wurden, änderten sich nach der Legalisierung in ausgewählten US-Bundesstaaten nicht. In Gebieten, in denen medizinisches Marihuana legalisiert wurde, war die Prävalenz schwerer psychischer Erkrankungen - wie Schizophrenie und bipolare Störungen - nach der Legalisierung signifikant höher als in der Zeit vor der Legalisierung, wobei unklar ist, ob dies auf einen epidemiologischen Anstieg der Prävalenz oder einem Anstieg der Diagnoseraten zurückzuführen ist. Ebenso ist die Prävalenz psychiatrischer Komorbiditäten bei Erwachsenen, die die Notaufnahme wegen Cannabis-assoziierten Diagnosen aufsuchen, wesentlich höher als die anderen Ursachen. Mit der Legalisierung von Marihuana in einigen Bundesstaaten der USA stieg auch die Zahl und der Notaufnahmeraten wegen cannabisbedingter Beschwerden (wie Cannabisintoxikation und cannabisbedingte Hyperämie).

Cannabis & Marktentwicklung

Obwohl mit der Legalisierung der illegale Verkauf von Cannabis eingedämmt werden sollte, hätte der Schwarzmarkt für Cannabis in Kanada mit der Legalisierung tatsächlich zu- und nicht abgenommen. Vorläufigen Berichten von Statistics Canada zufolge wurde im vierten Quartal 2018 79% des Cannabis illegal gekauft, gegenüber 90% im dritten Quartal. Im Jahr 2019

veröffentlichte Statistiken zeigen, dass Kanadier, die Cannabis aus legalen Quellen kauften, etwa 10 US-Dollar pro Gramm bezahlten, während diejenigen, die auf dem Grauen Markt geblieben waren, 6,37 US-Dollar pro Gramm zahlten. In US-Bundesstaaten ohne legalisiertes Marihuana, die an Bundesstaaten mit legalisiertem Marihuana angrenzen, wird davon ausgegangen, dass die Verfügbarkeit von Marihuana auf dem Schwarzmarkt zunimmt. In Kalifornien beispielsweise gibt es trotz der Legalisierung von Cannabis im Jahr 2016 immer noch einen florierenden Schwarzmarkt, wobei bis zu 80% aller Cannabisverkäufe auf illegale Quellen zurückzuführen sind.

Qualität und Verfügbarkeit der präsentierten Evidenz ist begrenzt durch eingeschränkten Zeithorizont (erst ab 2018), ansonsten sind die Schlussfolgerungen der Autoren konsistent mit vielen anderen Arbeiten.

6. **Cerdá, M., Mauro, C., Hamilton, A., Levy, N. S., Santaella-Tenorio, J., Hasin, D., Wall, M. M., Keyes, K. M. & Martins, S. S. (2020). Association between recreational marijuana legalization in the United States and changes in marijuana use and cannabis use disorder from 2008 to 2016. *JAMA Psychiatry*, 77(2), 165-171.**

In dieser Studie untersuchten Cerdá et al. (2020) den Marihuanakonsum im letzten Monat, den häufigen Marihuanakonsum und Cannabiskonsumstörungen vor und nach dem Inkrafttreten des Gesetzes für die Legalisierung von Marihuana für den Freizeitkonsum anhand von Daten aus den Jahren 2008 bis 2016, wobei die Studie insgesamt 505.796 Befragte umfasste. Hierfür wurden wiederholte Querschnittsdaten aus dem National Survey on Drug Use and Health (NSDUH) verwendet, der jährlich in den USA unter Teilnehmern der Altersgruppen 12 bis 17, 18 bis 25 und 26 Jahre oder älter durchgeführt wird. Die Autoren verwendeten eine Reihe von mehrstufigen logistischen Regressionsmodellen, um Schätzungen der Vorher-Nachher-Veränderungen in Verbindung mit Änderungen bei der Legalisierung von Marihuana für den Freizeitkonsum unter den Befragten im Vergleich zu den Veränderungen in anderen Bundesstaaten zu erhalten.

Unter den 12- bis 17-jährigen Befragten änderte sich die Prävalenz des Marihuanakonsums im letzten Monat und des häufigen Konsums im letzten Monat nach der Einführung der Legalisierung in den Bundesstaaten nicht. Nach dem Erlass des Legalisierungsgesetzes stieg jedoch die Prävalenz von Cannabiskonsumstörungen im vergangenen Jahr bei allen 12- bis 17-jährigen Befragten leicht an (2,18% bis 2,72%; OR, 1,25; 95% CI, 1,01-1,55). Dieser Anstieg war um 25 % höher als bei den Teilnehmern derselben Altersgruppe in Staaten, in denen keine Legalisierung von Marihuana für den Freizeitkonsum eingeführt worden war. Unter den Konsumenten, die im letzten Jahr Marihuana konsumiert hatten, stiegen Cannabiskonsumstörungen von 22,8% auf 27,2% (OR, 1,27; 95% CI, 1,01-1,59). In der Gruppe der 18- bis 25-Jährigen wurde nach der Legalisierung in den Bundesstaaten kein Unterschied beim Marihuanakonsum im letzten Monat, beim häufigen Konsum im letzten Monat oder bei Cannabiskonsumstörungen im letzten Jahr festgestellt. Bei den Befragten im Alter von 26 Jahren oder älter stieg der Marihuanakonsum im letzten Monat nach der Legalisierung von 5,65% auf 7,10% (OR, 1,28; 95% CI, 1,16-1,40). Darüber hinaus stieg der häufige Konsum im letzten Monat von 2,13% auf 2,62% (OR, 1,24; 95% CI, 1,08-1,41) und Cannabiskonsumstörungen im letzten Jahr von 0,90% auf 1,23% (OR, 1,36; 95% CI, 1,08-1,71). Insgesamt ergibt sich bei dieser Studie ein geringer Anstieg des Risikos für Cannabiskonsumstörungen bei den Befragten im Alter von 12 bis 17 Jahren und ein erhöhter Konsum sowie Cannabiskonsumstörungen bei Erwachsenen ab 26 Jahren. Die Ergebnisse

stützen sich auf Selbstauskünfte und unterschätzen deshalb möglicherweise die Prävalenz des Marihuanakonsums.

7. Chihuri, S. & Li, G. (2019). State marijuana laws and opioid overdose mortality. *Injury Epidemiology*, 6(1), 1-12.

Vor dem Hintergrund der Bekämpfung der Opioid-Epidemie in den USA gingen viele Bundesstaaten immer mehr dazu über, Marihuana für den medizinischen oder Freizeitgebrauch zu legalisieren, unter der Prämisse, dass Marihuana eine weniger schädliche Alternative zu verschreibungspflichtigen Opioiden für die Behandlung chronischer Schmerzen darstellt. Ziel dieser systematischen Übersichtsarbeit war es, die empirische Evidenz zu den Auswirkungen staatlicher Marihuana-Gesetze auf die Sterblichkeit durch Opioid-Überdosierungen und andere opioidbedingte Gesundheitsfolgen zusammenzufassen. Die Ergebnisse sollten eine aktualisierte Bewertung der empirischen Forschungsergebnisse zu den möglichen Auswirkungen staatlicher Marihuanagesetze auf die Sterblichkeit durch Opioidüberdosierungen und andere opioidbedingte Gesundheitsergebnisse, wie Opioidverschreibungen und opioidbedingte Krankenhausaufenthalte, liefern. Hierfür wurde eine umfassende Recherche in der Forschungsliteratur in 18 bibliografischen Datenbanken durchgeführt (6640 Datensätze, wobei 5601 Abstracts gesichtet, 29 Volltextartikel auf ihre Eignung geprüft und 16 geeignete Studien in die systematische Übersicht aufgenommen wurden). Zur Erstellung von zusammenfassenden Schätzungen, Walddiagrammen, Trichterdiagrammen und Heterogenitätsstatistiken wurde die Software Comprehensive Meta-Analysis verwendet.

Von den 16 in Frage kommenden Studien untersuchten 4 den Zusammenhang zwischen dem Status der staatlichen Marihuana-Gesetzgebung und der Sterblichkeit durch Opioid-Überdosierung, 7 Studien untersuchten den Zusammenhang mit der Abgabe verschreibungspflichtiger Opioide und die übrigen den Zusammenhang mit nicht-medizinischem Konsum und opioidbedingten Krankenhausaufenthalten. Eine Modellierung mit zufälligen Effekten auf der Grundlage gepoolter Daten ergab, dass die Legalisierung von Marihuana für den medizinischen Gebrauch mit einer statistisch nicht signifikanten Verringerung der Sterblichkeit durch Opioidüberdosierung um 8 % (95% Konfidenzintervall: - 0,21 bis 0,04; $p = 0,201$) und einer Verringerung der abgegebenen verschreibungspflichtigen Opioide um 7 % (95% Konfidenzintervall: - 0,13 bis - 0,01; $p = 0,017$) verbunden war. Die Legalisierung von Marihuana für den Freizeitkonsum war mit einer zusätzlichen Verringerung der Sterblichkeit durch Opioidüberdosierungen in Colorado um 7 % und mit einer Verringerung der Opioidverschreibungen bei kostenpflichtigen Medicaid- und Managed-Care-Patienten um 6 % verbunden. Zusammenfassend deuten die Ergebnisse somit darauf hin, dass die Legalisierung von Marihuana zu einem bescheidenen Rückgang der Opioidverschreibungen beigetragen haben könnte. Die Belege für die Auswirkungen der Legalisierung von Marihuana auf die Sterblichkeit durch Opioidüberdosierungen sind uneinheitlich und nicht schlüssig, wobei der Einfluss auf eine Verringerung der Sterblichkeit eher gering und auf Staaten mit einem Verkauf von Marihuana durch Apotheken beschränkt sein dürfte.

8. Chiu, V., Leung, J., Hall, W., Stjepanović, D. & Degenhardt, L. (2021). Public health impacts to date of the legalisation of medical and recreational cannabis use in the USA. *Neuropharmacology*, 193, 108610.

Ziel dieser Studie war es, einen Überblick über die Erkenntnisse zu den Auswirkungen der Cannabislegalisierung in den USA hinsichtlich der öffentlichen Gesundheit, der Faktoren, die zur Entscheidung der Konsumenten für den Cannabiskonsum beitragen können sowie die Muster des Cannabiskonsums zu geben. Hierfür fassten die Autoren systematische Forschungsübersichten zusammen und ergänzten diese um eigens durchgeführte Forschungsübersichten, sofern keine systematischen Übersichten verfügbar waren. Thematisch greift der Artikel dabei folgende Themenschwerpunkte auf: öffentliche Meinungen über die Legalisierung von Cannabis und den Cannabiskonsum, die Risikowahrnehmung des Cannabiskonsums, die Preise von Cannabisprodukten, die Stärke von Cannabis, die Prävalenz des Cannabiskonsums und die damit verbundenen Schäden. Die wichtigsten Befunde dieser Übersichtsarbeit werden nachfolgend zusammenfassend dargestellt:

Die Preise für Cannabisprodukte fielen in den Jahren nach der Eröffnung der staatlich lizenzierten Geschäfte stark, da die Cannabisproduktion zunahm und neue Einzelhändler auf den Markt kamen (Smart et al., 2017). Die geschätzten Preise für diese Produkte gingen deutlich zurück, wobei der Medianpreis pro Gramm von 25 US-Dollar im August 2014 auf weniger als 10 US-Dollar im September 2016 sank (Smart et al., 2017). Über die potenzbereinigten Preise ist weniger bekannt, aber es besteht eine starke Beziehung zwischen dem Preis pro Gramm und den THC- und CBD-Konzentrationen, wobei die Kosten pro THC-Einheit bei stärkeren Formen niedriger sind. Darüber hinaus sind auch beim Kauf größerer Mengen die Preise niedriger. Studien haben in diesem Zusammenhang ergeben, dass die Legalisierung und niedrigere Preise die Kaufmengen erhöhen (Pacula und Lundberg, 2014; Ruggeri, 2013). Zudem vermutet eine Studie von Pacula und Lundberg (2014), dass Preissenkungen Personen unter 18 Jahren dazu ermutigen könnten, mit dem Cannabiskonsum zu beginnen, während Erwachsene weniger stark auf Preisänderungen reagierten.

Was den Cannabiskonsum unter Jugendlichen betrifft, so zeigten die nationalen Erhebungen in den USA entweder einen allgemeinen Rückgang oder nur sehr geringe Veränderungen in der Prävalenz des Cannabiskonsums seit 2002. In meta-analytischen Studien, die verschiedene Zeiträume abdecken, wurden keine Hinweise darauf gefunden, dass die Legalisierung von medizinischem Cannabis den Cannabiskonsum unter Jugendlichen erhöht hat. Es gab Hinweise darauf, dass der Cannabiskonsum nach der Legalisierung von Cannabis für den Freizeitgebrauch zunahm, aber der Effekt war gering und statistisch nicht signifikant (Melchior et al., 2019). Hasin et al. (2019) stellten fest, dass die Trends beim jugendlichen Cannabiskonsum parallel zu den Trends beim Alkohol- und Tabakkonsum unter Jugendlichen verliefen. Dies wurde von Miech et al. (2017) bestätigt, die feststellten, dass der erwartete Anstieg des Cannabiskonsums seit 2005 durch einen gleichzeitigen Rückgang des Anteils der Jugendlichen, die Zigaretten und Alkohol konsumierten, ausgeglichen wurde.

Zu den möglichen medizinischen Folgen des regelmäßigen Cannabiskonsums gehören Herz-Kreislauf-Erkrankungen bei Erwachsenen mittleren Alters und älteren Menschen, Hyperemesis-Syndrome, Psychosen, Depressionen und Selbstmord. Der Anstieg der cannabisbedingten Gesundheitsleistungen spiegelt wahrscheinlich eine Kombination aus dem gestiegenen Konsum unter Erwachsenen, der erhöhten Bereitschaft, aufgrund des geänderten rechtlichen Status von Cannabis medizinische Hilfe in Anspruch zu nehmen, dem erhöhten THC-Gehalt in Cannabisprodukten und möglicherweise einer verstärkten medizinischen Kontrolle des Cannabiskonsums durch Patienten wider. Es gibt auch einige Hinweise darauf,

dass die unbeabsichtigte Einnahme von Cannabis durch Kinder nach der Legalisierung zugenommen hat, wofür in fast der Hälfte der Fälle essbare Produkte verantwortlich waren.

9. **Chung, C., Salottolo, K., Tanner, A., Carrick, M. M., Madayag, R., Berg, G., Lieser, M. & Bar-Or, D. (2019). The impact of recreational marijuana commercialization on traumatic injury. *Injury Epidemiology*, 6(1), 1-8.**

Ziel dieser Studie war es, festzustellen, ob sich der Anteil traumatischer verletzter Patienten, die positiv auf Marihuana und andere Drogen getestet worden waren, zwei Jahre vor und zwei Jahre nach der Kommerzialisierung von Marihuana für den Freizeitgebrauch in Colorado verändert hat. Diese retrospektive multinationale Kohortenstudie umfasste alle Patienten, die von 2012 bis 2015 mit einer traumatischen Verletzung (definiert als plötzlich auftretende körperliche Verletzung, die sofortige medizinische Hilfe erfordert) in sechs Traumazentren (drei Zentren in Colorado und drei Zentren in Staaten ohne Marihuana-Gesetze) eingeliefert wurden.

Das primäre Outcomevariable war die Rate (%) eines positiven Urin-Drogenscreenings (UDS) auf Marihuana. Mit Hilfe von verallgemeinerten linearen Regressionsmodellen wurde die Veränderungsrate im Zeitraum vor der Kommerzialisierung im Vergleich zum Zeitraum nach der Kommerzialisierung (über einen Interaktionseffekt) untersucht, und zwar getrennt für Staaten mit und ohne Legalisierung von Marihuana in der Freizeit. Insgesamt wurden 40.591 Trauma-Aufnahmen registriert. Die Kommerzialisierung von Freizeitmarihuana wurde mit einer erhöhten Marihuananachweisrate in Colorado in Verbindung gebracht (Interaktion $p < 0,001$). Insbesondere stieg die Nachweisrate von Marihuana nach der Kommerzialisierung an, während sie in der Zeit vor der Kommerzialisierung abnahm. Es gab auch einen signifikanten Interaktionseffekt für das Modell, das den Konsum anderer Drogen untersuchte ($p < 0,001$). Die Rate des Nachweises anderer Drogen stieg nach der Kommerzialisierung im Vergleich zur Zeit vor der Kommerzialisierung, wo sie im Laufe der Zeit abnahm. In Krankenhäusern, die nicht aus Colorado stammten, war die Rate der Marihuananachweise nach der Kommerzialisierung im Vergleich zum Zeitraum vor der Kommerzialisierung signifikant geringer ($p < 0,001$). Insgesamt wurde bei Traumapatienten in Krankenhäusern in Colorado, nicht aber in Krankenhäusern außerhalb von Colorado, im Laufe der Zeit mehr Marihuana nachgewiesen, was auf einen erhöhten Marihuanakonsum oder ein erhöhtes Verletzungsrisiko beim Konsum von Marihuana nach der Kommerzialisierung von Freizeit-Marihuana in Colorado schließen lässt.

10. **Dilley, J. A., Richardson, S. M., Kilmer, B., Pacula, R. L., Segawa, M. B. & Cerdá, M. (2019). Prevalence of cannabis use in youths after legalization in Washington state. *JAMA Pediatrics*, 173(2), 192-193.**

Im November 2012 wurde in Washington Cannabis für nichtmedizinische Zwecke (Einzelhandel) für Personen ab 21 Jahren legalisiert. Die Märkte wurden im Juli 2014 eröffnet. Die Auswirkungen dieser Änderung auf den Cannabiskonsum unter Jugendlichen sind Gegenstand der vorliegenden Studie. Konkretes Ziel war es zu bewerten, ob die Trends in der Prävalenz des Cannabiskonsums unter Jugendlichen aus der bundesstaatlichen Jugenderhebung in Washington (Washington Healthy Youth Survey, HYS) mit den Ergebnissen der landesweit repräsentativen Erhebung "Monitoring the Future" (MTF), wonach die Prävalenz bei Acht- und Zehntklässlern in Washington, nicht aber bei Zwölftklässlern, im Vergleich zum Konsum in Staaten ohne Legalisierung von Freizeitmarihuana steigt, übereinstimmen. Der Washington Healthy Youth Survey (HYS) ist eine anonyme, schulbasierte Umfrage unter Acht-, Zehn- und

Zwölftklässlern und die wichtigste Informationsquelle des Bundesstaates zum Gesundheitsverhalten von Jugendlichen.

Die Schätzungen des MTF zeigen eine statistisch nicht signifikante Veränderung der Prävalenz des Cannabiskonsums bei Achtklässlern (von 6,2 % [95% KI, 4,4 %-8,7 %] auf 8,2 % [95% KI, 6,3 %-10,7 %]; $p = .16$) und einen signifikanten Anstieg bei Zehntklässlern (von 16,2 % [95% KI, 14,0 %-18,6 %] auf 20,3 % [95% KI, 16,9 %-24,1 %]; $p = .02$). Im Gegensatz dazu zeigt die HYS-Analyse einen statistisch signifikanten Rückgang der Prävalenz von 2010-2012 und 2014-2016 sowohl bei Achtklässlern (von 9,8 % [95% CI, 9,1 %-10,5 %] auf 7,3 % [95% CI, 6,6 %-8,0 %]; $p < .001$) als auch bei Zehntklässlern (von 19,8 % [95% CI, 18,6 %-21,0 %] auf 17,8 % [95% CI, 16,7 %-18,9 %]; $p = .01$). Weder die MTF- noch die HYS-Analyse zeigten Veränderungen bei den Zwölftklässlern. Die Ergebnisse der HYS-Vergleiche mit dem Jahr 2014 allein waren von geringerer Größenordnung, aber ähnlicher Richtung. Somit deuten die HYS-Daten aus Washington darauf hin, dass der Cannabiskonsum unter Jugendlichen nach der Legalisierung bei Acht- und Zehntklässlern zurückging, während die MTF-Daten auf einen statistisch signifikanten Anstieg hindeuten.

11. Drake, C., Wen, J., Hinde, J. & Wen, H. (2021). Recreational cannabis laws and opioid-related emergency department visit rates. *Health Economics*, 30(10), 2595-2605.

In dieser Studie untersuchten Drake et al. (2021) die Auswirkungen von Legalisierung von Cannabis für den Freizeitkonsum auf die Zahl der opioidbedingten Aufnahmen in die Notaufnahme. Da Cannabis als Ersatz für verschreibungspflichtige Opioide in der Schmerzbehandlung Verwendung findet, könnte eine entsprechende Legalisierung das Potential haben, den Opioidkonsum zu reduzieren. Die Autoren schätzten ein Ereignisstudienmodell auf Basis von Daten der Fast Stats-Datenbank des Healthcare Cost and Utilization Projekt, um den kausalen Effekt der Cannabislegalisierung auf opioidbedingte Aufnahmezeiten (sowohl ambulant als auch stationär) in der Notaufnahme pro 100.000 Einwohner in nichtstaatlichen Krankenhäusern aus 29 Bundesstaaten (Kalifornien, Maine, Massachusetts und Nevada als Experimentalgruppe) aus den Jahren 2011 bis 2017 zu ermitteln.

Dabei stellten sie fest, dass die Legalisierung von Cannabis für den Freizeitkonsum die opioidbedingten Raten an Aufnahmen in der Notaufnahme in den ersten beiden Quartalen nach der Einführung um etwa 7,6 % gesenkt hatten. Unter Berücksichtigung von sozioökonomischen Untergruppen wurden diese Effekte von Männern und in geringerem Maße insgesamt von Erwachsenen zwischen 25 und 44 Jahren getragen, klangen jedoch nach 6 Monaten wieder ab. Insgesamt deuten die Ergebnisse darauf hin, dass die Legalisierung von Cannabis für den Freizeitkonsum nur eine vorübergehende Reduzierung der opioidbedingten Aufnahme in die Notaufnahme bewirkt. Da Cannabis keine klinisch wirksame Behandlung für eine Opioidkonsumstörung darstellt, könnte der anfänglich erhöhte Cannabiskonsum zur Schmerzlinderung in weiterer Folge aufgrund der unzureichenden Ersatzwirkung wieder den Anstieg des Konsums von Opioiden bedingen.

12. Dutra, L. M., Farrelly, M., Gourdet, C. & Bradfield, B. (2022). Cannabis legalization and driving under the influence of cannabis in a national US Sample. *Preventive Medicine Reports*, 27, 101799.

In dieser Studie wurden Selbstauskunftsdaten verwendet, um den Zusammenhang zwischen der Cannabislegalisierung und dem Fahren unter Cannabiseinfluss (DUIC) zu untersuchen. Unter Verwendung einer nationalen Querschnittsstichprobe (2016-2017) von 1.249 Cannabiskonsumern der letzten 30 Tage wurden die Daten zu selbstberichtetem Fahren unter Cannabiseinfluss (Fahren innerhalb von drei Stunden nach dem "Highwerden") auf die Cannabislegalisierung (Freizeit- und medizinischer Konsum (Freizeit), nur medizinischer Konsum (medizinisch) oder keine Legalisierung) regressiert, wobei Dutra et al. (2022) für demografische Daten, Konsumtage (letzte 30 Tage), Legalitätsstatus, Kalibrierungsgewichte und geografische Clusterung adjustierten.

Den Ergebnissen zufolge gaben Cannabiskonsumern in Staaten, in denen Cannabis für den Freizeitgebrauch (Risikoverhältnis [RR] = 0,41, 95% Konfidenzintervall (KI): 0,23-0,72) oder nur für medizinische Zwecke erhältlich war (RR = 0,39, 95% KI: 0,20-0,79), deutlich seltener an, in den letzten 30 Tagen innerhalb von drei Stunden nach dem Konsum von Cannabis Auto gefahren zu sein als Konsumenten in Staaten ohne Cannabislegalisierung. Die einzige Ausnahme bildeten Personen mit häufigem Cannabiskonsum (≥ 20 Tage pro Monat), die in Staaten lebten, in denen Cannabis für medizinische Zwecke legalisiert war. Ihr Risiko für das Fahren unter Cannabiseinfluss unterschied sich nicht signifikant von jenen Personen mit häufigem Konsum, die in Staaten ohne Cannabislegalisierung lebten. Bei Personen mit häufigem Konsum zeigten die Ergebnisse, dass das Risiko eines selbstberichteten Fahrens unter Cannabiseinfluss, verglichen mit den Konsumenten, die in Staaten ohne Cannabislegalisierung lebten, in Staaten mit Cannabislegalisierung für den Freizeitkonsum geringer war (RR = 0,70, 95% KI: 0,49-0,99), nicht jedoch in den Staaten mit Cannabislegalisierung für medizinische Zwecke (RR = 0,87, 95% KI: 0,60-1,24).

13. Europäische Beobachtungsstelle für Drogen und Drogensucht (2022). *Europäischer Drogenbericht 2022: Trends und Entwicklungen*. Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union.

Nachfolgend werden die zentralen Ergebnisse des Europäischen Drogenberichts aus dem Jahr 2022 angeführt.

2020 ist das in der Europäischen Union hergestellte Cannabis wahrscheinlich zu einer wichtigeren Quelle für den europäischen Markt geworden, wobei Spanien hierbei eine besondere Rolle einnehmen dürfte. Cannabisprodukte waren 2020 häufigste Substanz innerhalb der Europäischen Union, die sichergestellt werden konnten. Während Sicherstellungen von Cannabisharz im Jahr 2020 niedriger als 2010 war, zeigte sich beim Cannabiskraut eine leichte Zunahme von 19%. Als besorgniserregend erweist sich hierbei der Umstand, dass 2021 von mehr Ländern Cannabisprodukte gemeldet wurden, die mit gefährlichen synthetischen Cannabinoiden gestreckt wurden und somit ein besonders hohes Gesundheitsrisiko für die Konsumenten darstellen. Auf Ebene der Konsumenten zeigte sich, dass der Anteil der Klienten, die sich neu in Behandlung begeben haben und Cannabis als ihre Hauptproblemdroge anführten, im Jahr 2020 in einem Drittel der EU-Mitgliedstaaten rückläufig war. Dennoch war Cannabis 2020 die am häufigsten vom Netzwerk der Euro-DEN Plus-Krankenhäuser gemeldete Substanz. Es war an 23 % der Notfälle mit akuter Drogenintoxikation (27 % im Jahr 2019) beteiligt, in der Regel in Kombination mit anderen Substanzen. Hinsichtlich des

Konsumverhaltens zeigte sich während der Pandemie eine Zunahme der Konsumhäufigkeit bei Personen, die bereits zuvor häufiger Cannabis konsumiert hatten und zugleich ein Konsumrückgang bei Personen, die vor der Pandemie seltener konsumiert hatten. Dabei dürfte die zunehmende Produktvielfalt auch mit einer zunehmenden Verunsicherung unter den Konsumierenden einhergehen.

14. Everson, E. M., Dilley, J. A., Maher, J. E. & Mack, C. E. (2019). Post-legalization opening of retail cannabis stores and adult cannabis use in Washington State, 2009–2016. *American Journal of Public Health*, 109(9), 1294-1301.

Ziel dieser Studie war es, die Auswirkungen des lokalen Zugangs zu Cannabiseinzelhändlern auf den Cannabiskonsum von Erwachsenen in Washington vor und nach der Legalisierung (2012) und der Marktöffnung (2014) im Bundesstaat Washington zu untersuchen. Everson et al. (2019) verwendeten Daten aus den Jahren 2009 bis 2016 über den aktuellen (beliebigen) und häufigen (20 oder mehr Tage) Cannabiskonsum von 85 135 Erwachsenen im vergangenen Monat aus dem Washington Behavioral Risk Factor Surveillance System (BRFSS), die mit der Nähe und Dichte lokaler Einzelhändler verknüpft waren. Das BRFSS ist eine landesweit durchgeführte, staatlich verwaltete nach dem Zufallsprinzip funktionierende Telefonumfrage unter Erwachsenen.

Die Ergebnisse sollen belegen, dass der aktuelle und häufige Cannabiskonsum zwischen 2009 und 2016 zugenommen hat. Unmittelbar nach der Legalisierung änderte sich der Konsum nicht signifikant, dieser stieg jedoch anschließend mit dem besseren Zugang zu Cannabis-Händlern an. Die vierteljährliche Prävalenz des aktuellen Konsums verdoppelte sich im Verlauf dieser Studie und war von 5,8 im ersten Quartal 2009 auf 13,2% im vierten Quartal 2016; der häufige Konsum nahm in diesem Zeitraum ebenfalls zu, nämlich von 2,0% auf 5,5%. Insbesondere nahm der aktuelle Konsum bei Erwachsenen zu, die in Gebieten lebten, die weniger als 18 Meilen von einem Einzelhändler entfernt waren, insbesondere innerhalb von 0,8 Meilen (Odds Ratio [OR] = 1,45; 95% Konfidenzintervall [CI] = 1,24, 1,69). In Gebieten, die mehr als 18,4 Meilen von einem Einzelhändler entfernt waren, änderte sich der aktuelle Konsum in Verbindung mit dem Einzelhandelsmarkt nicht signifikant (OR = 1,06; 95% CI = 0,89, 1,26). Der häufige Konsum stieg bei Erwachsenen, die in einem Umkreis von 0,8 Meilen um einen Einzelhändler wohnten (OR = 1,43; 95% CI = 1,15, 1,77), keine signifikanten Änderungen zeigten sich jedoch in Gebieten, die 0,8 bis 1,1 Meilen (OR = 1,02; 95% CI = 0,80, 1,29) oder 1,2 bis 18,4 Meilen (OR = 1,04; 95% CI = 0,89, 1,21) von einem Einzelhändler entfernt waren. Auf Basis der vorliegenden Ergebnisse dürfte ein leichter Zugang zum Cannabiseinzelhandel mit einem erhöhten aktuellen und häufigen Konsum assoziiert sein. Aussagekraft der Studie fraglich, da z.B. weder Einzelhandelspreise noch illegaler Markt berücksichtigt wurden, zudem Selbstauskunft zum Cannabiskonsum per Telefonbefragung verzerrungsanfällig.

15. Hall, W. & Lynskey, M. (2020). Assessing the public health impacts of legalizing recreational cannabis use: the US experience. *World Psychiatry*, 19(2), 179-186.

Hall und Lynskey (2020) überprüften bestehende Forschung in den USA zu den Auswirkungen der Legalisierung auf den Cannabiskonsum unter Erwachsenen und Jugendlichen sowie zu cannabisbedingten Schäden, zu den Auswirkungen der Legalisierung des Freizeitkonsums für Erwachsene auf den Preis, die Verfügbarkeit, die Stärke und den Konsum von Cannabis sowie zu den ordnungspolitischen Maßnahmen, die mögliche negative Auswirkungen der Legalisierung verstärken oder begrenzen könnten.

Demnach ist der Einzelhandelspreis für Cannabis durch den Risikoentfall bei den illegalen Produzenten sowie die größeren Produktionsvolumina erheblich gesunken. Daten aus Haushaltserhebungen deuten darauf hin, dass niedrigere Cannabispreise die Konsumhäufigkeit unter erwachsenen Cannabiskonsumenten in den US-Bundesstaaten, die Cannabis für den Freizeitgebrauch legalisiert haben, erhöht haben. Weiters hat die Legalisierung zu einer erheblichen Diversifizierung der zum Verkauf angebotenen Cannabisprodukte geführt. Neben Cannabisblüten werden in den Einzelhandelsgeschäften auch hochpotente Cannabisextrakte (Wachs, Shatter), essbares Cannabis (z. B. Gummibärchen, Bonbons und Schokolade) und Cannabisgetränke verkauft. Diese Produkte erfüllen vermutlich die Bedürfnisse eines breiteren Spektrums erwachsener Konsumenten als der illegale Markt, der sich in erster Linie an tägliche oder fast tägliche Cannabiskonsumenten richtet. Die Häufigkeit des Cannabiskonsums unter Erwachsenen scheint erhöht zu sein, nicht jedoch unter Jugendlichen. Weiter konstatieren sie einen Anstieg der akuten cannabisbedingten Einlieferungen in Notaufnahmen bei Erwachsenen und Kindern wegen körperlicher und psychischer Gesundheitsprobleme (z. B. psychische Probleme, Erbrechenssyndrome und versehentliche Vergiftungen bei Kindern). Die Studien über die Auswirkungen der Legalisierung auf Verkehrsunfälle ergaben uneinheitliche Ergebnisse.

16. Jones, J., Jones, K. N. & Peil, J. (2018). The impact of the legalization of recreational marijuana on college students. *Addictive Behaviors*, 77, 255-259.

In der vorliegenden Studie wurden die Raten des Marihuana- und Alkoholkonsums unter College-Studenten vor und nach der Legalisierung für den Freizeitkonsum untersucht. Ausgangspunkt war die Verabschiedung des Gesetzes "Regulate Marijuana like Alcohol Act" oder "Amendment 64", welches erstmals den legalen Verkauf, Vertrieb und Konsum von Marihuana, ähnlich den Vorschriften für Alkohol, erlaubt und im Januar 2014 in Kraft trat. Die Autoren vermuteten, dass sich die Häufigkeit des Marihuanakonsums aufgrund des leichteren Zugangs zu Marihuana ändern würde, was mit einer Zunahme der Folgen des Marihuanakonsums einhergehen würde. Zudem verfolgten sie die Hypothese, dass der gleichzeitige Konsum von Alkohol und Marihuana zunimmt. Die Daten wurden in vier Wellen von Oktober 2013 bis März 2015 erhoben, um die Trends beim Marihuana- und Alkoholkonsum sowie die Beziehung zwischen den beiden Substanzen zu ermitteln. Darüber hinaus wurde der Notendurchschnitt gemessen, um Auswirkungen des Marihuanakonsums auf einer Leistungsebene zu untersuchen.

Wie die Studie zeigt, liegt die Häufigkeit des Marihuanakonsums bei College-Studenten in Colorado höher als der nationale Durchschnitt $t(94445) = 24,424, p < 0,001$, insbesondere der Prozentsatz der täglichen oder fast täglichen Nutzer, $t(2191) = 10,373, p < 0,001$. Es gab signifikante Unterschiede zwischen den Marihuana-Nichtkonsumenten und den einmal wöchentlich oder öfter Konsumierenden, aber nicht zu den täglich konsumierenden Marihuana-Konsumenten im Notendurchschnitt, $F(6, 227) = 2,935, p < 0,001$. Eine mögliche Erklärung für diesen unerwarteten Zusammenhang ist, dass regelmäßige Cannabiskonsumenten weniger Störungen der kognitiven Leistungsfähigkeit erfahren als Gelegenheitskonsumenten. Darüber hinaus scheint die Beziehung zwischen Alkohol- und Marihuanakonsum im Allgemeinen seit der Verabschiedung des Gesetzes abzunehmen. Dieser Trend könnte auf die zunehmende Verfügbarkeit von Marihuana zurückzuführen sein. Da gesellschaftliche Veranstaltungen, bei denen Alkohol konsumiert wird, nicht mehr der Hauptzugangspunkt für Marihuana sind, könnte der Alkoholkonsum möglicherweise weniger mit Marihuana in Verbindung gebracht werden. Dieser Trend zeigt sich jedoch nicht bei Rauschtrinkern. Bei Personen mit hohem Alkoholkonsum reichte die Odds Ratio von 2,012 bis 6,128, was darauf hindeutet, dass „binge

drinking“ (Komatrinken) die Wahrscheinlichkeit des Marihuanakonsums bei College-Studenten erhöht. Hier kommen möglicherweise die additiven Wirkungen beider Substanzen zum Tragen.

17. Jorgensen, C. & Harper, A. J. (2020). Examining the effects of legalizing marijuana in Colorado and Washington on clearance rates: A quasi-experimental design. *Journal of Experimental Criminology Advance Online Publication*. 10.1007/s11292-020- 09446-7.

Die vorliegende Studie baut auf der Arbeit von Makin et al. (2019) auf und versucht, deren Ergebnisse mit Hilfe der synthetischen Kontrollmethode und Modellen mit festen Effekten zu replizieren. Es wurde ein Paneldatensatz aus 50 US-Bundesstaaten für die Jahre 2000 bis 2017 erstellt und analysiert. Die abhängigen Variablen, die in dieser Analyse verwendet wurden, waren die Aufklärungsraten für Gewaltverbrechen (Mord, Vergewaltigung, Raub, schwere Körperverletzung) und die Aufklärungsraten für Eigentumsdelikte (Einbruch, Diebstahl, Kraftfahrzeugdiebstahl, Brandstiftung), während als unabhängige Variable die dichotomisch gemessene Marihuana-Gesetzgebung zum legalisierten Freizeitkonsum fungierte. Dabei wurde in dieser Studie ein kontrafaktischer Analyseansatz verwendet, um zu untersuchen, wie der Fall ausgesehen hätte, wenn Colorado und Washington ihre Politik des Marihuanaverbots nach 2012 beibehalten hätten.

Im Gegensatz zu Makin et al. (2019) zeigen die Ergebnisse dieser Studie im Allgemeinen, dass die Legalisierung von Marihuana die Aufklärungsraten weder bei Gewalt- noch bei Eigentumsdelikten signifikant zu beeinflussen scheint. Dies könnte darauf zurückzuführen sein, dass einzelne Gewalt- und Eigentumsdelikte zusammen geclustert wurden (wie es in dieser Analyse der Fall war), ohne einzelne Delikte für sich zu betrachten. So kann beispielsweise ein Anstieg bei Raubüberfällen durch einen entsprechenden Rückgang bei schweren Körperverletzungen ausgeglichen werden, so dass sich insgesamt die Zahl der Gewaltverbrechen nicht verändert. Das Argument, dass die Polizei eine bessere Arbeit bei der Reduzierung von schweren Verbrechen und/oder der Verhaftung von schweren Straftätern leisten würde, wenn sie sich nicht mit dem illegalen Konsum von Marihuana beschäftigte, sei somit auf Basis dieser Studienergebnisse unbegründet.

18. Kerr, W. C., Ye, Y., Subbaraman, M. S., Williams, E. & Greenfield, T. K. (2018). Changes in marijuana use across the 2012 Washington State Recreational Legalization: is retrospective assessment of use before legalization more accurate?. *Journal of Studies on Alcohol and Drugs*, 79(3), 495-502.

Ziel dieser Studie von Kerr et al. (2018) war es, Veränderungen in der Prävalenz des Marihuanakonsums und in den Merkmalen der Konsumenten während der Legalisierung des Freizeitkonsums im Bundesstaat Washington im Jahr 2012 zu untersuchen. Die Autoren verglichen Unterschiede in den Veränderungsschätzungen zwischen retrospektiven und zeitnahen Messungen vor der Legalisierung. Die Ergebnisse basieren auf vier repräsentativen telefonischen Umfragen (zwei im Jahr 2014 und zwei im Jahr 2015), die mit Personen ab 18 Jahren im Bundesstaates Washington durchgeführt worden waren (N = 3.451). Neben demografischen Angaben wurden die Konsumhäufigkeit im vergangenen Jahr und die Konsumhäufigkeit im Jahr 2012 vor der Legalisierung erhoben. Außerdem wurden auch Details zum Alkoholkonsum, einschließlich des gleichzeitigen Konsums mit Marihuana, erfragt.

Die zusammengefassten Befragungsergebnisse zeigten einen geringen und statistisch nicht signifikanten Anstieg der Prävalenz des Konsums im vergangenen Jahr um 1,2 Prozentpunkte von 24,3% (22,3-26,5) auf 25,6% (23,6-27,6). Ebenso wurde keine statistisch signifikante Veränderung bei der Prävalenz des gleichzeitigen Konsums mit Alkohol festgestellt, die von 12,9% (11,3-14,7) auf 12,6% (11,0-14,4) zurückging. Im Gegensatz dazu deuten die prospektiven Schätzungen des Konsums in der Nationalen Erhebung über Drogenkonsum und Gesundheit (NSDUH) auf einen Anstieg der Prävalenz hin, und zwar von 15,5% (13,8-17,3) im Zeitraum 2010-2012 auf 19,1 % (16,9-21,4) im Zeitraum 2013-2014, allerdings sind diese Veränderung ebenfalls statistisch nicht signifikant. Zu den weiteren Ergebnissen der Erhebungen im Bundesstaat Washington gehört, dass die neuen Konsumenten nach der Legalisierung tendenziell älter, weiß und moderate Trinker sind, die Marihuana nicht gleichzeitig mit Alkohol konsumieren. Bedeutung der Studie ist als gering einzustufen (nur ein Bundesstaat).

19. Leung, J., Chiu, V., Chan, G. C., Stjepanović, D. & Hall, W. D. (2019). What have been the public health impacts of cannabis legalisation in the USA? A review of evidence on adverse and beneficial effects. *Current Addiction Reports*, 6(4), 418-428.

Die Literaturübersicht von Leung et al. (2019) widmet sich der empirischen Forschung über die negativen und positiven Auswirkungen der Legalisierung von Cannabis auf die öffentliche Gesundheit in den Bundesstaaten der USA. Es gibt Hinweise darauf, dass die Legalisierung des medizinischen und Freizeit-Cannabiskonsums sowohl positive als auch negative Auswirkungen auf eine Reihe von gesundheitlichen Folgen gehabt hat. Die bestehende Evidenz ist jedoch nur begrenzt in der Lage, mit Sicherheit darauf zu schließen, dass diese Veränderungen das Ergebnis der Cannabislegalisierung sind. Die wichtigsten Ergebnisse werden nachfolgend präsentiert:

Die konsistenteste Erkenntnis aus Erhebungen zum Drogenkonsum ist, dass die Legalisierung von medizinischem Cannabis bisher keine Auswirkungen auf die Konsumraten oder Cannabiskonsumstörungen unter Jugendlichen zeigt, sich aber die Häufigkeit des Konsums unter erwachsenen Cannabiskonsumenten erhöht hat. Die Legalisierung des Cannabiskonsums hat somit für Erwachsene den Zugang zu Cannabis vereinfacht und zu einer Senkung des Preises für Cannabis geführt. Widersprüchliche Erkenntnisse gibt es über die Auswirkungen der Legalisierung des medizinischen und des Freizeit-Cannabiskonsums auf folgende Aspekte: Cannabiskonsumstörungen bei Erwachsenen, die Zahl der Kraftfahrzeugunfälle, bei denen der Fahrer durch Cannabis beeinträchtigt war, die Selbstmordrate und opioidbedingte Schäden. Die Legalisierung des Cannabiskonsums für den Freizeitgebrauch hat zu einer Zunahme der Notaufnahmen wegen cannabisbedingter medizinischer Beschwerden geführt (akute negative psychische Auswirkungen, Hyperämie und versehentliche Vergiftungen bei Kindern). Regelmäßige Cannabiskonsumenten, insbesondere tägliche Konsumenten, sind für cannabisbedingte Schäden wie Abhängigkeit, Psychosen, Depressionen und Selbstverletzungen am anfälligsten. Es ist jedoch unklar, ob sich die Inzidenz und Prävalenz dieser Störungen seit der Legalisierung von Cannabis verändert hat. Es ist auch unklar, ob die Legalisierung von Cannabis den Konsum von Alkohol und Opioiden verringert hat.

- 20. Makin, D. A., Willits, D. W., Wu, G., DuBois, K. O., Lu, R., Stohr, M. K., Koslicki, W., Stanton, D., Hemmens, C., Snyder, J. & Lovrich, N. P. (2019). Marijuana legalization and crime clearance rates: Testing proponent assertions in Colorado and Washington State. *Police Quarterly*, 22(1), 31–55.**

In dieser Studie von Makin et al. (2019) wurden die Aufklärungsquoten der Polizeibehörden in den Bundesstaaten Washington und Colorado untersucht. Beide Staaten gingen 2012 von der Marihuana-Prohibition zur Legalisierung von Marihuana über. Die Studie versuchte insbesondere festzustellen, ob und welchen Einfluss die Legalisierung von Marihuana auf die polizeilichen Aufklärungsraten hat. Hintergrund zu dieser Forschungsfrage ist das Argument von Befürwortern der Marihuana-Legalisierung, dass die Legalisierung es den Polizeibehörden ermöglichen würde, anderen polizeilichen Aktivitäten Vorrang zu geben, was wiederum die Aufklärungsraten erhöhen und die Kriminalität verringern würde. Die Autoren untersuchten die kurzfristigen Auswirkungen der Marihuana-Legalisierung in Washington und Colorado anhand der monatlichen Aufklärungsdaten von 2010 bis 2015 mit Hilfe von unterbrochenen Zeitreihenmodellen für mehrere Gruppen. Die Entwicklung der Aufklärungsdaten in Colorado und Washington wurde unabhängig davon mit den nationalen Trends verglichen.

Dem Argument der Legalisierungsbefürworter folgend zeigen die Ergebnisse, dass die Legalisierung von Marihuana die polizeilichen Ergebnisse möglicherweise insofern beeinflusst hat, als die Aufklärungsquoten in Colorado bei allen Verbrechenarten außer schwerer Körperverletzung und Kraftfahrzeugdiebstahl stärker anstiegen als im Rest der USA. In Washington stieg die Aufklärungsquote bei Gewaltverbrechen und Einbrüchen ebenfalls stärker als im Rest der USA. In keinem der beiden Bundesstaaten gab es Straftaten, bei denen die Legalisierung einen negativen Einfluss auf die Aufklärungsdaten zu haben schien. Auf Basis der Zeitreihendiagramme zeigt sich ein unmittelbarer Sprung in den Aufklärungsdaten wie auch ein späterer Aufwärtstrend in den Aufklärungsdaten. Obwohl die Ergebnisse dieser Studie bis zu einem gewissen Grad nahelegen, dass sich die Aufklärungsquoten nach der Reform der Marihuana-Gesetze in Washington und Colorado verbessert haben, können keine expliziten Schlüsse darüber gezogen werden, welche Faktoren zu dieser Erhöhung beigetragen haben.

