

Massnahmenevaluation Verkehrsinfrastruktur MEVASI

Steffen Niemann, Markus Deublein,
Patrick Eberling, Markus Geiser

Forschung 2.392
Bern, 2023



Autoren



Steffen Niemann

Wissenschaftlicher Mitarbeiter Forschung, BFU,
s.niemann@bfu.ch
Magister Artium; Studium der Soziologie,
Psychologie und Informationswissenschaften an der
Universität Düsseldorf.
Arbeitet seit 2005 bei der BFU.
Arbeitsschwerpunkte: Datengrundlagen, statistische
Unfallanalysen, methodische Beratung bei
empirischen Forschungsprojekten



Markus Deublein

Abteilungsleiter Forschung Strassenverkehr, BFU,
m.deublein@bfu.ch
Dr. sc. ETHZ; Studium der Forstwissenschaften
TU München, Doktorat im Risiko- und Sicherheits-
management am Departement für Bau, Umwelt und
Geomatik der ETH Zürich.
Arbeitet seit 2019 bei der BFU.
Arbeitsschwerpunkte: Strassenverkehrssicherheit,
Automatisiertes Fahren, Verkehrsinfrastruktur



Patrick Eberling

Leiter Verkehrstechnik, BFU,
p.eberling@bfu.ch
Dipl. Ing. ETH, MBA; Studium zum Bauingenieur an
der ETH Zürich.
Seit 2004 stellvertretender Leiter und ab 2012 Leiter
der Abteilung Verkehrstechnik der BFU.
Arbeitsschwerpunkte: Strassenverkehrssicherheit,
Verkehrsinfrastruktur, Strassenraumgestaltung



Markus Geiser

Berater Verkehrstechnik, BFU,
m.geiser@bfu.ch
BSc FHZ Bau-Ing. Studium zum Bauingenieur an der
Hochschule Luzern.
Arbeitet seit 2012 bei der BFU.
Arbeitsschwerpunkte: Strassenverkehrssicherheit,
Verkehrsinfrastruktur, Strassenraumgestaltung

Massnahmenevaluation Verkehrsinfrastruktur MEVASI

Vorwort

Geschätzte Leserinnen und Leser

Infrastrukturmassnahmen für die Verkehrssicherheit sind oftmals teuer und aufwendig umzusetzen. Für die Planung ist es zentral, die Massnahme oder eine Kombination von Massnahmen zu wählen, die ökonomisch vertretbar ist und einen maximalen Sicherheitsnutzen hat. Das Projekt «Massnahmen-evaluation Verkehrsinfrastruktur MEVASI» der BFU soll genau das leisten: Den Sicherheitsfachleuten in Kantonen und Gemeinden ein Hilfsmittel an die Hand geben, das die Wahl der geeigneten Massnahme unterstützt.

Um dieses anspruchsvolle Ziel zu erreichen, braucht es eine möglichst präzise Abschätzung der Wirksamkeit von Infrastrukturmassnahmen. Qualitativ gute und vor allem in ihrer Anzahl ausreichende Daten von bereits umgesetzten Infrastrukturmassnahmen müssen dafür erfasst und hinsichtlich des Unfallgeschehens mit einer geeigneten Methode statistisch ausgewertet werden.

In dieser Publikation präsentieren wir Ergebnisse der Wirksamkeitsabschätzung verschiedener Infrastrukturmassnahmen.

Die Abschätzungen sind jedoch nicht abschliessend: Für einige der erfassten Massnahmen ist die Datenbasis für eine Beurteilung noch zu gering. Neue Massnahmen werden erst in der Zukunft erfasst, und bestehende müssen anhand des sich wandelnden Unfallgeschehens neu beurteilt werden. MEVASI muss konsequent weitergeführt und die vorliegende Analyse periodisch aktualisiert werden.



Stefan Siegrist
Direktor BFU



Inhalt

I.	Kurzfassung	6	1.	Ergebnisse im Überblick	24
II.	Résumé	8	2.	Resultate der	26
III.	Riassunto	10	3.	Wirksamkeitsabschätzung	26
IV.	Abstract	12	3.	Ergebnisdarstellung am Beispiel	28
V.	Einleitung	14	4.	Kreisverkehr	28
VI.	MEVASI	15	4.	Detailergebnisse für	31
VII.	Methoden	17	4.1.	Massnahmentypen	31
1.	Statistische Verfahren	17	4.1.	Demarkierung Mittellinie	31
2.	Methodisches Vorgehen	17	4.2.	Kreisverkehrsplatz	32
3.	Abgrenzung zur Auswertung 2018	20	4.3.	Velostreifen	33
4.	Auswertungsmodul STAAD	20	4.4.	Begegnungszone	34
5.	Unfallgeschehen	23	4.5.	Tempo-30-Zone	35
VIII.	Ergebnisse	24	4.7.	Änderung Tempolimit (Reduktion)	38
			4.8.	Weitere Massnahmen	39
			4.9.	Ergebnisse für verschiedene	40
				Verkehrsteilnehmergruppen	
			IX.	Fazit	42
			X.	Quellen	45

I. Kurzfassung

Im Jahr 2014 lancierte die BFU, Beratungsstelle für Unfallverhütung, ein webbasiertes Erfassungssystem für realisierte Infrastrukturmassnahmen und stellte es den Sicherheitsexperten/-innen von Kantonen und Gemeinden sowie den Sicherheitsdelegierten der BFU zur Verfügung: MEVASI (Massnahmenevaluation Strasseninfrastruktur). Das Ziel der Plattform: die Wirksamkeit der erfassten Infrastrukturmassnahmen für die Verkehrssicherheit zu ermitteln. Grundlage dafür sind neben den Informationen zu den einzelnen Massnahmen die polizeilich registrierten Strassenverkehrsunfälle, die georeferenziert erfasst und beim Bundesamt für Strassen ASTRA gesammelt werden. Neben dem ASTRA, den Kantonen und den Gemeinden unterstützte auch der Verband Schweizerischer Strassen- und Verkehrsfachleute VSS die BFU bei der Massnahmenerfassung.

In der Wirksamkeitsabschätzung wird überprüft, ob sich eine Änderung des Unfallgeschehens auf die Realisierung einer Massnahme zurückführen lässt. Das angewendete Verfahren stützt sich methodisch auf nichtlineare Regressionsanalysen und nutzt dafür ein für das Statistikprogramm R entwickeltes Modul. Dessen Grundlagen wurden in einem VSS-Forschungsprojekt konzipiert und daraufhin in einem Umsetzungsprojekt realisiert.

Mit Stand 23. November 2020 waren insgesamt 2450 Massnahmen in MEVASI erfasst, die 26 Massnahmentypen umfassen. Mit der entwickelten Methodik wurden alle Massnahmentypen systematisch in sechs Varianten ausgewertet. Variiert wurden die Länge der Zeitreihen und die Umsetzungsdauer der Massnahmentypen. Die Auswertungsvariante mit fünf Unfalljahren vor und vier Unfalljahren nach Inbetriebnahme der Massnahme und einem Massnahmenumsetzungszeitraum von einem Jahr wird als Hauptvariante angenommen: In dieser Variante ist die genutzte Zeitreihe am längsten und für die Beurteilung von Veränderungen und Trends in der Unfallhäufigkeit am zuverlässigsten. Alle Auswertungen wurden für drei Unfallschweren durchgeführt: Alle registrierten

Unfälle, Unfälle mit Personenschaden sowie schwere Unfälle.

Die Möglichkeit zur Beurteilung der Wirksamkeit einer Massnahme ist abhängig von der Anzahl der in MEVASI erfassten Massnahmen und der Anzahl der Unfälle, die den Massnahmen zugeordnet werden können. Für viele der in MEVASI erfassten Massnahmen ist die Anzahl der erfassten Einzelmassnahmen nach wie vor zu gering, um mit der verwendeten Methodik eine Wirksamkeitsabschätzung durchführen zu können.

Für sieben der 27 beurteilten Massnahmen – der Massnahmentyp «Änderung Tempolimit» wurde in zwei Massnahmentypen aufgeteilt – sind gesicherte Bewertungen zu ihrer Wirksamkeit möglich, und es können Effekte in Form einer prozentualen Unfallreduktion angegeben werden:

- Demarkierung Mittellinie
- Kreisverkehrsplatz
- Velostreifen
- Begegnungszone
- Tempo-30-Zone
- Leitpfeile in Kurven
- Änderung Tempolimit (Reduktion)

Abbildung 1, S. 7, zeigt eine Zusammenfassung der Ergebnisse für die sieben genannten Massnahmen in absteigender Wirksamkeit für die Unfallschwere «Alle Unfälle». Der Wert in den Kreisen ist der unfallreduzierende Effekt für die Hauptvariante (9-Jahres-Zeitreihe, Zeitraum Massnahmenumsetzung ein Jahr). Der Balken zeigt den Effektbereich der anderen fünf Variantenberechnungen. Die unfallreduzierenden Effekte für die einzelnen Massnahmengruppen reichen von 11 % für alle registrierten Unfälle bis 66 % für schwere Unfälle. Wird kein Massnahmeneffekt ausgewiesen, heisst dies nicht, dass eine Massnahme in Bezug auf die Verkehrssicherheit unwirksam ist. Oft ist die Anzahl der erfassten Massnahmen zu gering, um eine Wirksamkeitsabschätzung durchführen zu können. Mit



Abbildung 1: Wirksamkeitsabschätzungen für verschiedene Massnahmen¹

¹ Lesebeispiel: Die Wirksamkeitsabschätzung für Tempo-30-Zonen zeigt in der ausgewerteten Hauptvariante, einer 9-Jahres-Zeitreihe und einem Umsetzungszeitraum für die Massnahme von einem Jahr, eine Unfallreduktion von 38 % für schwere Unfälle. In Auswertungsvarianten mit kürzeren Zeitreihen und einem Umsetzungszeitraum von einem halben Jahr wurden Reduktionen von 32 % bis 47 % ermittelt.

zunehmender Datenbasis wird ein Nachweis in Zukunft vielleicht möglich sein. Als Konsequenz sind die vorliegenden Auswertungen nicht als abschliessend zu werten, sondern sollten periodisch wiederholt werden.

Der Betrieb von MEVASI und die Erfassung von Massnahmen war bisher für alle Beteiligten mit einem hohen Aufwand verbunden. Es hat sich jedoch gelohnt:

Mit dem vorliegenden Bericht können Wirksamkeiten abgeschätzt werden. Da die Wirksamkeitsabschätzung nicht abschliessend ist, muss auch in Zukunft in MEVASI investiert werden. Die Datenbasis muss weiter ausgebaut und die vorgenommenen Wirksamkeitsbewertungen müssen periodisch wiederholt werden. Damit lassen sich Ergebnisse weiter absichern und neue Massnahmengruppen hinsichtlich ihrer Wirksamkeit beurteilen.

II. Résumé

En 2014, le BPA, Bureau de prévention des accidents, a mis à la disposition des experts en sécurité dans les cantons et les communes ainsi que des délégués BPA à la sécurité une plateforme en ligne permettant de saisir les mesures réalisées en matière d'infrastructure routière. Appelé ÉVAMIR (ÉVALuation des Mesures d'Infrastructure Routière), cet outil vise à déterminer l'efficacité, en termes de sécurité routière, des mesures saisies. Pour ce faire, il utilise les informations saisies sur les mesures mais également les données géoréférencées sur les accidents de la route enregistrées par la police et centralisées par l'Office fédéral des routes (OFROU). L'Association suisse des professionnels de la route et des transports (VSS) a prêté main forte à l'OFROU, aux cantons, aux communes et au BPA pour la saisie des mesures.

Afin de déterminer l'efficacité d'une mesure, le BPA a examiné si la variation de l'accidentalité est imputable à la réalisation de la mesure. La méthode employée se fonde sur des analyses de régression non linéaire. Le BPA a utilisé à cet effet un module conçu pour le programme statistique R. Les bases de la méthode ont été élaborées dans le cadre d'un projet de recherche de la VSS; la réalisation a fait l'objet d'un projet de mise en œuvre.

Le 23 novembre 2020, 2450 mesures classées selon 26 types avaient été saisies dans ÉVAMIR. Dans le cadre de la méthode mise au point, tous les types de mesures ont, à des fins d'analyse, été soumis de manière systématique à six variantes se distinguant par la durée des séries temporelles et celle de la mise en œuvre des mesures. La variante caractérisée par la prise en considération de cinq années d'accidents avant la mise en service de la mesure et quatre années d'accidents après la mise en service ainsi qu'une période de mise en œuvre de la mesure d'un an a été définie comme la variante principale. Dotée de la série temporelle la plus longue, elle est la variante la plus fiable pour évaluer les modifications et tendances que présente l'accidentalité. Toutes les analyses ont été

réalisées pour trois catégories d'accidents se distinguant par leur gravité: tous les accidents quelle que soit leur gravité, seuls les accidents ayant occasionné des dommages corporels et seuls les accidents graves.

La possibilité d'évaluer l'efficacité d'un type de mesures dépend du nombre d'occurrences saisies pour ce type de mesures dans ÉVAMIR ainsi que du nombre d'accidents pouvant être mis en relation avec ces mesures. Or, pour beaucoup des types de mesures saisis dans ÉVAMIR, le nombre d'occurrences est trop faible pour pouvoir procéder à une estimation de l'efficacité à l'aide de la méthode mise au point.

Cette opération peut néanmoins être réalisée avec fiabilité pour sept des 27 types de mesures (le type de mesures «modification de la limite de vitesse» a été subdivisé en deux types distincts): suppression de la ligne médiane, giratoire, bande cyclable, zone de rencontre, zone 30, flèches de balisage dans les virages, modification de la limite de vitesse (abaissement). Il est possible de chiffrer les effets de ces types de mesures sous la forme d'un pourcentage de réduction de l'accidentalité.

L'illustration 1, p. 9, présente les résultats obtenus pour les sept types de mesures pris en considération. Ils sont classés par ordre décroissant d'efficacité pour la catégorie d'accidents «Tous les accidents». Les valeurs figurant dans les cercles correspondent aux effets des types de mesures en termes de réduction de l'accidentalité pour la variante d'analyse principale (série temporelle de neuf ans et période de mise en œuvre d'un an). Les barres représentent la plage de réduction de l'accidentalité pour les cinq autres variantes d'analyse.

La réduction de l'accidentalité pour les différents types de mesures est comprise entre 11 % si on considère l'ensemble des accidents quelle que soit leur gravité, et 66 % si on considère exclusivement les accidents graves.

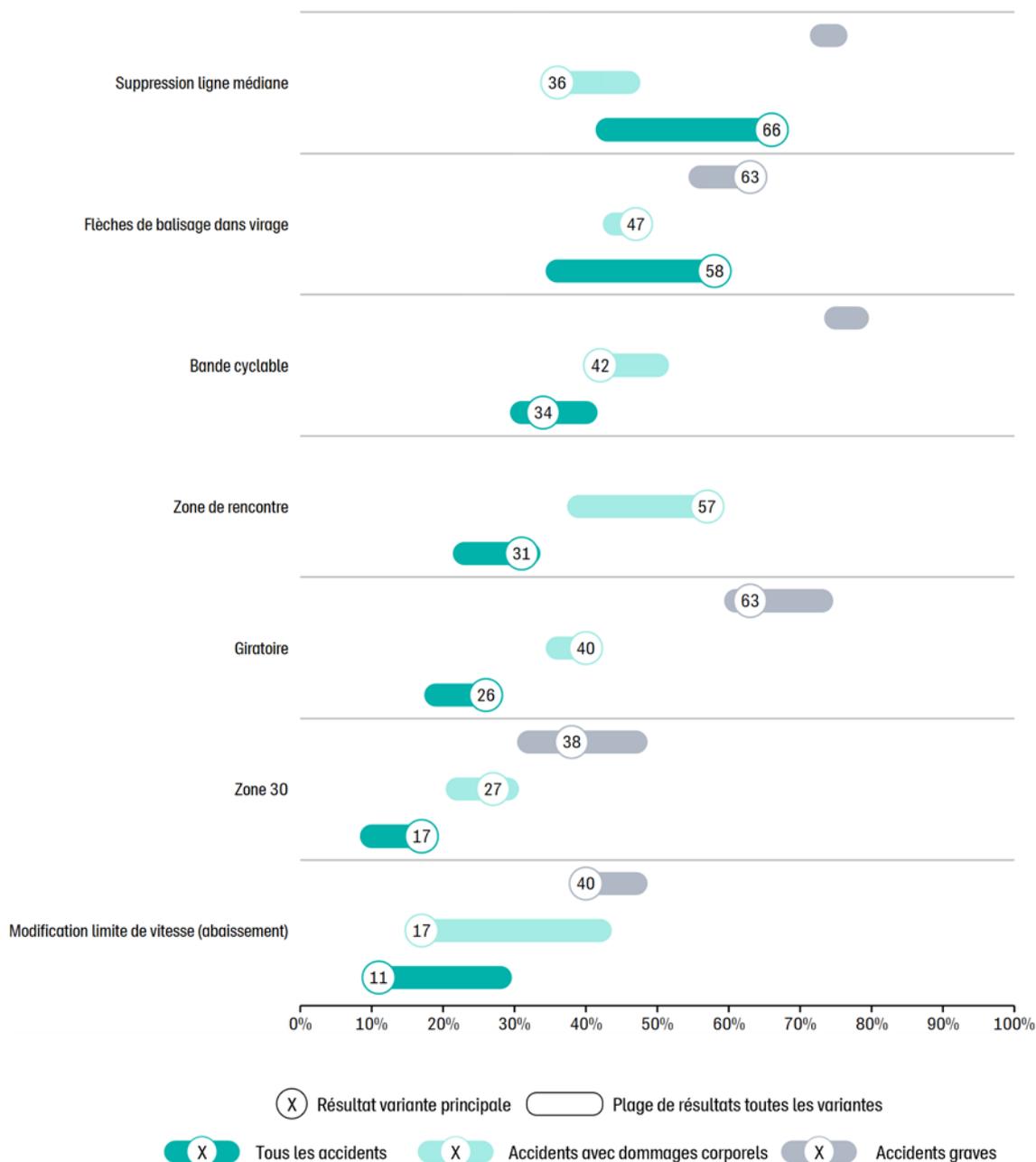


Illustration 1: Estimation de l'efficacité de différents types de mesures de sécurité portant sur l'infrastructure routière¹

¹ Exemple de lecture de l'illustration 1: l'efficacité du type de mesures «zone 30», considéré dans la variante principale (série temporelle de neuf ans et période de mise en œuvre d'un an), est estimée à -38 % d'accidents graves. Pour les variantes d'analyse caractérisées par des séries temporelles plus courtes et une période de mise en œuvre de six mois, les réductions sont comprises entre 32 % et 47 %.

L'absence de valeur d'efficacité ne signifie pas que le type de mesures concerné est inefficace en termes de sécurité routière. Souvent, le nombre de mesures saisies dans ÉVAMIR est trop faible pour pouvoir estimer l'efficacité du type de mesures concerné. Cela sera peut-être possible à l'avenir avec l'augmentation du volume de données présentes dans ÉVAMIR. Par conséquent, les analyses réalisées dans le cadre de cette étude ne doivent pas être considérées comme définitives, mais elles devraient au contraire être renouvelées périodiquement.

L'exploitation d'ÉVAMIR et la saisie de mesures dans cette base de données constituent une lourde tâche pour toutes les parties prenantes du projet, mais elle n'a pas été vaine. Le présent rapport renseigne en effet sur l'efficacité de différents types de mesures de sécurité portant sur l'infrastructure routière. Comme l'analyse d'efficacité ne peut pas être réalisée de manière complète à l'heure actuelle, il est important de continuer à investir des ressources dans ÉVAMIR. Cette base de données doit être étoffée et les analyses d'efficacité sont à renouveler périodiquement afin de consolider les résultats déjà obtenus et d'évaluer l'efficacité de nouveaux types de mesures.

