



13. März 2025

Evaluationsbericht

OPERA 3 – Herabsetzung des Mindestalters für den Erwerb der Führerausweiskategorie A1

Dokumentennummer: ASTRA-D-AEB23401/533

Auftraggeber

Lorenzo Cascioni, Vize-Direktor und Abteilungschef Strassenverkehr, Bundesamt für Strassen ASTRA

Autor

Michel Aebischer, Bundesamt für Strassen ASTRA

Mitwirkende

Christian Kamenik, Bundesamt für Strassen ASTRA

Peter Kneubühler, Bundesamt für Strassen ASTRA



Zusammenfassung

Im Rahmen des Massnahmenpakets OPERA-3 (**Optimierung erste Ausbildungsphase 3. Führerausweis-Richtlinie**) wurde per 1. Januar 2021 das Mindestalter für das Führen von Motorrädern der Unterkategorie A1 auf 16 Jahre (Motorräder der 125er-Klasse, d. h. mit einem Hubraum von max. 125 cm³ und einer Leistung von nicht mehr als 11 kW; vorher 18 Jahre; [Art. 6 Abs. 1 Bst. c Ziff. 2 VZV](#)) bzw. 15 Jahre (Kleinmotorräder, d. h. Motorräder mit einer Höchstgeschwindigkeit von 45 km/h und einem Hubraum von max. 50 cm³ bzw. einer Leistung von max. 4 kW; vorher 16 Jahre; [Art. 6 Abs. 1 Bst. c Ziff. 1 VZV](#)) gesenkt. Damit wurden die schweizerischen Motorradkategorien an jene der EU angeglichen.

Die Herabsetzung des Mindestalters für das Führen von (Klein-)Motorrädern der Unterkategorie A1 hat das Potenzial, die Verkehrssicherheit negativ zu beeinflussen. Die Evaluation dieser Massnahme ist Bestandteil des Projekts «Evaluation von OPERA-3». Ausgewertet wurden die polizeilich registrierten Unfalldaten des Informationssystems Strassenverkehrsunfälle (ISU) und die Fahrberechtigungsdaten des Informationssystems Verkehrszulassung (IVZ) des Bundesamtes für Strassen ASTRA sowie die Daten zu den Neuzulassungen von Strassenfahrzeugen des Bundesamtes für Statistik BFS.

In den Jahren nach der Einführung der Massnahme sind die Neuzulassungen von Motorrädern der 125er-Klasse wieder angestiegen und es wurden deutlich mehr Lernfahrausweise (LFA) bzw. Führerausweise (FA) der Unterkategorie A1 ausgestellt als vor der Einführung. Gleichzeitig hat sich die durchschnittliche Anzahl der mit einem (Klein-)Motorrad schwerverunfallten 15- bis 17-Jährigen mehr als verdoppelt (von durchschnittlich 66 Schwerverunfallten pro Jahr (2014-2020) auf 139 Schwerverunfallte pro Jahr (2021-2023); +111 %). Auch die Bedeutung der (Klein-)Motorradunfälle am Gesamtunfallgeschehen der 15- bis 17-Jährigen hat stark zugenommen. Im Jahr 2023 sind 67 % (162 Personen) aller schwerverunfallten Jugendlichen in dieser Altersgruppe auf einem (Klein-)Motorrad schwer verunfallt. In den Jahren 2014 bis 2020 lag dieser Anteil zwischen 33 und 48 %. Die Unfallzahlen sind vor allem bei den 16- und 17-Jährigen gestiegen. Bei den 15-Jährigen, welche die Unterkategorie A1 (Kleinmotorrad) vor 2021 noch nicht erwerben durften, bewegen sich die Unfallzahlen auf einem tiefen Niveau, sind ab 2021 aber auch angestiegen.

Die Unfallursachen lassen sich überwiegend auf menschliche Faktoren zurückführen. Die 16- bis 17-jährigen (Klein-)Motorradlenkerinnen und -lenker verursachten die schweren Unfälle hauptsächlich aufgrund nicht angepasster Geschwindigkeit (ca. 31 %), Unaufmerksamkeit und Ablenkung (ca. 30 %) sowie Fehlverhalten bei der Fahrbewegung (ca. 9 %). Der Anteil der Schwerverunfallten durch nicht angepasste Geschwindigkeit ist von durchschnittlich 24 % (2014-2020) auf 31 % (2021-2023) gestiegen. Zurückgegangen sind die Anteile der Hauptursachen im Zusammenhang mit dem Zustand der Person (von ca. 11 % vor Einführung der Massnahme auf ca. 6 % danach), dem Fehlverhalten bei Fahrbewegungen (sog. «Fahren»; von ca. 12 % vor Einführung der Massnahme auf ca. 9 % danach) und dem Missachten des Vortritts (von ca. 9 % vor Einführung der Massnahme auf ca. 6 % danach). Mit Blick auf die 15-jährigen Kleinmotorradlenkerinnen und -lenker sind aufgrund der tiefen Unfallzahlen und den damit verbundenen Schwankungen keine klaren Aussagen zu den Unfallursachen möglich.

Das Unfallrisiko ist bei den 16- und 17-Jährigen deutlich erhöht und hat mit der Einführung der Massnahme weiter zugenommen. Dies könnte damit zusammenhängen, dass junge Menschen über weniger Fahrpraxis verfügen («Anfängerrisiko»), tendenziell risikofreudiger sind und ihre eigenen Fähigkeiten eher überschätzen («Jugendlichkeitsrisiko»).

Viele der im Zeitraum 2021 bis 2023 schwerverunfallten 15- bis 17-jährigen (Klein-)Motorradlenkerinnen und -lenker sind in den ersten 5 Monaten nach Erhalt des LFA verunfallt. Ab dem 6. Monat nehmen die Unfallzahlen deutlich ab. Die Gründe für diesen Abfall sind nicht erklärbar.

Die Herabsetzung des Mindestalters für das Führen von (Klein-)Motorrädern der Unterkategorie A1 scheint sich negativ auf die Verkehrssicherheit von jugendlichen Motorradfahrerinnen und -fahrer ausgewirkt zu haben. Verschlechtert hat sich die Situation vor allem bei den 16- und 17-Jährigen, die seit 2021 Motorräder der 125er-Klasse lenken dürfen. Bei den 15-Jährigen, die vor 2021 von der Unterkategorie A1 ausgenommen waren, sind die Unfallzahlen zwar angestiegen, bewegen sich jedoch auf tiefem Niveau. Basierend auf den Ergebnissen der Bootstrap-Analyse ist die Entwicklung der Unfallzahlen aus statistischer Sicht aussergewöhnlich. Die Herabsetzung des Mindestalters scheint zu einer Erhöhung

der Exposition (gemessen an den Neuzulassungen und Fahrberechtigungen) und aufgrund des höheren Unfallrisikos zu einem überproportionalen Anstieg der Unfallzahlen geführt zu haben. Als eher unwahrscheinlich wird erachtet, dass weitere externe Faktoren als Ursache für den starken Anstieg der Unfallzahlen in Frage kommen. So sind keine weiteren Massnahmen bekannt, die sich im Analysezeitraum an die gleiche Zielgruppe gerichtet haben. Auch ist es unwahrscheinlich, dass es sich beim Anstieg um einen statistischen Ausreisser (z. B. witterungsbedingte Zufallsschwankungen) handelt, da sich der Anstieg über drei vollständige Unfalljahre (2021-2023) seit Inkrafttreten der Massnahme erstreckt.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	6
1.1	Massnahme 4	6
1.2	Projekt «Evaluation OPERA-3»	7
1.3	Aufbau des Berichts	7
2	Theoretische Auseinandersetzung mit der Massnahme	8
2.1	Exposition	8
2.2	Alter	8
2.3	Art der Verkehrsteilnahme	8
2.4	Fahrausbildung	9
2.5	Erfahrungen aus dem Ausland	9
3	Daten und Methoden	10
3.1	Daten zu Strassenverkehrsunfällen	10
3.2	Daten zu den Neuzulassungen	10
3.3	Daten zu den Fahrberechtigungen	11
3.4	Analysemethoden	11
4	Deskriptive Auswertungen	12
4.1	Entwicklung der Neuzulassungen	12
4.2	Entwicklung der Fahrberechtigungen	13
4.3	Entwicklung des Unfallgeschehens	14
4.3.1	Entwicklung der Schwerverunfallten	14
4.3.2	Hauptursachen und Unfalltypen	16
4.3.3	Schwerverunfallte nach Verkehrsteilnahme	18
4.3.4	Unfallrisiko	19
4.3.5	Zeitpunkt des Unfallereignisses	20
4.3.6	Alter bei Erwerb des LFA	20
5	Bootstrap-Analyse	21
6	Schlussfolgerungen	22
7	Literatur	24
8	Anhang	25
8.1	R-Code Bootstrap-Konfidenzintervall	25

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Anzahl schwerverunfallter 15- bis 17-Jähriger auf (Klein-)Motorrädern nach ausgewählten Unfall- und Personenmerkmalen (Quelle: ASTRA 2024) 15

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Entwicklung der Neuzulassungen von (Klein-)Motorrädern der Unterkategorie A1 (indexiert, 2014 = 100%; Quelle: BFS, 2024) 12

Abbildung 2: Anzahl Inhaberinnen und Inhaber eines LFA oder FA der Unterkategorie A1 nach Alter am Ende des jeweiligen Jahres (Quelle: ASTRA 2024) 13

Abbildung 3: Anteile schwerverunfallter 16- und 17-Jähriger auf (Klein-)Motorrädern, die als Lenkende Hauptverursacher waren, nach Hauptursachen-Untergruppe (Quelle: ASTRA 2024)..... 16

Abbildung 4: Anteile schwerverunfallter 16- und 17-Jähriger auf (Klein-)Motorrädern, die als Lenkende Hauptverursacher waren, nach Unfalltyp-Gruppe (Quelle: ASTRA 2024) 17

Abbildung 5: Gesamtheit der schwerverunfallten 15- bis 17-Jährigen nach Art der Verkehrsteilnahme (Quelle: ASTRA 2024) 18

Abbildung 6: Entwicklung des Unfallrisikos von (Klein-)Motorradfahrenden nach Altersgruppe (Quelle: ASTRA 2024) 19

Abbildung 7: Verteilung der Anzahl schwerverunfallter 15- bis 17-jähriger (Klein-)Motorradlenkerinnen und -lenker nach Anzahl Monaten seit dem Erwerb des LFA. Lesebeispiel: Im 6. Monat nach Erwerb des LFA sind 2 Personen mit einem FA und 9 Personen mit einem LFA schwer verunfallt. 20

Abbildung 8: Verteilung des Alters beim Erwerb des LFA der Unterkategorie A1 (Quelle: ASTRA 2024) 20

Abbildung 9: Bootstrap-Verteilung der Mittelwertdifferenzen inkl. 95 %-Konfidenzintervall (hellgrün markiert) und tatsächlicher Mittelwertdifferenz (rot gestrichelte vertikale Linie) (Quelle: Berechnungen des ASTRA 2024; vgl. Anhang) 21

Glossar

Abkürzung / Begriff	Bedeutung
ASTRA	Bundesamt für Strassen
BASSt	Bundesanstalt für Strassenwesen
BFS	Bundesamt für Statistik
cm ³	Kubikzentimeter
FA	Führerausweis (unbefristet / definitiv)
FAP	Führerausweis auf Probe
ISU	Informationssystem Strassenverkehrsunfälle
IVZ	Informationssystem Verkehrszulassung
kW	Motorleistung in Kilowatt
LFA	Lernfahrausweis
OPERA-3	Massnahmenpaket «Optimierung erste Ausbildungsphase 3. Führerausweis-Richtlinie»
PGS	Praktische Grundschulung für Motorradfahrende
SVG	Strassenverkehrsgesetz
UVEK	Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation
VZV	Verkehrszulassungsverordnung
WAB	Weiterausbildungskurs

