



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für  
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK  
**Bundesamt für Strassen ASTRA**

4. Mai 2017

---

# **Evaluation von Via sicura**

## Technischer Bericht

---

**Autoren**

Nathanael Gutmann, ASTRA

Jochen Stemmler, ASTRA

**Redaktion**

Christian Kamenik, ASTRA

Iris Oberauner, ASTRA

Anja Simma, ASTRA

**Expertengruppe**

Jens Schade, Technische Universität Dresden

Hagen Schüller, PTV Transport Consult GmbH

Andre Seeck, BAST

Fred Wegman, Delft University of Technology

Dieser Bericht ist eine Beilage zum Postulatsbericht «Evaluation von Via sicura» in Erfüllung des Postulats 16.3267.

Stand 4.5.2017

(Berücksichtigt das Gutachten vom 8.11.2016 und den Experten-Workshop vom 16.11.2016)

**Bundesamt für Strassen ASTRA**

Mühlestrasse 2, Ittigen, CH-3003 Bern

Telefon: 058 462 94 11, Fax: 058 463 23 03

▪ Postadresse: 3003 Bern

▪ [info@astra.admin.ch](mailto:info@astra.admin.ch)

▪ [www.astra.admin.ch](http://www.astra.admin.ch)

## Definitionen, Akronyme und Abkürzungen

Begriff / Abkürzung	Bedeutung
ADMAS	Administrativmassnahmenregister
ASTRA	Bundesamt für Strassen
bfu	Beratungsstelle für Unfallverhütung
BFS	Bundesamt für Statistik
CV	Kreuzvalidierung (englisch: Cross-validation)
DWH	Data Warehouse, eine für Analysezwecke optimierte zentrale Datenbank
DWH VU	Data Warehouse mit Verkehrsunfalldaten
MeteoSchweiz	Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie
MOFIS	Fahrzeug- und Fahrzeughalterregister
PW	Personenwagen
R	Programmiersprache
SVG	Strassenverkehrsgesetz
TARGA	Typengenehmigungsregister
UAP	Unfallaufnahmeprotokoll
USP	Unfallschwerpunkt
Velo	Fahrrad
VeSPA	Forschungspaket «Verkehrssicherheitsgewinne durch Datapooling und strukturierte Datenanalysen»

## Referenzen

Erkennungszeichen	Titel, Quelle
[1]	M. Cavegn, U. Ewert und R. Allenbach (2010), Auswirkungen der Via sicura-Massnahmen, bfu – Beratungsstelle für Unfallverhütung, Bern.
[2]	Botschaft vom 20. Oktober 2010 zu Via sicura, Handlungsprogramm des Bundes, BBl 2010 8447 ff. Ziff 10.092
[3]	G. Scaramuzza, A. Uhr und S. Niemann (2015), E-Bikes im Strassenverkehr – Sicherheitsanalyse, bfu-Report 72, bfu – Beratungsstelle für Unfallverhütung, Bern.
[4]	T. Ohnmacht, M. Lutzenberger, H. Schad, M. Frey, A. Ruckstuhl, M. Dettling, L. Rößger und J. Schade (2014) Forschungspaket VeSPA, Teilprojekt 1 – Einflüsse von Mensch und Gesellschaft auf das Strassenunfallgeschehen: Phase 1, Zwischenbericht, Forschungsauftrag SVI 2012/002 auf Antrag der Schweizerischen Vereinigung der Verkehrsingenieure und Verkehrsexperten (SVI), SVI, Bern.
[5]	S. Heuel, R. Straumann, H. Schüller und U. Keller (2014) Forschungspaket VeSPA, Teilprojekt 4 – Einflüsse des Wetters auf das Strassenunfallgeschehen, Schlussbericht, Forschungsauftrag SVI 2012/005 auf Antrag der Schweizerischen Vereinigung der Verkehrsingenieure und Verkehrsexperten (SVI), SVI, Bern.
[6]	M. Winkelbauer, T. Fessler, S. Höglinger, C. Reinprecht, D. Nikolić, K. Schöllnast, S. Siegrist, C. Stefan, T. Völker und W. Weissensteiner (2007), Licht am Tag Evaluierung - Endbericht, Kuratorium für Verkehrssicherheit, Wien.

# Zusammenfassung

Via sicura ist das Handlungsprogramm des Bundes für mehr Sicherheit im Strassenverkehr. Es wurde 2012 vom Parlament verabschiedet und hat zum Ziel, die Zahl der im Strassenverkehr Schwerverletzten und Getöteten zu reduzieren. Via sicura umfasst 20 Massnahmen auf Gesetzesebene.

Das Postulat 16.3267 beauftragt den Bundesrat die Via-sicura-Vorlage zu evaluieren. Der vorliegende Technische Bericht ist eine Beilage zum Postulatsbericht «Evaluation von Via sicura» und umfasst die Beschreibung und Diskussion der Daten, Methoden und Ergebnisse.

Die Untersuchung der Wirksamkeit von Via sicura gliedert sich in zwei Teilprojekte. Einerseits wird eine Gesamtevaluation aller Via-sicura-Massnahmen zusammen durchgeführt. Dazu werden Modelle erstellt, die aufgrund von Einflussfaktoren eine Prognose der Unfallzahlen machen, wenn Via sicura nicht in Kraft getreten wäre. Die Differenz zu den tatsächlichen Unfallzahlen ist dann auf Via sicura zurückzuführen. Andererseits wird eine Einzelevaluation derjenigen Massnahmen gemacht, die sich zum jetzigen Zeitpunkt einzeln evaluieren lassen.

Die Gesamtevaluation ergibt, dass Via sicura zwischen 2013 und 2015 eine positive Wirkung auf die Verkehrssicherheit hatte. Es wurde eine Reduktion von rund 100 Schwerverunfallten (im Schnitt 33 pro Jahr) ermittelt. Dieses Ergebnis ist jedoch nicht signifikant.

Die Ergebnisse der Einzelevaluationen sind in Tabelle 1 aufgeführt. Von den Via-sicura-Massnahmen konnten 7 evaluiert werden. Für jede dieser Massnahmen wird angegeben, wie gross die ermittelte durchschnittliche jährliche Anzahl an vermiedenen Schwerverunfallten, also der Schwerverletzten und Getöteten, bis einschliesslich 2015 war.

Massnahme	Durchschnittliche Anzahl vermiedener Schwerverunfallter pro Jahr
Keine Begleitung auf Lernfahrten durch Personen, die nur den Führerausweis auf Probe besitzen	0
Raserdelikte	≥ 17
Neudefinition des Mindestalters für Radfahrer und Radfahrerinnen	0
Mindestalter für Fuhrleute	0
Infrastrukturmassnahmen	18
Verbot für bestimmte Personengruppen, unter Alkoholeinfluss zu fahren	28
Obligatorisches Fahren mit Licht am Tag	≥ 110

Tabelle 1: Ergebnisse der Einzelevaluationen

Aus folgenden Gründen konnten nicht alle Massnahmen einzeln evaluiert werden:

- Die Massnahme ist noch nicht oder erst nach 2015 – und somit zu spät für diese Evaluation – in Kraft getreten;
- Die Umsetzung ist noch nicht abgeschlossen;
- Die notwendigen Daten stehen nicht zur Verfügung;
- Die Massnahme wirkt indirekt auf das Unfallgeschehen (z. B. die Massnahmen zur Optimierung der Informationssysteme).

# Résumé

Via sicura est le programme d'action de la Confédération visant à renforcer la sécurité routière. Adopté par le Parlement en 2012, il a pour objectif de réduire le nombre de blessés graves et de tués sur les routes. Via sicura comprend 20 mesures inscrites dans la loi.

Le postulat 16.3267 charge le Conseil fédéral d'évaluer le programme Via sicura. Le présent rapport technique est une annexe du rapport du postulat « Évaluation du programme Via sicura » ; il décrit et analyse les données, les méthodes ainsi que les résultats.

L'analyse de l'efficacité de Via sicura s'articule autour de deux projets partiels. Le premier consiste en une évaluation globale de l'ensemble des mesures du programme. Pour ce faire, on élabore des modèles qui formulent, sur la base de facteurs d'influence, des hypothèses de la statistique des accidents si Via sicura n'était pas entré en vigueur. La différence avec la véritable statistique des accidents est alors imputable à Via sicura. Le second consiste en une évaluation individuelle des mesures qui peuvent être analysées maintenant.

L'évaluation globale révèle que Via sicura a eu un impact bénéfique sur la sécurité routière entre 2013 et 2015, avec une centaine de victimes d'accidents graves en moins (33 par an en moyenne). Ce résultat n'est toutefois pas significatif.

Les résultats des évaluations individuelles sont répertoriés dans le tableau 1. Parmi les mesures du programme Via sicura, sept ont pu être évaluées. Il est indiqué pour chacune de ces mesures le nombre annuel moyen de victimes d'accidents graves (blessés graves et tués) qu'elles ont permis d'éviter jusqu'en 2015 (inclus).

Mesure	Nombre annuel moyen de personnes ayant échappé à un accident grave
Interdiction faite aux titulaires d'un permis de conduire à l'essai d'assumer le rôle d'accompagnant lors de courses d'apprentissage	0
Délits de chauffard	≥ 17
Nouvelle définition de l'âge minimal des cyclistes	0
Âge minimal pour conduire un véhicule à traction animale	0
Mesures d'infrastructure	18
Interdiction de conduire sous l'influence de l'alcool pour certains groupes de personnes	28
Usage diurne obligatoire des phares	≥ 110

Tableau 2 : Résultats des évaluations individuelles

Toutes les mesures n'ont pas pu être évaluées individuellement pour les raisons suivantes :

- la mesure est entrée en vigueur après 2015 – et donc trop tard pour cette évaluation – ou n'est pas encore en vigueur ;
- la mise en œuvre n'est pas encore achevée ;
- les données nécessaires ne sont pas disponibles ;
- la mesure agit indirectement sur l'accidentalité (par ex. mesures d'optimisation des systèmes d'information).

# Sintesi

Via sicura è il programma d'azione che la Confederazione ha elaborato per incrementare la sicurezza stradale: varato dal Parlamento nel 2012, punta a ridurre il numero di morti e feriti gravi sulle strade e si compone di 20 misure a livello legislativo.

Il postulato 16.3267 ha incaricato il Consiglio federale di valutare il progetto Via sicura. Il presente rapporto tecnico è un allegato al documento principale «Valutazione di Via sicura». Qui sono riportate la descrizione e la discussione di dati, metodi e risultati.

L'analisi dell'efficacia di Via sicura è articolata in due momenti. Innanzitutto viene effettuata una valutazione generale del pacchetto di misure nel suo complesso: elaborando modelli di previsione basati sui fattori di influenza, si calcola il numero di incidenti che si sarebbero verificati se Via sicura non fosse in vigore. La differenza rispetto alle cifre effettive è «merito» di Via sicura. In secondo luogo si procede a una valutazione delle singole misure per le quali questo è possibile.

L'analisi globale indica che Via sicura, fra il 2013 e il 2015, ha avuto una ricaduta positiva sulla sicurezza stradale. È stato calcolato infatti un calo di circa 100 fra morti e feriti gravi, per una media di 33 all'anno: un dato, tuttavia, che non appare significativo.

I risultati delle valutazioni singole, riferite a sette misure del pacchetto Via sicura, sono riportati nella Tabella 1. Per ciascuna di esse viene indicata la media annua supposta di morti e feriti gravi evitati, fino al 2015 incluso.

Misura	Media annua morti e feriti gravi evitati
Divieto per i titolari di patente in prova di accompagnare allievi conducenti durante esercitazioni alla guida	0
Reati di pirateria stradale	≥ 17
Nuova definizione dell'età minima per ciclisti	0
Età minima conducenti di veicoli a trazione animale	0
Misure infrastrutturali	18
Divieto per determinate categorie di guidare sotto l'effetto di alcol	28
Obbligo di circolare con i fari accesi anche di giorno	≥ 110

Tabella 1: Risultati delle valutazioni singole

Motivi che hanno reso impossibile la valutazione singola di altre misure:

- entrata in vigore dopo il 2015 o non ancora avvenuta
- attuazione non ancora conclusa
- dati necessari non disponibili
- effetto indiretto sull'incidentalità (es. misure di ottimizzazione dei sistemi di informazione)

# Summary

Via sicura is an action programme initiated by the Swiss government in order to increase the level of safety on our roads. It was adopted by Parliament in 2012. Its aim is to reduce the number of fatalities and serious injuries on Switzerland's roads. Via sicura contains 20 legislative measures.

Postulate 16.3267 requests the Federal Council to evaluate the Via sicura programme. This technical report is an accompaniment to the postulate report "Evaluation of Via sicura" and contains a description and discussion of the data, applied methods and findings.

The evaluation of the effectiveness of Via sicura was carried out in two subprojects. On the one hand, an overall evaluation was made of all the measures in the programme. For this purpose, various models were developed that incorporate the influencing factors of road accidents. With these models, the potential number of accidents was estimated that would have occurred if Via sicura had not entered into force. The difference between the estimated and the actual accident figures can be attributed to Via sicura. And on the other hand, an individual evaluation was made of those measures that can be evaluated separately at this time.

The overall evaluation showed that, in the period from 2013 to 2015, Via sicura had a positive impact on road safety, with an estimated reduction of around 100 fatalities and serious injuries (on average, 33 a year). This finding is not significant, however.

The results of the individual evaluations are shown in Table 1. It was possible to evaluate seven of the measures. For each measure the table shows the estimated annual average number of avoided fatalities and serious injuries, up to and including 2015.

Measure	Average number of avoided fatalities and serious injuries per annum
No accompaniment of learner drivers by people who only hold a probationary driving licence	0
Extreme speeding offences	≥ 17
Redefinition of minimum age for cyclists	0
Minimum age for cart / wagon drivers	0
Infrastructure measures	18
Prohibition for certain groups of people to drive while under the influence of alcohol	28
Compulsory use of lights during the day	≥ 110

Table 1: Results of the individual evaluations

For the following reasons it was not possible to evaluate all the measures individually:

- The measure is not yet in force, or only entered into force after 2015, i.e. too late for inclusion in this evaluation;
- The implementation is not yet completed;
- The necessary data are not available;
- The measure only has an indirect effect on the occurrence of accidents (e.g. the measure aimed at optimising information systems).

# Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung .....	4
Résumé .....	5
Sintesi.....	6
Summary .....	7
1 Einleitung.....	13
2 Datenquellen.....	14
2.1 ASTRA-Register .....	14
2.1.1 Verkehrsunfallregister VU .....	14
2.1.2 Fahrzeug- und Fahrzeughalterregister MOFIS .....	14
2.1.3 Typengenehmigungsregister TARGA.....	15
2.1.4 Administrativmassnahmenregister ADMAS .....	15
2.2 Daten aus externen Quellen .....	15
3 Datenaufbereitung.....	17
3.1 Verknüpfung von Registerdaten.....	17
3.2 Umgang mit fehlenden Datenpunkten .....	17
3.3 Definition von Schwerverletzten und Getöteten .....	17
3.4 Variablen für die Gesamtevaluation .....	18
3.4.1 Fahr- und Verkehrsleistung.....	18
3.4.2 Bevölkerung .....	19
3.4.3 Alkoholgrenzwert .....	20
3.4.4 Monate .....	20
3.4.5 Licht, Gurte, Velohelme und Kindersitze.....	21
3.4.6 Zweiphasenausbildung .....	22
3.4.7 E-Bikes.....	22
3.4.8 Strassenlängen.....	23
3.4.9 Leergewicht Personenwagen .....	24
3.4.10 Wetter .....	24
3.4.11 Feiertage .....	25
3.4.12 Insassenrisiko.....	26
3.5 Daten für die Einzelevaluation.....	26
3.5.1 Keine Begleitung auf Lernfahrten durch Personen, die nur den Führerausweis auf Probe besitzen.....	26
3.5.2 Raserdelikte .....	27
3.5.3 Neudefinition des Mindestalters für Radfahrer und Radfahrerinnen .....	27
3.5.4 Mindestalter für Fuhrleute .....	27
3.5.5 Infrastrukturmassnahmen .....	28
3.5.6 Verbot für bestimmte Personengruppen, unter Alkoholeinfluss zu fahren.....	28
3.5.7 Obligatorisches Fahren mit Licht am Tag .....	29
4 Vorgehen und Ergebnisse .....	31
4.1 Teilprojekt Gesamtevaluation.....	31
4.1.1 Analyseverfahren.....	31
4.1.1.1 Vorgehen .....	31
4.1.1.2 Vier Methoden der Modellrechnung .....	32
4.1.1.3 Verwendete Software .....	32
4.1.2 Resultate .....	33
4.1.3 Methodendiskussion .....	35
4.1.3.1 Methodenwahl.....	35
4.1.3.2 Qualität .....	36
4.1.3.3 Bestimmung der erklärenden Variablen .....	36
4.2 Teilprojekt Einzelevaluation .....	37
4.2.1 Übersicht Einzelmassnahmen.....	37
4.2.2 Keine Begleitung auf Lernfahrten durch Personen, die nur den Führerausweis auf Probe besitzen.....	38
4.2.3 Raserdelikte .....	38
4.2.4 Neudefinition des Mindestalters für Radfahrer und Radfahrerinnen .....	40