III. Riassunto

Nel 2014 l'UPI, Ufficio prevenzione infortuni, ha lanciato un sistema di registrazione basato su web per le misure infrastrutturali realizzate e lo ha messo a disposizione degli esperti della sicurezza dei Cantoni e dei Comuni nonché ai delegati alla sicurezza dell'UPI: VAMIS (valutazione di misure relative all'infrastruttura stradale). Lo scopo della piattaforma: determinare l'efficacia delle misure infrastrutturali per la sicurezza stradale. Per fare ciò, oltre alle informazioni relative alle singole misure, occorre basarsi sugli incidenti stradali registrati dalla polizia che vengono georeferenziati e raccolti presso l'Ufficio federale delle strade USTRA. Oltre all'USTRA, ai Cantoni e ai Comuni, anche l'Associazione svizzera dei professionisti della strada e dei trasporti (VSS) fornisce supporto all'UPI per la registrazione delle misure.

Con la valutazione dell'efficacia si verifica se una variazione dell'incidentalità sia riconducibile alla realizzazione di una misura. La metodica applicata si basa su analisi di regressione lineare e utilizza allo scopo un modulo sviluppato per il programma di statistica R. Le sue basi sono state ideate nell'ambito di un progetto di ricerca VSS e poi realizzate in un progetto di attuazione.

Il 23 novembre 2020 nel VAMIS risultavano registrati 26 tipi di misure, per un totale di 2450 misure. Con la metodica sviluppata tutti i tipi di misure sono stati analizzati sistematicamente mediante sei varianti, in cui sono state variate la lunghezza della serie temporale e la durata di attuazione dei tipi di misure. Viene assunta come variante di analisi principale quella con cinque e quattro anni di incidenti, rispettivamente prima e dopo la realizzazione della misura, e una durata di attuazione della misura di un anno. Questa variante, che adotta la serie temporale più lunga, è la più affidabile per valutare le variazioni e le tendenze nella frequenza degli incidenti. Tutte le analisi sono state condotte per tre livelli di gravità degli incidenti: tutti i tipi d'incidente registrati, gli incidenti con danni alla persona e gli incidenti gravi.

La valutazione dell'efficacia di una misura dipende dal numero di misure registrate in VAMIS e dal numero di incidenti che possono essere riferiti alle misure. Per molte misure registrate in VAMIS il numero delle singole misure è ancora troppo esiguo per poter valutare l'efficacia con la metodica applicata.

Per sette delle 27 misure analizzate (il tipo di misura «modifica limite di velocità massimo» è stato suddiviso in due tipi di misure) si possono fare valutazioni affidabili riguardo alla loro efficacia e indicare gli effetti sotto forma di una riduzione percentuale degli incidenti:

- demarcazione linea di mezzzeria
- rotatoria
- ciclopiste
- zona d'incontro
- zona 30
- frecce direttrici nelle curve
- modifica limite di velocità massimo (riduzione)

La Figura 1, p. 11, schematizza le sette misure sopra menzionate in ordine di efficacia decrescente per il livello di gravità «tutti i tipi d'incidente». Il valore nei cerchi indica l'effetto di riduzione degli incidenti per la variante principale (serie temporale di 9 anni, attuazione della misura per il periodo di un anno). La barra indica la scala dei risultati con le altre cinque varianti di calcolo. Gli effetti di riduzione degli incidenti per i singoli gruppi di misure vanno dall'11% per tutti i tipi d'incidente registrati al 66% per gli incidenti gravi. Se l'effetto di una misura non è dimostrato, non significa che essa sia inefficace per la sicurezza stradale. Per molte misure registrate in VAMIS il numero delle singole misure è ancora troppo esiguo per poter valutare l'efficacia con la metodica applicata. In futuro, con una base di dati più ampia, sarà forse possibile produrre delle prove. Di conseguenza, le valutazioni disponibili non possono essere considerate conclusive, ma devono essere ripetute periodicamente.

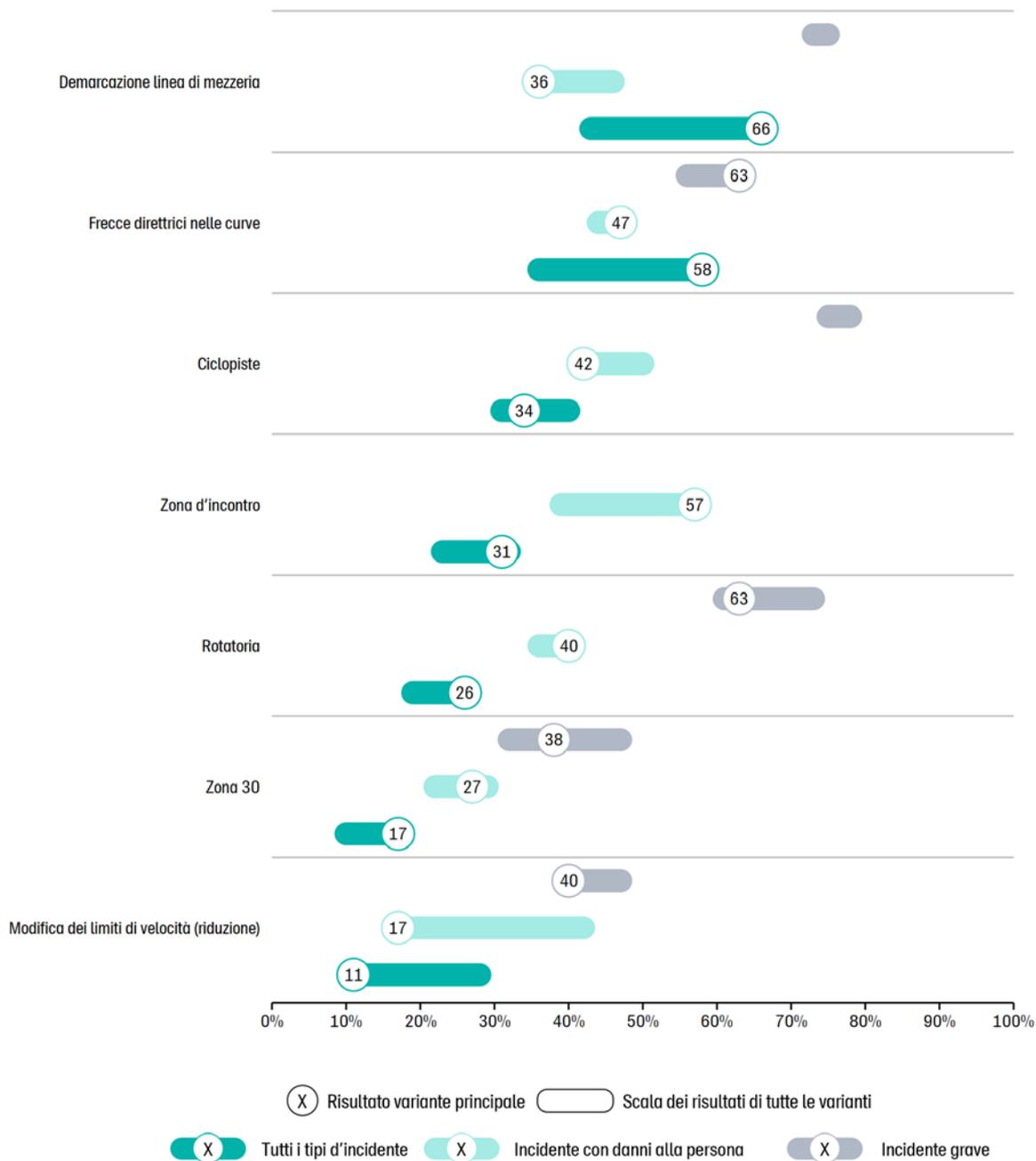


Figura 1: valutazione dell'efficacia di alcune misure¹

¹ Esempio di lettura: nella variante principale analizzata, con serie temporale di 9 anni e attuazione della misura per il periodo di un anno, la valutazione dell'efficacia per le zone 30 mostra una riduzione degli incidenti del 38% per gli incidenti gravi. Nelle varianti di analisi con serie temporali più brevi e un periodo di attuazione di sei mesi sono state accertate riduzioni comprese tra 32% e 47%

La gestione di VAMIS e la registrazione delle misure sono state finora molto onerose per tutte le persone coinvolte. Tuttavia si tratta di un lavoro che è valso la pena fare, in quanto con il presente rapporto si può stimare l'efficacia di diversi tipi di misure. Considerato che le valutazioni di efficacia non sono conclusive, occorrerà continuare a investire in VAMIS anche in futuro. La base di dati dovrà essere ulteriormente ampliata e le valutazioni di efficacia dovranno essere ripetute periodicamente. Questo consentirà di confermare maggiormente i risultati e analizzare l'efficacia di nuovi gruppi di misure.

IV. Abstract

In 2014 the BFU, Swiss Council for Accident Prevention launched MEVASI (Evaluation of Measures for Road Infrastructure), a web-based system to record implemented infrastructure measures, and made it available to the safety experts in the cantons and municipalities and the BFU safety delegates. The aim of the platform is to determine the effectiveness of the recorded infrastructure measures on road safety. It is based not only on details of the individual measures, but also on police-registered road accidents, which are georeferenced and collated at the Federal Roads Office FEDRO. In addition to FEDRO, the cantons and the municipalities, the Swiss Association of Road and Transportation Experts VSS also supported the BFU in collating measures.

An impact assessment examines whether a change in accident occurrence can be attributed to the implementation of a given measure. The method applied is based on non-linear regression analyses and employs a module developed for the statistics programme R for this purpose. Its basic principles were devised in a VSS research project and subsequently realised in an implementation project.

As of 23 November 2020, a total of 2450 measures were recorded in the MEVASI database, comprising 26 types of measures. With the developed methodology, all types of measures were systematically evaluated in six variants. Time series lengths and implementation duration of the measure types were varied. The evaluation variant with five accident years before and four accident years after the introduction of the measure and an implementation period of one year was adopted as the main variant: this variant has the longest time span and is the most reliable for assessing changes and trends in accident frequency. All assessments were carried out for three accident severities: all registered accidents, accidents involving personal injury and serious accidents.

The ability to assess the effectiveness of a given measure depends on the number of measures recorded in the MEVASI database and the number of accidents which can be attributed to these measures. For many of the measures recorded in MEVASI, the number of recorded individual measures is still too small to be able to perform an impact assessment with the applied methodology.

Reliable assessments of impact can be made for seven out of 27 assessed measures – the measure type «change in speed limit» was split into two measure types – and impacts can be expressed as accident reduction in percentage terms:

- Centre line demarcation
- Roundabout
- Cycle lane
- Shared space
- 30 km/h zone
- Chevron signs in bends
- Change in speed limit (reduction)

Figure 1, p. 13, shows a summary of the results for the seven mentioned measures in descending effectiveness for the accident severity “all accidents”. The value in the circles is the accident-reducing effect for the main variant (9-year time series, measure implementation period of one year). The bar shows the impact range of the other five variant calculations. The accident-reducing effects for the individual groups of measures range from 11 % for all registered accidents to 66 % for serious accidents. If no measure impact is shown, this does not mean that a measure is ineffective in terms of road safety. The number of recorded measures is often too small to perform an impact assessment. As the database expands, it may be possible to confirm the impact of a given measure in future. Therefore the existing assessments should be repeated periodically and not be regarded as final.

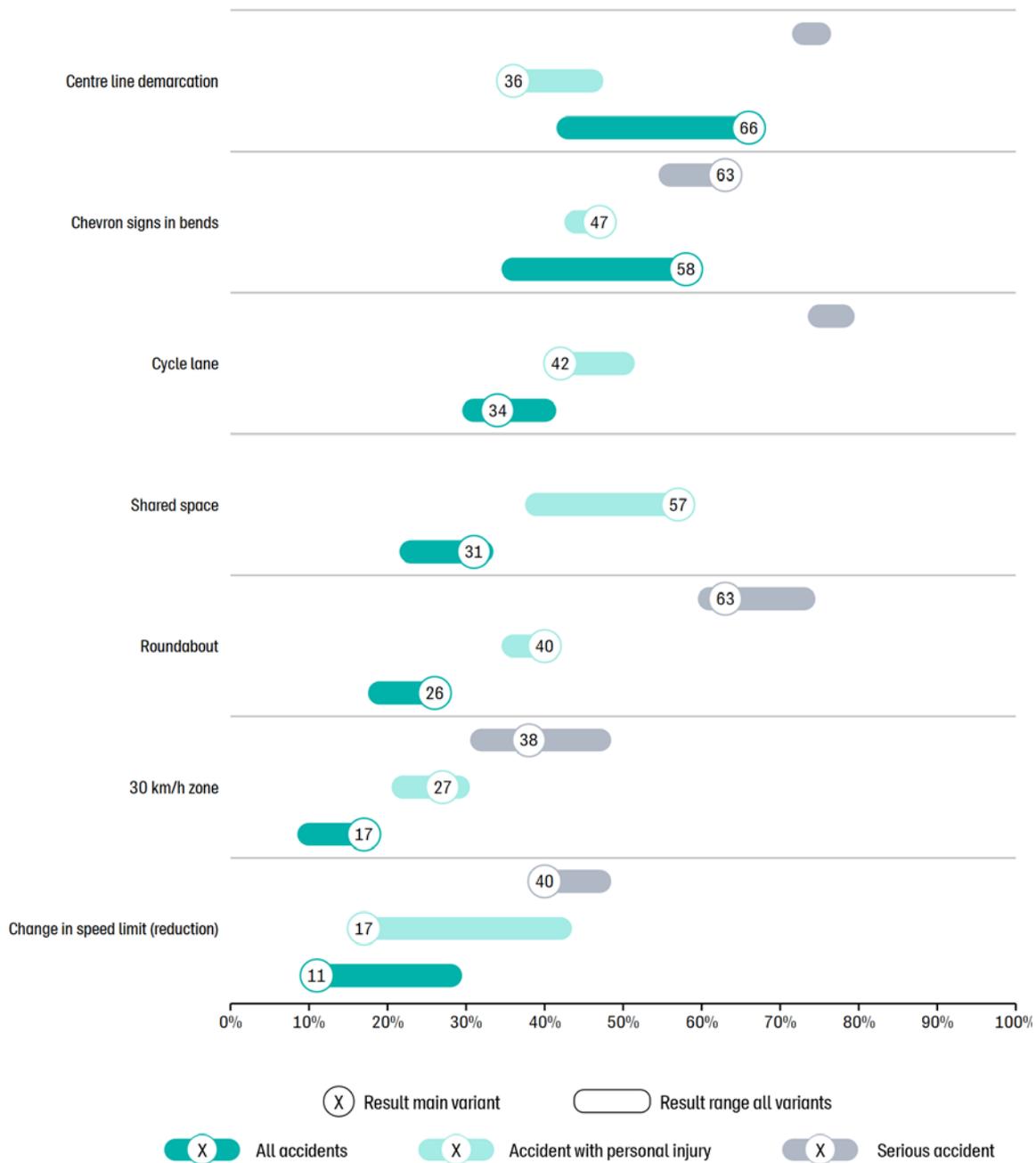


Figure 1: Impact assessment for different measures¹

¹ Illustrative example: The impact assessment for 30 km/h zones shows a 38% reduction in serious accidents for the evaluated main variant – a 9-year time series and a one-year measure implementation period. In evaluation variants with shorter time series and a half-year implementation period, reductions of 32% to 47% were identified.

So far, operating MEVASI and recording measures has meant a great deal of effort for everyone involved. It has however paid off: this report allows us to assess impact. Since assessing impact is not conclusive, it is necessary to continue to invest in MEVASI going forward. The database should be further expanded and the evaluations should be repeated at periodic intervals. This will allow us to continue to validate results and assess new groups of measures in terms of their impact.

V. Einleitung

Infrastrukturmassnahmen dienen häufig dazu, bauliche Sicherheitsdefizite zu beheben und die Verkehrssicherheit zu erhöhen. Oftmals ist die Umsetzung von Infrastrukturmassnahmen mit hohen Kosten verbunden. Die Wirkung einer Infrastruktur auf die Strassenverkehrssicherheit muss also auch vor dem Hintergrund begrenzter finanzieller Ressourcen beurteilt werden.

In der Schweiz werden seit 2014 Infrastrukturmassnahmen systematisch in MEVASI, einer zentralen Datenbank der BFU erfasst. Inzwischen sind dort knapp 2500 Massnahmen aus 28 verschiedenen Massnahmengruppen erfasst.

In der ersten Wirksamkeitsabschätzung im Jahr 2018 lag der Fokus auf der Beurteilung der Effektivität und Effizienz einiger Massnahmen [1].

Diese erste Beurteilung zeigte unter anderem, dass vor allem die Quantität und Qualität der zugrundeliegenden Daten verbessert werden musste. Dieses Ziel wurde inzwischen zumindest teilweise erreicht.

In der folgenden Analyse werden alle in MEVASI erfassten Massnahmengruppen in Bezug auf ihre Wirksamkeit untersucht. Die Beurteilung wird allein über die Effektivität vorgenommen, d. h. über den Effekt einer Massnahme auf das Unfallgeschehen.

In der Wirksamkeitsabschätzung von Massnahmen können verschiedenste Methoden zur Anwendung kommen. Für viele davon werden neben den Unfalldaten verlässliche Daten zu Verkehrsleistungen, durchschnittlichen Unfallrisiken auf Streckenabschnitten und Vergleichsorte für quasi-experimentelle Designs benötigt. Da die Anforderungen an die Daten hoch sind und die Verfügbarkeit valider Daten nicht ausreicht, stützen sich die folgenden Auswertungen auf einfache Zeitreihenanalysen, die das Unfallgeschehen vor und nach der Inbetriebnahme einer Massnahme modellieren.

Die angewendeten statistischen Verfahren wurden in einem Forschungsprojekt entwickelt und getestet. Im Rahmen der vorliegenden Studie werden sie das erste Mal in den Kontext der praxisorientierten Verkehrssicherheitsarbeit übertragen.

VI. MEVASI

Im Jahr 2014 lancierte die BFU, Beratungsstelle für Unfallverhütung, ein webbasiertes Erfassungssystem für realisierte Infrastrukturmassnahmen und stellte es den Sicherheitsexperten/-innen von Kantonen und Gemeinden sowie den Sicherheitsdelegierten der BFU zur Verfügung: MEVASI (Massnahmenevaluation Strasseninfrastruktur). Das Ziel der Plattform: die Wirksamkeit der erfassten Infrastrukturmassnahmen für die Verkehrssicherheit zu ermitteln. Grundlage dafür waren neben Informationen zu den einzelnen Massnahmen die polizeilich registrierten Strassenverkehrsunfälle, die georeferenziert erfasst und zentral beim Bundesamt für Strassen ASTRA gesammelt werden. MEVASI stiess auf breites Interesse. Im Jahr 2016 wurde die Erfassung verbessert und ein Zugang über die Website der BFU ermöglicht. Neben dem ASTRA, den Kantonen und Gemeinden unterstützte auch der Verband Schweizerischer Strassen- und Verkehrsfachleute VSS die BFU bei der Massnahmenerfassung.