1 Einleitung

Die Verkehrszulassungsverordnung (VZV¹) regelt gestützt auf das Strassenverkehrsgesetz (SVG²) die Zulassung von Personen und von Fahrzeugen zum Strassenverkehr, die Aus- und Weiterbildung der Fahrzeugführenden sowie die Anforderungen an die Verkehrsexperten. Diese Regelungen haben mutmasslich einen Einfluss auf das Fahrverhalten und folglich das Unfallgeschehen von Neulenkenden. Mit OPERA-3 sollten die Vorschriften zur Neuzulassung von Personen zum Strassenverkehr qualitativ verbessert werden. Gleichzeitig sollte den meist einkommensschwachen jungen Anwärtinnen und Anwärtern auf Führerausweise ein kosteneffizienter Zugang zum Strassenverkehr ermöglicht werden. Dazu hat der Bundesrat am 14. Dezember 2018 entschieden, die Führerausweissvorschriften folgendermassen zu revidieren:

- 1: Obligatorischer Weiterausbildungskurs (WAB-Kurs): Die Weiterausbildung dauert nur noch einen Tag à 7 Stunden (anstelle von zwei Tagen à je 8 Stunden) und muss im ersten Jahr nach der praktischen Führerprüfung absolviert werden;
- 2: Neuregelung der Lernphase: Wer den LFA der Kat. B vor dem 20. Geburtstag erwirbt, muss neu eine begleitete Lernphase von zwölf Monaten durchlaufen (vorher keine obligatorische Lernphase). Erst danach darf die praktische Führerprüfung abgelegt werden. Damit der Führerausweis trotzdem weiterhin mit 18 Jahren erworben werden kann, hat der Bundesrat das Alter für den Erwerb des LFA als flankierende Massnahme auf 17 Jahre gesenkt (vorher 18 Jahre);
- 3: Grundsätzlich kein Direkteinstieg in Kat. A (unbeschränkt): Wer Motorräder mit einer Leistung von mehr als 35 kW fahren will, muss künftig zuerst mindestens 2 Jahre im Besitz eines Führerausweises der Kat. A (beschränkt auf 35 kW) sein;
- 4: Harmonisierung der schweizerischen Motorradkategorien mit jenen der EU: Motorräder der 125er-Klasse dürfen bereits ab 16 Jahren geführt werden (vorher ab 18 Jahren). Die neue EU-Klasse AM beinhaltet das Recht, Kleinmotorräder zu führen. Sie wird in die CH-Unterkategorie A1 integriert. Das Mindestalter beträgt 15 Jahre (vorher 16 Jahre). Die PGS, die es einmalig zu absolvieren gilt, dauert neu auch für die Unterkategorie A1 zwölf Stunden (vorher: acht);
- 5: Unbefristete Gültigkeit von Ausbildungen und Prüfungen: Einmal absolvierte Ausbildungen (wie der Verkehrskundeunterricht und die PGS) sowie bestandene Prüfungen (Theorieprüfung) gelten grundsätzlich unbefristet.

Die Neuerungen betreffend den WAB-Kurs traten am 1. Januar 2020 in Kraft. Die Neuregelung der Lernphase und das Mindestalter von 17 Jahren für den Erwerb des LFA der Kategorie B gelten seit dem 1. Januar 2021 ebenso wie das tiefere Mindestalter für die Motorradkategorien, die Aufhebung des Direkteinstiegs auf nicht leistungsbeschränkte Motorräder sowie die unbefristete Gültigkeit von Ausbildungen und Prüfungen.

Der vorliegende Bericht konzentriert sich auf Massnahme 4: Harmonisierung der schweizerischen Motorradkategorien mit jenen der EU.

1.1 Massnahme 4

Mit Beschluss vom 26. April 2017 hat der Bundesrat das Eidgenössische Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK) ermächtigt, ein Vernehmlassungsverfahren durchzuführen. Darin wurde unter anderem vorgeschlagen, die Führerausweiskategorien, wo nötig und sinnvoll, inhaltlich an die seit dem 19. Januar 2013 in den EU-Mitgliedstaaten geltenden Führerausweiskategorien anzugleichen. Dabei schlug das UVEK eine «gewerbefreundliche» Variante (Kleinmotorräder ab 15 Jahren und Motorräder der 125er-Klasse ab 16 Jahren) und eine «sicherheitsorientierte» Variante (Kleinmotorräder ab 16 Jahren, Motorräder der 125er-Klasse ab 18 Jahren) vor.

¹ SR 741.51

² SR 741.01

Das UVEK hat insgesamt 165 Stellungnahmen erhalten. Geantwortet haben alle Kantone, acht in der Bundesversammlung vertretene politische Parteien, zwei gesamtschweizerische Dachverbände der Gemeinden, Städte und Berggebiete, zwei Dachverbände der Wirtschaft, 28 übrige (angeschriebene) Organisationen und 99 übrige (nicht direkt angeschriebene) Organisationen.

Beim Erwerb des Führerausweises für Motorräder wurde mehrheitlich die «gewerbefreundliche» Variante der «sicherheitsorientierten» Variante vorgezogen. Von den Befürwortern der «gewerbefreundlichen» Variante wurde angeführt, dass sich Motorräder der 125er-Klasse ausserorts besser in den Verkehr einfügen können sowie stabiler und sicherer gebaut sind als Kleinmotorräder. Die Gegner sprachen sich aus Gründen der Verkehrssicherheit gegen die Herabsetzung des Mindestalters aus (höhere Risikobereitschaft der Jugendlichen; höhere Geschwindigkeiten, die mit Motorrädern der 125er-Klasse erreicht werden können). Die detaillierten Ergebnisse der Vernehmlassung sind unter folgendem Link abrufbar: [Änderung der Verkehrszulassungsverordnung – Ergebnis des Vernehmlassungsverfahrens.](#)

1.2 Projekt «Evaluation OPERA-3»

Das Projekt «Evaluation von OPERA-3» hat zum Ziel, die Wirkung von OPERA-3 auf die Verkehrssicherheit im Allgemeinen und im Speziellen auf Personen, die neu zum Strassenverkehr zugelassen werden, zu evaluieren. Von Interesse ist in erster Linie die Wirkung auf die besonders gefährdeten jungen Neulenkenden, die einen Führerausweis für Personenwagen (Kategorie B) oder für Motorräder (Kategorie A [beschränkt und unbeschränkt] und Unterkategorie A1) erwerben.

1.3 Aufbau des Berichts

In einem ersten Schritt werden mögliche Konsequenzen der Massnahme auf Basis von Erfahrungswerten und wissenschaftlicher Literatur diskutiert. Anschliessend werden die theoretischen Erkenntnisse anhand von Daten zu Neuzulassungen, Fahrberechtigungen und polizeilich registrierten Strassenverkehrsunfällen überprüft. Abschliessend wird die Entwicklung der Unfallzahlen anhand eines statistischen Modells beurteilt und ein Fazit gezogen.

2 Theoretische Auseinandersetzung mit der Massnahme

In diesem Abschnitt werden verschiedene Faktoren im Zusammenhang mit der Massnahme betrachtet, die nach der wissenschaftlichen Literatur oder aufgrund von Erfahrungswerten einen Einfluss auf die Verkehrssicherheit haben können. Im Rahmen dieser theoretischen Betrachtung sollen mögliche Auswirkungen der Massnahme diskutiert und in einem nächsten Schritt anhand der vorliegenden Daten überprüft werden.

2.1 Exposition

Die Herabsetzung des Mindestalters für das Führen von Motorrädern der 125er-Klasse (betrifft 16- und 17-Jährige) bzw. für das Führen von Kleinmotorrädern (betrifft 15-Jährige) könnte die Exposition der betroffenen Altersgruppe erhöhen. Insbesondere Motorräder der 125er-Klasse verfügen über eine höhere Leistung und eine höhere Höchstgeschwindigkeit, so dass mit ihnen grössere Strecken zurückgelegt werden können. Wenn aufgrund der Massnahme die Nachfrage nach (Klein-)Motorrädern der Unterkategorie A1 steigt, mehr Neulenkerinnen und -lenker im Strassenverkehr unterwegs sind oder pro Person grössere Distanzen mit (Klein-)Motorrädern zurückgelegt werden, ist auch mit einem Anstieg der Unfallzahlen zu rechnen.

2.2 Alter

Das Unfallrisiko ist bei jungen Neulenkerinnen und -lenkern besonders hoch. Dies wird auf zwei hauptsächliche Ursachen zurückgeführt: Einerseits fehlt es jungen Personen an Fahrerfahrung («Anfängerisiko») und andererseits verfügen sie oftmals über eine (mitunter biologisch bedingte) Risikobereitschaft und / oder überschätzen ihre eigenen Fähigkeiten eher («Jugendlichkeitsrisiko») (Lin und Kraus, 2009; Jonah, 1997; Biermann, 2007).

Zudem verfügen Jugendliche im Alter von 15 bis 17 Jahren in der Regel über ein geringes Einkommen und müssen daher stärker auf Preise achten. Es ist deshalb davon auszugehen, dass Jugendliche bei der Wahl eines (Klein-)Motorrads eher zu älteren Modellen greifen. Diese sind gegenüber neueren Modellen weniger sicher, da sie noch über keine Assistenzsysteme wie ABS, Kurven-ABS oder Schlupfkontrolle verfügen. Auch beim Kauf der Schutzausrüstung (Helm, Jacke, Hose, Handschuhe etc.) könnten Abstriche gemacht werden. Dies kann zu einem erhöhten Verletzungsrisiko führen.

Sollte durch die Massnahme die Exposition in der betroffenen Altersgruppe zunehmen, könnte dies aufgrund des höheren Unfallrisikos zusätzlich zur gesteigerten Exposition zu höheren Unfallzahlen führen.

2.3 Art der Verkehrsteilnahme

Das Risiko im Verkehr tödlich zu verunfallen (Sterberisiko) unterscheidet sich je nach Verkehrsmittel. Gemäss Bohnenblust et al. (2023) ereignete sich in der Schweiz im Durchschnitt der Jahre 2013 bis 2022 mit einem Fahrrad (ohne E-Bike) ein Todesfall auf 100 Millionen Personenkilometer. Mit einem Personewagen ereignete sich ein Todesfall auf 1.13 Milliarden Personenkilometer und mit dem Motorrad ein Todesfall auf 40 Millionen Personenkilometer. Im Verhältnis zur zurückgelegten Distanz liegt das Sterberisiko einer Person auf dem Motorrad also doppelt so hoch als auf dem Fahrrad und 28-mal höher als in einem Personewagen.

Wenn sich die von der Massnahme betroffenen 15- bis 17-Jährigen für ein (Klein-)Motorrad der Unterkategorie A1 als Fortbewegungsmittel entscheiden, anstelle eines mit tieferem Sterberisiko behafteten Verkehrsmittels, könnte dies zusätzlich zur gesteigerten Exposition zu einer Verschlechterung der Verkehrssicherheit führen. Auch Verlagerungen innerhalb der Kategorie der motorisierten Zweiräder wie der Wechsel von einem leistungsschwächeren Kleinmotorrad auf ein Motorrad der 125er-Klasse, könnten sich negativ auf die Verkehrssicherheit auswirken. In der wissenschaftlichen Literatur wird eine höhere Motorleistung und ein höheres Leistungsgewicht³ auch mit einem höheren Sterberisiko verbunden (J. Broughton, 1991; Langley et al., 2000; Quddus et al., 2002; Yannis et al., 2005; Mattsson und Summala, 2010).

³ Leistungsgewicht: Verhältnis von Leistung zu Gewicht des Motorrads.

2.4 Fahrausbildung

Im Rahmen von OPERA-3 wurde die Ausbildungsdauer von Neulenkerinnen und -lenkern der Unterkategorie A1 erhöht. Diese müssen seit 2021 eine verlängerte PGS besuchen (neu sind 12 Stunden anstelle von 8 Stunden zu absolvieren). Von dieser Massnahme wird erwartet, dass die Neulenkerinnen und -lenker durch die zusätzlichen vier Stunden, in denen zur Hauptsache das korrekte Kurvenfahren geschult wird⁴, besser ausgebildet sind und dadurch das Unfallrisiko sinkt. Aus der wissenschaftlichen Literatur geht jedoch bisher nicht hervor, dass Motorrad-Ausbildungskurse das Verletzungs- und Unfallrisiko mit Motorrädern signifikant reduzieren (Parschl, 2018; Lin und Kraus, 2009; Christie, 2001). Ein Grund dafür könnte sein, dass die Neulenkenden ihr individuell akzeptables Risiko auch nach dem Kurs beibehalten und somit das Unfallrisiko unverändert bleibt. Mit anderen Worten könnten die Motorrad-Ausbildungskurse dazu führen, dass die Neulenkenden mehr Vertrauen in die eigenen Fähigkeiten haben und deshalb risikofreudiger am Verkehr teilnehmen, was die positiven Effekte der Kurse wieder aufheben würde. Es ist aber festzuhalten, dass sich einige Studien auf freiwillige Motorradkurse beziehen und die Forschung auf diesem Gebiet nicht umfangreich ist.

