

Abschlussbericht

Institut für Straßenwesen, RWTH Aachen

**Dr. Dirk Kemper
Arnd Pettirsch M.Sc.**

**Strassen.NRW
Christoph Rösler**

**Kreis Düren
Maximilian Weinberger**

**Kreispolizeibehörde Düren
Sascha Bodes
Robert Beutemps**

Begleituntersuchung „Sicherheitsmarkierungen auf kurvigen Strecken für Motorradfahrer“ am Beispiel der L218

Kurzfassung:

Bereits seit Jahren ist in Deutschland ein Rückgang der Verkehrsunfälle mit Verunglückten auf öffentlichen Straßen zu verzeichnen. Dies gilt insbesondere für die Anzahl von Verkehrsunfällen mit schwerem Personenschaden. Genau in diese Kategorie fallen oftmals Verkehrsunfälle mit Motorradfahrenden, so dass hier häufiger Unfälle mit schwerem Personenschaden auftreten als es bei PKW-Insassen der Fall ist. Über zwei Drittel der tödlich-verunglückten Motorradunfälle ereignet sich auf Landstraßen, besonders auf kurvenreichen Strecken (<https://de.statista.com/>).

Auch im Bereich der L218 (Panoramastrecke) zwischen Vossenack und Schmidt sind in den letzten Jahren vermehrt Unfälle mit Motorradfahrern aufgetreten. Als Unfallursachen sind hauptsächlich die schlechte Einsehbarkeit im Kurvenbereich, das Fahren im Bereich des Gegenverkehrs sowie die Überschreitung der zulässigen Geschwindigkeit zu sehen. Um hier eine Erhöhung der Verkehrssicherheit, d.h. eine deutliche Reduktion der Motorradunfälle zu erreichen, wurde eine neuartige Form der Straßenmarkierung aufgebracht. Bei dieser Modifikation soll durch das Aufbringen von Fahrbahnmarkierungen in Form von Ellipsen im Bereich der Mittelmarkierung eine Veränderung der Fahrlinien von Motorradfahrenden bewirkt werden. Positive Erfahrungen hierzu liegen bereits aus Österreich und Luxemburg vor.

Im Rahmen einer Begleituntersuchung wurden u.a. für einen Zeitraum von etwa 6 Wochen das Fahrverhalten (Fahrlinien im Kurvenbereich und Geschwindigkeiten) der Motorradfahrenden analysiert. Zunächst wurde der Ist-Zustand über 2 Wochen erfasst und im Anschluss, nach erfolgter Ummarkierung, über ca. 4 Wochen die Wirkung der neuartigen Ellipsenmarkierung. Die Wetterverhältnisse im Beobachtungszeitraum waren konstant gut, so dass von gleichen Bedingungen

auszugehen ist. Für den Ist-Zustand konnten etwa 2.500 Fahrten und für die Varianten mit den Ellipsen ca. 8.500 Fahrten durchgängig aufgezeichnet werden.

Eingesetzt wurden vom Institut für Straßenwesen (isac) der RWTH Aachen hierzu zwei Thermografiekameras, mit denen eine datenschutzkonforme Aufzeichnung von Fahrlinien bei der Durchfahrt einer Kurve ermöglicht wurde. Die Kameradaten wurden automatisch durch eine künstliche Intelligenz ausgewertet. Dazu wurde der Reifenauflegepunkt der Motorradfahrer bestimmt. Über ein Tracking der Motorräder in den Videosequenzen konnte der Verlauf der Positionen und damit auch die Geschwindigkeit bestimmt werden.

Die Ergebnisse zeigen, dass sowohl die Fahrlinien als auch die Geschwindigkeiten von Motorradfahrenden positiv beeinflusst werden konnten. Für die Analyse der Fahrlinien wurde die Fahrbahn in 3 verschiedene Zonen eingeteilt. Die sichere Fahrzone wurde dabei ursprünglich nur von 43% der Motorradfahrenden genutzt. Durch die Ellipsenmarkierung konnte dieser Anteil auf über 85% erhöht werden. D.h. nach der Ummarkierung wurde doppelt so häufig eine Trajektorie im sichersten Bereich gewählt. Bzgl. der Geschwindigkeiten im Kurvenbereich wurde festgestellt, dass sowohl die hohen Überschreitungen der zulässigen Geschwindigkeit zurückgegangen sind, aber auch die mittleren Geschwindigkeiten konnten um fast 9% (3,2 km/h) reduziert werden, von 36,49 km/h auf 33,21 km/h.

Im Rahmen der Begleituntersuchungen wurde auch das Unfallgeschehen vor und nach der Ummarkierung bewertet. Hier zeigt sich, dass sowohl die Anzahl der Unfälle insgesamt als auch die Zahl Unfälle mit Personenschaden deutlich reduziert werden konnte.

Der Versuch läuft noch bis zum Frühjahr 2025. Abschließend soll über eine mögliche Verstetigung sowie eine Aufnahme der neuartigen Kurvenmarkierung in die StVO entschieden werden.

Ausgangslage

Seit vielen Jahren gibt es große Bestrebungen die Anzahl der Getöteten bei Verkehrsunfällen deutlich zu reduzieren. Hier ist die „Vision Zero“ als gemeinsames europäisches Ziel zu nennen. Allerdings ist festzustellen, dass die Anzahl an getöteten Motorradfahrern (Mf) im Vergleich zu den anderen Todeszahlen nur sehr leicht rückgängig ist. Als Ursachen sind hier nicht angepasste oder überhöhte Geschwindigkeit im Gefahrenbereich, falsche Fahrlinien (Trajektorienwahl) beim Befahren der Kurve oder Fahrfehler zu nennen, die zu einem Zusammenstoß mit dem Gegenverkehr oder Hindernissen am Fahrbahnrand führen (BASt, 2021).

Auch im Bereich der L218 (Panoramastrecke) zwischen Vossenack und Nideggen sind innerhalb einer Kurvenfolge in den letzten Jahren vermehrt Unfälle mit Motorradfahrern aufgetreten. Als Unfallursachen sind hier hauptsächlich die schlechte Einsehbarkeit im Kurvenbereich, das Fahren im Bereich des Gegenverkehrs sowie die Überschreitung der zulässigen Geschwindigkeit zu sehen.