Zurzeit können in MEVASI Infrastrukturmassnahmen aus insgesamt 28 verschiedenen Massnahmengruppen mit zahlreichen Merkmalen erfasst werden. Die aktuell erfassten Massnahmen gliedern sich in drei Massnahmenkategorien:

- Baulich, gestalterisch
- Markierung und Signale
- Strassenausrüstung

Baulich, gestalterisch

Die Massnahmenkategorie «Baulich, gestalterisch» umfasst folgende Massnahmentypen:

- Umgestaltung zu Kreisverkehrsplatz
- Bau einer Mittelinsel
- Verbesserung einer Sichtzone
- Farbliche Gestaltung von Strassenoberflächen an Knoten (FGSO punktuell)
- Farbliche Gestaltung von Strassenoberflächen auf freien Strecken (FGSO linienhaft)
- Anlegen eines gemeinsamen Velo-/Fusswegs

- Anlegen eines Trottoirs
- Einbau einer Trottoirüberfahrt
- Umgestaltung zu Mehrzweckstreifen
- Anlegen eines Velowegs

Markierung und Signale

Folgende Massnahmentypen können in der Massnahmenkategorie «Markierung und Signale» erfasst werden:

- Markierung eines Velostreifens
- Demarkierung einer Mittellinie
- Markierung eines Fussgängerstreifens
- Demarkierung eines Fussgängerstreifens
- Einführung einer Tempo-30-Zone
- Einführung einer Begegnungszone
- Änderung der Vortrittsregelung
- Änderung des Tempolimits
- Markierung einer Velostrasse
- Signalisation «Rechtsabbiegen bei Rot» für Velos
- Markierung Fussgängerlängsstreifen
- Velostreifen rot einfärben

Strassenausrüstung

Die folgenden Massnahmentypen können in der Massnahmenkategorie «Strassenausrüstung» erfasst werden:

- Erstellung einer punktuellen Beleuchtung
- Erstellung einer linienhaften Beleuchtung
- Nachrüsten von Leitschranken, Leitplanken
- Installation von Pfosten
- Installation von Leitpfeilen in Kurven
- Einbau von Leitpfosten

Für jede Massnahme werden die folgenden Punkte erfasst: die Koordinaten des Massnahmenstandorts, das Datum der Inbetriebnahme, die Investitionskosten, die Ortslage, der/die Strasseneigentümer/-in, der durchschnittliche Tagesverkehr (DTV), die geltende Höchstgeschwindigkeit nach Realisie-

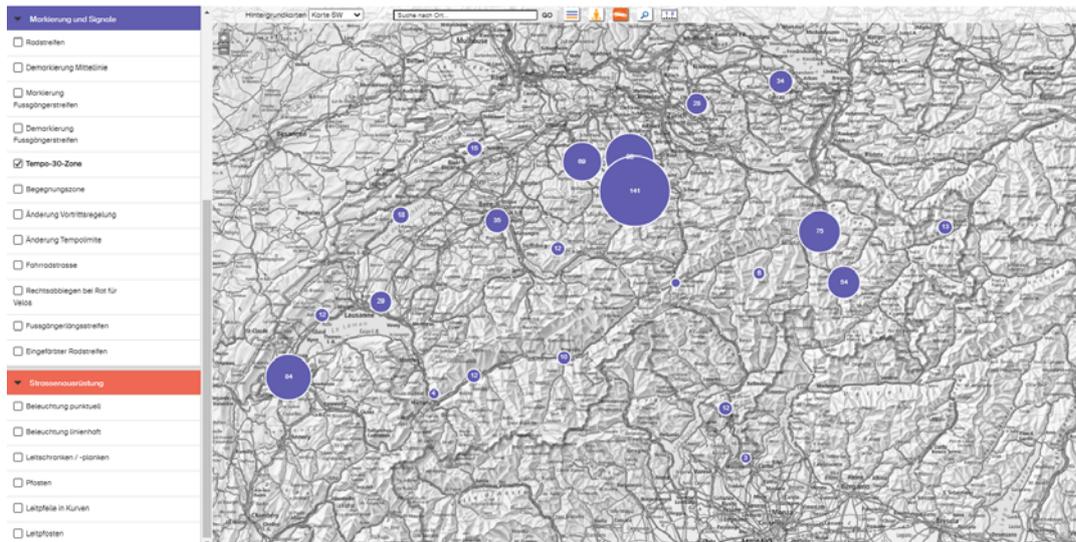


Abbildung 2: Darstellung der erfassten Tempo-30-Zonen in der MEVASI-Plattform

zung, der Grund für die Umsetzung der Massnahme und das Ziel, das mit der Umsetzung der Massnahme verfolgt wird. Zusätzlich können pro Massnahme spezifische Merkmale erfasst werden, wie z. B. bei einem Kreisverkehr der Aussendurchmesser oder bei einer Änderung des Tempolimits die signalisierte Höchstgeschwindigkeit, die vor der Umsetzung galt. Zusätzlich können zur Illustration Fotos hochgeladen werden, welche die Situation des Standortes vor und nach Umsetzung der Massnahme zeigen.

Der Zugriff auf MEVASI erfolgt über die Website der BFU (bfu.ch/mevasi). Grundsätzlich sind die MEVASI-Daten öffentlich zugänglich.

Die erfassten Massnahmentypen lassen sich über ein Seitenmenü auswählen und werden anschliessend auf der Schweizer Karte dargestellt (Abbildung 2). Die Art der Karte kann ausgewählt und anschliessend beliebig vergrössert werden, um die exakten Standorte der erfassten Massnahmen sichtbar zu machen.

Für die Öffentlichkeit sind nur eine beschränkte Auswahl der erfassten Massnahmenmerkmale und die Fotos vor und nach der Umsetzung der Massnahme sichtbar (Abbildung 3). Dabei handelt es sich um diejenigen Merkmale, welche man vor Ort ebenfalls erkennen würde (z. B., ob sich die Massnahme innerorts oder ausserorts befindet). Erst mit einem geschützten Nutzerkonto ist ein Vollzugriff auf alle Merkmale der vom Nutzer oder der Nutzerin erfassten Massnahmen sowie die Erfassung neuer Massnahmen möglich.



Abbildung 3: Öffentlich einsehbare Informationen für eine Massnahme

Für jede Massnahme kann zusätzlich ein sogenanntes Stammbblatt erstellt und heruntergeladen werden. Dabei handelt es sich um ein übersichtlich gestaltetes Formular, das alle Massnahmenmerkmale zeigt und zusätzlich – sofern vorhanden – eine deskriptive Entwicklung des Unfallgeschehens vor und nach der Umsetzung der Massnahme beinhaltet.

VII. Methoden

1. Statistische Verfahren

In der Wirksamkeitsabschätzung wird überprüft, ob sich eine Änderung des Unfallgeschehens auf die Realisierung einer Massnahme zurückführen lässt. Dazu können diverse statistische Verfahren angewendet werden. Das in den folgenden Auswertungen verwendete Verfahren stützt sich methodisch auf nichtlineare Regressionsanalysen und nutzt dafür ein für das Statistikprogramm R [2] entwickeltes Modul. Dessen Grundlagen wurden in einem VSS-Forschungsprojekt konzipiert [3]. In einem darauffolgenden Umsetzungsprojekt wurde eine erste Version des Moduls realisiert [4].

Das vom Schweizerischen Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS finanzierte Forschungsprojekt «Statistische Analyse von Unfallzahlen» hatte zum Ziel, die in der bestehenden VSS-Norm SN 640 008 «Strassenverkehrsunfälle» [5] beschriebenen Verfahren zur Analyse von Unfallzahlen methodisch zu prüfen und zu aktualisieren [3]. Dabei wurde insbesondere auf eine praxisnahe und möglichst einfache Anwendbarkeit der Methoden durch Sicherheitsfachleute geachtet.

Neben der Wirksamkeitsanalyse wurden auch Verfahren zum Zeitreihenmonitoring vorgeschlagen. Mit Abschluss des Projekts lag ein Prototyp eines Moduls für die Statistiksoftware R vor.

In einem weiteren Schritt wurden die im Forschungsprojekt vorgeschlagenen statistischen Verfahren weiter ausgebaut und eine erste «Release Version» für die Anwendung der Verfahren in einem Modul für die Statistiksoftware R umgesetzt [6].

2. Methodisches Vorgehen

Im ersten Schritt wurden den einzelnen Massnahmen aus MEVASI die Unfalldaten aus dem zentralen Unfallregister des ASTRA (DWH-VU) zugeordnet. Bei den Unfalldaten werden seit 1993 die Koordinaten jedes Unfallstandortes erhoben. Damit ist eine Zuordnung der Unfälle zu den Massnahmen grundsätzlich ab 1993 möglich. Das aktuelle Unfalljahr zum Zeitpunkt der Auswertung ist 2019.

Für jede linienhafte Massnahmengruppe (z. B. Reduktion des Tempolimits auf einer Strecke) und jede punktuelle Massnahme (z. B. Kreisverkehrsplatz) wurde ein «Fangradius» definiert. Mit ihm wird die Fläche bestimmt, in der Unfälle der Massnahme zugeordnet werden (Tabelle 1, S. 18). Bei flächigen Massnahmen (Tempo-30-Zonen und Begegnungszonen) wird die Zuordnung durch ein Polygon der äusseren Grenze der Massnahme aus MEVASI bestimmt. Abbildung 4, S. 18, zeigt jeweils ein Beispiel für die drei Zuordnungsvarianten. Pro Massnahmengruppe wurden zudem Unfallausschlusskriterien anhand von Merkmalen des Unfallaufnahmeprotokolls definiert (Tabelle 2, S. 19). Damit wurde verhindert, dass z. B. Parkierunfälle, die in der ermittelten Fangfläche der Massnahme liegen, fälschlicherweise in der Wirksamkeitsberechnungen berücksichtigt werden.

Für die Wirksamkeitsabschätzung der Massnahmen gelten diverse Voraussetzungen. Grundsätzlich können nur Massnahmen berücksichtigt werden, denen georeferenzierte Unfalldaten zugeordnet werden können. Die Anzahl der Unfalljahre zur Berechnung einer stabilen Zeitreihe sollte mindestens vier Jahre vor und zwei Jahre nach der Inbetriebnahme umfassen [3; S. 27]. Für die folgenden Auswertungen wurde diese Bedingung verschärft und die minimale Anzahl Unfalljahre nach der Massnahmenumsetzung auf drei Jahre gesetzt. Dies erleichtert die Beurteilung der Unfallentwicklung nach der Umsetzung der Massnahme. Damit scheidet alle Massnahmen aus, deren Inbetriebnahme vor 1997 oder nach 2016 lag. Massnahmenstandorte, an denen sich kein Unfall ereignete, mussten ebenfalls ausgeschlossen werden. Ereigneten sich ausschliesslich Unfälle nach Inbetriebnahme der Massnahme, kann kein Zeitreihenmodell berechnet werden. Dies führt ebenfalls zum Ausschluss der Massnahme. Für die Auswertung einer Massnahmengruppe, d. h. der gleichzeitigen Berücksichtigung mehrerer Massnahmen des gleichen Typs, werden die einzelnen Unfallhäufigkeiten addiert. Dazu werden ausschliesslich Massnahmen einbezogen, welche die o. g. Voraussetzungen er-

Tabelle 1: Linienhafte und punktuelle Massnahmen und deren Fangkreis für die Unfallzuordnung

Massnahme	Fangradius [m]
Mittelinsel	12,5
FGSO punktuell (Knoten)	25
Demarkierung Mittellinie	7,5
Kreisverkehrsplatz	25
Velostreifen	10
Leitpfeile in Kurven	75
Markierung Fussgängerstreifen	12,5
Verbesserung Sichtzone	25
Änderung Tempolimit	7,5
Änderung Vortrittsregelung	25
Beleuchtung punktuell	25
Leitschranken/-planken	12,5
Pfosten	12,5
Leitpfosten	12,5
Velo-/Fussweg	10
Velostrasse	7,5
Rechtsabbiegen bei Rot für Velos	12,5
Fussgängerlängsstreifen	7,5
Trottoir	12,5
Trottoir-Überfahrt	12,5
Eingefärbter Velostreifen	7,5
Veloweg	5
FGSO linienhaft (freie Strecke)	5
Beleuchtung linienhaft	7,5
Demarkierung Fussgängerstreifen	12,5
Mehrzweckstreifen	30

füllen und somit auch einzeln ein statistische Zeitreihenmodell generieren können. Dies reduziert zwar die Anzahl der in die Gruppenauswertung eingehenden Massnahmen, erhöht aber die Zuverlässigkeit des Gesamtergebnisses der Gruppe und somit die Aussagekraft zur allgemeinen Wirksamkeit dieses Massnahmentyps. Auch nach Addition der Unfallzahlen eines Massnahmentyps können die Unfallzahlen so klein sein, dass kein verlässliches statistisches Modell berechnet werden kann. Ausgehend von den sechs im Wirksamkeitsmodell getesteten Szenarien (Abschnitt 4. Auswertungsmodul STAAD, S. 20) wird geprüft, ob in der Gruppenauswertung ein Massnahmeneffekt vorliegt. Ein Massnahmeneffekt liegt vor, wenn in der Zeitreihe des mittleren Unfallgeschehens (Regressionslinie) ein deutlicher Sprung von vor der Massnahmenumsetzung zu danach festzustellen ist. Dieser Massnahmeneffekt kann unfallreduzierend oder unfallerhöhend sein. Dieser Ablauf verdeutlicht, dass trotz einer hohen Anzahl von Massnahmen viele Massnahmen aus der Gruppenauswertung herausfallen (Abbildung 5, S. 20).



- Unfall ausserhalb Fangkreis
- Unfall im Fangkreis
- Mittelpunkt
- Äussere Grenze

Abbildung 4: Unfallzuordnung über Fangkreis oder Polygon: Demarkierung Mittellinie, Kreisverkehr und Begegnungszone

Tabelle 2: Ausschlusskriterien für die Unfallzuordnung

	Unfallstelle				Strassenart			Weitere		
	Platz	Parkplatz	Rastplatz	Verzweigung	Kreisverkehr	Autostrasse	Nebenanlage AB	Fussgänger-, Begegnungszone	Ausserortsunfall	Parkierunfall
Mittelinsel	•	•	•			•	•			
FGSO punktuell (Knoten)			•		•	•	•			
Demarkierung Mittellinie	•	•	•			•	•			
Kreisverkehrsplatz	•	•	•				•			•
Velostreifen	•	•	•			•	•			
Begegnungszone		•	•			•	•	•		
Tempo-30-Zone		•	•		•	•	•	•		
Leitpfeile in Kurven	•	•	•	•	•					•
Markierung Fussgängerstreifen	•	•	•			•	•			
Verbesserung Sichtzone										
Änderung Tempolimit	•	•	•				•			
Änderung Vortrittsregelung						•	•			
Beleuchtung punktuell										
Leitschranken/-planken	•	•	•		•					
Pfosten						•	•			
Leitpfosten	•	•	•	•	•					
Velo-/Fussweg	•	•	•			•	•			
Velostrasse	•	•	•			•	•			
Rechtsabbiegen bei Rot für Velos	•	•	•		•	•	•			
Fussgängerlängsstreifen	•	•	•		•	•	•			
Trottoir	•		•		•	•	•	•		
Trottoir-Überfahrt	•		•			•	•			
Eingefärbter Velostreifen	•	•	•			•	•	•		
Veloweg	•	•	•			•	•	•		
FGSO linienhaft (freie Strecke)			•		•	•	•			
Beleuchtung linienhaft										
Demarkierung Fussgängerstreifen	•	•	•			•	•			
Mehrzweckstreifen	•	•	•		•	•	•			

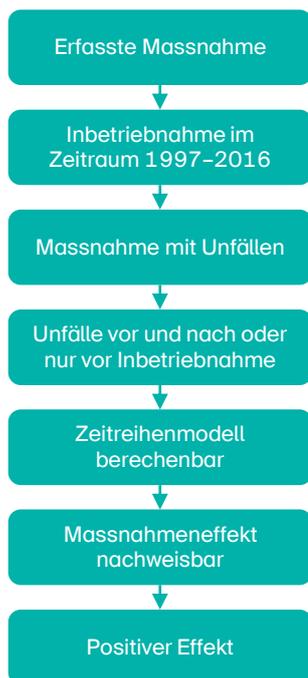


Abbildung 5: Selektionsprozess der in die Auswertung eingehenden Massnahmen

3. Abgrenzung zur Auswertung 2018

Die im Jahre 2018 publizierten ersten Auswertungen der MEVASI-Datenbank [1] unterscheiden sich deutlich von den hier vorgestellten Auswertungen. Die Datenbasis der erfassten Massnahmen ist von 1627 auf 2450 angestiegen (+51%). Gleichzeitig stieg die Anzahl der erfassten Massnahmenarten von 23 auf 28. Weiter stehen heute auch mehr erfasste Unfalljahre zur Verfügung: Für die Auswertung 2018 konnten Unfalldaten bis zum Jahr 2015 genutzt werden. Für die aktuellen Auswertungen sind Daten bis einschliesslich 2019 vorhanden. Der wichtigste Unterschied besteht aber in der angewendeten Auswertungsmethode: 2018 wurden die Unfälle drei Jahre vor und drei Jahre nach Inbetriebnahme der Massnahme verglichen. Dazu wurden Unfallkostenraten berechnet und anhand dieser die Effektivität und die Effizienz der jeweiligen Massnahmenart beurteilt. Als effektiv bzw.

bedingt wirksam wurde eine Massnahme eingestuft, wenn die Unfallkostenraten nach Inbetriebnahme reduziert werden konnten. Waren die eingesparten Unfallkosten höher als die Investitionskosten bzw. Betriebskosten der Massnahme, galt sie als effizient. Wegen der geringen Anzahl der in einigen Kategorien erfassten Massnahmen konnten lediglich sechs Massnahmen beurteilt werden (Änderung des Tempolimits, Tempo-30-Zonen, Begegnungszonen, Kreisverkehrsplätze, Velostreifen und Leitpfeile in Kurven). Durch die Art der Bewertung konnte keine durchschnittliche Wirksamkeit einer Massnahme ermittelt werden, sondern nur die Anteile der jeweils effizienten, effektiven und nicht wirksamen Massnahmen. Die Ergebnisse zeigten für Leitpfeile in Kurven und Velostreifen mit annähernd drei Vierteln den höchsten Anteil optimaler oder zumindest bedingt wirksamer Massnahmen. Die anderen beurteilten Massnahmen lagen ungefähr zur Hälfte in diesem Bereich.

4. Auswertungsmodul STAAD

Für die Wirksamkeitsabschätzung wird das im bereits erwähnten Umsetzungsprojekt [4] entwickelte Modul STAAD genutzt [6]. STAAD beinhaltet zwei Prozeduren zur Wirksamkeitsabschätzung: «effectiveness» und «effectiveness multiple». Die erste Prozedur schätzt ein Wirksamkeitsmodell für eine einzelne umgesetzte Massnahme. Die zweite Prozedur erlaubt es, mehrere Massnahmen des gleichen Typs gruppiert auszuwerten.