2.5 Erfahrungen aus dem Ausland

Erfahrungen aus dem Ausland deuten darauf hin, dass die Herabsetzung des Mindestalters zu einem Anstieg der Unfallzahlen führen könnte. So führte eine Gesetzesanpassung in Österreich, bei der im Jahr 2013 das Mindestalter für das Führen von Motorrädern der Unterkategorie A1 von 18 Jahren auf 16 Jahre gesenkt wurde, gemäss einer Analyse des Vias-Instituts zu einem Anstieg der Unfallzahlen um 150 Verletzte und 2 Getötete pro Jahr. Die gleiche Analyse fand gleichzeitig keine Anzeichen dafür, dass die Herabsetzung des Mindestalters zu Verbesserungen bei anderen Motorradkategorien oder bei der Altersgruppe der 18- und 19-Jährigen geführt hätte (Vias, 2018). In einer weiteren Analyse des Vias-Instituts wurde untersucht, ob sich das Unfallrisiko, bezogen auf die Anzahl Führerausweise, in den ersten beiden Jahren nach Erwerb des Führerausweises zwischen Ländern mit unterschiedlichem Mindestalter unterscheidet. Es konnten zwar grosse länderspezifische Unterschiede gefunden werden, die jedoch nicht mit dem Mindestalter in Zusammenhang zu stehen scheinen. Das Unfallrisiko von 18- und 19-Jährigen war in einigen Ländern deutlich höher als das Unfallrisiko von 16- und 17-Jährigen in anderen Ländern und umgekehrt (Vias, 2018).

Ein Modellversuch in Deutschland, bei dem das Mindestalter für den Erwerb der Fahrerlaubnis der Klasse AM (Kleinmotorräder) in einigen Bundesländern auf 15 Jahre reduziert worden war (regulär kann die Fahrerlaubnis der Klasse AM mit 16 Jahren erworben werden), wurde durch Dombrowski et al. (2019) untersucht. In den Modellversuchsländern stieg die Anzahl der Fahrberechtigungen der Kategorie AM im Vergleich zu anderen Bundesländern deutlich an, wobei etwa jeder zehnte 15-Jährige diese Klasse erwarb. Gleichzeitig stiegen die Unfallzahlen bei 15-Jährigen auf einem Kleinmotorrad in den Modellversuchsländern markant an, gefolgt von einem zeitverzögerten Anstieg bei den 16- und 17-Jährigen. In den Nicht-Modellversuchsländern blieben die Unfallzahlen der 15- bis 17-jährigen Kleinmotorradfahrerinnen und -fahrer stabil oder waren rückläufig.

⁴ [ASTRA-Weisungen betreffend die praktische Motorrad-Grundschulung](#)

3 Daten und Methoden

3.1 Daten zu Strassenverkehrsunfällen

Die Strassenverkehrsunfalldaten für die Analyse stammen aus dem Informationssystem Strassenverkehrsunfälle ISU des Bundesamts für Strassen ASTRA. Bei den Unfalldaten handelt es sich um polizeilich erfasste Unfälle. Nicht in den Daten enthalten sind folglich Unfälle, bei denen die Polizei nicht vor Ort war (Dunkelziffer) – meist Situationen, in denen keine weiteren Personen am Unfall beteiligt waren und / oder die Verletzungen leicht ausfielen. Die Analyse adressiert «Schwerverunfallte», d. h. Personen, die beim Unfall getötet oder schwerverletzt wurden. Die meisten Auswertungen beschränken sich zudem auf Personen im Alter zwischen 15 und 17 Jahren, die auf einem (Klein-)Motorrad schwer verunfallt sind (Betroffene der Massnahme). Dabei kann es sich um Lenkende oder Mitfahrende des (Klein-)Motorrads handeln.

Betrachtungszeitraum der Analyse sind die letzten zehn abgeschlossenen Unfalljahre 2014 bis 2023. Das Mobilitätsverhalten und das Unfallgeschehen der Jahre 2020 und 2021 war geprägt durch die COVID-19-Pandemie. Gleichzeitig markieren diese Jahre den Übergang vom alten ins neue System (Einführung der Massnahme per 1. Januar 2021). Aufgrund der unterschiedlich langen Zeiträume vor und nach Einführung der Massnahme (7 vs. 3 Jahre) und um die Einflüsse der COVID-19-Pandemie bei der Interpretation der Unfallzahlen möglichst gering zu halten, wurden Durchschnitt- und Anteilswerte berechnet und miteinander verglichen. Da sowohl die Vorher- als auch die Nachher-Periode ein durch die COVID-19-Pandemie geprägtes Jahr beinhalten, sollte dieses Vorgehen eine möglichst unverzerrtes Bild der Veränderungen im Unfallgeschehen liefern.

Um das Unfallgeschehen der jungen (Klein-)Motorradfahrenden mit dem Unfallgeschehen anderer Altersgruppen vergleichen zu können, wurde für verschiedene Altersgruppen das Unfallrisiko berechnet. Dazu wurden pro Altersgruppe die Unfallzahlen mit der Exposition bereinigt. Als Annäherung an die Exposition wurde die Anzahl Inhaber und Inhaberinnen eines LFA, eines Führerausweises auf Probe (FAP) oder eines FA für (Klein-)Motorräder (Unterkategorie A1, Kategorie A beschränkt und unbeschränkt) verwendet. Das Unfallrisiko wurde für die Altersgruppe der 16- und 17-Jährigen sowie zwei Vergleichsgruppen (18- bis 24-Jährige und 25- bis 30-Jährige) berechnet. Für die Gruppe der 15-Jährigen wurde aufgrund der tiefen Unfallzahlen auf die Berechnung des Unfallrisikos verzichtet. Ebenso wurden Personen mit einem Alter von mehr als 30 Jahren ausgeschlossen, da das verwendete Expositionsmass mit zunehmendem Alter unzuverlässiger wird. D. h. mit zunehmendem Alter verzichten Personen eher auf das Motorradfahren, sind aber nach wie vor im Besitz eines entsprechenden Führerausweises. Dieses Problem akzentuiert sich in den höheren Altersgruppen, da alle Personen bis 1977 beim Erwerb des Führerausweises der Kategorie B (Personenwagen) automatisch auch die Berechtigung für die Unterkategorie A1 erhielten. Andere Expositionsmasse wurden nicht verwendet, da sie Qualitätsprobleme aufweisen (z. B. zurückgelegte Tagesdistanz pro Altersgruppe aus dem Mikrozensus Mobilität und Verkehr⁵: nur zwei Messungen liegen für den Beobachtungszeitraum vor) oder als nicht ausreichend aussagekräftig für die Population der Motorradfahrerinnen und -fahrer befunden werden (z. B. Bevölkerungsgrösse pro Altersgruppe: Anteil Motorradfahrerinnen und -fahrer kann sich pro Altersgruppe unterscheiden).

3.2 Daten zu den Neuzulassungen

Die Daten zu den Neuzulassungen von Strassenfahrzeugen stammen vom Bundesamt für Statistik BFS. Als Neuzulassungen gelten alle erstmals in der Schweiz in Verkehr gesetzten zivilen (Klein-)Motorräder, deren Halterinnen und Halter ihren (Wohn-)Sitz in der Schweiz haben. Dabei handelt es sich mehrheitlich um Neufahrzeuge, zu einem kleinen Teil aber auch um aus dem Ausland importierte Occasionen (Gebrauchtfahrzeuge). Berücksichtigt wurden Kleinmotorräder mit einem Hubraum von max. 50 cm³ und einer Leistung von nicht mehr als 4 kW sowie Motorräder mit einem Hubraum von max. 125 cm³ und einer Leistung von nicht mehr als 11 kW. Die Daten entsprechen dem Stand des Informationssystems Verkehrszulassung (IVZ) vom 3. Januar des Folgejahres. Eine Aufschlüsselung der Daten nach Alter, und damit eine Eingrenzung auf 15- bis 17-jährige Halterinnen und Halter von (Klein-)Motorrädern (d. h. auf den Wirkungsbereich der Massnahme), war mit den vorliegenden Daten nicht möglich.

⁵ Link: <https://www.are.admin.ch/are/de/home/mobilitaet/grundlagen-und-daten/mzmvm.html>

3.3 Daten zu den Fahrberechtigungen

Die Daten zu den Fahrberechtigungen stammen aus dem Subsystem «Personen» des IVZ. Die Daten umfassen die Inhaber und Inhaberinnen eines LFA, eines FAP oder eines FA für (Klein-)Motorräder (Unterkategorien A1, Kategorie A beschränkt und unbeschränkt). Als Inhaber und Inhaberinnen gelten Personen, die am 31. Dezember des betreffenden Jahres im Besitz eines LFA, FAP oder FA waren. Die Berechnung des Alters der Inhaber und Inhaberinnen eines LFA, FAP oder FA bezieht sich auf den 31. Dezember des jeweiligen Jahres (Alter am 31. Dezember). Die Daten zu den Fahrberechtigungen sind seit 2016 verfügbar, weshalb auch die Berechnung des Unfallrisikos erst ab 2016 erfolgt.

Für die Auswertung zur Dauer, die zwischen dem Erwerb des LFA und dem Unfallzeitpunkt verstreicht (siehe Kapitel 4.3.5), wurden die Unfallzahlen der Jahre 2021 bis 2023 der 15- bis 17-jährigen (Klein-)Motorradlenkerinnen und -lenker mit den Fahrberechtigungsdaten verknüpft. Es konnte nicht bei allen Personen eine Verknüpfung erreicht werden, da einige von ihnen nicht über einen schweizerischen, sondern über einen ausländischen Führerausweis verfügten. Bei der Auswertung wurden nur die ersten 16 Monate nach Erwerb des LFA betrachtet, da dies die reguläre Dauer ist, die für den Abschluss der Fahrausbildung (d.h. bis zum Absolvieren der praktischen Führerprüfung) zur Verfügung steht⁶. Ausserdem wurden alle Personen ausgeschlossen, die sich am 31.12.2023 noch in der 16-monatigen Ausbildungsphase befanden oder deren 18. Geburtstag in die 16-monatige Ausbildungsphase fiel. Diese Einschränkungen waren notwendig, um die Aussagekraft der Auswertung nicht zu verfälschen. Da sich die Auswertung auf die 16-monatige Ausbildung fokussiert und nur Unfälle von 15- bis 17-Jährigen berücksichtigt, würden die vorerwähnten Fälle die Ergebnisse verzerren.

Zur Bestimmung der durchschnittlichen Dauer bis zum Abschluss der Fahrausbildung in der Unterkategorie A1 (d. h. bis zum erfolgreichen Bestehen der praktischen Führerprüfung) wurde ein einjähriger Beobachtungszeitraum (01.09.2021 bis 31.08.2022) gewählt. Innerhalb dieses Zeitraums wurden alle Personen im Alter von 15 bis 17 Jahren berücksichtigt, die einen LFA erworben und ihre Fahrausbildung innerhalb der regulären Ausbildungsdauer von 16 Monaten abgeschlossen haben. Anschließend wurde die durchschnittliche Dauer bis zum Abschluss der Fahrausbildung ermittelt. Für die Berechnung der Altersverteilung beim Zeitpunkt des Erwerbs des LFA der Unterkategorie A1 (siehe Kapitel 4.3.6) wurden dieselben Personen berücksichtigt.

3.4 Analysemethoden

Zur Beurteilung der Wirkung der Massnahme wurden die Unfalldaten des ISU deskriptiv analysiert und mit Hilfe eines statistischen Bootstrap-Verfahrens ausgewertet. Bei der deskriptiven Analyse wird das Unfallgeschehen vor und nach Einführung der Massnahme aus verschiedenen Blickwinkeln betrachtet und mit dem Unfallgeschehen verschiedener Vergleichsgruppen sowie der Entwicklung der Neuzulassungen und der Anzahl Fahrberechtigungen verglichen. In diesem Zusammenhang wird auch die Entwicklung des Unfallrisikos auf die Anzahl Fahrberechtigungen betrachtet. Dieses Vorgehen erlaubt qualitative Aussagen über Veränderungen seit Einführung der Massnahme. Die deskriptive Analyse wurde mit MS Excel durchgeführt.