4.2.5	Mindestalter für Fuhrleute .....	41
4.2.6	Infrastrukturmassnahmen .....	42
4.2.7	Verbot für bestimmte Personengruppen, unter Alkoholeinfluss zu fahren.....	43
4.2.8	Obligatorisches Fahren mit Licht am Tag .....	44
5	Anhang .....	46
5.1	Via-sicura-Massnahmen .....	46
5.2	Unfallaufnahmeprotokoll UAP .....	47
5.3	Weblinks Datenquellen .....	48
5.4	Tabellen mit den Variablenwerten .....	49
5.5	Herleitung der Masszahl für das Insassenrisiko.....	55
5.6	Modelle.....	57
5.6.1	Zusätzliche Parameter .....	57
5.6.2	Kreuzvalidierung.....	57
5.6.3	Lasso-Modelle .....	58

## Abbildungs-, Tabellen- und Formelverzeichnis

Tabelle 1: Ergebnisse der Einzelevaluationen .....	4
Tableau 1 : Résultats des évaluations individuelles .....	5
Tabella 1: Risultati delle valutazioni singole.....	6
Table 1: Results of the individual evaluations .....	7
Tabelle 2: Übersicht ASTRA-Register .....	14
Tabelle 3: Daten aus externen Quellen.....	16
Tabelle 4: Anteil der Schwerverletzten an den Verletzten .....	18
Abbildung 1: Fahr- und Verkehrsleistung.....	18
Tabelle 5: Fahr- und Verkehrsleistung pro Tag nach Fahrzeugart und Alter .....	19
Abbildung 2: Bevölkerung .....	20
Abbildung 3: Alkoholgrenzwert .....	20
Abbildung 4: Monate .....	21
Abbildung 5: Licht, Gurte, Velohelme und Kindersitze.....	21
Abbildung 6: Zweiphasenausbildung .....	22
Abbildung 7: E-Bikes.....	23
Abbildung 8: Strassenlängen.....	23
Abbildung 9: Leergewicht Personenwagen .....	24
Abbildung 10: Wetter.....	25
Abbildung 11: Feiertage .....	25
Abbildung 12: Insassenrisiko.....	26
Tabelle 6: Berechnungsschema für Unfallschwerpunkte .....	28
Formel 1: Quotienten des Unfallkollektivs und der Vergleichsgruppe .....	29
Formel 2: Doppelquotienten vor und nach Einführung von Licht am Tag.....	30
Formel 3: Prüfgrösse $\chi^2$ .....	30
Tabelle 7: Verwendete Aufteilungen in Trainings- und Testjahre.....	31
Formel 4: Nichtlineares Modell .....	32
Tabelle 8: Verwendete R-Pakete.....	32
Formel 5: Finales Ridge Regression Modell .....	33
Formel 6: Finales (gemitteltes) Lasso Modell.....	33
Formel 7: Finales PLSR Modell.....	33
Formel 8: Finales Nichtlineares Modell.....	33
Abbildung 13: Unfallgeschehen (mit Via sicura) und Prognosen (ohne Via sicura) .....	34
Abbildung 14: Unfallgeschehen (mit Via sicura) und Prognosen (ohne Via sicura), Monatswerte .....	34
Tabelle 9: Prognosen der Modelle.....	35
Tabelle 10: Vergleich der Prognose mit den Unfallzahlen .....	35
Tabelle 11: Signifikanz der Differenzen .....	35
Tabelle 12: Evaluierbarkeit der Via-sicura-Massnahmen .....	37
Abbildung 15: Schwerverunfallte in Unfällen mit einem Lernfahrenden mit Begleitperson .....	38
Abbildung 16: Google Trends-Zahlen zum Stichwort «Raser» für die Schweiz.....	38
Abbildung 17: Entwicklung des Unfallkollektivs vor und nach Lancierung der Volksinitiative.....	39
Tabelle 13: Wertetabelle Unfallkollektiv .....	39
Tabelle 14: Signifikanz der Abweichung vom Trend.....	40
Abbildung 18: Indexierte Anzahl der Schwerverunfallten in Raserunfällen und in der Vergleichsgruppe.....	40
Tabelle 15: Schwerverunfallte in Unfällen mit 0- bis 5-Jährigen auf einem Rad.....	41
Abbildung 19: Schwerverunfallte in Unfällen mit 0- bis 5-Jährigen auf einem Rad.....	41
Abbildung 20: Schwerverunfallte in Unfällen mit «andere nicht motorisierte Fahrzeuge» gelenkt von 5- 14-Jährigen .....	41
Abbildung 21: Aufteilung und Entwicklung der Unfallschwerpunkte nach Strassentypen .....	42
Abbildung 22: Anzahl schwere Unfälle auf Unfallschwerpunkten nach Strassentyp.....	42
Tabelle 16: Entwicklung der schweren Unfälle auf USP und insgesamt .....	43
Tabelle 17: Schwerverunfallte in Unfällen mit vom Alkoholverbot betroffenen Personen .....	43

Tabelle 18: Signifikanz des Unterschieds im Rückgang .....	44
Tabelle 19: Anzahl Führerprüfungen .....	44
Tabelle 20: Rückgänge der Unfallzahlen in Tabelle 17 .....	44
Tabelle 21: Schwerverunfallte in den Unfallkollektiven.....	45
Tabelle 22: Ergebnisse der Delta-Methode.....	45
Tabelle 23: Via-sicura-Massnahmen auf Gesetzesebene .....	47
Tabelle 24a: Jahreswerte der Variablen .....	50
Tabelle 24b: Jahreswerte der Variablen .....	51
Tabelle 25: Abgeleitete Temperatur-Variable.....	52
Tabelle 26: Abgeleitete Niederschlag-Variable .....	53
Tabelle 27: Feiertage-Variable .....	54
Abbildung 23: Insassenrisiko nach Fahrzeugjahrgang .....	55
Tabelle 28: Steigungen und Achsenabschnitte .....	55
Formel 9: Formel für die insris-Variable .....	55
Abbildung 24: Durchschnittsalter des Personenwagenbestands nach Kalenderjahr .....	56
Abbildung 25: Masszahl insris für das Insassenrisiko .....	56
Tabelle 29: Modellparameter.....	57
Tabelle 30: Fehler der Kreuzvalidierung (CV) .....	57
Tabelle 31: Die fünf Lasso-Modelle .....	58
Tabelle 32: Prognosen der einzelnen Lasso-Modelle.....	58



# 1 Einleitung

Via sicura ist das Handlungsprogramm des Bundes für mehr Sicherheit im Strassenverkehr. Es wurde 2012 vom Parlament verabschiedet und hat zum Ziel, die Zahl der im Strassenverkehr Schwerverletzten und Getöteten zu reduzieren. Das Handlungsprogramm umfasst 20 Massnahmen auf Gesetzesebene. Eine Auflistung dieser ist in Anhang 5.1 zu finden. Die Massnahmen treten seit 2013 gestaffelt in Kraft.

Am 14. April 2016 hat die Kommission für Verkehr und Fernmeldewesen des Ständerats das Postulat 16.3267 «Evaluation von Via sicura» eingereicht. Der Ständerat hat das Postulat am 8. Juni 2016 angenommen. Der vorliegende Technische Bericht ist eine Beilage zum Postulatsbericht «Evaluation von Via sicura» und beleuchtet Datengrundlage, Projektdesign, Methodik und Ergebnisse.

Via sicura beinhaltet eine Vielzahl von Massnahmen, die auf unterschiedlichen Ebenen wirken und mit verschiedenen Ansätzen darauf abzielen, die Zahl der im Strassenverkehr Schwerverletzten und Getöteten zu reduzieren. Weil viele Via-sicura-Massnahmen parallel umgesetzt werden, überlagern sich ihre Wirkungen. Zudem treten die Massnahmen in einer Phase von allgemein sinkenden Unfallzahlen in Kraft. Die grosse Herausforderung der Evaluation besteht darin, den Beitrag von Via sicura am rückläufigen Unfallgeschehen zu beziffern und die Wirksamkeit einzelner Massnahmen zu prüfen.

Die Evaluation erfolgt in zwei Teilprojekten:

- Die *Gesamtevaluation* untersucht die Wirksamkeit des Gesamtpakets Via sicura. Dafür wird der Einfluss aller wichtigen Faktoren auf das Unfallgeschehen für die Jahre vor Via sicura bestimmt und damit eine Prognose für die Unfallzahlen 2013 bis 2015 berechnet. Diese Prognose entspricht der Entwicklung ohne Via sicura. Die Differenz zwischen Prognose und tatsächlichem Unfallgeschehen lässt sich durch die Wirkung von Via sicura erklären.
- Die *Einzelevaluation* evaluiert einzelne Massnahmen. Dazu werden Unfallkollektive bestimmt, bei denen die Hauptwirkung der Massnahme erwartet wird. Zudem soll das Unfallkollektiv nicht oder nur in bekanntem Ausmass von anderen Faktoren beeinflusst werden. Die Unfallkollektive werden vor und nach Einführung der Einzelmassnahme untersucht.

Der vorliegende Technische Bericht gliedert sich folgendermassen:

- Kapitel 2 (Datenquellen) widmet sich ausführlich den Datenquellen, ihrem Inhalt und den Zugriffsmöglichkeiten.
- Kapitel 3 (Datenaufbereitung) beschreibt die Datenaufbereitung beider Teilprojekte. Insbesondere werden ausführlich die Bedeutung und die Ausprägung aller Variablen erläutert, die für die Prognose im Teilprojekt Gesamtevaluation genutzt werden.
- Kapitel 4 (Vorgehen und Ergebnisse) enthält die Beschreibungen des Vorgehens und der Ergebnisse, sowohl für die Gesamtevaluation als auch für die Einzelevaluationen.
- Kapitel 5 (Anhang) listet Weblinks zu Datenquellen auf, führt Wertetabellen der Variablen, beinhaltet die platzintensiven Details der Modellrechnung und beschreibt die Herleitung der Variable Insassenrisiko.

## 2 Datenquellen

Für die Evaluation werden Daten aus einer Vielzahl von Quellen berücksichtigt. Dieses Kapitel gibt eine Übersicht.

### 2.1 ASTRA-Register

In den folgenden Abschnitten werden die amtlichen Register des Bundesamts für Strassen ASTRA bezüglich ihres Inhalts und der Art des Zugriffs beschrieben. Daten aus diesen Registern zeichnen sich durch eine hohe Qualität aus.

Register	Datenherrschaft
Verkehrsunfallregister VU	Bundesamt für Strassen ASTRA
Fahrzeug- und Fahrzeughalterregister MOFIS	
Typengenehmigungsregister TARGA	
Administrativmassnahmenregister ADMAS	

Tabelle 3: Übersicht ASTRA-Register

#### 2.1.1 Verkehrsunfallregister VU

##### Inhalt

Die Quelle für die Unfallzahlen ist das Verkehrsunfallregister VU. In VU sind Daten zu allen polizeilich erfassten Strassenverkehrsunfällen ab dem Jahre 1992 erfasst.

Bei jedem Unfall wird nach Vorgaben des ASTRA ein Unfallaufnahmeprotokoll (UAP) ausgefüllt. Das UAP wird am Unfallort anhand der zu diesem Zeitpunkt zur Verfügung stehenden Informationen erstellt und gegebenenfalls nachträglich aktualisiert, um beispielsweise im Spital Verstorbene zu erfassen. In Anhang 5.2 findet sich ein Weblink mit detaillierten Informationen zum UAP.

##### Datenzugriff

Für analytische Auswertungen wird mit dem Programm SAP Business Objects 4.1 auf die Daten des DWH VU zugegriffen. Im DWH VU können alle Angaben aus dem Unfallaufnahmeprotokoll UAP abgefragt, analysiert und in beliebiger Form zu einem Bericht aggregiert werden.

#### 2.1.2 Fahrzeug- und Fahrzeughalterregister MOFIS

##### Inhalt

In MOFIS sind die Immatrikulationen der Strassenfahrzeuge mit Angaben zu Fahrzeug, Halter, Kontrollschild und Versicherung abgebildet.

In MOFIS sind keine Velos, Mofas oder E-Bikes und auch keine Fahrzeuge ohne Immatrikulation (z. B. landwirtschaftliche Anhänger ohne Kontrollschild, Off-Road-Fahrzeuge ohne Kontrollschild) registriert.

##### Datenzugriff

Die Angaben zu einzelnen Fahrzeugen können auf der Benutzeroberfläche des MOFIS Registers eingesehen werden.

Für analytische Auswertungen ganzer Fahrzeugbestände wird mit dem Programm SAP Business Objects 4.1 auf die Daten des DWH MOFIS zugegriffen. Im DWH kann der aktuelle Status jedes immatrikulierten Fahrzeugs abgefragt werden. Ebenfalls abrufbar sind alle Fahrzeuge, die nicht länger als fünf Jahre ausser Verkehr sind. Zu Fahrzeugen, die davor in Betrieb waren, gibt es keine Daten. Eine

Historie (frühere Zustände eines Fahrzeugs) ist nur in sehr beschränkter Masse abgebildet. Deshalb können Zeitreihen oder Entwicklungen z. B. über die letzten zehn Jahre, nicht oder nur ansatzweise abgebildet werden. Historische Daten (z. B. Fahrzeugbestände früherer Jahre) wurden von ehemals auf DVD gespeicherten Datenextrakten gewonnen (Report BESTAND2AAAFSJ). Diese Datenextrakte stehen seit dem Jahr 2011 zur Verfügung. Die Datenaufbereitung ist aufgrund der Datenmenge und des Datenformats umständlich und aufwendig. Sie erfolgte mit Hilfe der Programmiersprachen awk und R.

### 2.1.3 Typengenehmigungsregister TARGA

#### Inhalt

In der Typengenehmigung sind die wichtigsten technischen Angaben zu Fahrzeugen und die erfüllten Normen auf einem Übersichtsblatt zusammengefasst. Andere gebräuchliche Bezeichnungen hierfür sind CH-Datenblatt, Typenschein oder Typengenehmigung. Von besonderem Interesse in Hinblick auf das Unfallgeschehen sind Angaben zu Sicherheitsausrüstungen wie Antiblockiersystem ABS oder Elektronisches Stabilitätsprogramm ESP.

#### Datenzugriff

Der Zugriff auf TARGA-Daten erfolgt für die Sichtung einzelner Datenblätter über TargaWeb. Für analytische Auswertungen liegt ein aktueller Datenextrakt in Form einer Excel-Datei vor.

### 2.1.4 Administrativmassnahmenregister ADMAS

#### Inhalt

ADMAS enthält alle von schweizerischen oder liechtensteinischen Behörden verfügten Administrativmassnahmen im Strassenverkehr mit Angaben zu Person, Art der Massnahme (z. B. Entzug, Aberkennung, Verweigerung, Auflagen, Fahrverbot), Dauer der Massnahme, Art, Schwere und Kontext der Widerhandlung und Art der Führerausweise.

Die in ADMAS verfügbaren Daten wurden in der Designphase gesichtet. Wegen des schwierigen Datenzugriffs (siehe unten) kommen sie aber nicht zur Anwendung.

#### Datenzugriff

Die Angaben zu den Administrativmassnahmen einzelner Personen können auf der Benutzeroberfläche des ADMAS-Registers eingesehen werden.

Für analytische Auswertungen gibt die jährlich erscheinende ADMAS-Statistik einen mengenmässigen (aggregierten) Überblick über die verfügten Massnahmen. Im Zusammenhang mit Via sicura sind insbesondere die aufgrund von Raserdelikten (Art. 90 Abs. 3 SVG) verfügten Administrativmassnahmen von Interesse. Diese werden jedoch in der ADMAS-Statistik nicht gesondert ausgewiesen. Abgesehen von der ADMAS-Statistik gibt es keine Möglichkeit, analytische Auswertungen vorzunehmen oder Daten zu aggregieren.

## 2.2 Daten aus externen Quellen

Folgende Daten stammen aus externen Quellen.

Beschreibung	Form	Quelle
Fahrleistung*	Als Total oder aufgeteilt	Bundesamt für Statistik BFS
Verkehrsleistung*	nach Alterskategorie und Fahrzeugart	

Beschreibung	Form	Quelle
Bevölkerung	Anzahl Einwohner der Schweiz aufgeteilt nach Alterskategorien und Nationalität	Bundesamt für Statistik BFS
Länge des Strassen-netzes	Längen der National-, Kantons- und Gemeindestrassen	
Feiertage	Nationale und kantonale Feiertage	Bundesamt für Justiz BJ
E-Bike Verkäufe	Jährliche E-Bike-Verkaufszahlen	velosuisse
Leergewicht	Leergewichte aller in einem Jahr neu zugelassenen PW	Bundesamt für Energie BFE
Kindersitze	Benutzungsquote von Kindersitzen	
Licht am Tag	Lichteinschaltquote am Tag	Beratungsstelle für Unfallverhütung bfu
Gurte	Gurtragequote	
Helme	Velohelmtragequote	
Wetter	Monatliche Durchschnittswerte von Temperatur und Niederschlag von 14 Messstationen	Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie MeteoSchweiz
Strassenverteilung	Strassenlänge pro 2,2 km Gitterpunkt	VeSPA [5]
Polizeimeldungen mit Tieren	Polizeimeldungen in der Schweiz zum Thema «Tiere (Tierquälerei, Unfälle mit Tieren etc.)»	Polizei-Schweiz.ch
Führerprüfungen	Anzahl bestandener Führerprüfungen pro Jahr	Vereinigung der Strassenverkehrsämter asa

*Tabelle 4: Daten aus externen Quellen*

\* Fahrleistung ist die von Fahrzeugen zurückgelegte Distanz, Verkehrsleistung die von Personen zurückgelegte Distanz

Im Anhang 5.3 sind die Weblinks zu den online verfügbaren Datenquellen aufgeführt.