Für die Wirksamkeitsberechnung werden Zeitreihenmodelle auf Grundlage von Regressionsanalysen verwendet. Anhand der Regressionen werden die mittleren Unfallhäufigkeiten geschätzt. Dies über eine Gleichung, die neben einer Konstanten einen Parameter für die Zeit in Unfalljahren und einen Parameter für den Effekt des Zeitpunkts der Massnahmenrealisierung beinhalten kann. In einigen Modellen wird zusätzlich ein Parameter für den Interaktionseffekt zwischen Zeit und Massnahmenrealisierung oder ein zweiter Parameter der Zeit für eine Trendänderung berechnet. Bei Bedarf kann

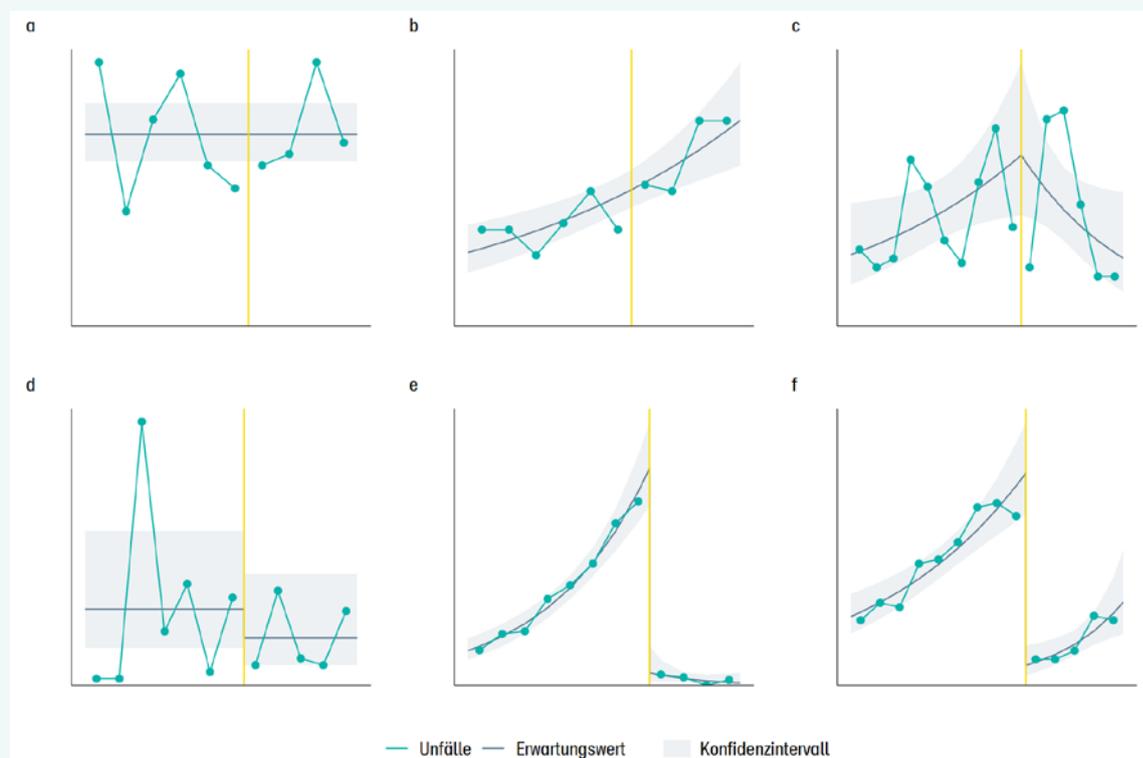


Abbildung 6: Szenarien der Wirksamkeitsabschätzung (Beispiel aus dem R-Modul STAAD)

zusätzlich die Exposition (DTV) im Modell berücksichtigt werden. Folgende Bedingungen gelten:

- Um saisonale Effekte auszugleichen bzw. vielmehr diese nicht mit deutlich aufwendigeren statistischen Modellen berücksichtigen zu müssen, werden immer Unfalldaten vollständiger Jahre berücksichtigt. Der Beginn eines betrachteten Unfalljahrs ist beliebig und muss nicht beim 1. Januar liegen.
- Die Auswertung wird über eine Poisson- oder eine Negativ-Binomial-Regression berechnet. Entscheidend für das genutzte Modell ist das Ergebnis eines Tests auf Überdispersion («overdispersion»), die auftritt, wenn der Kennwert für die Streuung der Unfallzahlen über die Jahre grösser ist als der Mittelwert der Unfallzahlen.
- Für jedes Modell zur Wirksamkeitsanalyse werden sechs mögliche Szenarien berechnet, die mit vereinfachenden Annahmen das gesamte Spektrum möglicher Veränderungen in den Unfallzahlen repräsentieren (siehe unten).
- Anhand der statistischen Modellgüte der sechs Modelle, berechnet über das «Akaike Information Criterion AIC», wird dasjenige Modell gewählt, das die vorliegende Zeitreihe des Unfallgeschehens vor und nach Durchführung der Infrastrukturmassnahme am besten repräsentiert.
- Je länger eine Zeitreihe ist, desto verlässlichere Modelle können geschätzt werden.
- Grundsätzlich kann mit dem Verfahren auch die Exposition in Form des jährlich durchschnittlichen Tagesverkehrs (DTV) berücksichtigt werden. In MEVASI ist die Zuordnung eines DTV-Wertes für jede umgesetzte Massnahme

möglich. Es kann aber immer nur ein einzelner Wert hinterlegt werden. Der DTV wäre somit pro Standort eine Konstante über alle betrachteten Unfalljahre und würde keinen Nutzen für die Modelle in der Wirksamkeitsanalyse haben. Veränderungen in der Gesamtverkehrsmenge können somit aktuell nicht berücksichtigt werden.

Problematisch beim Vorher-/Nachher-Vergleichen ist das bekannte statistische Phänomen der «Regression zur Mitte»: Eine zufallsbedingte Zunahme der Unfallzahlen in einer zeitlichen Entwicklung kann die Forderung einer Sicherheitsmassnahme auslösen. Wenn die Unfallzahlen im weiteren zeitlichen Verlauf wieder sinken und die Massnahme realisiert wurde, kann die Zufallsschwankung fälschlicherweise als Massnahmeneffekt interpretiert werden. Für eine Beurteilung des «Regression zur Mitte»-Effekts bleibt allein die optische Beurteilung des zeitlichen Verlaufs des Unfallgeschehens. Auch hier gilt: je länger der Zeitraum vorhandener Unfalldaten vor und nach der Massnahme, umso besser kann dieser Effekt ausgeschlossen werden.

Abbildung 6 zeigt die verschiedenen Szenarien, die durch die Auswertung mittels STAAD abgedeckt werden:

- Kein Effekt: Es kann weder ein Massnahmeneffekt noch ein Trend festgestellt werden. Die Unfallzahlen streuen über die gesamte Zeitreihe um den Erwartungswert.
- Trend: Es kann kein Massnahmeneffekt festgestellt werden. Die Zeitreihe zeigt jedoch einen abnehmenden oder zunehmenden Trend.

Tabelle 3: Effekte und Trendfeststellung in den sechs Auswertungsszenarien

Modell	Trend	Trendeffekt	Massnahmeneffekt	Wirksamkeitsabschätzung
a	Nein	Nein	Nein	Nein
b	Ja	Nein	Nein	Nein
c	Ja	Ja	(Nein)	(Nein)
d	Nein	Nein	Ja	Ja
e	Ja	Ja	Ja	Ja
f	Ja	Nein	Ja	Ja

- c Trendeffekt: In der Zeitreihe kann eine Trendänderung zum Zeitpunkt der Inbetriebnahme der Massnahme festgestellt werden.
- d Massnahmeneffekt: Es wird ein Massnahmeneffekt ausgewiesen. Die mittleren Unfallzahlen ändern sich nach Inbetriebnahme der Massnahme. Dagegen wird kein Trend in der Zeitreihe sichtbar. Der im Beispiel gezeigte Effekt ist eher schwach.
- e Massnahmeneffekt und Trendeffekt: Massnahmeneffekt feststellbar. Es kann sowohl ein Trendeffekt als auch ein Massnahmeneffekt festgestellt werden. Dieses Szenario ist problematisch, wenn bei einem vorher abnehmenden Trend zwar ein Nettoeffekt der Massnahme (Unfallabnahme) festgestellt werden kann, durch eine Trendänderung aber mit einem zunehmenden Unfallgeschehen gerechnet werden muss, das nach einer bestimmten Zeitspanne den positiven Massnahmeneffekt neutralisieren könnte.
- f Massnahmeneffekt und Trend: Ein Massnahmeneffekt und ein Trend sind feststellbar.

Bei den Modellen a und b ist die Interpretation eindeutig: Es kann kein Effekt der Massnahme nachgewiesen werden. Bei Modell c kann eine Trendänderung zeitgleich mit der Inbetriebnahme der Massnahme festgestellt werden, jedoch ohne Veränderung des mittleren Unfallniveaus. Da die Trendänderung auch durch andere Faktoren verursacht werden kann, wird kein Massnahmeneffekt ausgewiesen. Bei Modell d ist hingegen kein Trend feststellbar, jedoch eine Änderung des Unfallniveaus nach Inbetriebnahme der Massnahme. Das heisst, hier liegt ein Massnahmeneffekt vor. Die Modelle e und f berücksichtigen wiederum einen generellen Trend in den Zeitreihen. Gleichzeitig wird ein Massnahmeneffekt (generelle Änderung des Unfallniveaus) festgestellt. Im Modell e verändert sich der Trend, während er im Modell f konstant weiter besteht. Tabelle 3 fasst die berücksichtigten Effekte noch einmal zusammen.

Für alle Modelle muss beachtet werden, dass in Abbildung 6, S. 21, ausschliesslich unfallreduzierende Massnahmeneffekte dargestellt sind. Massnahmen können aber auch einen (unerwünschten) unfallerhöhenden Effekt haben.

Für die Auswertung einer Massnahmengruppe werden die den Einzelmassnahmen zugeordneten Unfälle aufaddiert. Dazu werden die Umsetzungsdaten der zugehörigen Einzelmassnahmen anhand eines fiktiven Datums zeitlich zentriert und die Unfallhäufigkeiten in Jahresabschnitten vor und nach der Massnahmenumsetzung zugeordnet.

Dieses Vorgehen hat sowohl Auswirkungen auf die Anzahl der auswertbaren Massnahmen als auch auf den möglichen Betrachtungszeitraum in Unfalljahren. Abbildung 7 zeigt zwei Massnahmen mit unterschiedlichen Umsetzungsjahren. Massnahme A wurde 1997 umgesetzt, Massnahme B 2012. Für Massnahme A liessen sich wegen der aktuell verfügbaren Unfalldaten theoretisch vier Jahre vor und 22 Jahre nach der Umsetzung auswerten, für Massnahme B 19 Jahre vor und sieben danach. Werden beide Massnahmen als Gruppe ausgewertet und die Umsetzungsdaten zentriert, verbleiben durch die Einschränkungen der Einzelmassnahmen vier Jahre vor und sieben Jahre nach Umsetzung (Abbildung 8, S. 23).

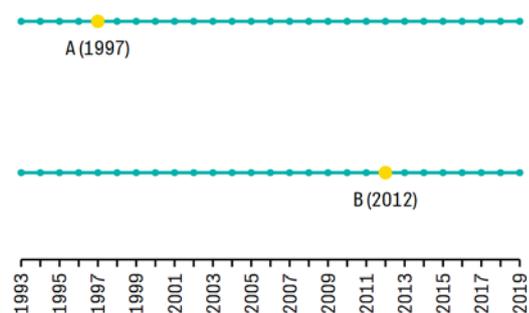


Abbildung 7: Auswertbare Unfalljahre für Massnahme A und B

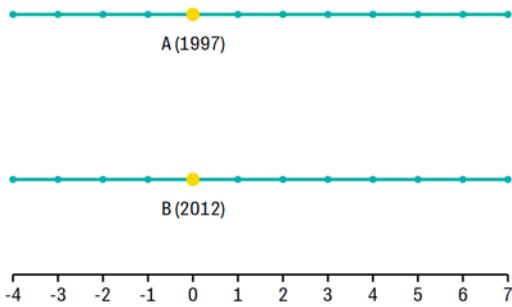


Abbildung 8: Verbleibende Unfalljahre für die Gruppenauswertung (A und B)

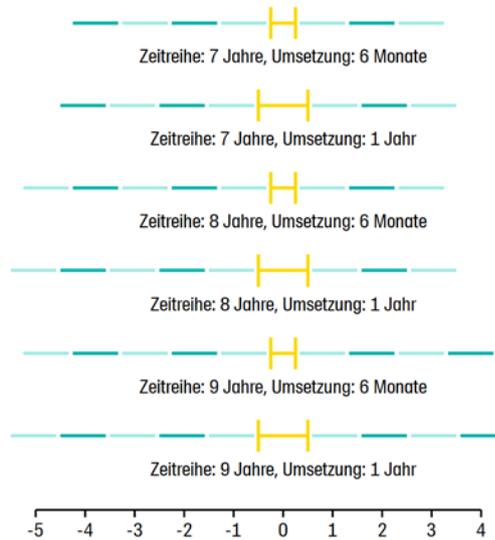


Abbildung 9: Auswertbare Unfalljahre für verschieden lange Zeitreihen und Umsetzungszeiträume

Werden zu lange Betrachtungszeiträume für die Unfalljahre gewählt, sinkt die Anzahl auswertbarer Massnahmen erheblich. Zudem können bei langen Zeitreihen andere Einflussfaktoren wie z. B. Änderungen in der Verkehrsmenge oder -zusammensetzung sowie frühere bauliche Massnahmen einen konfundierenden Einfluss auf das Unfallgeschehen haben, der nicht kontrolliert werden kann. Zu kurze Zeitreihen verhindern dagegen, dass verlässliche Zeitreihenmodelle berechnet werden können.

Auch die Dauer der eigentlichen Massnahmenumsetzung hat einen Einfluss auf die verfügbaren Unfalljahre. In den folgenden Auswertungen werden verschiedene Varianten für die Zeitreihenlänge berechnet. Durch die verfügbaren Unfalljahre der Einzelmassnahmen variiert damit auch die Anzahl der auswertbaren Massnahmen in der Gruppenauswertung. Ausserdem werden Varianten über die Dauer der Massnahmenumsetzung berechnet. In den MEVASI-Daten ist die genaue Dauer der Massnahmenumsetzung unbekannt. Es wird lediglich das Datum der Inbetriebnahme erfasst. In den Auswertungen werden als Umsetzungszeiträume drei Monate vor und drei Monate nach Inbetriebnahme sowie sechs Monate vor und sechs Monate nach Inbetriebnahme variiert. Damit soll zum einen eine Eingewöhnungsphase der

Verkehrsteilnehmenden und zum anderen der Zeitraum zur Erstellung aufwendigerer Infrastrukturmassnahmen berücksichtigt werden. Da das Datum der Inbetriebnahme an einem beliebigen Tag eines Kalenderjahres liegen kann, werden auch die betrachteten Unfalljahre von diesem Datum aus berechnet. Je nach betrachtetem Umsetzungszeitraum variiert damit wiederum die Anzahl der verfügbaren Unfalljahre vor und nach der Massnahme (Abbildung 9).

5. Unfallgeschehen

Für die Zuordnung der Unfälle in der Wirksamkeitsabschätzung werden Unfälle berücksichtigt, die sich zwischen dem 1. Januar 1993 und dem 31. Dezember 2019 ereigneten.

In den Auswertungen zur Wirksamkeitsabschätzung werden den Unfällen drei verschiedene Schweregrade zugeordnet: «Alle Unfälle» umfasst alle registrierten Unfälle, also von Unfällen mit Sachschaden bis zu schweren Unfällen. «Unfall mit Personenschaden» umfasst alle Unfälle, in denen eine Person verletzt oder getötet wurde. Die Kategorie «schwerer Unfall» umfasst nur Unfälle, in denen zumindest eine Person schwer verletzt oder getötet wurde.

VIII. Ergebnisse

1. Ergebnisse im Überblick

Mit Stand 23. November 2020 waren insgesamt 2450 Massnahmen in MEVASI erfasst, die 26 Massnahmentypen umfassen. Für die erst vor kurzer Zeit hinzugefügten Massnahmentypen «Einrichtung eines Velowegs» und «Eingefärbter Velostreifen» waren zum Stichtag noch keine Massnahmen erfasst.



Abbildung 10: Regionale Verteilung der in MEVASI erfassten Massnahmen

Abbildung 10 zeigt die regionale Verteilung aller in MEVASI erfassten Massnahmen, Abbildung 11, S. 25, die Anzahl der Massnahmen nach dem Jahr ihrer Inbetriebnahme. Die meisten Massnahmen wurden im Kanton Bern erfasst (450), gefolgt vom Kanton Luzern (416) und dem Kanton Aargau (358). Zwischen 100 und 200 Massnahmenstandorte liegen in den Kantonen Graubünden, Zürich, Waadt, Genf und Thurgau. Dazu muss angemerkt werden, dass die MEVASI-Erfassung keine Vollerhebung oder definierte Zufallsstichprobe aller in der Schweiz umgesetzten Infrastrukturmassnahmen ist. Weder die zeitliche noch die regionale Verteilung ist ein Abbild der realen Verteilung der in der Schweiz realisierten Massnahmen. Die Erfassung von Massnahmen durch Sicherheits-

fachleute und Behörden ist freiwillig und von den zur Verfügung stehenden zeitlichen Ressourcen und auch der Motivation zur Erfassung von Massnahmen abhängig.

Mit insgesamt 755 erfassten Massnahmen ist der Massnahmentyp «Tempo-30-Zonen» am häufigsten vertreten (Tabelle 4, S. 25). Die fünf Massnahmentypen mit den meisten Einträgen – Tempo-30-Zonen, Begegnungszonen, Kreisverkehrsplätze, Änderung des Tempolimits und Leitpfeile in Kurven – beinhalten bereits annähernd 80 % aller erfassten Einzelmassnahmen. Massnahmen, die vor 1997 oder nach 2016 umgesetzt wurden, werden für die Wirksamkeitsanalyse von vornherein ausgeschlossen, da sie die Mindestanforderung für das Zeitreihenmodell von vier Unfalljahren vorher und drei nachher nicht erfüllen.

Insgesamt bleiben von den 2450 Einzelmassnahmen 1945 potenziell auswertbare übrig (79 %). Insbesondere Massnahmen des Massnahmentyps «Leitpfeile in Kurven» sind von diesem Ausschluss betroffen: Von ursprünglich 224 erfassten Einträgen verbleiben 57 für eine Auswertung (25 %). Ein grosser Teil (156) wurde bereits vor 1995 umgesetzt. Weiterhin müssen Massnahmen von der Wirksamkeitsabschätzung ausgeschlossen werden, wenn der Einzelmassnahme keine Unfälle zugeordnet werden können. Dies betrifft insgesamt 191 Massnahmen. Als potenziell auswertbar verbleiben damit 1754 Einzelmassnahmen. Der Massnahmentyp «Änderung Tempolimit» umfasst sowohl Massnahmen mit einer Reduktion (236 Massnahmen) als auch mit einer Erhöhung der signalisierten/geltenden Höchstgeschwindigkeit (zehn Massnahmen). Aufgrund der vermutlich resultierenden gegensätzlichen Effekte werden die erfassten Massnahmen dieses Typs getrennt betrachtet.