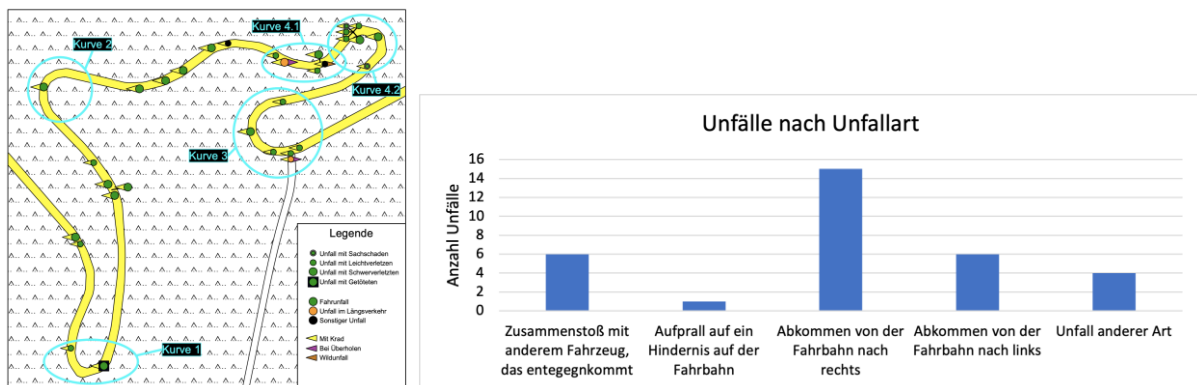


Abbildung 1: Übersicht Unfallorte und Unfallarten im Bereich der Panoramastrecke (2019-2020) (Quelle: Kreispolizei Düren)

Aufgrund der Lage und besonderen Streckengeometrie ist das Motorradaufkommen sehr hoch, viele Motorradgruppen reisen speziell für diesen Streckenabschnitt an und befahren diesen auch mehrmals nacheinander. Von Seiten der Polizei und des Straßenbaulastträgers wurden in den vergangenen Jahren zahlreiche Maßnahmen ergriffen, um die Unfallzahlen zu reduzieren. Zu nennen sind hier z.B. verstärkte polizeilichen Kontrollen oder die Schließung von Parkplätzen direkt im Bereich der Kurven. Die hohen Unfallzahlen konnten allerdings nicht verringert werden.

Um hier dennoch eine Erhöhung der Verkehrssicherheit, d.h. eine deutliche Reduktion der Motorradunfälle zu erreichen, wurde eine neuartige Form der Straßenmarkierung aufgebracht. Bei dieser Modifikation soll durch das Aufbringen von Fahrbahnmarkierungen in Form von Ellipsen im Bereich der Mittelmarkierung eine Veränderung der Fahrlinien von Motorradfahrern bewirkt werden. Positive Erfahrungen hierzu liegen bereits aus Österreich und Luxemburg vor.

Untersuchungsansatz

Aus der Analyse der Unfälle zeigt sich, dass viele Unfälle durch eine falsche Kurvenfahrt bzw. aus einem Fahrfehler resultieren. Aber nicht nur das Ausweichen bei Gegenverkehr kann zu einem Unfall führen. Durch die Neigung des Motorradfahrers im Kurvenbereich in Richtung der Kurvenmitte ragt dieser, je nach Linienführung innerhalb der Kurve, mit seinem Körper und/oder seinem Motorrad in den Gegenverkehr, obwohl dieser seine Fahrspur mit dem Auflagepunkt des Reifens nicht verlassen hat (siehe Abbildung 2).

Ziel sollte es daher sein, die richtige Trajektorienwahl bei Kurvendurchfahrt zu wählen, um Unfälle zu verhindern. Eine sichere Fahrlinie / Trajektorie liegt dann vor, wenn der eigene Fahrstreifen beinahe

mittig befahren wird und der Oberkörper des Motorradfahrenden nicht in den Gegenverkehr hineinragt (vgl. Abbildung 3).

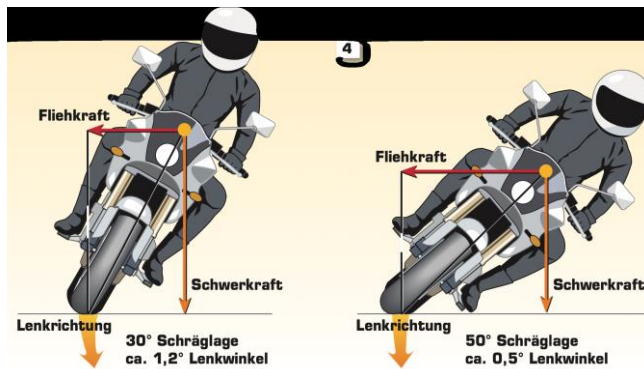


Abbildung 2: Fahrverhalten (Ifz, 2010)

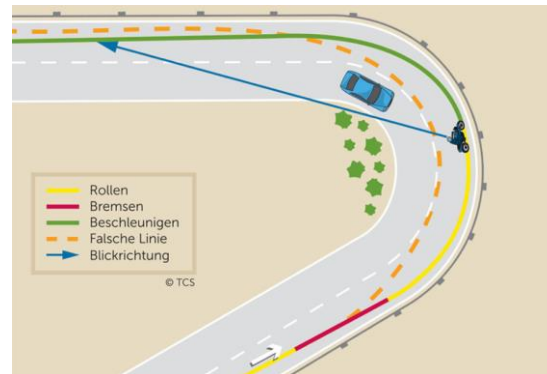


Abbildung 3: Sichere Kurvenfahrt (TCS, www.tcs.ch)

Um dieses Fahrverhalten zu unterstützen soll daher eine neue Kurvenmarkierung in Linkskurven verwendet werden, die in ähnlicher Form bereits in Österreich und Luxemburg erfolgreich zum Einsatz kam. Bei dieser Modifikation soll durch das Aufbringen von Fahrbahnmarkierungen im Bereich der Mittelmarkierung eine Veränderung der Fahrlinien von Motorradfahrenden bewirkt werden. Fahrbahnmarkierungen werden von Motorradfahrenden nur ungern überfahren, da die Griffigkeit der Markierung nicht gut eingeschätzt werden kann. Somit kann die Wahl der Kurvenlinie durch die Kurvenmarkierung aktiv beeinflusst werden.

Für eine umfassende Begleitung und Bewertung der Maßnahme wurde das Institut für Straßenwesen der RWTH Aachen vom Kreis Düren beauftragt. Im Rahmen der Begleituntersuchung wurden vom Institut für Straßenwesen der RWTH Aachen folgende Aspekte betrachtet:

- Konzeption Pilotanwendung (Festlegung Untersuchungsstandort und Markierungskonzept)
- Bewertung Fahrverhalten sowie der Trajektorien
- Beurteilung Griffigkeitsentwicklung der Kurvenmarkierung
- Nutzerakzeptanz
- Bewertung Unfallgeschehen

Erfahrungen Ausland / Stand der Technik / mögliche Maßnahmen

Erstmalig 2016 hat das Kuratorium für Verkehrssicherheit (KFV) neuartige Kurvenmarkierungen eingesetzt, die hauptsächlich dazu dienen sollten die Trajektorie von Motorradfahrenden zu einer sichereren Fahrweise zu verändern. Dabei wurden zwei verschiedene Markierungsvarianten erprobt (Winkelbauer, et al., 2017).