- 21. Mauro, C. M., Newswanger, P., Santaella-Tenorio, J., Mauro, P. M., Carliner, H. & Martins, S. S. (2019). Impact of medical marijuana laws on state-level marijuana use by age and gender, 2004–2013. *Prevention Science*, 20(2), 205–214.**

Mauro et al. (2019) untersuchten in dieser Studie, ob die altersspezifischen Auswirkungen von Gesetzen zur Legalisierung von Marihuana für medizinische Zwecke auf das Konsumverhalten je nach Geschlecht variieren. Dabei stellten sie die Hypothese auf, dass solche Gesetzesänderungen den größten Einfluss auf den Marihuanakonsum und -störungen bei der größten Konsumentengruppe, den 18- bis 25-jährigen Männern, haben würde. Zehn Jahre lang wurden jährliche Querschnittserhebungsdaten aus dem Datenportal des National Survey on Drug Use and Health (NSDUH) zum eingeschränkten Drogenkonsum (Daten auf individueller Ebene) für den Zeitraum 2004–2013 erhoben und auf der Ebene des jeweiligen Bundesstaates für jedes Geschlecht und jede Altersgruppe aggregiert. Die Exposition war ein zeitlich variabler Indikator für Gesetze zur Legalisierung von Marihuana für medizinische Zwecke auf Staatenebene (0 = kein Gesetz, 1 = vor dem Gesetz, 2 = nach dem Gesetz). Dabei wurden die Konsumprävalenz im vergangenen Monat, die tägliche Konsumprävalenz unter den Konsumenten, die im vergangenen Jahr Marihuana konsumiert hatten (d. h. 300+ Tage/Jahr) und die Prävalenz der Marihuanakonsumstörung im vergangenen Jahr erfasst. Lineare Modelle testeten die Auswirkung der Legalisierung von Marihuana für medizinische Zwecke auf

Staatenebene auf die Ergebnisse nach Alter (12-17, 18-25, 26+) und Geschlecht. Die Modelle enthielten einen zufälligen Intercept auf Staatsebene und kontrollierten für Zeit und Kovariaten auf Staatsebene.

Bei Männern und Frauen im Alter von 12 bis 25 Jahren stieg der Konsum von Marihuana im letzten Monat nach Inkrafttreten des Legalisierungsgesetzes nicht an. Bei den über 26-Jährigen stieg der Konsum im vorangegangenen Monat bei Männern von 7,0 % vor auf 8,7 % (+1,7 %, $p < 0,001$) und bei Frauen von 3,1 % vor auf 4,3 % nach Inkrafttreten der Gesetzesänderung (+1,1 %, $p = 0,013$). Bei den Nutzern ab 26 Jahren stieg der tägliche Konsum ebenfalls bei beiden Geschlechtern an (Männer: 16,3 % auf 19,1 %, +2,8 %, $p = 0,014$; Frauen: 9,2 % auf 12,7 %, +3,4 %, $p = 0,003$). In keiner Alters- oder Geschlechtsgruppe gab es nach der Einführung des Legalisierungsgesetzes von Marihuana für medizinische Zwecke einen statistisch signifikanten Anstieg der Prävalenz von Marihuanakonsumstörungen im vergangenen Jahr. Die Autoren schlussfolgerten auf Basis des statistisch signifikanten Anstiegs des täglichen Konsums bei den über 26-Jährigen nach Inkrafttreten des Legalisierungsgesetzes, dass sich Aufklärungskampagnen darauf konzentrieren sollten, die Öffentlichkeit über die mit regelmäßigem Marihuanakonsum verbundenen Risiken zu informieren.

22. Miller, A. M., Rosenman, R. & Cowan, B. W. (2017). Recreational marijuana legalization and college student use: Early evidence. *SSM-Population Health*, 3, 649-657.

Miller et al. (2017) analysierten den Marihuanakonsum von Studenten vor und nach der Legalisierung von Marihuana für den Freizeitkonsum. Diese Analyse wurde dabei auf Basis von wiederholten Querschnittsdaten aus den Jahren 2005, 2006, 2008, 2010, 2012, 2014 und 2015 von Studenten der Washington State University aus dem National College Health Assessment, einer umfassenden Gesundheitsumfrage u.a. zum Konsum von Marihuana, Tabak, Alkohol und anderen Drogen, durchgeführt. Die Hauptvariable in dieser Studie war eine Zählung, wie oft ein Student in den letzten 30 Tagen Marihuana konsumiert hatte.

Nach der Legalisierung war ein signifikanter Anstieg des Marihuanakonsums von 12 bis 22 % zu verzeichnen. Dieser Anstieg war größer, als es die nationalen Trends vorhersagen würden. Am stärksten war die Veränderung bei weiblichen, schwarzen und hispanischen Studenten. Der Anstieg bei minderjährigen Studenten (für die der Marihuanakonsum weiterhin illegal ist) war genauso hoch wie bei Studenten, für die der Konsum legal war. Keine entsprechenden Veränderungen nach der Legalisierung von Marihuana für den Freizeitkonsum zeigten sich hingegen beim Konsum von Tabak, Alkohol oder anderen Drogen.

23. Schmidt, L. A., Jacobs, L. M., Vlahov, D. & Spetz, J. (2019). Impacts of medical marijuana laws on young Americans across the developmental spectrum. *Maternal and Child Health Journal*, 23(4), 486-495.

In dieser Studie führten Schmidt et al. (2019) mehrstufige, serielle Querschnittsanalysen auf der Grundlage von 10 jährlichen Wellen des U.S. National Survey on Drug Use and Health (NSDUH) von 2004-2013 durch und verglichen dabei junge Menschen in Bundesstaaten mit und ohne Legalisierungsgesetzen für medizinisches Marihuana. Jede Erhebungswelle repräsentierte die US-Bevölkerung in allen 50 Bundesstaaten und dem District of Columbia. In disaggregierten Analysen wurden mehrere Messgrößen des Marihuanakonsums von etwa 450.300 Personen in der frühen Jugend (12-14 Jahre), der späten Jugend (15-17 Jahre) und im

jungen Erwachsenenalter (18-24 Jahre) verglichen. Die Autoren untersuchten dabei drei dichotome Ergebnisse auf individueller Ebene: Selbstberichte über die Zugänglichkeit von Marihuana, den Konsum von Marihuana im letzten Monat und den Einstieg oder Erstkonsum von Marihuana im letzten Jahr. Die NSDUH-Fragen zu Marihuana bezogen sich hierbei auf Rauchen, Esswaren und Öle.

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie zeigten, dass medizinische Marihuana-Gesetze nicht kausal mit dem jüngsten Marihuana-Konsum bei jungen Menschen verbunden sind, aber einen Einfluss auf den Einstieg in den Marihuana-Konsum haben. Dies ist jedoch auf junge Erwachsene beschränkt und schließt die anfälligeren Altersgruppen der frühen und späten Jugend nicht ein. Mittels Regressionsanalysen weisen sie nach, dass medizinische Marihuana-Gesetze die Wahrscheinlichkeit, Marihuana zum ersten Mal zu probieren, bei jungen Erwachsenen signifikant erhöhen, nicht aber bei jüngeren Altersgruppen. Das Hinausschieben des Erstkonsums ins junge Erwachsenenalter könne somit das Risiko einer Drogenkonsumstörung im späteren Leben verringern.

24. Smart, R. & Pacula, R. L. (2019). Early evidence of the impact of cannabis legalization on cannabis use, cannabis use disorder, and the use of other substances: findings from state policy evaluations. *The American Journal of Drug and Alcohol Abuse*, 45(6), 644-663.

Der Artikel von Smart und Pacula (2019) zielte darauf ab, bestehende Forschungsarbeiten zu den Auswirkungen der staatliche Cannabispolitik auf den Drogenkonsum zu überprüfen, wobei der Schwerpunkt dabei auf Studien lag, die Zeitreihendaten heranzogen, kausale Schlüsse erlaubten und solchen, die Kontrollgruppen verwendeten. In ihrem narrativen Literaturreview fokussierten die Autoren dabei vor allem auf Publikationen, die zwischen Januar 2005 und Februar 2019 veröffentlicht worden waren, wobei schließlich 42 Studien die Einschlusskriterien erfüllten. Im Konkreten zielten die Forschungsfragen der Autoren darauf ab, wie sich Gesetze zu medizinischem Cannabis und Gesetze zu Cannabis für den Freizeitgebrauch auf den Cannabiskonsum und Konsumstörungen sowie auf den Konsum von oder Schäden durch Alkohol, Opioide und Tabak auswirken.

Die Forschungsergebnisse deuten darauf hin, dass die Legalisierung von Cannabis für medizinische Zwecke den Cannabiskonsum bei Erwachsenen, nicht aber bei Jugendlichen erhöht, und dass Bestimmungen der Gesetze, die mit einem weniger regulierten Angebot verbunden sind, möglicherweise zu einer Zunahme von Cannabiskonsumstörungen bei Erwachsenen führen können. Diese Gesetze könnten einige opioidbedingte Schäden verringern, während ihre Auswirkungen auf den Alkohol- und Tabakkonsum auf Basis der Studienergebnisse jedoch ungewiss bleiben. Die Forschung zur Legalisierung von Cannabis für den Freizeitkonsum befindet sich noch im Anfangsstadium, aber die Ergebnisse deuten auf geringe Auswirkungen auf die Prävalenz des jugendlichen Cannabiskonsums, einen möglichen Anstieg des Konsums unter Studenten und unbekannte Auswirkungen auf den Konsum anderer Substanzen hin.

25. Weinberger, A. H., Wyka, K. & Goodwin, R. D. (2022). Impact of cannabis legalization in the United States on trends in cannabis use and daily cannabis use among individuals who smoke cigarettes. *Drug and Alcohol Dependence*, 238, 109563.

In der Studie von Weinberger et al. (2022) wurden Trends des Cannabiskonsums und des täglichen Cannabiskonsums von 2004 bis 2017 insgesamt und nach Zigarettenkonsumstatus untersucht. Darüber hinaus untersuchte die Studie, ob der Status der Legalisierung von Cannabis im jeweiligen Bundesstaat die Prävalenz des Cannabiskonsums in den letzten 30 Tagen und des täglichen Cannabiskonsums in den letzten 30 Tagen nach dem Status des Zigarettenkonsums veränderte. Zudem schätzte die Studie die Prävalenz des Cannabiskonsums und des täglichen Cannabiskonsums im Jahr 2017 nach Status des Zigarettenkonsums, soziodemografischen Merkmalen und Cannabisgesetzen auf bundesstaatlicher Ebene, um zu untersuchen, ob sich die Stärke der Beziehung zwischen Zigarettenkonsum und Cannabiskonsum nach soziodemografischen Untergruppen oder Cannabisgesetzen auf bundesstaatlicher Ebene unterscheidet. Daten zum Konsumverhalten wurden dabei aus der Nationalen Erhebung über Drogenkonsum und Gesundheit (National Survey on Drug Use and Health) von 2004 bis 2017 genommen, einer jährlichen, landesweit repräsentativen Querschnitterhebung bei US-amerikanischen Personen ab 12 Jahren. Die kombinierte analytische Gesamtstichprobe von 2004 bis 2017 belief sich auf 784.293 Befragte und für 2017 auf 56.276 Befragte.

Der Cannabiskonsum und der tägliche Cannabiskonsum von Personen ab 12 Jahren stieg demnach in diesem Zeitraum für die gesamte Stichprobe (6,10 % im Jahr 2004 auf 9,47 % im Jahr 2017) sowie bei Personen, die sowohl über Zigarettenkonsum als auch über Nicht-Zigarettenkonsum berichteten. In den meisten Fällen änderte der Status der Cannabislegalisierung nichts an diesen steigenden Trends des Cannabiskonsums. Cannabiskonsum und täglicher Cannabiskonsum waren bei Personen mit aktuellem Zigarettenkonsum im Vergleich zu Personen ohne aktuellen Zigarettenkonsum zwei bis zehnmal häufiger. Im Jahr 2017 wurde dieses Muster in den meisten demografischen Untergruppen beobachtet, mit einigen Ausnahmen nach Geschlecht und Alter. Cannabiskonsum und täglicher Cannabiskonsum waren unter denjenigen häufiger, die in Bundesstaaten wohnten, in denen Cannabis für den medizinischen oder den Freizeitkonsum legal war, wobei die höchste Prävalenz des Cannabiskonsums und des täglichen Cannabiskonsums unter denjenigen festgestellt wurde, die in Staaten mit einer Legalisierung von Cannabis für den Freizeitkonsum lebten. Konkret gab eine von drei Personen, die in Staaten mit legalisiertem Freizeitcannabis lebten und derzeit täglich Zigaretten rauchten, einen Cannabiskonsum an. Eine von fünf Personen, die in Staaten mit Freizeitcannabis lebten und derzeit täglich Zigaretten rauchten, gab einen täglichen Cannabiskonsum an. Offenbar stieg der Cannabiskonsum bereits vor der Legalisierung an, insofern ist der konstatierte Anstieg nicht trennscharf zu interpretieren, Cannabis- und Zigarettenkonsum sind auch nicht sauber voneinander getrennt.

26. Wen, H., Hockenberry, J. M. & Cummings, J. R. (2015). The effect of medical marijuana laws on adolescent and adult use of marijuana, alcohol, and other substances. *Journal of Health Economics*, 42, 64-80.

Die Studie befasste sich mit den Auswirkungen von Legalisierungsgesetzen für medizinisches Marihuana in zehn Bundesstaaten zwischen 2004 und 2012 auf den Konsum von Marihuana, Alkohol und anderen psychoaktiven Substanzen bei Jugendlichen und Erwachsenen. Um den potenziellen kausalen Effekt der Gesetzesänderung herauszufinden, nutzten die Autoren Querschnittsdaten des National Survey on Drug Use and Health (NSDUH) und schätzten Zwei-Wege-Modelle mit fixen Effekten mit staatspezifischen linearen Zeittrends und einem umfangreichen Satz von Kovariaten auf individueller und staatlicher Ebene.

Sie stellen fest, dass die Legalisierung von Marihuana zu einem relativen Anstieg der Wahrscheinlichkeit des Marihuanakonsums im letzten Monat um 14 %, zu einem Anstieg der Wahrscheinlichkeit des fast täglichen/täglichen Marihuanakonsums um 15 % bei Erwachsenen über 21 Jahren sowie einem Anstieg der Wahrscheinlichkeit von 10 % von Marihuana-Missbrauch bzw. einer Abhängigkeit von Marihuana geführt hätte. Bei Jugendlichen und jungen Erwachsenen im Alter von 12 bis 20 Jahren war die Wahrscheinlichkeit, im vergangenen Jahr mit dem Konsum von Marihuana zu beginnen, nach der Einführung von medizinischen Marihuanagesetzen um 5 % gestiegen. Neben der Zunahme des Marihuanakonsums erhöhte sich auch die Häufigkeit des Rauschtrinkens bei den über 21-Jährigen, teilweise durch den zunehmenden gleichzeitigen Konsum der beiden Substanzen. Im Gegensatz dazu scheint die Gesetzesänderung keinen Einfluss auf den Alkoholkonsum von Minderjährigen im Alter von 12 bis 20 Jahren sowie den nichtmedizinischen Konsum von verschreibungspflichtigen Schmerzmitteln, Heroinkonsum und Kokainkonsum zu haben.

27. Wu, G., Li, Y. & Lang, X. E. (2022). Effects of recreational marijuana legalization on clearance rates for violent crimes: Evidence from Oregon. *International Journal of Drug Policy*, 100, 103528.

Auf der Grundlage von Uniform Crime Reports (UCR)-Daten aus den Jahren 2007 bis 2017 untersuchte diese Studie mithilfe einer Differenz-von-Differenzen-Analyse und der synthetischen Kontrollmethode (SCM) die Auswirkungen der Legalisierung von Marihuana für den Freizeitkonsum auf die Aufklärungsquoten der Polizei für mehrere Arten von Gewaltverbrechen in Oregon (USA), einem Bundesstaat, der Marihuana Ende 2014 legalisierte.

Die Ergebnisse deuten auf einen positiven Zusammenhang der Legalisierung auf die Aufklärung von Gewaltverbrechen hin. Demnach zeigte sich ein signifikanter Anstieg der Aufklärungsrate für Gewaltverbrechen insgesamt ($p \leq 0,001$) und für schwere Körperverletzung ($p \leq 0,001$) in den Bezirken in Oregon im Vergleich zu den Bezirken der Staaten ohne Legalisierung. Konkret verzeichneten die Bezirke in Oregon nach der Legalisierung im Durchschnitt einen Anstieg der Aufklärungsrate für Gewaltverbrechen im Allgemeinen um etwa 4,5 % und für schwere Körperverletzung um etwa 5,92 % im Vergleich zu den Bezirken jener Staaten ohne Legalisierung. Für die Aufklärungsraten der beiden anderen Unterarten von Gewaltverbrechen - Vergewaltigung und Raub - wurde jedoch kein signifikanter positiver Effekt beobachtet. Weitere Analysen der Kriminalitätsraten zeigten darüber hinaus, dass die Legalisierung von Marihuana für Freizeit Zwecke mit einem geringfügig signifikanten Anstieg der Gesamtgewaltkriminalität ($p \leq 0,1$) und der schweren Körperverletzung ($p \leq 0,1$) verbunden war. Die Ergebnisse zeigen auch einen Anstieg bei Vergewaltigungen und Raubüberfällen, aber keiner dieser Fälle erreichte statistische Signifikanz. In Verbindung mit den früheren Erkenntnissen über die signifikant positiven Zusammenhänge der Legalisierung auf die Aufklärungsraten für Gewaltverbrechen insgesamt und schwere Körperverletzung scheinen die Ergebnisse dieser zusätzlichen Analysen von Gewaltverbrechen darauf hinzudeuten, dass die Verbesserungen der Aufklärungsrate von Gewaltverbrechen die zunehmenden Verhaftungen durch die Polizei nach der Legalisierung widerspiegeln (und nicht eine Funktion der gesunkenen Gewaltverbrechen darstellen). Aufgrund des kurzen Zeitraums nach der Legalisierung von nur drei Jahre weisen die Ergebnisse somit vorerst nur auf einen kurzfristigen Effekt der Legalisierung hinsichtlich der Aufklärung von Gewaltverbrechen hin. Der Zusammenhang mit Cannabislegalisierung bleibt vage.

- 28. Zellers, S. M., Ross, J. M., Saunders, G. R., Ellingson, J. M., Anderson, J. E., Corley, R. P., Iacono, W., Hewitt, J. K., Hopfer, C. J., McGue, M. K. & Vrieze, S. (2023). Impacts of recreational cannabis legalization on cannabis use: a longitudinal discordant twin study. *Addiction*, 118, 110-118.**

Die Studie von Zellers et al. (2023) schätzte die Auswirkungen der Legalisierung des Freizeitkonsums von Cannabis auf die Konsumhäufigkeit in Abhängigkeit vom rechtlichen Status (legal/illegal) im Wohnsitzstaat des Teilnehmers zum Zeitpunkt der Untersuchung. Die Ergebnisse basieren auf zwei prospektiv untersuchten Längsschnittstichproben amerikanischer Zwillinge im Alter von 24 bis 47 Jahren ($n = 1.425$ in legalen Staaten, $n = 1.996$ in illegalen Staaten), darunter 111 eineiige Paare, die unterschiedliche Wohnsitze hatten. Die Personen wurden vor und nach 2014 zu ihrem Cannabiskonsum befragt, als Cannabis für den Freizeitgebrauch in Colorado und medizinisches Cannabis in Minnesota legalisiert wurden. Die gesamte Stichprobe umfasste 1407 Männer und 2045 Frauen.

Unter Verwendung eines Längsschnittdesigns, bei dem Alter, Geschlecht und früherer Cannabiskonsum berücksichtigt wurden, fanden die Autoren einen Anstieg der durchschnittlichen Cannabiskonsumhäufigkeit um 24 % nach der Legalisierung. Darüber hinaus bestätigten die Ergebnisse der Zwillingskontrollen mit den 111 Paaren monozygoter Zwillinge mit unterschiedlichen Wohnsitzen diesen Effekt, wobei der Zwilling, der in einem Staat lebte, in welchem Cannabis legalisiert worden war, 20 % häufiger Cannabis konsumierte als sein Zwilling, der in einem Staat ohne Cannabislegalisierung lebte. Auf Basis dieser Ergebnisse kommen die Autoren zum Schluss, dass es in den Vereinigten Staaten einen durchschnittlichen Anstieg der Häufigkeit des Cannabiskonsums um 20 % geben dürfte, der auf die Legalisierung des Freizeitkonsums zurückzuführen sei. Darüber hinaus würde die Vererbbarkeit der Häufigkeit des Cannabiskonsums durch die Legalisierung moderiert. Ausser dem rechtlichen Status gab es in dieser Studie keine Kontrolle weiterer Variablen, auch ist vermutlich die Konsumhäufigkeit verzerrt aufgrund erhöhter Bereitschaft, über Aktivitäten zu berichten, die nicht mehr illegal sind.

- 29. Zuckermann, A. M., Battista, K. V., Bélanger, R. E., Haddad, S., Butler, A., Costello, M. J. & Leatherdale, S. T. (2021). Trends in youth cannabis use across cannabis legalization: Data from the COMPASS prospective cohort study. *Preventive Medicine Reports*, 22, 101351.**

Zuckermann et al. (2021) untersuchten die Trends des Cannabiskonsums unter Jugendlichen (früherer Konsum, aktueller Konsum und Konsumhäufigkeit) in Alberta, British Columbia, Ontario und Québec vor und nach der Legalisierung in Kanada im Jahr 2018. Hierfür bezogen sich die Autoren auf Daten von COMPASS, einer großen prospektiven Kohortenstudie (2012-2021) von Sekundarschülern in Kanada. Anhand einer großen wiederholten Querschnittsstichprobe ($n = 102.685$) wurden allgemeine Tendenzen des Konsums zu zwei Zeitpunkten vor der Legalisierung (Schuljahre 16/17 und 17/18) und zu einem Zeitpunkt danach (Schuljahr 18/19) untersucht. Um die Veränderungen im Konsum unter den von der Legalisierung betroffenen Schülern zu untersuchen, wurden anhand von drei aufeinanderfolgenden Vier-Jahres-Längsschnitt-Kohorten ($n = 5.400$) von Schülern im Verlauf ihrer Highschool-Zeit untersucht.

Die meisten Schüler gaben an, kein Cannabis zu konsumieren, obwohl der Anteil des regelmäßigen Konsums im Laufe der Zeit von 30,5 % bei T1 (2016-17) auf 32,4 % bei T3 (2018-19) leicht anstieg. Die wiederholte Querschnittsanalyse zeigte, dass der Cannabiskonsum

im Jahr vor der Legalisierung signifikant niedriger und im Jahr nach der Legalisierung signifikant höher war als im Jahr der Legalisierung, was sich jedoch offenbar nicht in einer Veränderung des regelmäßigen Konsums niedergeschlagen hatte. Die Wahrscheinlichkeit, im Jahr nach der Legalisierung jemals Cannabis zu konsumieren, war 1,05-mal höher als im Jahr davor ($p = 0,0090$). Der aktuelle Konsum nahm zwischen T1 und T3 ebenfalls zu (von 15,9 % auf 16,9 %), während der Anteil der Schüler, die jemals Cannabis konsumiert haben, unverändert blieb (30,7 % auf 30,1 %). Die Selbstberichte über den Cannabiskonsum sind vermutlich von Erinnerungsfehlern und sozialer Erwünschtheit beeinflusst, dadurch resultiert eine mögliche Unterschätzung des Cannabiskonsums insbesondere in der Längsschnittstichprobe durch Absenz konsumierender Jugendlicher bei Datenerhebungsterminen. Verallgemeinerbarkeit der Ergebnisse aufgrund der Zufallsstichprobe an COMPASS-Schulen begrenzt.

Studien zu Krankenhausbehandlungen und Hospitalisierungen

1. **Bhandari, S., Jha, P., Lisdahl, K. M., Hillard, C. J. & Venkatesan, T. (2019). Recent trends in cyclic vomiting syndrome-associated hospitalisations with liberalisation of cannabis use in the state of Colorado. *Internal Medicine Journal*, 49(5), 649-655.**

In dieser Studie von Bhandari et al. (2019) wurden Trends bei Krankenhausaufenthalten aufgrund von zyklischem Erbrechen (CVS) und des Cannabiskonsums bei zyklischem Erbrechen im Zusammenhang mit der Legalisierung des Freizeitkonsums von Cannabis in Colorado untersucht. Hierzu wurden alle Krankenhauseinweisungen in Colorado zwischen 2010 und 2014 mit der Diagnose CVS anhand der Colorado State Inpatient Datenbank ermittelt. Es wurden Fünf-Jahres-Trends bei CVS-bezogenen Krankenhauseinweisungen zusammen mit dem Cannabiskonsum analysiert. Um Prädiktoren für den Cannabiskonsum bei CVS zu ermitteln, führten die Autoren eine multivariate logistische Regressionsanalyse durch.

Die Autoren berichteten einen signifikanten Anstieg der CVS-bedingten Krankenhausaufenthalte um 46 % von 806 im Jahr 2010 auf 1180 im Jahr 2014, wenn CVS als Gesamtdiagnose einbezogen wurde ($p < 0,001$). Die Gesamtprävalenz des Cannabiskonsums bei CVS (13 % bei CVS als Hauptdiagnose und 17 % bei CVS als Gesamtdiagnose) war deutlich höher als die Zahl der nicht CVS-bezogenen Krankenhausaufenthalte (1,7 %) ($p < 0,001$ für beide Vergleiche). Der Cannabiskonsum nahm nach der Legalisierung von Cannabis für den Freizeitkonsum im Jahr 2012 sowohl bei den CVS- als auch bei den nicht CVS-bedingten Krankenhausaufenthalten drastisch zu. Somit belegt diese Studie, dass ein signifikanter Anstieg der CVS-bedingten Krankenhausaufenthalte mit einem Anstieg des Cannabiskonsums nach der Liberalisierung in Colorado einherging.

2. **Calcaterra, S. L., Hopfer, C. J., Keniston, A. & Hull, M. L. (2019). Changes in healthcare encounter rates possibly related to cannabis or alcohol following legalization of recreational marijuana in a safety-net hospital: an interrupted time series analysis. *Journal of Addiction Medicine*, 13(3), 201-208.**

Calcaterra et al. (2019) untersuchten die jährlichen Erkrankungsraten und Veränderungen der monatlichen Raten von Notfällen und Krankenhausaufenthalten, die mit Cannabis und Alkohol in Zusammenhang standen sowie Veränderungen des Niveaus und des Trends bei den Kontaktraten. Die jährlichen Erkrankungsraten wurden mit Hilfe einer negativen binomialen Regression verglichen. Es wurden zwei Zeitintervalle vor und nach der Legalisierung von

Marihuana (Januar 2009 bis Dezember 2013 bzw. Januar 2014 bis Dezember 2015) verwendet, um Veränderungen der monatlichen Raten von Notfällen und Krankenhausaufenthalten zu untersuchen. Veränderungen des Niveaus und des Trends bei den Kontaktraten nach dem Legalisierungszeitraum wurden mithilfe von unterbrochenen Zeitreihenanalysen bewertet. Als Vergleichsgruppe dienten Begegnungen, die möglicherweise im Zusammenhang mit Alkohol stehen.

Die meisten während des Studienzeitraums identifizierten Behandlungen hatten alkoholbezogene ICD-9/10-CM-Codes (94,8 % gegenüber 5,2 % für Cannabis). Patienten, bei denen ein möglicher Zusammenhang mit Cannabis festgestellt wurde, waren jünger, wurden häufiger in ein Krankenhaus eingewiesen und wurden häufiger in die psychiatrische Abteilung eingewiesen als Patienten, bei denen ein möglicher Zusammenhang mit Alkohol festgestellt wurde. Die möglicherweise auf Cannabis zurückzuführenden Raten zeigten sowohl vor als auch nach der Legalisierung von Marihuana für den Freizeitgebrauch eine steigende Tendenz. Die Steigung wurde nach der Legalisierung abrupter mit einem signifikanten Anstieg des Trends während des Zeitraums nach der Legalisierung ($\beta = 2,7$, Standardfehler = 0,3, $p < 0,0001$).

3. Davis, J. M., Mendelson, B., Berkes, J. J., Suleta, K., Corsi, K. F. & Booth, R. E. (2016). Public health effects of medical marijuana legalization in Colorado. *American Journal of Preventive Medicine*, 50(3), 373-379.

Im Zusammenhang mit den Änderungen der Marihuana-Politik im Jahr 2009 in Colorado untersuchten Davis et al. (2016) im Rahmen einer ökologischen Beobachtungsstudie und unter Verwendung einer unterbrochenen Zeitreihenanalyse die entsprechenden Veränderungen bei den Marihuana-bezogenen Indikatoren für die öffentliche Gesundheit. Es handelte sich hierbei um eine auf Aufzeichnungen basierende Untersuchung im Bundesstaat Colorado und im Großraum Denver. Es wurden Daten erhoben, um die Häufigkeit und die Trends von Marihuana-bezogenen Ergebnissen bei Krankenhausesentlassungen sowie bei Anrufen bei Giftnotrufzentralen zwischen den Zeiträumen vor und nach 2009 zu untersuchen.

Die Gesamtzahl der Patientenanträge auf medizinisches Marihuana hatte sich von Dezember 2009 bis Januar 2014 fast versechsfacht (43.769 auf 247.905). Von 2007 bis 2013 war zudem ein Anstieg von Marihuana-bedingten Krankenhausesentlassungen zu verzeichnen. Diese stiegen im Durchschnitt um 0,8 % (Missbrauch) (95% CI = 0,7 %, 0,9 %, $p < 0,001$) und 1 % (Abhängigkeit) (95% CI = 0,8 %, 1,1 %, $p < 0,001$) pro Monat. Hinsichtlich der Anrufe im Zusammenhang mit Marihuana-Exposition zeigte sich ein Anstieg der Mittelwerte um fast 56 % zwischen den Zeiträumen (95% CI = 49,0 %, 62,8 %, $p < 0,001$) und einen steigenden Trend ab 2009 ($p < 0,001$). Im Durchschnitt waren alle 742 (95% CI = 629, 857, $p < 0,001$) Patientenanträge mit einer als Missbrauch kodierten Krankenhausesentlassung verbunden, und 3.159 (95% CI = 2.465, 3.853, $p < 0,001$) Anträge mit einer Krankenhausesentlassung wegen Abhängigkeit. Die Zahl der Marihuana-Behandlungen in Denver stieg von 2.694 im Jahr 2005 auf einen Höchststand von 3.295 im Jahr 2008 (um 22 %) und blieb 2009 mit 3.289 Behandlungen in etwa auf diesem Niveau. Im Jahr 2011 gingen die Marihuana-bedingten Behandlungen um 10,6 % auf 2.887 zurück, und nach 2009 war ein rückläufiger Trend zu verzeichnen. Bei den monatlichen Trends bei den Marihuana-Behandlungsaufnahmen war ein signifikanter Rückgang von 0,7 % pro Monat nach 2009 zu verzeichnen (95% CI = -0,9 %, -0,5 %, $p < 0,001$). Die Festnahmen von Erwachsenen waren vor 2009 relativ konstant und gingen danach zurück. Die Trendänderung war signifikant ($p < 0,001$), und die Festnahmen gingen nach 2009 um 26 % pro Jahr zurück (95% CI = -31,1 %, -20,3 %, $p < 0,001$).

4. **Delling, F. N., Vittinghoff, E., Dewland, T. A., Pletcher, M. J., Olgin, J. E., Nah, G., Aschbacher, K., Fang, Ch. D. Lee, E. S., Fan S. M., Kazi, D. S. & Marcus, G. M. (2019). Does cannabis legalisation change healthcare utilisation? A population-based study using the healthcare cost and utilisation project in Colorado, USA. *BMJ Open*, 9(5), e027432.**

Die Studie von Delling et al. (2019) zielte auf eine Bewertung der Auswirkungen der Cannabislegalisierung für den Freizeitkonsum auf die Gesundheit und Inanspruchnahme des Gesundheitswesens in Colorado im Vergleich zu den beiden Kontrollstaaten, New York und Oklahoma, ab. Für die Analyse wurden die Datenbanken des Healthcare Cost and Utilisation Projekts aus den Jahren 2010 bis 2014 herangezogen. Unter Verwendung des ICD9 sollten Veränderungen in der Inanspruchnahme der Gesundheitsversorgung bewertet werden, die sich auf verschiedene medizinische Diagnosen beziehen, die möglicherweise mit Cannabis behandelt oder durch Cannabis verschlimmert werden. Negative Binomialmodelle wurden verwendet, um die Aufnahmezeiten zwischen den Staaten zu vergleichen.

Im Vergleich zu den beiden Kontrollstaaten stiegen die Krankenhauseinweisungen wegen Cannabismissbrauchs in Colorado nach der Legalisierung an (Risikoverhältnis 1,27, 95% CI 1,26 bis 1,28 und 1,16, 95% CI 1,15 bis 1,17; beide $p < 0,0005$). In Colorado zeigte sich nach Bereinigung um Kovariaten ein Rückgang der Gesamtzahl der Einweisungen, allerdings nur im Vergleich zu Oklahoma (0,97, 95% CI 0,96 bis 0,98, $p < 0,0005$). Nach Bereinigung um Kovariaten änderte sich die Dauer des stationären Aufenthalts in Colorado nach der Gesetzesänderung im Vergleich zu den beiden Kontrollstaaten nicht signifikant (1,75 % jährlicher Rückgang, 95% CI -12,25 % bis 10,01 % in Colorado vs. New York, und 3,46 % jährlicher Rückgang, 95% CI -16,48 % bis 37,90 % in Colorado vs. Oklahoma; $p = 0,30$ bzw. $p = 0,20$). In multivariaten Analysen blieben die Gesundheitskosten nach der Legalisierung von Cannabis im Vergleich zwischen den Bundesstaaten ähnlich (2,99%, 95% CI -7,55 % bis 14,74%, $p = 0,18$ gegenüber New York und 3,45%, 95% CI -7,31 % bis 15,46%, $p = 0,16$ vs. Oklahoma). Zu den Veränderungen nach der Legalisierung von Cannabis für den Freizeitkonsum gehörten ein Anstieg der Zahl der Kraftfahrzeugunfälle, des Alkoholmissbrauchs, der Verletzungen durch Überdosierung und ein Rückgang der Einweisungen wegen chronischer Schmerzen (jeweils mit statistischer Signifikanz für beide Vergleiche mit den Kontrollstaaten).

5. **Hall, K. E., Monte, A. A., Chang, T., Fox, J., Brevik, C., Vigil, D. I., Van Dyke, M. & James, K. A. (2018). Mental health-related emergency department visits associated with cannabis in Colorado. *Academic Emergency Medicine*, 25(5), 526-537.**

Ziel der Querschnittsstudie von Hall et al. (2018) war es, das gleichzeitige Auftreten von Cannabis und psychiatrischen Diagnosen bei der Entlassung aus der Notaufnahme in Colorado zu untersuchen und unterstützende Ergebnisse in einer Kohorte mit Fallbestätigung durch die Überprüfung von Krankenakten zu liefern. Hierfür wurden die Entlassungsdaten der Colorado Hospital Association ED (CHAED) mit einer zusätzlichen Analyse einer Teilpopulation von Entlassungen aus der University of Colorado Hospital ED (UCHED), bei der auch Krankenblätter überprüft wurden, von 2012 bis 2014 untersucht. Es wurden Prävalenzquoten (PRs) von Entlassungen aus der Notaufnahme wegen psychischer Erkrankungen berechnet, um Notaufnahmen im Zusammenhang mit Cannabis mit solchen ohne Cannabis zu vergleichen. Ergänzend wurde eine retrospektive Analyse beider Populationen durchgeführt, um die Raten im Zeitverlauf zu untersuchen.

In Colorado war die Prävalenz psychiatrischer Diagnosen bei Notaufnahmen mit cannabis-assoziierten Diagnosecodes fünfmal so hoch wie bei Notaufnahmen ohne cannabisbezogene Diagnosecodes (PR = 5,35, 95% Konfidenzintervall [CI], 5,27-5,43). Dieser Befund wurde in einer Teilpopulation von Notaufnahmen in einem großen städtischen Krankenhaus bestätigt, in dem Cannabiskonsum und psychiatrische Diagnosen überprüft wurden. Auch hier zeigten die Ergebnisse eine viermal höhere Prävalenz psychiatrisch bedingter Notaufnahmen, die teilweise auf Cannabis zurückgeführt wurden, im Vergleich zu Notaufnahmen, die nicht auf Cannabis zurückzuführen waren (PR = 4,87, 95% CI = 4,36-5,44). Die landesweiten Raten der Notaufnahmen, die sowohl mit Cannabis als auch mit psychischen Beschwerden in Verbindung gebracht wurden, stiegen von 2012 bis 2014 signifikant von 224,5 auf 268,4 pro 100.000 ($p < 0,0001$), was auch durch die Analyse der Teilpopulation bestätigt wurde. Die Autoren kommen zu dem Schluss, dass, im Falle einer tatsächlichen Zunahme der Erkrankungen aufgrund des erhöhten Cannabiskonsums, die Legalisierung von Cannabis eine bereits anfällige psychisch kranke Bevölkerungsgruppe erheblich belasten könnte. Die Studie beschränkt sich auf eine Teilpopulation, weder landesweit noch auf Krankenhausebene wird Information darüber präsentiert, die Menge des konsumierten Cannabis zu quantifizieren.

6. Kim, H. S., Hall, K. E., Genco, E. K., Van Dyke, M., Barker, E. & Monte, A. A. (2016). Marijuana tourism and emergency department visits in Colorado. *New England Journal of Medicine*, 374(8), 797-798.

Dieser Artikel ist redundant, er enthält dieselben Informationen wie bei Kim und Monte (2016). Im Rahmen einer Querschnittsstudie in einem städtischen akademischen Krankenhaus in Aurora, Colorado, welches jährlich etwa 10.000 Besuche in der Notaufnahme verzeichnet, wurden die Raten von Notaufnahmen mit ICD-9-Codes für Cannabiskonsum zwischen Bewohnern anderer Bundesstaaten und Bewohnern von Colorado von 2012 bis 2014 verglichen. Die Autoren bestätigten ihre Ergebnisse anhand der Daten von mehr als 100 Krankenhäusern, die der Colorado Hospital Association von 2011 bis 2014 gemeldet wurden.

In der gewählten Einrichtung verdoppelte sich die Rate der möglicherweise auf Cannabiskonsum zurückzuführenden Notaufnahmen bei Bewohnern außerhalb des Bundesstaates Colorado von 85 pro 10.000 Besuche im Jahr 2013 auf 168 pro 10.000 Notaufnahmen im Jahr 2014, dem ersten Jahr des Einzelhandelsverkaufs von Marihuana (Ratenverhältnis 1,98; $p = 0,001$). Bei den Einwohnern von Colorado änderte sich die Rate der Notaufnahmen, die möglicherweise mit dem Cannabiskonsum zusammenhängt, zwischen 2013 und 2014 nicht signifikant (106 pro 10.000 Notaufnahmen im Jahr 2013 und 112 pro 10.000 Besuche im Jahr 2014; Ratenverhältnis, 1,05; $p = 0,26$). Die Raten änderten sich zwischen 2012 und 2013 weder bei Bewohnern von anderen Bundesstaaten noch bei Bewohnern von Colorado signifikant.

Die Daten der Colorado Hospital Association zeigten von 2011 bis 2012 keine signifikante Veränderung in der Rate der Notaufnahmen mit ICD-9-Codes für Cannabiskonsum bei Bewohnern außerhalb des Bundesstaates; von 2012 bis 2014 stieg die landesweite Rate bei Bewohnern außerhalb des Bundesstaates jedoch von 78 pro 10.000 Notaufnahmen im Jahr 2012 auf 112 pro 10.000 Notaufnahmen im Jahr 2013 und 163 pro 10.000 Notaufnahmen im Jahr 2014 (Ratenverhältnis 1,44 [2012 bis 2013] und 1,46 [2013 bis 2014]; $p < 0,001$ für beide Vergleiche). Bei den Einwohnern von Colorado stieg die Rate der möglicherweise auf Cannabiskonsum zurückzuführenden Notaufnahmen von 2011 bis 2014 von 61 bis 70 auf 86 bis 101 pro 10.000 Notaufnahmen (Ratenverhältnis, 1,14 [2011 bis 2012], 1,24 [2012 bis 2013] und 1,17 [2013 bis 2014]; $p < 0,001$ für alle Vergleiche).

7. Kim, H. S. & Monte, A. A. (2016). Colorado cannabis legalization and its effect on emergency care. *Annals of Emergency Medicine*, 68(1), 71-75.

Dieser Bericht von Kim und Monte (2016) widmet sich der Legalisierung von Cannabis in Colorado und ihrem Einfluss auf die Notfallbehandlungen. Die Autoren berichten, dass die Legalisierung mit einem Anstieg der Zahl der Notaufnahmen und Krankenhausaufenthalte im Zusammenhang mit einer akuten Marihuana-Intoxikation einherging. Retrospektive Daten der Colorado Hospital Association, eines Konsortiums von mehr als 100 Krankenhäusern im Bundesstaat, zeigen, dass es zu einer Verdoppelung der Prävalenz von Krankenhausaufenthalten wegen Marihuanaexposition bei Patienten ab 9 Jahren nach der Legalisierung von medizinischem Marihuana kam (15 pro 100.000 Krankenhausaufenthalte in den Jahren 2001 bis 2009 gegenüber 28 pro 100.000 Krankenhausaufenthalte von 2010 bis 2013; $p < .001$); auch die Notaufnahmen hatten sich nach der Legalisierung von Freizeitmarihuana fast verdoppelt (22 pro 100.00 Notaufnahmen in den Jahren 2010 bis 2013 gegenüber 38 pro 100.000 Notaufnahmen von Januar bis Juni 2014; $p < .001$). Zudem belegen die Daten, dass sich wegen Marihuanaexposition das Anrufvolumen bei der Giftnotrufzentrale von Colorado in den Jahren nach der Legalisierung von Marihuana zu medizinischen und zu Freizeit Zwecken verdoppelt hatte (Legalisierung von medizinischem Marihuana: 44 Anrufe im Jahr 2010 gegenüber 95 Anrufen im Jahr 2011, $p < .001$; Legalisierung von Freizeitmarihuana: 127 Anrufe im Jahr 2013 gegenüber 221 Anrufen im Jahr 2014, $p < .001$). Die Autoren vermerken eine Zunahme der pädiatrischen Notaufnahmen wegen unbeabsichtigter Marihuanaexposition. In einer retrospektiven Untersuchung der Notaufnahmen eines tertiären Kinderkrankenhauses in Colorado stieg die Zahl der unbeabsichtigten Marihuanaexpositionen bei Kindern unter 12 Jahren nach der Legalisierung von medizinischem Marihuana im Jahr 2009 signifikant an (0 von 790 Gesamteinnahmen vor der Legalisierung gegenüber 14 von 588 Gesamteinnahmen nach der Legalisierung; $p < .001$). Aus den Aufrufen des National Poison Data System für pädiatrische Marihuanaexposition geht darüber hinaus hervor, dass dieser Negativtrend auch in anderen Bundesstaaten zu beobachten war, wobei die Aufnahmezeiten in legalisierten Staaten nach der Legalisierung um 30 % anstiegen. Die zugrundeliegenden Zahlen sind allerdings gering und kaum verwertbar.

8. Monte, A. A., Zane, R. D., & Heard, K. J. (2015). The implications of marijuana legalization in Colorado. *Jama*, 313(3), 241-242.

In dieser Zusammenfassung erörtern die Autoren die Geschichte der Marihuana-Politik in Colorado und die erwarteten und unerwarteten Auswirkungen der zunehmenden Verfügbarkeit von Marihuana. Sie berichten von einem Anstieg der Notaufnahmen wegen reiner Marihuana-Intoxikation. In der Notaufnahme der University of Colorado werden wöchentlich etwa 2000 Patienten behandelt, wobei jede Woche schätzungsweise 1 bis 2 Patienten ausschließlich wegen einer Marihuana-Intoxikation und weitere 10 bis 15 wegen Marihuana-assoziiierter Krankheiten kommen. Weiters berichten die Autoren, dass das Experimentieren mit neuen Methoden zur Verwendung und Herstellung von THC-Produkten zu unerwarteten gesundheitlichen Auswirkungen geführt hätte, darunter eine erhöhte Prävalenz von Verbrennungen (das Verbrennungszentrum der Universität von Colorado hat einen erheblichen Anstieg der Zahl von Verbrennungen, die bei der Extraktion von THC aus Marihuanapflanzen mit Butan als Lösungsmittel entstanden, festgestellt), zyklischem Erbrechen (starken Bauchschmerzen, Erbrechen und Schüttelfrost) und Arztbesuchen aufgrund der Einnahme von essbaren Produkten (essbare Produkte sind in allen Altersgruppen für die meisten Arztbesuche aufgrund von Marihuana-Vergiftungen verantwortlich). Die besorgniserregendsten gesundheitlichen Auswirkungen traten den Autoren zufolge bei Kindern auf, wobei die überwiegende Mehrheit

der Einweisungen in die Intensivstation im Zusammenhang mit der Einnahme von essbaren THC-Produkten stand. Demnach stieg die Zahl der Kinder, die im Kinderkrankenhaus von Colorado wegen unbeabsichtigter Einnahme von Marihuana in der Notaufnahme untersucht wurden von 0 in den fünf Jahren vor der Liberalisierung auf 14 in den zwei Jahren nach der medizinischen Liberalisierung. Diese Zahl ist seit der Legalisierung weiter gestiegen; bis September 2014 wurden 2015 14 Kinder ins Krankenhaus eingeliefert, sieben davon auf die Intensivstation. Die Aussagekraft leidet darunter, dass lediglich ein Krankenhaus untersucht wurde und rein deskriptiv über nicht aussagefähige Fallzahlen berichtet wird.