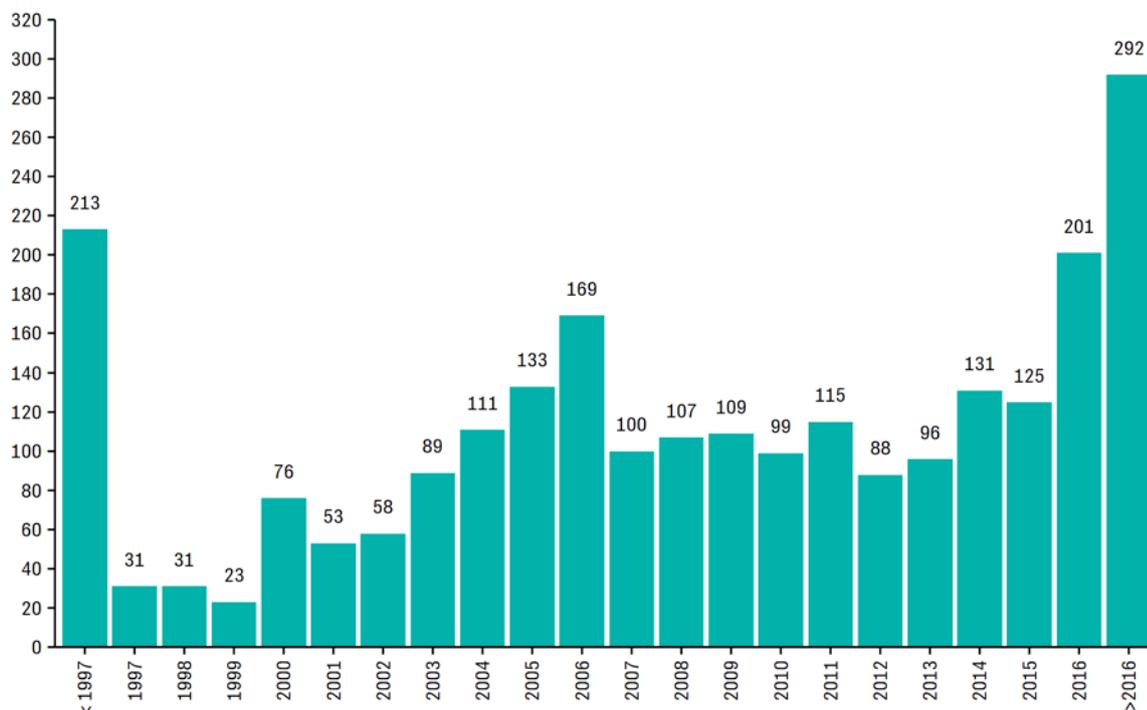


Abbildung 11: Anzahl der in MEVASI erfassten Massnahmen nach Umsetzungsjahr

Tabelle 4: Anzahl Massnahmen nach Verfügbarkeit zur Wirksamkeitsabschätzung

	Massnahme		Total	
	ausserhalb 1997–2016	im Zeitraum 1997–2016		
		Massnahme ohne Unfallzuordnung	Massnahme mit Unfallzuordnung	
Tempo-30-Zone	101	55	599	755
Begegnungszone	16	69	323	408
Kreisverkehrsplatz	25	3	260	288
Änderung Tempolimit (Reduktion) ¹	58	11	167	236
Leitpfeile in Kurven	167	1	56	224
Änderung Vortrittsregelung	7	18	64	89
Demarkierung Fussgängerstreifen	26	14	43	83
Mehrzweckstreifen	29	0	47	76
Mittelinsel	21	3	35	59
Markierung Fussgängerstreifen	10	3	33	46
Velostreifen	6	0	24	30
Demarkierung Mittellinie	4	2	13	19
FGSO punktuell (Knoten)	1	4	12	17
Velo-/Fussweg	3	1	12	16
Verbesserung Sichtzone	7	2	6	15
FGSO linienhaft (freie Strecke)	1	3	8	12
Velostrasse	0	0	12	12
Rechtsabbiegen bei Rot für Velos	0	0	10	10
Leitschranken/-planken	2	0	8	10
Änderung Tempolimit (Erhöhung) ¹	7	1	2	10
Beleuchtung punktuell	2	0	5	7
Trottoir	4	0	2	6
Fussgängerlängsstreifen	1	0	5	6
Leitpfosten	2	0	4	6
Pfosten	1	1	3	5
Trottoir-Überfahrt	4	0	0	4
Beleuchtung linienhaft	0	0	1	1
Total	505	191	1 754	2 450

¹ Änderungen des Tempolimits werden getrennt nach Erhöhung und Reduktion betrachtet

Tabelle 5: Varianten und Unfallschweren für die Wirksamkeitsabschätzung der Massnahmengruppen

Unfallzeitraum	Zeitreihe
5 Unfalljahre vor, 4 Jahre nach Massnahmenumsetzung	9 Jahre
5 Unfalljahre vor, 3 Jahre nach Massnahmenumsetzung	8 Jahre
4 Unfalljahre vor, 3 Jahre nach Massnahmenumsetzung	7 Jahre
Dauer der Massnahmenumsetzung	Umsetzungszeitraum
6 Monate vor und 6 Monate nach Inbetriebnahme	1 Jahr
3 Monate vor und 3 Monate nach Inbetriebnahme	6 Monate
Unfallschwere	
Alle Unfälle	
Unfälle mit Personenschaden	
Schwere Unfälle	

2. Resultate der Wirksamkeitsabschätzung

Für die Wirksamkeitsabschätzung der Massnahmen wurden auf Grundlage einer gleichbleibenden Methodik verschiedene Varianten berechnet. Für die Variantenbildung wurden drei unterschiedliche Anzahlen an Unfalljahren vor und nach Umsetzung der Massnahme und zwei verschiedene Zeiträume für die Massnahmenumsetzung berücksichtigt. Für den Zeitraum der Massnahmenumsetzung werden damit entweder ein halbes oder ein ganzes Kalenderjahr eingeräumt. Für alle Massnahmengruppen wurden die $3 \times 2 = 6$ Varianten für drei Unfallschweren berechnet (Tabelle 5). Die folgenden Darstellungen beziehen sich auf das Gesamtbild der Auswertungen. Alle Tabellen und Abbildungen sind für die Ergebnisse der einzelnen Massnahmengruppen im Anhang zu finden.

Für die Berechnung von zuverlässigen Zeitreihen ist die Anzahl der Unfälle zentral. Tabelle 6, S. 27, zeigt die mittleren absoluten Unfallhäufigkeiten pro Jahr über alle Massnahmen für verschiedenen Szenarien: Massnahmen, die sowohl vor und nach der Massnahmenumsetzung ein Unfallgeschehen aufweisen und Massnahmen, denen keine Unfälle mehr nach der Umsetzung zugeordnet werden können. Zusätzlich sind auch Massnahmen aufgeführt, die nur nach der Realisierung ein Unfallgeschehen grösser Null haben und dadurch aus der Zeitreihenberechnung herausfallen. Zu beachten ist, dass je nach Betrachtungszeitraum für Unfälle und Massnahmenumsetzung die Anzahl der einbezogenen Massnahmen ebenfalls variiert.

Bei Massnahmen, bei denen vor der Umsetzung Unfälle registriert wurden, variieren die mittleren Unfallhäufigkeiten zwischen 7,1 und 5,7 Unfällen (alle Unfallschweren); im Zeitraum nach der Massnahmenumsetzung zwischen 4,3 und 3,1. Mit zunehmender Unfallschwere sinkt die mittlere Unfallzahl und liegt bei schweren Unfällen bei etwa zwei Unfällen vor und einem Unfall nach der Umsetzung. Massnahmen, bei denen Unfälle ausschliesslich nach ihrer Umsetzung registriert wurden, liegt das Niveau tiefer. Insgesamt zeigen die mittleren Unfallhäufigkeiten, dass auswertbaren Unfallhäufigkeiten gering sind, was den Nachweis der statistischen Verlässlichkeit der Wirksamkeitsabschätzung erschwert.

Aufgrund der Kombinatorik wäre die Berechnung von 486 Gruppenauswertungen möglich (27 Massnahmentypen \times 2 Umsetzungszeiträume \times 3 Unfallzeiträume \times 3 Unfallschweren). Insgesamt konnten 254 Modelle berechnet werden (52 %, Tabelle 7, S. 28). Für die Massnahmen «FGSO punktuell (Knoten)», «Änderung Tempolimit (Erhöhung)», «Pfosten», «Fussgängerlängsstreifen» und «Trottoirüberfahrt» war – obwohl Daten zur Verfügung standen – aufgrund der Datenlage für keine Auswertungsvariante eine Wirksamkeit schätzbar. Bei den insgesamt 254 geschätzten Wirksamkeiten konnte in 135 Fällen kein Effekt der Massnahme ermittelt werden (53%). Von diesen 135 Schätzungen ohne Massnahmeneffekt wiesen 97 Massnahmen ein konstantes Unfallgeschehen über die Zeit aus, 28 einen Trend und zehn einen Trendeffekt zum Zeitpunkt der Massnahmenumsetzung.

Tabelle 6: Mittlere Unfallzahlen für Massnahmen nach Klassifikation der Massnahme und verschiedene Betrachtungszeiträume

	Alle Unfälle		Unfälle mit Personenschaden		Schwere Unfälle	
	Vorher	Nachher	Vorher	Nachher	Vorher	Nachher
Zeitreihe: 9 Jahre, Umsetzung: 1 Jahr						
Unfälle nur vor oder vor und nach Umsetzung	7,1	4,3	4,0	2,1	1,8	0,6
Unfälle nur nach Umsetzung		3,2		1,9		1,4
Total	5,9	4,1	3,2	2,1	1,4	0,8
Umsetzung: 6 Monate						
Unfälle nur vor oder vor und nach Umsetzung	6,9	4,3	3,8	2,1	1,8	0,6
Unfälle nur nach Umsetzung		2,8		1,8		1,4
Total	5,7	4,0	3,1	2,0	1,4	0,8
Zeitreihe: 8 Jahre, Umsetzung: 1 Jahr						
Unfälle nur vor oder vor und nach Umsetzung	6,9	3,1	3,9	1,5	1,8	0,4
Unfälle nur nach Umsetzung		2,8		1,8		1,3
Total	6,0	3,1	3,3	1,5	1,4	0,6
Umsetzung: 6 Monate						
Unfälle nur vor oder vor und nach Umsetzung	6,8	3,2	3,8	1,5	1,8	0,4
Unfälle nur nach Umsetzung		2,5		1,7		1,3
Total	5,9	3,1	3,3	1,6	1,4	0,6
Zeitreihe: 7 Jahre, Umsetzung: 1 Jahr						
Unfälle nur vor oder vor und nach Umsetzung	5,8	3,3	3,3	1,6	1,6	0,4
Unfälle nur nach Umsetzung		2,7		1,8		1,3
Total	4,9	3,2	2,7	1,6	1,2	0,6
Umsetzung: 6 Monate						
Unfälle nur vor oder vor und nach Umsetzung	5,7	3,3	3,3	1,6	1,6	0,4
Unfälle nur nach Umsetzung		2,4		1,6		1,3
Total	4,9	3,2	2,7	1,6	1,2	0,6

Tabelle 7: Ergebnisse der Variantenberechnungen

Massnahme	Keine Auswertung möglich	Kein Effekt	Massnahmeneffekt
Mittellinsel	6	12	-
FGSO punktuell (Knoten)	18	-	-
Demarkierung Mittellinie	4	-	14
Kreisverkehrsplatz	-	-	18
Velostreifen	1	4	13
Begegnungszone	-	4	14
Tempo-30-Zone	-	-	18
Leitpfeile in Kurven	-	5	13
Markierung Fussgängerstreifen	7	10	1
Verbesserung Sichtzone	7	11	-
Änderung Tempolimit (Reduktion)	-	1	17
Änderung Tempolimit (Erhöhung)	18	-	-
Änderung Vortrittsregelung	6	12	-
Beleuchtung punktuell	17	1	-
Leitschranken/-planken	8	9	1
Pfosten	18	-	-
Leitpfosten	17	1	-
Velo-/Fussweg	2	16	-
Velostrasse	16	2	-
Rechtsabbiegen bei Rot für Velos	6	11	1
Fussgängerlängsstreifen	18	-	-
Trottoir	11	4	3
Trottoir-Überfahrt	18	-	-
FGSO linienhaft (freie Strecke)	8	10	-
Beleuchtung linienhaft	17	1	-
Demarkierung Fussgängerstreifen	9	6	3
Mehrzweckstreifen	-	15	3
Total	232	135	119

3. Ergebnisdarstellung am Beispiel Kreisverkehr

Von den insgesamt sechs möglichen Varianten wird im Folgenden die mit neun Jahren Dauer längste Zeitreihe mit einem Massnahmenumsetzungszeitraum von einem Jahr als Hauptvariante gewählt. Durch die lange Zeitreihe können Trends zuverlässiger erkannt und visuell besser beurteilt werden. Die Länge dieser Zeitreihe hat jedoch den Nachteil, dass weniger Einzelmassnahmen die Anforderungen für die Gruppenauswertung erfüllen.

In der Hauptvariante wird als Umsetzungszeitraum sechs Monate vor und sechs Monate nach der Inbetriebnahme der Massnahme angenommen. Damit sind zumindest sechs Monate zur Einrichtung bzw. Bauzeit der Massnahme vorgesehen. Nach Inbetriebnahme wird dann wiederum ein Zeitraum von einem halben Jahr für die Eingewöhnung der Verkehrsteilnehmenden auf die geänderte Verkehrssituation berücksichtigt. Als weitere Variante wird ein Umsetzungszeitraum von einem halben Jahr (drei Monate vor und drei Monate nach Inbetriebnahme) berechnet. Alle Ergebnisse werden für die drei verschiedenen Unfallschweren abgebildet.

Um alle Ergebnisse berücksichtigen zu können, werden die Ergebnisse der anderen möglichen fünf Varianten pro Unfallschwere als Wertebereich der Wirksamkeit angegeben. In den Wertebereich werden nur Varianten aufgenommen, deren einseitiger

Signifikanztest für den Massnahmeneffekt unter dem 5%-Niveau liegt. Beim Modelltyp «Massnahmeneffekt und Trendeffekt» kann kein Signifikanztest durchgeführt werden. Die Ergebnisse werden anhand der Überlappung der Konfidenzintervalle für die mittleren Unfallzahlen im Jahr vor und ein Jahr nach der Realisierung der Massnahme beurteilt. Es darf keine Überlappung der 97,5%-Konfidenzintervalle geben. Zu beachten ist, dass die strikte Interpretation der Signifikanzwerte wegen der automatischen Modellselektion nicht zulässig ist [3; S. 45]. Die Werte bieten aber einen Anhaltspunkt für die Zuverlässigkeit der Ergebnisse.

Sollten die Varianten widersprüchliche Ergebnisse aufweisen, wird dies sowohl in der Ergebnisdarstellung als auch in der Interpretation berücksichtigt.

Für den Massnahmentyp «Kreisverkehrsplatz» wurden in den Jahren 1997 bis 2016 insgesamt 263 Massnahmen erfasst. Drei von ihnen konnten keine Unfälle zugeordnet werden. Damit verbleiben 260 potenziell auswertbare Kreisverkehrsplätze. Durch die Wahl des Zeitraums der Massnahmenumsetzung verringert sich die Anzahl auswertbarer Massnahmen erneut. Für die Massnahmen «Kreisverkehrsplätze» verbleiben für die Hauptvariante – der Zeitreihe von neun Jahren bei einem Umsetzungszeitraum von einem Jahr – insgesamt 223 Massnahmen. Voraussetzung für die Gruppenauswertung ist, dass ein Wirksamkeitsmodell für

Tabelle 8: Anzahl auswertbarer Massnahmen in der Gruppenauswertung (Kreisverkehr)

Unfallsschwere	Zeitreihe	Umsetzung	Ergebnisszenario	Anzahl Massnahmen
Alle Unfälle	9 Jahre	1 Jahr	Massnahmeneffekt und Trend	196
Alle Unfälle	9 Jahre	6 Monate	Massnahmeneffekt und Trend	198
Alle Unfälle	8 Jahre	1 Jahr	Massnahmeneffekt und Trend	202
Alle Unfälle	8 Jahre	6 Monate	Massnahmeneffekt und Trend	207
Alle Unfälle	7 Jahre	1 Jahr	Massnahmeneffekt und Trend	203
Alle Unfälle	7 Jahre	6 Monate	Massnahmeneffekt und Trend	206
Unfälle mit Personenschaden	9 Jahre	1 Jahr	Massnahmeneffekt	176
Unfälle mit Personenschaden	9 Jahre	6 Monate	Massnahmeneffekt	175
Unfälle mit Personenschaden	8 Jahre	1 Jahr	Massnahmeneffekt	178
Unfälle mit Personenschaden	8 Jahre	6 Monate	Massnahmeneffekt	180
Unfälle mit Personenschaden	7 Jahre	1 Jahr	Massnahmeneffekt	175
Unfälle mit Personenschaden	7 Jahre	6 Monate	Massnahmeneffekt	181
Schwere Unfälle	9 Jahre	1 Jahr	Massnahmeneffekt	53
Schwere Unfälle	9 Jahre	6 Monate	Massnahmeneffekt	52
Schwere Unfälle	8 Jahre	1 Jahr	Massnahmeneffekt und Trendeffekt	49
Schwere Unfälle	8 Jahre	6 Monate	Massnahmeneffekt	50
Schwere Unfälle	7 Jahre	1 Jahr	Massnahmeneffekt	39
Schwere Unfälle	7 Jahre	6 Monate	Massnahmeneffekt	41

jeden einzelnen Standort der Massnahmen berechenbar ist. Für 27 der Massnahmen konnte kein statistisches Modell berechnet werden. In die Gruppenauswertung gehen damit 196 Massnahmen ein.

Tabelle 8 zeigt die Ergebnisse der Gruppenauswertungen für alle sechs Varianten nach Unfallsschwere. Mit steigender Unfallsschwere sinkt die Anzahl der Massnahmen, die für die Auswertung genutzt werden können. Auch mit steigender Zeitreihenlänge nimmt die Anzahl geringfügig ab. Vor allem wird vom Algorithmus je nach Unfallsschwere tendenziell das gleiche Szenario gewählt. Die einzige Ausnahme ist bei den schweren Unfällen das Modell der Variante mit einer Zeitreihenlänge von acht Jahren und einem Umsetzungszeitraum von einem Jahr (Abbildung 12, S. 30). Während alle anderen Modelle einen reinen Massnahmeneffekt bei zeitunabhängigen Unfallzahlen ausgaben, wird in diesem Modell gleichzeitig ein Trendeffekt geschätzt. Während vor der Massnahmenumsetzung ein abnehmender Trend zu sehen ist, nimmt dieser nach der Umsetzung zu. Dies würde bedeuten, dass der Effekt der Massnahme nach einigen Jah-

ren durch die Zunahme der Unfallzahlen aufgehoben wird.

Allerdings zeigt die längere Zeitreihe (Abbildung 12, S. 30), dass nach drei Jahren mit steigenden Unfallzahlen im vierten Jahr wieder eine Abnahme zu beobachten ist. In allen anderen Modellen werden bei den Unfallzahlen keine Trends erkannt, die schwarzen Linien verlaufen parallel zur x-Achse.

Abbildung 13, S. 30, zeigt die Grösse der einzelnen Effekte für die Variantenberechnungen nach Unfallsschwere. Die roten Pfeile markieren das jeweilige Modell mit 9-Jahres-Zeitreihe und einem Umsetzungszeitraum von einem Jahr. Die Ergebnisse der anderen Varianten streuen um das Hauptmodell.

In der folgenden Darstellung der Hauptergebnisse werden die Effekte der Hauptvariante numerisch ausgewiesen. Die Verteilung der Ergebnisse der anderen Modelle wird als eingefärbter Bereich angezeigt (Abbildung 14, S. 31). Kann das Hauptmodell nicht berechnet werden, wird nur der Bereich der anderen Modelle angegeben.