Die erste Variante, die Ellipsenmarkierung, soll die Motorradfahrenden in die rechte Fahrstreifenhälfte bewegen. Die Markierungen sind im konstanten Abstand zur Kurveninnenseite anzubringen. Die erste erkennbare Ellipse wird dabei vollflächig aufgetragen (Roggendorf, 2022). Alle folgenden Ellipsen sind lediglich als Ellipsenringe aufzubringen. Des Weiteren ist eine konstante Vergrößerung bis zur gewünschten Endgröße zu beachten. In Abbildung 4 sind die beiden unterschiedlichen Gestaltungsformen – Ellipsen- und Balkenmarkierungen – sowie dargestellt (Winkelbauer et al., 2017). Die zweite Variante, die Balkenmarkierung, versucht neben der Beeinflussung der Trajektorie von Motorradfahrenden auch noch eine Reduzierung der Fahrgeschwindigkeit von allen Verkehrsteilnehmern zu erreichen (Abbildung 4).



Abbildung 4: Ellipsenmarkierung (links) und Balkenmarkierung (rechts) nach Aufbringung (Winkelbauer, et al., 2017)

Die aktuellsten Erkenntnisse zu diesen Anwendungen bringen die Projekte, bei denen zwischen 2018 und 2022 in Luxemburg auf drei Hauptverkehrsachsen, den *National Straßen* 10, 17 und 25, Balkenmarkierungen in Kurven aufgetragen wurden. Die verwendete Balkenmarkierung wird im Kurvenverlauf immer größer, bis diese 1/3 der Fahrbahn einnimmt. Im folgenden Kurvenverlauf bleibt diese konstant, bis sie zum Kurvenausgang wieder an Größe verliert, um den Motorradfahrenden sicher in der Fahrspur zu halten (Weber, 2023). Um auf die Teststrecke und die Kurvenmarkierung hinzuweisen, hat die Straßenverwaltung Hinweisschilder auf den entsprechenden Versuchsstrecken angebracht. Ausgewertet wurden die Versuche, indem Trajektorien der Fahrzeuge stundenweise vor der Aufbringung der Kurvenmarkierung, direkt nach der Ummarkierung, sowie wenige Wochen/Monate nach der Ummarkierung aufgezeichnet und die bewertet wurden (Weber, 2023). Aufgrund der kurzen Betrachtungszeiten konnten nur für einige Strecken Veränderungen im Fahrverhalten festgestellt werden. Diese vielen überwiegend positiv aus.

Konzeption Pilotanwendung

Auf Basis einer Voruntersuchung am ISAC (vgl. Roggendorf, 2022) sowie der Abstimmung mit den zuständigen Behörden (Kreis Düren, Straßen.NRW, MUNV und der Kreispolizei Düren) wurde festgelegt, dass im Bereich der Panoramastrecke der L218 die Ellipsenmarkierung zum Einsatz kommen soll (Abbildung 5). Das Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV) hat unter Anbetracht der geltenden StVO die neuartige Bodenmarkierung für Kurven unter dem Zeichen 343, "Kurvenmarkierung für Zweirad Fahrende", für diese Pilotanwendung freigegeben und die Ausbildung der Ellipsen vorgegeben (vgl. VkbI, 2022). Hier sind die Vermaßungen der Ellipsen angegeben und auch die Angabe, dass die unmarkierte Restfläche in der Kurve mindestens eine Breite von 1,75 m aufweisen soll.

Für die Umsetzung der Pilotanwendung wurde eine Kurvenfolge der L218, bestehend aus 2 Kurven (in Fahrtrichtung zunächst eine Rechts- und dann eine Linkskurve) ausgewählt. Markiert wurde in jeder Fahrtrichtung je eine Linkskurve. Dies hat den Vorteil, dass alle Verkehrsteilnehmer die neuartige Kurvenmarkierung zunächst schon auf der Gegenfahrbahn erkennen konnten und nicht von dem Einsatz überrascht wurden (vgl. Abbildung 6). Zudem wurde eine Hinweistafel entwickelt, die zusätzlich eine Vorankündigung der Versuchsstrecke gewährleisten soll (Abbildung 7).