# 3 Datenaufbereitung

## 3.1 Verknüpfung von Registerdaten

Die Verknüpfung von MOFIS-Daten mit TARGA-Daten erfolgt über die eindeutige Typengenehmigungsnummer. Fahrzeuge identischer Bauart können unterschiedlichen Typengenehmigungen zugeordnet werden, weil jeder Importeur grösserer Serien eine eigene Genehmigung erstellen lässt. In MOFIS hat jedes dem Typengenehmigungsverfahren unterliegende Fahrzeug eine Typengenehmigungsnummer. Dies betrifft die grosse Mehrheit der Fahrzeuge. Ausgenommen sind vor allem gebrauchte eingeführte Fahrzeuge und Importe von kleinen Serien oder Importe für den Eigengebrauch.

Die Verknüpfung von VU-Daten mit MOFIS-Daten erfolgt über die bis auf wenige Ausnahmen eindeutige Fahrgestellnummer (VIN) oder über die amtlich vergebene Stammnummer. Jedes Fahrzeug in MOFIS hat eine Fahrgestellnummer und eine Stammnummer. Im Verkehrsunfallregister werden diese Nummern erst ab 2011 flächendeckend erfasst. Die Nummern sind im Verkehrsunfallregister manchmal fehlerhaft erfasst. In solchen Fällen ist es hilfreich, gegebenenfalls die andere der beiden Nummern (also z. B. die Stammnummer anstelle der Fahrgestellnummer) als Schlüssel zu verwenden.

Alle Registerdaten sind in vollständig unabhängigen Datenbanken gespeichert. Die Verknüpfung beschränkt sich auf vorher aus den Datenbanken gezogene Datenextrakte. Sie erfolgt also ausserhalb der Datenbanken.

## 3.2 Umgang mit fehlenden Datenpunkten

Für die meisten Variablen liegen die Daten für den gesamten betrachteten Zeitraum von 2000 bis 2015 vor. Bei manchen fehlen jedoch einzelne Datenpunkte. Diese wurden mittels der angrenzenden Daten wie folgt ergänzt: Befinden sich die fehlenden Datenpunkte zwischen vorhandenen, wird linear interpoliert. Andernfalls wird die Entwicklung der beiden vorherigen bzw. nachfolgenden linear fortgesetzt.

Alle noch folgenden Modelrechnungen erfolgen auf Monatsebene. Da die meisten Daten nur als Jahreszahlen vorliegen, werden die Monatswerte mit einer linearen Interpolation berechnet.

## 3.3 Definition von Schwerverletzten und Getöteten

Das Ziel von Via sicura ist die Reduktion der im Strassenverkehr Schwerverletzten und Getöteten. Da die Zahl der Getöteten zu gering ist und vergleichsweise grossen Schwankungen unterliegt, wird stets die Summe der Schwerverletzten und Getöteten verwendet.

Bis 2014 galt eine Person als schwer verletzt, wenn sie eine schwere sichtbare Beeinträchtigung erleidet, die normale Aktivitäten zu Hause für mindestens 24 Stunden verhindert (z. B. Bewusstlosigkeit, Knochenbruch [exkl. Fingerbruch] oder Spitalaufenthalt von mehr als einem Tag). Seit 2015 wird eine neue Definition angewandt: Eine Person gilt erst als schwer verletzt, wenn eine stationäre ärztliche Versorgung notwendig ist. Wegen dieser geänderten Definition ist im Jahr 2015 mit tieferen Zahlen als in den Vorjahren zu rechnen. Diesem Umstand wird mit einem Korrekturfaktor Rechnung getragen. Dieser ergibt sich aus der Betrachtung des Anteils Schwerverletzter an der Gesamtheit der Verletzten der letzten Jahre.

Jahr	Schwerverletzte	Verletzte	Anteil Schwerverletzter
2011	4437	23242	19.09 %
2012	4202	22218	18.91 %
2013	4129	21379	19.31 %
2014	4043	21521	18.79 %
2015	(3830)→4098	21538	(17.78 %)

Tabelle 5: Anteil der Schwerverletzten an den Verletzten

Teilt man den Durchschnitt des Anteils der Schwerverletzten der Jahre 2011 bis 2014 durch den Anteil von 2015, so ergibt sich der Korrekturfaktor 1.07. Natürlich lässt sich dieser nicht absolut bestimmen. Wenn noch die Unterschiede im Anteil der Jahre 2011 bis 2014 mitberücksichtigt werden, so ergibt sich für den Faktor der Bereich zwischen 1.04 und 1.10. Im weiteren Verlauf wird 1.07 verwendet. Somit ist  $1.07 \cdot 3830 = 4098$  die Schätzung für die Anzahl Schwerverletzte des Jahres 2015, wenn die Definition nicht geändert hätte.

Als Getötete zählen Personen, die auf der Unfallstelle oder innert 30 Tagen nach dem Unfall an den Unfallfolgen sterben.

Die Anzahl der Schwerverletzten und Getöteten wird im weiteren Verlauf auch als Schwerverunfallte bezeichnet. Sie steht für die Jahre 1992 bis 2015 zur Verfügung. Die Unfalldaten aus der Zeit vor dem Jahr 2000 weisen noch nicht die erforderliche Datenqualität auf und werden deshalb nicht verwendet.

### 3.4 Variablen für die Gesamtevaluation

Im Folgenden werden die Variablen für die Evaluation des Gesamtprogramms beschrieben. Wertetabellen zu den Variablen finden sich im Anhang unter 5.4.

#### 3.4.1 Fahr- und Verkehrsleistung

Kurzbezeichnung	Bedeutung	Datenquelle
<i>fahr</i>	Die Summe der im privaten Personen-, Güter- und öffentlichen Strassenverkehr pro Jahr zurückgelegten Fahrzeugkilometer	Fahrleistung, Bundesamt für Statistik BFS
<i>verkehr</i>	Im privaten Personenverkehr pro Jahr zurückgelegte Personenkilometer	Verkehrsleistung, Bundesamt für Statistik BFS

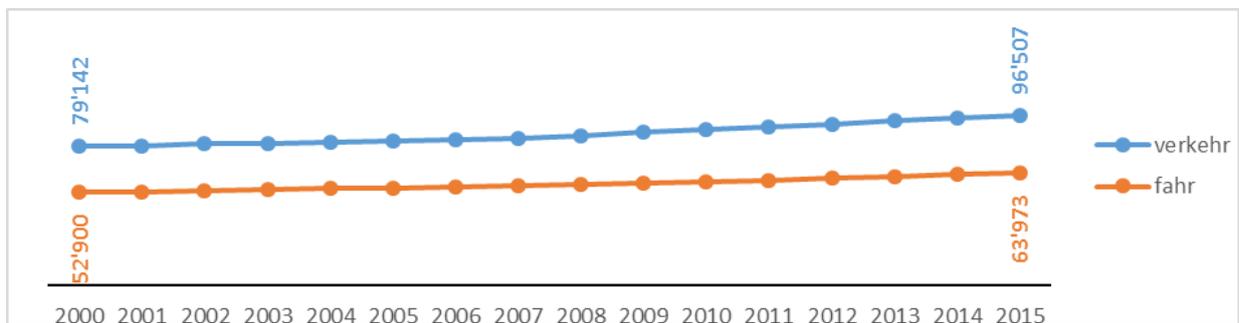


Abbildung 1: Fahr- und Verkehrsleistung

Ein Mass für die Exposition sind die vom BFS publizierten Daten zur Fahr- und Verkehrsleistung. Die Fahrleistung ist die von Fahrzeugen zurückgelegte Distanz. Dazu werden die Kilometer pro Jahr vom privaten Personen-, Güter- und öffentlichen Verkehr auf der Strasse aufsummiert.

Bei der Verkehrsleistung handelt es sich um die von Personen zurückgelegte Distanz. Das bedeutet, dass die Fahrstrecke von Fahrzeugen mit mehreren Insassen mehrfach gezählt wird. Im Rahmen dieser Evaluation werden die im privaten Personenverkehr pro Jahr zurückgelegten Personenkilometer verwendet.

Kurzbezeichnung	Bedeutung	Datenquelle
z. B.: <i>FL_MIV1824</i> <i>FL_A4564</i>	Durchschnittliche Tagesfahrleistung nach <ul style="list-style-type: none"> <li>• sechs Altersklassen</li> <li>• vier Fahrzeugkategorien</li> </ul> (alle Kombinationen)	
z. B.: <i>VL_MZweir80+</i> <i>VL_MIV80+</i>	Durchschnittliche Tagesverkehrsleistung nach <ul style="list-style-type: none"> <li>• sechs Altersklassen</li> <li>• vier Fahrzeugkategorien</li> </ul> (alle Kombinationen)	Mikrozensus 2000, 2005, 2010

Tabelle 6: Fahr- und Verkehrsleistung pro Tag nach Fahrzeugart und Alter

Alle fünf Jahre erstellt das Bundesamt für Statistik BFS in Zusammenarbeit mit dem Bundesamt für Raumentwicklung ARE den Mikrozensus Mobilität. Darin wird das Mobilitätsverhalten der Schweizer Bevölkerung detailliert erfasst. Dies erlaubt es, die Entwicklung der Fahr- und Verkehrsleistung aufgeteilt nach Alterskategorie und Fahrzeugart zu berücksichtigen. Wegen der Vielfalt der Kombinationen wird hier auf die grafische Darstellung der Variablen verzichtet. In Anhang 5.3 findet sich der Weblink zu den Datensätzen.

Für die Evaluation von Via sicura werden folgende Variablen berücksichtigt:

Die durchschnittliche Anzahl Kilometer pro Tag und Fahrzeug (Fahrleistung *FL*) oder Person (Verkehrsleistung *VL*) für die vier Fahrzeugkategorien

- Velos (*V*)
- motorisierte Zweiräder (*MZweir*)
- Personenwagen (*A*)
- gesamter motorisierter Individualverkehr (*MIV*, Summe von *Mzweir* und *A*)

sowohl für die gesamte Bevölkerung als auch aufgeteilt nach den Alterskategorien

- 6 - 17
- 18 - 24
- 25 - 44
- 45 - 64
- 65 - 79
- 80+

und zusätzlich die Exposition auf der Strasse, das heisst die durchschnittlichen Personenkilometer auf der Strasse pro Tag (*ExpoStr*).

### 3.4.2 Bevölkerung

Kurzbezeichnung	Bedeutung	Datenquelle
<i>alter1824</i>	Anzahl Personen der ständigen Wohnbevölkerung im Alter von 18 bis und mit 24 Jahren	
<i>alter2544</i>	analog	
<i>alter4564</i>	analog	
<i>alter6579</i>	analog	
<i>alter80</i>	analog, im Alter von 80 Jahren oder mehr	
<i>auslaender</i>	Anzahl Personen der ständigen Wohnbevölkerung, jedoch nur ausländischer Staatsangehörigkeit	Bevölkerung, Bundesamt für Statistik BFS

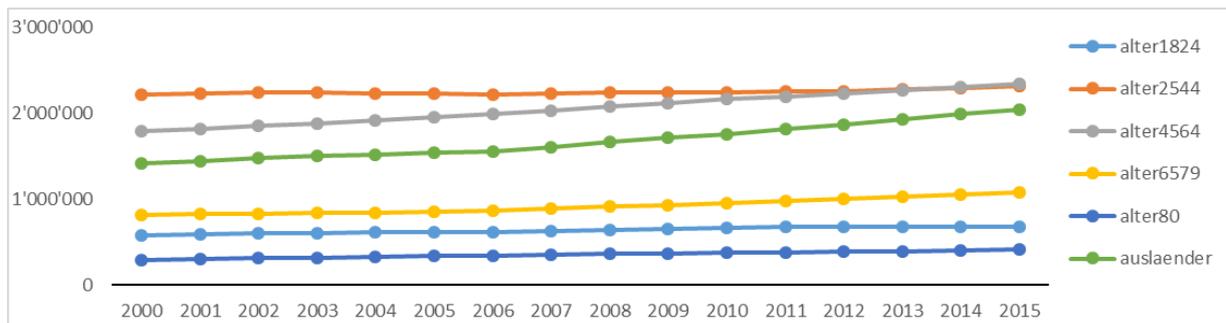


Abbildung 2: Bevölkerung

Um die Entwicklung der Bevölkerung wiederzugeben, werden die Zahlen der Altersstatistik des BFS zu den Altersgruppen 18 bis 24, 25 bis 44, 45 bis 64, 65 bis 79 und 80 und älter zusammengefasst. Zusätzlich wird die Anzahl der Personen mit ausländischer Staatsangehörigkeit bei der ständigen Wohnbevölkerung berücksichtigt. Diese Gruppenbildung erfolgt, weil im Teilprojekt 1 des Forschungspaketes VeSPA ein unterschiedliches Unfallrisiko sowohl zwischen den Altersgruppen als auch zwischen Personen mit und ohne Schweizer Staatsbürgerschaft festgestellt wurde [4].

### 3.4.3 Alkoholgrenzwert

Kurzbezeichnung	Bedeutung	Datenquelle
<i>alkohol</i>	Dummy-Variable mit dem Wert <ul style="list-style-type: none"> <li>0 für Monate mit einem Blutalkoholgrenzwert von 0.8</li> <li>1 für Monate mit einem Blutalkoholgrenzwert von 0.5</li> </ul>	Senkung des Blutalkoholgrenzwerts auf 0.5 Promille am 1.1.2005

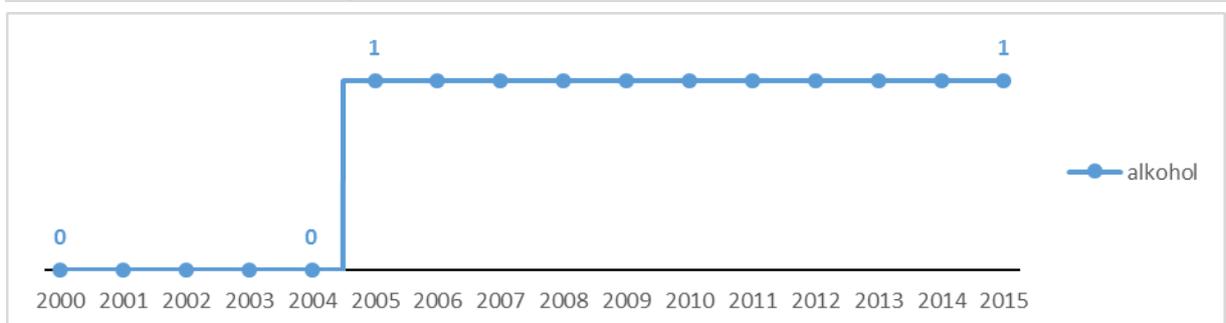


Abbildung 3: Alkoholgrenzwert

Variablen zur Unterscheidung zwischen klar trennbaren Zeiträumen werden hier Dummy-Variablen genannt. Um zwischen den Monaten vor und denjenigen nach der Senkung des gesetzlichen Blutalkoholgrenzwerts von 0.8 auf 0.5 Promille zu unterscheiden, wird eine Variable verwendet, welche den Wert 0 für Monate vor der Einführung annimmt und den Wert 1 für die Monate nach der Einführung.

### 3.4.4 Monate

Kurzbezeichnung	Bedeutung	Datenquelle
<i>monat1</i>	Dummy-Variable mit dem Wert <ul style="list-style-type: none"> <li>0 für nicht zutreffend</li> <li>1 für zutreffend</li> </ul>	
<i>monat2</i>		
...		
<i>monat11</i>		

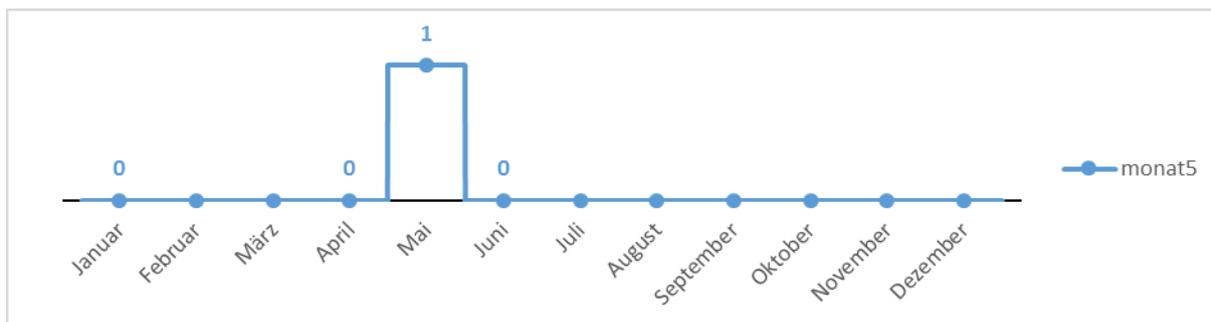


Abbildung 4: Monate

Um zwischen saisonalen Effekten, wie Ferien, unterscheiden zu können, werden die Dummy-Variablen *monat1* bis *monat11* verwendet. Diese nehmen den Wert 1 an, wenn es sich um den entsprechenden Monat (Januar, Februar, ... , November) handelt, und den Wert 0 wenn nicht. Das Diagramm zeigt als Beispiel *monat5*. Der fünfte Monat ist der Mai, somit ist die Variable *monat5* im Mai jeden Jahres immer 1 und ansonsten 0. Da der Dezember sich dadurch auszeichnet, dass *monat1* bis *monat11* die Werte 0 aufweisen, gibt es keine Variable *monat12*.