Um zu verstehen, ob sich die Unfallzahlen seit Einführung der Massnahme normal oder ungewöhnlich verändert haben, wurde ein Bootstrap-Konfidenzintervall geschätzt. Dabei wird von der Nullhypothese ausgegangen, dass die Massnahme keinen Einfluss auf die Unfallzahlen hat und die Unfallzahlen der einzelnen Jahre aus der gleichen Verteilung stammen. Zunächst werden aus den vorhandenen Daten mehrfach neue Zufallsstichproben gezogen, wobei jede Beobachtung nach der Ziehung wieder zurückgelegt wird, so dass sie mehrfach ausgewählt werden kann. Diese neuen Stichproben werden als «Bootstrap-Stichproben» bezeichnet. Für jede dieser Stichproben wird der zu untersuchende Parameter berechnet, in diesem Fall die Differenz zwischen der durchschnittlichen Anzahl an Unfällen vor und nach Einführung der Massnahme. Dieser Vorgang wird so lange wiederholt, bis eine Verteilung der berechneten Differenz entsteht, aus welcher ein verlässliches Konfidenzintervall, also ein Bereich, in dem der wahre Wert mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit liegt, abgeleitet werden kann. Anschliessend wird geprüft, ob die tatsächlich beobachtete Differenz der Unfallzahlen innerhalb dieses Intervalls liegt. Liegt die beobachtete Differenz innerhalb des Konfidenzintervalls, gibt es keinen statistischen Hinweis auf

⁶ In den ersten vier Monaten nach Erwerb des LFA muss die PGS absolviert werden. Danach verlängert sich der LFA um 12 Monate.

einen Einfluss der Massnahme. Liegt der beobachtete Unterschied jedoch ausserhalb des Konfidenzintervalls, kann dies ein Hinweis darauf sein, dass die Massnahme einen Einfluss auf die Unfallzahlen hatte.

Das Bootstrap-Konfidenzintervall wurde mit Hilfe der Statistiksoftware R (Version 4.1.1) berechnet. Alle Codes inklusive der verwendeten Daten können dem Anhang entnommen werden.

4 Deskriptive Auswertungen

4.1 Entwicklung der Neuzulassungen

Die Entwicklung der Neuzulassungen von (Klein-)Motorrädern der Unterkategorie A1 ist ein Indikator für die Exposition. Eine durch die Massnahme bedingte Erhöhung der Nachfrage nach solchen (Klein-)Motorrädern sollte sich in den Neuzulassungsdaten widerspiegeln. Abbildung 1 zeigt die Entwicklung der Neuzulassungen von (Klein-)Motorrädern der Unterkategorie A1 im Vergleich zum Referenzjahr 2014.

In den Jahren 2014 bis 2023 waren die Neuzulassungen von Kleinmotorrädern insgesamt rückläufig. Im Jahr 2021 gab es einen Anstieg von ca. 31% gegenüber 2020 (von 294 Kleinmotorrädern im Jahr 2020 auf 384 Kleinmotorräder im Jahr 2021). Seitdem sind die Neuzulassungen wieder rückläufig und erreichten im Jahr 2023 einen Tiefpunkt (254 Kleinmotorräder). Bei den Motorrädern der 125er-Klasse sind die Neuzulassungen seit 2020 wieder deutlich angestiegen. Im Jahr 2021 war gegenüber 2020 ein Anstieg von ca. 53% zu verzeichnen (von 13 648 auf 20 931 Motorräder). Seitdem bewegen sich die Neuzulassungen auf dem Niveau von 2014. Die Entwicklung bei den Motorrädern der 125er-Klasse könnte ein Indiz dafür sein, dass sich die Absenkung des Mindestalters positiv auf die Nachfrage nach solchen Motorrädern ausgewirkt hat. Zu beachten ist jedoch, dass bei diesen Zahlen das Alter der Halterinnen und Halter nicht berücksichtigt werden konnte, da dieses in den Daten des BFS nicht verfügbar ist. Somit ist unklar, welche Altersgruppen für den starken Anstieg der Neuzulassungen im Jahr 2021 verantwortlich sind.

Da junge Neulenkenden oft nicht über die finanziellen Mittel zur Beschaffung eines Neufahrzeugs verfügen, sollten nebst den Neuzulassungszahlen auch allfällige Veränderungen im Bestand an (Klein-)Motorrädern betrachtet werden. Mit den verfügbaren Daten können diese Veränderungen jedoch nicht quantifiziert werden, weshalb auf die Verwendung von Bestandsdaten als Indikator für die Exposition verzichtet wurde.

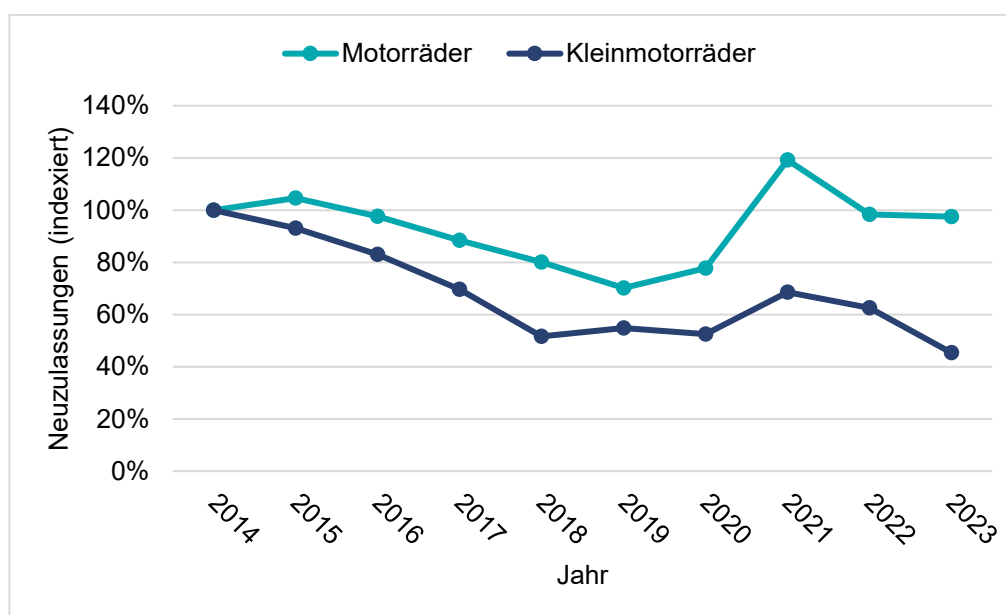


Abbildung 1: Entwicklung der Neuzulassungen von (Klein-)Motorrädern der Unterkategorie A1 (indexiert, 2014 = 100%; Quelle: BFS, 2024)

4.2 Entwicklung der Fahrberechtigungen

Ein weiterer Indikator für die Exposition ist die Anzahl Inhaberinnen und Inhaber eines LFA oder eines FA der Unterkategorie A1. Sind mehr Personen berechtigt, mit einem (Klein-)Motorrad der Unterkategorie A1 am Strassenverkehr teilzunehmen, ist auch mit einem Anstieg der Exposition zu rechnen. Abbildung 2 zeigt für die Jahre 2016 bis 2023 die Anzahl Inhaberinnen und Inhaber eines LFA oder FA der Unterkategorie A1 nach Alter am Ende des jeweiligen Jahres. Die Daten stammen aus dem Subsystem «Personen» des IVZ und sind nur für diesen Zeitraum verfügbar. Ein Anstieg der ausgestellten Führerausweise (LFA und FA) ist in beiden Alterskategorien zu beobachten. Bei den 16- und 17-Jährigen ist im Jahr 2021 ein Anstieg um ca. 40% gegenüber dem Vorjahr zu beobachten. Seitdem sind die Zahlen nur mehr leicht angestiegen. Deutlich ist auch der Anstieg bei den 15-Jährigen, die aber erst seit 2021 für die Unterkategorie A1 zugelassen sind. Seit Herabsetzung des Mindestalters für das Lenken von (Klein-)Motorrädern der Unterkategorie A1 scheint die Beliebtheit der Führerausweis-Unterkategorie A1 bei den 15- bis 17-Jährigen zugenommen zu haben.

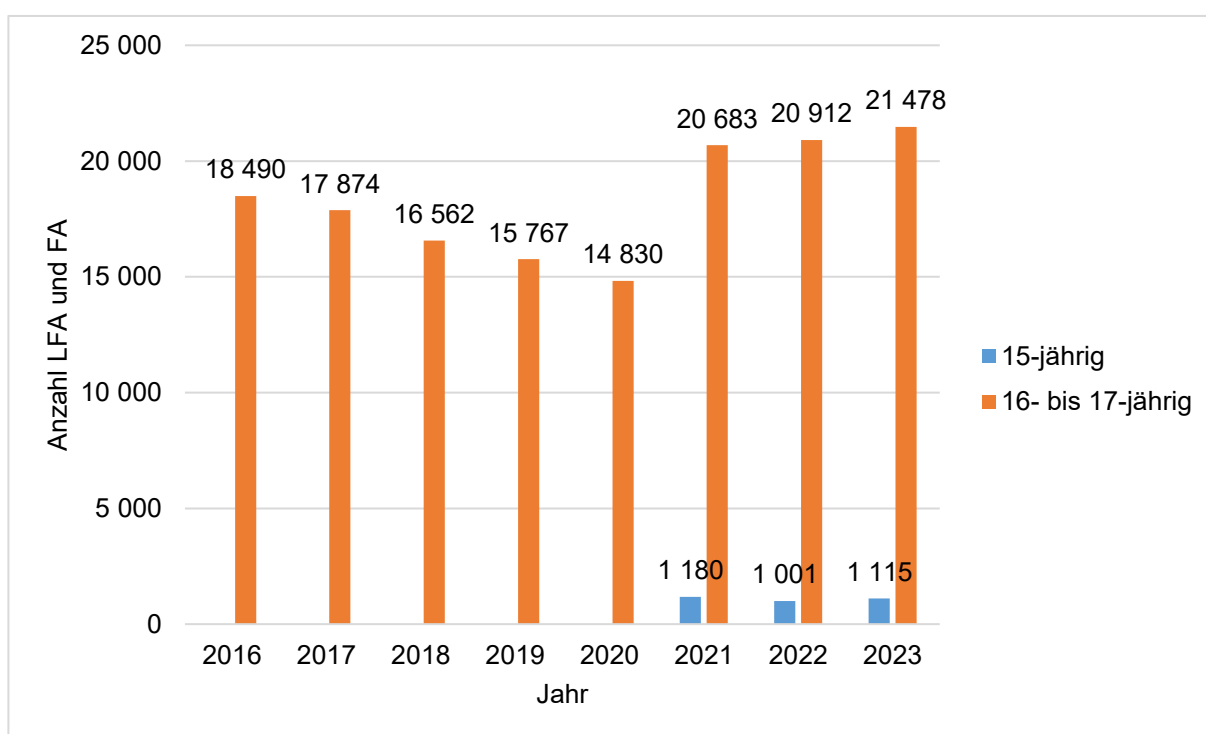


Abbildung 2: Anzahl Inhaberinnen und Inhaber eines LFA oder FA der Unterkategorie A1 nach Alter am Ende des jeweiligen Jahres (Quelle: ASTRA 2024)

4.3 Entwicklung des Unfallgeschehens

4.3.1 Entwicklung der Schwerverunfallten

In Tabelle 1 wird die Entwicklung der auf einem (Klein-)Motorrad schwerverunfallten 15- bis 17-Jährigen differenziert nach ausgewählten Personen- und Unfallmerkmalen dargestellt.

Im Jahr 2023 sind in der Schweiz insgesamt 162 Jugendliche im Alter zwischen 15 und 17 Jahren auf einem (Klein-)Motorrad schwer verunfallt (6 Getötete und 156 Schwerverletzte). Das entspricht einem Anstieg von ca. 25 % gegenüber dem Vorjahr (+32 Schwerverunfallte), womit sich der steigende Trend seit Einführung der Massnahme fortgesetzt hat. Die Zahl der Schwerverunfallten bewegte sich vor der Einführung der Massnahme zwischen 48 und 86 (Schwerverletzte) bzw. zwischen 0 und 3 (Getötete). Nach Einführung der Massnahme betrug die Spannweite zwischen 123 und 156 (Schwerverletzte) bzw. zwischen 2 und 6 (Getötete). Im Vergleich zum Zeitraum vor Einführung der Massnahme hat sich der Jahresdurchschnitt der mit (Klein-)Motorrädern schwerverunfallten 15- bis 17-Jährigen im Zeitraum danach von 66 auf 139 erhöht und somit mehr als verdoppelt (plus ca. 111 %).