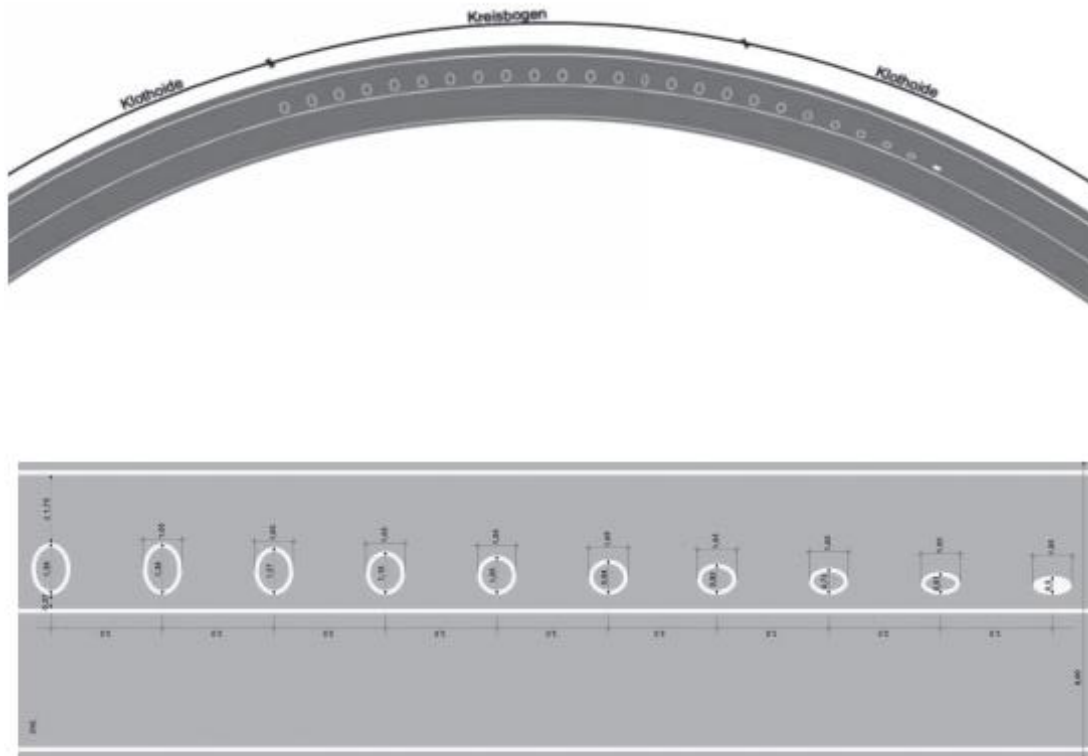


Abbildung 5: geometrische Anordnung der Markierung im Bereich von Linkskurven

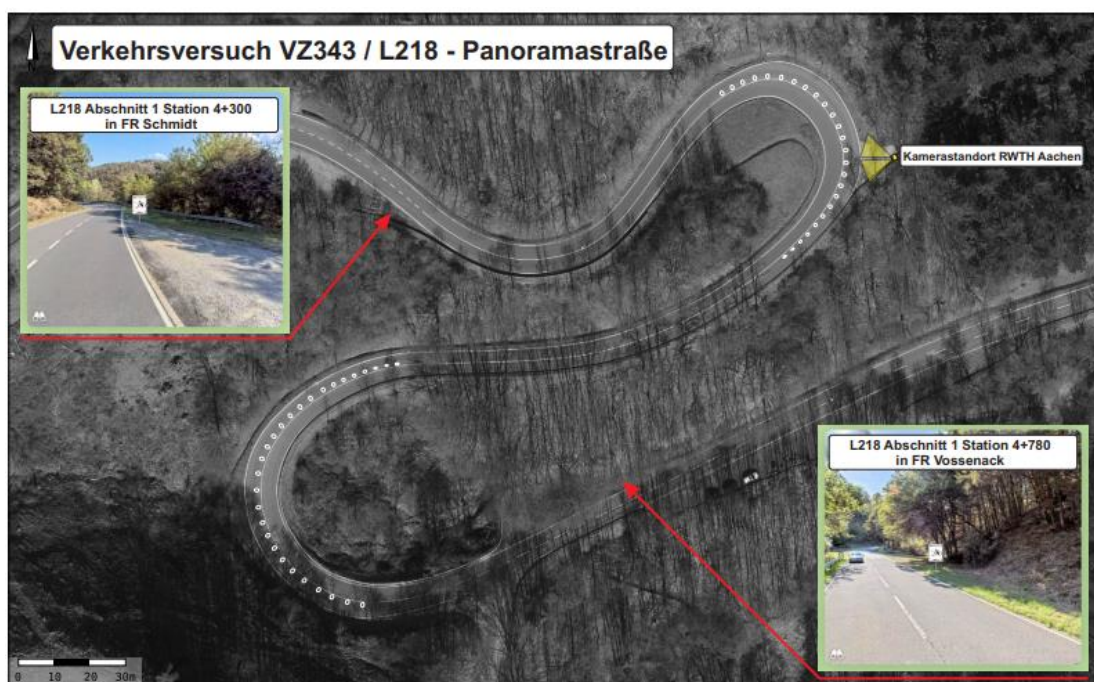


Abbildung 6: Konzeption Verkehrsversuch L218 (Darstellung: Weber, 2023)

Ein weiterer wichtiger Faktor zur Gewährleistung einer hohen Verkehrssicherheit liegt in der guten Griffigkeit der verwendeten Kurvenmarkierung. Appliziert wurde eine modifizierte Reibeplastik mit Griffigkeitsmitteln in einer Dicke von 2,5 mm, die neben einer hohen Anfangsgriffigkeit auch eine hohe Beständigkeit gegen mechanische Beanspruchungen aufweist. Somit konnten hohe SRT-Werte der Markierungen (> 55 SRT-Einheiten) erzielt werden, die dauerhaft mindestens die gleiche Griffigkeit

wie die Straßenoberfläche der ausgewählten Pilotstrecke aufweisen konnten. Im Gegenzug wurde auf Reflexmaterialien verzichtet. Um stehendes Wasser innerhalb der Ellipsen zu vermeiden, wurden jeweils vier Öffnungen für eine ausreichende Entwässerung vorgesehen (Abbildung 8).

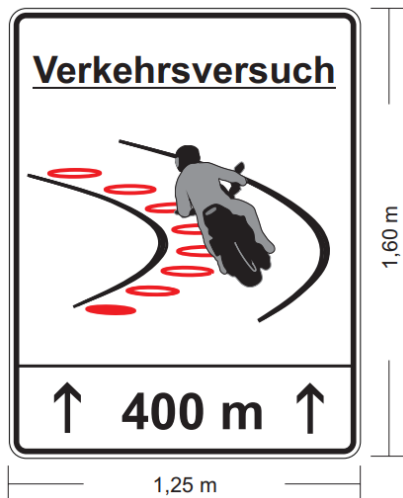


Abbildung 7: Ankündigung Verkehrsversuch
(Quelle: Landesbetrieb StrassenNRW)



Abbildung 8: modifizierte Reibeplastik mit Griffigkeitsmitteln und Entwässerungsöffnungen

Vor der Applikation der Ellipsenmarkierung wurden die sicheren Fahrlinien (Trajektorien) von der Motorradstaffel der Polizei ermittelt. Zur Sicherstellung der o.g. Griffigkeitswerte wurden im Rahmen der Begleituntersuchung SRT-Messungen in jedem Quartal durchgeführt.

Wissenschaftliche Begleitung

Im Rahmen der wissenschaftlichen Begleitung durch das Institut für Straßenwesen wurde ein 2-stufiger Untersuchungsansatz gewählt. Drei Wochen vor und nach der geplanten Ummarkierung wurde insbesondere das Fahrverhalten (Trajektorien und Geschwindigkeiten) durchgehend analysiert, um bei evtl. festzustellenden Sicherheitsbedenken schnell reagieren zu können. In der zweiten Phase wurden die langfristigen Auswirkungen (Unfallgeschehen, Nutzerbewertungen, Griffigkeitsentwicklung, ...) betrachtet.

Messtechnische Bewertung von Fahrerverhalten und Geschwindigkeit.

Im Bereich der Untersuchungsstrecke sollen die beiden beschriebenen Kurvenbereiche wissenschaftlich betrachtet werden. Zur Bewertung der Wirkung der neuen Markierungsvariante müssen die Untersuchungsstrecken in der derzeitigen Situation, sowie nach der geplanten Ummarkierung unter vergleichbaren Randbedingungen gegenübergestellt werden.