### 3.4.5 Licht, Gurte, Velohelme und Kindersitze

Kurzbezeichnung	Bedeutung	Datenquelle
<i>licht</i>	Befolgungsquote von Licht am Tag in Prozent der kontrollierten Motorfahrzeuge mit Schweizer Kontrollschild	Licht am Tag, Beratungsstelle für Unfallverhütung bfu
<i>gurten</i>	Gurtentragquote des Lenkers in Prozent der kontrollierten Fahrzeuge mit Schweizer Kontrollschild	Gurtentragquote, Beratungsstelle für Unfallverhütung bfu
<i>helm</i>	Velohelmtragquote in Prozent der kontrollierten Fahrzeuge	Helmtragquote, Beratungsstelle für Unfallverhütung bfu
<i>kindersitze</i>	Benutzungsquote von Kinderrückhaltesystemen in Prozent	Kindersitze, Beratungsstelle für Unfallverhütung bfu

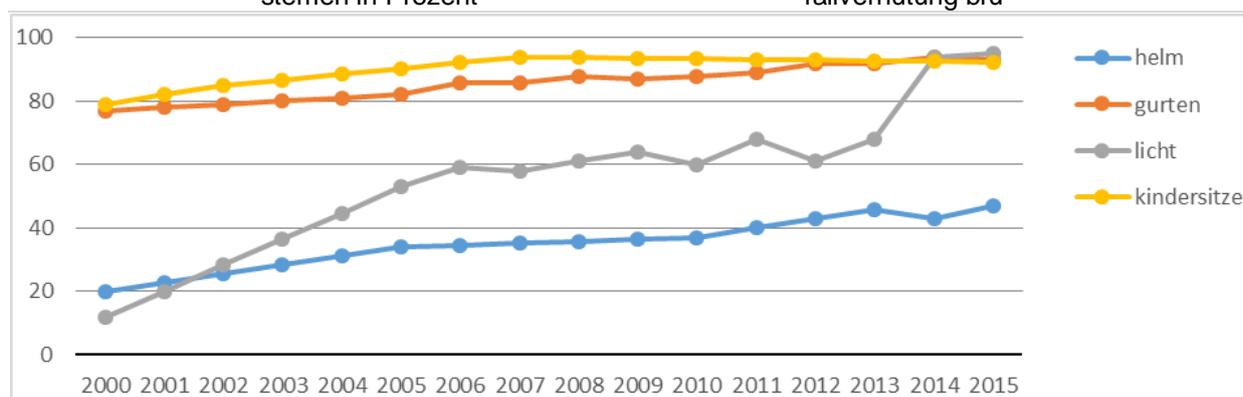


Abbildung 5: Licht, Gurte, Velohelme und Kindersitze

Die Lichteinschaltquote wird von der bfu bei Tageslicht und bei guter Witterung erhoben. Sie wird in Prozent der kontrollierten Fahrzeuge mit Schweizer Kontrollschild angegeben. Das Lichtobligatorium für Motorfahrzeuge bei Tag gilt seit dem 1. Januar 2014. Das Gebot zum Fahren mit Licht am Tag besteht seit 2002.

Schutzausrüstung wie Gurten, Velohelme und Kindersitze helfen Unfallfolgen zu verringern. Somit wirkt sich deren Benützung nicht auf die *Zahl* der Unfälle aus, jedoch auf die Anzahl der Schwerverletzten und Getöteten. Die Benutzungsquoten von Kinderrückhaltesystemen, Sicherheitsgurten und Velohelmen werden von der bfu regelmässig erhoben. Die Angabe erfolgt in Prozent der kontrollierten

Fahrzeuge. Da bei den Gurten die Tragequoten bei den verschiedenen Insassen getrennt erfasst werden, wird hier diejenige der Person am Steuer verwendet.

### 3.4.6 Zweiphasenausbildung

Kurzbezeichnung	Bedeutung	Datenquelle
<i>zweiphasen1</i>	Anzahl der Jahre, seit der die Zweiphasenausbildung gilt.	Einführung der Zweiphasenausbildung am 1.12.2005
<i>zweiphasen2</i>	Anzahl der Prüfungsjahrgänge, die sich in der dreijährigen Probezeit befinden.	

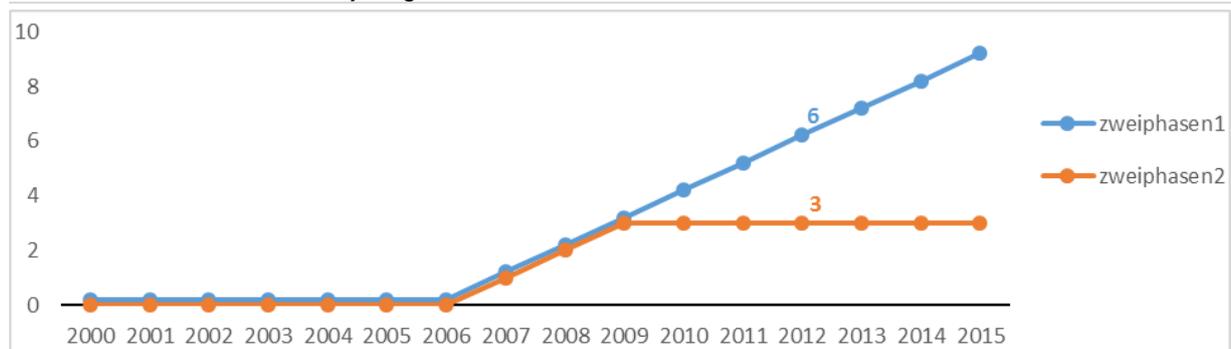


Abbildung 6: Zweiphasenausbildung

Lesebeispiel: 2012 hat die Variable *zweiphasen1* den Wert 6 und *zweiphasen2* den Wert 3. Dies, da 2012 die Zweiphasenausbildung seit 6 Jahren in Kraft ist und sich 3 ganze Prüfungsjahrgänge in der Probezeit befinden.

Genau wie die Reduktion des Blutalkoholgrenzwertes stellt auch die Einführung der Zweiphasenausbildung eine zeitlich genau festgelegte Änderung dar. Jedoch kann sie nicht wie der Blutalkoholgrenzwert einfach als Dummy-Variable mit den Werten 0 und 1 dargestellt werden, denn sie betrifft nur Neuliker. Für Personen, die schon Inhaber des Führerscheins sind, ändert sich nichts. Somit hängt die Wirkung dieser Massnahme direkt von der Anzahl Personen ab, die ihre Ausbildung nach dem neuen System gemacht haben.

Die Zweiphasenausbildung wird auf zwei Arten numerisch beschrieben: (i) Anzahl Jahre, in denen die neue Ausbildung angewandt wird (mit den Jahreswerten 0, 0, 0, 1, 2, 3, 4, 5, usw.) und (ii) Anzahl der möglichen Jahre Probezeit (mit den Jahreswerten 0, 0, 0, 1, 2, 3, 3, 3, usw.). Variante (ii) berücksichtigt, dass die Zweiphasenausbildung während der Probezeit die grösste Wirkung haben könnte. Deswegen bildet Variante (ii) ab, dass die Anzahl Personen, die sich in der Probezeit befinden, in den ersten drei Jahren nach Einführung stetig zunimmt und dann stagniert.

### 3.4.7 E-Bikes

Kurzbezeichnung	Bedeutung	Datenquelle
<i>ebikes</i>	Kumulation der jährlichen Verkaufszahlen von E-Bikes	E-Bike Verkäufe, velosuisse

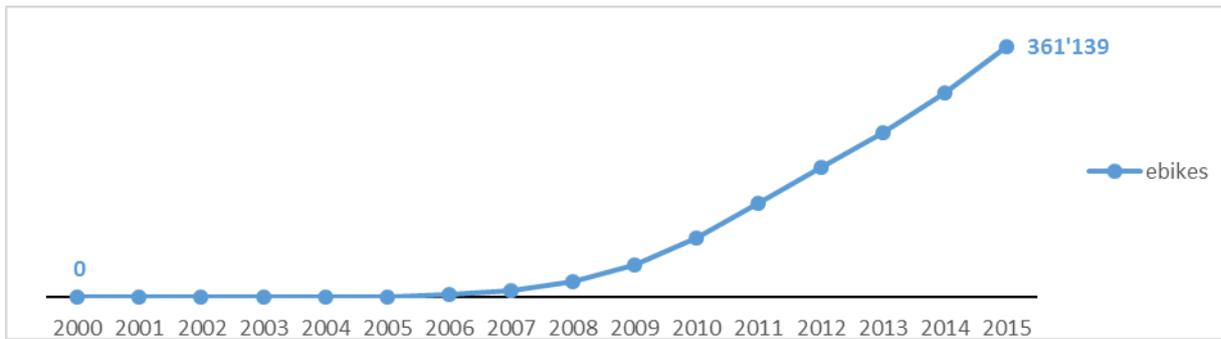


Abbildung 7: E-Bikes

In der bfu-Sicherheitsanalyse E-Bikes im Strassenverkehr [3] wird ein proportionaler Zusammenhang zwischen schweren Unfällen mit E-Bikes und dem Bestand von E-Bikes festgestellt.

Der Bestand von E-Bikes wird nicht amtlich erfasst und ist deshalb nicht exakt bekannt. Als Alternative werden die jährlichen Verkaufszahlen gemäss velosuisse, dem Verband der Schweizer Fahrradlieferanten, kumuliert. Unter der Annahme, dass die verkauften E-Bikes grösstenteils noch in Betrieb sind, darf von den Verkaufszahlen auf den Bestand geschlossen werden.

### 3.4.8 Strassenlängen

Kurzbezeichnung	Bedeutung	Datenquelle
<i>nationalstr</i>	Gesamtlänge der Nationalstrassen in km	Bundesamt für Statistik BFS
<i>kantonsstr</i>	Gesamtlänge der Kantonsstrassen in km	
<i>gemeindestr</i>	Gesamtlänge der Gemeindestrassen in km	

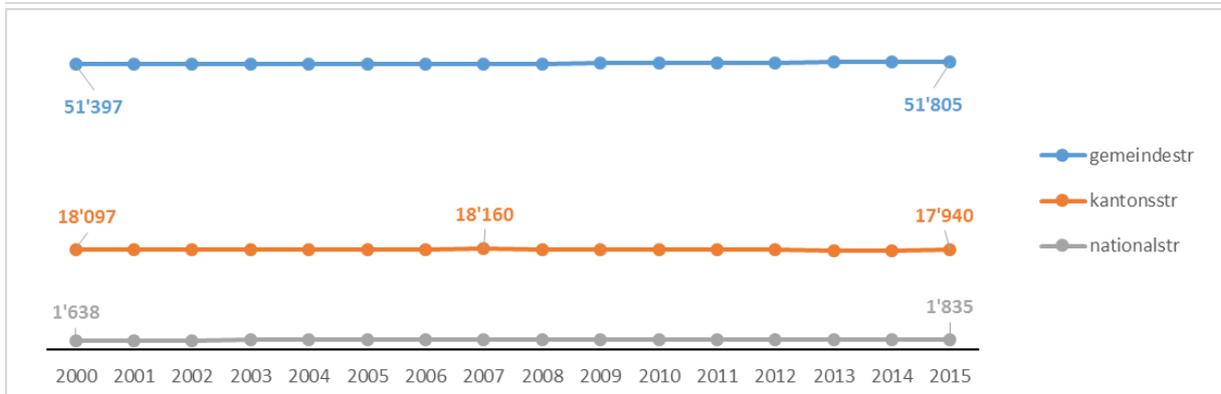


Abbildung 8: Strassenlängen

Bei der Gesamtlänge des Strassennetzes stellt man während des Beobachtungszeitraums nur geringe Veränderungen fest. Auch der Längenanteil nach Strassenart verändert sich kaum.

### 3.4.9 Leergewicht Personenwagen

Kurzbezeichnung	Bedeutung	Datenquelle
<i>leergewPW</i>	Durchschnittliches Leergewicht aller in einem Jahr neu zugelassenen Personenwagen	Bundesamt für Energie BFE

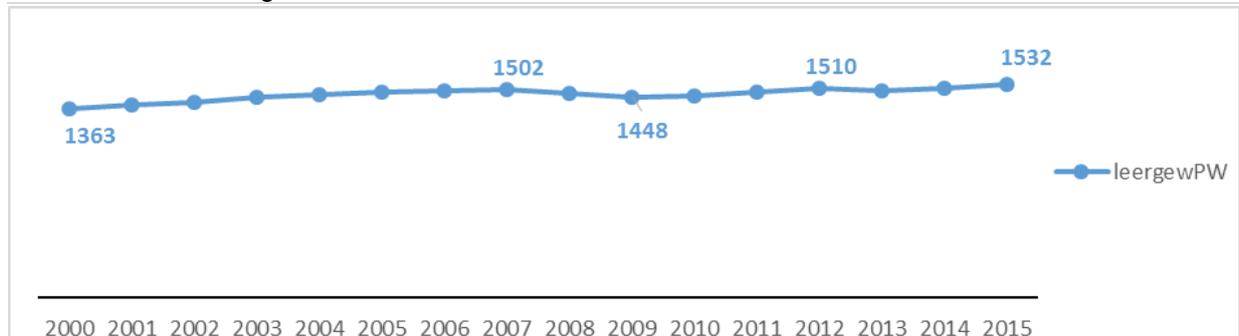


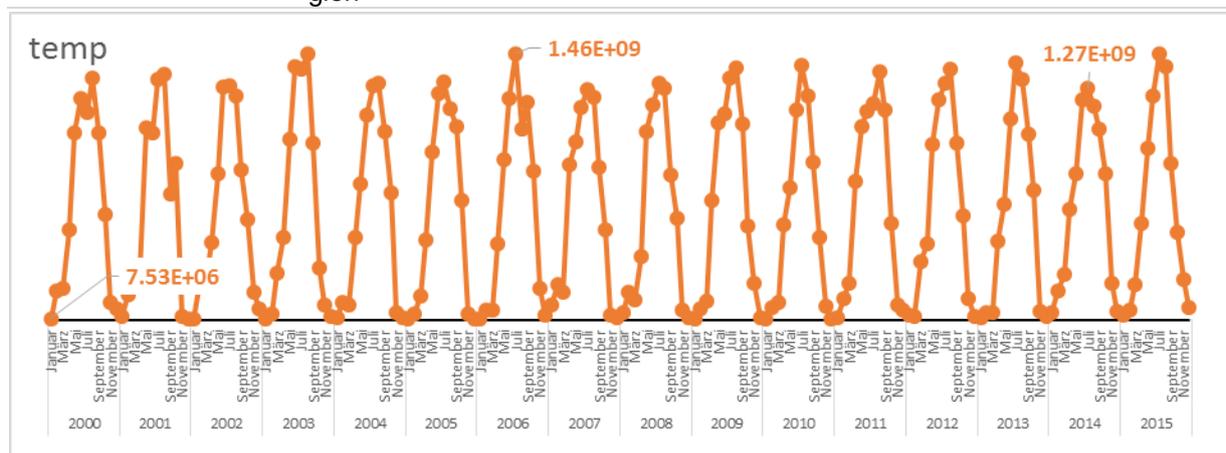
Abbildung 9: Leergewicht Personenwagen

Das durchschnittliche Leergewicht wird vom Bundesamt für Energie BFE ermittelt und bezieht sich auf alle in einem Jahr neu zugelassene Personenwagen.

Das durchschnittliche Leergewicht der Personenwagen nimmt tendenziell mit dem Fahrzeugjahrgang zu. Die Veränderung bei den Fahrzeuggewichten kann sich auf die bei Kollisionen umgesetzte Energie und auf das Gewichtsverhältnis der Unfallgegner auswirken. Somit ist ein Einfluss auf das Unfallgeschehen zu erwarten. Die Gewichtszunahme ist aber von kleinem Ausmass und stellt keine neue Entwicklung dar.