9. Neiswenter, S. A., Tupu, M., Cross, C., Fudenberg, J. & Harding, B. E. (2022). Postmortem THC in decedents following legalization of recreational cannabis in Clark County, Nevada. *Journal of Forensic Sciences*, 67, 1632-1639.

In der retrospektiven Studie von Neiswenter et al. (2022) wurde untersucht, wie sich die postmortalen THC-Blutkonzentrationen 2 Jahre vor und 3 Jahre nach der Legalisierung von Marihuana für den Freizeitgebrauch in Nevada veränderten. Zu diesem Zweck wurden die toxikologischen Daten des Clark County Office of the Coroner/Medical Examiner (Büro des Gerichtsmediziners/medizinischen Prüfers) verwendet, um potentielle Veränderungen vor und nach der Legalisierung zu bewerten. Hierfür wurden aus toxikologischen Berichten die Konzentrationen von zwei verschiedenen spezifischen Komponenten von Marihuana getestet, darunter das psychoaktive $\Delta 9$ -Tetrahydrocannabinol ($\Delta 9$ THC) und der nicht-psychoaktive Metabolit $\Delta 9$ -Carboxy-Tetrahydrocannabinol ($\Delta 9$ COOH-THC), vor der Legalisierung (2015-2016) und nach der Legalisierung (2017-2019). Darüber hinaus wurden die Daten verwendet, um das Risiko des Marihuanakonsums bei Verstorbenen in verschiedenen Alters-, Geschlechts- sowie ethnischen Gruppen in Clark County Nevada zu bewerten. Insgesamt wurden 20.636 Fälle während des 5-Jahres-Zeitraums der Studie untersucht, darunter 6546 Unfälle (31,7 %), 1042 Tötungsdelikte (5 %), 10.395 natürliche Todesfälle (50,4 %), 2304 Suizide (11,2 %) und 349 unbestimmte Fälle (1,7 %)

Den Ergebnissen zufolge unterschied sich die durchschnittliche $\Delta 9$ THC/ $\Delta 9$ COOH-THC-Konzentration, die pro verstorbener Person nachgewiesen wurde, vor und nach der Legalisierung des Freizeitkonsums nicht signifikant ($p = 0,730$ bzw. $p = 0,092$). Der Anteil der positiv auf $\Delta 9$ THC getesteten Verstorbenen nach der Legalisierung wies hingegen einen kleinen, aber signifikanten Anstieg auf, während keine signifikante Veränderung bei $\Delta 9$ COOH-THC festgestellt wurde ($p = 0,198$). Die Wahrscheinlichkeit, positiv auf $\Delta 9$ COOH-THC getestet zu werden, nahm mit zunehmendem Alter ab, wobei mit jedem Anstieg des Alters um ein Jahr die Zahl der positiven $\Delta 9$ THC-Tests um etwa 3,2 % sank. Auch das Geschlecht, die ethnische Zugehörigkeit und die Art des Todes waren mit dem relativen Risiko des Vorhandenseins von $\Delta 9$ THC/ $\Delta 9$ COOH-THC in toxikologischen Berichten verbunden, wobei beispielsweise bei Männern die Wahrscheinlichkeit, positiv auf $\Delta 9$ THC zu testen, 1,8-mal (KI: 1,6 bis 2,0) höher war als bei Frauen. Hinsichtlich der Art des Todes war die Wahrscheinlichkeit, bei Unfällen positiv auf $\Delta 9$ THC getestet zu werden, 2,2 (KI: 1,9, 2,5) Mal höher als bei natürlichen Todesfällen. Auch bei Selbstmorden war die Wahrscheinlichkeit, positiv auf $\Delta 9$ THC getestet zu werden, mehr als doppelt so hoch (2,5; KI: 2,2, 3,0) wie bei natürlichen Todesfällen. Nach der Auswertung der Fälle, die vor und nach der Legalisierung positiv auf Marihuana getestet wurden, war die Wahrscheinlichkeit, dass in der Gruppe der Jahre 2017-2019 ein positiver Test auf $\Delta 9$ THC durchgeführt wurde, 1,4 (KI: 1,3, 1,6) Mal höher als in der Gruppe 2015-2016. Unklar bleiben Variationen in Bezug auf den Ort der Probenahme und den Zeitpunkt der Entnahme der Probe. Zudem fehlen wichtige Kovariaten (medizinischen Vorgeschichte, Wohnort, sozioökonomische Faktoren).

10. Richards, J. R., Smith, N. E. & Moulin, A. K. (2017). Unintentional cannabis ingestion in children: a systematic review. *The Journal of Pediatrics*, 190, 142-152.

Im Rahmen einer systematischen Literaturübersicht analysierten Richards et al. (2017) Publikationen über unbeabsichtigte Cannabiseinnahme bei Kindern, um die Anzeichen und Symptome, den Expositionsweg, die Behandlung und den Ausgang zu bestimmen. Unter Einbezug der Literaturdatenbanken PubMed, OpenGrey und Google Scholar wurden systematisch Artikel anhand der Leitlinien des Oxford Center for Evidence-Based Medicine ausgewählt, geprüft und eingestuft. Die Suche ergab 3316 Artikel, von denen 44 für den Einschluss in Frage kamen und 3582 Kinder im Alter von 12 Jahren oder weniger betrafen. Beispiele für klinische Studien und Fälle, die ausgeschlossen wurden, waren Studien zu medizinischem Cannabis zur Behandlung von Epilepsie, zum Konsum bei Jugendlichen sowie sozioökonomische und psychiatrische Untersuchungen zu Kindern mit Cannabis konsumierenden Eltern.

Die häufigste Einnahme ($n = 43$, 38 %) war Cannabisharz, gefolgt von Keksen und Joints (beide $n = 15$, 13 %). Weitere Expositionen waren Passivrauch, medizinisches Cannabis, Süßigkeiten, Getränke und Hanföle. Lethargie war das häufigste Symptom ($n = 81$, 71 %), gefolgt von Ataxie ($n = 16$, 14 %). Tachykardie, Mydriasis und Hypotonie wurden ebenfalls häufig beobachtet. Alle Fälle wurden in der Notaufnahme oder stationär behandelt, und die durchschnittliche Aufenthaltsdauer betrug $27,1 \pm 27,0$ Stunden. Zwanzig (18 %) wurden auf der pädiatrischen Intensivstation aufgenommen, und 7 (6 %) wurden intubiert. Die Autoren schließen daraus, dass die Inzidenz der unbeabsichtigten Einnahme von Cannabis durch kleine Kinder in den Staaten, die medizinisches und Freizeit-Cannabis legalisiert haben, gestiegen ist. Die Bedeutung der Studie ist als gering einzuschätzen (Selektionsverzerrung, geringe Fallzahlen).

11. Thomas, A. A., Dickerson-Young, T. & Mazor, S. (2021). Unintentional pediatric marijuana exposures at a tertiary care children's hospital in Washington State: a retrospective review. *Pediatric Emergency Care*, 37(10), e594-e598.

Ziel dieser Studie von Thomas et al. (2021) war es, die Häufigkeit der pädiatrischen Marihuanaexposition vor und nach der Legalisierung bzw. kommerziellen Verfügbarkeit von Marihuana im Bundesstaat Washington in einem Kinderkrankenhaus der Tertiärversorgung zu quantifizieren. Hierfür wurden Krankenblätter von Patienten, die 9 Jahre oder jünger waren und vom 8. Oktober 2007 bis zum 31. Oktober 2016 untersucht wurden, retrospektiv ausgewertet. Einschlusskriterien waren ein positiver toxikologischer Tetrahydrocannabinol-Urintest und eine Diagnose, die mit einer unbeabsichtigten Marihuanaexposition übereinstimmt. Die Daten umfassten Alter, Geschlecht, Zeitraum der Exposition, Symptome, zusätzliche Tests, Konsultationen, Disposition und Marihuana-Quelle.

Während des Studienzeitraums wurden 17 unbeabsichtigte Marihuanaexpositionen identifiziert, 8 Fälle vor und 9 Fälle nach der Legalisierung von Freizeitmarihuana, was 1,19 Ereignissen pro Jahr in den 6,75 Jahren vor der Legalisierung entspricht, verglichen mit 3,88 Ereignissen pro Jahr in den 2,32 Jahren danach ($p < 0,05$). Die Altersspanne reichte von 17 Monaten bis 7 Jahren, mit einem Durchschnittsalter von 21 Monaten. Aufgrund der schwachen Datengrundlage kaum verwertbar.

- 12. Tolan, N. V., Terebo, T., Chai, P. R., Erickson, T. B., Hayes, B. D., Uljon, S. N., Petrides, A. K., Demetriou, C. A. & Melanson, S. E. (2022). Impact of marijuana legalization on cannabis-related visits to the emergency department. *Clinical Toxicology*, 60(5), 585-595.**

Die vorliegende Studie von Tolan et al. (2022) verfolgte das Ziel, Trends und monatliche Positivitätsraten anhand der Analyse von Drogenscreenings und cannabisbezogenen ICD-10-Diagnosen in zwei großen Krankenhäusern (Brigham and Women's Hospital und das Massachusetts General Hospital) in Boston zu ermitteln. Dabei wurden in die Studie alle Notfallpatienten einbezogen, für die während eines Notfallbesuchs vom 1.1.2012 bis zum 31.12.2019 ein Drogenscreening im Urin-Immunoassay-Panel oder ein Cannabinoid-Immunoassay-Screening (THC IA) angeordnet wurde. Im untersuchten Legalisierungszeitraum wurden folgende zeitliche Perioden verglichen: entkriminalisiert (DEC), vor der Einführung medizinischer Abgabestellen (MED BD), medizinische Abgabestellen verfügbar (MED DISP), vor der Einführung von Freizeitabgabestellen (REC BD) und Freizeitabgabestellen verfügbar (REC DISP).

Mit fortschreitender Legalisierung stieg in beiden Einrichtungen die Zahl der THC IA ($p < .0001$) und der cannabisbezogenen ICD-10-Diagnosen ($p < .0001$) in der Notaufnahme. Die Positivitätsraten stiegen signifikant um 7 % für THC IA und 0,4 % für ICD-10-Diagnosen. Ein statistisch signifikanter Anstieg der THC-IA-Positivitätsraten wurde bei Frauen, Patienten im Alter von 30-39 Jahren, älteren Erwachsenen (>50 Jahre im Massachusetts General Hospital und >59 Jahre in beiden Krankenhäusern) und Personen aus dem höchsten Einkommensbereich festgestellt. Patienten, die positiv auf THC getestet wurden, waren auch positiv auf andere Drogen, am häufigsten auf Benzodiazepine, Kokain und Fentanyl. Bei Patienten mit positivem THC-IA war ein zunehmender Trend bei der Amphetamin-Positivität in beiden Krankenhäusern und ein abnehmender Trend bei der Opiat-Positivität in den letzten drei Legalisierungszeiträumen zu beobachten. Im Gegensatz zu THC IA wurden bei den ICD-10-Codes keine signifikanten Trends nach demografischen Merkmalen der Patienten festgestellt. Generalisierbarkeit der Ergebnisse auf bundesstaatlicher Ebene und landesweit nicht möglich; THC-IA Test erkennt kein CBD oder synthetische Cannabinoide; Verzerrung der Positivitätsraten möglicherweise auf unterschiedliche Grenzwerte für THC IA im Urin in beiden Krankenhäusern zurückzuführen; teilweise fehlen Datenpunkte ab bestimmten Legalisierungsperioden; Ergebnisse der Serumtoxikologie (z.B. Ethanol) wurden nicht analysiert.

- 13. Wang, G. S., Davies, S. D., Halm, L. S., Sass, A. & Mistry, R. D. (2018). Impact of marijuana legalization in Colorado on adolescent emergency and urgent care visits. *Journal of Adolescent Health*, 63(2), 239-241.**

Ziel der Studie von Wang et al. (2018) war es, die Auswirkungen der Legalisierung von Marihuana auf die Rate von Notaufnahmen von Jugendlichen in einem Kinderkrankenhaus in Colorado zu untersuchen, einem Bundesstaat, der sowohl medizinisches als auch Freizeit-Marihuana legalisiert hat. Hierfür wurden Marihuana-bezogene Notaufnahmen auf Basis von ICD-9/10-Codierungen für Marihuana-/Cannabiskonsum (305.2X, 969.9, E854.1 oder F12.X) oder einem positiven Urinbefund für THC vom 1. Januar 2005 bis zum 31. Dezember 2015 für Patienten im Alter von ≥ 13 und < 21 Jahren berücksichtigt. Weitere Daten, die über die Krankenakte erhoben wurden, umfassten demografische Angaben, ICD-Codes, Urintoxikologieergebnisse, verhaltensmedizinische Beratung und die endgültige Einteilung.

Von 2005 bis 2015 wurden insgesamt 4.202 Marihuana-bezogene Notaufnahmen von Jugendlichen identifiziert. Das Durchschnittsalter der Probanden betrug 16,2 Jahre (Interquartilsbereich, 15,1, 17,3), wobei 54 % männlich waren. Die häufigsten ICD-Codes bei der Entlassung waren Cannabismisbrauch (62 %), nicht spezifizierte episodische Stimmungsstörungen (20 %), Alkoholmissbrauch (15 %) und depressive Störungen (14 %). Bei 2 813 (67 %) wurde eine verhaltensmedizinische Untersuchung durchgeführt; bei der Mehrheit (71 %) dieser Besuche wurde eine komorbide psychiatrische Diagnose gestellt. Bei den meisten Patienten (67 %) wurde ein positiver Urintest auf THC durchgeführt. Ethanol (12 %) war das häufigste Koingestionsmittel. Die meisten Patienten (51 %) wurden nach Hause entlassen, 30 % wurden stationär aufgenommen (medizinisch/verhaltensmedizinisch), und der Rest wurde in eine externe Einrichtung verlegt. Die jährlichen Notaufnahmen im Zusammenhang mit Marihuana stiegen demnach von 161 im Jahr 2005 auf 777 im Jahr 2015; die jährlichen verhaltensmedizinischen Untersuchungen stiegen von 84 auf 500. Die Gesamtrate der Marihuana-bezogenen Besuche stieg von 1,8 pro 1.000 Notaufnahmen im Jahr 2009 auf 4,9 pro 1.000 Notaufnahmen im Jahr 2015 ($p = < .0001$). Marihuana-bezogene verhaltensmedizinische Konsultationen stiegen von 1,2 pro 1.000 Notaufnahmen im Jahr 2009 auf 3,2 pro 1.000 Notaufnahmen im Jahr 2015. Obwohl nationale Umfragedaten keinen nennenswerten Unterschied im Marihuana-Konsum bei Jugendlichen nahelegen, zeigen die Daten einen signifikanten 10-Jahres-Anstieg bei jugendlichen Marihuana-assoziierten Notaufnahmen in Colorado, vor allem in den Jahren nach der Kommerzialisierung von medizinischem (2009) und Freizeit-Marihuana (2014).

14. Wang, G. S., Hall, K., Vigil, D., Banerji, S., Monte, A. & VanDyke, M. (2017). Marijuana and acute health care contacts in Colorado. *Preventive Medicine*, 104, 24-30.

Ziel dieser Studie war es, die Auswirkungen von Marihuana auf Krankenhauseinweisungen, Notaufnahmen und Anrufe bei regionalen Giftnotrufzentralen in Colorado, einem Bundesstaat, in dem Marihuana sowohl zu medizinischen als auch zu Freizeit Zwecken erlaubt ist, zu untersuchen. Krankenhausaufenthalte und Notaufnahmen wurden sowohl für Einwohner von Colorado als auch für Nicht-Einwohner in diese Analyse einbezogen. Es handelt sich um eine retrospektive Untersuchung anhand von Krankenhauseinweisungen und Marihuana-bezogenen Notaufnahmen der Colorado Hospital Association und Giftnotrufen mit Marihuana-Exposition.

Die Legalisierung von Marihuana in Colorado wurde mit einer Zunahme von Krankenhauseinweisungen, Notrufen und Giftnotrufen im Zusammenhang mit Marihuanaexposition in Verbindung gebracht. Von 2000 bis 2015 stiegen die Hospitalisierungsraten mit Marihuana-bezogenen Abrechnungs-codes von 274 auf 593 pro 100.000 Hospitalisierungen im Jahr 2015. Der höchste Anstieg der Raten für Krankenhausaufenthalte betrug 29 % zwischen 2009 und 2010 und 25 % von 2013 auf 2014. Der Anstieg der Raten zwischen 2009 und 2010 war statistisch signifikant ($p = 0,002$). Zwischen 2013 und 2014 gab es einen marginalen statistisch signifikanten Anstieg der Raten ($p = 0,006$). Insgesamt war die Prävalenz psychischer Erkrankungen bei Marihuana-bezogenen Notrufen fünfmal höher (5,07, 95% CI: 5,0, 5,1) als die Prävalenz psychischer Erkrankungen ohne Marihuana-Bezug. Während die Giftnotrufe wegen Marihuanaexposition zwischen 2000 und 2009 konstant geblieben waren, stieg die Zahl der Anrufe wegen Marihuanaexposition im Jahr 2010, also nach der Liberalisierung der lokalen Marihuanapolitik, jedoch signifikant von 42 auf 93. Im Jahr 2014, nach der Legalisierung des Freizeitkonsums, stieg die Zahl der Anrufe erneut signifikant um 79,7 %, von 123 auf 221 ($p < 0,0001$). Auch in der Altersgruppe der < 17-Jährigen gab es nach 2014 einen Anstieg der Anrufe. Vor diesem Hintergrund und der

Zunahme an Staaten, die Marihuana legalisieren, betonen die Autoren die Relevanz einer öffentlichen Aufklärung und Jugendprävention. Der gewählte Zeitraum wirkt allerdings willkürlich, auch sind die Effektgrößen gering.

15. Whitehill, J. M., Harrington, C., Lang, C. J., Chary, M., Bhutta, W. A. & Burns, M. M. (2019). Incidence of pediatric cannabis exposure among children and teenagers aged 0 to 19 years before and after medical marijuana legalization in Massachusetts. *JAMA Network Open*, 2(8), e199456-e199456.

Vor dem Hintergrund einer Zunahme an pädiatrischen Fällen von Cannabisexposition in Colorado und Washington, nachdem die Cannabis-(Marihuana-)Politik liberaler wurde, verfolgte die vorliegende Studie von von Whitehill et al. (2019) das Ziel, die Anrufe wegen Cannabisexposition von Kindern und Jugendlichen im Alter von 0 bis 19 Jahren zu vergleichen, die beim Regionalen Zentrum für Vergiftungskontrolle und -prävention (RPC) in den vier Jahren vor und nach der Legalisierung von medizinischem Marihuana in Massachusetts von 2009 bis 2016 eingegangen waren. Die Expositionsfälle umfassten die von 218 Kindern und Jugendlichen im Alter von 0 bis 19 Jahren (entspricht 0,15 % aller RPC-Anrufe in dieser Altersgruppe in diesem Zeitraum). Zur Bestimmung der Inzidenz wurden Zensusdaten verwendet.

Von den gesamten Expositionsfällen entfielen 132 (60,6 %) auf Männer und 86 (39,4 %) auf Frauen. Die Inzidenz der Anrufe wegen Cannabiskonsums einer einzigen Substanz stieg von 0,4 pro 100 000 Einwohner vor der Legalisierung auf 1,1 pro 100 000 Einwohner danach (Inzidenzratenverhältnis, 2,4; 95% CI, 1,5-3,9). Die Inzidenz der mit Cannabis in Verbindung gebrachten polysubstanziellen Fälle betrug 0,8 pro 100 000 Einwohner vor der Legalisierung und 1,0 pro 100 000 Einwohner danach (IRR, 1,2; 95% CI, 0,9-1,8). In der Altersgruppe der 15- bis 19-Jährigen war die Häufigkeit der von der RPC gemeldeten Cannabisexposition am höchsten (178 Anrufe [81,7 %]): 69 reine Cannabisexpositionen (70,4 %) und 109 Expositionen mit mehreren Substanzen (90,8 %). Auf die jüngsten Kinder im Alter von 0 bis 4 Jahren entfielen 19 Fälle mit Cannabis als Einzelsubstanz (19,4 %) und 3 Fälle mit mehreren Substanzen (2,5 %). Von den Fällen bei Kindern im Alter von 0 bis 4 Jahren waren die meisten (19 [86,4 %]) auf die orale Einnahme zurückzuführen, während bei Jugendlichen im Alter von 15 bis 19 Jahren 140 Fälle (78,7 %) mit der Inhalation zusammenhingen. Obwohl mäßige und geringfügige Auswirkungen mit 154 Fällen (70,6 %) die häufigsten medizinischen Folgen waren und keine Todesfälle gemeldet wurden, finden die Autoren die zunehmende Prävalenz der Exposition gegenüber Cannabiskonzentrationen und essbaren Cannabisprodukten aufgrund der höheren Potenz dieser Produkttypen und obwohl kindersichere Verpackungen und Warnhinweise verwendet wurden, besorgniserregend. Der Schluss der Autoren ist nicht nachvollziehbar, sie berichten keine statistisch signifikanten Änderungen, eine Generalisierbarkeit der Ergebnisse ist nicht gegeben.

Zusammenfassung

Folgendes Zwischenfazit lässt sich formulieren:

- Die Datenlage ist insgesamt dünn und uneinheitlich, auch die Zuverlässigkeit der erhobenen Daten ist häufig zweifelhaft. Dadurch, dass nur wenig signifikante Ergebnisse vorliegen, lassen sich im besten Falle lediglich Trends ableiten.
- Die Frage nach der Preisentwicklung von Cannabisprodukten lässt sich nicht mit Sicherheit beantworten. Der prognostizierte Preisverfall scheint nicht eingetreten zu sein bzw. die Durchschnittspreise scheinen eher moderat gesunken zu sein. Verschiedentlich wird auch von Preissteigerungen berichtet. Die legalen Verkaufsstellen stehen weiterhin in Konkurrenz zum Schwarzmarkt.
- Der Wirkstoffgehalt – zumindest jener von Cannabisharzen – ist angestiegen, der Markt hält also potentere Produkte vor, was für die Nutzer nicht sofort erkennbar ist. Nicht transparent für die Nutzer ist der Zuwachs synthetischer Cannabinoide, deren Anteil allerdings schwer zu quantifizieren ist.
- Die Legalisierung von Cannabis führt zu einem Anstieg des Marihuanakonsums bei den bisherigen Nutzern. Darüber besteht eine relativ große Übereinstimmung in der Literatur. Dieser Anstieg betrifft in erster Linie erwachsene Nutzer ab einem Alter von etwa 26 Jahren, nicht aber die Gruppe der Jugendlichen. Letzteres könnte als positiv Entwicklung gewertet werden.
- Hinsichtlich der Frage nach cannabisbezogenen Behandlungsaufnahmen, Krankenhausaufenthalten und Einweisungen (problematischer Konsum, Abhängigkeit) ergibt sich kein eindeutiger Trend. Zwar sind bei Jugendlichen häufig psychiatrische Diagnosen vermerkt und es ist ein starker Zusammenhang zwischen einem frühen Beginn von Cannabiskonsum und dem Risiko, Psychosen zu entwickeln, erkennbar. Die Legalisierung hat offenbar in dieser Hinsicht bis dato keinen negativen Effekt, da kein Anstieg des Cannabiskonsums bei Jugendlichen feststellbar ist. Da aber Jugendliche durch Cannabiskonsum in ihrer biologischen und sozialen Entwicklung besonders vulnerabel sind, könnte sich hier langfristig ein zumindest geringer negativer Effekt bemerkbar machen.
- Der gleichzeitige Konsum von Alkohol und Marihuana hat abgenommen; es findet offenbar eine Verlagerung des Konsums vom öffentlichen in den privaten Raum statt. Eine Ausnahme stellen hier die sog. „binge drinkers“ dar.
- Wenig Klarheit ergibt sich hinsichtlich der Kriminalitätsraten, der Trend scheint aber in Richtung geringerer cannabisbezogener Kriminalität zu weisen. Der Zusammenhang von Cannabislegalisierung und Kriminalitätsraten bleibt insgesamt vage.
- Tendenziell scheint die Cannabislegalisierung mit einem Rückgang opioidbezogener Verschreibungen und Todesfälle einherzugehen.

Da der Zeitpunkt der Cannabislegalisierung in den betrachteten Ländern erst wenige Jahre zurückliegt, können die festgestellten eher moderaten Effekte primär als Kurzeffekte betrachtet werden, die nicht unbedingt Langzeiteffekte vorhersagen können. Eine verlässliche Aussage darüber, ob in Zukunft der erleichterte Zugang zu günstigeren, potenteren Cannabisprodukten sowohl die Anzahl regelmäßiger Nutzer als auch neue Nutzergruppen generiert, wird vermutlich erst in einer Dekade möglich sein. Dazu sollte Folgendes in den zukünftigen Evaluationen sichergestellt sein: Erhebung von cannabisbezogenen Verkäufen, Preisen, Wirkstoffgehalt; Prävalenz des Cannabiskonsums unter Jugendlichen und Erwachsenen mit Hilfe von Haushaltsbefragungen und Panels in Ausbildungsstätten; systematische Erfassung von Krankenhauseinweisungen, Art der Behandlung und Komorbiditäten; Prävalenz von regelmäßigem Cannabiskonsum unter Jugendlichen in psychiatrischen und verwandten Einrichtungen; Kriminalitätsraten.

4 Cannabis und Verkehrssicherheit

4.1 Methodenprobleme

In diesem Abschnitt geht es zunächst um den allgemeinen Zusammenhang zwischen Cannabiskonsum und Verkehrssicherheit, ehe dann im Folgenden die eigentliche Fragestellung behandelt wird. Da viele der in diesem Bereich vorliegenden Studien mit zum Teil doch erheblichen methodischen Schwächen behaftet sind, soll zu Beginn ein Rekurs auf Methodenprobleme stehen. Bei den vorliegenden Studien handelt es sich zumeist um epidemiologische Studien bzw. Fall-Kontroll-Studien sowie Beobachtungsstudien. White (2017) hat die Studien, die sich mit dem Zusammenhang zwischen Cannabiskonsum und Unfallgeschehen beschäftigt haben, in akribischer und ungewöhnlich detaillierter Art und Weise hinsichtlich ihrer methodischen Schwächen analysiert. Die dort getroffenen Aussagen lassen sich ohne weiteres auch auf die Frage nach den Auswirkungen einer Legalisierung von Cannabis auf die Verkehrssicherheit bzw. das Unfallgeschehen übertragen.

Nach White (2017) und White & Burns (2022) lassen sich in diesem Kontext vier Typen von Methodenfehlern identifizieren:

1. Konfundierungsfehler („Confounding bias“)
2. Selektionsfehler („selection bias“)
3. Messfehler („measurement bias“ oder „lowthreshold bias“)
4. Publikationsfehler („publication bias“).

Hauptquellen des *Konfundierungsfehlers* sind Vermischungen folgender Art:

- Alter (mehr jüngere Fahrer konsumieren und haben ein höheres Unfallrisiko als Ältere)
- Geschlecht (mehr Männer als Frauen konsumieren – etwa doppelt so viele Männer im Zusammenhang mit Exposition und Unfällen)
- Gleichzeitiger Alkoholkonsum (gemäß Subbaraman und Kerr, 2015: obwohl Cannabis die meistverbreitete Droge bei denjenigen ist, die Alkohol konsumieren, hat bisher keine Studie diejenigen direkt verglichen, die Cannabis und Alkohol gleichzeitig vs. getrennt voneinander konsumieren)
- Tageszeit (Prävalenz in der Nacht ist doppelt so hoch wie tagsüber).

Der Konfundierungsfehler geht mit einem schwach-mittleren Effekt auf das cannabisbezogene Odds Ratio (OR) einher (zu OR siehe auch Kasten 2).

Selektionsfehler speisen sich aus folgenden Quellen:

- Unterschiedliche oder fragwürdige Definitionen, Unterlagen und Daten, die aus Krankenhausverwaltungen, Behörden, Polizei stammen
- Selbstselektionseffekte bei den Studienteilnehmern (z.B. zufällig ausgewählte Probanden einer Kontrollgruppe verweigern häufiger Blutproben etc.)
- Selektionseffekte durch die Untersuchenden selbst in Fall-Kontroll-Studien und ihrer Definition von Fall- und Kontrollgruppe.

Selektionsfehler führen zu einem weitaus stärkeren Effekt auf das OR als Konfundierungsfehler. So kann ein OR von 1.00 durch Selektionsfehler leicht auf 1.50 oder mehr ansteigen, da beispielsweise eine unangemessene Auswahl der Fall- und Kontrollgruppen zu einer massiven Verzerrung der Prävalenz der Expositionsvariablen (Präsenz von THC) führen kann.

Messfehler beziehen sich in der Regel auf die Expositionsvariable (THC) im Verhältnis zur Unfallrate. Je nach Definition von Cannabis-positiv kann es zu einem „low-threshold bias“ kommen. Wie bereits erwähnt, erreicht die THC-Konzentration in Blut, Speichel usw. kurz nach dem Konsum ihren Höhepunkt und fällt dann innerhalb von zwei bis drei Stunden relativ schnell ab, ist aber oft noch viele Stunden später nachweisbar, bei regelmässigen starken Konsumenten sogar noch Tage oder Wochen später (Odell, 2015; Spindle et al., 2019). Wenn sich also ein positiver Zusammenhang zwischen Cannabiskonsum und Unfallrisiko ergibt, ist das Risiko unmittelbar nach dem Konsum am höchsten und sinkt in den folgenden Stunden auf das Ausgangsniveau ab. Das bedeutet auch: wenn der THC-Grenzwert hoch angesetzt ist und ein kurzes Zeitfenster von 3-4 Stunden bei der Kontrolle zur Verfügung steht, wird man bei der Überprüfung lediglich die Nutzer entdecken, die gerade erst Cannabis konsumiert haben und das OR für den Zusammenhang Cannabiskonsum-Unfall wird maximal sein. Umgekehrt führt ein niedriger THC-Grenzwert und damit ein langes Zeitfenster dazu, dass viele Nutzer entdeckt werden, deren Konsum schon länger zurückliegt. Dadurch wird das OR kleiner. Dieser dämpfende Effekt wird als „low-threshold bias“ bezeichnet. Darüber hinaus muß berücksichtigt werden, dass häufig ein Mischkonsum von Cannabis mit Alkohol und/oder anderen Drogen vorliegt. Daher sollte also in jedem Fall disjunkt unterschieden werden: THC vorhanden vs. THC nicht vorhanden. Diese Überlegung führt Gjerde und Morland (2016) zu folgendem Hinweis: Die beste Falldefinition ist nicht der einfache Nachweis von THC in einer Körperflüssigkeit, sondern der Nachweis relativ hoher THC-Konzentrationen, die auf einen kürzlichen Konsum von Cannabis mit hoher Wahrscheinlichkeit einer akuten Cannabisintoxikation hindeuten.

Als weiterer methodischer Fehler ist der *Publikationsfehler* zu nennen. Die Frage, ob publiziert wird oder nicht, hängt häufig von der Art der Studienergebnisse ab: So ist die Wahrscheinlichkeit, dass Studien mit signifikanten Ergebnissen veröffentlicht werden, gegenüber Studien, die die Nullhypothese bestätigen oder falsifizieren, mittlerweile stark erhöht.

Kasten 2: Odds Ratio (OR)

Odds Ratio (OR) (engl.: Chancenverhältnis), bezeichnet einen Kennwert, der aus den Odds zweier Gruppen bezogen auf ein dichotomes Merkmal (Dichotomie) oder Ereignis errechnet wird. Das OR gibt den Faktor an, um den sich die Chance für eine Merkmalsausprägung eines dichotomen Merkmals verändert, wenn eine bestimmte Ausprägung eines dichotomen Prädiktors vorliegt. Das OR wird vor allem in Fall-Kontroll-Studien (mit denen wir es hier meist zu tun haben) berechnet. Je größer das Risiko eines Merkmals, desto größer sind auch die Odds. Während der Wertebereich des Risikos $[0;1]$ beträgt, ist der Wertebereich der Odds nach oben hin nicht beschränkt $[0, +\infty]$. Vom OR lässt sich nicht auf Kausalität schließen, v.a. weil ein dritter Faktor existieren kann, der beide Merkmale beeinflusst bzw. konfundiert (nach Dorsch Lexikon der Psychologie, 2020).

4.2 Analysen zum Unfallgeschehen im Zusammenhang mit Cannabis

Wie Elvik (2013, 265) im Kontext seiner Metaanalyse zum Zusammenhang von Drogenkonsum und Unfallgeschehen anmerkt, ist die methodische Qualität der meisten Studien zu diesem Thema sehr unterschiedlich, was sie häufig nur stark eingeschränkt verwertbar macht: “Many of the studies reviewed in this paper did not control very well for confounding factors. It is likely that the estimates of risk in these studies are influenced by residual

confounding, i.e., they show an increase in risk which is attributable to a set of correlated risk factors, not just the single risk factor of drug use“. Abbildung 3 bestätigt diese Aussage eindrücklich: Die in der Metaanalyse von Rogeberg, Elvik und White (2018) untersuchten Studien kommen zu äußerst disparaten Ergebnissen, die von einer Risikoreduktion bis hin zu exorbitanten Erhöhungen des Unfallrisikos reichen. Eine Reihe der berechneten OR verfehlt zudem die statistische Signifikanz. Auch die Ergebnisse verschiedener Metaanalysen ergeben ein uneinheitliches Bild, wie Tabelle 1 ausweist. Es erscheint unwahrscheinlich, dass die große Spannbreite in den OR der untersuchten Studien ein Zufallsergebnis ist, vielmehr deutet sie auf eine mangelnde Validität vieler Studien hin.

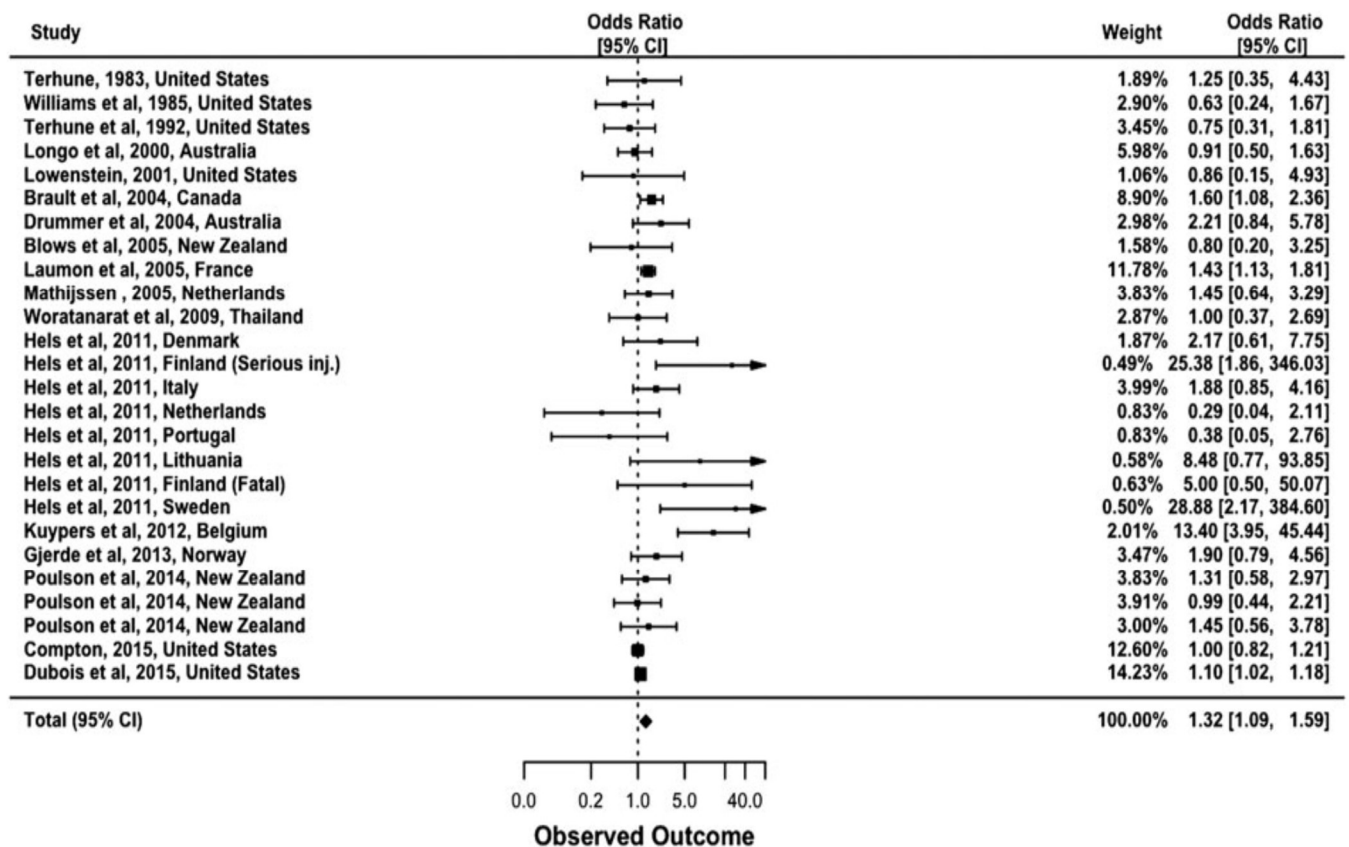


Abbildung 3: Übersicht zu den untersuchten Studien aus der korrigierten Metaanalyse von Rogeberg, Elvik & White, (2018) (siehe auch Anhang 1)

Tabelle 1: Unfallrisiko nach Cannabiskonsum (nach Wagner & Müller, 2022)

Referenz	OR, tödlich verunfallt (95% Konfidenz- intervall)	OR, verletzt (95% Konfidenz- intervall)	OR, Sachschaden (95% Konfidenz- intervall)
Elvik (2013)	1,31 (0,91-1,88)*	1,26 (0,99-1,60)*	1,48 (1,28-1,72)
Asbridge et al. (2012)	2,10 (1,31-3,36)	1,74 (0,88-3,46)*	-
Li et al. (2012)	-	2,66 (2,07-3,41)	-
Els et al. (2019)	-	2,49 (1,68-3,71)	-

Odds ratio (OR) aus den Metaanalysen von Elvik (2013), Asbridge et al. (2012), Li et al. (2012) und Els et al. (2019), aufgegliedert nach Unfalltypen, * nicht signifikant (erweiterte Darstellung nach Skopp et al., 2022).

In einer weiteren Metaanalyse kommen Rogeberg und Elvik (2016) (siehe auch Anhang 1) zu einer aktualisierten Zusammenstellung von OR aus den relevanten Studien. Zunächst war eine Reihe von Arbeiten ausgeschlossen worden, da entweder die Konfundierung mit Alkoholkonsum nicht in allen Fällen eindeutig war oder methodische Probleme konstatiert wurden (wie z.B. bei DRUID). Nach erneuter Abklärung wurden diese Studien schließlich mit einbezogen und das Gesamtergebnis neu berechnet. Rogeberg, Elvik und White (2018) korrigieren schließlich das Gesamt-OR von 1,36 auf 1,32. Sie kommen zu dem Schluss, dass das Gesamtergebnis durch die Korrektur nicht in Frage gestellt wird und durch Cannabiskonsum das Unfallrisiko leicht bis moderat erhöht wird: „Importantly, these corrections have minor influence on our results: overall pooled risks using the standard mixed effects model were reported originally as 1.36 [95% confidence interval (CI) = 1.15–1.61], declining slightly after corrections to 1.32 (95% CI = 1.09, 1.59) (Fig. 1). The point estimates in the revised subsample analysis are consistent with low-to-moderate risk increases across all subgroups of studies“. Tabelle 2 stellt diese Berechnungen im Detail dar.

Tabelle 2: Analyse der Subgruppen aus der korrigierten Metaanalyse von Rogeberg, Elvik & White, 2018)

Group	No.	Mixed-effects model		Meta-regression model (PEES)		Publication bias (p-value)
		OR	CI	OR	CI	
All	26	1.32	(1.09, 1.59)	1.18	(1.07, 1.3)	0.08
Case-control	15	1.82	(1.19, 2.79)	1.11	(0.86, 1.43)	0.05
Culpability	11	1.12	(1.05, 1.2)	1.20	(1.08, 1.35)	0.78
High quality	8	1.53	(1.11, 2.09)	1.19	(1.05, 1.35)	0.08
Medium quality	14	1.26	(0.88, 1.81)	1.02	(.08, 1.29)	0.13
Low quality	4	1.20	(0.7, 2.06)	1.58	(0.87, 2.86)	0.46
Limited or no confounder adjustment	16	1.62	(0.98, 2.67)	0.88	(.048, 1.59)	0.09
High confounder adjustment	10	1.20	(1.05, 1.17)	1.19	(1.07, 1.32)	.43
Low-quality use data	6	1.12	(0.93, 1.35)	1.11	(0.9, 1.36)	.85
Medium-quality use data	9	2.35	(1.1, 5)	1.41	(0.58, 1.45)	.27
High-quality use data	11	1.26	(0.97, 1.64)	1.19	(1.04, 1.37)	.47
Alcohol controlled	24	1.31	(1.07, 1.6)	1.17	(1.06, 1.3)	.09
Alcohol not controlled	2	1.50	(1.05, 2.16)	1.74	(NaN, NaN)	
Fatalities involved	13	1.30	(1.04, 1.61)	1.21	(1.08, 1.35)	0.34
Fatalities not involved	13	1.52	(0.99, 2.34)	1.00	(0.77, 1.31)	.09

OR = odds ratio; CI = confidence interval; PEESE = precision-effect estimate with standard error; NaN = Not a Number.

Zu einem ähnlichen Ergebnis kommt Rogeberg (2019) in einer weiteren Metaanalyse, die sich auf sog. „Culpability Studies“ beschränkt (also Studien, die sich ausschließlich mit der

„Schuldhaftigkeit“ bzw. „Schuldzuschreibung“ bei Unfällen unter Cannabiseinfluss befassen). Wie Tabelle 3 ausweist hat das Fahren unter dem Einfluss von Cannabis zwar nur einen geringen Einfluß auf das Gesamtunfallgeschehen. Daraus könne jedoch laut Rogeberg nicht geschlossen werden, dass das Fahren unter Cannabiseinfluss ungefährlich ist, da es eine kleinere Gruppe von Fahrern gibt, die regelmäßig hohe Dosen konsumieren und ein deutlich höheres Risiko aufwiesen. Die Übersichtsarbeit von Preuss et al. (2021) kommt zu dem Schluss, ein akuter Cannabiskonsum führe zu einer zwar geringen, aber signifikanten Erhöhung des Unfallrisikos. Auch Ramaeker (2018) kommt zu dem Schluss, dass die Ergebnisse epidemiologischer Studien zur Rolle von THC bei Straßenverkehrsunfällen darauf hindeuten, dass der Cannabiskonsum mit einem moderat erhöhten Unfallrisiko verbunden ist und dass dieser Effekt allerdings geringer ist als aus experimentellen Studien vorhergesagt.

Tabelle 3: Culpability studies included (aus Rogeberg, 2019)

Study	Country	Crash type	Culp+	Culp-	Nonculp+	Nonculp-
Terhune (1982)	USA	Injury	4	94	4	157
Williams et al. (1985)	USA	Fatal	10	55	9	23
Terhune et al. (1992)	USA	Fatal	11	541	8	258
Longo et al. (2000)	Australia	Injury	21	996	23	891
Lowenstein & Koziol-McLain (2001)	USA	Injury	4	114	61	26
Drummer et al. (2004)	Australia	Fatal	51	1214	5	376
Laumon et al. (2005)	France	Fatal	319	4386	131	3585
Soderstrom et al. (2005)	USA	Injury	126	980	59	540
Bédard et al. (2007)	USA	Fatal	1106	18405	541	12491
Poulsen et al. (2014)	New Zealand	Fatal	74	403	18	128
Li et al. (2017)	USA	Fatal	910	9663	716	12595
	France	Fatal	122	1686	44	1410
Romano et al. (2017)	USA	Fatal	64	1398	37	1085

Erwähnenswert ist in diesem Zusammenhang auch die Metaanalyse von Hostiuc et al. (2018), die zwar insgesamt keinen statistisch signifikanten Effekt von Cannabiskonsum auf das Unfallgeschehen ermitteln können, aber signifikante Differenzen in der Analyse von Subgruppen feststellen. Die Heterogenität dieser Resultate führen sie in erster Linie sowohl auf die unterschiedlichen methodischen Ansätze der Studien zurück als auch auf die Schwierigkeit, die tatsächliche Beeinträchtigung eines Fahrers zum Unfallzeitpunkt ermitteln zu können. Dadurch, dass die Messung meist erst nach längerer Zeit (u.U. erst nach Stunden) erfolgt, würden die Ergebnisse stark verfälscht. Da sich der Metabolismus von Cannabis stark zwischen den Individuen unterscheidet, könne mit derselben THC-Konzentration eine Person stark berauscht, eine andere aber ohne Beeinträchtigung fahrtüchtig sein. Ein Mangel sei auch, dass es keinen standardisierten „Cut-off“-Wert des THC-Gehalts gebe.