Der Grossteil der Schwerverunfallten (pro Jahr jeweils mehr als 93 %) war zum Unfallzeitpunkt 16 oder 17 Jahre alt. 16- und 17-Jährige verunfallten etwa gleich häufig. Bei den 15-Jährigen, welche die Unterkategorie A1 (Kleinmotorrad) vor 2021 nicht erwerben durften, ist die Zahl der Schwerverunfallten ebenfalls angestiegen, jedoch bewegt sie sich auf einem tiefen Niveau. In Bezug auf die schwerverunfallten 15-Jährigen, die vor 2021 statistisch erfasst worden sind, lässt sich feststellen, dass es sich bei ihnen um Mitfahrende oder Verunfallte bei illegalen Fahrten handelte.

Von den 162 auf einem (Klein-)Motorrad schwerverunfallten 15- bis 17-Jährigen lenkten 155 Personen das (Klein-)Motorrad selbst und 7 Personen wurden als Mitfahrende schwer verletzt. Seit Einführung der Massnahme bewegte sich der Anteil der schwerverunfallten Lenkerinnen und Lenker, die den Unfall selbst verursacht haben, zwischen rund 67 und 75 %. In den Jahren 2014 bis 2020 betrug dieser Anteil zwischen rund 56 und 77 %.

Vor Einführung der Massnahme verunfallten tendenziell mehr 15- bis 17-Jährige (Klein-)Motorradlenkerinnen und -lenker innerorts schwer als ausserorts. Diese Tendenz hat sich in den letzten zwei Jahren umgekehrt. Die meisten Schwerverunfallten waren auf Haupt- und Nebenstrassen ausserorts zu verzeichnen. Seit Einführung der Massnahme sind auch erste 16- und 17-Jährige auf Autobahnen mit einem Motorrad der Unterkategorie A1 schwer verunfallt.

In Bezug auf das Geschlecht sind insbesondere junge Männer im Alter zwischen 15 und 17 Jahren auf einem (Klein-)Motorrad schwer verunfallt (jeweils über 75 % der Schwerverunfallten).

	Vorher-Zeitraum								Nachher-Zeitraum			
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Ø	2021	2022	2023	Ø
Schwerverunfallte	86	78	75	64	48	57	53	65.9	125	130	162	139.0
davon Getötete	0	3	1	2	0	1	3	1.4	2	3	6	3.7
davon Schwerverletzte	86	75	74	62	48	56	50	64.4	123	127	156	135.3
Alter												
15	0	1	0	1	1	1	1	0.7	6	3	11	6.7
16	44	35	37	28	19	26	18	29.6	63	58	70	63.7
17	42	42	38	35	28	30	34	35.6	56	69	81	68.7
Anteil 16- und 17-jährige (in %)	100	98.7	100	98.4	97.9	98.2	98.1		95.2	97.7	93.2	
Personenart												
Lenkende	81	73	70	62	47	56	50	62.7	119	123	155	132.3
davon Hauptverursachende (in %)	55.6	60.3	62.9	59.7	76.6	76.8	60.0		67.2	73.2	74.8	
Mitfahrende	5	5	5	2	1	1	3	3.1	6	7	7	6.7
Unfallort												
innerorts	50	44	48	39	29	36	28	39.1	65	57	77	66.3
ausserorts	36	34	27	25	19	21	25	26.7	60	73	85	72.7
Strassenart												
Hauptstrasse	44	41	46	30	24	29	33	35.3	69	79	84	77.3
Nebenstrasse	42	35	28	32	24	28	19	29.7	54	46	70	56.7
Autobahn	0	1	0	0	0	0	0	0.1	2	3	5	3.3
andere	0	1	1	2	0	0	1	0.7	0	2	3	1.7
Geschlecht												
männlich (in %)	86.0	76.9	78.7	79.7	89.6	87.7	86.8		75.2	83.1	81.5	
weiblich (in %)	14.0	23.1	21.3	20.3	10.4	12.3	13.2		24.8	16.9	18.5	

Tabelle 1: Anzahl schwerverunfallter 15- bis 17-Jähriger auf (Klein-)Motorrädern nach ausgewählten Unfall- und Personenmerkmalen (Quelle: ASTRA 2024)

4.3.2 Hauptursachen und Unfalltypen

Die Hauptursachen und Unfalltypen wurden nur für die schwerverunfallten 16- und 17-Jährigen betrachtet, die den Unfall als Lenkerin oder Lenker eines (Klein-)Motorrads selbst verursacht haben. 15-jährige Kleinmotorradlenkerinnen und -lenker wurden nicht betrachtet, da die Unfallzahlen zu tief sind, um klare Aussagen zu den Unfallursachen machen zu können. Um die Veränderungen seit Einführung der Massnahme feststellen zu können, wurden die Anteile der schwerverunfallten 16- und 17-Jährigen nach Hauptursache bzw. Unfalltyp berechnet.

Abbildung 3 zeigt die Hauptursachen-Untergruppen, aufgrund derer die 16- und 17-jährigen Lenkerinnen und Lenker von (Klein-)Motorrädern verunfallten. In den Jahren 2021 bis 2023 waren eine nicht angepasste Geschwindigkeit (ca. 31 %), Unaufmerksamkeit und Ablenkung (ca. 29 %) sowie Fehlverhalten bei der Fahrbewegung (sog. «Fahren»⁷; ca. 9 %) die wichtigsten Hauptursachen. Der Anteil der Schwerverunfallten aufgrund nicht angepasster Geschwindigkeit hat gegenüber dem Zeitraum 2014 bis 2020 deutlich zugenommen (von ca. 24 % vor Einführung der Massnahme auf ca. 31 % danach), so auch der Anteil der Schwerverunfallten, die bei Überholmanövern verunglückt sind (von ca. 1 % vor Einführung der Massnahme auf ca. 6 % danach). Am stärksten zurückgegangen sind die Anteile der Hauptursachen im Zusammenhang mit dem Zustand der Person⁸ (von ca. 11 % vor Einführung der Massnahme auf ca. 6 % danach), dem Fehlverhalten bei Fahrbewegungen (sog. «Fahren»; von ca. 12 % vor Einführung der Massnahme auf ca. 9 % danach) und dem Missachten des Vortritts (von ca. 9 % vor Einführung der Massnahme auf ca. 6 % danach).

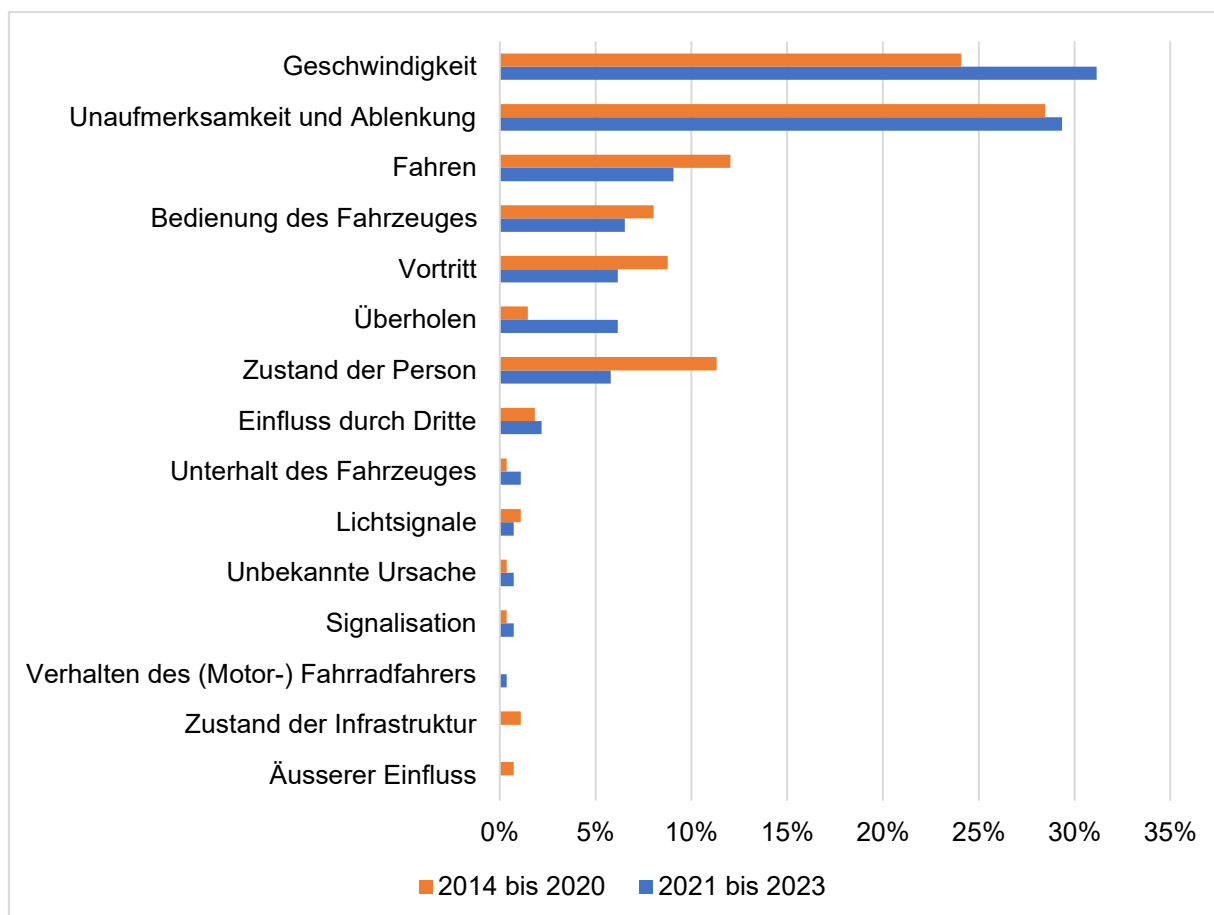


Abbildung 3: Anteile schwerverunfallter 16- und 17-Jähriger auf (Klein-)Motorrädern, die als Lenkende Hauptverursacher waren, nach Hauptursachen-Untergruppe (Quelle: ASTRA 2024)

⁷ Unter dem Begriff «Fahren» werden die Hauptursachen zusammengefasst, die mit Fehlverhalten bei Fahrbewegungen zusammenhängen. Dazu gehören insbesondere zu nahes Aufschliessen, vorschriftswidriges Begegnen oder ungenügendes Rechtsfahren, mangelnde Rücksichtnahme bei Fahrstreifenwechsel und Schikanestopp.

⁸ Unter dem Begriff «Zustand der Person» werden folgende Hauptursachen zusammengefasst: Einwirkung von Alkohol, Arznei- oder Betäubungsmitteln, Übermüdung, Krankheit etc.

Abbildung 4 zeigt die Unfalltypen-Gruppen der schwerverunfallten 16- und 17-Jährigen auf (Klein-)Motorrädern, die als Lenkende Hauptverursacher waren. Die drei wichtigsten Unfalltyp-Gruppen nach Einführung der Massnahme sind Schleuder- oder Selbstunfälle (ca. 61 %), Auffahrunfälle (ca. 15 %) sowie Überholunfälle und Fahrstreifenwechsel (ca. 7 %). Deutlich zugenommen hat der Anteil der Schwerverunfallten aufgrund von Überholunfällen und Fahrstreifenwechseln (von ca. 1 % vor Einführung der Massnahme auf ca. 7 % danach), was sich mit den Beobachtungen bei den Hauptursachen deckt. Abgenommen haben Frontalkollisionen (von ca. 10 % vor Einführung der Massnahme auf ca. 5 % danach).