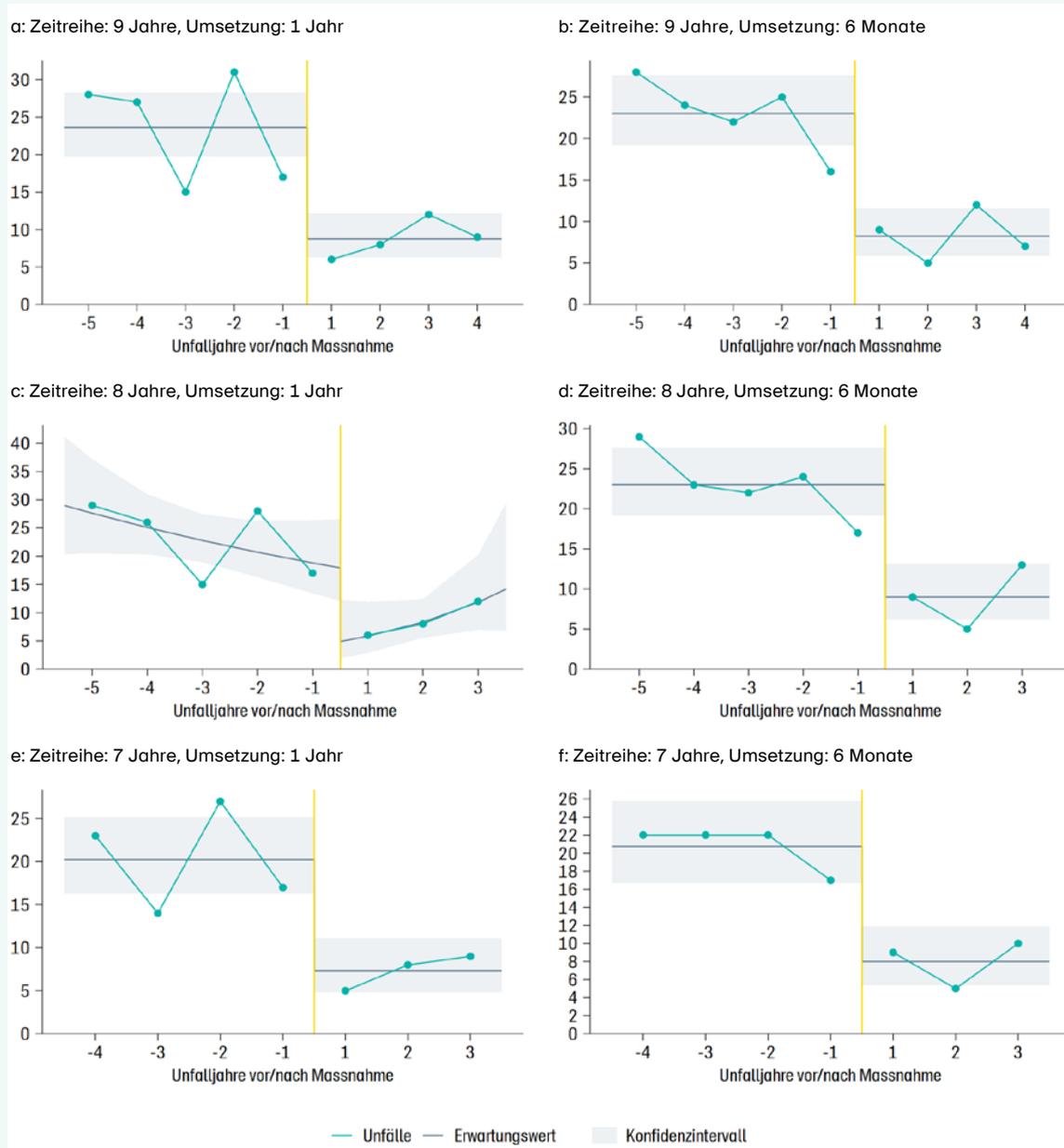


Abbildung 12: Ergebnisse der sechs Variantenberechnungen für schwere Unfälle bei Kreisverkehrsplätzen

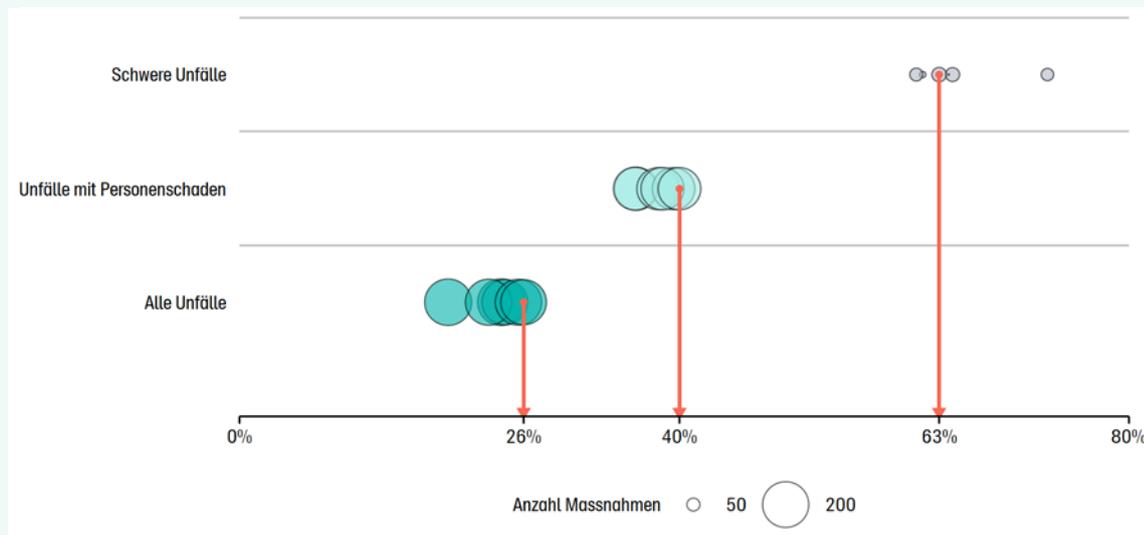


Abbildung 13: Ergebnisse der Gruppenauswertung Kreisverkehrsplatz nach Variante

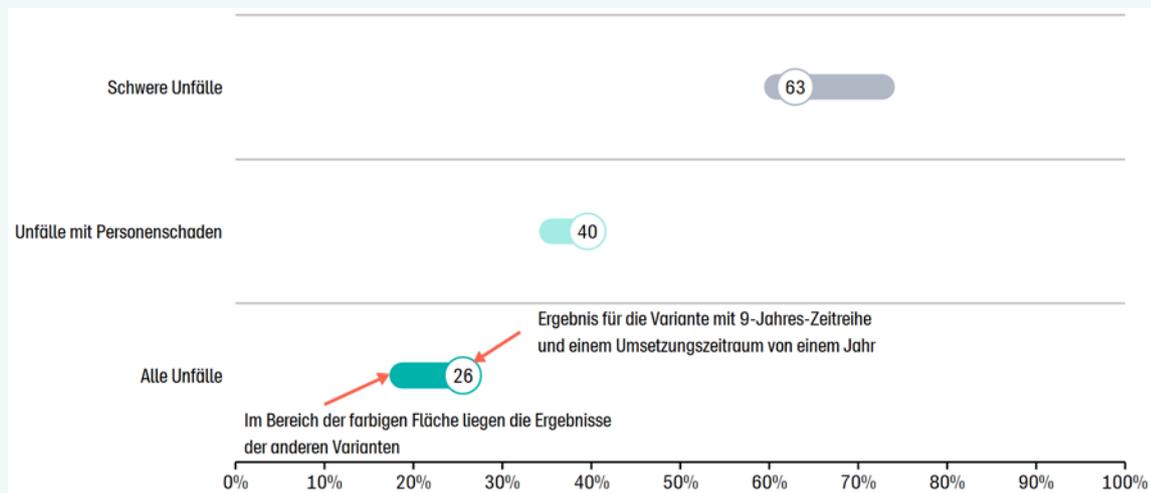


Abbildung 14: Ergebnisdarstellung für die Wirksamkeiten am Beispiel der Massnahme Kreisverkehrsplatz

4. Detaillierergebnisse für Massnahmentypen

Im folgenden Abschnitt werden die Ergebnisse für Massnahmengruppen, die in den Berechnungen verlässliche Ergebnisse zeigen, detailliert dargestellt. Die restlichen Massnahmen werden am Ende des Abschnitts behandelt.

4.1. Demarkierung Mittellinie

Von insgesamt 19 eingetragenen Strecken, auf denen die Mittellinie demarkiert wurde, stehen 13 für die Auswertung zur Verfügung.

Für alle Unfälle konnte eine Unfallreduktion von 66 % abgeschätzt werden, für Unfälle mit Personenschaden von 36 %. Für schwere Unfälle konnte kein Modell für die Hauptvariante mit der 9-Jahres-Zeitreihe und einem Umsetzungszeitraum von einem Jahr berechnet werden. Die Unfallreduktion für die zwei anderen berechenbaren Modellvarianten liegt zwischen 73 % und 75 % (Tabelle 9).

Abbildung 15 veranschaulicht die Ergebnisse grafisch: Die Angaben in den Kreisen zeigen die Unfallreduktion in der Hauptvariante, die grauen Balken umfassen den Bereich der Unfallreduktion über alle Varianten.

Tabelle 9: Wirksamkeitsabschätzung für den Massnahmentyp «Demarkierung Mittellinie»:
Unfallreduktion der Hauptvariante und Bereich für alle Modellvarianten

	Unfallreduktion Hauptvariante in Prozent	Bereich der Unfallreduktion in Prozent aller Varianten (Anzahl Modelle)
Alle Unfälle	66	43–66 (6)
Unfälle mit Personenschaden	36	36–46 (6)
Schwere Unfälle	-	73–75 (2)

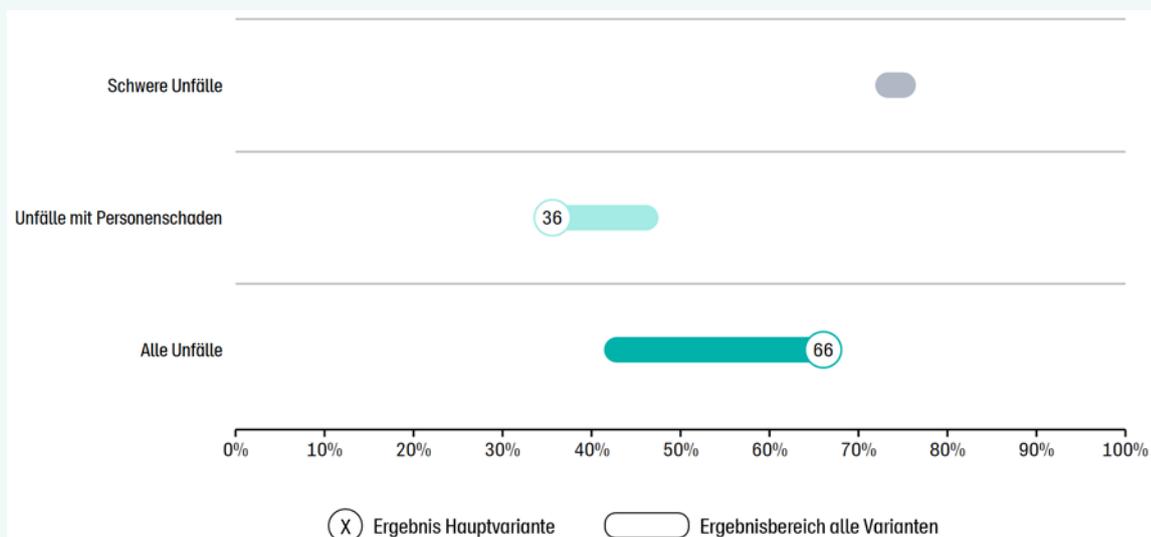


Abbildung 15: Wirksamkeitsabschätzung für den Massnahmentyp «Demarkierung der Mittellinie»:
Unfallreduktion der Hauptvariante und Bereich für alle Modellvarianten

**Tabelle 10: Wirksamkeitsabschätzung für den Massnahmentyp «Kreisverkehrsplatz»:
Unfallreduktion der Hauptvariante und Bereich für alle Modellvarianten**

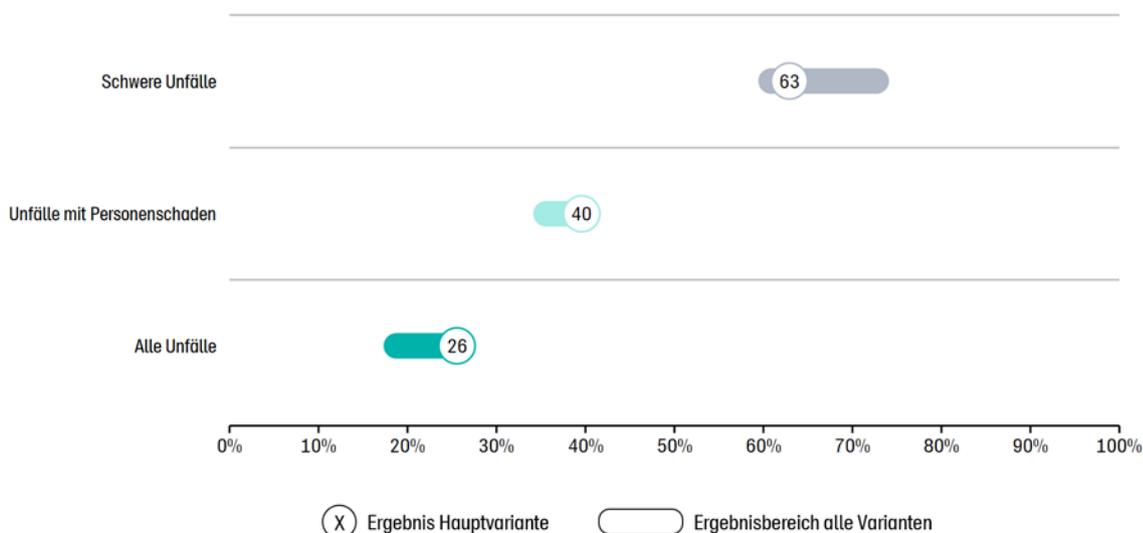
	Unfallreduktion Hauptvariante in Prozent	Bereich der Unfallreduktion in Prozent aller Varianten (Anzahl Modelle)
Total		
Alle Unfälle	26	19-26 (6)
Unfälle mit Personenschaden	40	36-40 (6)
Schwere Unfälle	63	61-73 (6)
Durchmesser kleiner als 26 m		
Alle Unfälle	-	-
Unfälle mit Personenschaden	-	-
Schwere Unfälle	61	61-78 (5)
Durchmesser 26 bis 40 m		
Alle Unfälle	26	19-26 (6)
Unfälle mit Personenschaden	39	36-41 (6)
Schwere Unfälle	65	61-79 (6)
Durchmesser grösser als 40 m		
Alle Unfälle	-	33-60 (2)
Unfälle mit Personenschaden	-	42-75 (4)
Schwere Unfälle	-	-

4.2. Kreisverkehrsplatz

Mit 260 erfassten Massnahmen im auswertbaren Zeitraum sind Kreisverkehrsplätze der in MEVASI am dritthäufigsten erfasste Massnahmentyp. Rund 85 % der 260 Kreisverkehrsplätze hatten einen Durchmesser von 26 bis 40 Metern, 11 % einen geringeren. Nur bei insgesamt sieben Standorten war der Durchmesser grösser als 40 Meter. 97 % der erfassten Kreisverkehrsplätze wurden mit nur einer Fahrspur realisiert.

Die Reduktion für alle Unfälle beträgt 26 %, für Unfälle mit Personenschaden 40 % und 63 % für schwere Unfälle (Tabelle 10, Abbildung 16). Die

Wirksamkeitsabschätzung über alle Kreisverkehrsplätze ist durch die hohe Anzahl der erfassten Kreisverkehrsplätze mit einem Durchmesser von 26 bis 40 Metern massgeblich bestimmt. Für die Kreisverkehrsplätze mit geringerem Durchmesser konnte lediglich für die schweren Unfälle ein ausreichend grosser Effekt gefunden werden. Bei den Kreisverkehrsplätzen mit grösserem Durchmesser konnte für die Hauptvariante mit 9-Jahres-Zeitreihe und einem Umsetzungszeitraum von einem Jahr kein Modell berechnet werden. Die Reduktion der Unfallzahlen bei verschiedenen Durchmessergrössen des Kreisverkehrsplatzes unterscheidet sich nur geringfügig (Tabelle 10).



**Abbildung 16: Wirksamkeitsabschätzung für den Massnahmentyp «Kreisverkehrsplatz»:
Unfallreduktion der Hauptvariante und Bereich für alle Modellvarianten**

4.3. Velostreifen

24 von 30 in MEVASI erfassten Velostreifen erfüllen die Anforderungen für eine Auswertung mit ausreichend grosser Aussagekraft. Für alle registrierten Unfälle betrug die Reduktion 34 %, für Unfälle mit Personenschaden 42 %. Für die Hauptvariante mit 9-Jahres-Zeitreihe und einem

Jahr Umsetzung konnte für schwere Unfälle kein verlässliches Modell berechnet werden.

Der unfallreduzierende Bereich der anderen Varianten liegt zwischen 75 % und 78 % (Tabelle 11, Abbildung 17).

**Tabelle 11: Wirksamkeitsabschätzung für den Massnahmentyp «Velostreifen»:
Unfallreduktion der Hauptvariante und Bereich für alle Modellvarianten**

	Unfallreduktion Hauptvariante in Prozent	Bereich der Unfallreduktion in Prozent aller Varianten (Anzahl Modelle)
Alle Unfälle	34	31-40 (5)
Unfälle mit Personenschaden	42	42-50 (5)
Schwere Unfälle	-	75-78 (2)

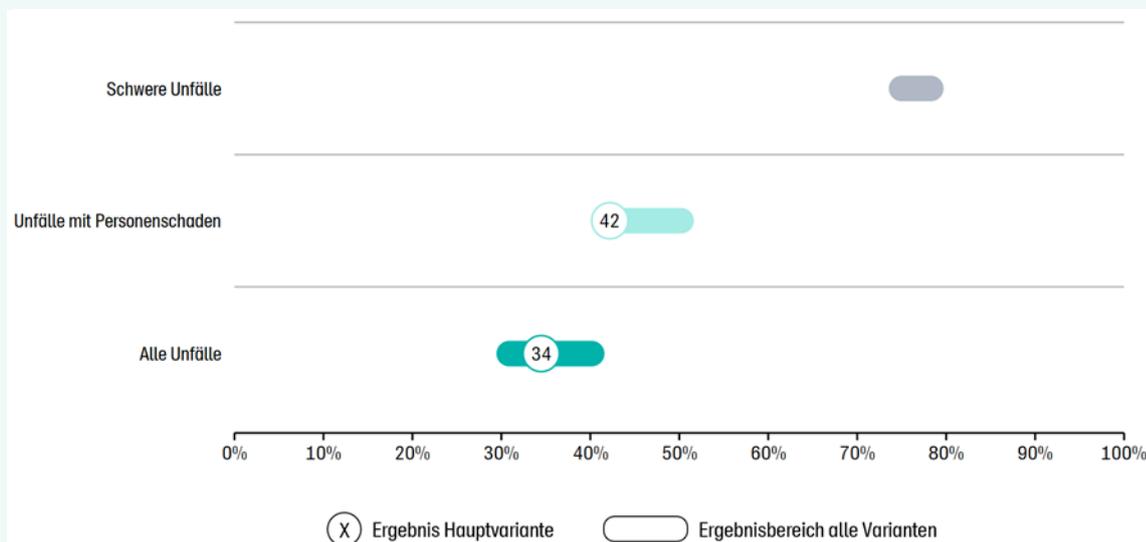


Abbildung 17: Wirksamkeitsabschätzung für den Massnahmentyp «Velostreifen»:
Unfallreduktion der Hauptvariante und Bereich für alle Modellvarianten

4.4. Begegnungszone

In MEVASI wurden insgesamt 323 potenziell auswertbare Begegnungszonen erfasst. Die Ergebnisse der Variantenberechnungen für Begegnungszonen sind weniger eindeutig als für andere Massnahmen. Bei den Berechnungen für die Unfallschwere «Alle Unfälle» ergab sich in den sechs Varianten neben einem Massnahmeneffekt auch ein Trendeffekt. Das heisst, dass zwar durch die

Massnahmenumsetzung ein unfallreduzierender Effekt festgestellt wurde, die Unfallzahlen in den Jahren danach aber wieder stiegen.