### 3.4.10 Wetter

Kurzbezeichnung	Bedeutung	Datenquelle
<i>temp</i>	Masszahl <ul style="list-style-type: none"> <li>für den Einfluss der Temperatur auf das Unfallgeschehen</li> <li>gewichtet nach der Länge des Strassennetzes in der jeweiligen Klimaregion</li> </ul>	MeteoSchweiz (Temperatur), VeSPA (Einfluss der Temperatur, Gewichtung nach Länge des Strassennetzes) [5]
<i>nieders</i>	Masszahl <ul style="list-style-type: none"> <li>für den Einfluss des Niederschlags auf das Unfallgeschehen</li> <li>gewichtet nach der Länge des Strassennetzes in der jeweiligen Klimaregion</li> </ul>	MeteoSchweiz (Niederschlag), VeSPA (Einfluss des Niederschlags, Gewichtung nach Länge des Strassennetzes) [5]



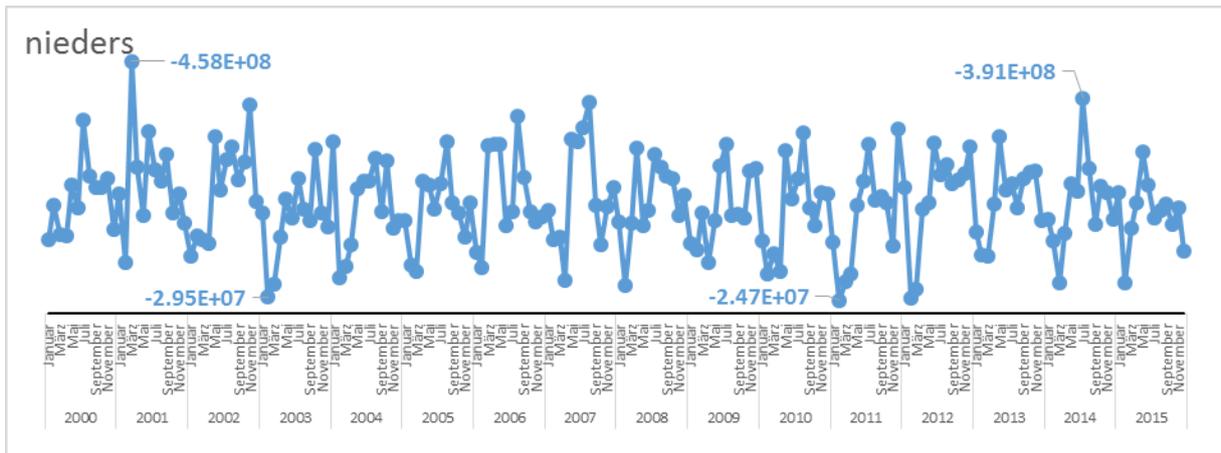


Abbildung 10: Wetter

Die Wetterdaten stammen von MeteoSchweiz. Es handelt sich um die homogenisierten Monatsdaten der Durchschnittstemperatur und des Niederschlags für die Jahre 2000 bis 2015 von 14 Messstationen. Jede der Stationen deckt eine der grossen Klimaregionen der Schweiz ab. Daraus werden zwei Masszahlen für das Wetter abgeleitet, indem die Werte bezüglich ihres Einflusses auf das Unfallgeschehen gewichtet werden. Dazu kommen die Resultate vom Teilprojekt 4 des Forschungspakets VeSPA [5] auf zwei Arten zum Zug. Zum einen wurde im Projekt die Stärke des Einflusses für verschiedene Temperaturbereiche bzw. Niederschlagsmengen ermittelt und zum anderen wurde auch die räumliche Verteilung des Schweizer Strassennetzes detailliert erfasst. Damit kann für jede der 14 Klimaregionen die Strassenlänge bestimmt werden. So können die Wetterdaten zuerst nach der Stärke ihres Effekts auf Unfälle gemäss VeSPA klassifiziert und dann nach Strassenlänge pro Klimaregion gewichtet werden.

Speziell zu erwähnen ist, dass die beiden Variablen gegensätzliche Vorzeichen haben. Der Grund dafür ist, dass nach den VeSPA-Resultaten sich Temperatur und Niederschlag entgegengesetzt auf schwere Unfälle auswirken. Während es bei hohen Temperaturen mehr schwere Unfälle gibt und die Temperatur-Variable darum ein positives Vorzeichen hat, sinkt bei Regen abhängig von dessen Intensität die Zahl der schweren Unfälle, was sich im negativen Vorzeichen der entsprechenden Variable äussert. Die Wertetabellen der beiden Variablen befinden sich im Anhang 5.4.

### 3.4.11 Feiertage

Kurzbezeichnung	Bedeutung	Datenquelle
<i>feiertage</i>	Masszahl <ul style="list-style-type: none"> <li>für die monatliche Anzahl Feiertage, die nicht auf ein Wochenende fallen</li> <li>gewichtet nach der Menge der betroffenen Personen</li> </ul>	Feiertage, Bundesamt für Justiz BJ

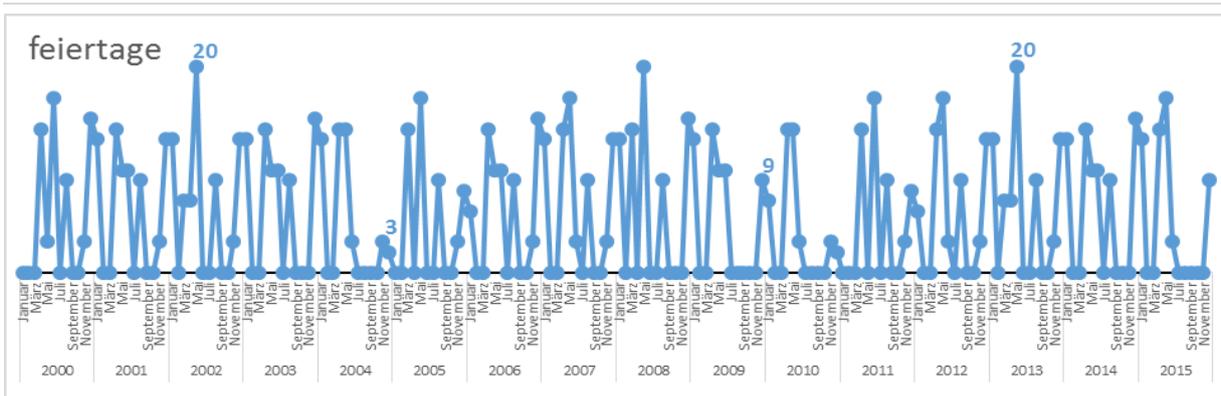


Abbildung 11: Feiertage

Feiertage unterscheiden sich bezüglich des Verkehrsgeschehens deutlich von normalen Wochentagen, weshalb sie gesondert zu betrachten sind. Dazu werden die Feiertage mit der auf Millionen gerundeten Anzahl betroffener Personen gewichtet (Bevölkerung Stand 2003). Ins Modell fließen nur Feiertage ein, die nicht auf das Wochenende fallen und gerundet mindestens zwei Millionen Personen betreffen. Um Monatswerte zu erhalten, werden die Gewichte der Feiertage aufsummiert.

### 3.4.12 Insassenrisiko

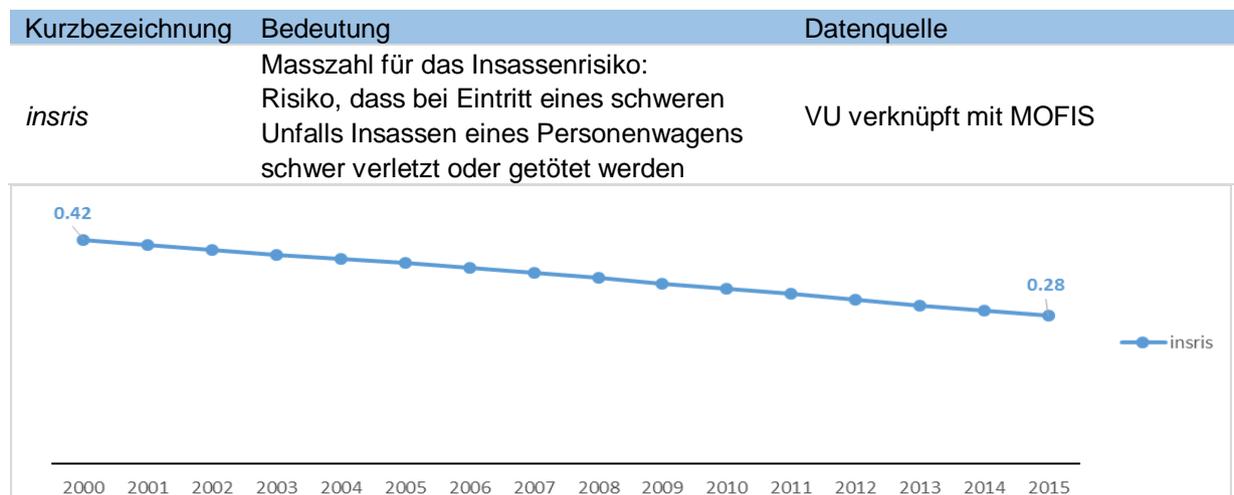


Abbildung 12: Insassenrisiko

Das Insassenrisiko wird in dieser Evaluation als das Risiko verstanden, dass bei Eintritt eines schweren Unfalls Insassen eines Personenwagens schwer verletzt oder getötet werden.

Das Insassenrisiko der Personenwagen wird anhand des Unfallgeschehens der Jahre 2011 bis 2015 ermittelt. Das Insassenrisiko wird in Verbindung mit dem Jahrgang des Fahrzeugs gebracht. Dazu werden Daten aus VU mit MOFIS verknüpft. Es kann für jeden Fahrzeugjahrgang bestimmt werden, wie hoch das durchschnittliche Insassenrisiko ist.

Die Herleitung der Masszahl für das Insassenrisiko ist in Anhang 5.5 beschrieben.

## 3.5 Daten für die Einzelevaluation

Für die Evaluation der einzelnen Massnahmen kommen fast ausschliesslich die Daten aus dem Verkehrsunfallregister VU zum Einsatz. Welches Unfallkollektiv bei welcher Massnahme untersucht wird und was es dabei zu beachten gilt, wird im Folgenden erläutert. Eine Beschreibung der Massnahmen ist in Anhang 5.1 zu finden. Die Details zur Evaluierbarkeit befinden sich in Tabelle 13, Abschnitt 4.2.1.

### 3.5.1 Keine Begleitung auf Lernfahrten durch Personen, die nur den Führerausweis auf Probe besitzen

Bei Unfällen werden zwar alle Insassen eines Fahrzeugs erfasst, jedoch nicht über welche Art von Führerausweis sie verfügen. Zudem wird bei Lernfahrten zwar angegeben, ob diese korrekt begleitet werden, jedoch ohne genauere Begründung. Somit lässt sich nicht sagen, wie viele in Unfälle verwickelte Lernfahrten aufgrund der Gesetzesänderung neu falsch begleitet sind. Jedoch liesse sich daran auch nicht der Erfolg der Massnahme ablesen, denn das Ziel ist ja die Reduktion der Anzahl Schwerverletzter und Getöteter.

Somit verbleiben als einzige Datengrundlage genau jene Unfälle, in die eine Person mit einem Lernfahrausweis, der eine Begleitperson notwendig macht, involviert ist.

### 3.5.2 Raserdelikte

Als für diese Massnahme relevante Unfälle können diejenigen angesehen werden, die die Ursache «Überschreiten der gesetzlichen oder signalisierten Höchstgeschwindigkeit» oder «Verfolgungsfahrt, Rennen» haben. Sie werden im Folgenden Unfallkollektiv genannt. Mit der Wahl dieses Unfallkollektivs wird die Gesamtwirkung der Massnahme untersucht, da auch von einer Wirkung ausserhalb des eng gefassten Rasertatbestandes auszugehen ist.

Die Hälfte der im Unfallkollektiv involvierten PW-Lenkenden ist 18- bis 30-jährig. Somit können diese als Risikogruppe betrachtet werden und deren Unfälle insgesamt als Vergleichsgrösse.

Es stehen keine genau auf den Rasertatbestand eingegrenzten Daten zur Verfügung. Im Unfallaufnahmeprotokoll UAP wird nicht erfasst, ob sich der Unfall in Folge eines Rasertatbestandes ereignet hat und es gibt keine genaueren Geschwindigkeitsangaben zum Unfallzeitpunkt. Im Administrativmassnahmenregister ADMAS ist ersichtlich, ob die geahndete Widerhandlung in Zusammenhang mit einem Unfall steht. Es ist aber nicht ersichtlich, ob eine Massnahme aufgrund des Rasertatbestandes verfügt wird. Das Bundesamt für Statistik BFS veröffentlicht Jahreszahlen von Verurteilungen aufgrund des Raserartikels. Diese Angaben lassen keine genauen Analysen zu, weil zwischen dem Tag der Widerhandlung und der rechtskräftigen Verurteilung Jahre vergehen können.

### 3.5.3 Neudefinition des Mindestalters für Radfahrer und Radfahrerinnen

Die für die Evaluation dieser Massnahme relevanten Unfälle werden anhand der folgenden Angaben des UAP identifiziert: Unfälle mit Schwerverletzten oder Getöteten, in die 0- bis 5-jährige Kinder auf Fahrrädern, Kinderrädern oder nicht genauer spezifizierten Fahrzeugähnlichen Gefährten (FäG) involviert sind, aufgeteilt nach Strassenart. Aus den vorhandenen Unfallangaben lässt sich jedoch nicht feststellen, ob das Kind alleine unterwegs war oder begleitet wurde. Dies wäre von Bedeutung, da das neue Gesetz eine Begleitung explizit vorsieht.

### 3.5.4 Mindestalter für Fuhrleute

Fuhrwerke und Kutschen fallen bei der Unfallfassung in die Kategorie «andere nicht motorisierte Fahrzeuge». Es besteht auf dem UAP die Möglichkeit zusätzlich anzugeben, um welche Art Fahrzeug es sich handelt, insbesondere auch ob es ein Fuhrwerk oder eine Kutsche ist. Jedoch ist unklar, wie zuverlässig diese genaueren Angaben gemacht werden. Somit müssen auch die Unfälle mit nicht genauer spezifizierten nicht motorisierten Fahrzeugen in Betracht gezogen werden, da ein Teil davon Fuhrwerke oder Kutschen sein könnten.

Da das neue Gesetz das Mindestalter vom Einschulungsalter auf 14 Jahre hinaufgesetzt hat, werden nur Unfälle mit Lenkenden von Fuhrwerken, Kutschen bzw. «andere nicht motorisierte Fahrzeuge» im Alter von 5 bis 14 Jahren betrachtet.

Neben dem Verkehrsunfallregister VU werden noch die Daten der nachfolgend erläuterten Kutschen- und Fuhrwerksunfälle benutzt:

Die auf Polizei-Schweiz.ch erfassten Polizeimeldungen der Kategorie «Tiere (Tierquälerei, Unfälle mit Tieren etc.)» werden auf relevante Unfälle untersucht. Dazu zählen alle Unfälle mit von Tieren gezogenen Fahrzeugen. Für diese wird Ort, Datum, Anzahl und Schwere der Verletzungen und falls vorhanden das Alter der lenkenden Person festgehalten. Dies einerseits, um die Anzahl solcher Unfälle mit unter 14-jährigen Lenkenden zu erhalten, aber auch für einen Vergleich mit den im Verkehrsunfallregister VU erfassten Unfällen, da – wie oben erwähnt – unklar ist, wie zuverlässig die UAP-Angaben diesbezüglich sind. Beim Vergleich der beiden Quellen zeigt sich, dass sowohl die Unfalldatenbank als auch die Polizeimeldungen unvollständig sind, da beide Datenbanken Unfälle aufweisen, die in der jeweils anderen nicht erfasst sind. Diese Abweichungen betreffen aber keine Fälle von unter 14-jährigen Lenkenden, weswegen trotzdem die Zahlen des Verkehrsunfallregisters verwendet werden können.

### 3.5.5 Infrastrukturmassnahmen

Unter Infrastrukturmassnahmen fallen alle in Artikel 6a SVG erwähnten Massnahmen. Da die anderen Massnahmen nur eingeschränkt messbar sind, liegen momentan nur für die Unfallschwerpunkte Daten vor. Im Zuge dieser Massnahme sollen Strasseneigentümer ihr Strassennetz auf Unfallschwerpunkte analysieren und diese sukzessive beheben. Das Bundesamt für Strassen ASTRA stellt den Strasseneigentümern Vollzugshilfen zur Verfügung, damit sie der Verkehrssicherheit bei Planung, Bau, Unterhalt und Betrieb angemessen Rechnung tragen können.

Die Unfallschwerpunkte werden nach folgendem Schema berechnet: Um zu bestimmen, ob es sich bei einem Ort um einen Unfallschwerpunkt handelt, wird – basierend auf den Unfällen in einem Radius um jenen Ort – ein Berechnungswert ermittelt und mit einem Grenzwert verglichen. Ist der Berechnungswert mindestens so hoch wie der Grenzwert, so handelt es sich um einen Unfallschwerpunkt. Der Berechnungswert ergibt sich durch das Aufsummieren der Anzahl der Unfälle mit Personenschaden, die sich während eines Dreijahres-Zeitraums in einem Radius um den Ort ereignet haben, wobei solche mit Schwerverletzten oder Getöteten doppelt zählen. Sowohl der Radius als auch der Grenzwert hängen vom Strassentyp ab, wie in Tabelle 7 ersichtlich ist.

Strassentyp	Suchperimeter (Durchmesser)	Berechnungswert	Grenzwert (3 Jahre)
Autobahn und -strasse	250 m		≥ 8
Ausserorts	150 m	$2 \cdot U_{(G+SV)} + 1 \cdot U_{(LV)}$	≥ 5
Innerorts	50 m		≥ 5

Tabelle 7: Berechnungsschema für Unfallschwerpunkte

Seit 2012 wird die Anzahl und Lage der so ermittelten Unfallschwerpunkte erhoben. Für die Kantone Genf und Tessin ist die Georeferenzierung der Unfälle in der Anfangsphase unvollständig. Deswegen werden diese beiden Kantone in der Evaluation nicht berücksichtigt.