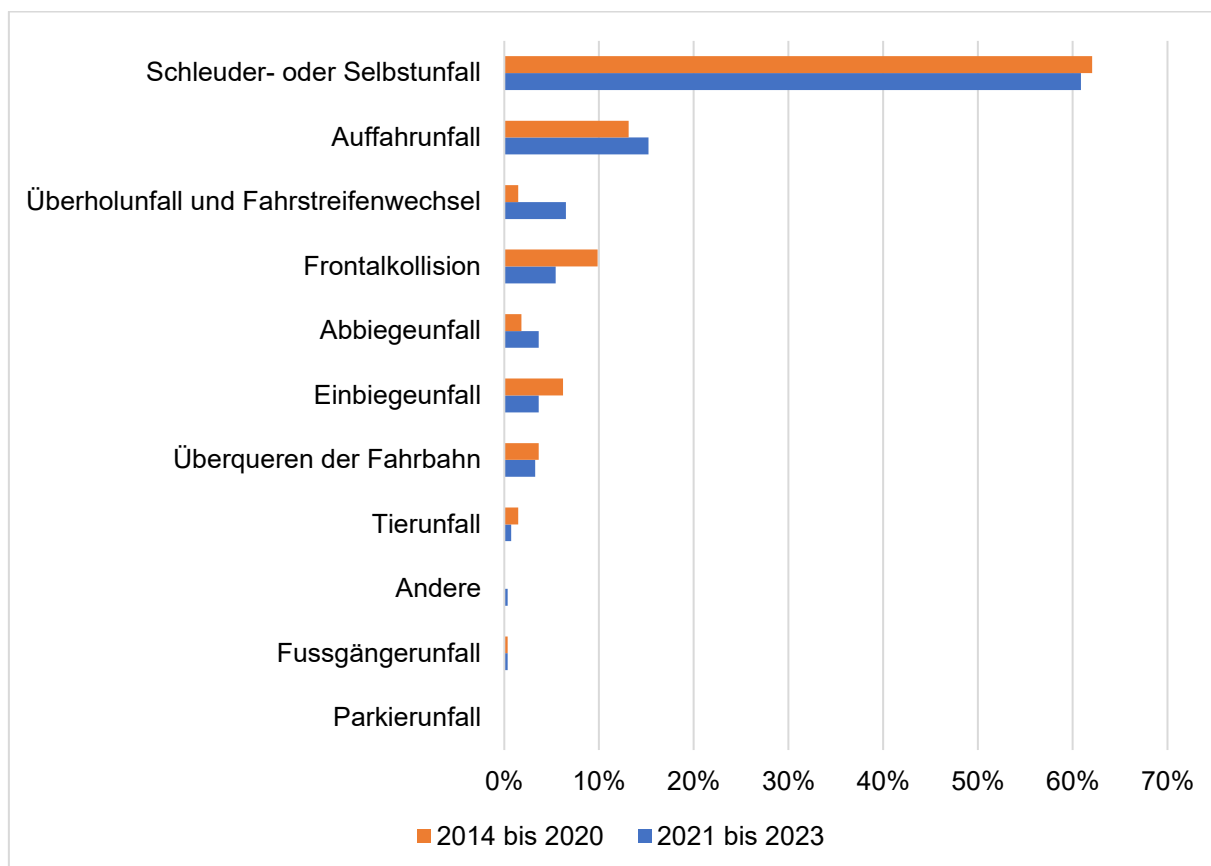


Abbildung 4: Anteile schwerverunfallter 16- und 17-Jähriger auf (Klein-)Motorrädern, die als Lenkende Hauptverursacher waren, nach Unfalltyp-Gruppe (Quelle: ASTRA 2024)

4.3.3 Schwerverunfälle nach Verkehrsteilnahme

Abbildung 5 zeigt die Gesamtheit der schwerverunfallten 15- bis 17-Jährigen nach Art der Verkehrsteilnahme. Insgesamt verunfallten im Jahr 2023 deutlich mehr 15- bis 17-Jährige schwer im Strassenverkehr als noch zu Beginn der Betrachtungsperiode (243 Schwerverunfälle im Jahr 2023 gegenüber 179 Schwerverunfällen im Jahr 2014). Davon verunfallten zwei Drittel (162 Personen bzw. 67 %) mit einem (Klein-)Motorrad. Ein ähnlich starker Anstieg der Unfallzahlen wie bei den (Klein-)Motorrädern ist bei keiner anderen Art der Verkehrsbeteiligung zu beobachten. Dieser Anstieg war so markant, dass er nicht durch Rückgänge der Unfallzahlen bei anderen Arten der Verkehrsbeteiligung kompensiert werden konnte.

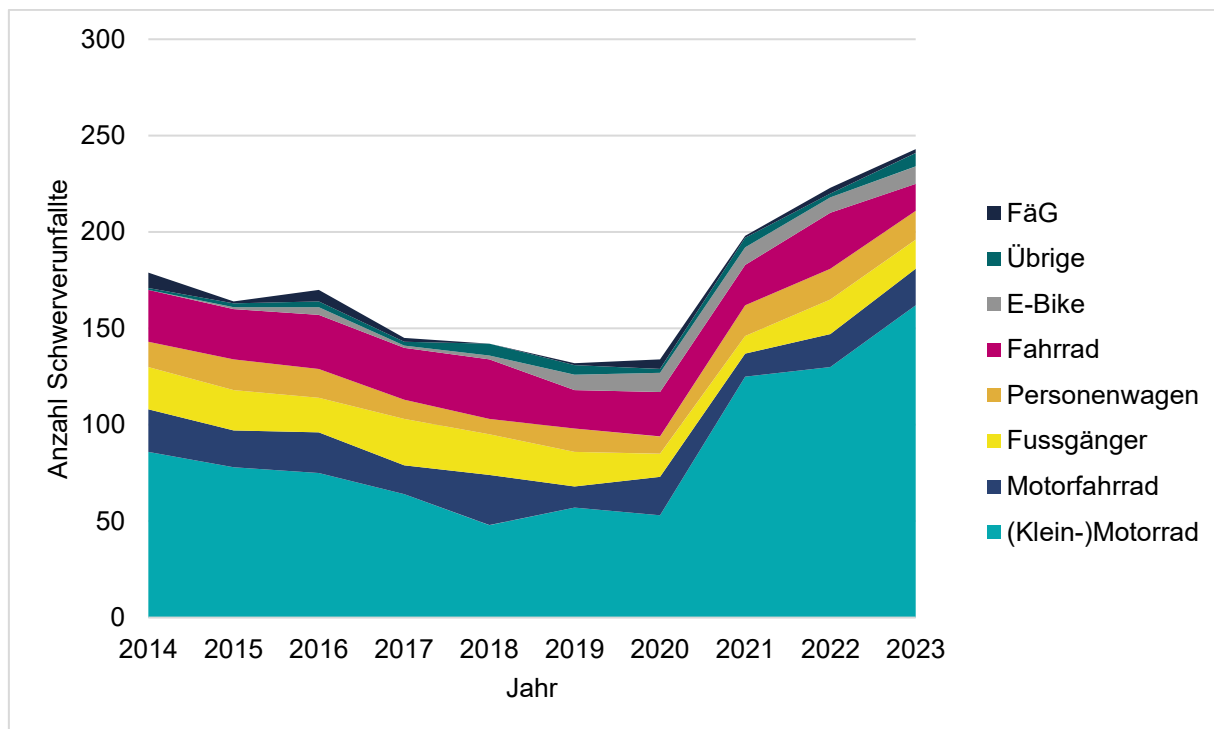


Abbildung 5: Gesamtheit der schwerverunfallten 15- bis 17-Jährigen nach Art der Verkehrsteilnahme (Quelle: ASTRA 2024)

4.3.4 Unfallrisiko

Abbildung 6 zeigt die Entwicklung des Unfallrisikos⁹ von (Klein-)Motorradfahrenden verschiedener Altersgruppen. Gemessen an der Anzahl LFA / FA der Unterkategorie A1 und der Kategorie A (beschränkt und unbeschränkt) ist das Unfallrisiko seit Einführung der Massnahme bei den 16- bis 17-jährigen (Klein-)Motorradfahrerinnen und -fahrern stark angestiegen. Von 2016 bis 2020 sind pro 1000 LFA / FA durchschnittlich 3.5 Jugendliche im Alter von 16 bis 17 Jahren auf einem (Klein-)Motorrad schwer verunfallt. Seit Einführung der Massnahme im liegt das Unfallrisiko in dieser Altersgruppe deutlich höher und betrug in den Jahren 2021 bis 2023 durchschnittlich 6.3 Schwerverunfälle pro 1000 LFA / FA.

Bei den 18- bis 24-jährigen (Klein-)Motorradlenkerinnen und -lenkern hat das Unfallrisiko im Betrachtungszeitraum in geringem Mass zugenommen sowie bei den 25- bis 30-jährigen (Klein-)Motorradlenkerinnen und -lenkern leicht abgenommen. Auf den Vergleich von weiteren Altersgruppen wurde verzichtet, da die Anzahl LFA / FA mit zunehmendem Alter weniger repräsentativ für die Anzahl Personen ist, die tatsächlich mit einem Motorrad am Strassenverkehr teilnehmen.

Für die Gruppe der 15-Jährigen wurde aufgrund der tiefen Unfallzahlen auf die Berechnung des Unfallrisikos verzichtet.

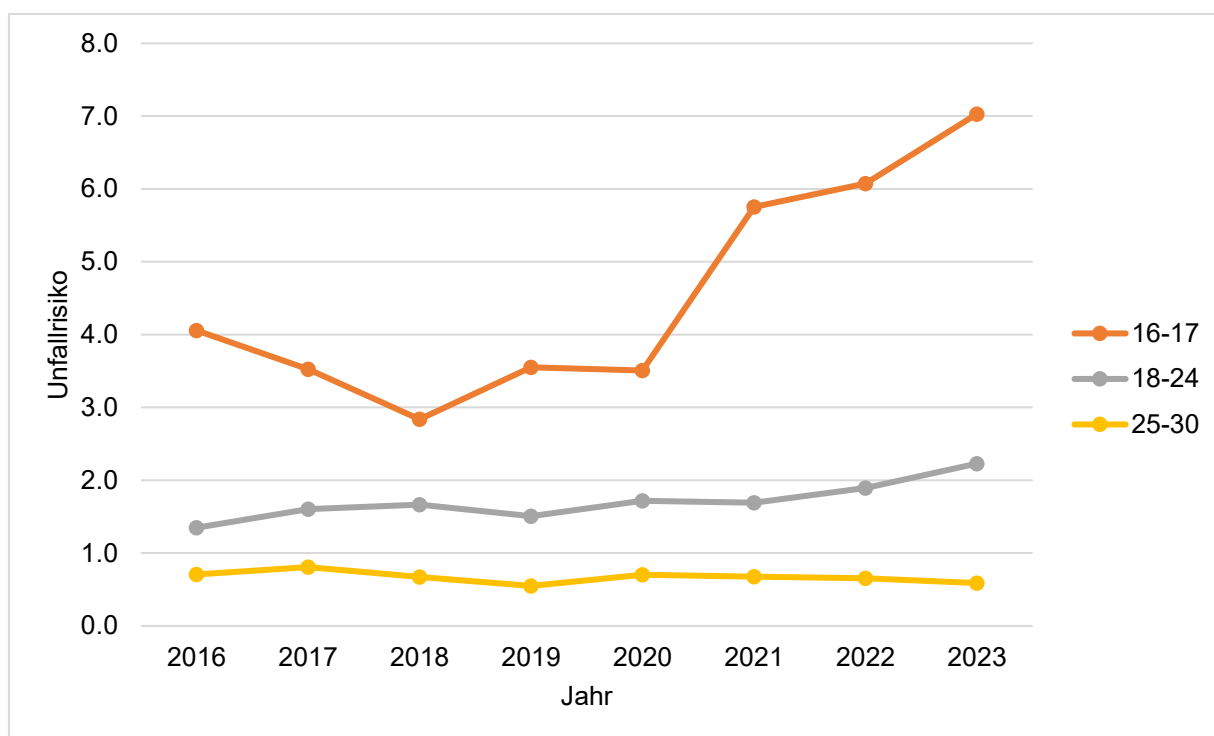


Abbildung 6: Entwicklung des Unfallrisikos von (Klein-)Motorradfahrenden nach Altersgruppe (Quelle: ASTRA 2024)

⁹ Das Unfallrisiko wird hier als die Anzahl Schwerverunfälle pro 1000 LFA / FA definiert.