Im Bereich einer Kurve wurde hierzu ein Videosystem (2 Thermalkameras (Cam 1 und Cam2) mit autarker Energieversorgung) installiert (vgl. Abbildung 6), so dass über den geplanten Zeitraum permanent der Verkehr aufgezeichnet wurde. Über digitale Bildanalyseverfahren konnte anhand dieser Aufnahmen das Spurverhalten der Motorradfahrer (Trajektorien) sowie die Geschwindigkeit im Kurvenverlauf ausgewertet werden. Somit kann das Fahrerverhalten vor und nach der Ummarkierung bei gleichen Bedingungen (Tag und Nacht sowie verschiedene Witterungsbedingungen) gegenübergestellt werden. Hierzu wurden Messungen für beide Phasen über einen Zeitraum von insgesamt 6 Wochen realisiert. Zunächst wurde der Ist-Zustand über 2 Wochen erfasst und im Anschluss, nach erfolgter Ummarkierung, über ca. 4 Wochen die Wirkung der neuartigen Ellipsenmarkierung. Die Wetterverhältnisse im Beobachtungszeitraum waren konstant gut, so dass von gleichen Bedingungen auszugehen ist. Für den Ist-Zustand konnten etwa 2.500 Fahrten und für die Varianten mit den Ellipsen ca. 8.500 Fahrten durchgängig aufgezeichnet werden.

Eingesetzt wurden zwei Kameras, um die gesamte Kurvendurchfahrt der ausgewählten Kurve erfassen zu können. Im beschriebenen Zeitraum konnten somit alle Fahrzeuge detektiert und klassifiziert werden. Für jedes Motorrad wurde anschließend der Auflagepunkt des Reifens bestimmt, der Fahrverlauf getrackt, geglättet und georeferenziert sowie einer Sicherheitszone zugeordnet worden (siehe Abbildung 9).

Die Detektion und Klassifikation der Fahrzeuge (PKW, Lastwagen, Motorräder, Fahrräder, ...) erfolgt durch eine angelernte KI, welche um jedes Objekt eine "2D-Bounding Box" setzt. Dies ermöglicht, die genauen Koordinaten und Größe jedes erfassten Objekts zu bestimmen. So lassen sich die Objekte klassifizieren und der jeweiligen Fahrzeugklasse zuordnen (Pettirsch et al., 2019).

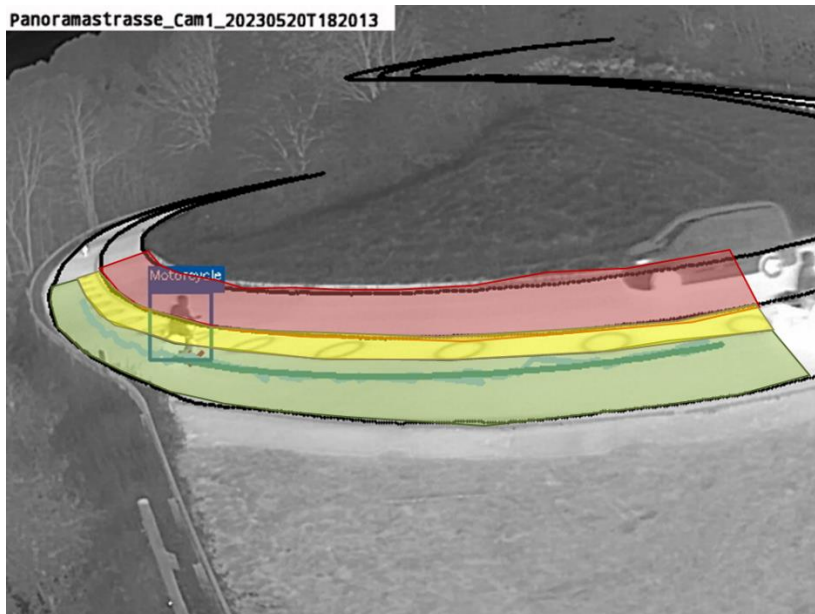


Abbildung 9: Zuordnung der einzelnen Trajektorien in drei verschiedene Sicherheitszonen

Die grüne Zone bildet den sicheren Bereich ab, welcher vom Krad gewählt werden soll und beinhaltet die rechte, zwischen Straßenbankett und der Kurvenmarkierung liegende Fahrspur. Die gelbe Zone ist der Bereich, der hier mit der Kurvenmarkierung belegt ist. Motorradfahrende, deren Auflagepunkt des Reifens in diesem Bereich liegt, ragen aufgrund der Schräglage bei Kurvendurchfahrt, oftmals mit dem Oberkörper in den Gegenverkehr hinein. Der rote Bereich liegt innerhalb der Gegenfahrbahn, also somit links von der neuen Kurvenmarkierung bzw. der Mittellinie der Fahrbahn.

Die Zuordnung der Trajektorien zu den drei Zonen zeigt, dass vor der Ummarkierung über 50% der Motorradfahrenden im unsicheren Bereich (gelb) nahe der Mittellinie fahren, nach der Ummarkierung hingegen nur ca. 12 %. Insgesamt fahren nach der Ummarkierung über 85 % der Motorradfahrenden im sicheren grünen Bereich (Abbildung 10).

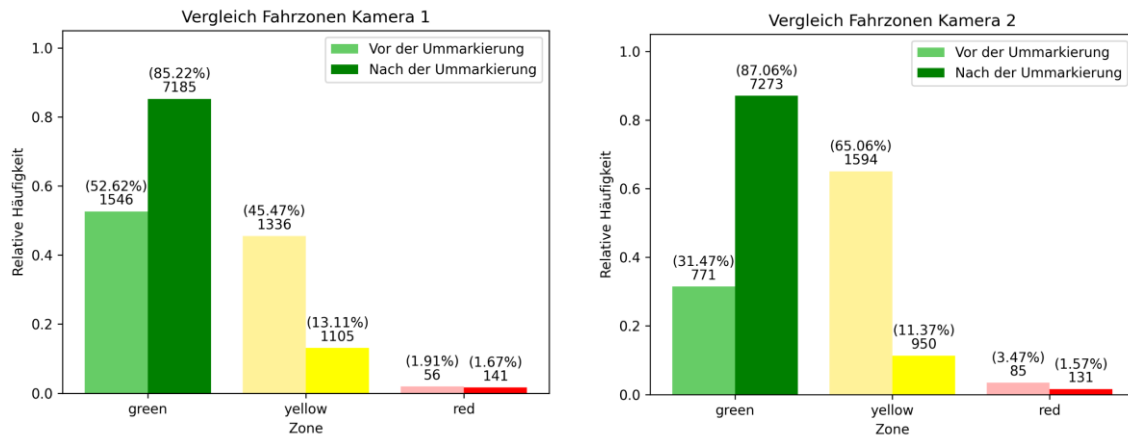


Abbildung 10: Vergleich der Fahrzonen für Kamera 1 (links) und Kamera 2 (rechts) vor und nach der Ummarkierung