Die Unfallreduktion für alle Unfälle liegt beim Hauptmodell bei 31 % und für Unfälle mit Personenschaden bei 57 %. Für schwere Unfälle kann keine Wirksamkeitsabschätzung durchgeführt werden (Tabelle 12, Abbildung 18).

**Tabelle 12: Wirksamkeitsabschätzung für den Massnahmentyp «Begegnungszone»:
Unfallreduktion der Hauptvariante und Bereich für alle Modellvarianten**

	Unfallreduktion Hauptvariante in Prozent	Bereich der Unfallreduktion in Prozent aller Varianten (Anzahl Modelle)
Alle Unfälle	31	23-32 (6)
Unfälle mit Personenschaden	57	39-57 (6)
Schwere Unfälle	-	-

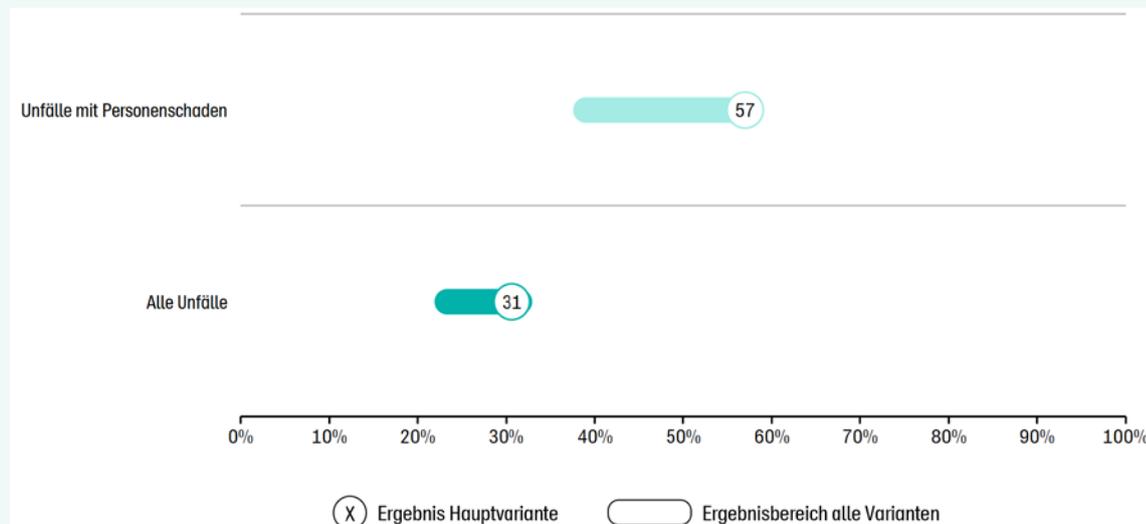


Abbildung 18: Wirksamkeitsabschätzung für den Massnahmentyp «Begegnungszone»:
Unfallreduktion der Hauptvariante und Bereich für alle Modellvarianten

Tabelle 13: Wirksamkeitsabschätzung für den Massnahmentyp «Tempo-30-Zone»: Unfallreduktion der Hauptvariante und Bereich für alle Modellvarianten

	Unfallreduktion Hauptvariante in Prozent	Bereich der Unfallreduktion in Prozent aller Varianten (Anzahl Modelle)
Total		
Alle Unfälle	17	10–17 (6)
Unfälle mit Personenschaden	27	22–29 (6)
Schwere Unfälle	38	32–47 (6)
Basisnetz		
Alle Unfälle	29	20–29 (6)
Unfälle mit Personenschaden	–	34–37 (5)
Schwere Unfälle	–	–
Erweiterungsnetz		
Alle Unfälle	13	7–16 (6)
Unfälle mit Personenschaden	24	19–28 (6)
Schwere Unfälle	65	28–65 (6)
Ohne bauliche Massnahmen		
Alle Unfälle	17	11–17 (6)
Unfälle mit Personenschaden	27	21–35 (6)
Schwere Unfälle	40	33–48 (6)
Mit baulichen Massnahmen		
Alle Unfälle	19	19 (1)
Unfälle mit Personenschaden	29	24–31 (3)
Schwere Unfälle	–	–
Geschwindigkeit vor Massnahme: 50 km/h		
Alle Unfälle	21	11–22 (6)
Unfälle mit Personenschaden	26	21–26 (6)
Schwere Unfälle	40	32–47 (6)
Geschwindigkeit vor Massnahme: < 50 km/h		
Alle Unfälle	–	–
Unfälle mit Personenschaden	–	33 (1)
Schwere Unfälle	–	–

4.5. Tempo-30-Zone

Mit insgesamt 755 Einträgen wurde die Massnahme «Tempo-30-Zone» am häufigsten in MEVASI erfasst. 101 Massnahmen wurden ausserhalb der auswertbaren Periode 1997 bis 2016 umgesetzt, bei weiteren 55 Massnahmen konnten keine Unfälle zugeordnet werden. Für eine Wirksamkeitsabschätzung bleiben insgesamt 599 Massnahmen.

Die Wirksamkeitsabschätzung wurden für das Total aller Tempo-30-Zonen-Einträge und einzelne Untergruppen durchgeführt. Die Selektion für die Untergruppen differenziert Tempo-30-Zonen auf dem Basisnetz und dem Erweiterungsnetz. Die Unterscheidung wird über die Informationen zum/-r Strasseneigentümer/-in getroffen: Bei rund 80 % der 599 Tempo-30-Zonen ist die Gemeinde als Eigentümerin eingetragen. Diese Einträge gehören zum Erweiterungsnetz. Einträge mit dem Kanton als Eigentümer definieren das Basisnetz. Weiter wird differenziert, ob die Massnahme allein durch Signale oder auch durch bauliche Massnahmen um-

gesetzt wurde. Rund 73 % der 599 Massnahmen wurden allein mit einer Signalisation realisiert, 20 % mit «wenigen» und 5 % mit «vielen baulichen Massnahmen». Die letzte Selektion betrifft die vor der Einführung der Tempo-30-Zone geltende Höchstgeschwindigkeit. Bei 96 % lag diese bei 50 km/h. Die Anzahl der erfassten Massnahmen pro Selektionskriterium ist gering, was die Möglichkeit einer Auswertung reduziert.

Für alle registrierten Unfälle lag der Massnahmeneffekt bei einer Reduktion von 17 %, für Unfälle mit Personenschaden bei 27 % und für schwere Unfälle bei 38 % (Tabelle 13, Abbildung 19, S. 36). Werden nur Einträge für das Erweiterungsnetz berücksichtigt, fallen die Massnahmeneffekte für alle Unfälle und Unfälle mit Personenschaden leicht geringer aus. Für schwere Unfälle liegt der Effekt mit 65 % höher. Wegen der geringeren Anzahl eingetragener Massnahmen konnte für schwere Unfälle keine Wirksamkeitsabschätzung ausgewiesen werden.

Die Differenzierung, ob bei der Umsetzung der Tempo-30-Zone bauliche Massnahmen realisiert wurden oder nicht, führt zu keiner weiteren Erkenntnis. Die Wirksamkeiten für beide Ausführungen sind in etwa gleich hoch. Von der Anzahl und Art der

baulichen Massnahmen hängt jedoch der Einhaltungsgrad der verlangten Geschwindigkeit ab. Schliesst man Tempo-30-Zonen aus, in denen die Geschwindigkeit vor ihrer Umsetzung unter 50 km/h lag, fallen die Effekte leicht höher aus (Tabelle 13, S. 35).



Abbildung 19: Wirksamkeitsabschätzung für den Massnahmentyp «Tempo-30-Zone»: Unfallreduktion der Hauptvariante und Bereich für alle Modellvarianten

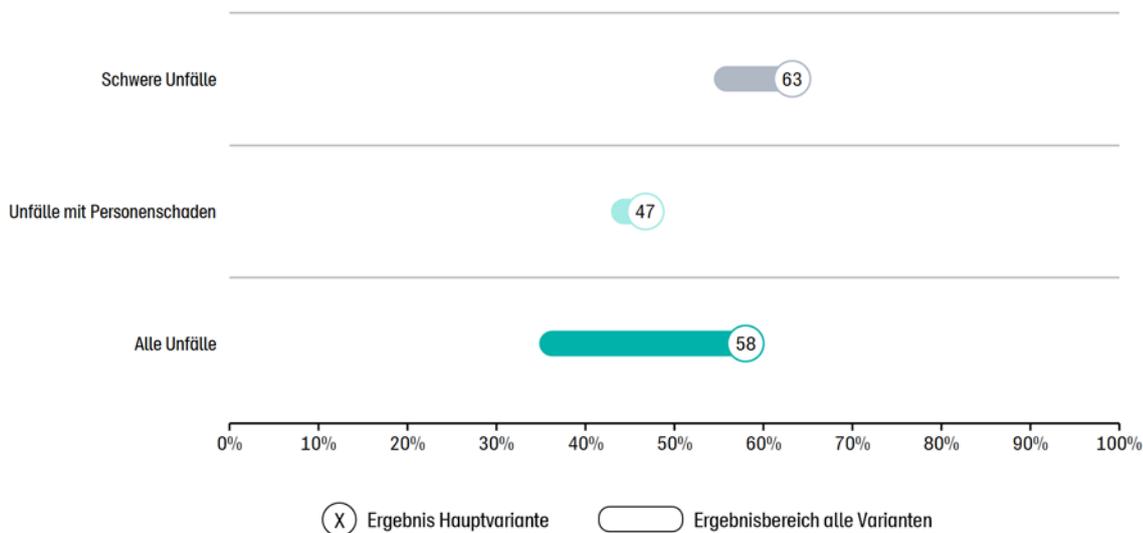
**Tabelle 14: Wirksamkeitsabschätzung für den Massnahmentyp «Leitpfeile in Kurven»:
Unfallreduktion der Hauptvariante und Bereich für alle Modellvarianten**

	Unfallreduktion Hauptvariante in Prozent	Bereich der Unfallreduktion in Prozent aller Varianten (Anzahl Modelle)
Total		
Alle Unfälle	58	36–58 (6)
Unfälle mit Personenschaden	47	44–47 (4)
Schwere Unfälle	63	56–63 (3)
Ausserorts		
Alle Unfälle	55	37–55 (6)
Unfälle mit Personenschaden	46	46 (1)
Schwere Unfälle	61	54–61 (3)
Innerorts		
Alle Unfälle	86	83–92 (3)
Unfälle mit Personenschaden	-	-
Schwere Unfälle	-	-

4.6. Leitpfeile in Kurven

In MEVASI wurden insgesamt 224 Standorte erfasst, in denen Kurven mit Leitpfeilen ausgerüstet wurden. An 162 Standorten wurden diese vor 1997 eingerichtet. Als potenziell auswertbar verbleiben lediglich 56 Standorte. Die meisten Leitpfeile wurden ausserorts errichtet (50 von 56).

Die Unfallreduktion über alle Unfälle liegt bei 58 %, bei 47 % für Unfälle mit Personenschaden und bei 63 % für schwere Unfälle (Tabelle 14, Abbildung 20). Für Leitpfeile innerorts kann lediglich für alle registrierten Unfälle eine Wirksamkeit abgeschätzt werden, da die Anzahl der erfassten Massnahmen gering ist. Werden nur Leitpfeile ausserorts betrachtet, fallen die Effekte ähnlich hoch aus wie in der Auswertung für alle Massnahmen (Tabelle 14).



**Abbildung 20: Wirksamkeitsabschätzung für den Massnahmentyp «Leitpfeile in Kurven»:
Unfallreduktion der Hauptvariante und Bereich für alle Modellvarianten**

4.7. Änderung Tempolimit (Reduktion)

Für die Wirksamkeitsabschätzung standen potenziell 167 Standorte zur Verfügung. 43 % der Temporeduktionen wurden ausserorts und 57 % innerorts umgesetzt. Mit 47 % ist eine Reduktion der signalisierten Höchstgeschwindigkeit von 80 km/h auf 60 km/h am häufigsten in MEVASI vertreten, in weiteren 19 % eine Reduktion von 60 km/h auf 50 km/h.

Für alle registrierten Unfälle liegt die Unfallreduktion in der Hauptvariante der längsten Zeitreihe bei 11 %, für Unfälle mit Personenschaden bei 17 % und für schwere Unfälle bei 40 % (Tabelle 15, Abbildung 21).

Tabelle 15: Wirksamkeitsabschätzung für den Massnahmentyp «Änderung Tempolimit (Reduktion)»:
Unfallreduktion der Hauptvariante und Bereich für alle Modellvarianten

	Unfallreduktion Hauptvariante in Prozent	Bereich der Unfallreduktion in Prozent aller Varianten (Anzahl Modelle)
Alle Unfälle	11	11-28 (6)
Unfälle mit Personenschaden	17	17-42 (6)
Schwere Unfälle	40	40-47 (5)

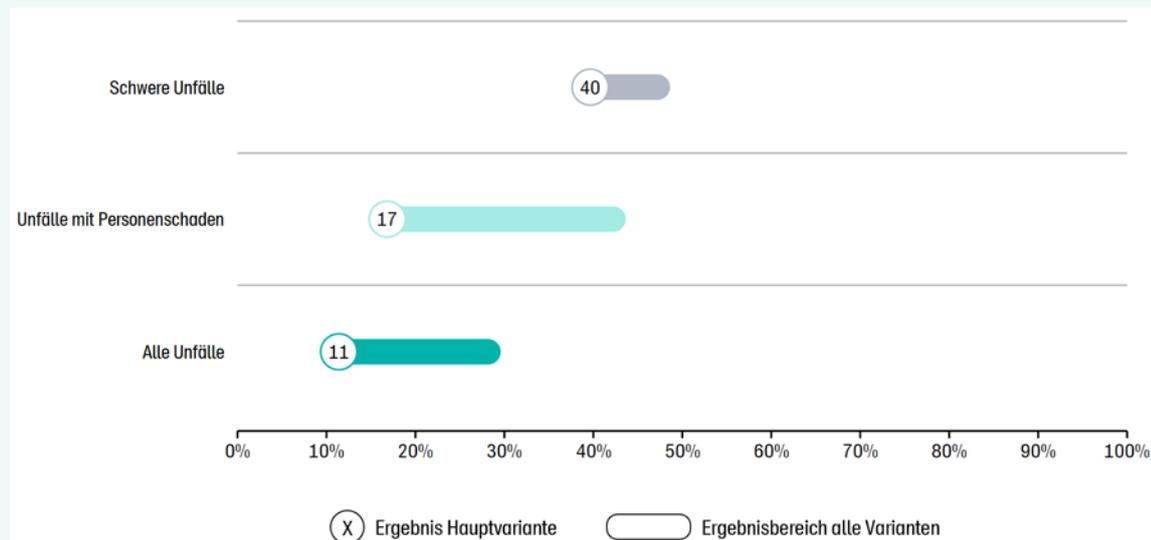


Abbildung 21: Wirksamkeitsabschätzung für den Massnahmentyp «Änderung Tempolimit (Reduktion)»:
Unfallreduktion der Hauptvariante und Bereich für alle Modellvarianten

4.8. Weitere Massnahmen

4.8.1. Mittelinsel

In MEVASI wurden 59 Standorte mit errichteten Mittelinseln erfasst. Im auswertbaren Zeitraum lagen 38 Standorte, 35 Standorten konnten Unfälle zugeordnet werden. Für die Unfallschweren «Alle Unfälle» und «Unfälle mit Personenschaden» konnte kein Massnahmeneffekt gezeigt werden. Für schwere Unfälle konnte keine Variante berechnet werden. Es kann keine Wirksamkeit abgeschätzt werden.

4.8.2. FGSO punktuell (Knoten)

Insgesamt wurden 17 Standorte mit der farblichen Gestaltung der Strassenoberfläche an Knoten erfasst. Für die Gruppenauswertung standen 12 Standorte zur Verfügung. Es konnte keine der sechs Varianten berechnet werden. Eine Wirksamkeitsabschätzung ist nicht möglich.

4.8.3. Markierung Fussgängerstreifen

Für die Auswertung der Massnahme «Markierung eines Fussgängerstreifens» standen insgesamt 33 erfasste Massnahmen potenziell zur Verfügung. Lediglich in der Hauptvariante für alle Unfälle resultierte ein positiver Massnahmeneffekt. Da dieser statistisch nicht signifikant war, wird für die Massnahme keine Wirksamkeit abgeschätzt.

4.8.4. Verbesserung Sichtzone

Insgesamt standen sechs auswertbare Massnahmen zur Verfügung. Keine Variante zeigte einen Massnahmeneffekt. Es kann keine Wirksamkeit abgeschätzt werden.

4.8.5. Erhöhung Tempolimit

Für diesen Massnahmentyp konnte auf Basis von zwei erfassten Massnahmen keine Auswertung durchgeführt werden. Eine Wirksamkeitsabschätzung ist nicht möglich.

4.8.6. Änderung Vortrittsregelung

In 43 von 64 potenziell auswertbaren Massnahmen wurde ein Rechtsvortritt aufgehoben. Keine Variante

zeigte einen Massnahmeneffekt. Für die Massnahme kann keine Wirksamkeit abgeschätzt werden.

4.8.7. Beleuchtung punktuell

Für die Auswertung standen fünf Massnahmen potenziell zur Verfügung. Es konnte lediglich eine Variante ohne Massnahmeneffekt berechnet werden. Es kann keine Wirksamkeit abgeschätzt werden.

4.8.8. Leitschranken/-planken

In keiner Variante wurde ein Massnahmeneffekt ausgewiesen. Es kann keine Wirksamkeit abgeschätzt werden.

4.8.9. Pfosten

Für die Auswertung standen lediglich drei Massnahmen zur Verfügung. Es konnten keine Varianten berechnet werden. Eine Wirksamkeitsabschätzung ist nicht möglich.

4.8.10. Leitpfosten

Für die Auswertung standen vier Massnahmen zur Verfügung. Lediglich eine der Varianten konnte berechnet werden, ergab aber keinen Massnahmeneffekt. Es kann keine Wirksamkeit abgeschätzt werden.

4.8.11. Velo-/Fussweg

Auf Basis von zwölf erfassten Massnahmen wies keine Variante einen Massnahmeneffekt aus. Es kann keine Wirksamkeit abgeschätzt werden.

4.8.12. Velostrasse

Lediglich zwei Varianten auf der Basis von zwölf erfassten Massnahmen konnten berechnet werden. Beide Modelle ergaben keinen Massnahmeneffekt. Es kann keine Wirksamkeit abgeschätzt werden.

4.8.13. Rechtsabbiegen bei Rot für Velos

Auf der Basis von zehn Massnahmen wurde lediglich in einer Variante ein positiver, aber nicht signifikanter Massnahmeneffekt mit gleichzeitig steigendem Trend der Unfallzahlen berechnet. Es kann keine Wirksamkeit abgeschätzt werden.

4.8.14. Fussgängerlängsstreifen

Auf Basis von fünf erfassten Massnahmen konnte keine Variante berechnet werden. Eine Wirksamkeitsabschätzung ist nicht möglich.

4.8.15. Trottoir

Keine berechnete Variante auf Basis von zwei erfassten Massnahmen ergab einen Massnahmeneffekt. Es kann keine Wirksamkeit abgeschätzt werden.

4.8.16. Trottoir-Überfahrt

Zum Zeitpunkt der Datenauswertung stand keine erfasste Massnahme innerhalb der auswertbaren Jahre zur Verfügung. Eine Wirksamkeitsabschätzung ist nicht möglich.