Zusätzlich wird die Anzahl schwerer Unfälle, also der Unfälle mit Schwerverletzten oder Getöteten, sowohl auf den Unfallschwerpunkten als auch für die gesamte Schweiz miteinbezogen.

### 3.5.6 Verbot für bestimmte Personengruppen, unter Alkoholeinfluss zu fahren

Alkohol wird im UAP auf drei verschiedene Arten erfasst. Es gibt «Einwirkung von Alkohol» als Unfallursache, den Atem- bzw. Blutalkoholwert und seit 2010 den «Verdacht auf Alkohol». Für diese Evaluation wurde die Ursache «Einwirkung von Alkohol» verwendet. Das Verbot gilt für:

- Berufschaffeuere (Lastwagen, Car, Gefahrguttransport)
- Neulenkende (Inhaber Führerausweis auf Probe)
- Fahrschüler und -schülerinnen
- Fahrlehrer und -lehrerinnen
- Begleitpersonen von Lernfahrten

Zur Bestimmung der Zugehörigkeit zu einer der betroffenen Personengruppen wurden die folgenden UAP-Merkmale verwendet:

- Angaben zum Führerausweis: Lernfahrausweis, Führerausweis seit
- Lenker/in: Berufsfahrer/in

Nicht erfasst werden Angaben bezüglich Alkohol für die Begleitperson eines Lernfahrers oder einer Lernfahlerin. Somit kann die Wirkung des Alkoholverbots für Begleitpersonen und Fahrlehrer und Fahrlehrerinnen nicht ausgewertet werden.

Obwohl es auf dem UAP für den Führerausweis die Option «auf Probe» gibt, wird stattdessen mittels «Führerausweis seit» mit einem Führerausweisalter von weniger als drei Jahren gearbeitet. Dies, da sich die Angabe «auf Probe» als unzuverlässig herausgestellt hat. Jedoch ist auch die Verwendung von «Führerausweis seit» nicht unproblematisch, da die Probezeit auch länger als drei Jahre sein kann und es auch Fälle gibt, in denen trotz eines Führerausweisalters von weniger als drei Jahren keine Probezeit vorliegt.

Um bei Personen mit einem Lernfahrausweis oder Führerausweis auf Probe ein Mass für die Exposition zu erhalten, wird die von der Vereinigung der Strassenverkehrsämter asa publizierte Anzahl der Führerprüfungen verwendet.

### 3.5.7 Obligatorisches Fahren mit Licht am Tag

Zur Evaluation der Massnahme Obligatorisches Fahren mit Licht am Tag wird die sogenannte Delta-Methode verwendet. Dazu werden Quotienten aus Unfallkollektiven, die von Licht am Tag beeinflusst werden, und Vergleichsgrössen ohne Beeinflussung gebildet.

Licht am Tag wurde mit dem Ziel eingeführt, die Sichtbarkeit der betroffenen Fahrzeuge bei Tag zu erhöhen. Demnach kann es bei fast allen Unfällen mit mehreren Verkehrsteilnehmern eine Wirkung haben. Für die Evaluation wurden jedoch nur diejenigen Unfalltypen betrachtet, bei denen die Möglichkeit für einen Einfluss als wahrscheinlich eingestuft wird. Als Vergleichsgrösse bieten sich die Selbst- und Auffahrunfälle an, da bei beiden Unfalltypen Licht am Tag keinen Effekt haben kann.

Es wird jeweils die Summe der Schwerverletzten und Getöteten für die beiden Zeiträume 2012 bis 2013 und 2014 bis 2015 verwendet, wobei für alle Unfallkollektive resp. Vergleichsgruppen gilt:

- Ohne Unfälle mit Ursache «Überschreiten der gesetzlichen oder signalisierten Höchstgeschwindigkeit» oder «Verfolgungsfahrt, Rennen»;
- Ohne Unfälle von Fahrern oder Fahrerinnen, deren Führerausweis jünger als drei Jahre ist und bei denen zusätzlich die Ursache «Einwirkung von Alkohol» erfasst ist.

Diese Unfälle werden ausgeschlossen, weil sie von anderen Via-sicura-Massnahmen massgeblich beeinflusst werden.

Zuerst wird ein Unfallkollektiv benötigt, bei dem ein Effekt durch Licht am Tag zu erwarten ist. Hierfür wird die Anzahl Schwerverunfallte in Unfällen mit folgenden Merkmalen verwendet:

- Mehrere Verkehrsteilnehmer involviert
- Ein von der Massnahme betroffenes Fahrzeug involviert
- Unfalltypengruppe: Abbiegeunfall, Einbiegeunfall oder Überqueren der Fahrbahn
- Unfallstelle: Kreuzung, Kreisverkehrsplatz oder Einmündung
- Verkehrsregelung: keine oder Lichtsignalanlage LSA nicht in Betrieb

Diese werden im Folgenden mit  $Koll_{Tag}^{vor}$  und  $Koll_{Tag}^{nach}$  für die bei Tag und  $Koll_{Nacht}^{vor}$  und  $Koll_{Nacht}^{nach}$  für diejenigen bei Dämmerung und Nacht bezeichnet, wobei mit <sup>vor</sup> die beiden Jahre 2012 und 2013 vor der Einführung von Licht am Tag bezeichnet werden und mit <sup>nach</sup> der Zeitraum danach.

Dann wird eine Vergleichsgruppe gesucht, bei der kein Einfluss von Licht am Tag naheliegend ist. Auch hier werden nur diejenigen Unfälle miteinbezogen, die ein von der Massnahme betroffenes Fahrzeug involvieren. Hierfür werden Selbstunfälle, also Unfälle mit nur einem Verkehrsteilnehmer, und Auffahrunfälle verwendet. Diese werden analog mit  $Selbst_{Tag}^{vor}$ ,  $Selbst_{Tag}^{nach}$ ,  $Selbst_{Nacht}^{vor}$  und  $Selbst_{Nacht}^{nach}$  bezeichnet.

Aus diesen Daten wird nun der Quotient des Unfallkollektivs und der Vergleichsgruppe gebildet, jeweils für die gleiche Tageszeit (also einer für den Tag und einer für Dämmerung und Nacht). Damit werden die Effekte genereller Entwicklungen, wie dem veränderten Verkehrsaufkommen oder dem Wetter, entfernt. Dies ergibt die folgenden vier Quotienten:

$$\frac{Koll_{Tag}^{vor}}{Selbst_{Tag}^{vor}} \quad \frac{Koll_{Nacht}^{vor}}{Selbst_{Nacht}^{vor}} \quad \frac{Koll_{Tag}^{nach}}{Selbst_{Tag}^{nach}} \quad \frac{Koll_{Nacht}^{nach}}{Selbst_{Nacht}^{nach}}$$

Formel 1: Quotienten des Unfallkollektivs und der Vergleichsgruppe

Anschliessend wird jeweils der Quotient der beiden Quotienten desselben Zeitraums gebildet, um spezifische Effekte innerhalb der gewählten Unfallkollektive zu entfernen (jedoch nicht solche, die von der

Tageszeit abhängen, da der untere Quotient nur Unfälle bei Dämmerung und Nacht beinhaltet und somit der Effekt von Licht am Tag verbleibt).

$$Q^{vor} := \frac{\frac{Koll_{Tag}^{vor}}{Selbst_{Tag}^{vor}}}{\frac{Koll_{Nacht}^{vor}}{Selbst_{Nacht}^{vor}}} \quad Q^{nach} := \frac{\frac{Koll_{Tag}^{nach}}{Selbst_{Tag}^{nach}}}{\frac{Koll_{Nacht}^{nach}}{Selbst_{Nacht}^{nach}}}$$

Formel 2: Doppelquotienten vor und nach Einführung von Licht am Tag

Um zu überprüfen, ob ein signifikanter Unterschied vorliegt, kann eine Chi-Quadrat verteilte Test-Statistik mit einem Freiheitsgrad zu folgendem Wert bestimmt werden:

$$\chi^2 = \left( \ln(Q^{vor}/Q^{gesamt}) / \sqrt{(1/Koll_{Tag}^{vor}) + (1/Selbst_{Tag}^{vor}) + (1/Koll_{Nacht}^{vor}) + (1/Selbst_{Nacht}^{vor})} \right)^2 + \left( \ln(Q^{nach}/Q^{gesamt}) / \sqrt{(1/Koll_{Tag}^{nach}) + (1/Selbst_{Tag}^{nach}) + (1/Koll_{Nacht}^{nach}) + (1/Selbst_{Nacht}^{nach})} \right)^2$$

Formel 3: Prüfgrösse  $\chi^2$

wobei  $Q^{gesamt}$  der Doppelquotient des gesamten Zeitraums 2012 bis 2015 ist.

# 4 Vorgehen und Ergebnisse

## 4.1 Teilprojekt Gesamtevaluation

### 4.1.1 Analyseverfahren

#### 4.1.1.1 Vorgehen

Um Prognosen über die Anzahl Schwerverletzter und Getöteter aufgrund von Einflussfaktoren (Variablen) machen zu können, muss der Zusammenhang zwischen diesen ermittelt werden. Dies erfolgt mit Hilfe der multiplen Regression. Hierbei wird ein statistisches Modell erstellt, welches für gegebene Werte der Variablen einen Wert für die Anzahl Schwerverletzter und Getöteter ausgibt. Das Modell wird so gewählt, dass die tatsächlichen Unfallzahlen von 2000 bis 2012 – die Zeit *vor* Einführung der Via-sicura-Massnahmen – möglichst gut abgebildet werden. Da die Werte der Variablen bis 2015 bekannt sind, kann nun mit diesem Modell eine Prognose für die Jahre 2013 bis 2015 – die Zeit *nach* Einführung erster Via-sicura-Massnahmen – gemacht werden. Die Prognose wird nun mit dem tatsächlichen, potenziell von Via-sicura-Massnahmen beeinflussten, Unfallgeschehen verglichen. Die Differenz zwischen Prognose und tatsächlichem Unfallgeschehen wird der Wirkung von Via sicura zugeschrieben. Denn, da das Modell auf Basis der Zahlen bis 2012 gewählt wurde, «weiss» es nichts von der Einführung von Via sicura und berücksichtigt demzufolge auch dessen Effekte nicht.

Die Wahl des Modells basiert auf dem Verfahren der Kreuzvalidierung. Die Daten der Jahre 2000 bis 2012 werden in Trainingsdaten und Testdaten aufgeteilt. Beispielsweise wird das Modell auf Basis des Zeitraums 2000 bis 2009 entwickelt, um anschliessend für die Jahre 2010 bis 2012 eine Prognose zu liefern. Diese wird mit dem tatsächlichen Unfallgeschehen verglichen: Für jedes Trainingsjahr werden die Ergebnisse der jeweiligen Monate aufsummiert, dann wird die Differenz zu den Unfallzahlen dieses Jahres berechnet. Der Mittelwert der Absolutwerte dieser Differenzen ist ein Mass für die Güte des Modells. Nun besteht die Gefahr, dass das Modell auf die spezifische Wahl der Testjahre optimiert wird. Deshalb wird der Vorgang mit verschiedenen Aufteilungen in Trainings- und Testjahre wiederholt, wie in der folgenden Tabelle dargestellt.

Trainingsjahre	Testjahre
2003-2012	2000-2002
2000-2003 und 2007-2012	2004-2006
2000-2006 und 2010-2012	2007-2009
2000-2009	2010-2012

Tabelle 8: Verwendete Aufteilungen in Trainings- und Testjahre

Als Kriterium für die Modellwahl dient neben dem gemittelten Ergebnis auf den Testdaten die fachliche Plausibilität der Variablen. Fachliche Plausibilität bedeutet, dass ein kausaler Zusammenhang zwischen den Variablen und dem Unfallgeschehen naheliegt. Diese bezieht sich sowohl auf die Auswahl der Variablen als auch auf das Vorzeichen ihrer Koeffizienten. Beispielsweise sollen unfallmindernde Einflussfaktoren negative Regressionskoeffizienten und unfallfördernde Einflussfaktoren positive Regressionskoeffizienten aufweisen.

Das definitive Modell wird dann auf den Daten der Jahre 2000 bis 2012 trainiert, um die Prognose für die Jahre 2013 bis 2015 zu machen.

Bei der Modellwahl gibt es noch einen wichtigen Punkt zu beachten. Eine Modellierung auf Monats-ebene erfordert zwingend mindestens eine Variable mit echten Monatswerten. Echte Monatswerte sind solche, die nicht aus interpolierten Jahreswerten errechnet werden. Somit muss jedes Modell mindestens eine der folgenden Variablen enthalten: *feiertage*, *nieders*, *temp*.

#### 4.1.1.2 Vier Methoden der Modellrechnung

Jedes statistische Modell weist spezifische Stärken und Schwächen auf. Deshalb kommen vier verschiedene statistische Methoden parallel zum Einsatz. Die Ergebnisse der vier Methoden werden gemittelt um die endgültige Prognose zu erhalten.

**Ridge Regression:** Ein grosses Problem bei der normalen multiplen linearen Regression ist die Kollinearität der Variablen. In solchen Fällen bietet sich die Ridge Regression an. Diese Methode schwächt die Folgen der Kollinearität durch eine leichte Änderung der Methode, wie die zu minimierenden Abstände auf den Trainingsdaten berechnet werden, ab. Die Stärke dieser Änderung wird von einem wählbaren Parameter Lambda gesteuert.

**Lasso:** Unter den Methoden zur multiplen linearen Regression zeichnet sich das Lasso-Verfahren durch die automatische Variablenselektion aus. Das bedeutet, dass bei einem Teil der Variablen ein Koeffizient auf null gesetzt wird und sie somit keinen Einfluss im Modell haben. Dies geschieht um Probleme aufgrund von Kollinearität und der Wahl zu vieler Variablen zu vermeiden.

In der gewählten Implementierung dieser Methode in R hängt das Ergebnis geringfügig von einer Zufallskomponente bei der Optimierung interner Parameter ab. Deswegen werden die Modelle von fünf Durchgängen gemittelt, um das definitive Modell dieser Methode zu erhalten.

**Partial Least Square Regression (PLSR):** Bei dieser Methode werden durch die Kombination der bestehenden Variablen Neue gebildet und zwar so, dass diese möglichst viel der Varianz des Problems erklären. Damit wird es möglich, eine Vielzahl von erklärenden Variablen auf einige wenige Kombinationen dieser zu reduzieren. Mit diesen neuen Variablen wird anschliessend eine multiple lineare Regression durchgeführt. Die Anzahl Variablen kann gesteuert werden. Sie wird gering gehalten, weil ein Zuviel an Variablen wegen des sogenannten Overfittings zu unzuverlässigen Prognosen führt.

**Nichtlineares Modell:** Bei den drei bisherigen Methoden wird von einem linearen Zusammenhang zwischen dem Unfallgeschehen und den Einflussgrössen ausgegangen. Ein anderer Ansatz ist möglich: Die Einflussfaktoren werden in zwei Gruppen eingeteilt. Eine Gruppe beeinflusst die *Anzahl* Unfälle, die Andere die *Unfallschwere*. Die Anzahl Schwerverletzter und Getöteter ergibt sich aus dem Produkt der Anzahl Unfälle und der Wahrscheinlichkeit, dass sie schwer sind.

Jedoch muss auch bei diesem nichtlinearen Modell die Anzahl Variablen gering gehalten werden, weil ein Zuviel an Variablen zu Overfitting und somit unzuverlässigen Prognosen führen würde.

Aus diesen Überlegungen ergibt sich der folgende Zusammenhang, wobei die Koeffizienten  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $a_3$  und  $b$  wie oben beschrieben mittels Kreuzvalidierung auf den Daten der Jahre 2000 bis 2012 ermittelt werden.

$$\text{Schwerverunfallte} = (a_1 \cdot \text{verkehr} + a_2 \cdot \text{temp} + a_3 \cdot \text{ebikes}) \cdot (b \cdot \text{gurten} + \text{insris})$$

Formel 4: Nichtlineares Modell

#### 4.1.1.3 Verwendete Software

Als Statistiksoftware wird R Version 3.2.3 in Kombination mit RStudio Version 0.99.879 verwendet. Für die Regression werden in R folgende Pakete und Befehle benutzt:

Methode	Befehl	Paket	Version
Ridge Regression	lm.ridge	MASS	7.3-45
Lasso	cv.glmnet	GLMNET	2.0-5
PLSR	pls	PLS	2.5-0
Nichtlineares Modell	nls	STATS	3.2.3

Tabelle 9: Verwendete R-Pakete

Für die Umrechnung zwischen Schweizer Landeskoordinaten und WGS-Koordinaten wird ein R-Skript vom Bundesamt für Landestopografie swisstopo verwendet.