4.3.5 Zeitpunkt des Unfallereignisses

Für die Jahre nach Einführung der Massnahme (2021 bis 2023) wurde untersucht, nach wie vielen Monaten seit dem Erwerb des LFA die 15- bis 17-Jährigen (Klein-)Motorradlenkerinnen und -lenker schwer verunfallt sind. Abbildung 7 zeigt, dass die meisten schwerverunfallten 15- bis 17-jährigen (Klein-)Motorradlenkerinnen und -lenker in den ersten 5 Monaten nach Erhalt des LFA verunfallen. In den ersten 4 Monaten müssen die Neulenkenden die PGS absolvieren. Ab dem 6. Monat nimmt die Zahl der Schwerverunfallten erkennbar ab. Gleichzeitig nimmt der Anteil an Personen zu, welche die praktische Prüfung bestanden haben und einen FA besitzen.

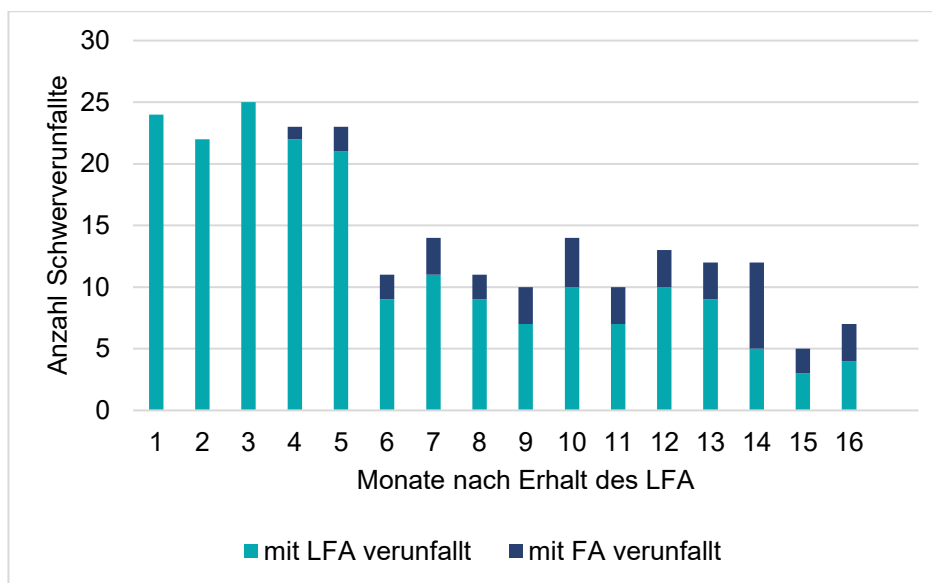


Abbildung 7: Verteilung der Anzahl schwerverunfallter 15- bis 17-jähriger (Klein-)Motorradlenkerinnen und -lenker nach Anzahl Monaten seit dem Erwerb des LFA. Lesebeispiel: Im 6. Monat nach Erwerb des LFA sind 2 Personen mit einem FA und 9 Personen mit einem LFA schwer verunfallt.

4.3.6 Alter bei Erwerb des LFA

Abbildung 8 zeigt die Verteilung des Alters beim Erwerb des LFA der Unterkategorie A1. Die meisten LFA wurden rund um den 16. Geburtstag erworben. Auffällig ist, dass deutlich mehr 15-Jährige den LFA kurz vor dem 16. Geburtstag erwarben und nicht rund um den 15. Geburtstag.

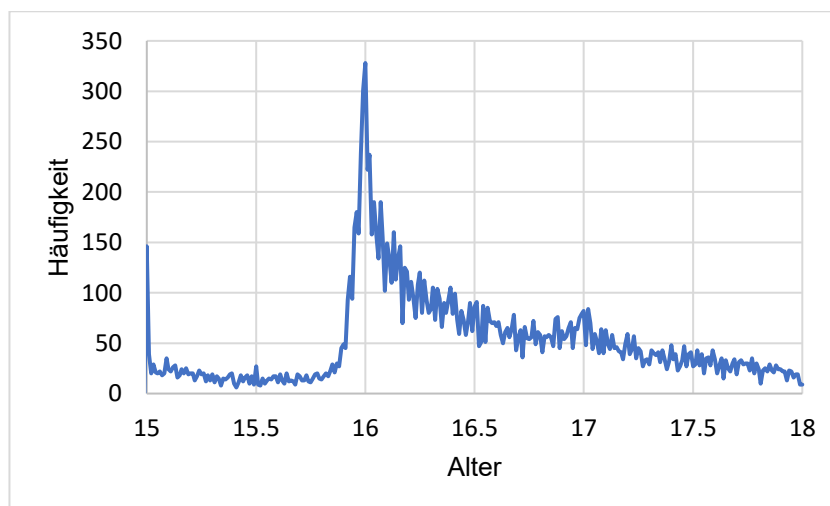


Abbildung 8: Verteilung des Alters beim Erwerb des LFA der Unterkategorie A1 (Quelle: ASTRA 2024)

5 Bootstrap-Analyse

Um besser einschätzen zu können, ob die Entwicklung der Unfallzahlen aus statistischer Sicht aussergewöhnlich ist, wurde ein Bootstrap-Konfidenzintervall für die Differenz zwischen der durchschnittlichen Anzahl Unfälle vor Herabsetzung des Mindestalters und der durchschnittlichen Anzahl Unfälle nach Herabsetzung des Mindestalters berechnet. Liegt die tatsächliche Mittelwertdifferenz ausserhalb dieses Konfidenzintervalls, könnte dies ein Anzeichen dafür sein, dass die Massnahme einen Einfluss auf das Unfallgeschehen hatte. Für die Berechnung wurden die Zahlen der mit einem (Klein-)Motorrad schwerverunfallten 15- bis 17-Jährigen verwendet.

Abbildung 9 zeigt die Verteilung der Mittelwertdifferenz der Bootstrap-Stichproben und das 95 %-Konfidenzintervall. Dieses liegt zwischen -46.5 und 52.4 und ist hellgrün eingezeichnet. Die tatsächliche Mittelwertdifferenz beträgt 73.1 und liegt ausserhalb des Intervalls (rot gestrichelte Linie). Die Entwicklung der Unfallzahlen nach Herabsetzung des Mindestalters ist somit aus statistischer Perspektive aussergewöhnlich. Da sich die Beobachtungen mit den Angaben aus der Literatur decken und keine anderen Einflussfaktoren (z. B. Gesetzesänderungen) bekannt sind, die mit dem Anstieg der Unfallzahlen in Zusammenhang stehen könnten, ist ein Konnex zwischen der Reduktion des Mindestalters und den gestiegenen Unfallzahlen als sehr wahrscheinlich einzustufen.

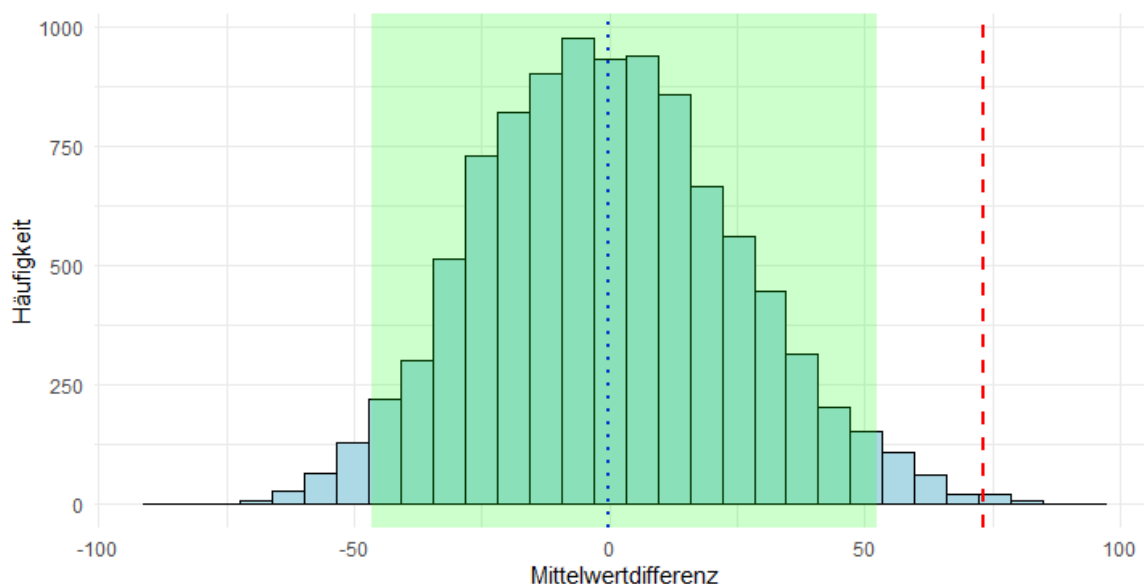


Abbildung 9: Bootstrap-Verteilung der Mittelwertdifferenzen inkl. 95 %-Konfidenzintervall (hellgrün markiert) und tatsächlicher Mittelwertdifferenz (rot gestrichelte vertikale Linie)
(Quelle: Berechnungen des ASTRA 2024; vgl. Anhang)

6 Schlussfolgerungen

Aus der wissenschaftlichen Literatur geht hervor, dass das Unfallrisiko bei Jugendlichen aufgrund des Jugendlichkeits- und Anfängerrisikos höher ist. Darüber hinaus werden eine höhere Leistung und eine höhere Höchstgeschwindigkeit von Motorrädern mit einem höheren Verletzungs- und Sterberisiko in Verbindung gebracht. Zudem könnte die Herabsetzung des Mindestalters für das Führen von (Klein-)Motorrädern der Unterkategorie A1 die Exposition auf solchen Motorrädern erhöhen. Aufgrund dieser Faktoren hat die Massnahme das Potenzial, die Verkehrssicherheit negativ zu beeinflussen. Darauf deuten auch Erfahrungen aus dem europäischen Ausland hin.

Die deskriptive Analyse der Neuzulassungen und der Anzahl Fahrberechtigungen zeigt, dass die Exposition mit (Klein-)Motorrädern der Unterkategorie A1 bei Jugendlichen im Alter von 15 bis 17 Jahren zugenommen hat. So ist die Anzahl neu in Verkehr gesetzter 125er-Modelle zusammen seit Einführung der Massnahme im Jahr 2021 um 53 % gestiegen. Seit 2022 sind die Neuzulassungen wieder etwas gesunken, bewegen sich jedoch noch immer auf einem vergleichsweise hohen Niveau. Die Anzahl Fahrberechtigungen ist im Jahr 2021 bei 16- und 17-Jährigen um 40 % im Vergleich zum Jahr 2020 angestiegen und seitdem auf einem stabilen Niveau (ca. bei 21 000 Fahrberechtigungen) geblieben. 15-Jährige konnten im Jahr 2021 erstmals die Unterkategorie A1 (Kleinmotorrad) erwerben, jedoch wird diese Möglichkeit nur von rund 1 000 Personen pro Jahr genutzt. Zudem erwerben die meisten 15-Jährigen den LFA kurz vor ihrem 16. Geburtstag.

Die Analyse der Unfalldaten des ISU zeigt eine starke Zunahme der Anzahl schwerverunfallter Jugendlicher im Alter von 15 bis 17 Jahren auf (Klein-)Motorrädern: Die durchschnittliche Anzahl hat sich seit Einführung der Massnahme mehr als verdoppelt (von durchschnittlich 66 auf 139 Schwerverunfallte pro Jahr oder +111 %). Dadurch hat auch die Bedeutung der (Klein-)Motorradunfälle am Gesamtunfallgeschehen der 15- bis 17-Jährigen stark zugenommen. Im Jahr 2023 sind 67 % (162 Personen) aller Jugendlichen in dieser Altersgruppe auf einem (Klein-)Motorrad schwer verunfallt. In den Jahren 2014 bis 2020 lag dieser Anteil zwischen 33 und 48 %.