Die weiteren Analysen lassen folgende Aussagen zu:

- Die gefährlichen Trajektorien (im roten Bereich) werden sowohl vorher als auch nachher alltags häufiger gewählt als am Wochenende oder an Feiertagen. Ortskundige befahren die Kurven somit vermutlich etwas riskanter als ortsfremde Motorradfahrende.
- Der Einfluss von entgegenkommendem bzw. vorausfahrendem Verkehr auf die Wahl der Trajektorie nimmt durch die Kurvenmarkierung ab.
- Die Durchschnittsgeschwindigkeit ist nach der Ummarkierung um etwa 3,5 km/h gesunken. Insbesondere bei den hohen Überschreitung ist ein Rückgang zu erkennen (vgl. Abbildung 11)

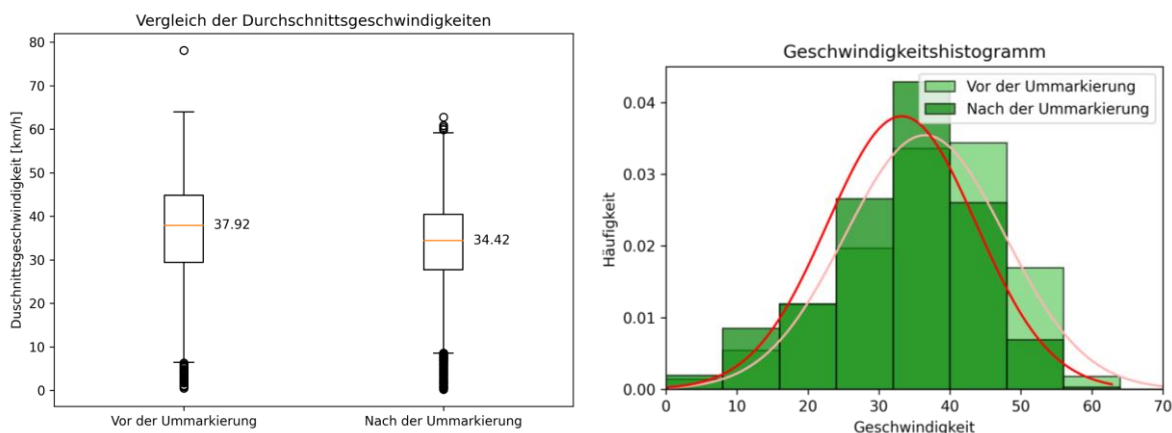


Abbildung 11: Vergleich der Geschwindigkeitswahl vor und nach der Ummarkierung

Subjektive Bewertung

Die subjektive Bewertung der Maßnahme wurde über eine Befragung von Motorradfahrenden durchgeführt. Hierzu sind einerseits Motorradfahrende direkt an Park- und Rastplätzen im Bereich der Untersuchungsstrecke befragt worden. Zum anderen wurde ein Online-Fragebogen erstellt, der einem größeren Kreis von Motorradfahrern (z.B. über Verbände, Social-Media, etc.) zur Verfügung gestellt wurde (Weber, 2023).

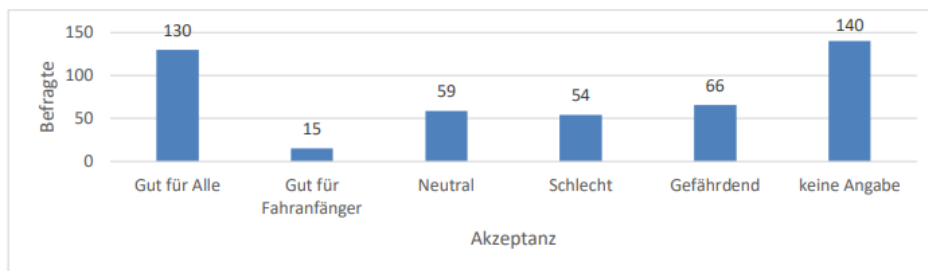


Abbildung 12: Akzeptanz der Kurvenmarkierung (Weber, 2023)

Insgesamt haben 464 Teilnehmer an der Umfrage teilgenommen. Etwa 75 % der Befragten haben angegeben, dass die Kurvenmarkierung generell eine sichere Kurvenlinie vorgibt. Allerdings haben knapp die Hälfte der Befragten das Gefühl, dass sie durch die Markierung nach außen gedrängt werden. Eine abschließende Frage zur Akzeptanz der Markierung zeigt, dass die Markierung insbesondere von den Motorradfahrenden differenziert bewertet wird. Ein Teil (145) schätzt die Wirkung der neuen Markierung sehr positiv ein. Ein anderer Teil (120 Befragte, vermutlich die eher sportlichen Fahrer) sieht die Markierung als Einschränkung bzw. als gefährdend. Überwiegend wird hier auf die vermutete Rutschgefahr, mögliche die Irritation, aber auch auf die Vibration bei der Überfahrt der Markierung hingewiesen.

Verkehrssicherheit

Neben der zuvor beschriebenen Bewertung des Fahrverhaltens während der Kurvendurchfahrt kann die Wirkung der Maßnahmen auch anhand des Unfallgeschehens bewertet werden. Die Aussagekraft der polizeilichen Unfallzeigen ist allerdings abhängig von der Betrachtungsdauer (möglichst > 1 Jahr), da Unfälle i.d.R. seltene Ereignisse sind und auch jahreszeitliche Einflüsse ausgeglichen werden sollen. Daher ist ein unmittelbarer Effekt durch die neuartige Markierung anhand der Unfallzahlen nicht kurzfristig nachzuweisen, sondern muss über einen längeren Zeitraum betrachtet werden. Hierbei ist zu beachten, dass die Kurvenmarkierung im Mai 2023 appliziert wurde und das in Unfallgeschehen in den drei Jahren zuvor durch die Corona-Pandemie beeinflusst wurden.

Zur Bewertung der Kurvenmarkierung wurden die Unfälle im direkten Bereich der beiden untersuchten Kurven in den etwa 4 Jahren vor der Ummarkierung (1.1.2019 bis 12.5.2023) mit dem Unfallaufkommen nach der Ummarkierung (13.5.2023 bis 31.12.2024) verglichen (Tabelle 1). Somit können zur Bewertung der Sicherheitswirkung etwa 2 Motorradsaisons berücksichtigt werden.