#### 4.1.2 Resultate

Das eingangs beschriebene Vorgehen liefert die folgenden Modelle, um den Zusammenhang zwischen den Variablen und der Anzahl Schwerverunfallter, das heisst der Summe der Schwerverletzten und Getöteten, wiederzugeben.

$$\begin{aligned} \text{Schwerverunfallte} &= -60.176 \cdot \text{alkohol} \\ &+ -7.7468 \cdot \text{helm} \\ &+ -3.1104 \cdot \text{zweiphasen2} \\ &+ 0.45717 \cdot \text{leergewPW} \\ &+ 1.8047 \cdot 10^{-7} \cdot \text{temp} \end{aligned}$$

*Formel 5: Finales Ridge Regression Modell*

$$\begin{aligned} \text{Schwerverunfallte} &= 1135.2 \\ &+ 0 \cdot \text{feiertage} \\ &+ 0 \cdot \text{kindersitze} \\ &+ -7.2594 \cdot \text{gurten} \\ &+ -1.8312 \cdot \text{helm} \\ &+ 0 \cdot \text{ebikes} \\ &+ 0 \cdot \text{leergewPW} \\ &+ 1.5721 \cdot 10^{-7} \cdot \text{temp} \\ &+ 0 \cdot \text{nieders} \\ &+ -0.0010045 \cdot \text{verkehr} \end{aligned}$$

*Formel 6: Finales (gemittelt) Lasso Modell*

Die fünf Modelle, aus denen dieses Finale Lasso Modell in Formel 6 hervorgeht, sind in Anhang 5.6.3 zu finden.

$$\begin{aligned} \text{Schwerverunfallte} &= 888.73 \\ &+ 0.58970 \cdot \text{feiertage} \\ &+ -4.6017 \cdot \text{gurten} \\ &+ -2.7109 \cdot \text{helm} \\ &+ 0.00015469 \cdot \text{ebikes} \\ &+ 1.8079 \cdot 10^{-7} \cdot \text{temp} \\ &+ -5.9115 \cdot 10^{-9} \cdot \text{nieders} \\ &+ 512.74 \cdot \text{insris} \\ &+ -0.0029390 \cdot \text{verkehr} \end{aligned}$$

*Formel 7: Finales PLSR Modell*

$$\begin{aligned} \text{Schwerverunfallte} &= (0.0174 \cdot \text{verkehr} + 7.131 \cdot 10^{-7} \cdot \text{temp} + 3.417 \cdot 10^{-4} \cdot \text{ebikes}) \\ &\cdot (-0.001422 \cdot \text{gurten} + \text{insris}) \end{aligned}$$

*Formel 8: Finales Nichtlineares Modell*

Die Fehler aus der Kreuzvalidierung, das heisst die durchschnittliche jährliche Abweichung auf den Testjahren, sowie die vom Standardwert abweichenden Modellparameter der statistischen Methoden sind in Tabelle 30 und Tabelle 31 im Anhang zu finden.

Jedes dieser Modelle gibt eine Prognose für die Jahre 2013 bis 2015 ab, wobei, wie oben erwähnt, beim Lasso Verfahren der Mittelwert aus fünf Modellen verwendet wird. Diese fünf Modelle sind im Anhang 5.6.3 aufgeführt.

Abbildung 13 zeigt die Entwicklung der Schwerverunfallten der vergangenen Jahre, zusammen mit den Werten von den Modellen. Die Linien sind ab 2012 gepunktet, da es sich nicht mehr um die trainierten Näherungen sondern um die Prognosen handelt.

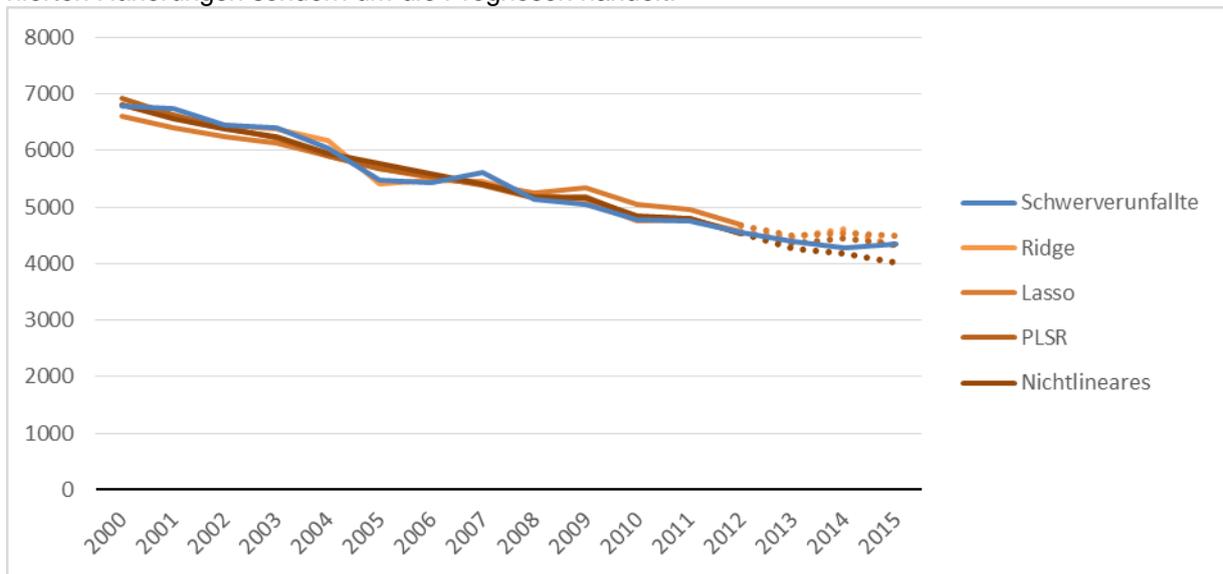


Abbildung 13: Unfallgeschehen (mit Via sicura) und Prognosen (ohne Via sicura)

Abbildung 14 zeigt den Verlauf über die Monate. Dabei sind die grossen Schwankungen über den Jahresverlauf zu erkennen und es ist ersichtlich, wie diese auch von den Modellen wiedergegeben werden. Für den Zeitraum von 2000 bis 2012 wurden die Modelle darauf trainiert, die Entwicklung der Schwerverunfallten möglichst gut abzubilden. Auch hier ist die Prognose gepunktet dargestellt.

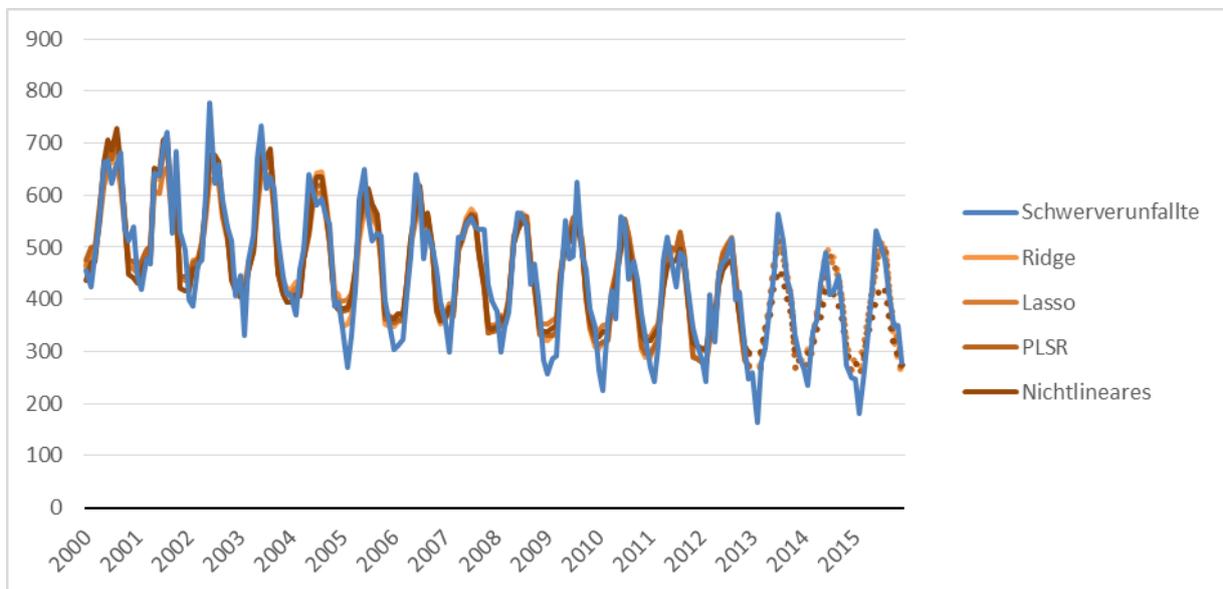


Abbildung 14: Unfallgeschehen (mit Via sicura) und Prognosen (ohne Via sicura), Monatswerte

Die definitive Prognose ergibt sich aus dem Mittel der Prognosen der einzelnen Modelle.

Methode	2013	2014	2015	Ø2013-2015
Ridge Regression	4471.1	4598.9	4313.2	4461.1
Lasso	4495.3	4546.0	4504.4	4515.2
PLSR	4353.7	4442.3	4331.6	4375.8
Nichtlineares Modell	4269.2	4180.4	4025.0	4158.2
Mittelwert	4397.3	4441.9	4293.5	4378

Tabelle 10: Prognosen der Modelle

Diese Prognosen werden nun mit den Unfallzahlen dieser Jahre verglichen.

	2013	2014	2015	Ø2013-2015
Unfallzahlen	4398	4286	4351	4345
Prognosen	4397	4442	4294	4378
Differenz	1	-156	57	-33

Tabelle 11: Vergleich der Prognose mit den Unfallzahlen

Die Unfallzahlen sind im Schnitt um 33 Schwerverunfallte tiefer als die Prognosen. Nun muss geprüft werden, ob dieser Unterschied nicht bloss Zufall ist. Im Allgemeinen wird von einer signifikanten Differenz gesprochen, wenn diese grösser als das 1.96-fache des erwarteten Fehlers ist. Der erwartete Fehler der Prognose ist der, auf den Testdaten ermittelte, CV-Fehler. Die Zahl 1.96 ergibt sich aus dem 97.5%-Quantil der Normalverteilung.

Methode	CV-Fehler	1.96 · CV-Fehler
Ridge Regression	108.46	212.58
Lasso	213.42	418.30
PLSR	134.00	262.64
Nichtlineares Modell	141.60	277.53
Mittelwert	149.37	292.76

Tabelle 12: Signifikanz der Differenzen

Somit ist dieser Unterschied von 33 im Vergleich zu den CV-Fehlern zu klein, um signifikant zu sein. Das bedeutet, mit dieser Methode kann für den Zeitraum 2013 bis 2015 kein eindeutiger Effekt von Via sicura nachgewiesen werden.

Die Ergebnisse der Evaluation lassen noch keine abschliessende Beurteilung von Via sicura zu, weil noch nicht alle Massnahmen in Kraft sind. Somit kann das Handlungsprogramm Via sicura sein Rettungspotential noch nicht vollständig entfalten. Zudem wird der statistische Nachweis durch den relativ kurzen Zeithorizont erschwert.

### 4.1.3 Methodendiskussion

#### 4.1.3.1 Methodenwahl

Viele Einflussgrössen, beispielsweise das Wetter oder der Bestand an E-Bikes, unterliegen grossen jährlichen Schwankungen oder verändern sich über die Jahre stark. Eine Stärke der gewählten Methode liegt darin, solchen Sachverhalten Rechnung zu tragen.

Ein simpler Vorher-Nachher-Vergleich des Unfallgeschehens ist nicht zielführend für eine Evaluation von Via sicura. Eine Extrapolation des Trends der vergangenen Jahre greift zu kurz, denn das Umfeld ist einem unstillen Wandel ausgesetzt. Das Aufkommen von E-Bikes oder das aussergewöhnlich warme Wetter im Jahre 2015 beeinflussen das Unfallgeschehen massgeblich. Die Ausgangssituation vor und nach der Einführung von Via sicura ist nicht dieselbe.

Zudem nimmt mit rückläufigem Unfallgeschehen der Aufwand für jede weitere Abnahme zu. Darum können die Unfallzahlen nicht ohne Weiteres miteinander verglichen werden oder einfach in die Zukunft extrapoliert werden.

#### **4.1.3.2 Qualität**

Die Qualität der Prognosen hängt massgeblich von der Vollständigkeit und der Genauigkeit der berücksichtigten Variablen ab. Deshalb werden verschiedenste Datenquellen für die Variablenbildung genutzt und die Variablen werden auf fachliche Plausibilität geprüft. Möglichst viele der Einflussgrößen, die das Unfallgeschehen erklären können, sollen berücksichtigt werden.

Aufgrund der Datenlage ist der Zeitraum zum Trainieren der Modelle auf die Jahre 2000 bis 2012 beschränkt. Mit einer Monatsauflösung ergeben sich demnach 156 Datenpunkte. Beim Integrieren von mehr als einer Handvoll Variablen in die Modelle besteht das Risiko von Overfitting. Dabei sinkt durch Überanpassung der Modelle die Qualität der Prognosen. Bei der bestehenden Datenlage muss die Anzahl Variablen in einem Modell deshalb gering gehalten werden.

Mit der Berücksichtigung verschiedener Prognosemethoden, insbesondere solcher, die die Gefahr durch Overfitting reduzieren, können diese Nachteile ausgeglichen werden.

#### **4.1.3.3 Bestimmung der erklärenden Variablen**

Mit den angewandten Methoden wird der Einfluss der verschiedenen Faktoren nicht quantifiziert. Das bedeutet, es kann anhand der Modelle nicht gesagt werden, ob und wie stark die Bedeutung eines Einflussfaktors für das Unfallgeschehen ist. Dies, da wegen der Gefahr des Overfittings nicht alle Einflussgrößen berücksichtigt werden können. Weiter können die Wirkungen von Variablen, die sich kollinear entwickeln, nicht voneinander separiert werden. In der Modellrechnung kann z. B. die Variable für das stetig abnehmende Insassenrisiko auch die Effekte von anderen Einflussgrößen beschreiben, ohne dass diese in der Formel ersichtlich wären.

Als Beispiel sei hier die Zahl der über 80-Jährigen und die Zahl der Ausländerinnen und Ausländer zu nennen. Diese haben sich in den vergangenen Jahren ungefähr gleich entwickelt. Für die Modelle macht es nun kaum einen Unterschied, welche der beiden integriert wird, da der Computer nur die gegebenen Zahlen sieht und nicht deren Bedeutung. Deswegen kann aufgrund der Modelle auch nicht gesagt werden, wie gross der jeweilige Einfluss dieser beiden Faktoren ist.

## 4.2 Teilprojekt Einzelevaluation

### 4.2.1 Übersicht Einzelmassnahmen

Tabelle 13 ist eine Liste aller Via-sicura-Massnahmen auf Gesetzesebene, jeweils mit der Angabe, ob sie in diesem Teilprojekt evaluiert wurden oder nicht.

Massnahme	Inkraftsetzung	Einzelevaluation durchgeführt
Infrastrukturmassnahmen (Artikel 6a SVG)	ab Jan 2013*	Teilweise. Es sind zwar alle Teile in Kraft, jedoch nimmt die Umsetzung bei den meisten mehrere Jahre in Anspruch und die Fussgängerstreifen-Norm wurde erst 2016 publiziert.
Keine Begleitung auf Lernfahrten durch Personen, die nur den Führerausweis auf Probe besitzen	Jan 2013	Ja
Abklärung der Fahreignung	ab Jan 2013*	Nein, die notwendigen Daten stehen nicht zur Verfügung.
Raserdelikte	Jan 2013	Ja
Neudefinition des Mindestalters für Radfahrer und Radfahrerinnen	Jan 2013	Ja
Mindestalter für Fuhrleute	Jan 2013	Ja
Einziehung und Verwertung von Motorfahrzeugen bei skrupelloser Tatbegehung	Jan 2013	Nein, die notwendigen Daten stehen nicht zur Verfügung.
Verbot von entgeltlichen oder öffentlichen Warnungen vor Verkehrskontrollen	Jan 2013	Nein, die notwendigen Daten stehen nicht zur Verfügung.
Massnahmen zur Optimierung der Informationssysteme	ab Jan 2013*	Nein. Die Massnahmen nehmen indirekt Einfluss auf das Unfallgeschehen und sind z. T. noch nicht in Kraft.
Einsatz für grenzüberschreitende Strafverfolgung	Jan 2013	Nein, es wurden seither noch keine entsprechenden Vereinbarungen getroffen.
Verbot für bestimmte Personengruppen, unter Alkoholeinfluss zu fahren	Jan 2014	Ja
Obligatorisches Fahren mit Licht am Tag	Jan 2014	Ja
Einführung einer Schadensverlaufserklärung	Jan 2014	Nein, die notwendigen Daten stehen nicht zur Verfügung.
Strafung des Ordnungsbussenverfahrens	Jan 2014	Nein, die notwendigen Daten stehen nicht zur Verfügung.
Rückgriff der Motorfahrzeug-Haftpflichtversicherungen	Jan 2015	Nein, die notwendigen Daten stehen nicht zur Verfügung.
Qualitätssicherung bei der Fahreignungsabklärung und Aktualisierung der medizinischen Mindestanforderungen	Jul 2016	Nein, trat nach 2015 in Kraft.
Beweissichere Atemalkoholprobe	Okt 2016	Nein, trat nach 2015 in Kraft.
Nachschulung von fehlbaren Fahrzeuglenkern und Fahrzeuglenkerinnen	noch nicht in Kraft	Nein, noch nicht in Kraft.
Einsatz von Datenaufzeichnungsgeräten bei Geschwindigkeitstätern («Blackbox»)	noch nicht in Kraft	Nein, noch nicht in Kraft.
Alkoholwegfahrsperre	noch nicht in Kraft	Nein, noch nicht in Kraft.