Die Analyse nach Alter zeigt, dass die Unfallzahlen vor allem bei den 16- und 17-Jährigen zugenommen haben. Bei den 15-Jährigen, die erst seit 2021 die Unterkategorie A1 (Kleinmotorräder) erwerben können, haben die Unfallzahlen zwar ebenfalls zugenommen, bewegen sich aber auf tiefem Niveau. Damit zeigt sich eine ähnliche altersabhängige Entwicklung wie bei den Fahrberechtigungen, was darauf hindeutet, dass die Unterkategorie A1 (Kleinmotorräder) für die 15-Jährigen viel weniger attraktiv ist, als die Unterkategorie A1 (125er-Modelle) für die 16- und 17-Jährigen. Dies könnte beispielsweise mit der Höchstgeschwindigkeit der Kleinmotorräder (45 km/h) zusammenhängen, die auch von schnellen E-Bikes mittels Tretunterstützung erreicht werden kann. Schnelle E-Bikes dürfen bereits ab 14 Jahren mit einem Führerausweis der Spezialkategorie M (Motorfahrrad) geführt werden.

Die Auswertung nach Unfallort und Strassenart deuten darauf hin, dass seit Einführung der Massnahme insbesondere von 16- und 17-Jährigen längere Strecken mit (Klein-)Motorrädern zurückgelegt werden: Tendenziell verunfallen seit Einführung der Massnahme mehr Jugendliche im Alter von 15 bis 17 Jahren mit einem (Klein-)Motorrad ausserorts. Zudem dürfen 16- und 17-Jährige seit 2021 mit einem Motorrad der 125er-Klasse die Autobahn befahren, was sich zu einem kleinen Teil auch in den Unfallzahlen widerspiegelt. Genauere Aussagen zum Fahrverhalten der von der neu eingeführten Massnahme betroffenen Jugendlichen können voraussichtlich nach der nächsten Erhebung des Mikrozensus Mobilität und Verkehr im Jahr 2025 gemacht werden.

Die von der Einführung der Massnahme betroffenen 16- und 17-jährigen Jugendlichen verursachten die schweren Unfälle hauptsächlich durch nicht angepasste Geschwindigkeit (ca. 31 %), Unaufmerksamkeit und Ablenkung (ca. 30 %) sowie Fehlverhalten bei der Fahrbewegung (ca. 9 %). Die Unfallursachen lassen sich somit überwiegend auf menschliche Faktoren zurückführen. Der Anteil der Schwerverunfallten durch nicht angepasste Geschwindigkeit ist von durchschnittlich 24 % (2014-2020) auf 31 % (2021-2023) gestiegen. Zudem sind mehr der betroffenen Jugendlichen bei Überholmanövern schwer verunfallt. Zurückgegangen sind die Anteile der Hauptursachen im Zusammenhang mit dem Zustand der Person (von ca. 11 % vor Einführung der Massnahme auf ca. 6 % danach), dem Fehlverhalten bei Fahrbewegungen (sog. «Fahren»; von ca. 12 % vor Einführung der Massnahme auf ca. 9 % danach) und dem

Missachten des Vortritts (von ca. 9 % vor Einführung der Massnahme auf ca. 6 % danach). Die wichtigsten Unfalltyp-Gruppen waren Schleuder- oder Selbstunfälle (ca. 60 %), Auffahrunfälle (ca. 15 %) sowie Überholunfälle und Fahrstreifenwechsel (ca. 7 %). Letztere stiegen von ca. 1 % im Zeitraum von 2014 bis 2020 auf ca. 7 % in den Jahren 2021 bis 2023. Abgenommen haben insbesondere Frontalkollisionen (von ca. 10 % vor Einführung der Massnahme auf ca. 5 % danach). Bei den 15-jährigen Kleinmotorradlenkerinnen und -lenkern zeigt sich aufgrund der tiefen Unfallzahlen und der damit verbundenen Schwankungen kein bestimmtes Bild.

Das Unfallrisiko ist bei den 16- und 17-Jährigen deutlich erhöht und hat mit der Einführung der Massnahme stark zugenommen. Dies könnte damit zusammenhängen, dass Jugendliche generell über weniger Fahrerfahrung verfügen («Anfängerrisiko»), tendenziell höhere Risiken eingehen und ihre eigenen Fähigkeiten eher überschätzen («Jugendlichkeitsrisiko»).

Viele der schwerverunfallten 15- bis 17-jährigen Lenkerinnen und Lenker eines (Klein-)Motorrads wurden in den ersten 5 Monaten nach Erhalt des LFA registriert. Ab dem 6. Monat nach Erwerb des LFA nehmen die Unfallzahlen erkennbar ab. Es ist unklar, warum ein solcher Knick ab dem 6. Monat zu beobachten ist, da die PGS bereits in den ersten vier Monaten der Fahrausbildung absolviert werden muss.

Die Herabsetzung des Mindestalters für das Führen von (Klein-)Motorrädern der Unterkategorie A1 hat sich negativ auf die Verkehrssicherheit von jugendlichen Motorradfahrerinnen und -fahrern ausgewirkt. Basierend auf den Ergebnissen der Bootstrap-Analyse ist die Entwicklung der Unfallzahlen aus statistischer Sicht aussergewöhnlich. Ein kausaler Zusammenhang zwischen der neu eingeführten Massnahme und dem Anstieg der Unfallzahlen kann mit der verwendeten Methodik zwar nicht hergestellt werden, ist aufgrund der Stärke und Persistenz des Anstiegs aber wahrscheinlich. Die Herabsetzung des Mindestalters scheint zu einer Erhöhung der Exposition (gemessen an den Neuzulassungen und Fahrberechtigungen) und aufgrund des höheren Unfallrisikos zu einem überproportionalen Anstieg der Unfallzahlen geführt zu haben. Es wird als eher unwahrscheinlich erachtet, dass weitere externe Faktoren als Ursache für den starken Anstieg der Unfallzahlen in Frage kommen. So sind keine weiteren Massnahmen bekannt, die sich im Analysezeitraum an die gleiche Zielgruppe gerichtet haben. Auch ist es unwahrscheinlich, dass es sich beim besagten Anstieg um einen (z. B. witterungsbedingt) statistischen Ausreisser (bzw. Zufallsschwankungen) handelt, da er sich über drei vollständige Unfalljahre seit Inkrafttreten der Massnahme erstreckt.

Zum Zeitpunkt der Analyse kann jedoch nicht ausgeschlossen werden, dass es in Zukunft zu Verschiebungen im Unfallgeschehen zwischen den Altersgruppen kommt. Da durch die Einführung der Massnahme mehr Motorradlenkende bereits in jüngeren Jahren Fahrerfahrungen mit (Klein-)Motorrädern im Strassenverkehr sammeln können, könnte das Unfallrisiko in höheren Altersgruppen künftig geringer ausfallen. Die Zunahme der Exposition könnte solche Kompensationseffekte jedoch überlagern.

7 Literatur

Biermann, A. (2007): *Gefahrenwahrnehmung und Expertise - Möglichkeiten der Erfassung und Eignung als Prädiktor des Verunfallungsrisikos junger Fähranfänger*. Online abgerufen am 21.03.2024 unter https://www.researchgate.net/publication/37381482_Gefahrenwahrnehmung_und_Expertise_-_Möglichkeiten_der_Erfassung_und_Eignung_als_Prädiktor_des_Verunfallungsrisikos_junger_Fähranfänger

Bohnenblust D., Bolliger S. und M. Pool (2023): *Verkehrsunfälle 2022 – Strasse, Schiene, Luft*. Bundesamt für Statistik. Online abgerufen am 21.03.2024 unter <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/mobilitaet-verkehr/unfaelle-umweltauswirkungen/verkehrsunfaelle.assetdetail.26900904.html>

Bundesamt für Statistik (BFS) (2024): *Neue Inverkehrsetzungen von Motorrädern nach technischen Merkmalen und Emissionsklassen*. Online abgerufen am 21.03.2024 unter https://www.pxweb.bfs.admin.ch/pxweb/de/px-x-1103020200_206/-/px-x-1103020200_206.px/

Broughton J. (1991): *Safer Motorcycling Part II. The Variation of Motorcyclists' Accident Risk with Age, Experience and Motorcycle Engine Capacity*. In *TRRL, Safety 91, Papers on Vehicle Safety*, Traffic Safety and Road User Safety Research, Crowthorne, S. D19–D23

Christie R. (2001): *The effectiveness of driver training as a road safety measure: an international review of the literature*. Road Safety Research, Policing and Education Conference, Melbourne, Victoria, Australia

Dombrowski K., Funk W., Kühne M., Rossnagel T. und Schrauth B. (2019): *Evaluation des Modellversuchs AM 15 - Berichte der Bundesanstalt für Strassenwesen, Mensch und Sicherheit, Heft M 286*. Online abgerufen am 21.03.2024 unter https://bast.opus.hbz-nrw.de/opus45-bast/frontdoor/deliver/index/docId/2135/file/M286_barrierefreies+Internet+PDF.pdf

Jonah B. A. (1997): *Sensation seeking and risky driving: a review and synthesis of the literature*. Accident Analysis and Prevention 29, No. 5, S. 651–665

Langley J., Mullin B., Jackson R. und R. Norton (2000): *Motorcycle Engine Size and Risk of Moderate to Fatal Injury from a Motorcycle Crash*. Accident Analysis and Prevention 32, S. 659–663

Lin M.-R. und J. F. Kraus (2009): *A review of risk factors and patterns of motorcycle injuries*. Accident Analysis and Prevention 41, S. 710–722

Mattsson M. und H. Summala (2010): *With Power Comes Responsibility: Motorcycle Engine Power and Power to-Weight Ratio in Relation to Accident Risk*. Traffic Injury Prevention, 11:1, 87-95, DOI: 10.1080/15389580903471126

Moskal A., Martin J.-L. und B. Laumon (2012): *Risk factors for injury accidents among moped and motorcycle riders*. Accident Analysis and Prevention 49, S. 5-11

Praschl M. (2018): *Der Einfluss freiwilliger Motorrad-Fahrtrainings auf das Unfallrisiko*. Z. f. Verkehrssicherheit 64, Nr. 1, S. 7

Quddus M. A., Noland R. B. und H. C. Chin (2002): *An analysis of motorcycle injury and vehicle damage severity using ordered probit models*. Accident Analysis and Prevention 33, S. 445–462

Vias institute (Vias) (2018): *A1 licence at 16? - Implications of reducing the minimum motorcycle riding age in Belgium - Summary*. Online abgerufen am 21.03.2024 unter https://www.vias.be/publications/AI%20een%20A1%20rijbewijs%20op%20je%2016de/A1_licence_at_16.pdf

Yannis G., Golias J., Papadimitriou E. (2005): *Driver Age and Vehicle Engine Size Effects on Fault and Severity in Young Motorcyclists Accidents*. Accident Analysis and Prevention 37, S. 327–333

8 Anhang

8.1 R-Code Bootstrap-Konfidenzintervall

```
# Load packages
library(boot)
library(ggplot2)

# Enter data
accidents_before <- c(86,78,75,64,48,57,53) # 7 observations before introduction
accidents_after <- c(125,130,162) # 3 observations after introduction

# Data for the entire period
all_accidents <- c(accidents_before, accidents_after)

# Observed mean difference
observed_diff <- mean(accidents_after) - mean(accidents_before)
observed_diff

## [1] 73.14286

# Function to calculate mean difference in bootstrap
diff_means <- function(data, indices) {
  before <- data[indices[1:length(accidents_before)]]
  after <- data[indices[(length(accidents_before) + 1):length(data)]]
  mean(after) - mean(before)
}

# Bootstrap resampling
set.seed(123)
bootstrap_result <- boot(all_accidents, diff_means, R = 9999)

# Extract mean and confidence interval from bootstrap results
bootstrap_mean <- mean(bootstrap_result$t)
bootstrap_ci <- quantile(bootstrap_result$t, c(0.025, 0.975))
bootstrap_ci

##      2.5%      97.5%
## -46.52619  52.43095

# create plot
p <- ggplot() +
  geom_histogram(aes(x = bootstrap_result$t), bins = 30, fill = "lightblue", color = "black") +
  geom_vline(xintercept = observed_diff, linetype = "dashed", color = "red", size = 1) +
  geom_vline(xintercept = bootstrap_mean, linetype = "dotted", color = "blue", size = 1) +
  geom_rect(aes(xmin = bootstrap_ci[1], xmax = bootstrap_ci[2], ymin = -Inf, ymax = Inf), fill = "green", alpha = 0.2) +
  labs(title = "Bootstrap-Verteilung der Mittelwertdifferenz",
       x = "Mittelwertdifferenz",
       y = "Häufigkeit") +
  theme_minimal()

# show plot
print(p)
```