Tabelle 1: Unfallgeschehen im Bereich der Panoramastrecke (Quelle: Kreispolizei Düren)

Jahr	Kat. 1	Kat. 2	Kat. 3	Kat. 4	Kat. 5	Summe
2019	0	1	1	0	0	2
2020	0	2	1	2	0	5
2021	0	2	2	0	2	6
2022	0	1	0	0	0	1
2023*1	0	0	1	0	0	1
2023*2	0	0	2	0	0	2
2024*3	0	1	4	0	0	5

2023*1 Unfälle im Zeitraum bis 12.5.2023 (vor Ummarkierung)

2023*2 Unfälle im Zeitraum ab 13.5.2023 (nach Ummarkierung)

2024*3 Unfälle im Zeitraum bis 31.12.2024

Insgesamt zeigt sich, dass die Anzahl der schweren Unfälle (Kat 1 und Kat 2) nach Applikation der Markierungen zurückgegangen ist. In der Vergangenheit sind mehrere Unfälle mit Schwerstverletzten im Bereich der beiden Kurven zu verzeichnen gewesen. Die höchste Anzahl an Unfällen (6 Unfälle der Kategorie 1 - 5) lag im Jahr 2021 vor, von denen 2 Unfälle mit schwerem und 2 Unfälle mit leichtem

Personenschaden zu verzeichnen waren. Seit der Ummarkierung ist ein Unfall der Kat 2 aufgetreten sowie sechs leichtere Unfälle; die einzelnen Hintergründe der sieben Unfälle (alle mit einem Krad) sind in der Anlage kurz beschrieben werden.



Abbildung 13: Unfälle im Untersuchungsbereich vor Ummarkierung (links) und nach Ummarkierung (rechts)

In Abbildung 13 sind die Unfallorte der einzelnen polizeilich erfassten Unfälle vor und nach der Ummarkierung dargestellt. Vor der Ummarkierung (linkes Bild) sind die Unfälle an verschiedenen Standorten innerhalb der Kurven aufgetreten. Aufgrund der Unfallberichte wird ersichtlich, dass viele Unfälle aufgrund einer starken Kurvenschräglage (Fußraste touchiert die Fahrbahn, Motorrad rutsch weg und gerät in den Gegenverkehr,) innerhalb der Kurvendurchfahrt ausgelöst werden. Bei der Bewertung ist allerdings zu beachten, dass in den betrachteten Jahren aufgrund der Corona-Pandemie das Verkehrsaufkommen deutlich geringer war. Nach der Applikation der Ellipsenmarkierung sind die Unfälle hauptsächlich in Bereich der Kurvenausfahrt der unteren Kurve aufgetreten. Hier sind die Motorradfahrenden im Kurvenausgang nach rechts von der Fahrbahn abgekommen. Die Unfallopfer gaben an, dass sie sich trotz geringer Geschwindigkeit durch die Markierung von der Fahrbahn gedrängt fühlten. Dieser Eindruck wurde ebenfalls in der subjektiven Bewertung mittels Fragebögen (siehe oben) von einigen Teilnehmenden beschrieben (vgl. Abbildung 14). Da diese Unfallmuster nur in der unteren Kurve im Bereich der Gefällestrecke zu verzeichnen waren, sollte in weiteren Untersuchungen ein möglicher Effekt von Steigungs- oder Gefällestrecke beobachtet werden. Um diesen Effekt hier zu verhindern wurden daher die beiden letzten Ellipsen vor Kurvenausgang im Herbst 2023 wieder entfernt. So blieb die positive Wirkung bei Einfahrt in den Kurvenbereich erhalten und die Sicherheit während der Kurvenausfahrt wurde erhöht.



Abbildung 14: Unfallörtlichkeit Kurve 2 in Richtung Schmidt

Auch zwei weitere Unfälle im Bereich der Ellipsenmarkierung stehen in einem unmittelbaren Zusammenhang. Bei einem Unfall ist der Verursacher ebenfalls von der Fahrbahn abgekommen und hat das Krad anschließend auf der Fahrbahn abgestellt. Ein weiterer Motorradfahrer hat dieses abgestellte Fahrzeug übersehen und kam ebenfalls zu Fall.

Insgesamt kann die Sicherheitswirkung der neuen Markierung aber auch in Bezug auf die Unfallereignisse positiv bewertet werden. Es sind zwar immer noch Unfälle zu verzeichnen, diese fallen allerdings tendenziell etwas leichter aus. 4 der 7 Unfälle sind innerhalb einer Woche im Frühjahr 2024 aufgetreten. Generell ist hierbei zu sagen, dass aufgrund der umfangreichen Berichterstattung (Zeitungen, social media,...) kurz vor diesen Unfällen, viele Motorradfahrende speziell zur Panoramastrecke gefahren sind, um die Markierung zu begutachten. Dies kann auch zu dieser „Unfallhäufung“ geführt haben.

Griffigkeit

Das Wirkungsprinzip der Kurvenmarkierung beruht darauf, dass Motorradfahrende Straßenmarkierungen, insbesondere nasse Markierungen, nicht gerne überfahren. I.d.R. ist die Straßenmarkierung nicht so griffig wie die umgebende Straßenoberfläche und stellt somit für Motorradfahrende eine unzurechenbare Situation dar.

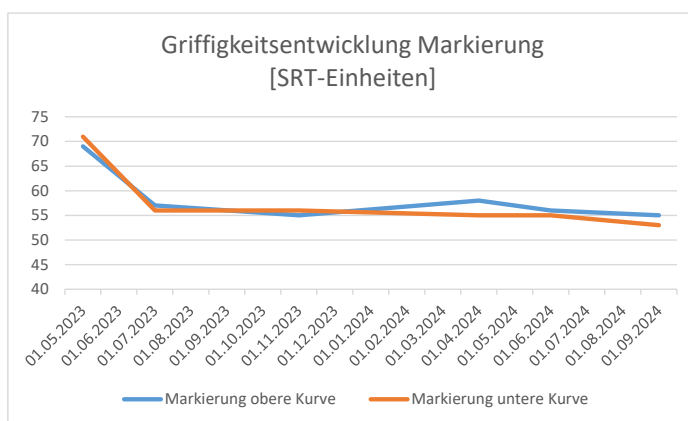


Abbildung 15: Entwicklung Griffigkeitsentwicklung der Kurvenmarkierungen

Daher ist wie zuvor beschrieben, eine modifizierte Markierung mit erhöhter Griffigkeit eingesetzt worden, um insbesondere ein Sicherheitsrisiko für Verkehrsteilnehmer zu verhindern. Ziel war es, über die gesamte Versuchsdauer mindestens gleiche Griffigkeitswerte zu erzielen wie auf der umgebenden Fahrbahnoberfläche. Diese Vorgaben wurden im Rahmen von SRT-Messungen in regelmäßigen Abständen durchgeführt. Die Ergebnisse sind in Abbildung 15 dargestellt. Die Anfangsgriffigkeit nach Applikation lag bei etwa 70 SRT-Einheiten, nimmt dann deutlich ab und stellt sich dann über die weitere Versuchsdauer bei ausreichenden bei etwa 55 SRT-Einheiten ein.