Zusammenfassend lässt sich also für den Zusammenhang zwischen Cannabiskonsum und Verkehrssicherheit, bestimmt über das Unfallkriterium, festhalten: Das Unfallrisiko wird insgesamt leicht bis moderat erhöht und es ist vor allem die Gruppe der regelmäßigen „hochdosierten“ Cannabisfahrer, die ein Verkehrssicherheitsrisiko darstellen.

4.3 Auswirkungen von Legalisierung und Entkriminalisierung auf die Verkehrssicherheit

4.3.1 Überblick zu Evaluationsstudien

Das hier vorliegende Kapitel gibt einen Überblick zu vorhandenen Studien, die sich mit den Auswirkungen der Legalisierung und Entkriminalisierung von Cannabis auf die

Verkehrssicherheit beschäftigt haben und bewertet anschließend die Evaluationsstudien anhand verschiedener Kriterien. Dabei sind ausschließlich Studien aufgeführt, die sich auf offizielle Regelungen beziehen oder zumindest Regelungen berücksichtigen, die in bestimmten Ländern zum Zeitpunkt ihrer Durchführung vorgeschrieben waren. Es handelt sich überwiegend um epidemiologische Studien bzw. Fall-Kontroll-Studien sowie Beobachtungsstudien.

Alle in Anhang 2 aufgeführten Studien erheben den Anspruch, empirische wissenschaftliche Arbeiten zu sein, die in entsprechenden Fachzeitschriften veröffentlicht worden sind. Darüber hinaus gibt es Artikel, Übersichtsarbeiten und sogenannte Systematische Reviews, die verschiedene Aspekte zusammenfassend bewerten, aber keine eigenen Ergebnisse berichten.

Vergleicht man die Herkunft der Evaluationsstudien mit den weltweit recht unterschiedlichen Regelungen, fällt auf, dass sich die Studien auf wenige Kontinente bzw. Staaten konzentrieren. So stammt der größte Teil der Evaluationen aus Nordamerika. Sowohl in Kanada als auch in den Vereinigten Staaten sind die Regelungen zur Freigabe von Cannabis bzw. medizinischem Cannabis Sache der Regierungen der jeweiligen Provinzen bzw. Bundesstaaten. Dadurch ergibt sich ein buntes Muster unterschiedlicher Regelungen und gleichzeitig eine gute Möglichkeit, die Wirkung verschiedener Regelungen auf die Verkehrssicherheit innerhalb eines Landes miteinander zu vergleichen (z.B. im Sinne einer Experimental- und einer Kontrollgruppe oder im direkten Vergleich zweier Regelungen). Weitere relevante Staaten in diesem Kontext sind Australien sowie Uruguay, das als erster Staat überhaupt mit der Legalisierung von Cannabis begonnen hat (vgl. die Übersicht in Kasten 1).

Europäische Arbeiten liegen kaum vor. Gerade deshalb sind die amerikanischen, ozeanischen und südamerikanischen Erfahrungen trotz möglicher Zweifel an der Übertragbarkeit auf deutsche Verhältnisse von Interesse.

Bei den gewählten Versuchsplänen und den erhobenen Daten herrscht eine große Vielfalt. Fast alle Studien leiden unter methodischen Einschränkungen, wie es in der angewandten Forschung nicht selten ist; echte experimentelle Designs (z.B. mit zufälliger Zuordnung von Probanden zu Versuchsgruppen) sind in realen Settings eben schwierig oder gar nicht durchzuführen. Der überwiegende Teil der Arbeiten lässt sich als Feldstudien bzw. epidemiologische Studien bezeichnen. Dabei stellt die abhängige Variable fast immer ein Unfallmaß dar, während die unabhängige(n) Variable(n) die Art der Cannabislegalisierung ist (sind). Verkehrssicherheit wird also durch das Unfallkriterium bestimmt. Das Unfallkriterium hat zwar nach Klebelsberg (1982) einen hohen Plausibilitätswert, weist aber aufgrund seiner – im statistischen Sinne – seltenen Ereignishäufigkeit ungünstige psychometrische (Poisson-Verteilung, bei der viele typische statistische Verfahren erschwert oder nicht anwendbar sind) und Kriteriumseigenschaften auf: Die Häufigkeit von Unfällen ist im Verhältnis zur Anzahl möglicher Unfälle außerordentlich klein und vermittelt deshalb möglicherweise eine trügerische Information über den Gesamtgefährlichkeitsgrad des Verkehrs. Das Unfallkriterium ist also nur dann brauchbar, wenn große Kollektive über längere Zeiträume untersucht werden (vgl. dazu ausführlich Gsalter & Fastenmeier, 2021).

Eine zufällige Zuweisung einzelner Fahrer zu verschiedenen Gruppen kann es bei eingeführten und gesetzlich verankerten Regelungen natürlich nicht geben; deshalb sprechen wir in diesem Bericht nie von „Experimenten“, für die diese Vorbedingung ein unverzichtbares Definitionsmerkmal ist.

Die meisten Arbeiten vergleichen unterschiedliche Regelungen, z.B. in verschiedenen Bundesstaaten der USA. Dabei werden die Unfallzahlen in den betrachteten Staaten erhoben, Indizes berechnet und (meist) mit statistischen Methoden verglichen, um zu zeigen, welche

Regelung welche Auswirkungen auf eine entsprechend definierte Verkehrssicherheit hat. Diese Logik setzt voraus, dass etwaige Unterschiede in der Unfallbilanz tatsächlich auf die unterschiedlichen Regelungen zurückgeführt werden können. D.h., der Untersucher muss alle anderen plausiblen Begründungen für Unterschiede zwischen den Gruppen ausschließen oder zumindest statistisch erfassen und kontrollieren können. Dies ist eine schwierige Aufgabe, die nur sehr selten befriedigend gelöst wird. Oft behilft sich der Autor einer Studie dann z.B. damit, einen Staat mit einem oder mehreren Nachbarstaaten zu vergleichen. Trotz der räumlichen Nähe werden sich aber zwischen diesen Staaten viele Unterschiede in verkehrssicherheitsrelevanten Variablen finden lassen. So sind insbesondere innerhalb der USA die Regelungen bezüglich Gurtpflicht, Alkoholgesetzgebung oder Höchstgeschwindigkeiten sehr verschieden.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass bei solchen Vergleichen immer auch an andere Unterschiede zwischen den Vergleichsgruppen gedacht werden muss, die sich auf die Unfallzahlen auswirken können. Es ist also auch zu bewerten, ob andere Risikofaktoren, ökonomische Entwicklungen und weitere Kovariaten einbezogen worden sind. Ebenso stellt sich die Frage nach direkten oder indirekten Effekten der betrachteten Regelungen: So konzentrieren sich fast alle Studien auf direkte Effekte der Legalisierung von Cannabis. Umgekehrt kann möglicherweise eine Legalisierung das Unfallrisiko auf verschiedene Weise indirekt beeinflussen, z.B. durch reduzierten Alkohol- und Opioidkonsum. Die Sorgfalt, mit der die Autoren von Evaluationsstudien solche Effekte in Betracht ziehen, sie in ihren Versuchsplänen berücksichtigen und wie ausführlich sie diesen Sachverhalt in ihren Publikationen diskutieren, ist in den erfassten Arbeiten sehr unterschiedlich und stellt daher ein zentrales Bewertungskriterium dar.

Relativ häufig wird die Einführung einer neuen Regelung zum Anlass für eine sogenannte Vorher-Nachher-Untersuchung genommen. Um eventuelle Veränderungen im Unfallgeschehen auf die Maßnahme zwischen den Zeiträumen zurückführen zu können, müssen in einem solchen Versuchsplan mögliche zusätzliche Entwicklungen berücksichtigt werden. Dies geschieht typischerweise durch die Konstruktion einer Kontrollgruppe, auf die diese möglichen Einflüsse in gleicher Weise wirken wie auf die Experimentalgruppe, so dass nur die Maßnahme als Unterschied und damit als Ursache einer Veränderung bleibt. Dies ist aber in der Praxis kaum durchführbar, wenn neue gesetzliche Regeln für alle verpflichtend sind. Eine andere Möglichkeit bietet sich, wenn eine Maßnahme zunächst als Pilotversuch geplant ist und deshalb noch nicht alle obligatorisch teilnehmen müssen; im Gegenteil könnte man in einem solchen Fall sogar mehrere Experimentalgruppen mit einer Kontrollgruppe vergleichen.

Auch Veränderungen über die Zeit machen sich bemerkbar, d.h. bei der Bewertung der Studien ist auch zu beachten, aus welchen Zeiträumen die gesammelten Unfalldaten stammen. Dies galt es ebenfalls bei der Einschätzung der Bedeutsamkeit einzelner Arbeiten zu berücksichtigen.

Als abhängige Variable zur Schätzung des Maßnahmeneinflusses auf die Verkehrssicherheit kommt wie erwähnt fast ausschließlich das Unfallereignis vor, allerdings in verschiedensten Parametrisierungen. Meist stammen die Unfalldaten von Behörden, seltener von Versicherungen oder sie sind aus Befragungen der untersuchten Stichprobe gewonnen worden. Häufig werden lediglich die tödlichen Unfälle verrechnet, manchmal alle Unfälle mit Personenschaden oder überhaupt alle registrierten Kollisionen. Eine Beschränkung auf Unfälle mit tödlichen Folgen hat Vor- und Nachteile. Einerseits sind diese Ereignisse besonders sorgfältig dokumentiert und werden kaum durch Dunkelziffern verzerrt. Andererseits stellen sie nur einen kleinen Teil der Gesamtinformation dar, die in Unfallstatistiken steckt.

Die Relativierung der Unfälle auf Expositionsmaße erfolgt ebenfalls recht unterschiedlich, so dass es nicht leicht fällt, sich einen Überblick zu den Ergebnissen zu verschaffen. Oft werden die Unfälle einer Gruppe auf die Anzahl der Einwohner dieser Altersgruppe relativiert. Dies

wird häufig mit „Unfälle pro Population“ bezeichnet und berücksichtigt nicht, wieviele Personen dieser Altersgruppe tatsächlich aktiv als Autofahrer am Verkehr teilnehmen. Nur geringfügig genauer ist es, wenn die Anzahl der Unfälle durch die Anzahl der Fahrerlaubnisinhaber einer definierten Altersgruppe dividiert wird, da man auch von diesen nicht weiß, ob und wie viel sie fahren. Das beste Maß ist die Unfallrate pro Streckeneinheit oder auch pro Fahrzeit, aber solche Daten sind nur selten verfügbar. Von allen Unfallmaßen ist die streckenbezogene Bilanz der beste Schätzer für die individuelle Gefährdung eines Fahrers. Dabei ist aber zu berücksichtigen, dass ein in diesem Maß doppelt so gefährlicher Fahrer rechnerisch dieselbe Gefährdung in den Verkehr bringt, wenn er nur halb so viele Kilometer zurücklegt. Insofern sind also die populationsbezogenen Unfallzahlen im Sinne einer Abschätzung der Gefährdung durch eine große Gruppe von Fahrern zu sehen und stellen daher nur bedingt brauchbare Maßzahlen dar. In einigen Fällen standen nicht die Unfälle im Mittelpunkt des Vergleichs, sondern die Mobilität nach Ausmaß und Art.

Eine ganze Reihe von Studien aus den USA stützt sich auf das US Fatality Analysis Reporting System (FARS). FARS wird von der US National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA) betrieben und enthält jährlich erhobene Daten zu tödlichen Unfällen in den USA. Die drogenbezogenen Informationen dieser Datenbank stehen allerdings unter starker Kritik, da z.B. nicht zwischen THC und Nicht-THC-Cannabinoiden unterschieden wird und ob zum Zeitpunkt des Unfalls tatsächlich eine cannabisbedingte Beeinträchtigung vorlag. Zudem unterscheiden sich die einzelnen Bundesstaaten beträchtlich darin, wer getestet wird, ob überhaupt auf Cannabis getestet wird, mit welcher Methode getestet wird (Urin, Blut, Speichel), welche „cut-off“-Werte verwendet werden. Die NHTSA selbst hat eingeräumt, die FARS-Information zu Drogen könne deshalb nicht als reliabel und geeignet betrachtet werden, um Schlussfolgerungen zu Beeinträchtigungen, Unfallverursachung bei Cannabis oder gar Vergleiche mit Alkohol zu ziehen (Berning & Smither, 2014; Compton & Berning, 2015). Sie ist daher nicht geeignet, um z. B. Tendenzen im Drogenkonsum zu beschreiben, und kann auch nicht verwendet werden, um genaue Schätzungen der drogenbedingten Unfallopferzahlen zu erhalten. Gjerde und Morland (2016) haben diese Ansicht in ihrer Metaanalyse bestätigt. In diesem Sinne sind viele Studien aus den USA mit sehr starken Einschränkungen behaftet.

Zusammenfassend sind die Bewertungskriterien zur Einschätzung der vorliegenden Evaluationsstudien wie folgt:

- Bei Vergleichen verschiedener Gruppen von Fahrern/Verkehrsteilnehmern: Sorgfalt, mit der Unterschiede zwischen den Vergleichsgruppen sowie in den Umgebungsbedingungen berücksichtigt werden.
- Sorgfalt, mit der diese Unterschiede in den Versuchsplänen berücksichtigt wurden.
- Bei Vorher-Nachher-Vergleichen: Gab es die Möglichkeit, Kontrollgruppen zu bilden und wurden sie ggfs. eingesetzt? Auch unter der Berücksichtigung möglicher Schwierigkeiten, eine Kontrollgruppe realiter zu finden, werden Studien mit Kontrollgruppe besser bewertet.
- Alter und Zeitpunkt der Studie: Sind die Daten noch zeitgemäß und auf heutige Verhältnisse übertragbar?
- Frage der gewählten Abhängigen Variable (AV): Da es sich meist um ein Unfallkriterium handelt, wird geprüft, ob mögliche systematische Fehler in den Unfalldaten (wie z.B. selection bias, low-threshold bias) angemessen berücksichtigt werden.

- Erfolgt eine Relativierung der Unfalldaten auf Expositionsmaße? Wenn ja, wird die Relativierung auf die gefahrene Strecke gegenüber der Relativierung auf Populationsmaße leicht bevorzugt.
- Bei Mobilitätsverhalten als AV: Werden die Effekte z.B. von Restriktionen (Verlagerung von motorisierter zu nichtmotorisierter Verkehrsteilnahme) wieder rückgekoppelt und richtig interpretiert?
- Ist eine mögliche Konfundierung der untersuchten Variablen in Versuchsplänen, Interpretationen etc. berücksichtigt?
- Werden statistische Konventionen und Interpretationsregeln eingehalten (z.B. korrekte Angabe von p-Werten, ggfs. Effektstärkenberechnungen; klare Trennung zwischen Korrelation und Kausalschlüssen).
- Hinzu kommen übliche Bewertungskriterien wie Fragen zum methodischen Design, Art und Größe der Stichprobe (bei experimentellen Studien), nachvollziehbare Darstellung etc.
- Werden die dargestellten Ergebnisse realistisch und kritisch eingeordnet und diskutiert?

Im nachfolgenden Text schildern wir diejenigen Studien, die uns bis heute bekannt sind und bewerten sie im Text sowie in einer tabellarischen Übersicht (Tabelle 4). Eine ausführlichere tabellarische Übersicht zu den Studien, ihre wesentlichen Merkmale und die Bewertung ihrer Bedeutung bzw. Aussagekraft enthält Anhang 2.

1. Aydelotte, J. D., Brown, L. H., Luftman, K. M., Mardock, A. L., Teixeira, P. G., Coopwood, B. & Brown, C. V. (2017). Crash fatality rates after recreational marijuana legalization in Washington and Colorado. *American Journal of Public Health*, 107(8), 1329-1331.

Die Studie von Aydelotte et al. (2017) zielte darauf ab, unter Verwendung des US Fatality Analysis Reporting Systems (FARS) Veränderungen bei den Todesfallraten bei Kraftfahrzeugunfällen vor und nach der Legalisierung von Marihuana für den Freizeitgebrauch in den ersten beiden US-Bundesstaaten, die Marihuana für den Freizeitgebrauch legalisiert haben – Washington (November 2012) und Colorado (Dezember 2012) – zu bewerten und sie mit den Todesfallraten pro Milliarde zurückgelegter Fahrzeugkilometer bei Kraftfahrzeugunfällen in acht Bundesstaaten ohne Legalisierung von medizinischem Marihuana oder Marihuana für den Freizeitgebrauch zu vergleichen. Diese Bundesstaaten wurden hinsichtlich ihrer Vergleichbarkeit von Verkehrs- und Straßeneigenschaften, Bevölkerung, Fahrer, Fahrzeugbesitz und Verkehrsgesetzen gewählt.

Anhand eines Differenz-von-Differenzen-Ansatzes, der eine Kontrolle für die zugrunde liegenden Zeittrends und staatspezifischen Bevölkerungs-, Wirtschafts- und Verkehrsmerkmale erlaubte, zeigten sich keine statistisch signifikanten Unterschiede in der Zeit vor und nach der Legalisierung von Marihuana für den Freizeitgebrauch sowie 3 Jahre nach der Legalisierung in den Unfallraten der verglichenen US-Staaten. Es erfolgte keine Unterscheidung zwischen den Auswirkungen der Legalisierung von Marihuana für den Freizeitgebrauch (2012) und den Auswirkungen der Legalisierung des kommerziellen Verkaufs von Marihuana (2014), ebenso keine Untersuchung von Subgruppen (z.B. jung-alt). Unfalldaten berücksichtigten lediglich die Gesamtheit der Unfälle und nicht die Unfälle unter

Einfluss von Marihuana. Angesichts der Verwendung von FARS müssen die Ergebnisse ohnehin mit Vorsicht betrachtet werden.

2. **Aydelotte, J. D., Mardock, A. L., Mancheski, C. A., Quamar, S. M., Teixeira, P. G., Brown, C. V. & Brown, L. H. (2019). Fatal crashes in the 5 years after recreational marijuana legalization in Colorado and Washington. *Accident Analysis & Prevention*, 132, 105284.**

Die vorliegende Studie baut auf früheren Arbeiten auf und untersucht unter Verwendung eines Differenz-von-Differenzen-Ansatzes die Veränderungen der tödlichen Unfallraten in Colorado und Washington nach der Legalisierung von Marihuana für den Freizeitkonsum über einen Zeitraum von fünf Jahren nach der Legalisierung. Als Expositionseinheit wurde die Anzahl der Todesopfer pro Milliarde zurückgelegter Fahrzeugkilometer herangezogen, als Kontrollen wurden jene neun Staaten eingeschlossen, die während des gesamten Studienzeitraums einen stabilen Anti-Marihuana- oder medizinischen Marihuana-Status hatten (Hawaii, Montana, New Mexico, Rhode Island, Vermont, Idaho, Kansas, Nebraska, South Dakota). Dabei wurden mehrere Faktoren auf Ebene der Bundesstaaten in Bezug auf Bevölkerung, Wirtschaft, Straßen und Verkehr als Kovariaten berücksichtigt. Neben der Bewertung der Auswirkungen der Legalisierung Ende 2012 wurden die Auswirkungen der Eröffnung kommerzieller Abgabestellen im Jahr 2014 betrachtet.

Die Studienergebnisse zeigen, dass die Zahl der tödlichen Unfälle in den fünf Jahren nach der Legalisierung von Marihuana für den Freizeitgebrauch in Colorado und Washington gestiegen ist. Der Gesamteffekt (+1,2 tödliche Unfälle/BVMT) war statistisch nicht signifikant, mit einem verzerrungskorrigierten Konfidenzintervall von -0,6 bis +2,1; $p = 0,087$. Der Effekt in der Zeit nach der Abgabe war jedoch ausgeprägter, statistisch signifikant und blieb unabhängig von der Vergleichsperiode bestehen (+1,8 Unfälle/Milliarde gefahrene Kilometer, KI: +0,4 bis +3,7, $p = 0,020$). Insgesamt aber mit geringen Effektgrößen und ohne statistische Anpassungen für Mehrfachanalysen. Daten über Unfälle ohne Todesfolge liegen nicht vor. Durch die unterschiedliche Gesetzeslage der einzelnen Bundesstaaten (z. B. Strafen für den Besitz von Marihuana, Bedingungen für die medizinische Behandlung, Einrichtung medizinischer Marihuana-Ausgabestellen) erschwerte Möglichkeit adäquater Kontrolle. Unfalldaten durch Verwendung von FARS-Daten fragwürdig.

3. **Ball, I. M., Priestap, F., Parry, N., Pace, J. & Vogt, K. N. (2021). Drug use in Canadian patients with trauma after cannabis legalization. *Canadian Journal of Surgery*, 64(4), E403.**

Diese prospektive Beobachtungsstudie von Ball et al. (2021) über den Konsum von Cannabis sowie illegalen Drogen (Opioiden, Amphetaminen und Kokain) wurde in einem führenden kanadischen Traumazentrum in Ontario durchgeführt. Alle erwachsenen Patienten mit Trauma in den drei Monaten vor (1. Juli bis 30. September 2018) und drei Monaten nach (1. November 2018 bis 31. Januar 2019) der Legalisierung von Cannabis in Kanada wurden einbezogen. Cannabiskonsum wurde im Rahmen der Studie als ein positives Cannabinoid-Screening-Ergebnis zum Zeitpunkt der Beurteilung durch das Trauma-Team definiert. Insgesamt 210 Patienten wurden zwischen dem 1. Juli und dem 30. September 2018 und 141 Patienten zwischen dem 1. November 2018 und dem 31. Januar 2019 vom Traumadienst untersucht.

Kraftfahrzeugkollisionen waren die häufigste Ursache für Traumata sowohl vor (101 [48,1 %]) als auch nach (67 [47,5 %]) der Legalisierung. Bei 88 Patienten (41,9 %), die vor der Legalisierung, und bei 99 Patienten (70,2 %), die nach der Legalisierung untersucht worden waren, wurden Drogentests durchgeführt. Es gab keinen Unterschied in der Rate positiver Cannabinoid-Screening-Ergebnisse vor und nach der Legalisierung (22 [25 %] vs. 22 [22 %]). Jedoch zeigte sich ein statistisch nicht signifikanter Trend zu höheren Raten positiver Cannabinoid-Screening-Ergebnissen (2/10 [20 %] vs. 5/8 [62 %]) und positiver toxikologischer Screening-Ergebnisse (5/10 [50 %] vs. 6/8 [75 %]) nach der Legalisierung bei Patienten mit penetrierendem Trauma. Studie mit geringer Aussagekraft: kleine Stichprobengröße, Untersuchung in lediglich einem Traumazentrum; vermutlich konfundierte Daten zu toxikologischen Befunden, da Patienten in überweisenden Zentren Opiate erhalten hatten.

4. Balthrop, A., Gordon, R., Phares, J., & Scott, A. (2022). Marijuana Legalization and Truck Safety: Does the Pineapple Express Damage More Pineapples?.

In der Studie von Balthrop et al. (2022) war Gegenstand der zentralen Forschungsfrage, ob die Legalisierung von Marihuana zu medizinischen Zwecken und für den Freizeitgebrauch zu einem Anstieg der Unfälle mit schweren Lastkraftwagen führt. Dafür wurde die Entwicklung der Unfallraten auf Bundesstaatenebene von 2005 bis 2019 und einer Differenz-von-Differenzen-Schätzstrategie vor und nach der Legalisierung in Staaten, die den Marihuanakonsum legalisiert hatten, mit einer Kontrollgruppe von Staaten, die den Konsum nicht legalisiert hatten, verglichen.

Es fanden sich keine statistisch signifikanten Hinweise darauf, dass die Legalisierung von Marihuana zu medizinischen Zwecken oder zur Freizeitgestaltung zu mehr Unfällen mit schweren Lkw führt. Die Legalisierung des Freizeitkonsums führte sogar zu einem leichten, aber signifikanten Rückgang der Unfälle. Zudem fanden sich keine signifikanten Hinweise dafür, dass – unter entsprechender Kontrolle von Kovariaten – eine Legalisierung in angrenzenden Staaten zu einem Anstieg der Unfälle im Zielstaat führte. Die Ergebnisse zeigen auch, dass die Auswirkungen der Legalisierung jedoch zwischen den untersuchten Bundesstaaten sehr heterogen waren: Rückgang um 21,5 % (Vermont) bis hin zu einem Anstieg der schweren Lkw-Unfälle um 25,6 % (Nevada). Die Autoren weisen zu Recht darauf hin, dass die unterschiedliche Gesetzgebung der Bundesstaaten keine zuverlässige Kontrolle indirekter Effekte erlaubte. Auch war es nicht möglich, zuverlässige Angaben zum tatsächlichen Marihuanakonsum unter Lkw-Lenkern zu erhalten.

5. Bartos, B. J., Newark, C. & McCleary, R. (2018). Marijuana medicalization and motor vehicle fatalities: a synthetic control group approach. *Journal of Experimental Criminology*, 16(2), 247-264.

Die Studie von Bartos et al. (2020) berichtet über eine quasi-experimentelle Bewertung des kalifornischen Gesetzes von 1996 zur Legalisierung von medizinischem Marihuana (MML) und dessen Auswirkung auf die landesweite Zahl der Verkehrstoten zwischen 1996 und 2015. Kalifornien erlaubt Patienten und Betreuern den Besitz und Anbau von Marihuana für medizinische Zwecke. Um den kausalen Einfluss des kalifornischen MML-Gesetzes auf die landesweiten Kraftfahrzeug-Todesfälle abzuleiten, konstruierten die Autoren eine synthetische Kontrollgruppe für Kalifornien als gewichtete Summe der jährlichen Zeitreihen der Verkehrstoten aus einem Pool von 25 Bundesstaaten, die MML nicht legalisiert hatten. Die Verkehrstoten aus dem Fatality Analysis Reporting System (National Highway Traffic Safety

Administration, 2014) wurden dabei nach Bundesstaat und Jahr aggregiert. Die Differenz zwischen Kalifornien und der konstruierten kontrafaktischen Fallkonstellation nach Einführung des MML soll den Nettoeffekt des MML auf die Zahl der Verkehrstoten im ganzen Land widerspiegeln.

Die Autoren kommen zu dem Schluss, dass die Legalisierung von medizinischem Marihuana im Jahr 1996 in Kalifornien einen starken, nachhaltigen Rückgang der Zahl der Verkehrstoten im gesamten Bundesstaat bewirkt hat, der sich in einer jährlichen Reduzierung zwischen 588 und 900 tödlichen Verkehrsunfällen widerspiegelt und der bis 2015 weitgehend stabil blieb. Wenn das synthetische Kalifornien aus einem Pool rekonstruiert wurde, der sich auf die Bundesstaaten beschränkte, die zwischen 1975 und 2015 keine MMLs eingeführt hatten, wurde der Abstand zwischen Kalifornien und der synthetischen kontrafaktischen Fallkonstellation größer, insbesondere im Zeitraum 2007-2015, als bei dem Modell, das aus einem weniger eingeschränkten Pool von 36 Bundesstaaten erstellt worden war. Die Autoren argumentieren, ihre Beschränkung auf Kalifornien würde zwar eine Generalisierung ihrer Ergebnisse erschweren. Andererseits würde aber die stark unterschiedliche Gesetzgebung der Bundesstaaten eine Aggregation von Daten nicht sinnvoll erscheinen lassen. Durch Verwendung der FARS-Daten insgesamt nur eingeschränkt verwertbar.

6. Benedetti, M. H., Li, L., Neuroth, L. M., Humphries, K. D., Brooks-Russell, A. & Zhu, M. (2021). Self-reported driving after marijuana use in association with medical and recreational marijuana policies. *International Journal of Drug Policy*, 92, 102944.

In der Studie von Benedetti et al. (2021) wurden Daten aus dem Traffic Safety Culture Index (TSCI) der Jahre 2013-2017 verwendet, um den Zusammenhang zwischen der Legalisierung von Marihuana für medizinische Zwecke sowie für den Freizeitkonsum und dem selbstberichteten Fahren im vergangenen Jahr nach einem Konsum von Marihuana zu quantifizieren. Mithilfe eines multiplen logistischen Regressionsmodells wurde in erster Linie die Hypothese getestet, dass eine permissive Marihuana-Politik mit einer höheren selbstberichteten Fahrleistung nach Marihuana-Konsum bei US-Fahrern über 18 Jahren verbunden sei, wobei als Outcomevariable das selbstberichtete Fahren innerhalb einer Stunde nach dem Konsum von Marihuana im vergangenen Jahr herangezogen wurde. Neben der erklärenden Variable Legalisierung von Marihuana für medizinische Zwecke sowie für den Freizeitkonsum wurden Richtlinien, die Schwellenwerte für das Fahren unter Marihuanaeinfluss festlegen, das Jahr sowie demografische Faktoren berücksichtigt.

Insgesamt wurde dabei das Fahren nach Marihuanakonsum im letzten Jahr nur selten angegeben (5,0 %; 95% KI [4,6 %, 5,5 %]). In Staaten, in denen Marihuana für medizinische Zwecke legal war, gab ein höherer Prozentsatz der Fahrer an, nach dem Konsum von Marihuana Auto gefahren zu sein (5,9 %; 95% KI [5,1 %, 6,7 %]) als in Staaten, in denen dies nicht der Fall war (4,5 %; 95% KI [3,9 %, 5,1 %]). Es gab keine derartigen Unterschiede auf der Grundlage einer Legalisierung von Marihuana für den Freizeitkonsum sowie den Richtlinien für den jeweiligen Grenzwert von THC. Darüber hinaus fanden die Autoren marginale Hinweise auf einen Zusammenhang zwischen der Marihuanapolitik und dem selbstberichteten Fahren nach Marihuanakonsum. Unter Berücksichtigung der übrigen Variablen im Regressionsmodell hatten Fahrer in Staaten, in denen Marihuana für medizinische Zwecke legal war, für den Freizeitkonsum jedoch nicht, eine um 29% höhere Wahrscheinlichkeit, nach Marihuanakonsum ein Fahrzeug zu führen, als Fahrer in Staaten, in denen Marihuana sowohl für medizinische Zwecke als auch für den Freizeitkonsum illegal waren (bereinigte OR 1,29; 95% KI [0,98, 1,70]; $p = 0,075$). Wenig Hinweise fanden sich darauf, dass sich die Wahrscheinlichkeit, nach

dem Konsum von Marihuana ein Fahrzeug zu führen, zwischen Fahrern in Staaten, in denen Marihuana sowohl für medizinische Zwecke als auch für den Freizeitkonsum legal waren, und Fahrern in Staaten, in denen beides illegal war, unterschied (bereinigte OR 1,06; 95% KI [0,71, 1,56]; $p = 0,784$). Schließlich war die Wahrscheinlichkeit, dass Fahrer in Staaten mit Per-se- oder THC-Grenzwertgesetzen nach Marihuana-Konsum ein Fahrzeug führten, um 26% geringer als in Staaten ohne solche Gesetze (bereinigte OR 0,74; 95% KI [0,57, 0,95]; $p = 0,018$). Insgesamt stützen die Ergebnisse die übergeordnete Hypothese nicht, dass eine freizügige Marihuana-Politik mit einer höheren Wahrscheinlichkeit des selbstberichteten Fahrens nach Marihuana-Konsum verbunden ist. Das selbstberichtete Verhalten birgt die Gefahr für sozial erwünschtes Antwortverhalten und andere Methodeneffekte. Die Studie ermöglicht keine Rückschlüsse auf kausale Effekte der Marihuanapolitik, da die Entkriminalisierungspolitik nicht in Analyse einbezogen und keine innerstaatlichen Veränderungen des Fahrverhaltens nach Marihuanakonsum in Verbindung mit sich ändernden politischen Maßnahmen untersucht wurden.

7. **Borst, J. M., Costantini, T. W., Reilly, L., Smith, A. M., Stabley, R., Steele, J., Wintz, D., Bansal, V., Biffi, W. L. & Godat, L. N. (2021). Driving under the influence: a multi-center evaluation of vehicular crashes in the era of cannabis legalization. *Trauma Surgery & Acute Care Open*, 6(1), e000736.**

Borst et al. (2021) untersuchten die Hypothese, ob nach der Legalisierung von medizinischem Cannabis in Kalifornien der Cannabiskonsum bei Patienten mit Verkehrsunfällen zugenommen hatte und mit einer höheren Verletzungsschwere verbunden war. Fünf Traumazentren im San Diego County wurden hierfür von Januar 2010 bis Juni 2018 nach Patienten mit Kraftfahrzeug- oder Motorradunfällen mit abgeschlossenen toxikologischen Untersuchungen abgefragt. Alle Patienten, die 16 Jahre und älter waren und diese Kriterien erfüllten, wurden in die Studie aufgenommen. Das toxikologische Screening beruhte auf vorliegenden Blut- und Urinbefunden. Die Patienten wurden stratifiziert als toxikologisch negativ (TOX-), positiv nur für THC (THC+), nur für Blutalkohol $> 0,08\%$ (ETOH+), THC+ETOH oder THC+ mit einer beliebigen Kombination mit Methamphetamin oder Kokain (M/C). Darüber hinaus wurden die Daten der Gerichtsmediziner von San Diego County aus den Jahren 2011 bis 2018 erfasst, um die THC-Positivität bei Personen zu analysieren, die an der Unfallstelle eines Verkehrsunfalls starben.

Von den 11.491 identifizierten Patienten, bei denen bei der Aufnahme ein toxikologisches Screening durchgeführt worden war, waren 61,6 % TOX-, 11,7 % THC+, 13,7 % ETOH+, 5,0 % THC+ETOH und 7,9 % M/C. Der Anteil der THC+-Patienten stieg im Studienzeitraum von 7,3% auf 14,8% an und erreichte nach der Legalisierung im Jahr 2017 mit 14,9 % seinen Höhepunkt. Die Patienten mit Verkehrsunfällen waren überwiegend männlich (65,5 %), wobei 73,5 % an einem Kfz-Verkehrsunfall und 26,5 % an einem Motorrad-Verkehrsunfall beteiligt waren. Im Vergleich zu TOX--Patienten waren THC+-Patienten mit größerer Wahrscheinlichkeit männlich und jünger (Durchschnittsalter 27 Jahre). Der höchste Anteil von Patienten unter 35 Jahren befand sich in den Gruppen THC + und THC +ETOH (68,2 % bzw. 77,9 %), die beide signifikant höher waren als TOX-Patienten unter 35 Jahren mit 45,1 %, $p < 0,001$. THC+-Patienten trugen auch seltener Sicherheitsgurte (8,5 % gegenüber 14,3 %, $p < 0,001$) und hatten im Vergleich zu TOX--Patienten einen höheren mittleren Verletzungsschweregrad ($8,4 \pm 9,4$ gegenüber $9,0 \pm 9,9$, $p < 0,001$). Bei der Krankenhausmortalität gab es keinen Unterschied zwischen den Gruppen. Aus den Daten der Gerichtsmediziner über die 777 Todesfälle am Unfallort ging hervor, dass 26,6 % THC+ waren. Die THC+-Patienten waren deutlich jünger, häufiger männlich und hatten häufiger einen

Verkehrsunfall. Die jährliche THC-Inzidenz im Zusammenhang mit Todesfällen am Unfallort bei Kfz- und Motorradunfällen stieg tendenziell von 20,8 % im Jahr 2011 auf 27,9 % im Jahr 2018 mit einem Spitzenwert im Jahr 2017 mit 32,7 %. Im Weiteren haben sich diese Raten stabilisiert.

8. Brubacher, J. R., Chan, H., Erdelyi, S., Macdonald, S., Asbridge, M., Mann, R. E., Eppler, J., Lund, A., MacPherson, A., Martz, W., Schreiber, W. E., Brant, R. & Purssell, R. A. (2019). Cannabis use as a risk factor for causing motor vehicle crashes: a prospective study. *Addiction*, 114(9), 1616-1626.

Brubacher et al. (2019) führten eine prospektive Beobachtungsstudie durch, die den Zusammenhang zwischen akutem Cannabiskonsum und Unfallrisiko quantifizieren wollte. Konkret untersuchten die Autoren das Unfallrisiko für die Unfallverursachung bei Fahrern mit $0 < \text{THC} < 2 \text{ ng/ml}$, $2 \text{ ng/ml} \leq \text{THC} < 5 \text{ ng/ml}$ und $\text{THC} \geq 5 \text{ ng/ml}$ (alle gegenüber $\text{THC} = 0 \text{ ng/ml}$). Hierfür wurde eine prospektive Stichprobe von Fahrern aus sieben teilnehmenden Traumazentren in British Columbia (BC) gezogen (Januar 2010-Juli 2016). Eingeschlossen wurden alle nicht tödlich verletzten Autofahrer, für die polizeiliche Unfallberichte vorlagen und bei denen im Rahmen der klinischen Versorgung Blutproben entnommen wurden. Es wurde überschüssiges Vollblut, das nach dem klinischen Gebrauch übriggeblieben war, entnommen und eine toxikologische Untersuchung mit breitem Spektrum durchgeführt. Bei der Analyse wurden Alkohol und THC quantifiziert und semiquantitative Werte anderer beeinträchtigender Drogen und Medikamente ermittelt. Die THC-Werte von Fahrern wurden binär verglichen, je nachdem ob sie für den Unfall als verantwortlich oder nicht verantwortlich galten.

Die Studienresultate basieren auf toxikologischen Ergebnissen von 3.005 verletzten Fahrern und Polizeiberichten von 2.318 Fahrern. Mindestens eine potenziell beeinträchtigende Substanz wurde bei 886 Fahrern (38,2 %) nachgewiesen. Alkohol wurde bei 334 Fahrern (14,4 %) nachgewiesen, THC bei 192 (8,3 %), andere Freizeitdrogen bei 207 (8,9 %) und beruhigende Medikamente bei 460 (19,8 %). Der Konsum von mehreren Substanzen war weit verbreitet, und viele Fahrer (11,4 %) wurden positiv auf mehr als eine beeinträchtigende Substanz getestet.

Bei Fahrern mit $\text{THC} < 2 \text{ ng/ml}$ ($\text{OR} = 1,53$; 95% CI = 0,93-2,60) oder $2 \leq \text{THC} < 5 \text{ ng/ml}$ ($\text{OR} = 1,59$; 95% CI = 0,94-2,82) bestand kein statistisch signifikant erhöhtes Risiko, einen Unfall zu verursachen. Bei Fahrern mit einem THC-Gehalt von $\geq 5 \text{ ng/ml}$ ergab sich ein erhöhtes Risiko, einen Unfall zu verursachen ($\text{OR} = 1,74$), aber dieses Ergebnis war statistisch nicht signifikant [95% Konfidenzintervall (KI) = 0,59-6,36; $p = 0,35$]. Bei der Modellierung von THC als kontinuierlicher Variable ergab sich ein statistisch signifikanter, aber geringer Anstieg des unbereinigten Risikos für jeden Anstieg von 1 ng/ml THC ($\text{OR} = 1,13$). Nach Bereinigung um andere Prädiktoren ergab sich jedoch kein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen dem THC-Gehalt und dem Risiko einer Unfallverantwortlichkeit. Eine Nachberechnung mit einem angepassten Modell (nach White & Burns, 2022) ergab ein $\text{OR} = 1,18$ für Cannabis-Schuldhaftigkeit („Cannabis Culpability“). Ein signifikant erhöhtes Risiko für einen Unfall bestand bei Fahrern mit einer Blutalkoholkonzentration (BAK) $\geq 0,08\%$ ($\text{OR} = 6,00$; 95% CI = 3,87-9,75; $p < 0,01$), bei denen andere Freizeitdrogen ($\text{OR} = 1,82$; 95% CI = 1,21-2,80; $p < 0,01$) oder sedierende Medikamente ($\text{OR} = 1,45$; 95% CI = 1,11-1,91; $p < 0,01$) nachgewiesen wurden. Die ermittelten Effektstärken sind gering, auch ist der Zeitpunkt des letzten Cannabiskonsums unklar. Ebenso unbekannt bleibt die Konsumhäufigkeit der untersuchten Fahrer. Die Ergebnisse können nicht auf tödliche Unfälle angewandt werden.

- 9. Brubacher, J. R., Chan, H., Erdelyi, S., Staples, J. A., Asbridge, M. & Mann, R. E. (2022). Cannabis legalization and detection of tetrahydrocannabinol in injured drivers. *New England Journal of Medicine*, 386(2), 148-156.**

In der Folgestudie von 2019 untersuchten Brubacher et al. (2022) verletzte Fahrer, die nach einem Autounfall in vier Traumazentren in British Columbia behandelt wurden, wobei sie Daten über einen Zeitraum von Januar 2013 bis März 2020 (Prävalenzraten aller Ergebnisse im Zeitraum vor der Legalisierung (Januar 2013 bis September 2018) und im Zeitraum nach der Legalisierung (November 2018 bis März 2020)) bei ihrer Analyse berücksichtigten. Hauptziel war es, die Veränderungen in der Prävalenz von verletzten Fahrern, die positiv auf Cannabis getestet wurden (THC-Gehalt > 0) oder die kanadischen Grenzwerte überschritten (THC-Gehalt von > 2 ng pro Milliliter oder > 5 ng pro Milliliter), vor und nach der Legalisierung zu untersuchen. Dabei wurden auf Basis der Krankenakten Informationen über demografische Merkmale, die Schwere der Verletzungen sowie Kollisionsereignisse erfasst und am Toxikologischen Zentrum der Provinz British Columbia Vollblutproben mit einem breiten Spektrum an toxikologischen Tests untersucht. Die primären Outcomes waren binäre Indikatorvariablen für einen THC-Gehalt von mehr als 0, einen THC-Gehalt von mindestens 2 ng pro Milliliter und einen THC-Gehalt von mindestens 5 ng pro Milliliter. Bei den sekundären Outcomes handelte es sich um binäre Indikatoren für einen THC-Gehalt von mindestens 2,5 ng pro Milliliter und einen Blutalkoholgehalt von mindestens 0,05 %, einen Blutalkoholgehalt von mehr als 0 und einen Blutalkoholgehalt von mindestens 0,08 %. Für jedes Ergebnis wurden mithilfe separater log-binomialer Regressionsmodelle bereinigte Prävalenzquoten ermittelt.

Während des Studienzeitraums erfüllten 4339 Fahrer (3550 vor der Legalisierung und 789 nach der Legalisierung) die Einschlusskriterien. Vor der Legalisierung wurde bei 9,2 % der Fahrer ein THC-Wert von mehr als 0 festgestellt, bei 3,8 % ein THC-Wert von mindestens 2 ng pro Milliliter und bei 1,1 % ein THC-Wert von mindestens 5ng/ml. Nach der Legalisierung lagen die Werte bei 17,9 %, 8,6 % bzw. 3,5 %. Nach der Legalisierung stieg die Prävalenz von Fahrern mit einem THC-Gehalt von mehr als 0 (bereinigtes Prävalenzverhältnis, 1,33; 95% Konfidenzintervall [KI], 1,05 bis 1,68), einem THC-Gehalt von mindestens 2ng/ml (bereinigtes Prävalenzverhältnis, 2,29; 95% KI, 1,52 bis 3,45) und einem THC-Gehalt von mindestens 5ng/ml (bereinigtes Prävalenzverhältnis, 2,05; 95% KI, 1,00 bis 4,18). Die größten Anstiege bei einem THC-Gehalt von mindestens 2ng/ml gab es bei Fahrern im Alter von 50 Jahren oder älter (bereinigtes Prävalenzverhältnis, 5,18; 95% KI, 2,49 bis 10,8) sowie bei männlichen Fahrern (bereinigtes Prävalenzverhältnis, 2,44; 95% KI, 1,60 bis 3,74). Bei der Prävalenz der Fahrer, die positiv auf Alkohol getestet wurden, gab es keine signifikanten Veränderungen. Die Daten beziehen sich lediglich auf mittelschwer verletzte Patienten und können nicht auf leicht, schwer oder tödlich Verletzte generalisiert werden. Auch sind die Ergebnisse nicht auf andere Regionen übertragbar (höherer Cannabiskonsum in British Columbia im Vergleich zum nationalen Durchschnitt).

- 10. Callaghan, R. C., Sanches, M., Vander Heiden, J., Asbridge, M., Stockwell, T., Macdonald, S., Peterman, B. H. & Kish, S. J. (2021). Canada's cannabis legalization and drivers' traffic-injury presentations to emergency departments in Ontario and Alberta, 2015-2019. *Drug and Alcohol Dependence*, 228, 109008.**

Unter Verwendung von Aufzeichnungen der Notaufnahmen der kanadischen Provinzen Alberta und Ontario im Zeitraum von 1. April 2015 bis 31. Dezember 2019 wurden Zusammenhänge zwischen Kanadas Cannabislegalisierung (durch das am 17. Oktober 2018 in Kraft getretene Cannabisgesetz) und wöchentlichen provinziellen Zählungen von ICD-10-CA-definierten

verkehrsbedingten Aufnahmen in die Notaufnahme auf Basis des National Ambulatory Care Reporting Systems (NACRS) unter Verwendung von unterbrochenen Zeitreihenanalysen untersucht. Die Autoren verwendeten Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average (SARIMA)-Modelle, wobei für jede der beiden Provinzen SARIMA-Modelle für zwei Fahrergruppen entwickelt wurden: alle Fahrer und jugendliche Fahrer (im Alter von 14-17 Jahren in Alberta; 16-18 Jahre, Ontario).