4.8.17. FGSO linienhaft (freie Strecke)

Für die Beurteilung der Wirksamkeit von farblich markierten Strassenoberflächen konnten acht von zwölf in MEVASI erfasste Massnahmen genutzt werden. Keine berechnete Variante wies einen Massnahmeneffekt aus.

4.8.18. Beleuchtung linienhaft

In MEVASI wurde bisher nur eine Massnahme erfasst. Eine Wirksamkeitsabschätzung ist nicht möglich.

4.8.19. Demarkierung Fussgängerstreifen

In MEVASI wurden 83 Massnahmen erfasst, in denen ein Fussgängerstreifen aufgehoben wurde. Für eine potenzielle Auswertung standen 43 Massnahmen zur Verfügung. In den meisten Varianten wurde kein Massnahmeneffekt ausgewiesen. Zwei Berechnungen für alle registrierten Unfälle zeigen einen unfallreduzierenden Massnahmeneffekt und ein Modell für Unfälle mit Personenschaden. Statistisch signifikant fiel der Effekt für ein Modell für alle registrierten Unfälle und sehr knapp signifikant für das Modell für Unfälle mit Personenschaden aus. Damit liegt diese Massnahme in der Wirksamkeitsabschätzung an einer Grenze: Zum einen wurden relativ viele Massnahmen in die Bewertung einbezogen. Zum anderen ergibt sich aber kein einheitliches Bild. Modelle ohne Effekt waren häufiger als Modelle mit einem positi-

ven Massnahmeneffekt. Aus diesem Grund wird von einer Wirksamkeitsabschätzung abgesehen.

4.8.20. Mehrzweckstreifen

In der Auswertung der Mehrzweckstreifen wurde in den meisten Varianten kein Massnahmeneffekt ausgewiesen. Drei Auswertungen ergaben einen unfall erhöhenden Massnahmeneffekt. Da diese Effekte statistisch nicht signifikant waren, kann im Gesamtergebnis für die Massnahme «Mehrzweckstreifen» keine Wirkung abgeschätzt werden.

4.9. Ergebnisse für verschiedene Verkehrsteilnehmergruppen

Die Wirksamkeit von Massnahmen für einzelne Verkehrsteilnehmergruppen wie Motorrad- und Velofahrende sowie Fussgängerinnen und Fussgänger werden im folgenden Abschnitt behandelt. Das Unfallgeschehen wird nach wie vor von Personewagen dominiert. Dies hat zur Folge, dass für die Wirksamkeitsanalyse für spezifische Verkehrsteilnehmergruppen deutlich weniger Unfälle für die Zeitreihenmodelle zur Verfügung stehen. Den erfassten Massnahmen konnten insgesamt knapp 70 000 Unfälle zugeordnet werden. Selektiert man nun Unfälle, in denen Velofahrende oder Motorradfahrende beteiligt und/oder verletzt wurden, reduziert sich die Anzahl auf jeweils rund 2800 (4 %) und bei den Fussgängerinnen und Fussgängern auf gut 900 (1 %).

Für die drei genannten Gruppen werden systematisch alle 27 in MEVASI erfassten Massnahmentypen ausgewertet, obwohl inhaltlich nicht alle Massnahmen bei allen Verkehrsteilnehmergruppen einen Effekt erwarten lassen (z. B. Leitpfeile in Kurven beim Unfallgeschehen von Fussgängern/-innen).

Wie in der bisherigen Auswertung werden alle Varianten von Unfallzeiträumen und die drei Unfallschweregrade ausgewertet. «Alle Unfälle» heisst, dass eine Person der betrachteten Verkehrsteilnehmergruppe beteiligt war. Die Unfallvarianten «Unfall mit Personenschaden» und «Schwerer Unfall»

sind Unfälle, bei denen eine Person der betrachteten Verkehrsteilnehmergruppe verletzt oder getötet wurde.

4.9.1. Velofahrende

Für die meisten Massnahmentypen konnte für das Unfallgeschehen der Velofahrenden kein Modell berechnet werden. Ausnahmen waren die sehr häufig in MEVASI erfassten Massnahmen wie Kreisverkehrsplätze, Tempo-30- und Begegnungszonen sowie die Senkung des Tempolimits. Für diese Massnahmen wurde jedoch kein Effekt ausgewiesen. Auch für Massnahmentypen, die die Sicherheit von Velofahrenden betreffen – z. B. Velostrassen (kein Effekt), Rechtsabbiegen bei Rot oder die Einrichtung eines Velo-/Fusswegs (jeweils kein Modell berechenbar) – können keine Aussagen zu deren Wirkung auf das Unfallgeschehen gemacht werden.

Allein für Mehrzweckstreifen zeigte sich ein unfallreduzierender Massnahmeneffekt von 46 % bis 89%, der aber oft mit einem steigenden Trend der Unfallzahlen einherging.

4.9.10. Motorradfahrende

Für Motorradfahrende werden zwei unfallreduzierende Effekte für die Reduktion der signalisierten Höchstgeschwindigkeit ausgewiesen. Beide Effekte sind jedoch nicht signifikant. Für Kreisverkehrsplätze wird in einer Variante ein signifikanter, unfallreduzierender Effekt berechnet. Die Modelle für Begegnungszonen weisen insgesamt vier unfallreduzierende Massnahmeneffekte für alle registrierten Unfälle aus, zwei davon signifikant. Ebenfalls vier unfallreduzierende Effekte werden für Tempo-30-Zonen berechnet. Jedoch ist keiner davon signifikant. Zwei knapp signifikante Effekte, einer für alle registrierten Unfälle und einer für Unfälle mit Personenschaden, finden sich bei Kurven, die mit Leitpfeilen ausgerüstet wurden.

4.9.11. Fussgängerinnen und Fussgänger

Die Berechnungen zur Auswirkung von Massnahmen auf das Unfallgeschehen von Fussgängerinnen und Fussgängern zeigen bis auf eine Ausnahme keinen Massnahmeneffekt: Für Tempo-30-Zonen kann ein Effekt berechnet werden, der jedoch nicht signifikant ist.

IX. Fazit

Mit dem Aufbau und dem Betrieb der MEVASI-Plattform werden seit Jahren zahlreiche Daten zu Infrastrukturmassnahmen auf dem Schweizer Strassennetz gesammelt. Das Ziel der Datenbank ist es, durch die Beurteilung der Effekte von Infrastrukturmassnahmen auf die Verkehrssicherheit Entscheidungshilfen für Sicherheitsfachleute zu bieten.

Seit 2014 können Massnahmen in MEVASI erfasst werden. Die Datenbasis für eine Wirksamkeitsabschätzung liegt heute bei rund 2500 erfassten Massnahmen aus 28 verschiedenen Massnahmentypen. Gleichzeitig wurde eine einfache Methodik zur Wirksamkeitsabschätzung entwickelt und ist über eine Softwarebibliothek für die Statistik-Software «R» frei verfügbar. Die hier vorgestellten Wirksamkeitsabschätzungen nutzen die Methodik zum ersten Mal anhand der MEVASI-Daten.

Die Resultate der Wirksamkeitsabschätzung lassen sich in drei Kategorien einteilen:

- Keine Wirksamkeitsabschätzung möglich
- Keine Wirksamkeit nachgewiesen
- Wirksamkeit nachgewiesen

Die Möglichkeit zur Beurteilung der Wirksamkeit einer Massnahme ist abhängig von der Anzahl der in MEVASI erfassten Massnahmen und der Anzahl der Unfälle, die den Massnahmen zugeordnet werden können. Für viele der in MEVASI erfassten Massnahmen ist die Anzahl der erfassten Einzelmassnahmen nach wie vor zu gering, um mit der verwendeten Methodik überhaupt eine Wirksamkeitsabschätzung durchführen zu können.

Zusätzlich spielt die Stärke des Effekts eine zentrale Rolle: Je geringer die Anzahl der Einzelmassnahmen und der Unfälle ist, desto grösser muss ein Effekt sein, um diesen in einem statistischen Modell zuverlässig zeigen zu können.

Wenn verschiedene Variantenberechnungen durchgeführt werden können, ist eine Wirksamkeitsab-

schätzung möglich. Wird kein Massnahmeneffekt ausgewiesen, heisst dies aber nicht, dass eine Massnahme in Bezug auf die Verkehrssicherheit unwirksam ist. Mit steigender Datenbasis wird ein Nachweis auch kleinerer Effekte in Zukunft eventuell möglich sein. Als Konsequenz sind die vorliegenden Auswertungen nicht als abschliessend zu werten, sondern sollten periodisch wiederholt werden.

Viele der in MEVASI erfassten Massnahmen wurde mit dem Ziel umgesetzt, die Verkehrssicherheit zu verbessern. Unfallzahlen können zufällig schwanken. Wenn eine zufällige Zunahme der Unfallzahlen eine Sicherheitsmassnahme auslöst und die Unfallzahlen in der Folgeperiode zufallsbedingt wieder abnehmen, kann diese Abnahme fälschlicherweise als positiver Massnahmeneffekt gewertet werden («Regression zur Mitte»). In den vorliegenden Auswertungen wurden die Massnahmeneffekte auf der Basis von Zeitreihen über mehrere Jahre bewertet. Die Wahl einer langjährigen Zeitreihe als Hauptmodell reduziert solche zufallsbedingten Schwankungen. Auch die visuelle Interpretation der Zeitreihen konnte keine deutlichen Zufallstrends zeigen. Die Regression zur Mitte dürfte damit eine untergeordnete Rolle spielen.

Im Gesamtunfallgeschehen wird über die Zeit ein abnehmender Trend – insbesondere für schwere Unfälle – beobachtet. Wie beim Problem der «Regression zur Mitte» kann aber angenommen werden, dass die Massnahmeneffekte nicht durch ein allgemein abnehmendes Unfallgeschehen zu erklären sind.

Die Prävention im Strassenverkehr sollte sich insbesondere auf schwere und tödliche Unfälle fokussieren. Mit der Verlagerung des schweren Unfallgeschehens hin zu den vulnerablen Verkehrsteilnehmergruppen wie Velofahrenden sowie Fussgängerinnen und Fussgängern, sollte die Wirksamkeitsabschätzung von Infrastrukturmassnahmen diese Gruppen gesondert betrachten. Die vorliegenden Auswertungen können aber gerade für schwere Unfälle und die vulnerablen Verkehrsteilnehmergruppen nur wenig gesicherte Erkenntnisse liefern. Der



Abbildung 22: Wirksamkeitsabschätzungen für verschiedene Massnahmen¹

¹ Lesebeispiel: Die Wirksamkeitsabschätzung für Tempo-30-Zonen zeigt in der ausgewerteten Hauptvariante, einer 9-Jahres-Zeitreihe und einem Umsetzungszeitraum für die Massnahme von einem Jahr, eine Unfallreduktion von 38 % für schwere Unfälle. In Auswertungsvarianten mit kürzeren Zeitreihen und einem Umsetzungszeitraum von einem halben Jahr wurden Reduktionen von 32 % bis 47 % ermittelt.

Hauptgrund ist die geringere Anzahl der schweren Unfälle und nicht die verwendete Methodik.

Für sieben der 27 beurteilten Massnahmen sind gesicherte Bewertungen zu ihrer Wirksamkeit möglich, und es können Effekte in Form einer prozentualen Unfallreduktion angegeben werden:

- Demarkierung Mittellinie
- Kreisverkehrsplatz
- Velostreifen
- Begegnungszone
- Tempo-30-Zone
- Leitpfeile in Kurven
- Änderung Tempolimit (Reduktion)

Die unfallreduzierenden Effekte für die einzelnen Massnahmengruppen reichen von 11 % für alle registrierten Unfälle bis 66 % (Abbildung 22, S. 43). Der Grund für die generell grösseren Effekte bei schweren Unfällen ist die Methode: Nur sehr grosse Effekte lassen sich bei den schweren Unfällen mit ihrer geringeren Datenbasis überhaupt nachweisen.

Bei den Begegnungszonen zeigen einige der berechneten Modelle zwar einen deutlichen Massnahmeneffekt. Die Unfallzahlen stiegen aber in den Folgejahren wieder an, was nach gewisser Zeit den Massnahmeneffekt neutralisieren könnte.

In Tabelle 16 sind alle Wirksamkeitsabschätzungen zusammengefasst. Für sechs Massnahmentypen

Tabelle 16: Wirksamkeitsabschätzungen für alle Massnahmentypen

Massnahmentyp	Alle Unfälle	Unfälle mit Personenschaden	Schwere Unfälle
Mittellinsel	○	○	...
FGSO punktuell (Knoten)
Demarkierung Mittellinie	●	●	(●)
Kreisverkehrsplatz	●	●	●
Velostreifen	●	●	(●)
Begegnungszone	(●)	(●)	○
Tempo-30-Zone	●	●	●
Leitpfeile in Kurven	●	●	●
Markierung Fussgängerstreifen	○	○	...
Verbesserung Sichtzone	○	○	...
Änderung Tempolimit (Reduktion)	●	●	●
Änderung Tempolimit (Erhöhung)
Änderung Vortrittsregelung	○	○	...
Beleuchtung punktuell
Leitschranken/-planken	○	○	...
Pfosten
Leitpfosten	○
Velo-/Fussweg	○	○	○
Velostrasse	○
Rechtsabbiegen bei Rot für Velos	○	○	...
Fussgängerlängsstreifen
Trottoir	○	○	...
Trottoir-Überfahrt
FGSO linienhaft (freie Strecke)	○	○	...
Beleuchtung linienhaft	○
Demarkierung Fussgängerstreifen	(●)	○	...
Mehrzweckstreifen	○	○	○

- **Unfallreduzierender Effekt nachgewiesen:** Für diesen Massnahmentyp konnte ein statistisch verlässlicher unfallreduzierender Effekt unmittelbar nach Umsetzung der Massnahme nachgewiesen werden.
- (●) **Unfallreduzierender Effekt nachgewiesen, aber steigender Trend in Folgejahren:** Für diesen Massnahmentyp konnte ein unfallreduzierender Effekt nachgewiesen werden. Dies entspricht jedoch nicht zwingend einer längerfristigen Verbesserung der Verkehrssicherheit, weil teilweise in den Jahren nach der Massnahmenumsetzung ein steigender Trend in den Unfallzahlen beobachtet wurde. Dieser kann den ursprünglichen Massnahmeneffekt kompensieren.
- **Für diesen Massnahmentyp war kein unfallreduzierender Effekt nachweisbar:** Mit wachsender Datenbasis werden aber differenzierte Auswertungen nach Verkehrsteilnehmergruppen möglich. So lassen sich ggf. Effekte auf spezifische Gruppen nachweisen, die aktuell unentdeckt bleiben.
- ... **Datengrundlage zu klein für Anwendung statistischer Modelle:** Für diesen Massnahmentyp ist die aktuelle Datengrundlage noch zu klein und es konnten keine statistischen Modelle berechnet und verallgemeinerbare Aussagen getroffen werden.

waren keine Berechnungen und damit auch keine Wirksamkeitsabschätzung möglich.

Für Mehrzweckstreifen ergab sich kein eindeutiges Bild; es wurde ein unfallerhöhender Massnahmeneffekt ausgewiesen. Da dieser nicht signifikant war, wurde auf eine Bewertung verzichtet. Für die Verkehrsteilnehmergruppe der Velofahrenden ergab sich für Mehrzweckstreifen eine unfallreduzierende Wirkung. Zukünftige Auswertungen mit einer breiteren Datenbasis werden möglicherweise ein klareres Bild zeigen.

Der Betrieb von MEVASI und die Erfassung von Massnahmen war bisher für alle Beteiligten mit einem hohen Aufwand verbunden, doch er hat sich gelohnt: Mit dem vorliegenden Bericht können endlich Wirksamkeiten abgeschätzt werden. Da die Wirksamkeitsabschätzung nicht abschliessend ist, muss auch in Zukunft in MEVASI investiert werden: Die Datenbasis muss weiter ausgebaut und die vorgenommenen Wirksamkeitsbewertungen müssen periodisch wiederholt werden. Damit lassen sich Ergebnisse weiter absichern und neue Massnahmengruppen hinsichtlich ihrer Wirksamkeit beurteilen.

X. Quellen

- [1] Niemann S, Deublein M, Hafsteinsson H, Eberling P. Massnahmenevaluation Verkehrsinfrastruktur MEVASI: Erste Ergebnisse. Bern: BFU, Beratungsstelle für Unfallverhütung; 2018. BFU-Report 77. DOI:10.13100/bfu.2.341.01.
- [2] R Core Team. R: A language and environment for statistical computing [Version 4.0.3]. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing; 2020.
- [3] Deublein M, Hafsteinsson H, Frey M et al. Statistische Analyse von Unfallzahlen: VSS Forschungsprojekt 2016/511. Bern: Bundesamt für Strassen ASTRA. Forschungsbericht ASTRA 1634.
- [4] Frey M, Dettling M, Brändli J. StAU: Statistische Analyse von Unfallzahlen vom Prototyp zur Produktreife [Umsetzungsprojekt]. Zürich: Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften ZHAW; 2020.
- [5] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS. Auswertung von Strassenverkehrsunfällen – Kopfnorm. Zürich: VSS; 1997. SN 640 006.
- [6] Dettling M. STAAD: Statistical Analysis of Accident Data [R package version 0.1.0]; 2020. <https://github.com/gioca77/STAAD>.
- [7] Bundesamt für Strassen ASTRA. Polizeilich registrierte Strassenverkehrsunfälle [Unveröffentlichte Datenbank]; 2020.

Impressum

Herausgeberin

BFU, Beratungsstelle für Unfallverhütung
Postfach, 3001 Bern
+41 31 390 22 22
info@bfu.ch
bfu.ch / bestellen.bfu.ch, Art.-Nr. 2.392

Autoren

- Steffen Niemann,
Wissenschaftlicher Mitarbeiter Forschung, BFU
- Markus Deublein, Abteilungsleiter
Forschung Strassenverkehr, BFU
- Patrick Eberling, Leiter Verkehrstechnik, BFU
- Markus Geiser, Berater Verkehrstechnik, BFU

Redaktion

- Mario Cavegn, Leiter Strassenverkehr, BFU

Projektteam

- Esther Luttrupp,
Projektassistentin Forschung, BFU
- Abteilung Publikationen / Sprachdienst, BFU

© BFU 2023

Alle Rechte vorbehalten. Verwendung unter
Quellenangabe (siehe Zitationsvorschlag) erlaubt.
Kommerzielle Nutzung ausgeschlossen.

Zitationsvorschlag

Niemann S, Deublein M, Eberling P, Geiser M.
Massnahmenevaluation Verkehrsinfrastruktur
MEVASI. Bern: BFU, Beratungsstelle für Unfallver-
hütung; 2023. DOI:1013100/BFU.2.392.01.2023

Abbildungen

- Titelbild: Dominik Baur
- Seite 4: Simon Iannelli
- Übrige: BFU

Haftungsausschluss

Dieser Bericht wurde sorgfältig und nach bestem
Wissen und Gewissen erarbeitet. Es kann jedoch
keine Garantie dafür übernommen werden, dass
die zur Verfügung gestellten Informationen
vollständig sind.

Die Informationen sind allgemeiner Art und nicht
auf die besonderen Bedürfnisse des Einzelfalls
abgestimmt. Die BFU und die Autoren haften in
keinem Fall für allfällige direkte oder indirekte
Schäden und Folgeschäden, die aufgrund des
Gebrauchs dieser Informationen entstehen.

Die BFU macht Menschen sicher.

Als Kompetenzzentrum forscht und berät sie, damit in der Schweiz weniger folgenschwere Unfälle passieren – im Strassenverkehr, zu Hause, in der Freizeit und beim Sport. Für diese Aufgaben hat die BFU seit 1938 einen öffentlichen Auftrag.