Fazit

Ziel war es, die Ergebnisse des Pilotprojektes zu nutzen, um über einen weiteren Einsatz von Kurvenmarkierungen in Deutschland zu entscheiden. Im Rahmen der Begleituntersuchungen wurde zum einen das Fahrverhalten im Bereich der Kurvenmarkierung über einen Zeitraum von drei Wochen intensiv bewertet und zum anderen langfristige Auswirkungen (Unfallgeschehen, Griffigkeit) herangezogen.

Abschließend kann festgehalten werden, dass der Einsatz der Kurvenmarkierung positiv bewertet werden kann und kein Sicherheitsrisiko für Motorradfahrende darstellt. Die erhobenen Trajektorien zeigen, dass die Fahrlinie verbessert und die Geschwindigkeiten reduziert werden konnten. Zudem ist die Häufigkeit von schwerwiegenden Unfällen deutlich verringert worden. Bei weiteren Anwendungen sollte beobachtet werden, ob Steigungs- und Gefällestrassen das Unfallgeschehen beeinflussen können.

Der Einsatz der Kurvenmarkierung stellt somit eine kostengünstige Lösung dar Sicherheitsdefizite an Bestandsstrassen zu beheben. Bei weiteren Einsätzen sind für die Konzeption der Markierung einige Dinge zu beachten:

- Ausreichende Griffbarkeit, möglichst über 55 SRT-Einheiten
- Verbleibende unmarkierte Restfläche in der Kurve von mindestens 1,75 m
- Hinweistafeln im Vorfeld der Kurvenmarkierung
- Letzte Markierung deutlich vor Kurvenausfahrt, um „Abdrängen“ zu vermeiden

Auf Basis der Erkenntnisse aus dem Ausland sowie den Befragungen lassen die Balkenmarkierungen ähnliche Ergebnisse erwarten wie die Ellipsenmarkierungen. Aus betrieblichen Gründen spricht auch einiges für die Balkenmarkierung, da die Applikation als auch die spätere Auffrischung der Markierung deutlich einfacher durchzuführen ist.

Quellen:

BAST, <https://www.bast.de/DE/Statistik/Unfaelle/getoetete-grafik.png?blob=publicationFile&v=14>

Bundesministerium für Digitales und Verkehr, StV 12/7332.2/42-01/0173680/989, VkB1. 2022, H. 22, S. 803-805, Bekanntmachung des Zeichens 343 – Kurvenmarkierung für Zweirad Fahrende, VkB1, 2022

TCS, Kurven sicher fahren, www.tcs.ch, 2023

Institut für Zweiradsicherheit e. V. (Hrsg.). (2010). Motorrad fahren GUT UND SICHER (Bd.2010). MOTORRAD. http://www.moto-clubletzebuerg.lu/Uploads/Motorrad_fahren_gut_-und_sicher_www.pdf

Pettirsch, A., Berghaus, M., David, M., Klee, P.-A.,. Holistic, science-based bus acceleration – Combining simulation, computer vision and psychology to develop measures to prioritise public transport in urban areas. ELSEVIER B.V. (2019).

Roggendorf, T. (2021). Verkehrssicherheitsbewertung von neuen Bodenmarkierungen für Motorradstrecken. RWTH Aachen, ISAC.

Weber, Kevin, Bachelorarbeit am Institut für Straßenwesen der RWTH Aachen, Trajektorienbeeinflussung von Motorradfahrenden durch strategische Kurvenmarkierungen, 2023

Winkelbauer, M. et al., 2017. Wirksamkeit von Bodenmarkierungen zur Beeinflussung der Wahl von Kurvenfahrlinien durch Motorradfahrende. Kuratorium für Verkehrssicherheit, Kfv

Anhang



Abbildung 16: Unfallörtlichkeiten nach der Ummarkierung

*1)

Datum	Unfalltyp	Unfallursache	Unfallfolge
5.5.2024 /So/ 14:00	Fahrunfall	Ablenkung	LV

- Unfallverursacher rutscht auf Markierung aus und kommt zu Fall

*2)

Datum	Unfalltyp	Unfallursache	Unfallfolge
4.5.2024 /Sa/ 14:30	Fahrunfall	Nicht angepasste Geschwindigkeit	SV

- Beschreibung: Unfallverursacher ist in Kurve zu Fall gekommen und in andere abgestellte Krads (Fahrer der gleichen Gruppe) oberhalb der Kurve gerutscht

*3)

Datum	Unfalltyp	Unfallursache	Unfallfolge
28.4.2024 /So/ 13:35	Fahrunfall	Nicht angepasste Geschwindigkeit	LV

- Beschreibung: Unfallverursacher verlor die Kontrolle und kam von der Fahrbahn ab

*4)

Datum	Unfalltyp	Unfallursache	Unfallfolge
28.4.2024 /So/ 13:35	Sonstiger Unfall	Nicht angepasste Geschwindigkeit	LV

- Beschreibung: Unfallverursacher übersah das abgestellte Fahrzeug von Fall *3 und berührte dieses

*5)

Datum	Unfalltyp	Unfallursache	Unfallfolge
4.7.2023 /Di/ 17:20	Sonstiger Unfall	Andere Fehler beim Fahrzeugführer	LV

- Beschreibung: Unfallverursacher ist in Kurvenausfahrt nach rechts von der Fahrbahn abgekommen und zu Fall gekommen

*6)

Datum	Unfalltyp	Unfallursache	Unfallfolge
18.5.2023 /Do/ 13:10	Fahrunfall	Andere Fehler beim Fahrzeugführer	LV

- Beschreibung: Unfallverursacherin ist in Kurvenausfahrt bei geringer Geschwindigkeit nach rechts von der Fahrbahn abgekommen und zu Fall gekommen

*7)

Datum	Unfalltyp	Unfallursache	Unfallfolge
24.6.2024 /Mo/ 15:30	Fahrunfall	Andere Fehler beim Fahrzeugführer	LV

- Beschreibung: Unfallverursacher ist in Kurvenausfahrt nach rechts von der Fahrbahn abgekommen und zu Fall gekommen