Es gab keine Hinweise auf signifikante Veränderungen im Zusammenhang mit der Cannabislegalisierung bei der wöchentlichen Anzahl von Fahrern, die nach der Legalisierung die Notaufnahme für Verkehrsunfälle aufsuchten: (1) Alberta, alle Fahrer ($n = 52.752$ Verkehrsunfallopfer), eine Zunahme von 9,17 Neuaufnahmen in die Notaufnahme (95% KI -18,85; 37,20; $p = 0,52$); (2) Alberta, junge Fahrer ($n = 3265$ Verkehrsunfallopfer), ein Rückgang von 0,66 Neuaufnahmen (95% KI -2,26; 0,94; $p = 0,42$); (3) Ontario, alle Fahrer ($n = 186.921$ Verkehrsunfallopfer), ein Anstieg von 28,93 Neuaufnahmen (95% KI -26,32; 84,19; $p = 0,30$); und (4) Ontario, junge Fahrer ($n = 4565$), ein Anstieg um 0,09 Neuaufnahmen (95% KI -6,25; 6,42; $p = 0,98$). Die vorliegenden Ergebnisse ergeben somit keine signifikanten Veränderungen bei den Aufnahmen in der Notaufnahme von Verkehrsunfallopfern, insbesondere bei jugendlichen Fahrern, in Ontario und Alberta nach der Cannabislegalisierung. Studiendaten beschränken sich auf Ontario und Alberta und nicht auf andere Provinzen generalisiert werden. Sie berücksichtigen lediglich leichte bis mittelschwere Verletzungen, womit zwar ein wichtiger Teil des Unfallgeschehens abgedeckt ist, aber andere wichtige Teile fehlen. Die Daten sind konfundiert, da für mögliche Einflussfaktoren nicht kontrolliert wurden (Zeit der Entkriminalisierung von Cannabis in Kanada; erschwerte Zugänglichkeit zu Cannabisprodukten aufgrund von Poststreik; Erlass von strengeren Strafen für substanzinduzierte Fahruntüchtigkeit; "Null-Toleranz"-Programme für den Führerschein mit Abstufung) nicht kontrolliert wurde; keine anerkannten Standards für die Identifizierung minimaler Effektgrößen bei Zeitreihenansätzen im Bereich der Verkehrsunfälle).

11. Calvert, C. & Erickson, D. (2020). An examination of relationships between cannabis legalization and fatal motor vehicle and pedestrian-involved crashes. *Traffic Injury Prevention*, 21(8), 521-526.

Die Studie von Calvert und Erickson (2020) untersuchte, wie sich die Legalisierung von Cannabis (medizinischer Konsum, Freizeitkonsum und Freizeitverkauf) auf die Zahl der tödlichen Verkehrsunfälle sowohl mit Fußgängerbeteiligung pro 100.000 Personen als auch mit tödlichen Unfällen von 1991 bis 2018 insgesamt auswirkte. Dabei wurden die monatlichen Unfallraten (unter Nutzung von FARS) in den Staaten Colorado, Washington und Oregon mit vergleichbaren Kontrollstaaten unter Verwendung eines quasi-experimentellen Designs mit unterbrochenen Zeitreihen (ITS) und 3 Kontrollgruppen, die auf der Grundlage der Vergleichbarkeit von tödlichen Unfällen zur Baseline und paralleler Trends vor der Änderung der Gesetzeslage ausgewählt worden waren. ITS-Designs sind nützlich, wenn eine Randomisierung nicht durchführbar ist, da sie die Untersuchung von Längsschnittdaten unter Berücksichtigung längerfristiger Trends und vielen typischen Störvariablen ermöglichen.

Die Autoren fanden keine signifikanten Unterschiede bei tödlichen Verkehrsunfällen mit Fußgängerbeteiligung zwischen den Staaten mit Cannabislegalisierung und ihren Kontrollstaaten nach der Legalisierung von medizinischem oder Freizeit-Cannabis. Während Washington und Oregon einen unmittelbaren signifikanten Rückgang aller tödlichen Unfälle (-4,15 und -6,60) nach der Legalisierung von medizinischem Cannabis verzeichneten, stieg in Colorado die Zahl der tödlichen Unfälle nach der Legalisierung von Cannabis für den

Freizeitkonsum und dem Beginn des Verkaufs signifikant an (0,15 und 0,18 tödliche Unfälle pro 100.000 Einwohner pro Monat). Insgesamt deuten die Ergebnisse nicht auf ein erhöhtes Risiko von tödlichen Kraftfahrzeugunfällen mit Fußgängerbeteiligung im Zusammenhang mit der Legalisierung von Cannabis hin. Allerdings wurde nicht modelliert, ob die an tödlichen Unfällen beteiligten Fahrer/ Fußgänger durch Cannabis beeinträchtigt waren. Zudem mögliche Verfälschung durch Residuen oder andere Gefahren für die Validität von Zeitreihendaten. Die Heterogenität der Cannabispolitik in den untersuchten Staaten nicht berücksichtigt. Durch die Verwendung von FARS-Daten ergibt sich eine fragwürdige Datengrundlage.

12. Cook, A. C., Leung, G. & Smith, R. A. (2020). Marijuana decriminalization, medical marijuana laws, and fatal traffic crashes in US cities, 2010–2017. *American Journal of Public Health*, 110(3), 363-369.

Die Studie von Cook et al. (2020) zielte darauf ab, die Auswirkungen der Entkriminalisierung von Cannabis und der Gesetze über medizinisches Marihuana (MML) auf tödliche Verkehrsunfälle in US-Städten zu bestimmen. Anhand von Daten aus den Jahren 2010 bis 2017 (Fatality Analysis Reporting System) untersuchten die Alter und Geschlecht des Fahrers unter Verwendung eines Poisson-Differenz-von-Differenzen-Ansatzes. Die Stichprobe umfasste alle Städte, die 2017 mehr als 100 000 Einwohnern hatten und in Bundesstaaten lagen, die bis 2010 keine MMLs eingeführt oder Marihuana bis 2010 entkriminalisiert hatten. Die Schätzungsstrategie bestand darin, die Variation bei der Reduzierung der strafrechtlichen Sanktionen in Verbindung mit Marihuana zu nutzen, um die Auswirkungen der Liberalisierung von Marihuana auf tödliche Unfälle zu untersuchen.

Sowohl bei Männern als auch bei Frauen war die Einführung medizinischer Marihuanagesetze mit weniger tödlichen Unfällen verbunden, was bei den 15- bis 24-jährigen Fahrern am stärksten ausgeprägt war. Im Durchschnitt sind die tödlichen Unfälle mit Fahrer dieser Altersgruppe um 14 % nach der Einführung von MML zurückgegangen. Bezogen auf die durchschnittliche Rate der tödlichen Unfälle vor der Einführung von MML entspricht dieser Rückgang etwa 2,7 weniger tödlichen Unfällen pro 100 000 15- bis 24-Jährigen. Umgekehrt ermittelten die Autoren nach der Marihuanaentkriminalisierung im Durchschnitt 13 % mehr tödliche Unfälle, an denen 15- bis 24-jährige männliche Fahrer beteiligt waren (durchschnittlich etwa 3,5 mehr tödliche Unfälle pro 100 000 15- bis 24-jährige Männer). Dieser Effekt trat sofort ein und war in den Wochenendnächten am stärksten. Es gab jedoch keine Hinweise auf Veränderungen bei den tödlichen Unfällen unter weiblichen oder älteren Fahrern, was darauf hindeuten würde, dass junge Männer anders auf die Entkriminalisierung von Marihuana reagierten als andere Bevölkerungsgruppen. Der Anstieg der tödlichen Unfälle unter Beteiligung junger Fahrer war unmittelbar nach der Entkriminalisierung am stärksten ausgeprägt, bevor er im Laufe der Zeit auf ein nicht signifikantes Maß zurückging. Die Studie ermöglicht keine Aussagen über den Zusammenhang zwischen Marihuanagesetzen und weniger schweren Verkehrsunfällen. Ergebnisse beschränken sich auf Städte, ländliche Gebiete waren nicht einbezogen. Ebenso sind Auswirkungen verschiedener Aspekte der Marihuana-Gesetze sowie indirekte Effekte nicht untersucht (Zusammenhang Cannabis- mit Alkoholkonsum). Durch Verwendung der FARS-Datenbank keine Untersuchung einer tatsächlichen Beeinträchtigung der Fahrer durch Marihuana beim Unfallereignis möglich.

13. Dewey, J., Kindle, K., Vadlamani, S. & Sanchez-Arias, R. (2021). State Marijuana Laws and Traffic Fatalities. *Review of Regional Studies*, 51(3), 246-265.

Ausgangspunkt für die Studie von Dewey et al. (2021) war der Erlass weitreichender Gesetze zur Legalisierung von Marihuana für medizinische Zwecke im Juni 2019 in 22 US-Bundesstaaten und dem District of Columbia sowie von weiteren Gesetzen in 11 Bundesstaaten und dem District of Columbia, die den Freizeitkonsum von Erwachsenen erlauben. Die Autoren führten für ihre Berechnungen eine nicht-binäre Charakterisierung der Legalisierung von Marihuana für medizinische Zwecke ein und berücksichtigten separat die Bereitstellung von Marihuana durch Apotheken sowie die Legalisierung von Freizeitkonsum. Die Zahl der Verkehrstoten wurde mithilfe einer Poisson-Regression modelliert, die angesichts der Zählung der Verkehrstoten besser geeignet ist als die konventionelle Regression. Zudem wurden robuste, nach Bundesstaaten geclusterte Standardfehler verwendet, die nicht nur gegenüber Heteroskedastizität und Autokorrelation innerhalb eines Panels, sondern auch gegenüber Unter- oder Überstreuerung robust sind.

Die Differenz-von-Differenzen-Modelle ergaben einen Rückgang der Verkehrstoten im Zusammenhang mit der Legalisierung von Marihuana für medizinische Zwecke. Darüber hinaus zeigten sich keine statistisch signifikanten Effekte hinsichtlich des Verkaufs von Marihuana durch Apotheken sowie der Legalisierung für den Freizeitkonsum. Da frühere Forschungen nahelegten, dass es wichtig sein könnte, auch Nuancen der staatlichen Marihuana-Gesetze zu kontrollieren, um ihre Folgen valide quantifizieren zu können, haben die Autoren in ihrer Studie auch deren Permissivität gegenüber dem Marihuana-Konsum kontrolliert. Sie stellten dabei fest, dass ohne Kontrolle der Permissivität die langfristige Verringerung der Zahl der Todesopfer in Verbindung mit einer Legalisierung von Marihuana für medizinische Zwecke kleiner, aber immer noch vorhanden war, als wenn hierfür nicht kontrolliert wurde. Die Bestimmungen über den Verkauf von Marihuana durch Apotheken schienen mit einem vorübergehenden Anstieg der Zahl der Todesopfer verbunden zu sein, wenn nicht für die Permissivität kontrolliert wurde, nicht jedoch, wenn hierfür kontrolliert wurde. Die Kontrolle für die Permissivität eines Staates, die über das einfache Vorhandensein einer Legalisierung von Marihuana für medizinische Zwecke hinausgeht, spielt demzufolge eine Rolle, änderte aber nichts an der grundlegenden Feststellung, dass die Legalisierung zum Stand 2019 mit einem Rückgang der Verkehrstoten einherging und dass der Rückgang nicht mit eindeutigen Trends vor der Legalisierung zusammenzuhängen schien. Auf der einen Seite ist die mathematisch-statistische Berechnungsmethode der Poisson-Regression positiv zu werten, auf der anderen Seite wertet die benutzte Datengrundlage der Unfallzahlen – FARS – die Ergebnisse der Studie ab.

14. Eichelberger, A. H. (2019). Marijuana use and driving in Washington State: risk perceptions and behaviors before and after implementation of retail sales. *Traffic Injury Prevention*, 20(1), 23-29.

Die Studie von Eichelberger (2019) untersuchte den Marihuanakonsum und die Risikowahrnehmung vor und nach der Einführung des Einzelhandelsverkaufs von Marihuana für den Freizeitkonsum in Washington im Juli 2014, die Beziehung zwischen Risikowahrnehmung und Marihuanakonsum sowie die Beziehung zwischen selbstberichtetem Marihuanakonsum und Drogentestergebnissen. Hierfür wurden Straßenumfragen mit zufällig ausgewählten PkV-Fahrern ab 16 Jahren in 3 Wellen durchgeführt: Die erste Umfrage fand im Juni 2014 statt, einen Monat vor dem Beginn des Einzelhandelsverkaufs von Marihuana (8. Juli 2014), und die zweite und dritte Umfrage fanden 5-6 Monate später (November-Dezember

2014) bzw. ein Jahr später (Juni 2015) statt. Insgesamt füllten 2.355 Fahrer einen Marihuana-Fragebogen über ihren früheren und aktuellen Marihuana-Konsum und die wahrgenommenen Risiken im Zusammenhang mit dem Fahren nach dem Konsum von Marihuana aus. Die Datenerhebung umfasste auch biologische Proben (Mundflüssigkeit und/oder Blut für Marihuana-Tests und Atemluft für Alkoholttests ($\geq 0,08$ %)).

Der Anteil der Fahrer, die angaben, in letzter Zeit Marihuana konsumiert zu haben, war bei allen drei Erhebungen ähnlich. Allerdings stieg der Anteil der THC-positiven Fahrer am Tag von 8% vor dem Verkauf im Einzelhandel auf 23 % sechs Monate nach dem Verkauf im Einzelhandel an; bei den Fahrern in der Nacht änderte sich dieser Anteil nicht (19 und 20 %). Bei jeder Erhebung war der Anteil der Alkohol-positiven Fahrer nachts deutlich höher (zwischen 4 und 7 %) als tagsüber (1 % oder weniger). Die Prävalenz von THC-positiven Fahrern bei Tag und bei Nacht war nach dem Einzelhandelsverkauf ähnlich. Männer im Alter von 16 bis 34 Jahren wiesen ein Jahr nach der Legalisierung des Einzelhandelsverkaufs die höchste Prävalenz von THC-positiven Fahrern auf (27 %), verglichen mit Frauen und Männern im Alter von 35 Jahren und älter. Das von den Fahrern wahrgenommene Risiko einer Beeinträchtigung durch Marihuana und das wahrgenommene Risiko, wegen Fahrens unter Einfluss von Marihuana festgenommen zu werden, war vor und nach dem Einzelhandelsverkauf ähnlich. Allerdings war die Wahrnehmung, dass Marihuana mit hoher Wahrscheinlichkeit das Fahren beeinträchtigt, mit einer um 40 % geringeren Wahrscheinlichkeit verbunden, THC-positiv zu sein. Dieses Ergebnis legt nahe, dass die Risikowahrnehmung, insbesondere die Wahrnehmung des Beeinträchtigungsrisikos, mit der Bereitschaft zusammenhängt, nach dem Konsum von Marihuana Auto zu fahren. Die Angaben zum Marihuanakonsum stimmten nicht immer mit den Ergebnissen von Drogentests überein, was darauf schließen lässt, dass Vergleiche des selbstberichteten Marihuanakonsums vor und nach der Legalisierung verzerrt und ungenau sein können. Umgekehrt kann der THC-Gehalt keine zuverlässige Vorhersage der Beeinträchtigung treffen. Unterschiede Prä/Post können auch durch andere in dieser Studie nicht erhobene Faktoren beeinflusst worden sein.

15. Ellis, C. M., Grace, M. F., Smith, R. A. & Zhang, J. (2022). Medical cannabis and automobile accidents: Evidence from auto insurance. *Health Economics*, 31(9), 1878-1897.

Ellis et al. (2022) untersuchten die Auswirkungen der Legalisierung von medizinischem Cannabis auf die Sicherheit von Kraftfahrzeugen anhand von Kfz-Versicherungsprämien. Die Autoren verwendeten zwei Ebenen von Kfz-Versicherungsdaten. Die Analyse basierte in erster Linie auf Erhebungsdaten auf Postleitzahlenebene zu Kfz-Versicherungsprämien aus der Datenbank von S&P Global Market Intelligence sowie auf Finanzdaten der Autoversicherer auf der Ebene der einzelnen Bundesstaaten von der National Association of Insurance Commissioners. Unter Verwendung eines Differenz-von-Differenzen-Ansatzes und Prämiendaten auf Postleitzahlenebene von 2014 bis 2019 stellten die Autoren fest, dass die Legalisierung von medizinischem Cannabis die jährlichen Kfz-Versicherungsprämien um 22 Dollar pro Haushalt senkt, was einer Senkung von 1,7 % für den durchschnittlichen Haushalt entspricht.

Der Effekt war in Gebieten mit direkter Nähe zu einer Apotheke stärker, was darauf hindeuten würde, dass der verbesserte Zugang zu Cannabis die Ergebnisse beeinflusst. Darüber zeigte sich ein relativ starker Rückgang der Prämien in Gebieten, in denen vor der Legalisierung von medizinischem Cannabis relativ hohe Raten von Trunkenheit am Steuer zu verzeichnen waren. Dieses Ergebnis deutet darauf hin, dass der ermittelte Anstieg der Sicherheit im Straßenverkehr

auf den indirekten Effekt des Rückgangs der Alkoholfahrten zurückzuführen ist, was auch für das Argument einer Substituierbarkeit zwischen verschiedenen Substanzen spricht. Auf Basis dieser Ergebnisse schätzten die Autoren, dass die bestehende Legalisierung die Gesundheitsausgaben im Zusammenhang mit Autounfällen um fast 820 Millionen Dollar pro Jahr gesenkt hätte, wobei ein Potenzial für eine weitere Senkung um 350 Millionen Dollar bestehen würde, wenn die Legalisierung auf nationaler Ebene erfolgte. Einschränkend gilt hier: Die Ergebnisse weisen lediglich auf einen statistischen Zusammenhang, Kausalschlüsse sind nicht möglich, vage bleibt auch die Frage der Kovariaten.

16. Farmer, C. M., Monfort, S. S. & Woods, A. N. (2022). Changes in traffic crash rates after legalization of marijuana: results by crash severity. *Journal of Studies on Alcohol and Drugs*, 83(4), 494-501.

Das Ziel der Studie von Farmer et al. (2022) war es, die Auswirkungen der Legalisierung von Marihuana und des folglich verstärkten öffentlichen Zugriffs auf Marihuana durch den legalen Vertrieb auf die Zahl der Verkehrsunfälle mit Verletzten und Toten in 11 US-Bundesstaaten im Zeitraum 2009-2019 abzuschätzen. Hierfür wurden die vierteljährlichen Unfallraten pro zurückgelegter Meile für jeden einzelnen Bundesstaat als Funktion der Zeit, der Arbeitslosenquote, der vorgeschriebenen Höchstgeschwindigkeit, der Gurtanlagequote, der Alkoholkonsumquote, des prozentualen Anteils der auf Landstraßen gefahrenen Kilometer und der Indikatoren für den legalisierten Freizeitkonsum und Verkauf von Marihuana modelliert.

Die Legalisierung des Freizeitkonsums von Marihuana wurde im Durchschnitt aller Staaten mit einem Anstieg der Unfallraten bei Unfällen mit Verletzungen um 6,5 % und bei tödlichen Unfällen um 2,3 % in Verbindung gebracht, wobei die anschließende Einführung des Einzelhandelsverkaufs von Marihuana zum Teil zu einem geringen Absinken und zum Teil zu einer geringen Zunahme der Unfallraten führte. Der kombinierte Effekt der Legalisierung und des Einzelhandelsverkaufs wurde als Anstieg der Unfallzahlen mit Verletzten um 5,8 % und der Unfallzahlen mit Todesfolge um 4,1 % berechnet. Die Unfallraten der einzelnen Bundesstaaten variierten dabei stark: Demnach reichten die Auswirkungen auf die Unfallraten mit Verletzten von einem Rückgang um 7 % bis zu einem Anstieg um 18 % und bei tödlichen Unfällen von einem Rückgang um 10 % bis zu einem Anstieg um 4 %. Insgesamt ergibt sich kein eindeutiger Trend, es liegen insgesamt noch zu wenige Daten vor. Ein Mangel ist auch die große Varianz in der erfassten Populationsgröße der Vergleichsstaaten sowie die Zusammenfassung der Vergleichsstaaten zu einer Gruppe aufgrund der geringen Anzahl an tödlichen Unfällen (< 100 Unfälle). Auch verdeckt vermutlich die Varianz in den Kovariaten die tatsächlichen Auswirkungen der Gesetzesänderungen. Unfälle, bei denen nur Sachschaden verursacht wurde, wurden nicht berücksichtigt und es werden unterschiedliche Erklärungsmöglichkeiten für die Varianz der Unfallraten in den Bundesstaaten präsentiert.

17. Fink, D. S., Stohl, M., Sarvet, A. L., Cerda, M., Keyes, K. M. & Hasin, D. S. (2020). Medical marijuana laws and driving under the influence of marijuana and alcohol. *Addiction*, 115(10), 1944-1953.

Fink et al. (2020) untersuchten den möglichen Zusammenhang zwischen Gesetzen zur Legalisierung von medizinischem Marihuana (MML) und den Veränderungen in der vorhergesagten Prävalenz von Fahrten unter dem Einfluss von Cannabis (DUIC) und unter dem Einfluss von Alkohol (DUIA) nach dem jeweils vorherrschenden Gesetzesstatus der einzelnen Staaten. Die analysierten Daten entstammten aus drei nationalen Querschnittserhebungen mit

landesweit repräsentativen Stichproben amerikanischer Erwachsener in den USA, die sich über 20 Jahre erstreckten: Die National Longitudinal Alcohol Epidemiologic Survey (NLAES; 1991-1992), die National Epidemiologic Survey on Alcohol and Related Conditions (NESARC; 2001-2002) und die NESARC-III (2012-2013). Um einen konsistenten Zeitrahmen zu gewährleisten, wurden DUIC und DUIA in den letzten 12 Monaten analysiert. Die Auswirkungen der Gesetzeslegalisierung von medizinischem Cannabis auf die Veränderung der DUIC- und DUIA-Prävalenz in Staaten mit und ohne Legalisierung wurden anhand einer Differenz-von-Differenzen-Spezifikation geschätzt.

Während des gesamten Zeitraums von 1991 - 1992 bis 2012 - 2013 stieg die vorhergesagte Prävalenz von DUIC in allen Staaten an, wobei der Anstieg in Staaten, die Gesetze zur Legalisierung von medizinischem Marihuana eingeführt hatten, größer war als in anderen Staaten (Differenz-von-Differenzen = 0,59 %; 95% CI = 0,06 % - 1,12 %). Die meisten Veränderungen bei der DUIC-Prävalenz traten zwischen 2001 - 2002 und 2012 - 2013 auf. Die DUIC-Prävalenz stieg in den Staaten, die von 2001 - 2002 bis 2012 - 2013 Legalisierungsgesetze eingeführt hatten, stärker an als in den Staaten ohne Gesetzesänderung (Differenz-von-Differenzen = 0,77 %; 95% CI = 0,05 % - 1,59 %), sowie in zwei frühen MML-Staaten, Kalifornien (Differenz-von-Differenzen = 0,82; 95% CI = 0,06 - 1,59) und Colorado (Differenz-von-Differenzen = 1,32; 95% CI = 0,11 - 2,53). Im Gegensatz dazu nahm die DUIA-Prävalenz zwischen 2001 - 2001 und 2012 - 2013 zwar ebenfalls zu, doch waren die Veränderungen bei der DUIA-Prävalenz in den Staaten, die MML eingeführt hatten, ähnlich wie in den anderen Staaten, was darauf hindeutet, dass die Auswirkungen von MML auf die Prävalenz des Fahrens unter Alkoholeinfluss Cannabis-spezifisch waren.

Bundesstaatliche Unterschiede zwischen MML-Staaten und Staaten ohne Gesetzesänderung verzerren die Effekte von MML auf DUIC und DUIA; auch waren Teilnehmer aus 11 Staaten nicht in allen drei Erhebungen (NLAES, NESARC, NESARC-III) enthalten und somit aus der Hauptanalyse ausgeschlossen. Die Messungen zum Fahren unter Alkoholeinfluss beruhen auf mitunter fraglichen Selbstauskünften; zudem ist der Studienzeitraum eingeschränkt (Daten reichen nicht über 2012-2013 hinaus).

18. Hansen, B., Miller, K., & Weber, C. (2020). Early evidence on recreational marijuana legalization and traffic fatalities. *Economic Inquiry*, 58(2), 547-568.

In dieser Studie von Hansen et al. (2020) wurden kausale Effekte der Cannabis-Legalisierung auf Verkehrstote in Colorado und Washington mit einem synthetischen Kontrollansatz unter Verwendung von Aufzeichnungen über tödliche Verkehrsunfälle von 2000-2016 untersucht. Hierfür analysierten die Autoren die ausgewählten Staaten im Vergleich zu ihren synthetischen Kontrollgruppen in der Zeit nach der Legalisierung, um die kausalen Auswirkungen der Legalisierung von Cannabis für den Freizeitkonsum auf die Zahl der Verkehrstoten zu schätzen. Zur Untersuchung des Zusammenhangs zwischen Cannabis für den Freizeitkonsum und Verkehrstoten wurden Daten aus dem Fatal Analysis and Reporting System (FARS) herangezogen, wobei ein Panel auf Staatenebene mit folgenden Schlüsselvariablen generiert wurde: Cannabis-bedingte Todesfälle pro Milliarde gefahrene Fahrzeugkilometer, alkoholbedingte Todesfälle pro Milliarde gefahrene Fahrzeugkilometer, Auswirkungen der Marihuana-Gesetze auf die Gesamtzahl der Todesfälle pro Milliarde gefahrene Fahrzeugkilometer und den Anteil der Todesfälle, bei denen keiner der Fahrer positiv auf Cannabis oder Alkohol getestet worden war.

Die Ergebnisse zeigen, dass die Staaten, die Marihuana legalisiert haben, keine signifikant unterschiedlichen Raten von marihuana- oder alkoholbedingten Verkehrstoten im Vergleich zu

ihren synthetischen Kontrollgruppen aufwiesen. Neben der Untersuchung von Todesfällen, die von den Bundesstaaten als drogen- oder alkoholbedingt eingestuft wurden, suchten die Autoren auch nach Veränderungen in der Gesamttodesrate auf Bundesstaatenebene und kamen zu einem ähnlichen Nullergebnis. Die benutzte Datengrundlage der Unfallzahlen – FARS – wertet die Ergebnisse der Studie ab.

19. Kamer, R. S., Warshafsky, S. & Kamer, G. C. (2020). Change in traffic fatality rates in the first 4 states to legalize recreational marijuana. *JAMA Internal Medicine*, 180(8), 1119-1120.

Kamer et al. (2020) analysierten Daten aus mehreren US-Bundesstaaten über einen längeren Zeitraum, um ein besseres Verständnis der Beziehung zwischen der Legalisierung von Marihuana für den Freizeitkonsum und den Verkehrstoten zu erhalten. Die Zahlen der Verkehrstoten stammten aus dem Fatality Analysis Reporting System (FARS). Die Versuchsgruppe bildeten dabei die ersten vier Staaten, die Marihuana für den Freizeitkonsum legalisiert hatten (Colorado, Washington, Oregon und Alaska). Alle 20 Staaten, die zu Beginn des Jahres 2018 weder Marihuana für den Freizeitgebrauch noch für medizinische Zwecke legalisiert hatten, dienten als Kontrollgruppe.

Eine unbereinigte Differenzanalyse ergab einen Anstieg von 2,1 (95% CI, 1,2 - 2,9; $p < .001$) Verkehrstoten pro Milliarde zurückgelegter Fahrzeugmeilen in den Versuchsstaaten im Vergleich zu den Kontrollstaaten im Studienzeitraum nach der Kommerzialisierung. Unter Einbeziehung der Kovariaten betrug der Anstieg ebenfalls 2,1 (95% CI, 1,3 - 3,0; $p < .001$) Verkehrstote pro Milliarde gefahrene Fahrzeugkilometer. Wendet man diese Ergebnisse auf die nationalen Verkehrsstatistiken an, so würde eine landesweite Legalisierung mit 6.800 (95% CI [4200 - 9700]) zusätzlichen Verkehrstoten pro Jahr resultieren. Da lediglich drei bundesstaatsspezifische Faktoren berücksichtigt wurden, sind die Ergebnisse stark konfundiert und könnten somit auf andere Einflussfaktoren und nicht die Legalisierung und Kommerzialisierung von Cannabis rückführbar sein. Durch die Verwendung der FARS-Daten sind die Ergebnisse ohnehin nur bedingt verwertbar.

20. Kilmer, B., Rivera-Aguirre, A., Queirolo, R., Ramirez, J. & Cerdá, M. (2022). Cannabis legalization and traffic injuries: exploring the role of supply mechanisms. *Addiction*, 117(8), 2325-2330.

Der Artikel von Kilmer et al. (2022) untersucht den Zusammenhang zwischen der Art des legalen Cannabisangebots (Selbstanbau, gemeinnützige Cannabisclubs oder Apotheken) in Uruguay und damit assoziierten Verkehrsunfällen mit Verletzten. In Rahmen dieser ökologischen Studie wurden vierteljährliche Zählungen der Cannabisregistrierungen auf Departementebene (532 Departments) und Daten über Verkehrsunfälle von Regierungsbehörden eingeholt. Bei den Analysen wurden zudem sozioökonomische und demografische Merkmale auf Departementebene kontrolliert, und als Robustheitsprüfung Verkehrsverstöße unter Alkoholeinfluss für die Departments einbezogen.

Von 2013 bis 2019 betrug die durchschnittliche Zahl der vierteljährlich erhobenen Registrierungen auf Bezirksebene pro 10 000 Einwohner ab 18 Jahren für Selbstanbau, Clubmitgliedschaft und Apothekeneinkauf 17,7 ($SD = 16,8$), 3,6 ($SD = 8,6$) bzw. 25,1 ($SD = 50,4$). Es zeigte sich kein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen der Gesamtzahl der Registrierungen und Verkehrsunfällen mit Verletzten ($\beta = -0,007$; $p = 0,398$; 95% CI = -0,023,

0,01). Jene Analysen, die sich auf die spezifischen Versorgungszugänge konzentrierten, ergaben einen konsistenten, positiven und statistisch signifikanten Zusammenhang zwischen der Zahl der für Selbstanbau registrierten Personen und der Zahl der Verkehrsunfälle mit Verletzten ($\beta = 0,194$; $p = 0,008$; 95% CI = 0,058, 0,329). Die Assoziationen für andere Versorgungszugänge waren in den verschiedenen Modellspezifikationen nicht konsistent. Insgesamt bleibt der Zusammenhang zwischen den Versorgungszugängen und dem Unfallgeschehen vage, Kausalschlüsse sind ohnehin nicht möglich.

21. Lane, T. J. & Hall, W. (2019). Traffic fatalities within US states that have legalized recreational cannabis sales and their neighbours. *Addiction*, 114(5), 847-856.

Lane und Hall (2019) untersuchten auf Basis von Mortalitätsdaten, ob der kommerzielle Verkauf von Cannabis für den Freizeitkonsum in Colorado, Washington und Oregon die Zahl der Verkehrstoten pro Million Einwohner sowohl in den Staaten mit Legalisierung von Marihuana und deren benachbarten Gerichtsbarkeiten im Vergleich zu insgesamt 9 Staaten ohne Legalisierung im Untersuchungszeitraum von 2009 bis 2016 beeinflusste. Hierfür wurde eine kontrollierte unterbrochene Zeitreihenstudie der monatlichen Verkehrstotenraten durchgeführt und als Stufen- und Trendeffekte gegenüber der Vergleichsgruppe an Staaten, die weder medizinisches Cannabis noch Cannabis für den Freizeitkonsum eingeführt hatten, ausgewiesen. Bei Sensitivitätsanalysen wurde zudem eine 6-monatige "Einführungsphase" hinzugefügt, um Verzögerungen bei der Produktion entsprechend zu berücksichtigen.

Die Ergebnisse zeigten einen gepoolten stufenweisen Anstieg von 1,08 Verkehrstoten pro Million Einwohner, gefolgt von einem Trendrückgang von 0,06 pro Monat, allerdings mit erheblicher Heterogenität zwischen den Standorten. Die Auswirkungen waren sowohl bei den untersuchten Bundesstaaten mit Legalisierung als auch bei den benachbarten Bundesstaaten ähnlich. Die Modellierung einer sechsmonatigen Einführungsphase ergab einen ähnlichen, wenn auch etwas stärkeren Anstieg der Verkehrstoten, was darauf hindeutet, dass der Anstieg möglicherweise in den Monaten nach der Legalisierung seinen Höhepunkt erreicht. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass die Legalisierung des Verkaufs von Cannabis für den Freizeitkonsum zu einem vorübergehenden Anstieg der Zahl der Verkehrstoten in den legalisierenden Staaten führen kann, der auf die benachbarten Gerichtsbarkeiten übergreifen kann. In dieser Studie zeigte sich dies im Jahr nach der Legalisierung um durchschnittlich einen zusätzlichen Verkehrstoten pro Million Einwohner, was von den Autoren als mögliche Folge einer feierlichen Reaktion („celebratory response“) auf die Legalisierung interpretiert wurde. Es lassen sich keine Aussagen über mittel- und längerfristige Auswirkungen der Legalisierung des Verkaufs von Cannabis ableiten. Da lediglich die Zahl der Verkehrstoten berechnet und nicht differenziert wurde zwischen cannabisinduzierten und anderen Ursachen, kann keine Aussage darüber getroffen werden, ob die Zunahme der Todesfälle auf eine Zunahme der Unfälle, die Schwere der Unfälle oder andere damit verbundene Faktoren zurückzuführen ist. Mögliche Ursachen für Unterschiede zwischen den Staaten wurden nicht berücksichtigt.

22. Lee, J., Abdel-Aty, A. & Park, J. (2018). Investigation of associations between marijuana law changes and marijuana-involved fatal traffic crashes: A state-level analysis. *Journal of Transport & Health*, 10, 194-202.

In dieser Studie von Lee et al. (2018) wurden die Zusammenhänge zwischen fünf Arten von Marihuana-Gesetzesänderungen in 16 Bundesstaaten der USA und tödlichen Unfällen ermittelt, an denen ein Fahrer mit positiver Testung auf Marihuana beteiligt war: (Typ 1) Verbot hin zu

medizinischer Legalisierung; (Typ 2) Verbot hin zu Entkriminalisierung; (Typ 3) Entkriminalisierung hin zu einer Kombination aus medizinischer Legalisierung und Entkriminalisierung; (Typ 4) medizinische Legalisierung hin zu vollständiger Legalisierung; und (Typ 5) eine Kombination aus Entkriminalisierung und medizinischer Legalisierung hin zu vollständiger Legalisierung.

Die Ergebnisse unter Verwendung des US Fatality Analysis Reporting Systems (FARS) auf Basis eines Crash-Veränderungsfaktors zeigten, dass (Typ 1) in Arizona und New Jersey die relative Anzahl der Unfälle mit Marihuana-Beteiligung im Vergleich zu den Vergleichsstaaten in beiden Staaten leicht, aber nicht statistisch signifikant zurückgegangen ist. Massachusetts verzeichnete einen statistisch signifikanten relativen Anstieg von 174,5 % (Crash-Veränderungsfaktor = 2.745) nach der Entkriminalisierung (Typ 2) im Vergleich zu den Vergleichsstaaten. In Connecticut stieg die relative Zahl nach der medizinischen Legalisierung statistisch signifikant um 75,3 % (Crash-Veränderungsfaktor = 1.753), während die Entkriminalisierung bereits in Kraft war (Typ 3). In Washington wurde ein statistisch signifikanter relativer Anstieg von 31,2 % (Crash-Veränderungsfaktor = 1.312) beobachtet (Typ 4), in Colorado (Typ 5) stieg die relative Zahl statistisch signifikant um 63,1 % (Crash-Veränderungsfaktor = 1.631).

Zusammenfassend zeigen die Ergebnisse, dass nach der medizinischen Legalisierung keine signifikanten Veränderungen bei der Zahl der Unfälle im Zusammenhang mit Marihuana beobachtet wurden. Dennoch wurde eine statistisch signifikant erhöhte Anzahl von Unfällen im Zusammenhang mit Marihuana nach allen anderen Arten von Änderungen der Marihuana-Gesetze beobachtet. Problematisch erscheint, dass Vergleichsstaaten auf der Basis von lediglich 2 Kriterien ausgewählt wurden: gleiches Marihuanagesetz wie Zielstaat in der Vorperiode; konstant hoher Prozentsatz an Drogentests in Ziel- und Vergleichsstaat. Die Ergebnisse spiegeln lediglich korrelative Beziehungen wider bei recht kurzen Beobachtungszeiträumen nach der Legalisierung für Freizeitkonsum. Die Prozentsätze der Drogentests variieren stark (z.B. Prozentsätze der Drogentests in Kentucky lagen bei 76 % und in West Virginia bei 95 %), der mögliche Einfluss von Substituten (z.B. andere Drogen etc.) wird nicht berücksichtigt, es werden ausschließlich tödliche Unfälle untersucht. Durch die Verwendung von FARS-Daten ohnehin fragwürdige Ergebnisse.

23. Marinello, S., Powell, L. (2023). The impact of recreational cannabis markets on motor vehicle accident, suicide, and opioid overdose fatalities. *Social Science & Medicine*. doi: <https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2023.115680>.

In dieser ökologischen Studie untersuchten Marinello und Powell (2023) die Auswirkungen von regulierten kommerziellen Märkten für den Verkauf von Cannabis für den Freizeitkonsum auf drei Todesursachen, die mit dem Cannabiskonsum in Zusammenhang stehen: Verkehrsunfälle, Selbstmord und Opioidüberdosierung. Die Studie stützte sich auf Daten aus US-Todesbescheinigungen aus den Jahren 2009 bis 2019 und verwendete ein Differenz-von-Differenzen-Forschungsdesign, um die Auswirkungen von Cannabismärkten in sieben Bundesstaaten (Colorado, Washington, Oregon, Alaska, Nevada, California und Massachusetts) zu schätzen, die vor 2019 Cannabismärkte eingeführt haben. Zum Vergleich wurden Staaten mit umfassenden medizinischen Cannabisprogrammen herangezogen, die einen ähnlichen Trend bei den Todesfällen aufwiesen. Für jedes Ergebnis wurde mit einer Metaanalyse unter Verwendung von Modellen mit zufälligen Effekten eine gepoolte Schätzung ermittelt. Im Konkreten wurden für jedes Quartal Zeitreihendaten auf der Ebene des jeweiligen Bundesstaates für die Anzahl der Todesfälle pro 100.000 Einwohner verwendet, um die

Veränderung der Todesfälle in den Interventionsstaaten vor und nach der Legalisierung von Freizeit-Cannabis im Vergleich zu den Vergleichsstaaten zu schätzen.

Insgesamt fanden die Autoren in den vier Bundesstaaten Colorado, Oregon, Alaska und Kalifornien nach der Einführung von Märkten für den Verkauf von Cannabis für den Freizeitkonsum Hinweise auf einen z.T. erheblichen Anstieg der Todesfälle bei Kraftfahrzeugunfällen (16 %, 22 %, 20 % bzw. 14 %). Insgesamt deutet der gepoolte Effekt über alle sieben Bundesstaaten auf einen durchschnittlichen Anstieg der Unfalltoten um 10 % hin. Umgekehrt zeigt sich, dass Todesfälle durch Opioidüberdosierung verhindert wurden. Die meisten Staaten verzeichneten einen relativen Rückgang der Todesfälle durch Opioidüberdosierungen (zwischen 3 und 28 %), im Durchschnitt von 11 %, was den Anstieg der Cannabis zugeschriebenen Todesfälle wieder ausgleicht. Der „Control level of change“ lag entsprechend bei -0,2 %. Leider werden keine p-Werte angegeben. Obwohl in zahlreichen epidemiologischen Forschungsarbeiten festgestellt wurde, dass Cannabiskonsum mit der Entwicklung von depressiven Störungen und Suizidalität in Zusammenhang steht (Borges et al., 2016; Lev-Ran et al., 2014; Moore et al., 2007), fand die vorliegende Studie keine Hinweise darauf, dass sich die Cannabislegalisierung auf die Selbstmordrate auswirkt.

Obwohl es eine wichtige Studie mit einem langen Untersuchungszeitraum ist, ermöglicht das ökologische Studiendesign keine Kausalschlüsse hinsichtlich des Anstiegs der Fahruntüchtigkeit oder des Rückgangs des Opioidkonsums, stimmt allerdings im Ergebnis mit einer Reihe anderer Studien überein. Die Zusammenstellung der Untersuchungszeiträume und Kontrollstaaten erscheint etwas willkürlich (nichtidentifizierbare Staaten, die in den letzten sechs Jahren zwar medizinisches Cannabis, aber nicht Freizeitcannabis legalisiert hatten). Potenziell konfundierende Variablen werden ebenso wenig berücksichtigt wie demografische Merkmale.

24. Monfort, S. S. (2018). *Effect of recreational marijuana sales on police-reported crashes in Colorado, Oregon, and Washington*. Insurance Institute for Highway Safety.

Die Studie von Monfort (2018) wurde durchgeführt, um polizeilich gemeldete Unfälle aller Schweregrade in Colorado, Washington, Oregon und mehreren vergleichbaren Bundesstaaten zu untersuchen, die Marihuana für den Freizeitgebrauch nicht legalisiert hatten. Die Unfallraten wurden für jeden Monat zwischen Januar 2012 und Dezember 2016 für die drei untersuchten Bundesstaaten sowie für ihre Nachbarstaaten als Kontrollstaaten (Idaho, Montana, Nebraska, Utah, Wyoming) berechnet. Dabei wurde die geschätzte Anzahl der Pkw-Zulassungen nach Bundesstaat und Jahr als Expositionsmaß verwendet und die Unfälle pro Million Zulassungen als Ergebnisvariable berechnet. Unter Berücksichtigung verschiedener demografischer Faktoren wurde die Veränderung der Unfallrate nach der Legalisierung von Marihuana für den Freizeitkonsum mit der Veränderung der Unfallrate in den Kontrollstaaten im gleichen Zeitraum verglichen.

Die kombinierte Analyse aller Studienstaaten im Vergleich zu allen Kontrollstaaten schätzte den Gesamteffekt der Legalisierung von Freizeit-Marihuana auf Verkehrsunfälle auf einen relativen Anstieg von 5,2 % an polizeilich gemeldeten Unfällen. Das Ausmaß, in dem sich die Legalisierung von Marihuana in der Freizeit auf die Unfallraten auswirkte, war in den drei Studienstaaten unterschiedlich, sowohl was die Größe der Auswirkungen als auch ihre statistische Signifikanz anbelangt. Dabei unterschieden sich die drei Studienstaaten (und ihre Kontrollvariablen) in einer Weise, die nur schwer zu quantifizieren war (z.B. in der Gesetzgebung hinsichtlich täglichen Kaufgrenzen, Verkaufssteuern oder verfügbare Optionen für den Eigenanbau) und das Verhalten der Konsumenten beeinflussen kann. Insgesamt eine

Studie mit wenig Aussagekraft, kurzem Beobachtungszeitraum und mangelhafter Berücksichtigung der jeweiligen politischen Vorgaben.

25. Nazif-Munoz, J. I., Oulhote, Y. & Ouimet, M. C. (2020). The association between legalization of cannabis use and traffic deaths in Uruguay. *Addiction*, 115(9), 1697-1706.

Diese Studie von Nazif-Munoz et al. (2020) untersuchte den Zusammenhang zwischen der Umsetzung des Gesetzes zur Legalisierung von Cannabis für den Freizeitgebrauch und den Veränderungen bei der Zahl der Verkehrstoten in Uruguay, Montevideo und vier ländlichen Provinzen (Colonia, Florida, Río Negro und San José) im Zeitraum von 1. Januar 2012 bis zum 31. Dezember 2017. Dabei wurde eine unterbrochene Zeitreihenanalyse der wöchentlichen Verkehrstotenraten von Fahrern von Leichtmotorrädern (50 cc) und Motorrädern (200 cc) nach Fahrzeugtyp in städtischen und ländlichen Gebieten durchgeführt. Entsprechende Veränderungen wurden als Stufen- und Trendeffekte im Vergleich zu den modellierten Trends ohne die Legalisierung dargestellt.

Die Legalisierung von Cannabis in Uruguay war mit einem unmittelbaren Anstieg der Zahl der tödlichen Unfälle bei Fahrern von Leichtmotorrädern um 52,4% verbunden. In Montevideo war das Inkrafttreten des Gesetzes mit einem abrupten und dauerhaften Anstieg des Anteils der tödlichen Unfälle von Fahrern von Leichtmotorrädern (0,02; 95% KI = 0,01, 0,04, $p = 0,011$) und der Todesrate von Fahrern von Leichtmotorrädern (0,06; 95% KI = 0,01, 0,11, $p = 0,025$) verbunden. Die relative Veränderung der beiden Indikatoren betrug 99,5 %. Kein signifikanter Effekt ergab sich für Motorradfahrer. In den vier ruralen Gebieten wurde kein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Inkrafttreten des Gesetzes und dem Anteil der tödlich verunglückten Leichtmotorrad- und Motorradfahrer im Verhältnis zu den Verkehrstoten festgestellt. Den Ergebnissen zufolge könnte die Legalisierung des Cannabiskonsums somit mit einem Anstieg der tödlichen Kraftfahrzeugunfälle in Verbindung stehen, insbesondere bei Fahrern von Leichtmotorrädern und in städtischen Gebieten. Die Ergebnisse sind mit vielen Fragezeichen zu versehen. So fehlen Daten zur Prävalenz von cannabisbedingten Unfällen, auch Unfälle mit Verletzten wurde nicht bewertet. Der Vergleich von urbanen und ruralen Gebieten ist aufgrund unterschiedlicher Exposition schwierig. Dazu kommt die fehlende Berücksichtigung von möglichen Kovariaten: Einfluss von Verhaltensmerkmalen und sozioökonomischen Aspekten auf Zugänglichkeit von Cannabis und Verkehrsmittelnutzung (motorisierte Zweiräder stellen gut 50 % der in Uruguay verwendeten Verkehrsmittel). Nicht einbezogen wurden indirekte Effekte wie Konsumtourismus aus Nachbarländern, Alkoholkonsum sowie unterschiedliche politische Maßnahmen in den Provinzen.

26. Pollini, R. A., Romano, E., Johnson, M. B. & Lacey, J. H. (2015). The impact of marijuana decriminalization on California drivers. *Drug and Alcohol Dependence*, 150, 135-140.

Vor dem Hintergrund der Entkriminalisierung von Marihuana zum 1.1. 2011 in Kalifornien und der damit einhergehenden Befürchtung eines Anstiegs der Fahrten unter Drogeneinfluss untersuchten Pollini et al. (2015) die Auswirkungen dieser Gesetzesänderungen auf das Fahren unter Marihuanaeinfluss. Die Autoren nutzten hierfür zwei verschiedene Datenquellen verwendet – Straßenumfragedaten von zufällig ausgewählten nächtlichen Wochenendfahrern und FARS-Daten der National Highway Traffic Safety Administration für 2008 - 2012 von tödlich verletzten Fahrern. Die vier Standorte Anaheim, Eureka, Fresno und San Rafael bildeten

dabei die Stichprobe der Straßenumfragen für die Analyse vor und nach der Entkriminalisierung.

Die Studie lieferte widersprüchliche Ergebnisse hinsichtlich der Auswirkungen der Entkriminalisierung auf das Fahren unter Einfluss von Marihuana in Kalifornien. Es gab keine statistisch signifikante Veränderung in der Prävalenz von THC-positiven Autofahrten unter nächtlichen Wochenendfahrern ($n = 894$) im Jahr 2012 (9,2 %; 95% CI: 6,3, 12,2) im Vergleich zu 2010 (11,3 %; 95% CI: 8,5, 14,0) oder in der bereinigten Wahrscheinlichkeit, positiv auf THC getestet zu werden (bereinigtes Odds Ratio = 0,96; 95% CI: 0,57, 1,60). Im Gegensatz dazu zeigte sich ein statistisch signifikanter Anstieg der Prävalenz von Cannabinoiden bei tödlich verunglückten Fahrern im Jahr 2012 (17,8 %; 95% CI: 14,6, 20,9) im Vergleich zum Zeitraum vor der Entkriminalisierung 2008-2010 (11,8 %; 95% CI: 10,3, 13,3). Nach Kontrolle von Geschlecht und Alter war die Wahrscheinlichkeit, positiv auf Cannabinoide getestet zu werden, bei tödlich verunglückten Fahrern im Jahr 2012 gegenüber 2008-2010 statistisch signifikant erhöht (bereinigtes Odds Ratio = 1,67; 95% CI: 1,28, 2,18), nicht jedoch im Jahr 2011 gegenüber 2008 - 2010 (bereinigtes Odds Ratio = 1,10; 95% CI: 0,82, 1,46). Eingeschränkte Gültigkeit der Ergebnisse durch Verwendung der FARS-Daten.

27. Santaella-Tenorio, J., Wheeler-Martin, K., DiMaggio, C. J., Castillo-Carniglia, A., Keyes, K. M., Hasin, D. & Cerdá, M. (2020). Association of recreational cannabis laws in Colorado and Washington State with changes in traffic fatalities, 2005-2017. *JAMA Internal Medicine*, 180(8), 1061-1068.

Ziel dieser Studie war es abzuschätzen, inwieweit die Legalisierung von Marihuana für den Freizeitkonsum mit tödlichen Verkehrsunfällen in Colorado und Washington State zusammenhängt. Um entsprechende kurz- und längerfristige Auswirkungen der Legalisierung zu verfolgen, wurde in dieser Studie ein synthetischer Kontrollansatz angewandt für einen vierjährigen Vergleich (2014 - 2017) der Verkehrstotenraten in beiden Staaten nach der Legalisierung mit den Trends in den generierten synthetischen Gruppen. Die Daten zu den Verkehrstoten wurden dabei aus dem Fatality Analysis Reporting System (FARS) vom 1. Januar 2005 bis zum 31. Dezember 2017 gewonnen. Beide Bundesstaaten wurden deshalb gewählt, weil sie die ersten waren, die eine Legalisierung von Marihuana für den Freizeitkonsum in den Vereinigten Staaten einführten, was die Möglichkeit bot, die Auswirkungen in Gebieten zu untersuchen, die zuvor weder direkt noch indirekt mit einer Legalisierung von Marihuana für den Freizeitkonsum in Berührung gekommen waren.

Als Ergebnis wird berichtet, dass die Legalisierung von Marihuana für den Freizeitkonsum in Colorado mit einem Anstieg der Zahl der Verkehrstoten in Verbindung gebracht wurde, nicht jedoch im Bundesstaat Washington. Der Unterschied zwischen Colorado und seiner synthetischen Kontrollgruppe in der Zeit nach der Legalisierung betrug 1,46 Todesfälle pro 1 Milliarde zurückgelegter Fahrzeugmeilen pro Jahr (das entspricht schätzungsweise 75 zusätzlichen Todesfällen pro Jahr; $p = 0,047$). Der Unterschied zwischen dem Bundesstaat Washington und der synthetischen Kontrollgruppe betrug 0,08 Todesfälle pro 1 Milliarde zurückgelegter Fahrzeugmeilen pro Jahr ($p = 0,674$). Die Ergebnisse waren in den meisten Sensitivitätsanalysen stabil. Diese Ergebnisse deuten darauf hin, dass die Ergebnisse einer Legalisierung von Marihuana für den Freizeitkonsum heterogen sein können und möglicherweise von der Art und Weise, wie die Legalisierung umgesetzt wird, abhängen. Unterschiede in der Art und Weise der Legalisierung (z. B. die Dichte von Cannabisgeschäften für den Freizeitgebrauch), Stärke der Pflanzen, Art der Verabreichung, Cannabiskonsum in Verbindung mit anderen Drogen oder Alkohol, Fahren unter dem Einfluss von Cannabis,

anderen Drogen oder Alkohol, reduziertes Anschnallverhalten beim Fahren, der Cannabistourismus aus anderen Bundesstaaten und lokale Faktoren könnten die unterschiedlichen Ergebnisse erklären. Diese genannten Kovariaten wurden in dieser Studie nicht kontrolliert. Ebenso schränken die Autoren selbst ein, durch die Nutzung der FARS-Daten könne nicht ermittelt werden, ob zum Zeitpunkt des Unfalls überhaupt eine Cannabiasintoxikation vorlag.

28. Steinemann, S., Galanis, D., Nguyen, T. & Biffl, W. (2018). Motor vehicle crash fatalities and undercompensated care associated with legalization of marijuana. *Journal of Trauma and Acute Care Surgery*, 85(3), 566-571.

Steinemann et al. (2018) stellten in ihrem Artikel die Hypothese auf, dass die Legalisierung von Cannabis mit einem Anstieg des Anteils der tödlichen Verkehrsunfälle verbunden ist, an denen Cannabis-positive Fahrer beteiligt sind, und dass der Cannabiskonsum mit risikoreichem Verhalten und einem schlechten Versicherungsstatus verbunden ist. Hierfür wurden Daten des Fatality Analysis Reporting System (FARS) vor (1993 - 2000) und nach (2001 - 2015) der Legalisierung ausgewertet und auf das Vorhandensein von Cannabis (THC), Methamphetamin und Alkohol bei tödlich verunglückten Fahrern verglichen (auf Basis der FARS-Daten). Die Daten der Patienten des Traumazentrums Hawaii von 1997 bis 2013 wurden auf THC-Positivität überprüft. Zudem wurden die Daten des staatlichen Trauma-Informationsregisters aus den Jahren 2011 bis 2015 ausgewertet, um den Zusammenhang zwischen Cannabispositivität, Helm-/Gurtnutzung und Krankenversicherungsstatus zu bewerten.

Seit der Legalisierung von Cannabis hat sich gemäß der Studie die THC-Positivität bei tödlichen Verkehrsunfällen verdreifacht. Bei Methamphetamin, das nach wie vor illegal ist, wie auch bei Alkohol gab es vor und nach dem Jahr 2000 keine signifikanten Unterschiede. THC-positive Todesopfer waren jünger und hatten häufiger Alleinunfälle, Unfälle in der Nacht und begingen häufiger Geschwindigkeitsüberschreitungen. Zudem war THC-Positivität mit einer geringeren Wahrscheinlichkeit assoziiert, einen Sicherheitsgurt angelegt oder einen Helm getragen zu haben. Die THC-Positivität unter allen verletzten Patienten, die eingeliefert wurden, stieg von 11 % vor auf 20 % nach der Legalisierung. Auf Basis der Daten des staatlichen Trauma-Informationsregisters von 2011 bis 2015 zeigte sich eine geringere Wahrscheinlichkeit, dass THC-positive Patienten einen Sicherheitsgurt oder einen Helm trugen (33% gegenüber 56%). Darüber hinaus war die Wahrscheinlichkeit, dass sie eine öffentlich finanzierte Krankenversicherung in Anspruch nahmen, doppelt so hoch (28 % gegenüber 14 %). Die Ergebnisse dieser Studie sind nur eingeschränkt verwertbar: Zum einen ermöglicht der zu kurze Studienzeitraum für die Zeit nach der Legalisierung kaum generalisierbare Aussagen, zum anderen leidet die Datenqualität durch Verwendung der FARS-Daten.

29. Tefft, B. C. & Arnold, L. S. (2021). Estimating cannabis involvement in fatal crashes in Washington State before and after the legalization of recreational cannabis consumption using multiple imputation of missing values. *American Journal of Epidemiology*, 190(12), 2582-2591.

Tefft et al. verwendeten Daten zu allen Fahrern, die in den Jahren 2008-2019 in tödliche Unfälle in Washington verwickelt waren (n=8.282), um die Prävalenz von Fahrern mit THC im Blut bei tödlichen Unfällen vor und nach der Legalisierung zu schätzen. Die Daten bezogen die Autoren aus dem Washington State Fatality Analysis Reporting System (FARS). Da nicht alle Fahrer auf Drogen getestet wurden, wurde die Prävalenz von THC unter den Fahrern, die nicht

getestet wurden, durch mehrfache Imputation geschätzt. Im untersuchten Zeitraum waren 8.282 Fahrer in tödliche Unfälle verwickelt, von denen 735 (8,9 %) positiv auf THC getestet wurden, 3.528 (42,6 %) wurden negativ getestet und 4.019 (48,5 %) wurden nicht getestet oder hatten unbestimmte Testergebnisse.

In den kombinierten beobachteten und geschätzten Daten betrug der Anteil der THC-positiven Fahrer vor der Legalisierung 9,3 % und nach der Legalisierung 19,1 % (bereinigtes Prävalenzverhältnis: 2,3, 95% Konfidenzintervall: 1,3, 4,1). Der Anteil der Fahrer mit hohen THC-Konzentrationen (z. B. ≥ 10 ng/ml) stieg erheblich an (bereinigtes Prävalenzverhältnis: 4,7, 95% Konfidenzintervall: 1,5, 15,1). In den sieben Jahren seit der Legalisierung des Cannabiskonsums für den Freizeitgebrauch im Bundesstaat Washington war der Anteil der an tödlichen Unfällen beteiligten Fahrer, die THC-positiv waren, gemäß der Studie mehr als doppelt so hoch wie er nach der Schätzung ohne die Legalisierung gewesen wäre. Ein Teil der erhöhten Prävalenz von THC-positiven Fahrern könnte auf Cannabiskonsum zurückzuführen sein, der nicht mit dem Führen eines Fahrzeugs in Verbindung steht. Die erhöhte Prävalenz von Fahrern mit hohen THC-Konzentrationen wird jedoch von den Autoren als starker Beweis dafür gesehen, dass die Häufigkeit des Cannabiskonsums kurz vor dem Fahren nach der Legalisierung zugenommen hat. Problematisch erscheint die Verwendung des FARS, die zu Ergebnisverzerrungen führt, wenn entweder das Vorhandensein oder die Konzentration von THC mit anderen, im Modell nicht berücksichtigten Faktoren korreliert. Nicht berücksichtigt und nicht kontrolliert wurde, dass der postulierte Anstieg vermutlich durch andere Faktoren verursacht wurde. Die Ergebnisse sind auch nicht auf andere Staaten übertragbar.

30. Vingilis, E., Seeley, J.S., Di Ciano, P., Wickens, C. M., Mann, R. E., Stoduto, G., Elton-Marshall, T., Agic, B., de Souza, C., McDonald, A., Gilliland, J. & Stewart, T. C. (2021). Systematic review of the effects of cannabis retail outlets on traffic collisions, fatalities and other traffic-related outcomes. *Journal of Transport & Health*, 22, 101123. <https://doi.org/10.1016/j.jth.2021.101123>

In dieser Übersichtsarbeit verfolgten Vingilis et al. das Ziel, einen systematischen Review zu Effekten des legalen Cannabisverkaufs im Einzelhandel auf Verkehrsunfälle, tödliche Verkehrsunfälle und weitere Verkehrsfaktoren zu erstellen. Sie identifizierten dazu zunächst 190 Dokumente, aus denen sie lediglich 9 auswählten, die alle Ein- und Ausschlusskriterien erfüllten. Alle neun Studien bezogen sich auf die USA. Sechs dieser Studien ergaben eine Reihe negativer Sicherheitsauswirkungen für Staaten mit Legalisierung gegenüber Staaten ohne Legalisierung. Drei Studien konnten keinerlei Effekte feststellen, eine Studie erbrachte einen signifikanten Rückgang von Verkehrstoten für 15- bis 44-Jährige. Dabei fanden die Studien, die einen Differenz-von-Differenzen-Ansatz, fahrleistungsbezogene Unfalltodesraten und Cannabispositive Testresultate verwendeten, negative Effekte zwischen Cannabislegalisierung und Unfallresultaten. Die Autoren bemerken weiter, eine kausale Attribuierung der Ergebnisse sei aber schwer möglich, da kaum Daten über die tatsächliche Cannabisintoxikation zum Zeitpunkt eines Unfalls vorlägen. Dies wäre für zukünftige Untersuchungen von größter Bedeutung. Obwohl es sich um eine wichtige Studie handelt, bildet letztlich die Basis von lediglich neun Studien und die ausschließliche Berücksichtigung des Einzelhandels eine gewisse Einschränkung der Ergebnisse.

- 31. Windle, S. B., Eisenberg, M. J., Reynier, P., Cabaussel, J., Thombs, B. D., Grad, R., Ells, G. Sequeira, C. & Fillion, K. B. (2021). Association between legalization of recreational cannabis and fatal motor vehicle collisions in the United States: an ecologic study. *Canadian Medical Association Open Access Journal*, 9(1), E233-E241.**

In dieser epidemiologischen (ökologischen) Studie untersuchten die Autoren die jährliche Zahl der tödlichen Kraftfahrzeugkollisionen und die damit verbundenen Todesfälle für 11 US-Jurisdiktionen mit legalisiertem Cannabis für den Freizeitgebrauch (2007 - 2018) mithilfe von Poisson-Regressionen, wobei die Daten aus dem US Fatality Analysis Reporting System (FARS) stammen. Zudem analysierten sie die Schätzungen über die Gerichtsbarkeiten hinweg mithilfe von DerSimonian- und Laird-Modellen mit zufälligen Effekten in einer Meta-Analyse, um daraus eine Schätzung der potenziellen Auswirkungen der Legalisierung auf tödliche Verkehrsunfälle in Kanada vorzunehmen. Zwischen 2007 und 2018 ereigneten sich in den 11 untersuchten US-Bundesstaaten, in denen Cannabis für den Freizeitgebrauch vor 2019 legalisiert wurde, insgesamt 73.982 tödliche Zusammenstöße mit 80.402 Todesopfern. Von diesen Zusammenstößen ereigneten sich 17.116, von denen 18.580 Todesfälle resultierten, in Zeiten, in denen Cannabis für den Freizeitgebrauch legal war.

Auf Basis der Studienergebnisse folgerten die Autoren, dass die Legalisierung mit einem Anstieg der Raten tödlicher Zusammenstöße mit Kraftfahrzeugen (Inzidenzratenverhältnis [IRR] 1,15, 95% KI 1,06-1,26) und der damit verbundenen Todesfälle (IRR 1,16, 95% KI 1,06-1,27) verbunden war. Die Unterschiede zwischen den ersten 12 Monaten nach der Legalisierung und den darauffolgenden Monaten waren hinsichtlich der Raten der tödlichen Zusammenstöße mit Kraftfahrzeugen (IRR 0,92, 95% CI 0,84-1,02) und der damit verbundenen Todesfälle (IRR 0,92, 95% CI 0,84-1,01) nicht schlüssig. Die Legalisierung von Cannabis für den Freizeitgebrauch in den USA war mit einem relativen Anstieg des Risikos tödlicher Kollisionen mit Kraftfahrzeugen um 15 % und einem relativen Anstieg der damit verbundenen Todesfälle um 16% verbunden, wobei es keinen schlüssigen Unterschied zwischen dem ersten und den folgenden Jahren nach der Legalisierung gab. Aus der FARS-Datenbank geht hervor, dass sich 2018 schätzungsweise 30.270 tödliche Verkehrsunfälle in Gerichtsbarkeiten ereigneten, in denen Cannabis für Freizeit Zwecke nicht legalisiert war. Somit deuten die Ergebnisse darauf hin, dass eine Legalisierung auf nationaler Ebene zu zusätzlichen 4.843 tödlichen Verkehrsunfällen pro Jahr in den USA geführt haben könnte. In Kanada wurden im Jahr 2018 1.922 tödliche Verkehrsunfälle gemeldet, bei einem relativen Anstieg von 16 % würde dies 308 zusätzlichen Todesfälle pro Jahr entsprechen. Durch Verwendung der FARS-Datenbank sind allerdings kaum vernünftige Schlussfolgerungen zum tatsächlichen Cannabiskonsum und dessen Beitrag zum Unfallgeschehen zu ziehen. Schwacher Methodenansatz durch Wahl der ökologischen Studie, keine Kontrollgruppen oder Vergleichsstaaten gebildet, große Varianz unfallrelevanter Faktoren zwischen den Gerichtsbarkeiten (u.a. Drogenkonsum, Bevölkerungsdichte, Geschwindigkeitsbegrenzungen) berücksichtigt.

- 32. Windle, S. B., Socha, P., Nazif-Munoz, J. I., Harper, S. & Nandi, A. (2022). The impact of cannabis decriminalization and legalization on road safety outcomes: a systematic review. *American journal of preventive medicine. American Journal of Preventive Medicine*, 63(6), 1037-1052.**

Im Zuge dieser systematischen Literaturübersicht wurden sieben Datenbanken systematisch durchsucht, wobei insgesamt 65 Artikel von 64 Beobachtungsstudien berücksichtigt wurden, 39 davon mit einem quasi-experimentellen Design. Thematisch widmeten sich die berücksichtigten Studien die Legalisierung von Cannabis für den Freizeitkonsum (n = 50), die

Legalisierung von medizinischem Cannabis (n = 22) und die Entkriminalisierung von Cannabis (n = 5). Abgesehen von einer einzigen Studie, die mit Daten aus Uruguay durchgeführt wurde, verwendeten die Studien nur Daten aus den USA (n = 59), nur aus Kanada (n = 2) oder aus beiden Ländern (n = 2). Die einbezogenen Studien untersuchten die Entkriminalisierung von Cannabis (n = 5), die Legalisierung von medizinischem Cannabis und/oder den Verkauf im Einzelhandel (n = 22) sowie die Legalisierung von Cannabis für den Freizeitgebrauch und/oder den Verkauf im Einzelhandel (n = 50).

Die Studien fanden gemischte Auswirkungen der Legalisierung auf Einstellungen, Überzeugungen und selbstberichtete Fahrten. Die Legalisierung zu medizinischen Zwecken, die Legalisierung zu Freizeitzielen und die Entkriminalisierung wurden mit einem Anstieg der positiven Cannabistests bei Autofahrern in Verbindung gebracht. Nur wenige Studien untersuchten die Auswirkungen auf den Konsum von Alkohol oder anderen Drogen, obwohl die Ergebnisse auf einen Rückgang der positiven Alkoholtests bei Fahrern im Zusammenhang mit der medizinischen Legalisierung hindeuteten. Die medizinische Legalisierung wurde mit einem Rückgang der tödlichen Zusammenstöße, während die Legalisierung für den Freizeitkonsum mit einem Anstieg der tödlichen Zusammenstöße in Verbindung gebracht wurde. Durch die geringe Anzahl einbezogener Variablen und die Beschränkung auf Beobachtungsstudien sowie quasi-experimentelle Studien nur eingeschränkte Übertragbarkeit der Ergebnisse auf „Real World-Settings“.

3.4.2 Bewertung der Evaluationsstudien

Tabelle 4 gibt einen Überblick zu den untersuchten Evaluationsstudien: Sie listet die Autoren der Studien in alphabetischer Reihenfolge, schildert kurz die verwendete Methodik sowie zentrale Ergebnisse. Anschließend erfolgt eine Einschätzung der Aussagekraft der einzelnen Studien sowie ihrer Limitationen anhand der oben beschriebenen Bewertungskriterien. Abschließend wird das Ergebnis der untersuchten Evaluation in Form einer Bewertung auf einer fünfstufigen Skala dargestellt. Das Ergebnis umfasst fünf Bewertungsstufen:

- ++ für positiven Sicherheitseffekt,
- + für mäßig positiven Sicherheitseffekt,
- 0 für keinen Sicherheitseffekt,
- – für mäßig negativen Sicherheitseffekt,
- – – für negativen Sicherheitseffekt.

Tabelle 4: Überblick zu den untersuchten Evaluationsstudien

Autoren	zentrale Ergebnisse	Bedeutung	Sicherheitseffekt	Limitationen
Aydelotte et al., 2017 (USA)	keine signifikanten Unterschiede der Unfallzahlen pro Milliarde zurückgelegter Fahrzeugkilometer auf Basis eines Differenz-von-Differenzen Ansatzes und unter Kontrolle von staatspezifischen Bevölkerungs-, Wirtschafts- und Verkehrsmerkmalen vor, unmittelbar nach und 3 Jahre nach der Legalisierung von Cannabis für Freizeitkonsum zwischen Washington sowie Colorado im Vergleich zu 8 Kontrollstaaten; n.s. höhere tödliche Unfallraten in Colorado und Washington in den ersten drei Jahren nach der Legalisierung von Marihuana für den Freizeitgebrauch; geringe Effektgröße (+0,2 tödliche Unfälle/BVMT, KI: -1,4, +0,9); praktische Auswirkung wurde auf bis zu 77 zusätzliche Todesfälle während des Studienzeitraums geschätzt	Mittel-groß	0	keine Unterscheidung zwischen den Auswirkungen der Legalisierung von Marihuana für den Freizeitgebrauch (2012) und den Auswirkungen der Legalisierung des kommerziellen Verkaufs von Marihuana (2014); keine Untersuchung von Subgruppen (z.B. jung-alt); Untersuchung der Gesamtheit der Unfälle und nicht die Unfälle unter Einfluss von Marihuana; Ergebnisse basieren auf FARS-Daten
Aydelotte et al., 2019 (USA)	erhöhte Unfallzahlen mit Todesfolge in Colorado und Washington nach der Legalisierung von Marihuana für den Freizeitgebrauch; nicht signifikanter Effekt (+1,2 Unfälle/Milliarde gefahrene Fahrzeugkilometer) für die Zeit nach der Legalisierung gegenüber der Zeit vor der Legalisierung; signifikanter Effekt (+1,8 Unfälle/Milliarde gefahrene Fahrzeugkilometer) für die Eröffnung kommerzieller Abgabestellen	Mittel	0 bis –	keine statistischen Anpassungen für Mehrfachanalysen; keine Berücksichtigung von Daten über nicht-tödliche Unfälle; dynamische Gesetzeslage der einzelnen Bundesstaaten (z. B. Strafen für den Besitz von Marihuana, Bedingungen für die medizinische Behandlung, Einrichtung medizinischer Marihuana-Ausgabestellen) macht Kontrolle schwierig; Ergebnisse basieren auf FARS-Daten
Ball et al., 2021 (Kanada)	keinen Unterschied in der Rate positiver Cannabinoid-Screening-Ergebnisse vor und nach der Legalisierung	Klein	0	kleine Stichprobengröße, Untersuchung in lediglich einem Traumazentrum; mglw. konfundierte Daten zu toxikologischen Befunden, da Patienten in überweisenden Zentren Opiate erhalten hatten
Balthrop et al., 2022 (USA)	keine statistisch signifikanten Hinweise darauf, dass die Legalisierung von Marihuana zu medizinischen Zwecken oder zur Freizeitgestaltung zu mehr Unfällen mit schweren Lkws führt; Legalisierung des Freizeitkonsums führte sogar zu einem leichten, aber signifikanten Rückgang der Unfälle; starke Unterschiede zwischen den untersuchten Bundesstaaten (Rückgang um 21,5% (Vermont) bis hin zu einem Anstieg der schweren Lkw-Unfälle um 25,6% (Nevada))	Mittel-groß	0	ausschließliche Untersuchung von Lkw-Unfallraten; keine zuverlässigen Angaben zur tatsächlichen Marihuanaprävalenz unter Lkw-Lenkern
Bartos et al., 2018 (USA)	starker, nachhaltiger Rückgang der Zahl der Verkehrstoten im gesamten Bundesstaat: jährlichen Reduzierung zwischen 588 und 900 tödlichen Verkehrsunfällen	Klein	+	Ergebnisse basieren auf FARS-Daten; Verallgemeinerung der Schätzung der MML-Intervention auf die Zahl der Verkehrstoten in Kalifornien auf andere MML-Staaten nicht möglich

Anmerkung. (++) positiver Sicherheitseffekt; (+) mäßig positiver Sicherheitseffekt, (0) weder positiver noch negativer Sicherheitseffekt, (-) mäßig negativer Sicherheitseffekt, (--) negativer Sicherheitseffekt

Autoren	zentrale Ergebnisse	Bedeutung	Sicherheitseffekt	Limitationen
Benedetti et al., 2021 (USA)	Fahrer in Bundesstaaten, die Marihuana für medizinische Zwecke, nicht aber für den Freizeitkonsum legalisiert hatten, hatten eine geringfügig höhere Wahrscheinlichkeit, nach dem Konsum von Marihuana Auto zu fahren, als Fahrer in Bundesstaaten, in denen beides illegal war (bereinigte OR 1,29; 95% CI 0,98, 1,70; $p = 0,075$); wenig Hinweise darauf, dass in Bundesstaaten, in denen beides legalisiert worden war, Fahrer eine höhere Wahrscheinlichkeit hatten, nach dem Konsum von Marihuana ein Fahrzeug zu führen, als Fahrer in Bundesstaaten, in denen beides illegal war (bereinigte OR 1,06; 95% CI 0,71, 1,56; $p = 0,784$). Per-se- oder THC-Grenzwertgesetze waren mit einer geringeren selbstberichteten Fahrleistung nach Marihuanakonsum verbunden (bereinigte OR 0,74; 95% CI 0,57, 0,95; $p = 0,018$)	Klein	0 bis –	selbstberichtetes Verhalten birgt Gefahr für sozial erwünschtes Antwortverhalten; keine Rückschlüsse auf kausale Effekte der Marihuanapolitik möglich; Entkriminalisierungspolitik nicht in Analyse einbezogen; keine Untersuchung von innerstaatlichen Veränderungen des Fahrverhaltens nach Marihuanakonsum in Verbindung mit sich ändernden politischen Maßnahmen
Borst et al., 2021 (USA)	Anteil der THC+-Patienten stieg im Studienzeitraum von 7,3% auf 14,8% an und erreichte nach der Legalisierung im Jahr 2017 mit 14,9% seinen Höhepunkt; im Vergleich zu TOX--Patienten waren THC+-Patienten mit größerer Wahrscheinlichkeit männlich und jünger, trugen seltener Sicherheitsgurte und hatten höheren mittleren Verletzungsschweregrad; keinen Unterschied zwischen den Gruppen bei der Sterblichkeit im Krankenhaus; von 777 Todesfällen am Unfallort waren 27 % THC+	Mittel	0 bis –	Verallgemeinerung dieser Ergebnisse aufgrund des Risikos einer Selektionsverzerrung erschwert; keine Daten über den Zeitpunkt des Konsums bei Patienten mit toxikologischem Befund
Brubacher et al., 2019 (Kanada)	kein statistisch signifikant erhöhtes Unfallrisiko bei $\text{THC} < 2 \text{ ng/ml}$ (OR = 1,53; 95% CI = 0,93-2,60) oder $2 \leq \text{THC} < 5 \text{ ng/ml}$ (OR = 1,59; 95% CI = 0,94-2,82); mglw. erhöhtes Risiko (jedoch nicht signifikant) bei Fahrern mit einem THC-Gehalt von $\geq 5 \text{ ng/ml}$; signifikant erhöhtes Risiko für einen Unfall bestand bei Fahrern mit einer Blutalkoholkonzentration (BAK) $\geq 0,08 \%$ (OR = 6,00; 95% CI = 3,87-9,75; $p < 0,01$), bei denen andere Freizeitdrogen (OR = 1,82; 95% CI = 1,21-2,80; $p < 0,01$) oder sedierende Medikamente (OR = 1,45; 95% CI = 1,11-1,91; $p < 0,01$) nachgewiesen wurden	Mittel-groß	0	Zu geringe Power, um bei verunfallten Fahrern einen geringen Anstieg des Unfallrisikos festzustellen; Zeitpunkt des letzten Cannabiskonsums unklar; Konsumhäufigkeit der untersuchten Fahrer unklar; Ergebnisse klammern Resultate von tödlich verletzten Fahrern aus
Brubacher et al., 2022 (Kanada)	Prävalenz von verletzten Fahrern mit einem THC-Gehalt von mindestens 2 ng pro Milliliter in British Columbia nach Legalisierung mehr als verdoppelt (bereinigtes Prävalenzverhältnis, 2,29). stärkster Anstieg bei älteren Fahrern (bereinigtes Prävalenzverhältnis, 5,18) und männlichen Fahrern (bereinigtes Prävalenzverhältnis, 2,44); keine Veränderung der Prävalenz der verletzten Fahrer, die positiv auf Alkohol getestet worden waren	Klein	– –	Daten beziehen sich lediglich auf mittelschwer verletzte Patienten und können nicht für leicht, schwer oder tödlich Verletzte generalisiert werden; Ergebnisse auch nicht auf andere Regionen übertragbar (höherer Cannabiskonsum im Vergleich zum nationalen Durchschnitt)

Anmerkung. (++) positiver Sicherheitseffekt; (+) mäßig positiver Sicherheitseffekt, (0) weder positiver noch negativer Sicherheitseffekt, (-) mäßig negativer Sicherheitseffekt, (--) negativer Sicherheitseffekt

Autoren	zentrale Ergebnisse	Bedeutung	Sicherheitseffekt	Limitationen
Callaghan et al., 2021 (Kanada)	Umsetzung des Cannabisgesetzes war mit keinen signifikanten Veränderungen bei verkehrsunfallbedingten Notaufnahmen in Ontario oder Alberta bei allen Fahrern oder insbesondere bei jugendlichen Fahrern nach der Legalisierung verbunden	Klein	0	Studiendaten beschränken sich auf Ontario und Alberta; mglw. konfundierte Daten da für mögliche Einflussfaktoren (lange Zeit der Entkriminalisierung von Cannabis in Kanada; erschwerte Zugänglichkeit zu Cannabisprodukten aufgrund von Poststreik; Erlass von strengeren Strafen für substanzinduzierte Fahruntüchtigkeit; "Null-Toleranz"-Programme für den Führerschein mit Abstufung) nicht kontrolliert wurde; keine anerkannten Standards für die Identifizierung minimaler Effektgrößen bei Zeitreihenansätzen im Bereich der Verkehrsunfälle
Calvert & Erickson, 2020 (USA)	keine signifikanten Unterschiede bei tödlichen Verkehrsunfällen mit Fußgängerbeteiligung zwischen Bundesstaaten mit Cannabislegalisierung und ihren Kontrollstaaten; Rückgang aller tödlichen Unfälle (-4,15 und -6,60) nach der Legalisierung von medizinischem Cannabis in Washington und Oregon; Anstieg der Zahl der tödlichen Unfälle nach der Legalisierung von Cannabis für den Freizeitkonsum und dem Beginn des Verkaufs an (0,15 und 0,18 tödliche Unfälle pro 100.000 Einwohner pro Monat) in Colorado	Klein	0	nur drei Bundesstaaten in Analyse einbezogen; Kontrollstaaten waren keine äquivalente Kontrollgruppe; keine Untersuchung, ob die an tödlichen Unfällen beteiligten Fahrer/ Fußgänger durch Cannabis beeinträchtigt waren; Möglichkeit einer Verfälschung durch Residuen oder andere Gefahren für die Validität von Zeitreihendaten; Heterogenität der Cannabispolitik in den untersuchten Staaten nicht modelliert; Ergebnisse basieren auf FARS-Daten
Cook et al., 2020 (USA)	Rückgang der Verkehrstoten um 9% in Staaten mit medizinischem Marihuana zwischen 2010 und 2017, auf Stadtebene (Verringerung der gesetzlichen Strafen für den Besitz kleiner Mengen Marihuana) zeigte sich hingegen ein 13-prozentiger Anstieg der tödlichen Unfälle, an denen männliche Fahrer im Alter von 15 bis 24 Jahren beteiligt waren	Mittel-groß	Einführung von MML +; Entkriminalisierung –	Ergebnisse basieren auf FARS-Daten; keine Aussagen über Zusammenhang zwischen Marihuana-Gesetzen und weniger schweren Verkehrsunfällen möglich; keine Untersuchung ländlicher Gebiete; Auswirkungen verschiedener Aspekte der Marihuana-Gesetze nicht untersucht (Zusammenhang Cannabis- mit Alkoholkonsum); keine Untersuchung einer tatsächlichen Beeinträchtigung der Fahrer durch Marihuana
Dewey et al., 2021 (USA)	Rückgang der Verkehrstoten im Zusammenhang mit der Legalisierung von Marihuana für medizinische Zwecke; keine statistisch signifikanten Effekte hinsichtlich des Verkaufs von Marihuana durch Apotheken sowie der Legalisierung für den Freizeitkonsum	Mittel-groß	+	Fehlen von Beobachtungen bzgl. Trends nach der Legalisierung in mehreren Staaten über mehrere Jahre

Anmerkung. (++) positiver Sicherheitseffekt; (+) mäßig positiver Sicherheitseffekt, (0) weder positiver noch negativer Sicherheitseffekt, (-) mäßig negativer Sicherheitseffekt, (--) negativer Sicherheitseffekt

Autoren	zentrale Ergebnisse	Bedeutung	Sicherheitseffekt	Limitationen
Eichelberger, 2019 (USA)	Anteil der Autofahrer, die angaben, in letzter Zeit Marihuana konsumiert zu haben, war bei allen drei Erhebungen ähnlich; Anteil der THC-positiven Fahrer am Tag vor dem Einzelhandelsverkauf von 8 % auf 23 % sechs Monate nach dem Einzelhandelsverkauf gestiegen; keine Änderung bei Fahrern in der Nacht (19 und 20 %); wahrgenommenes Risiko einer Beeinträchtigung durch Marihuana und festgenommen zu werden, waren vor und nach dem Einzelhandelsverkauf ähnlich; wahrgenommenes Festnahmerisiko zudem nicht prädiktiv für THC-positives Fahren; Wahrscheinlichkeit, THC-positiv zu sein, war bei Fahrern, die Marihuana als sehr wahrscheinlich beeinträchtigend für das Fahren ansahen, um 40 % geringer als bei anderen Fahrern	Mittel	0 bis –	Unterschiede Prä/Post können auch durch andere unbekannte Faktoren beeinflusst worden sein; Umfragen sind nicht unbedingt repräsentativ für alle Autofahrer; Selbstauskünfte aufgrund von Erinnerungsfehlern und sozialer Erwünschtheit nicht immer genau; THC-Gehalt kann keine zuverlässige Vorhersage der Beeinträchtigung treffen
Ellis et al., 2022 (USA)	Prämien nach der Legalisierung von medizinischem Cannabis im Durchschnitt um 22 US-Dollar pro Police und Jahr gesunken; Effekt ist in Gebieten mit direkter Nähe zu einer Apotheke und in Gebieten, in denen vor der Legalisierung von medizinischem Cannabis relativ hohe Raten von Trunkenheit am Steuer verzeichnet wurden, größer; Legalisierung dürfte Gesundheitsausgaben im Zusammenhang mit Autounfällen um fast 820 Millionen Dollar pro Jahr gesenkt haben; bestehendes Potenzial für weitere Senkung um 350 Millionen bei Legalisierung auf nationaler Ebene	Mittel	+	Kausalschlüsse nicht möglich; Auswahl der Kovariaten; Ergebnisse bzgl. medizinischem Cannabiskonsum können nicht auf den Freizeitkonsum übertragen werden
Farmer et al., 2022 (USA)	kein eindeutiger Trend über 11 Jahre erkennbar, Raten für tödliche Unfälle waren in den Studienstaaten tendenziell niedriger als in der Vergleichsgruppe, die Raten für Unfälle mit Verletzten waren jedoch tendenziell höher; die Legalisierung des Freizeitkonsums von Marihuana ging mit einem Anstieg der Unfallraten mit Verletzten einher (+6,5 %), während die anschließende Legalisierung des Einzelhandelsverkaufs mit einem leichten Rückgang verbunden war (-0,7 %); kombinierter Effekt: Anstieg der Unfallraten bei Verletzungen um durchschnittlich 5,8 %; leichter Anstieg der Unfallzahlen mit Todesfolge (+2,3 %) anschließende Legalisierung des Einzelhandelsverkaufs mit einem weiteren leichten Anstieg (+1,8 %) verbunden; kombinierte Effekt: durchschnittlich 4,1%; dennoch merkliche Unterschiede zwischen den einzelnen Bundesstaaten	Mittel-groß	–	z.T. große Varianz in der Populationsgröße der Studien- und Vergleichsstaaten; Zusammenfassung der Vergleichsstaaten zu einer Gruppe aufgrund geringer Anzahl an tödlichen Unfällen (< 100 Unfälle); Varianz in den Kovariaten könnte die tatsächlichen Auswirkungen der Gesetzesänderungen verdecken; keine Berücksichtigung von Unfällen, bei denen nur Sachschaden verursacht wurde; unterschiedliche Erklärungsmöglichkeiten für die Varianz der Unfallraten in den Bundesstaaten

Anmerkung. (++) positiver Sicherheitseffekt; (+) mäßig positiver Sicherheitseffekt, (0) weder positiver noch negativer Sicherheitseffekt, (-) mäßig negativer Sicherheitseffekt, (--) negativer Sicherheitseffekt

Autoren	zentrale Ergebnisse	Bedeutung	Sicherheitseffekt	Limitationen
Fink et al., 2020 (USA)	im Studienzeitraum stieg vorhergesagte Prävalenz von Fahrten unter Cannabiseinfluss in allen Staaten an; Anstieg in Staaten, die Gesetze zur Legalisierung von medizinischem Marihuana eingeführt hatten, war größer als in anderen Staaten (Differenz-von-Differenzen = 0,59 %; 95% CI = 0,06 %-1,12 %); Prävalenz von Fahrten unter Cannabiseinfluss stieg in den Staaten, die von 2001-2002 bis 2012-2013 Legalisierungsgesetze eingeführt hatten, stärker an als in den Staaten ohne Gesetzesänderung (Differenz-von-Differenzen = 0,77 %; 95% CI = 0,05 %-1,59 %) sowie in Kalifornien (Differenz-von-Differenzen = 0,82; 95% CI = 0,06-1,59) und Colorado (Differenz-von-Differenzen = 1,32; 95% CI = 0,11-2,53); Prävalenz von Fahrten unter Alkoholeinfluss nahm zwischen 2001-2001 und 2012-2013 ebenfalls zu; Veränderungen bei der Prävalenz von Fahrten unter Alkoholeinfluss in den Staaten, die Gesetze zur Legalisierung von medizinischem Cannabis eingeführt hatten, waren jedoch ähnlich wie in den anderen Staaten	Mittel	–	bundesstaatliche Unterschiede zwischen Staaten mit Gesetzen zur Legalisierung von medizinischem Cannabis und Staaten ohne Gesetzesänderung können den postulierten kausalen Effekt von Cannabislegalisierung auf Fahrten unter Cannabiseinfluss und Fahrten unter Alkoholeinfluss verzerren; Messungen zum Fahren unter Alkoholeinfluss auf der Grundlage von Selbstauskünften; Teilnehmer aus 11 Staaten nicht in allen drei Erhebungen (NLAES, NESARC, NESARC-III) enthalten und somit aus Hauptanalyse ausgeschlossen; eingeschränkter Studienzeitraum (Daten reichen nicht über 2012-2013 hinaus)
Hansen et al., 2020 (USA)	weder in Colorado noch in Washington kam es in den ersten beiden Jahren nach der Eröffnung kommerzieller Abgabestellen zu einem signifikanten Anstieg der Todesfälle pro Milliarde zurückgelegter Fahrzeugkilometer; Gesamteffekt jedoch nach oben gerichtet: +0,4 zusätzliche Todesopfer pro Milliarde zurückgelegter Fahrzeugkilometer in Colorado und +0,7 zusätzliche Todesopfer pro Milliarde zurückgelegter Fahrzeugkilometer in Washington	Mittel-groß	0	Ergebnisse basieren auf FARS-Daten
Kamer et al., 2020 (USA)	nach Bereinigung um Kovariaten zeigte sich ein Anstieg der tödlichen Verkehrsunfälle um 2,1 pro Milliarde zurückgelegter Fahrzeugkilometer (95% CI 1,3-3,0) nach der Eröffnung von Cannabisgeschäften für den Freizeitgebrauch; Autoren schätzen, dass eine landesweite Legalisierung des Freizeitkonsums zu 6.800 zusätzlichen Verkehrstoten pro Jahr führen würde	Klein	--	Ergebnisse basieren auf FARS-Daten; Berücksichtigung von lediglich drei bundesstaatlich spezifischen Faktoren, die sich während des Untersuchungszeitraums verändert haben könnten; Ergebnisse könnten somit auf andere Einflussfaktoren und nicht die Legalisierung und Kommerzialisierung von Cannabis zurückzuführen sein
Kilmer et al., 2022 (Uruguay)	kein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen der Gesamtzahl der Registrierungen und Verkehrsunfällen mit Verletzten; statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen der Zahl der für Selbstanbau registrierten Personen und der Zahl der Verkehrsunfälle mit Verletzten	Klein	–	Probleme mit der Datenqualität; externe Validität dieser Ergebnisse ist möglicherweise begrenzt; eingeschränkte Datenqualität bedingte geringe Anzahl an einbezogenen Variablen (z.B. Verletzungen nach gefahrenen Kilometern; Stärke des konsumierten Cannabis etc.); Ergebnisse lediglich explorativ

Anmerkung. (++) positiver Sicherheitseffekt; (+) mäßig positiver Sicherheitseffekt, (0) weder positiver noch negativer Sicherheitseffekt, (-) mäßig negativer Sicherheitseffekt, (--) negativer Sicherheitseffekt

Autoren	zentrale Ergebnisse	Bedeutung	Sicherheitseffekt	Limitationen
Lane & Hall, 2019 (USA)	Anstieg von 1,08 Verkehrstoten pro Million Einwohner, gefolgt von einem Trendrückgang von 0,06 pro Monat, allerdings mit erheblicher Heterogenität zwischen den Standorten	Klein bis mittel	0 bis –	keine Aussagen über mittel- und längerfristige Auswirkungen der Legalisierung des Verkaufs von Cannabis; Ursachen für Unterschiede zwischen den Bundesstaaten nicht berücksichtigt; da Zahl der Verkehrstoten insgesamt und nicht die Zahl der tödlichen Unfälle im Zshg. mit Cannabis gemessen wurde, kann keine Aussage darüber getroffen werden, ob die Zunahme der Todesfälle auf eine Zunahme der Unfälle, die Schwere der Unfälle oder andere damit verbundene Faktoren zurückzuführen ist
Lee et al., 2018 (USA)	nach medizinischer Legalisierung keine signifikanten Veränderungen bei der Zahl tödlicher Unfälle, statistisch signifikant erhöhte Anzahl von Unfällen im Zusammenhang mit Marihuana nach allen anderen Arten von Änderungen der Gesetze hinsichtlich einer Legalisierung von Marihuana	Klein bis mittel	--	Vergleichsstaaten auf der Basis von lediglich zwei Kriterien gewählt: gleiches Marihuana-Gesetz wie Zielstaat in der Vorperiode; konstant hoher Prozentsatz an Drogentests in Ziel- und Vergleichsstaat; keine Untersuchung kausaler Auswirkungen der Änderungen des Marihuana-Gesetzes; kurze Beobachtungszeiträume nach Legalisierung für Freizeitkonsum; Varianz in den Prozentsätzen der Drogentests; keine Berücksichtigung eines möglichen Einflusses von Substituten (z.B. andere Drogen etc.); Ergebnisse basieren auf FARS-Daten
Marinello & Powell, 2023 (USA)	Cannabismärkte für Freizeit-Cannabis wurden mit einer höheren Zahl von Verkehrstoten in Verbindung gebracht; keine Hinweise darauf, dass Cannabismärkte zu einem Anstieg der Selbstmorde geführt haben; Cannabismärkte wurden mit Rückgang der Todesfälle durch Opioidüberdosierungen in Verbindung gebracht	Groß	- / 0 / +	ökologisches Studiendesign ermöglicht keine Kausalschlüsse hinsichtlich eines Anstiegs der Fahruntüchtigkeit oder einem Rückgang des Opioidkonsums; lediglich eingeschränkte Berücksichtigung von potenziell konfundierender Variablen; keine Untersuchung von differenzierten Auswirkungen nach demografischen Merkmalen, etwas willkürliche erscheinende Zusammenstellung der Untersuchungszeiträume und Kontrollstaaten; keine Angaben von p-Werten, Kontrolleffekt = 0
Monfort, 2018 (USA)	5,2 % höhere Unfallrate in Colorado, Washington, Oregon im Vergleich zu Kontrollstaaten ohne Legalisierung des Freizeitkonsums und Verkaufs	Klein	–	kurzer Beobachtungszeitraum (2012-2016); keine Berücksichtigung von Saisonabhängigkeit sowie serielle Autokorrelation der Unfälle

Anmerkung. (++) positiver Sicherheitseffekt; (+) mäßig positiver Sicherheitseffekt, (0) weder positiver noch negativer Sicherheitseffekt, (-) mäßig negativer Sicherheitseffekt, (--) negativer Sicherheitseffekt

Autoren	zentrale Ergebnisse	Bedeutung	Sicherheitseffekt	Limitationen
Nazif-Munoz et al., 2020 (Uruguay)	Anstieg des Anteils aller Verkehrstoten um 60,4 % und der Verkehrstotenrate um 52,4 %; in ruralen Gebieten wurden keine signifikanten Zusammenhänge festgestellt	Klein	–	Fehlen von Informationen über die Prävalenz von cannabisbedingten Unfällen; Auswirkungen von Unfällen mit Verletzten wurde nicht bewertet; Vergleich von urbanen und ruralen Gebieten aufgrund unterschiedlicher Exposition schwierig; fehlende Berücksichtigung von möglichen Kovariaten: Einfluss von sozioökonomischen Aspekten auf Zugänglichkeit von Cannabis; Konsumtourismus; Variablen wie Kraftfahrzeugtechnologie, Verbesserungen der Straßeninfrastruktur, Alkoholkonsum, politische Maßnahmen könnten Ergebnisse verfälschen
Pollini et al., 2015 (USA)	keine Veränderung der THC-positiv getesteten Fahrten unter Wochenendfahrern in der Nacht; signifikanter Anstieg der tödlichen Unfälle unter Beteiligung von Cannabinoiden	Klein	0 bis –	Ergebnisse basieren auf FARS-Daten
Santaella-Tenorio et al., 2020 (USA)	kein Anstieg im Bundesstaat Washington (0,08 Todesfälle pro 1 Milliarde zurückgelegter Fahrzeugmeilen pro Jahr ($p = 0,674$), jedoch in Colorado, (1,46 Todesfälle pro 1 Milliarde zurückgelegter Fahrzeugmeilen pro Jahr), wo ein Anstieg von etwa 75 zusätzlichen Verkehrstoten pro Jahr festgestellt wurde ($p = 0,047$)	Mittel-groß	0 bis –	Ergebnisse basieren auf FARS-Daten; andere Faktoren wie z.B. Änderungen lokaler Politiken oder Faktoren in der Zeit nach der Legalisierung von Cannabis für den Freizeitkonsum (z. B. Reiseverhalten, beeinträchtigtes Fahren, Geschwindigkeitsübertretungen, die nicht mit dem Cannabiskonsum in Verbindung stehen) könnten Ergebnis bedingen; Fehlen von Daten auf bundesstaatlicher Ebene zu nicht tödlichen Verkehrsunfällen und deren Zusammenhang mit den Ergebnissen; Zusammenhang von Cannabislegalisierung mit explizit cannabisbedingten Todesfällen nicht untersucht
Steinemann et al., 2018 (USA)	THC-Positivität bei tödlichen Verkehrsunfällen hat seit der Legalisierung um das 3-fache zugenommen; keine signifikanten Unterschiede bei Methamphetamin und Alkohol vor und nach 2000; THC-positive Todesopfer waren jünger, hatten häufiger Unfälle mit einem Fahrzeug, Unfälle in der Nacht, begangen Geschwindigkeitsüberschreitungen, trugen seltener Sicherheitsgurt oder Helm; THC-Positivität unter allen verletzten Patienten des untersuchten Traumazentrums stieg von 11 % vor auf 20 % nach der Legalisierung; von 2011 bis 2015 war die Wahrscheinlichkeit, dass THC-positive Patienten einen Sicherheitsgurt oder einen Helm trugen, deutlich geringer (33 % gegenüber 56 %); Wahrscheinlichkeit für Medicaid-Versicherung war doppelt so hoch (28 % gegenüber 14 %)	Mittel	--	Ergebnisse basieren auf FARS-Daten

Anmerkung. (++) positiver Sicherheitseffekt; (+) mäßig positiver Sicherheitseffekt, (0) weder positiven noch negativen Sicherheitseffekt, (-) mäßig negativen Sicherheitseffekt, (--) negativen Sicherheitseffekt

Autoren	zentrale Ergebnisse	Bedeutung	Sicherheitseffekt	Limitationen
Tefft & Arnold, 2021 (USA)	Anteil der THC-positiven Fahrer vor der Legalisierung 9,3 % und nach der Legalisierung 19,1 % (bereinigtes Prävalenzverhältnis: 2,3, 95% Konfidenzintervall: 1,3, 4,1); der Anteil der Fahrer mit hohen THC-Konzentrationen stieg erheblich an (bereinigtes Prävalenzverhältnis: 4,7, 95% Konfidenzintervall: 1,5, 15,1)	Mittel	--	mögliche Ergebnisverzerrung, wenn entweder das Vorhandensein oder die Konzentration von THC mit anderen, im Modell nicht berücksichtigten Faktoren korreliert; Anstieg mglw. durch andere Faktoren verursacht, Ergebnisse nicht auf andere Staaten übertragbar
Wettlaufer et al., 2017 (USA)	Cannabisbedingte Verkehrsunfälle verursachten im Jahr 2012 in Kanada schätzungsweise 75 Todesfälle (95% CI: 0-213), 4407 Verletzte (95% CI: 20-11.549) und 7794 Personen (95% CI: 3107-13.086), die nur in Zusammenstöße mit Sachschaden verwickelt waren, mit Schadenskosten von 1.094.972.062 \$ (95% CI: 37.069.392-2.934.108.175 \$), wobei die Kosten bei jüngeren Menschen (16-34 Jahre) am höchsten waren	Klein	–	Schätzungen beschränken sich auf das Jahr 2012; eingeschränkte Verfügbarkeit von Prävalenzdaten des Cannabiskonsums und des Fahrens unter Cannabiseinfluss; ausschließliche Berücksichtigung von Verkehrsunfällen, die der Polizei gemeldet wurden oder eine Einlieferung in ein Krankenhaus zur Folge hatten, Unfälle mit weniger schweren Verletzungen und Schäden unter einem Schwellenwert von 1000 bis 2000 kanadischen Dollar (je nach Provinz) daher unterrepräsentiert; keine Berücksichtigung des jeweiligen THC-Gehalts im Körper bei Unfall
Vingilis et al., 2021 (Kanada)	Systematische Literaturübersicht zum Einfluss der Legalisierung von Cannabis und des legalen Einzelhandelsverkaufs auf das Unfallgeschehen; kein bis geringer Anstieg des Unfallgeschehens	Mittel-groß	- / 0 / +	Ergebnisse basieren lediglich auf Basis von neun Studien; Ein- und Ausschlusskriterien etwas willkürlich
Windle et al., 2021 (USA)	Anstieg der Raten tödlicher Zusammenstöße mit Kraftfahrzeugen (Inzidenzratenverhältnis [IRR] 1,15, 95% KI 1,06-1,26) und der damit verbundenen Todesfälle (IRR 1,16, 95% KI 1,06-1,27) verbunden; übersetzt auf Kanada würde dies einen jährlichen Anstieg von 308 zusätzlichen Todesfällen bedeuten	Klein	–	Ergebnisse basieren auf FARS-Daten; Varianz unfallrelevanter Faktoren zwischen den Gerichtsbarkeiten (u.a. Drogenkonsum, Bevölkerungsdichte, Geschwindigkeitsbegrenzungen); keine Verwendung von benachbarten oder angepassten Kontrollbezirken als Vergleichsstaaten
Windle et al., 2022 (USA)	Legalisierung von medizinischem Cannabis mit Rückgang der tödlichen Verkehrsunfälle verbunden, während sie für den Freizeitkonsum mit Anstieg der tödlichen Verkehrsunfälle verbunden war; Entkriminalisierung sowie Legalisierung von Cannabis für medizinische Zwecke und für den Freizeitkonsum mglw. mit Anstieg der Cannabis-Positivität bei Autofahrern verbunden	Mittel	0 bis –	wenige Schlussfolgerungen zu den Auswirkungen der Entkriminalisierung von Cannabis auf die Straßenverkehrssicherheit wegen geringer Studienanzahl möglich; nur wenige Daten zu nicht tödlichen Verletzungen bei Verkehrsunfällen; Risiko einer Verzerrung für alle eingeschlossenen Studien erheblich; Gesamtergebnisse angesichts der Heterogenität zwischen politischen, rechtlichen und demografischen Merkmalen möglicherweise nicht auf bestimmte Gerichtsbarkeiten übertragbar; Ergebnisse beruhen auf FARS-Daten

Anmerkung. (++) positiver Sicherheitseffekt; (+) mäßig positiver Sicherheitseffekt, (0) weder positiven noch negativen Sicherheitseffekt, (-) mäßig negativen Sicherheitseffekt, (--) negativen Sicherheitseffekt

Wie der Zusammenstellung der ausgewerteten Literatur zu entnehmen ist, stammt der Großteil der Studien aus US-amerikanischen Untersuchungen. Dies ist nicht verwunderlich, da in den USA einzelne Bundesstaaten wie z.B. Colorado und Washington bereits im Jahr 2012 mit der Legalisierung und Entkriminalisierung von Cannabis begonnen hatten, während in Kanada der Startpunkt erst im Jahr 2018 lag und dementsprechend erst wenige Studien vorliegen können. Für Uruguay konnten wir lediglich zwei Studien ausfindig machen. Dort erfolgte die Freigabe von Cannabis zwar bereits 2013, der flächendeckende legale Verkauf begann jedoch erst 2017, so dass auch dort der Zeitraum für systematische Studien recht begrenzt ist. Auffallend erscheint weiter: Zwar gibt es eine Reihe von Überblicksarbeiten zu den Auswirkungen von Cannabislegalisierungen auf Unfallgeschehen und Verkehrssicherheit (z.B. Marinello & Powell, 2023; Vingilis et al., 2021) oder Überblicksarbeiten, die u.a. auch das Unfallgeschehen berücksichtigen (z.B. Athanassiou et al., 2022; Bahij & Stevenson, 2019; Dills et al., 2021), aber bis dato existiert keine Meta-Analyse zu dieser Frage, um die Ergebnisse der Studien mathematisch-statistisch zu überprüfen, zu integrieren und neu zusammenzufassen.

Versucht man nun auf Basis der analysierten Studien die Frage zu beantworten, wie sich die Legalisierung und Entkriminalisierung von Cannabis auf das Unfallgeschehen auswirken, fällt die Antwort schwer, da sich die Studienlage – abgesehen von den weit verbreiteten methodischen Problemen vieler Studien – recht heterogen und widersprüchlich darstellt. Eine Reihe von Studien kommt zu mehr oder weniger stark ausgeprägten negativen Effekten der Cannabisfreigabe, andere Studien erbringen entweder weitgehend neutrale oder sogar positive Sicherheitseffekte. Dazu werden im Folgenden jeweils typische Vertreter ausgewählt und zentrale Ergebnisse geschildert.

Sowohl Aydelotte et al. (2019) als auch Kamer et al. (2020) kommen unter Verwendung von Differenz-von-Differenzen-Ansätzen zu negativen Sicherheitseffekten der Cannabisfreigabe und reklamieren einen in manchen Bereichen signifikanten Anstieg von Unfällen mit Todesfolge (+1,8 bzw. +2,1 pro Milliarde gefahrene Fahrzeugkilometer) im Vergleich zu den Kontrollstaaten. Ähnlich Farmer et al. (2022), die zwar einen Anstieg der Unfallzahlen konstatieren, aber insgesamt keinen eindeutigen Trend nachweisen können. Santaella-Tenorio et al. (2020) bringen die Legalisierung von Marihuana für den Freizeitkonsum in Colorado mit einem Anstieg der Zahl der Verkehrstoten in Verbindung, nicht jedoch im Bundesstaat Washington. Nach Calvert und Erickson (2020) stieg die Zahl der tödlichen Unfälle in Colorado nach der Legalisierung von Cannabis für den Freizeitkonsum und dem Beginn des Verkaufs signifikant an (0,15 und 0,18 tödliche Unfälle pro 100.000 Einwohner pro Monat). Im Gegensatz dazu fanden sie für Oregon und Washington einen signifikanten Rückgang tödlicher Unfälle. Marinello und Powell (2023) finden in den vier Bundesstaaten Colorado, Oregon, Alaska und Kalifornien nach der Einführung von Märkten für den Verkauf von Cannabis zum Freizeitkonsum einen durchschnittlichen Anstieg der Unfalltoten um 10 %. Dies wäre für sich genommen ein enormer und beunruhigender Anstieg, die Autoren relativieren diese Größenordnung jedoch durch die Messung indirekter Effekte: So sank gleichzeitig u.a. die Zahl der Todesfälle durch Opioidüberdosierung um durchschnittlich 11 %, der „Control level of change“ lag letztlich bei Null. Lee et al. (2018) kommen zu dem Schluss, die Legalisierung von medizinischem Cannabis hätte keine signifikante Veränderung der Unfallzahlen gebracht, wohl aber die Einführung der weiteren Legalisierung für den Freizeitkonsum, die sie mit einem signifikant erhöhten Anstieg der Unfallzahlen in Verbindung setzen. Lane und Hall (2019) stellen ebenfalls wenig Veränderungen fest: Sie berechnen zwar einen vorübergehenden Anstieg der Zahl der Verkehrstoten in den legalisierenden Staaten (im Jahr nach der Legalisierung um durchschnittlich einen zusätzlichen Verkehrstoten pro Million Einwohner), anschließend konstatieren sie aber eine geringfügige Trendumkehr. Balthrop et al. (2022) untersuchten schwere Lkw-Unfälle und kommen zu einem leichten, aber signifikanten

Rückgang nach der Legalisierung. Bartos et al. (2018) sehen für Kalifornien seit der Freigabe von medizinischem Cannabis im Jahr 1996 einen starken und nachhaltigen Rückgang der Verkehrstoten. Einen anderen Ansatz präsentiert die Gruppe um Brubacher et al. (2019; 2022), die verletzte Fahrer in Traumazentren in British Columbia nach THC-Werten untersuchte. Dabei stellten sie einerseits fest, bei $\text{THC} < 5 \text{ ng/ml}$ würde kein statistisch signifikant erhöhtes Risiko, einen Unfall zu verursachen, bestehen. Zugleich fanden sie heraus, dass nach der Legalisierung die Prävalenz höherer THC-Werte angestiegen war und zwar insbesondere bei Männern und Fahrern über 50 Jahren. Auch Cook et al. (2020) kommen zu heterogenen Ergebnissen: Einerseits ein Rückgang tödlicher Unfälle 15-24-Jähriger nach der Freigabe von medizinischem Marihuana, andererseits ein Anstieg in dieser Altersgruppe nach allgemeiner Cannabisfreigabe. Dewey et al. (2021) bestätigen in ähnlicher Weise das Ergebnis für medizinisches Cannabis, sehen aber keine Veränderung nach der Freigabe für den Freizeitgebrauch, ebenso wie Hansen et al. (2020). Der systematische Review von Vingilis et al. (2021) erbringt keine bis moderat negative Sicherheitseffekte.

5 Diskussion

Welche Auswirkungen hat die Cannabislegalisierung auf das Gesundheitssystem?

- Die Datenlage ist insgesamt dünn und uneinheitlich, die Zuverlässigkeit der erhobenen Daten ist häufig zweifelhaft, es mangelt an aussagekräftigen und methodisch sauberen Studien. Da nur wenige aussagekräftige Ergebnisse vorliegen, lassen sich im besten Falle lediglich Trends ableiten.
- Die Frage nach der Preisentwicklung von Cannabisprodukten kann nicht mit Sicherheit beantwortet werden. Der prognostizierte Preisverfall scheint nicht eingetreten zu sein bzw. die Durchschnittspreise scheinen eher moderat gesunken zu sein. Verschiedentlich wird auch von Preissteigerungen berichtet. Die legalen Verkaufsstellen stehen weiterhin in Konkurrenz zum Schwarzmarkt.
- Der Wirkstoffgehalt – zumindest jener von Cannabisharzen – ist gestiegen, der Markt hält also potentere Produkte vor, was für die Konsumenten nicht unmittelbar erkennbar ist. Nicht transparent für die Konsumenten ist die Zunahme synthetischer Cannabinoide, deren Anteil allerdings schwer zu quantifizieren ist.
- Die Legalisierung von Cannabis führt bei den bisherigen Konsumenten zu einem Anstieg des Marihuanakonsums. Darüber besteht in der Literatur ein relativ breiter Konsens. Dieser Anstieg betrifft in erster Linie erwachsene Konsumenten ab einem Alter von etwa 26 Jahren, nicht aber die Gruppe der Jugendlichen. Letzteres könnte als positive Entwicklung gewertet werden.
- Ein Anstieg der Prävalenzrate bei neuen Konsumenten ist lediglich punktuell zu beobachten. Es steht zu vermuten, dass die legale Cannabisindustrie versuchen wird, sowohl die Zahl der Konsumenten als auch die Regelmäßigkeit des Konsums zu steigern, um ihre Profite zu maximieren.
- Hinsichtlich der Frage nach cannabisbedingten Behandlungsaufnahmen, Krankenhausaufenthalten und Hospitalisierungen (problematischer Konsum, Abhängigkeit) lässt sich kein eindeutiger Trend erkennen. Zwar sind psychiatrische Diagnosen bei Jugendlichen häufig und es besteht ein starker Zusammenhang zwischen einem frühen Beginn des Cannabiskonsums und dem Risiko, eine Psychose zu entwickeln. Die Legalisierung scheint sich in dieser Hinsicht bisher nicht negativ ausgewirkt zu haben, da keine Zunahme des Cannabiskonsums bei Jugendlichen festzustellen ist. Da Jugendliche aber in ihrer biologischen und sozialen Entwicklung durch Cannabiskonsum besonders

gefährdet sind, könnte sich hier langfristig ein zumindest geringer negativer Effekt bemerkbar machen.

- Der gleichzeitige Konsum von Alkohol und Marihuana hat abgenommen; es scheint offenbar eine Verlagerung des Konsums vom öffentlichen in den privaten Raum stattzufinden. Auch beim Alkoholkonsum ist generell ein Rückgang zu verzeichnen. Eine Ausnahme bilden hier die sogenannten „binge drinkers“.
- Hinsichtlich der Kriminalitätsraten ist das Bild weniger eindeutig, der Trend scheint jedoch in Richtung eines Rückgangs der cannabisbezogenen Kriminalität zu gehen. Der Zusammenhang zwischen Cannabislegalisierung und Kriminalitätsraten bleibt jedoch insgesamt vage.
- Tendenziell scheint die Cannabislegalisierung mit einem Rückgang opioidbezogener Verschreibungen und Todesfälle einherzugehen.

Da der Zeitpunkt der Cannabislegalisierung in den betrachteten Ländern erst wenige Jahre zurückliegt, können die festgestellten eher moderaten Effekte hinsichtlich der Auswirkungen auf das Gesundheitssystem primär als Kurzeiteffekte betrachtet werden, die nicht unbedingt auf langfristige Auswirkungen schließen lassen. Eine Ausnahme stellt hier das erhöhte Steueraufkommen der beteiligten Staaten dar. Eine verlässliche Aussage darüber, ob der erleichterte Zugang zu günstigeren, potenteren Cannabisprodukten in Zukunft sowohl die Zahl regelmäßiger Konsumenten erhöht als auch neue Konsumentengruppen generiert, wird vermutlich erst in einer Dekade möglich sein. Vor diesem Hintergrund und angesichts der nur bedingt zuverlässigen Datenlage sollten bei zukünftigen Evaluationen folgende Aspekte berücksichtigt werden:

- Erhebung von cannabisbezogenen Verkaufszahlen und Preisen, Wirkstoffgehalt von Cannabis;
- Erfassung der Prävalenz des Cannabiskonsums bei Jugendlichen und Erwachsenen mit Hilfe von Haushaltsbefragungen und Panels in Bildungseinrichtungen;
- Systematische Erfassung von Krankenhauseinweisungen, Art der Behandlung und Komorbiditäten;
- Ermittlung der Prävalenz des regelmäßigen Cannabiskonsums unter Jugendlichen in psychiatrischen und verwandten Einrichtungen;
- Systematische Erfassung von cannabisbezogenen Kriminalitätsraten.

Führt die Cannabislegalisierung zu einer Veränderung von Risikokennwerten der Verkehrssicherheit?

Lässt man abschließend die Literatur, die sich mit möglichen Zusammenhängen zwischen der Legalisierung von Cannabis und Risikokennwerten der Verkehrssicherheit beschäftigt hat, Revue passieren und versucht ein Fazit zu formulieren, so macht sich eher Ernüchterung breit. Die Ergebnisse der Studien divergieren stark, ein eindeutiger Trend ist kaum auszumachen. Ein direkter Zusammenhang zwischen Cannabislegalisierung und dem Unfallgeschehen, geschweige denn eine kausale Zuschreibung, lässt sich nicht herstellen. Hierfür gibt es eine Reihe von Gründen, die im Folgenden diskutiert werden.

Problematische Datenbasis.– Wie erwähnt liegen zur zentralen Fragestellung dieser Übersichtsarbeit in erster Linie Studien aus den USA vor. Diese wiederum verwenden fast ausschließlich die FARS-Daten, die in ihrer Aussagekraft stark eingeschränkt sind und für verlässliche verkehrs- und unfallbezogene Risikoabschätzungen kaum herangezogen werden

können. Die FARS-Daten enthalten lediglich die Information, ob Cannabis konsumiert wurde, unterscheiden aber beispielsweise nicht zwischen THC- und Nicht-THC-Cannabinoiden und ob zum Unfallzeitpunkt tatsächlich eine cannabisbedingte Beeinträchtigung vorlag. Darüber hinaus gibt es zwischen den einzelnen Bundesstaaten erhebliche Unterschiede in der Erhebungsmethodik, d.h. wer getestet wird, ob überhaupt auf Cannabis getestet wird, mit welcher Methode getestet wird (Urin, Blut, Speichel), welche „cut-off“-Werte verwendet werden. In der Regel fehlen die Nachweise, ob zum Zeitpunkt eines Unfalls, der in die Unfallanalyse eingeht, tatsächlich eine Beeinträchtigung des Fahrers durch Cannabiskonsum vorlag. Auch ohne den Nachweis, dass der Konsum durch den legalen Verkauf tatsächlich zugenommen hat (was, wie in Kapitel 3 gezeigt wurde, nicht unbedingt systematisch erhoben wird), lässt sich ein Zusammenhang mit dem Unfallgeschehen kaum herstellen.

Methodische Probleme.– Bei den vorliegenden Studien handelt es sich überwiegend um epidemiologische Studien bzw. Fall-Kontroll-Studien sowie um Beobachtungsstudien. Aus den in der Regel berechneten Odds Ratios ORs lässt sich keine Kausalität ableiten, v.a. weil es einen dritten Faktor geben kann, der beide Merkmale beeinflusst bzw. konfundiert. Es verbleibt also lediglich die Feststellung, es *könnte* ein Zusammenhang zwischen Cannabislegalisierung und Unfallgeschehen bestehen. Wie eingangs in Kapitel 4 beschrieben unterliegen solche Studien – sofern sie nicht sorgfältig kontrolliert werden – einer Reihe von methodischen Fehlern. Dabei handelt es sich vor allem um Konfundierungsfehler, Selektionsfehler, Messfehler und Publikationsfehler. Den größten Einfluss auf die ermittelten ORs im Sinne einer Überschätzung der Werte haben die Selektionsfehler, die sich insbesondere bei den Fall-Kontroll-Studien erheblich auswirken. Bedeutsam erscheinen auch die Messfehler, z.B. wird nicht immer sauber zwischen „THC vorhanden vs. THC nicht vorhanden“ unterschieden oder es wird lediglich der Metabolit THC-COOH gemessen etc.

Was wäre hier der methodisch sauberste Ansatz, der für zukünftige Untersuchungen zu fordern ist? Zuteilung im Sinne von matched pairs von Kontrollfahrern zu jedem verunfallten Fahrer nach Fahrzeugtyp, Verkehrssituation und Fahrtrichtung, Tageszeit, Wochentag, Alter und Geschlecht.

Indirekte Effekte, die das Unfallgeschehen bzw. die Interpretation der Unfalldaten beeinflussen können.– Der Großteil der bewerteten Studien versucht, *direkte Effekte* der Cannabislegalisierung auf das Unfallgeschehen zu ermitteln, ohne zu beachten, dass auch *indirekte Effekte* die Interpretation der verwendeten Risikokennwerte verändern können. Ein solcher Effekt ist beispielsweise, die Tageszeit eines Unfalldatums nicht zu berücksichtigen: Wie erwähnt ist die Prävalenz des Cannabiskonsums in der Nacht etwa doppelt so hoch wie tagsüber. Von noch größerer Bedeutung erscheint zum einen der Rückgang des gleichzeitigen Konsums von Cannabis und Alkohol: Die postulierte potenzierende Wirkung des simultanen Konsums wird ja generell mit einem erhöhten Unfallrisiko in Verbindung gebracht³, demnach würde also ein Rückgang des gleichzeitigen Konsums auch (indirekt) zu einem Rückgang von Unfallzahlen beitragen. Analoges gilt zum anderen für den reduzierten Alkohol- und Opioidkonsum – für den es wie dargestellt eine Reihe von Hinweisen in der bewerteten Literatur gibt – der ebenfalls für einen Rückgang der Unfallzahlen verantwortlich wäre, ohne dass sich die Zahl der cannabisbezogenen Unfälle verändert hätte.

Frage nach den Verhaltensweisen von Cannabiskonsumenten.– Die geschilderten indirekten Effekte erscheinen auch plausibel, wenn man sich die Frage nach typischen Verhaltens- bzw. Fehlverhaltensweisen von Cannabiskonsumenten im Straßenverkehr stellt. In

³ Dieser Umstand wird im Übrigen neuerdings stark in Frage gestellt, eine Diskussion hierzu ist aber jenseits der Fragestellung dieser Arbeit.

der Literatur findet sich dazu erstaunlich wenig, meist wird auf Labor- und Simulatorstudien verwiesen, die als sogenanntes sensitives Maß zur Bewertung drogeninduzierter Beeinträchtigungen die Standard deviation of lateral position – SDLP, also die Variabilität der lateralen Spurposition, verwenden. Die damit ermittelten Effekte sind meist gering und kaum auf die Verkehrsrealität übertragbar: Unter Labor- und Simulationsbedingungen gefundene Beeinträchtigungen durch Cannabis haben in der Verkehrsrealität in der Regel keinen signifikanten Einfluss auf Verhalten, da bei der Unfallentstehung viele andere nicht kontrollierbare und zufällig auftretende Variablen eine Rolle spielen (siehe unten).

Die wenigen anderen Studien, die sich auf Beobachtungen oder Überblicksarbeiten stützen, vergleichen gerne Cannabis- mit Alkoholkonsumenten und interpretieren wie folgt: Alkoholkonsumenten würden die Wirkung des Alkohols auf ihre Fahrfähigkeiten und -fertigkeiten zwar unterschätzen, aber im Bereich bis 0,5 Promille spiele bei Unfällen weniger (die meist labortechnisch festgestellte) alkoholbedingte Beeinträchtigung eine Rolle, sondern sie seien motivational eher bereit, ein höheres Risiko in Kauf zu nehmen, in dem sie z.B. schneller oder aggressiver fahren (weil sie damit ihr optimales Beanspruchungsniveau erreichen und der Alkohol in diesem Bereich von $< 0,5$ Promille in Maßen ihr Leistungsvermögen steigert). Umgekehrt überschätzten Cannabiskonsumenten den Drogeneffekt und würden (über)kompensieren, in dem sie langsamer fahren, weniger häufig überholen und größere Abstände einhalten (Larkin, 2015; Peterman, 2019 zitiert nach White & Burns, 2022). Dies erscheint insofern nachvollziehbar als es sich um ein typisches Verhalten handelt, das aus der Beanspruchungsregulation bekannt ist, in dem Fahrer versuchen, mit diesen Verhaltensweisen ihr optimales Beanspruchungsniveau zu erreichen, um eben Fehlbeanspruchungen zu vermeiden.

Problematisierung der ausschließlichen Verwendung des Unfallkriteriums als Maß der Verkehrssicherheit. – Der klassische Risikoindikator zur Bewertung von Verkehrssicherheit ist zweifellos der *Unfall*. Im Gegensatz zu den weniger kritischen Ereignissen sind seine Folgen manifest, er stellt das seltenste Ereignis dar und über ihn stellen die Polizei und Behörden bei der Unfallaufnahme Daten zusammen, auf die die Unfallforschung zugreifen kann. Allerdings ist der „Unfall“ als Kriterium zur Bewertung der Systemleistung „Verkehrssicherheit“ mit einer Reihe von problematischen Eigenschaften behaftet. Unfälle sowie Unfallraten – bezogen auf gefahrene Kilometer, Führerscheininhaber, Gruppierungen von Fahrern – können immer nur einen Blick zurück auf schon geschehene kritische Ereignisse gewähren, der durch Zufälligkeiten, nicht wiederkehrende aktuelle Umstände, Unzuverlässigkeit der Daten und ihrer Erhebung getrübt ist. Unfälle haben überdies unvorteilhafte psychometrische Eigenschaften: Unfallzahlen sind nur in sehr großen Kollektiven und über längere Zeiträume reliabel und als statistisch seltene Ereignisse kann man in empirischen Untersuchungen im üblichen zeitlichen Rahmen kaum mit Unfällen in nennenswertem Umfang rechnen. Um es mit Klebelsberg (1982) auszudrücken: Die Häufigkeit von Unfällen ist also im Verhältnis zur Anzahl möglicher Unfälle außerordentlich klein und vermittelt deshalb eine trügerische Information über den Gesamtgefährlichkeitsgrad des Verkehrs. Der Unfall ist letztlich der fatale Ausgang einer Sequenz von Ereignissen, die mit einer Abweichung vom Normalbetrieb beginnt und über das Misslingen von Korrekturmaßnahmen, das Einwirken weiterer beeinträchtigender Umstände sowie Zufallskomponenten endet (zusammengefasst aus Gstalter & Fastenmeier, 2021). Allein diese Argumente würden bedeuten, dass verlässliche Aussagen zu Effekten der Cannabislegalisierung auf das Unfallgeschehen, geschweige denn auf die Verkehrssicherheit, nur eingeschränkt möglich sind. Dazu kommt die oben geschilderte Problematik der FARS-Daten aus den USA und der fraglichen Feststellbarkeit, ob zum Zeitpunkt eines erfassten Unfalls tatsächlich eine cannabisinduzierte Beeinträchtigung vorlag. Denn wie erwähnt bedeutet ein positiver Test auf Cannabis nicht notwendigerweise, dass zum Zeitpunkt des

Unfalls eine Beeinträchtigung vorlag, da THC-Gehalt und Metaboliten noch lange Zeit nach einer möglichen Beeinträchtigung nachgewiesen werden können. Dies gilt insbesondere für chronische Konsummuster, was überdies zu einer erheblichen Verzerrung von Studienergebnissen beitragen kann.

Folgerung: Erforschung des beobachtbaren Normalverhaltens im Zusammenhang mit Cannabiskonsum.– Aus dem Mangel, Verkehrssicherheit und Cannabiskonsum immer nur mit dem Unfallkriterium zu verknüpfen, ohne nachweisen zu können, dass zum Unfallzeitpunkt tatsächlich eine Beeinträchtigung durch Cannabis vorlag, folgt: Es ist notwendig, die Bewertung von Verkehrssicherheit direkter am Normalverhalten zu orientieren, also die dem Unfall vorausgehenden Ereignisse systematisch zu untersuchen, hier also cannabisbezogenes Normalverhalten in den Fokus zu rücken. Damit geht auch eine Priorisierung von Untersuchungen in „real world settings“ einher, um die Diskrepanz zu möglicherweise überschätzten, in jedem Fall aber theoretischen Laborergebnissen zur Wirkung von Cannabis zu überwinden.

Forschungsbedarf: Zuverlässige Indikatoren für Cannabisbeeinträchtigungen entwickeln.– Das diagnostische Instrumentarium zur Überprüfung der psychischen und psychophysischen Leistungsfähigkeit von Kraftfahrern umfasst neben klassischen Testverfahren auch die Beobachtung des konkreten Fahrverhaltens in definierten Verkehrssituationen unter realen Verkehrsbedingungen. Insbesondere die Erfassung von Fahrfehlern – als kritische Masse von Ereignissen, die Störungen und Sicherheitsrisiken im Verkehrssystem darstellen – kann dabei die Beurteilungsbasis erheblich verbreitern, indem eine Liste möglicher Fahrfehler standardisiert wird. Für die standardisierte direkte Beobachtung des Fahrverhaltens hat sich die psychologische Fahrverhaltensbeobachtung als qualifizierte Methode bewährt. Der Begriff der *Standardisierung* bezieht sich im Wesentlichen auf

- die Fahraufgabe und ihr situatives Korrelat, die Verkehrssituation,
- die aus der Bewältigung der Fahraufgaben resultierenden Anforderungen an den Fahrer sowie
- die darauf fußende Analyse und Bewertung korrekten und fehlerhaften Fahrverhaltens in diesen Verkehrssituationen.

Dazu kommen die Gütekriterien der Objektivität, Reliabilität und Validität.

Mit Hilfe von Fahrverhaltensbeobachtungen (FVB) könnte also der Einfluss von THC-Gehalt, Cannabis-Intoxikation etc. bei Gelegenheits- und Dauerkonsumenten auf die Fahrleistung ermittelt werden. Damit wäre dann auch eine realitätsnahe Bestimmung der tatsächlichen Gefährdung der Verkehrssicherheit durch Cannabiskonsum möglich. Allerdings muss an dieser Stelle auf einen einschränkenden Faktor hingewiesen werden: Üblicherweise werden Fahrverhaltensbeobachtungen im Realverkehr – entweder im Fahrzeug der Probanden oder in instrumentierten Meßfahrzeugen – durchgeführt. Eine Messung im Realverkehr, bei der Probanden unter dem Einfluss von Cannabis beobachtet werden, scheidet aus naheliegenden Gründen aus. Deshalb erscheint es in einem ersten Schritt wünschenswert, Fahrverhaltensbeobachtungen in einem geschützten Verkehrsraum durchzuführen, der gleichzeitig möglichst „nahe“ an der Verkehrsrealität ist. Dafür bieten sich unseres Erachtens Versuchsräume und Teststrecken wie beispielsweise der Lausitzring an. In einem weiteren Schritt sind geeignete Maße zur Überprüfung der Cannabiswirkung heranzuziehen und geeignete Versuchspläne einschließlich einer sorgfältigen Formulierung der zu untersuchenden Hypothesen sowie einer erschöpfenden Auflistung der abhängigen und unabhängigen Variablen zu erstellen. Ergänzend sollte auch eine testpsychologische Überprüfung der psychophysischen Leistungsfähigkeit der Probanden erfolgen.

Die oben beschriebenen Gütekriterien sind allgemeiner Natur. Es stellt sich deshalb die Frage, ob nicht einige der Vorteile einer Standardisierung zugunsten konkreter Fragestellungen im Sinne einer *maßgeschneiderten Fahrverhaltensbeobachtung* aufgegeben werden könnten. So könnte es z.B. sinnvoll sein, das Verhalten unter Cannabiseinfluss, das unter Umständen zu einem reduzierten Aktivationsniveau führt, auch auf einer monotonen Strecke zu überprüfen, um mögliche Aktivitätssteigerungen durch die Untersuchungssituation zu vermeiden und demgegenüber Leistungsfunktionen wie z.B. die Daueraufmerksamkeit abklären zu können.

Fazit.– Cannabiskonsum muss – wie von Kannheiser bereits 2002 formuliert – hinsichtlich seiner verkehrsbezogenen Auswirkungen weiterhin differenziert betrachtet werden: demzufolge ist unter Eignungsgesichtspunkten zwischen leichten und schweren Konsummustern zu unterscheiden. So sind bei chronischem, schwerem Langzeitkonsum von Cannabis funktionale Störungen im Aufmerksamkeits- und Gedächtnisbereich nicht auszuschließen, die die Fahrtüchtigkeit plötzlich und unerwartet, etwa in kritischen Fahrsituationen, beeinträchtigen können. Auch Störungen des Aktivationsniveaus können mit chronischem Cannabiskonsum gekoppelt sein bzw. gegebenenfalls auch als Folge von Cannabiskonsum betrachtet werden.

Wie im Verlauf des vorliegenden Berichts gezeigt werden konnte, fällt es ausserordentlich schwer, sowohl methodisch saubere Studien als auch zuverlässige Datengrundlagen zu finden, um Effekte der Cannabislegalisierung auf Risikokennwerte der Verkehrssicherheit sowie auf Kennwerte des Gesundheitssystems abschließend bewerten zu können. Da der Zeitpunkt der Cannabislegalisierung in den betrachteten Ländern erst wenige Jahre zurückliegt, können die festgestellten eher moderaten Effekte hinsichtlich der Auswirkungen auf diese Kennwerte primär als Kurzeiteffekte betrachtet werden, die nicht unbedingt auf Langzeiteffekte schließen lassen. Ein sorgfältiges Monitoring sollte daher in jedem Fall etabliert werden.

Hinsichtlich der zentralen Fragestellung dieser Übersichtsarbeit ergibt sich folgendes Fazit: Aufgrund der genannten Punkte kann keine verlässliche Aussage zum Einfluß der Cannabislegalisierung auf die Verkehrssicherheit – gemessen am Unfallkriterium – generiert werden. Es scheint daher naheliegend, diesbezüglich auf die Metaanalysen zum allgemeinen Zusammenhang von Cannabiskonsum und Unfällen zurückzugreifen: Demnach ist das Unfallrisiko insgesamt *moderat erhöht* und Cannabis erscheint damit nicht als ein Problem, das signifikant zum Unfallgeschehen beiträgt. Dies bedeutet jedoch nicht, dass der Konsum von Cannabis bei gleichzeitiger aktiver Teilnahme am Straßenverkehr als ungefährlich und bedenkenlos angesehen werden kann. Dies gilt insbesondere für die Gruppe der regelmäßigen „hochdosierten“ Cannabiskonsumenten, die auf Basis der vorliegenden Evidenz durchaus ein Risiko für die Verkehrssicherheit darstellen können. Auch wenn die aktuelle Studienlage auf eine Reduktion des Alkohol- und Opioidkonsums sowie des gleichzeitigen Konsums von Cannabis und Alkohol hindeutet, darf das vermutlich hohe Verkehrssicherheitsrisiko, das der Mischkonsum von Cannabis mit anderen Substanzen – insbesondere Alkohol aufgrund seiner leichten Verfügbarkeit – und der aktiven Teilnahme am Straßenverkehr mit sich bringt, bei der Bewertung des Gefährdungspotenzials keinesfalls außer Acht gelassen werden. Wie dieser Bericht zeigt, bleiben noch viele offene Fragen – und nicht zuletzt soll dies als Impuls verstanden werden, wie oben skizziert neue Wege zu beschreiten.

Empfehlungen zur risikominimierenden Gestaltung des Legalisierungsprozesses: „Kein Blindflug bei der Cannabislegalisierung“

Die Deutsche Gesellschaft für Verkehrspsychologie DGVP e.V. hat angesichts der Gesetzesinitiative der Bundesregierung die potenziellen Auswirkungen einer Legalisierung von nicht-medizinischem Cannabis auf die Verkehrssicherheit in einem systematischen Review internationaler Studien untersucht, dabei 76 Studien bewertet und dazu folgenden Bericht vorgelegt:

Fastenmeier, W. & Söllner, M. (2023). *„Die Legalisierung von Cannabis in verschiedenen Ländern – empirisches Lagebild zu den Auswirkungen auf Risikokennwerte der Verkehrssicherheit, des Gesundheitswesens und der Marktdynamik“*. Berlin: Deutsche Gesellschaft für Verkehrspsychologie DGVP e.V..

Wie dieser Bericht zeigt, ist es außerordentlich schwierig, sowohl methodisch saubere Studien als auch zuverlässige Datengrundlagen zu finden, um die Effekte einer Cannabislegalisierung auf Risikokenngrößen der Verkehrssicherheit sowie auf Kenngrößen des Gesundheitssystems abschließend bewerten zu können. Die Auswertung der relevanten Parameter deutet auf eine gemischte Befundlage, die von negativen über neutrale bis zu positiven Auswirkungen reicht. Da der Zeitpunkt der Cannabislegalisierung in den betrachteten Ländern erst wenige Jahre zurückliegt, können die festgestellten eher moderaten Effekte hinsichtlich der Auswirkungen auf diese Parameter primär als Kurzeffekte betrachtet werden, die nicht zwangsläufig auf Langzeiteffekte schließen lassen. Insofern ist die vorgenommene Bewertung der Effekte vorläufig, liefert aber gleichzeitig eine gute Perspektive auf das, was bei einer Cannabislegalisierung zu erwarten wäre und im Vorfeld bedacht werden kann.

Cannabislegalisierung führt nicht zu einer Erhöhung der Verkehrssicherheit

Hinsichtlich der zentralen Fragestellung dieser Übersichtsarbeit ergibt sich folgendes Fazit: Aufgrund der genannten Punkte kann keine verlässliche Aussage zum Einfluss der Cannabislegalisierung auf die Verkehrssicherheit – gemessen am Unfallkriterium – generiert werden. Es erscheint daher naheliegend, diesbezüglich auf die Metaanalysen zum allgemeinen Zusammenhang zwischen Cannabiskonsum und Unfällen zurückzugreifen: Demnach ist das Unfallrisiko insgesamt *moderat erhöht* und Cannabis erscheint somit nicht signifikant zum Unfallgeschehen beizutragen. Dies bedeutet jedoch nicht, dass der Konsum von Cannabis bei aktiver Teilnahme am Straßenverkehr in der Wirkungsphase als unbedenklich und unproblematisch angesehen werden kann. Dies gilt insbesondere für die Gruppe der regelmäßigen „hochdosierten“ Cannabiskonsumanten sowie für die Personengruppe, die einen problematischen Mischkonsum von Cannabis mit anderen Substanzen – Alkohol, andere Drogen – praktiziert, die auf Basis der vorliegenden Evidenz ein Risiko für die Verkehrssicherheit darstellen kann. Wie der vorliegende Bericht zeigt, bleiben noch viele offene Fragen – und nicht zuletzt soll dies als Impuls verstanden werden, neue Wege zu beschreiten.

Um ein vollständiges Verständnis potenzieller Langzeiteffekte des Cannabismarktes zu entwickeln, ist ein kontinuierliches Monitoring notwendig. Von großer Bedeutung ist es, insbesondere neue Konsumentengruppen hinsichtlich der Trennung von Fahren und Marihuanakonsum zu sensibilisieren und zu informieren. Dies könnte analog zu den erfolgreichen Alkoholkampagnen erfolgen.

Die Bewertung der Auswirkungen auf das Gesundheitswesen ist aufgrund begrenzter Daten als vorläufig zu betrachten

Weitgehender Konsens besteht zu folgenden Punkten:

- Der erwartete Preisverfall ist nicht eingetreten; die legalen Verkaufsstellen stehen weiterhin in Konkurrenz zum Schwarzmarkt.
- Der Wirkstoffgehalt von Cannabis ist gestiegen, ebenso der Anteil synthetischer Cannabinoide.
- Die Legalisierung von Cannabis führt bei den bisherigen Konsumenten zu einem Anstieg des Marihuanakonsums. Dies gilt insbesondere für erwachsene Nutzer, nicht für Jugendliche. Die Legalisierung kann deshalb zur Gewohnheitsbildung des Konsummusters beitragen.
- Hinsichtlich der Frage nach cannabisbedingten Behandlungsaufnahmen, Krankenhausaufenthalten und Hospitalisierungen (problematischer Konsum, Abhängigkeit) lässt sich kein eindeutiger Trend erkennen.
- Der gleichzeitige Konsum von Cannabis und Alkohol hat abgenommen. Ebenso scheint ein Rückgang opioidbezogener Verschreibungen und Todesfälle feststellbar.
- Ein signifikanter Effekt der Legalisierung ist ein Anstieg der Steuereinnahmen für die jeweiligen Staaten.

Will man zu einer evidenzbasierten und belastbaren Aussage gelangen, ist zukünftig eine systematische Erhebung folgender epidemiologischer Daten notwendig:

- Erhebung von cannabisbezogenen Verkaufszahlen und Preisen, Wirkstoffgehalt von Cannabis;
- Erfassung der Prävalenz des Cannabiskonsums bei Jugendlichen und Erwachsenen mit Hilfe von Haushaltsbefragungen und Panels in Bildungseinrichtungen;
- Systematische Erfassung von Krankenhauseinweisungen, Art der Behandlung und Komorbiditäten vor und nach einer Legalisierung des Cannabiskonsums bei Erwachsenen;
- Ermittlung der Prävalenz des regelmäßigen Cannabiskonsums unter Jugendlichen in psychiatrischen und verwandten Einrichtungen;
- Systematische Erfassung von cannabisbezogenen Kriminalitätsraten.

Methodische Qualität der Studien verbessern

Aufgrund der methodischen Probleme der vorliegenden epidemiologischen Studien bzw. Fall-Kontroll-Studien lassen sich keine Kausalschlüsse, sondern lediglich *mögliche* Zusammenhänge zwischen Cannabislegalisierung und Unfallgeschehen ableiten. Um die *methodische Qualität* zukünftiger Studien zu Fragen des Unfallrisikos zu erhöhen, sind folgende Aspekte zu gewährleisten:

- Vermeidung von Konfundierungsfehlern (z.B. fehlende Berücksichtigung von Alter, Tageszeit, Mischkonsum), Selektionsfehlern (z.B. verzerrende Auswahl der Probanden, fragwürdige Datengrundlagen), Messfehlern (z.B. Art und Zeitpunkt der THC-Messung) und Publikationsfehlern (z.B. „cherry-picking“ bei Analyse vorhandener Studien);
- Zuteilung von Kontrollfahrern zu jedem verunfallten Fahrer im Sinne von „matched pairs“ nach Fahrzeugtyp, Verkehrssituation und Fahrtrichtung, Tageszeit, Wochentag, Alter und Geschlecht;
- Standardisierung bei der Erfassung relevanter Einflussfaktoren auf die aktuelle Wirkung des THC im Blut bei verunfallten/verkehrsauffälligen Fahrern (z.B. THC-Konzentration im Serum oder Vollblut, Zeitabstand der Blutentnahme zum Unfallgeschehen, Zeitnähe des Konsums zum Unfallgeschehen und Erfassen von Stoffwechsel- und Abbauprodukten zur Einordnung des Betroffenen als regelmäßiger oder gelegentlicher Konsument). Nur dann

kann eine differenzierte und vergleichende Analyse des Einflusses von THC auf die Fahrsicherheit überhaupt erfolgen.

- Der Großteil der bewerteten Studien versucht, *direkte Effekte* der Cannabislegalisierung auf das Unfallgeschehen zu ermitteln, ohne zu beachten, dass auch *indirekte Effekte* die Interpretation der verwendeten Risikokennwerte verändern können (z.B. Tageszeiten, Alkoholkonsum, Wirkstoffgehalt etc.). Daher sollten zukünftige Bewertungen mögliche indirekte Effekte bereits in das methodische Design der Studien integrieren.

Erforschung des beobachtbaren Fahrverhaltens im Zusammenhang mit Cannabiskonsum etablieren

Aus der Unzulänglichkeit, Verkehrssicherheit und Cannabiskonsum immer nur mit dem Unfallkriterium zu verknüpfen, ohne nachweisen zu können, dass zum Unfallzeitpunkt tatsächlich eine cannabisbedingte Beeinträchtigung vorlag, folgt: Es ist notwendig, die Bewertung von Verkehrssicherheit direkter am *Normalverhalten* auszurichten, also die dem Unfall vorausgehenden Ereignisse systematisch zu untersuchen. Hierzu bieten sich verkehrspsychologische Fahrverhaltensbeobachtungen an, die in einem geschützten Verkehrsraum durchgeführt werden, der gleichzeitig möglichst nahe an der Verkehrsrealität ist.

Zuverlässige Indikatoren für Cannabisbeeinträchtigungen entwickeln

Mit Hilfe von verkehrspsychologischen Fahrverhaltensbeobachtungen (FVB) könnte der Einfluss von THC-Gehalt, Cannabisintoxikation etc. auf die Fahrleistung bei Gelegenheits- und Dauerkonsumenten ermittelt werden. Ergänzend sollte auch eine testpsychologische Untersuchung der psychophysischen Leistungsfähigkeit der Probanden generell sowie in der Wirkungsphase des Konsums erfolgen. Damit wäre dann auch ein Beitrag zu einer realitätsnahen Bestimmung der tatsächlichen Gefährdung der Verkehrssicherheit durch Cannabiskonsum möglich. Dazu sind geeignete Maße zur Untersuchung der Cannabiswirkung heranzuziehen und geeignete Versuchspläne zu erstellen, die eine sorgfältige Formulierung der zu untersuchenden Hypothesen sowie eine erschöpfende Auflistung der abhängigen und unabhängigen Variablen enthalten.

Aspekte der Persönlichkeit berücksichtigen

Bei regelmäßiger Einnahme von Cannabis spielen Personfaktoren wie Adaptionsprozesse, Toleranzentwicklung und individuell unterschiedliche Wirkungsintensität eine wesentliche Rolle. Das Verkehrsrisiko unter Cannabiseinfluss hängt weniger vom Wirkstoffspiegel ab als von folgenden Faktoren:

- Motiv der Einnahme/ des Konsums und der Wirkungserwartung,
- der allgemeinen psychophysischen Leistungsfähigkeit,
- der Toleranz und Gewöhnung,
- der Anpassungsbereitschaft der Person und der Bereitschaft zu risikovermeidendem Verhalten und / oder
- der Wahrnehmung und Beurteilung riskanter Verkehrssituationen.

Empfehlungen zur risikominimierenden Gestaltung des Legalisierungsprozesses:

- Finanzmittel für guten Jugendschutz, gezielte Aufklärung, Behandlung, Weiterbildung und Forschung müssen bereit gestellt werden.
- Aufklärungskampagnen sollten zielgruppenorientiert und theoriebasiert entwickelt werden und vor allem die Risikoeinschätzung der Konsumenten beeinflussen. Um eine größtmögliche Wirkung der Prävention gewährleisten zu können, wird empfohlen, diese jedenfalls mit Verkehrskontrollen zu kombinieren.

- **Produktregulierung:** Es sollte keine Werbeerlaubnis für Cannabisprodukte geben, eine Regulierung des THC-Gehalts sowie ein Verbot schädlicher verharmlosender Produktvarianten wie z.B. THC-Gummibärchen.
- **Der Schutz für vulnerable Erwachsene und Minderjährige muss sichergestellt werden:** Es wird empfohlen, das Mindestalter auf 18 Jahre festzulegen. Ein Pilotversuch über 5 Jahre sollte fachwissenschaftlich durch interdisziplinäre Forschungsprojekte evaluativ begleitet werden.
- **Verkehrssicherheit:** Der aktuelle Grenzwert von 1ng/ml THC als Ordnungswidrigkeitstatbestand sollte vorerst beibehalten werden; ein Straftatbestand ab 5ng/ml THC geprüft werden. Verkehrskonflikte, Unfallzahlen und Verkehrsverstöße sollten erfasst und evaluiert werden; es ist wesentlich, dass in die Gesamtevaluation neben den Kennzahlen aus Hellfelddaten auch jene aus dem Dunkelfeld eingehen, um die Gesamtlage ausreichend umfassend und zuverlässig einschätzen zu können.

Literatur

- Anderson, M., Hansen, B. & Rees, D. I. (2014). Medical Marijuana use laws and teen Marijuana medical use. *Working Paper 20332* <http://www.nber.org/papers/w20332>. Cambridge,
- Anderson, D. M., Hansen, B., Rees, D. I. & Sabia, J. J. (2019). Association of marijuana laws with teen marijuana use: new estimates from the youth risk behavior surveys. *JAMA Pediatrics*, 173, 879-881.
- Armstrong, M. J. (2021). Legal Cannabis Market Shares during Canada's First Year of Recreational Legalisation. *International Journal of Drug Policy*, 88, February 2021, 103028, <https://doi.org/10.1016/j.drugpo.2020.103028>.
- Athanassiou, M., Dumais, A., Zouaoui, I. & Potvin, S. (2023). The clouded debate: A systematic review of comparative longitudinal studies examining the impact of recreational cannabis legalization on key public health outcomes. *Frontiers in Psychiatry*, 13, 1060656. doi: 10.3389/fpsyt.2022.1060656
- Aydelotte, J. D., Brown, L. H., Luftman, K. M., Mardock, A. L., Teixeira, P. G., Coopwood, B. & Brown, C. V. (2017). Crash fatality rates after recreational marijuana legalization in Washington and Colorado. *American Journal of Public Health*, 107, 1329-1331.
- Aydelotte, J. D., Mardock, A. L., Mancheski, C. A., Quamar, S. M., Teixeira, P. G., Brown, C. V. & Brown, L. H. (2019). Fatal crashes in the 5 years after recreational marijuana legalization in Colorado and Washington. *Accident Analysis & Prevention*, 132, 105284.
- Bahji, A. & Stephenson, C. (2019). International perspectives on the implications of cannabis legalization: a systematic review & thematic analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16, 3095.
- Ball, I. M., Priestap, F., Parry, N., Pace, J. & Vogt, K. N. (2021). Drug use in Canadian patients with trauma after cannabis legalization. *Canadian Journal of Surgery*, 64, E403.
- Balthrop, A., Gordon, R., Phares, J. & Scott, A. (2022). Marijuana Legalization and Truck Safety: Does the Pineapple Express Damage More Pineapples? University of Arkansas.
- Bartos, B. J., Newark, C. & McCleary, R. (2020). Marijuana medicalization and motor vehicle fatalities: a synthetic control group approach. *Journal of Experimental Criminology*, 16, 247-264.
- Bhandari, S., Jha, P., Lisdahl, K. M., Hillard, C. J. & Venkatesan, T. (2019). Recent trends in cyclic vomiting syndrome-associated hospitalisations with liberalisation of cannabis use in the state of Colorado. *Internal Medicine Journal*, 49, 649-655.
- Benedetti, M. H., Li, L., Neuroth, L. M., Humphries, K. D., Brooks-Russell, A. & Zhu, M. (2021). Self-reported driving after marijuana use in association with medical and recreational marijuana policies. *International Journal of Drug Policy*, 92, 102944.
- Berghaus, G. (2002): Gutachterliche Äußerung zu den Fragen des Fragenkatalogs – BvR 2062, 1BvR 1143/98. *Blutalkohol*, 39, 321-336.
- Berghaus, G., Sticht, G. & Grellner, W. (2011). *Meta-analysis of Empirical Studies Concerning the Effects of Medicines and Illegal Drugs Including Pharmacokinetics on Safe Driving* (DRUID Deliverable 1.1.2b). Bergisch Gladbach: Bundesanstalt für Straßenwesen.
- Berning, A. & Smither, D. D. (2014). *Understanding the limitations of drug test information, reporting, and testing practices in fatal crashes* (Traffic Safety Facts Research Note DOT HS 812 072). Washington, DC: National Highway Traffic Safety Administration Office of Behavioral Safety Research.
- Borst, J. M., Costantini, T. W., Reilly, L., Smith, A. M., Stabley, R., Steele, J., Wintz, D., Bansal, V., Biffl, W. L. & Godat, L. N. (2021). Driving under the influence: a multi-center evaluation of vehicular crashes in the era of cannabis legalization. *Trauma Surgery & Acute Care Open*, 6, e000736.

- Brubacher, J. R., Chan, H., Erdelyi, S., Macdonald, S., Asbridge, M., Mann, R. E., Eppler, J., Lund, A., MacPherson, A., Martz, W., Schreiber, W. E., Brant, R. & Purssell, R. A. (2019). Cannabis use as a risk factor for causing motor vehicle crashes: a prospective study. *Addiction*, 114, 1616-1626.
- Brubacher, J. R., Chan, H., Erdelyi, S., Staples, J. A., Asbridge, M. & Mann, R. E. (2022). Cannabis legalization and detection of tetrahydrocannabinol in injured drivers. *New England Journal of Medicine*, 386, 148-156.
- Bundesamt für Gesundheit BAG (2021). *Drogenbericht Schweiz*. Bern: BAG.
<https://www.bundesgesundheitsministerium.de/service/begriffe-von-a-z/c/cannabis.html>
 (abgerufen 28.12.2022)
- Busch, M., Anzenberger, J., Brotherhood, A., Klein, C., Priebe, B., Schmutterer, I., Schwarz, T. & Strizek, J., (2021). *Bericht zur Drogensituation 2021*. Im Auftrag der Europäischen Beobachtungsstelle für Drogen und Drogensucht, Lissabon und des Bundesministeriums für Soziales, Gesundheit, Pflege und Konsumentenschutz. Wien: BSGPK.
- Calcaterra, S. L., Hopfer, C. J., Keniston, A. & Hull, M. L. (2019). Changes in healthcare encounter rates possibly related to cannabis or alcohol following legalization of recreational marijuana in a safety-net hospital: an interrupted time series analysis. *Journal of Addiction Medicine*, 13, 201-208.
- Callaghan, R. C., Sanches, M., Vander Heiden, J., Asbridge, M., Stockwell, T., Macdonald, S., Peterman, B. H. & Kish, S. J. (2021). Canada's cannabis legalization and drivers' traffic-injury presentations to emergency departments in Ontario and Alberta, 2015-2019. *Drug and Alcohol Dependence*, 228, 109008.
- Calvert, C. & Erickson, D. (2020). An examination of relationships between cannabis legalization and fatal motor vehicle and pedestrian-involved crashes. *Traffic Injury Prevention*, 21, 521-526.
- Canadian Student Tobacco, Alcohol and Drugs Survey (2020).
<https://www.canada.ca/en/health-canada/services/canadian-student-tobacco-alcohol-drugs-survey.html> (abgerufen 28.12.2022).
- Cerdá, M., Mauro, C., Hamilton, A., Levy, N. S., Santaella-Tenorio, J., Hasin, D., Wall, M. M., Keyes, K. M. & Martins, S. S. (2020). Association between recreational marijuana legalization in the United States and changes in marijuana use and cannabis use disorder from 2008 to 2016. *JAMA Psychiatry*, 77, 165-171.
- Chihuri, S. & Li, G. (2019). State marijuana laws and opioid overdose mortality. *Injury Epidemiology*, 6, 1-12.
- Chiu, V., Leung, J., Hall, W., Stjepanović, D. & Degenhardt, L. (2021). Public health impacts to date of the legalisation of medical and recreational cannabis use in the USA. *Neuropharmacology*, 193, 108610.
- Chu, Y.L. (2014). The effects of medical marijuana laws on illegal marijuana use. *Journal of Health Economics*, 38, 43-61.
- Chung, C., Salottolo, K., Tanner, A., Carrick, M. M., Madayag, R., Berg, G., Lieser, M. & Bar-Or, D. (2019). The impact of recreational marijuana commercialization on traumatic injury. *Injury Epidemiology*, 6, 1-8.
- Compton, R. & Berning, A. (2015). *Drug and Alcohol Crash Risk* (Traffic Safety Facts Research Note DOT HS 812 117). Washington, DC: National Highway Traffic Safety Administration Office of Behavioral Safety Research.
- Cook, A. C., Leung, G. & Smith, R. A. (2020). Marijuana decriminalization, medical marijuana laws, and fatal traffic crashes in US cities, 2010–2017. *American Journal of Public Health*, 110, 363-369.
- Daldrup, Th. & Hartung, B. (2022). Dosis-Wirkungsbeziehung bei THC – Die Suche nach neuen Grenzwerten. *Zeitschrift für Verkehrssicherheit*, 68, 43-46.

- Davis, J. M., Mendelson, B., Berkes, J. J., Suleta, K., Corsi, K. F. & Booth, R. E. (2016). Public health effects of medical marijuana legalization in Colorado. *American Journal of Preventive Medicine*, 50, 373-379.
- Dewey, J., Kindle, K., Vadlamani, S. & Sanchez-Arias, R. (2021). State Marijuana Laws and Traffic Fatalities. *Review of Regional Studies*, 51, 246-265.
- DGVP/DGVM (2018). Fahreignungsbegutachtung bei Cannabismedikation. Handlungsempfehlung der Ständigen Arbeitsgruppe Beurteilungskriterien – StAB.
- Delling, F. N., Vittinghoff, E., Dewland, T. A., Pletcher, M. J., Olgin, J. E., Nah, G., Aschbacher, K., Fang, Ch. D. Lee, E. S., Fan S. M., Kazi, D. S. & Marcus, G. M. (2019). Does cannabis legalisation change healthcare utilisation? A population-based study using the healthcare cost and utilisation project in Colorado, USA. *BMJ Open*, 9, e027432.
- Dilley, J. A., Richardson, S. M., Kilmer, B., Pacula, R. L., Segawa, M. B. & Cerdá, M. (2019). Prevalence of cannabis use in youths after legalization in Washington state. *JAMA Pediatrics*, 173, 192-193.
- Dills, A., Goffard, S. & Miron, J. (2016). *The Effect of State Marijuana Legalizations*. Policy Analysis, September 16, 2016, Number 799. Cato Institute.
- Dills, A., Goffard, S., Miron, J. & Partin, E. (2021). *The Effect of State Marijuana Legalizations: 2021 Update*. Number 908. Cato Institute.
- Dorsch Lexikon der Psychologie (2020). Göttingen: Hogrefe.
- Drake, C., Wen, J., Hinde, J. & Wen, H. (2021). Recreational cannabis laws and opioid-related emergency department visit rates. *Health Economics*, 30, 2595-2605.
- Drogen- und Suchtbericht des Bundesministeriums für Gesundheit (2021)
- Dutra, L. M., Farrelly, M., Gourdet, C. & Bradfield, B. (2022). Cannabis legalization and driving under the influence of cannabis in a national US Sample. *Preventive Medicine Reports*, 27, 101799.
- Eichelberger, A. H. (2019). Marijuana use and driving in Washington State: risk perceptions and behaviors before and after implementation of retail sales. *Traffic Injury Prevention*, 20, 23-29.
- Ellis, C. M., Grace, M. F., Smith, R. A. & Zhang, J. (2022). Medical cannabis and automobile accidents: Evidence from auto insurance. *Health Economics*, 31, 1878-1897.
- Elvik, R. (2013). Risk of road accident associated with the use of drugs: A systematic review and meta-analysis of evidence from epidemiological studies. *Accident Analysis and Prevention*, 60, 254-267.
- Europäische Beobachtungsstelle für Drogen und Drogensucht (EMCCDA) (2022). *Europäischer Drogenbericht 2022: Trends und Entwicklungen*. Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union, Luxemburg.
- Everson, E. M., Dilley, J. A., Maher, J. E. & Mack, C. E. (2019). Post-legalization opening of retail cannabis stores and adult cannabis use in Washington State, 2009–2016. *American Journal of Public Health*, 109, 1294-1301.
- Farmer, C. M., Monfort, S. S. & Woods, A. N. (2022). Changes in traffic crash rates after legalization of marijuana: results by crash severity. *Journal of Studies on Alcohol and Drugs*, 83(4), 494-501.
- Fink, D. S., Stohl, M., Sarvet, A. L., Cerda, M., Keyes, K. M. & Hasin, D. S. (2020). Medical marijuana laws and driving under the influence of marijuana and alcohol. *Addiction*, 115, 1944-1953.
- Gjerde, H. & Morland, J. (2016). Risk for involvement in road traffic crash during acute cannabis intoxication. *Addiction*, 111, 1492-1495.
- Grotenhermen, F. & Karus, M. (Hg.) (2002). *Cannabis, Straßenverkehr und Arbeitswelt*. Berlin: Springer.

- Gstalter, H. & Fastenmeier, W. (2021). Die Unfallstatistik als "Goldstandard" für die Sicherheitsbewertung im Verkehr Stimmt die Gleichung „Unfallfreiheit gleich Sicherheit“? In Fastenmeier, W., Ewert, U., Kubitzki, J. & Gstalter, H., *Die kleine Psychologie des Straßenverkehrs – Mythen, Vorurteile, Fakten* (S. 69-82). Bern: Hogrefe.
- Hall, K. E., Monte, A. A., Chang, T., Fox, J., Brevik, C., Vigil, D. I., Van Dyke, M. & James, K. A. (2018). Mental health–related emergency department visits associated with cannabis in Colorado. *Academic Emergency Medicine*, 25, 526-537.
- Hall, W. & Lynskey, M. (2020). Assessing the public health impacts of legalizing recreational cannabis use: the US experience. *World Psychiatry*, 19, 179-186.
- Hansen, B., Miller, K. & Weber, C. (2020). Early evidence on recreational marijuana legalization and traffic fatalities. *Economic Inquiry*, 58, 547-568.
- Hargutt, V., Krüger, H.P. & Knoche, A. (2011) *Driving Under the Influence of Alcohol, Illicit Drugs and Medicines: Risk Estimations from Different Methodological Approaches* (DRUID Deliverable 1.3.1). Bergisch Gladbach: Bundesanstalt für Straßenwesen.
- Hels, T., Bernhoft, I. M., Lyckegaard, A., Houwing, S., Hagenzieker, M., Legrand, S.-A. Isalberti, C., Van der Linden, T. & Verstraete, A. (2011). *Risk of injury by driving with alcohol and other drugs*. (DRUID Deliverable. 2.3.5). Bergisch Gladbach: Bundesanstalt für Straßenwesen.
- Hostiuc, S., Moldoveanu, A., Negoii, I. & Drima, E. (2018). The Association of Unfavorable Traffic Events and Cannabis Usage: A Meta-Analysis. *Frontiers in Pharmacology*, 9:99. doi: 10.3389/fphar.2018.00099
- Huestis M. A. & Smith M. L. (2018) Cannabinoid markers in biological fluids and tissues: revealing intake. *Trends in Molecular Medicine*, 24, 156-172.
- Jones, H. J., Gage, S. H., Heron, J., Hickman, M., Lewis, G., Munafò, M. R., & Zammit, S. (2018). Association of combined patterns of tobacco and cannabis use in adolescence with psychotic experiences. *JAMA Psychiatry*, 75(3), 240-246.
- Jorgensen, C. & Harper, A. J. (2020). Examining the effects of legalizing marijuana in Colorado and Washington on clearance rates: A quasi-experimental design. *Journal of Experimental Criminology Advance online publication*. 10.1007/s11292-020- 09446-7.
- Kamer, R. S., Warshafsky, S. & Kamer, G. C. (2020). Change in traffic fatality rates in the first 4 states to legalize recreational marijuana. *JAMA Internal Medicine*, 180, 1119-1120.
- Kannheiser, W. (2000). Mögliche verkehrsrelevante Auswirkungen von gewohnheitsmäßigem Cannabiskonsum. *Neue Zeitschrift für Verkehrsrecht*, 13, 57-68.
- Kerr, W. C., Ye, Y., Subbaraman, M. S., Williams, E. & Greenfield, T. K. (2018). Changes in marijuana use across the 2012 Washington State Recreational Legalization: is retrospective assessment of use before legalization more accurate?. *Journal of Studies on Alcohol and Drugs*, 79, 495-502.
- Kilmer, B., Rivera-Aguirre, A., Queirolo, R., Ramirez, J. & Cerdá, M. (2022). Cannabis legalization and traffic injuries: exploring the role of supply mechanisms. *Addiction*, 117, 2325-2330.
- Kim, H. S. & Monte, A. A. (2016). Colorado Cannabis Legalization and Its Effect on Emergency Care. *Annals of Emergency Medicine*, 68(1), 71-75.
- Klebensberg, D. (1982). *Verkehrspsychologie*. Berlin: Springer.
- Krüger, H.-P. (2002). Gutachten zu dem Fragenkatalog 1BvR 2062/96, 1BvR 1143/98. *Blutalkohol*, 39, 336-353.
- Lane, T. J. & Hall, W. (2019). Traffic fatalities within US states that have legalized recreational cannabis sales and their neighbours. *Addiction*, 114, 847-856.
- Lee, J., Abdel-Aty, A. & Park, J. (2018). Investigation of associations between marijuana law changes and marijuana-involved fatal traffic crashes: A state-level analysis. *Journal of Transport & Health*, 10, 194-202.

- Leung, J., Chiu, V., Chan, G. C., Stjepanović, D. & Hall, W. D. (2019). What have been the public health impacts of cannabis legalisation in the USA? A review of evidence on adverse and beneficial effects. *Current Addiction Reports*, 6, 418-428.
- Leyton, M. (2019). Cannabis legalization: Did we make a mistake? Update 2019. *Journal of Psychiatry and Neuroscience*, 44, 291-293.
- Makin, D. A., Willits, D. W., Wu, G., DuBois, K. O., Lu, R., Stohr, M. K., Koslicki, W., Stanton, D., Hemmens, C., Snyder, J. & Lovrich, N. P. (2019). Marijuana legalization and crime clearance rates: Testing proponent assertions in Colorado and Washington State. *Police Quarterly*, 22, 31-55.
- Marinello, S. & Powell, L. (2023). The impact of recreational cannabis markets on motor vehicle accident, suicide, and opioid overdose fatalities. *Social Science & Medicine*. doi: <https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2023.115680>.
- Mauro, C. M., Newswanger, P., Santaella-Tenorio, J., Mauro, P. M., Carliner, H. & Martins, S. S. (2019). Impact of Medical Marijuana Laws on State-level Marijuana Use by Age and Gender, 2004–2013. *Prevention Science*, 20(2), 205-214.
- Melchior, M., Nakamura, A., Bolze, C., Hausfater, F., El Khoury, F., Mary-Krause, M., & Da Silva, M. A. (2019). Does liberalisation of cannabis policy influence levels of use in adolescents and young adults? A systematic review and meta-analysis. *BMJ Open*, 9(7), e025880.
- Miller, A. M., Rosenman, R., & Cowan, B. W. (2017). Recreational marijuana legalization and college student use: Early evidence. *SSM-Population Health*, 3, 649-657.
- Monfort, S. S. (2018). *Effect of recreational marijuana sales on police-reported crashes in Colorado, Oregon, and Washington*. Insurance Institute for Highway Safety.
- Monte, A. A., Zane, R. D. & Heard, K. J. (2015). The implications of marijuana legalization in Colorado. *Jama*, 313, 241-242.
- Mußhoff, F. (2022). *THC-Grenzwerte im Straßenverkehr – Aktueller Diskussionsstand*. Vortrag auf der Fit-to-Drive Konferenz, 28./29.9.2022, Berlin.
- Nazif-Munoz, J. I., Oulhote, Y. & Ouimet, M. C. (2020). The association between legalization of cannabis use and traffic deaths in Uruguay. *Addiction*, 115, 1697-1706.
- Neiswenter, S. A., Tupu, M., Cross, C., Fudenberg, J. & Harding, B. E. (2022). Postmortem THC in decedents following legalization of recreational cannabis in Clark County, Nevada. *Journal of Forensic Sciences*, 67, 1632-1639.
- Odell, M.S., Frei, M.Y., Gerostamoulos, D., Chu, M. & Lubman, D.I. (2015). Residual cannabis levels in blood, urine and oral fluid following heavy cannabis use. *Forensic Science International*, 249, 173-180.
- Pollini, R. A., Romano, E., Johnson, M. B. & Lacey, J. H. (2015). The impact of marijuana decriminalization on California drivers. *Drug and Alcohol Dependence*, 150, 135-140.
- Preuss, U., W., Huestis, A. M., Schneider, M., Hermann, D., Lutz, B., Hasan, A., Kambeitz, J., Wong, J. W. M. & Hoch, E. (2021). Cannabis Use and Car Crashes: A Review. *Frontiers in Psychiatry*. *Frontiers in Psychiatry*, 12, 643315. Doi:10.3389/fpsy.2021.643315.
- Ramaekers J. G. (2018) Driving under the influence of cannabis: an increasing public health concern. *Journal of the American Medical Association (JAMA)*, 319, 1433-1434.
- Richards, J. R., Smith, N. E. & Moulin, A. K. (2017). Unintentional cannabis ingestion in children: a systematic review. *The Journal of Pediatrics*, 190, 142-152.
- Rogeberg, O. & Elvik, R. (2016). The effects of cannabis intoxication on motor vehicle collision revisited and revised. *Addiction*, 111, 1348-1359.
- Rogeberg, O., Elvik, R. & White, M. A. (2018). Correction to: „The effects of Cannabis intoxication on motor vehicle collision revisited and revised“ (2016). Letter to the Editor. *Addiction*, 113, 967–969.

- Rogeberg, O. (2019). A meta-analysis of the crash risk of cannabis-positive drivers in culpability studies – avoiding interpretational bias. *Accident Analysis and Prevention*, 123, 69-78.
- Santaella-Tenorio, J., Wheeler-Martin, K., DiMaggio, C. J., Castillo-Carniglia, A., Keyes, K. M., Hasin, D. & Cerdá, M. (2020). Association of recreational cannabis laws in Colorado and Washington State with changes in traffic fatalities, 2005-2017. *JAMA Internal Medicine*, 180, 1061-1068.
- Schmidbauer, W. & vom Scheidt, J. (2004). *Handbuch der Rauschdrogen*. Frankfurt: Fischer.
- Schmidt, L. A., Jacobs, L. M., Vlahov, D. & Spetz, J. (2019). Impacts of Medical Marijuana Laws on Young Americans Across the Development Spectrum. *Matern Child Health Journal*, 23, 486-495.
- Skopp, G., Graw, M. & Mußhoff, F. (2022). Welche neuen wissenschaftlichen Erkenntnisse und praktischen Erwägungen sprechen für eine Anhebung des Grenzwertes für Tetrahydrocannabinol nach § 24a StVG? *Blutalkohol*, 59, 5-19.
- Smart, R. & Pacula, R. L. (2019). Early evidence of the impact of cannabis legalization on cannabis use, cannabis use disorder, and the use of other substances: findings from state policy evaluations. *The American Journal of Drug and Alcohol Abuse*, 45, 644-663.
- Spindle, T. R., Cone, E. J., Schlienz, N. J., Mitchell, J. M., Bigelow, G. E., Flegel, R., Hayes, E. & Vandrey, R. (2019). Acute pharmacokinetic profile of smoked and vaporized cannabis in human blood and oral fluid. *Journal of Analytical Toxicology*, 43(4), 233-258.
- Statistics Canada (2022). <https://www.statcan.gc.ca/> abgerufen 13.2.2023.
- Steinemann, S., Galanis, D., Nguyen, T. & Biffel, W. (2018). Motor vehicle crash fatalities and undercompensated care associated with legalization of marijuana. *Journal of Trauma and Acute Care Surgery*, 85, 566-571.
- Subbaraman, M. S. & Kerr, W. C. (2015). Simultaneous versus concurrent use of alcohol and cannabis in the National Alcohol Survey. *Alcoholism: Clinical and Experimental Research*, 39(5), 872-879.
- Tefft, B. C. & Arnold, L. S. (2021). Estimating cannabis involvement in fatal crashes in Washington State before and after the legalization of recreational cannabis consumption using multiple imputation of missing values. *American Journal of Epidemiology*, 190, 2582-2591.
- Thomas, A. A., Dickerson-Young, T. & Mazor, S. (2021). Unintentional pediatric marijuana exposures at a tertiary care children's hospital in Washington State: a retrospective review. *Pediatric Emergency Care*, 37, e594-e598.
- Tönnies, S. (2022). Straf- und ordnungswidrigkeitenrechtliche Vergleichbarkeit von Cannabis und Alkohol. *Blutalkohol*, 59, 550-556.
- Tolan, N. V., Terebo, T., Chai, P. R., Erickson, T. B., Hayes, B. D., Uljon, S. N., Petrides, A. K., Demetriou, C. A. & Melanson, S. E. (2022). Impact of marijuana legalization on cannabis-related visits to the emergency department. *Clinical Toxicology*, 60, 585-595.
- Vingilis, E., Seeley, J.S., Di Ciano, P., Wickens, C. M., Mann, R. E., Stoduto, G., Elton-Marshall, T., Agic, B., de Souza, C., McDonald, A., Gilliland, J. & Stewart, T. C. (2021). Systematic review of the effects of cannabis retail outlets on traffic collisions, fatalities and other traffic-related outcomes. *Journal of Transport & Health*, 22, 101123. <https://doi.org/10.1016/j.jth.2021.101123>
- Wagner, T., Perlich, M. C., De Vol, D., Uhlmann, L. M., & Bartels, A. (2021). Cannabis im Straßenverkehr und Fahreignung. Ein evidenzbasierter Beitrag zur MPU-Indikation ab 3,0 ng/ml THC im Blut. *Blutalkohol*, 58(5), 301-316.
- Wagner, Th. & Müller, D. (2022). Cannabis, Verkehrssicherheit und die Debatte um die Anhebung des THC-Grenzwertes – eine Betrachtung aus verkehrspsychologischer und verkehrsrechtlicher Sicht. *Zeitschrift für Verkehrssicherheit*, 68, 243-253.

- Wang, G. S., Hall, K., Vigil, D., Banerji, S., Monte, A. & VanDyke, M. (2017). Marijuana and acute health care contacts in Colorado. *Preventive Medicine*, 104, 24-30.
- Wang, G. S., Davies, S. D., Halmo, L. S., Sass, A., & Mistry, R. D. (2018). Impact of marijuana legalization in Colorado on adolescent emergency and urgent care visits. *Journal of Adolescent Health*, 63(2), 239-241.
- Weinberger, A. H., Wyka, K. & Goodwin, R. D. (2022). Impact of cannabis legalization in the United States on trends in cannabis use and daily cannabis use among individuals who smoke cigarettes. *Drug and Alcohol Dependence*, 238, 109563.
- Wen, H., Hockenberry, J. M. & Cummings, J. R. (2015). The effect of medical marijuana laws on adolescent and adult use of marijuana, alcohol, and other substances. *Journal of Health Economics*, 42, 64-80.
- White, M. A. (2017). *Cannabis and road crashes: A close look at the best epidemiological evidence*. Final Report. School of Psychology, University of Adelaide, Australia.
- White, M. A. & Burns, N. R. (2022). How to read a paper on the short-term impairing effects of cannabis: A selective and critical review of the literature. *Drug Science, Policy and Law*, 8, 1-25.
- White, M. A. & Burns, N. R. (2022). Corrigendum for the risk of being culpable for or involved in a road crash after using cannabis: A systematic review and metaanalyses. *Drug Science, Policy and Law*, 8, 1-4.
- Whitehill, J. M., Harrington, C., Lang, C. J., Chary, M., Bhutta, W. A. & Burns, M. M. (2019). Incidence of pediatric cannabis exposure among children and teenagers aged 0 to 19 years before and after medical marijuana legalization in Massachusetts. *JAMA Network Open*, 2, e199456-e199456.
- Windle, S. B., Eisenberg, M. J., Reynier, P., Cabaussel, J., Thombs, B. D., Grad, R., Ells, G., Sequeira, C. & Fillion, K. B. (2021). Association between legalization of recreational cannabis and fatal motor vehicle collisions in the United States: an ecologic study. *Canadian Medical Association Open Access Journal*, 9, E233-E241.
- Windle, S. B., Socha, P., Nazif-Munoz, J. I., Harper, S. & Nandi, A. (2022). The impact of cannabis decriminalization and legalization on road safety outcomes: a systematic review. *American journal of preventive medicine*. *American Journal of Preventive Medicine*, 63, 1037-1052.
- Wu, G., Li, Y. & Lang, X. E. (2022). Effects of recreational marijuana legalization on clearance rates for violent crimes: Evidence from Oregon. *International Journal of Drug Policy*, 100, 103528.
- Zellers, S. M., Ross, J. M., Saunders, G. R., Ellingson, J. M., Anderson, J. E., Corley, R. P., Iacono, W., Hewitt, J. K., Hopfer, C. J., McGue, M. K. & Vrieze, S. (2023). Impacts of recreational cannabis legalization on cannabis use: a longitudinal discordant twin study. *Addiction*, 118, 110-118.
- Zuckermann, A. M., Battista, K. V., Bélanger, R. E., Haddad, S., Butler, A., Costello, M. J. & Leatherdale, S. T. (2021). Trends in youth cannabis use across cannabis legalization: Data from the COMPASS prospective cohort study. *Preventive Medicine Reports*, 22, 101351.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Idealtypischer Konzentrationsverlauf von Cannabis bei gelegentlichen und chronischen Nutzern (Darstellung nach Mußhoff, 2022).....	6
Abbildung 2: Monatliche Umsätze legaler Cannabisverkäufe in ausgewählten US-amerikanischen Bundesstaaten (https://mjbizdaily.com/us-cannabis-sales-by-state) (abgerufen 13.2.2023).....	9

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Unfallrisiko nach Cannabiskonsum (nach Wagner & Müller, 2022).....	49
Tabelle 2: Analyse der Subgruppen aus der korrigierten Metaanalyse von Rogeberg, Elvik & White, 2018.....	50
Tabelle 3: Culpability studies included (aus Rogeberg, 2019).....	51
Tabelle 4: Überblick zu den untersuchten Evaluationsstudien.....	79

Anhang

Anhang 1: Kurzdarstellung typischer Metaanalysen zum allgemeinen Zusammenhang von Cannabiskonsum und Unfallgeschehen

Anhang 2: Tabellarische Übersicht und Bewertung der untersuchten Studien (siehe separates Excelfile „Literaturübersicht“)

Anhang 1: Kurzdarstellung typischer Metaanalysen zum allgemeinen Zusammenhang von Cannabiskonsum und Unfallgeschehen

Rogeberg, O. & Elvik, R. (2016). The effects of cannabis intoxication on motor vehicle collision revisited and revised. *Addiction*, 111(8), 1348-1359. [unter Berücksichtigung des Letters to the Editor von Rogeberg, O., Elvik, R. & White, M.A. (2018)]

Ziel der Studie von Rogeberg & Elvik war es, mögliche Zusammenhänge zwischen einer akuten Cannabisintoxikation und dem Unfallrisiko bei Kraftfahrzeugunfällen zu ermitteln. Während Studie 1 die Ergebnisse zweier Meta-Analysen von Asbridge et al. (2012) sowie Li et al. (2012) replizierte, wobei eine Reihe von identifizierten methodischen Problemen in diesen Meta-Analysen korrigiert wurden, wurde in Studie 2 eine aktualisierte Meta-Analyse mit Studien aus 13 Ländern, die im Zeitraum 1982-2015 veröffentlicht wurden, durchgeführt, wobei 28 Schätzungen aus 21 Beobachtungsstudien herangezogen wurden. Die Risikoschätzungen wurden dabei mithilfe von Modellen mit zufälligen Effekten und Meta-Regressionstechniken kombiniert. Die kombinierte Stichprobengröße umfasste dabei 239.739 Fälle. Für die Messungen wurden Odds Ratios (OR) aus Fall-Kontroll-Studien, in denen das Verhältnis zwischen alkoholisierten und nicht-alkoholisierten Fahrern unter den Unfallbeteiligten mit dem gleichen Verhältnis unter den Nicht-Unfallbeteiligten verglichen wird und somit das erhöhte Unfallrisiko im Zusammenhang mit akutem Alkoholkonsum geschätzt wird, herangezogen. Zudem wurden auch bereinigte OR-Analoga aus Studien zur Schuldfähigkeit verwendet, in denen lediglich Daten von unfallbeteiligten Fahrern verwendet werden und das Verhältnis von alkoholisierten zu nicht alkoholisierten Fahrern unter denjenigen, die als schuldig für den Unfall eingestuft wurden, mit dem gleichen Verhältnis unter denjenigen, die nicht als schuldig eingestuft werden, vergleicht.

In der Replikationsstudie wurden die früheren Risikoschätzungen erheblich nach unten revidiert, wobei beide ursprünglich berichteten Punktschätzungen außerhalb des revidierten Konfidenzintervalls lagen. Die revidierte Schätzung aus den in Asbridge et al. (2012) verwendeten Studien stand im Einklang mit den Ergebnissen der erweiterten Metaanalyse in Studie 2 und lag zwischen der gepoolten Odds aus dem Mixed-Effects-Modell von 1,36 (KI = 1,15 - 1,61) und der gepoolten Odds aus der PEESE-Meta-Regression von 1,22 (Meta-Regressionsmodell, KI = 1,1 - 1,36), wobei die gefundenen Effektgrößen einer durchschnittlichen Risikoerhöhung für diejenigen, die nach dem Konsum von Cannabis Auto fahren, entsprechen. Demnach sind etwa 20 - 30 % der Verkehrsunfälle, an denen Cannabiskonsumern beteiligt sind, auf den Cannabiskonsum zurückzuführen. In der Teilstichprobenanalyse für Cannabisstudien wurde kein vergleichbarer Anstieg des Unfallrisikos mit Todesfolge festgestellt. Obwohl zwischen den einzelnen Studien eine gewisse Heterogenität besteht, zeigen die Analysen der Teilstichproben alle gepoolten Effekte im Bereich von 1,07 bis 1,81 (zufällige Effekte) und 1,08 bis 1,9 (Meta-Regression), was darauf hindeutet, dass die durchschnittliche Risikoerhöhung nach Cannabiskonsum wahrscheinlich nicht so groß ist wie die mit Alkohol verbundene. Die Bedeutung des Einflussfaktors wird besonders in der Teilstichprobenanalyse für den Einflussfaktor Alkohol deutlich, wo beide Methoden ein OR unter 1,2 ergeben, wenn für Alkohol kontrolliert wird, und höhere Werte (1,79 und 1,69), wenn dies nicht der Fall ist. Eine akute Cannabisintoxikation ist diesen Ergebnissen zufolge mit einem statistisch signifikanten Anstieg des Risikos von Kraftfahrzeugunfällen verbunden, wobei der Anstieg von geringem Ausmaß ist.

Diese Ergebnisse wurden im Nachhinein in einem Schreiben an den Herausgeber korrigiert:

Die gepoolten Gesamtrisiken wurden ursprünglich mit 1,36 [95% Konfidenzintervall (KI) = 1,15-1,61] angegeben und sanken nach den Korrekturen leicht auf 1,32 (95% KI = 1,09, 1,59). Die Punktschätzungen in der revidierten Teilstichprobenanalyse stimmen mit geringen bis mäßigen Risikoerhöhungen in allen Untergruppen von Studien überein.

Els, C., Jackson, T. D., Tsuyuki, R. T., Aidoo, H., Wyatt, G., Sowah, D., Chao, D., Hoffman, H., Kunyk, D., Milen, M., Stewart-Patterson, Ch., Dick, D., Farnan, P. & Straube, S. (2019). Impact of cannabis use on road traffic collisions and safety at work: systematic review and meta-analysis. *Canadian Journal of Addiction*, 10(1), 8-15.

Ziel der Studie von Els et al. (2019) war es, die Auswirkungen von Cannabis auf die Sicherheit am Arbeitsplatz und auf Unfallrisiko im Straßenverkehr mittels einer systematischen Literaturübersicht und Metaanalyse zu bewerten. Von den anfänglich recherchierten 864 Suchergebnissen wurden schließlich 11 Fallkontrollstudien mit Ergebnissen zu Kollisionen im Straßenverkehr selektiert. Es gab keine Kohortenstudien und keine Studien, die andere Sicherheitsaspekte untersuchten, die die Zulassungskriterien erfüllten.

Die Autoren fanden heraus, dass das Vorhandensein von Cannabis (angegeben durch die Ausgangssubstanz THC oder seinen Carboxy-Metaboliten, 11-Nor-9-Carboxy-D9-THC oder THC-COOH) zu einer erhöhten Risikoeinschätzung für Kollisionen im Straßenverkehr führte, mit einer OR von 2.49 (95% CI 1,68 3,71, $p < 0,00001$, $n = 49.870$). Bei ausschließlicher Betrachtung von Veröffentlichungen mit Peer-Review lag das Odds Ratio für Kollisionen im Straßenverkehr mit Cannabis bei 2,84 (95% Konfidenzintervall 1,71-4,71, $p < 0,0001$, $n = 38.947$). Diese beiden Meta-Analysen wurden mit dem Modell der zufälligen Effekte durchgeführt. Zusammenfassend stellen die Autoren fest, dass Cannabiskonsum das Risiko für die Folgen von Straßenverkehrsunfällen deutlich erhöht und mehr als verdoppelt. Aufgrund dessen wird von den Autoren der Konsum von Cannabis für Personen, die sicherheitsrelevante Arbeiten ausführen, als nicht ratsam erachtet.

Anhang 2: Tabellarische Übersicht und Bewertung der untersuchten Studien

Separates Excelfile „Literaturübersicht“