Tabelle 13: Evaluierbarkeit der Via-sicura-Massnahmen

\* vollständiges Inkrafttreten siehe Tabelle 24 im Anhang.

#### 4.2.2 Keine Begleitung auf Lernfahrten durch Personen, die nur den Führerausweis auf Probe besitzen

Durch diese Massnahme wurden die Anforderungen an die Begleitperson einer Lernfahrt um das Kriterium erweitert, dass diese den Führerausweis nicht auf Probe haben darf. Da sie den Ausweis aber schon vor Via sicura mindestens drei Jahre gehabt haben musste, werden demnach zusätzlich nur Personen als Begleitung für Lernfahrten ausgeschlossen, deren Probezeit verlängert wurde. Somit beschränkt sich die Wirkung auf Personen mit verlängerter Probezeit, die ansonsten eine Lernfahrt begleitet hätten. Aufgrund dieser sehr eng begrenzten Zielgruppe dieser Massnahme überrascht es nicht, dass in den Unfallzahlen kein Rückgang zu erkennen ist. Denn je kleiner ein Unfallkollektiv ist, desto schwerer ist es für einen Rückgang signifikant zu sein.

Abbildung 15 zeigt die Schwerverunfallten in Unfällen mit einem Fahrzeug, das von einer Person mit Lernfahrausweis gelenkt wird und bei dem eine Begleitperson für die Lernfahrt notwendig ist. Denn die Massnahme wirkt sich nur auf Lernfahrten aus, die begleitet sind.

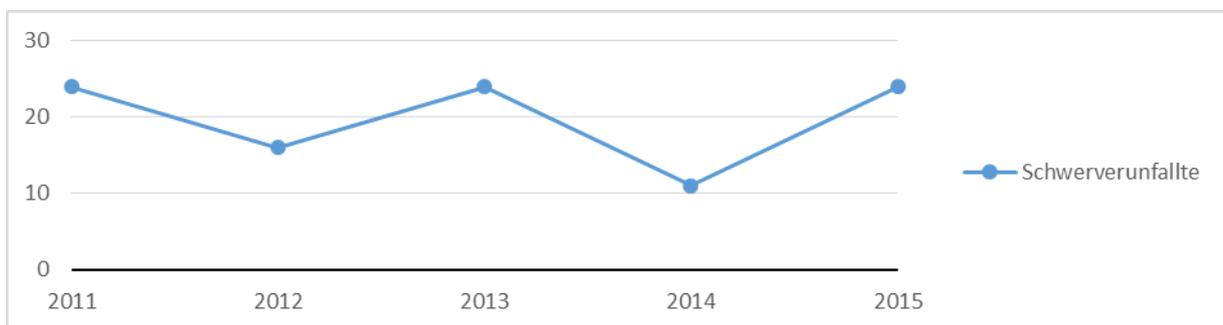


Abbildung 15: Schwerverunfallte in Unfällen mit einem Lernfahrenden mit Begleitperson

#### 4.2.3 Raserdelikte

Die Rasermassnahme wurde als Reaktion auf die Volksinitiative «Schutz vor Rasern» in Via sicura aufgenommen. Die Unterschriftensammlung für die Initiative wurde am 27. April 2010 lanciert. Sie löste ein grosses mediales Echo aus, wie anhand der Google Trends-Zahlen in Abbildung 16 zu sehen ist.

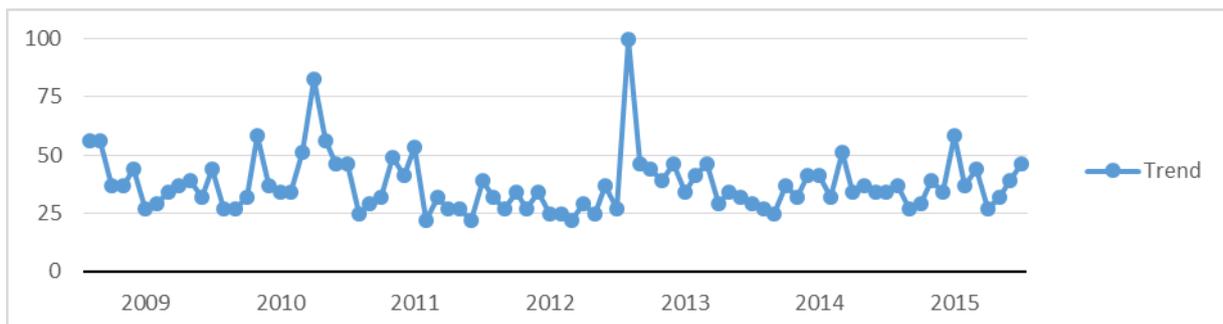


Abbildung 16: Google Trends-Zahlen zum Stichwort «Raser» für die Schweiz

Es ist davon auszugehen, dass damit ein neues Bewusstsein für die Unfallgefahr des Rasens geschaffen wurde. Geschwindigkeitsexzesse sind nicht mehr Kavaliersdelikte, eine Ahndung mit langen Haftstrafen wurde gesellschaftlich akzeptabel. Dieses Bewusstsein bildete sich vermutlich schon vor Inkrafttreten des Gesetzes und würde zu einem Rückgang der Unfälle mit Ursache «Überschreiten der gesetzlichen oder signalisierten Höchstgeschwindigkeit» oder «Verfolgungsfahrt, Rennen» (im weiteren Verlauf als Unfallkollektiv bezeichnet) schon vor dem Inkrafttreten des Gesetzes führen. Aus diesem Grund wird der Trend vor Via sicura mittels der Jahre 2000 bis 2009 bestimmt, obwohl das entsprechende Gesetz erst 2013 in Kraft trat.

Die Entwicklung des Unfallkollektivs in Abbildung 17 zeigt, dass die Zahlen seit 2010 unter dem linearen Trend liegen. Der lineare Trend impliziert die Annahme, dass der Aufwand für eine zusätzliche Reduktion immer gleich gross ist. Dies trifft auf das Strassenverkehrsunfallgeschehen mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht zu. Ohne zusätzliche Massnahmen ist somit von einem Rückgang auszugehen, der weniger stark ist als der lineare Trend. Somit wird durch den Vergleich mit dem linearen Trend die Wirkung der Massnahme unterschätzt. Das bedeutet, dass das Ergebnis eine untere Schranke für die tatsächliche Reduktion bildet.

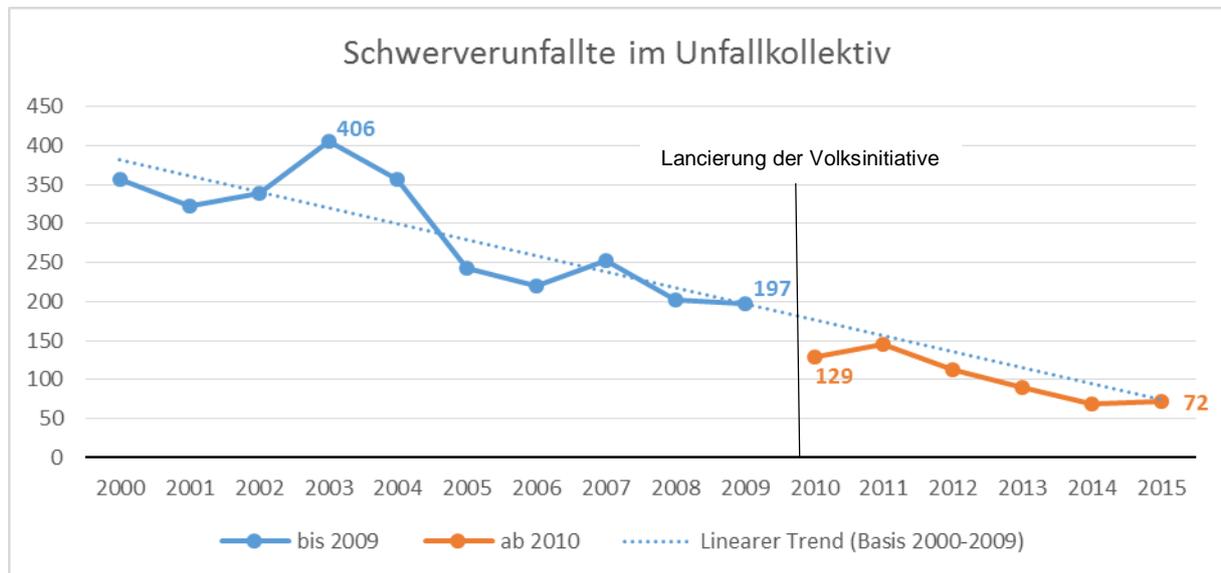


Abbildung 17: Entwicklung des Unfallkollektivs vor und nach Lancierung der Volksinitiative

	Jahr	Schwererunfälle im Unfallkollektiv	Linearer Trend auf Basis von 2000 bis 2009	Differenz	Summe der Diff. 2013 bis 2015
	2000	356	381.8		
	2001	323	361.3		
	2002	339	340.8		
	2003	406	320.3		
	2004	357	299.8		
	2005	243	279.2		
	2006	220	258.7		
	2007	252	238.2		
	2008	202	217.7		
	2009	197	197.2		
Initiative →	2010	129	176.7	47.7	
	2011	146	156.2	10.2	
Gesetz in Kraft →	2012	113	135.6	22.6	
	2013	90	115.1	25.1	
	2014	69	94.6	25.6	52.8
	2015	72	74.1	2.1	

Tabelle 14: Wertetabelle Unfallkollektiv

Verglichen mit dem Trend ergibt sich für den Zeitraum 2013 bis 2015 eine Reduktion von rund 52 Schwererunfällen, im Jahreschnitt sind es somit etwa 17 Schwererunfälle weniger. Würde noch die Vorwirkung ab 2010 miteinbezogen, so wären es im Jahreschnitt etwa 22. Diese Wirkung ist jedoch nicht nachhaltig und wurde deswegen nicht berücksichtigt.

Das Unfallgeschehen ist immer zu einem gewissen Grad zufällig. Dies muss bei der Betrachtung kleiner Unfallkollektive berücksichtigt werden. Deswegen wird für diese eine Poisson-Verteilung angenommen. Das bedeutet, um signifikant zu sein muss ein Rückgang mindestens 1.96-mal so gross sein wie die Wurzel der Anzahl Schwerverunfallter. Beispielsweise ist der Rückgang um 68 Schwerverunfallte von 2009 auf 2010 signifikant, da er grösser ist als  $1.96 \cdot \sqrt{197} = 27.5$ . Neben diesem Rückgang ist auch der Unterschied zwischen dem Unfallkollektiv und dem linearen Trend für die Jahre 2013 bis 2015 signifikant, wie Tabelle 15 zeigt.

Jahr	Schwererunfallte im Unfallkollektiv	Linearer Trend	Differenz	$1.96 \cdot \sqrt{\text{Unfallkollektiv}}$
Ø2013-2015	77	94.6	17.6	$1.96 \cdot \sqrt{77} = 17.2$

Tabelle 15: Signifikanz der Abweichung vom Trend

Dass der Rückgang beim Unfallkollektiv nicht bloss eine Folge anderer Faktoren ist, zeigt der Vergleich mit Unfällen, die auch von diesen Faktoren betroffen wären. Die Hälfte der PW-Lenkenden im Unfallkollektiv ist zwischen 18 und 30 Jahre alt. Es bietet sich darum an, das allgemeine Unfallgeschehen der 18- bis 30-Jährigen zu betrachten und zu untersuchen, ob es gleich abnimmt wie das Unfallkollektiv.

Abbildung 18 zeigt, dass die Zahl der Schwerverunfallten im Unfallkollektiv stärker abnimmt, als die Anzahl Schwerverunfallter in allen Unfällen mit 18- bis 30-jährigen PW-Lenkenden. Insbesondere ist auch zu sehen, dass die Abnahmen und Schwankungen der beiden Kurven nicht gleich sind. Dies bestärkt zusätzlich die Feststellung, dass sich die für die Rückgänge verantwortlichen Einflüsse unterscheiden.

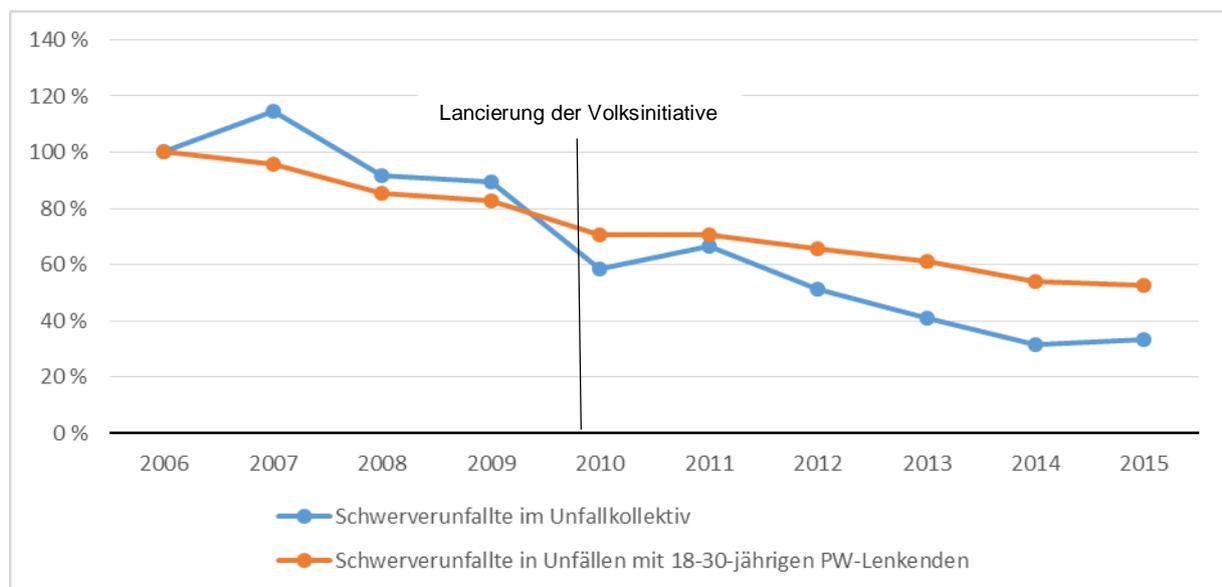


Abbildung 18: Indexierte Anzahl der Schwerverunfallten in Raserunfällen und in der Vergleichsgruppe

#### 4.2.4 Neudefinition des Mindestalters für Radfahrer und Radfahrerinnen

Bis 2013 war das Radfahren für Kinder im vorschulpflichtigen Alter verboten. Diese Regelung wurde ersetzt durch das Verbot, vor dem vollendeten sechsten Altersjahr ohne Begleitung einer mindestens 16 Jahre alten Begleitperson auf Hauptstrassen Rad zu fahren. Somit wirkt sich diese Massnahme unterschiedlich aus, abhängig davon, ob es sich um eine Hauptstrasse handelt oder nicht.

Die durchschnittliche Zahl der Schwerverunfallten in den für diese Massnahme relevanten Unfällen ist sehr gering und grossen Schwankungen unterworfen.

Fahrzeug	Strasstyp	Ø2011-2012	Ø2013-2015
Fahrrad	Hauptstrassen	0	0
	nicht Hauptstrassen	2.5	0.3
Kinderrad	Hauptstrassen	0	0.3
	nicht Hauptstrassen	1.5	1.3

Tabelle 16: Schwerverunfallte in Unfällen mit 0- bis 5-Jährigen auf einem Rad

Der beobachtete Rückgang ist verglichen mit den jährlichen Schwankungen zu gering, um auf eine Wirkung der Massnahme schliessen zu können.

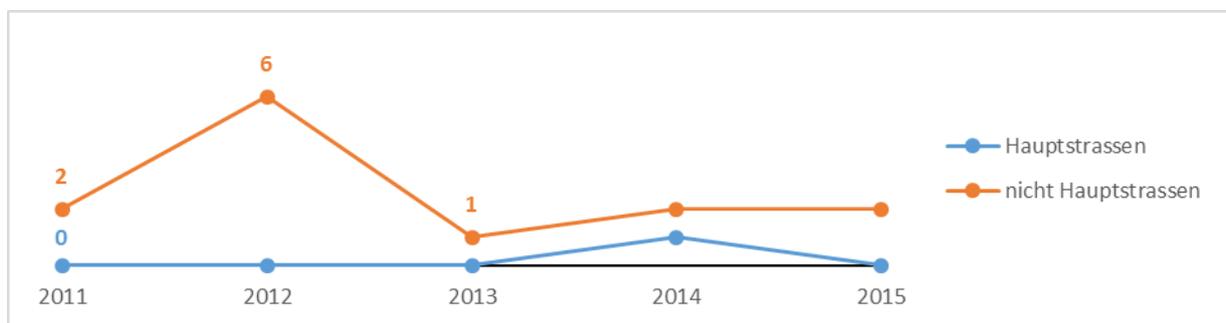


Abbildung 19: Schwerverunfallte in Unfällen mit 0- bis 5-Jährigen auf einem Rad

#### 4.2.5 Mindestalter für Fuhrleute

Aufgrund der vorliegenden Daten lässt sich sagen, dass diese Massnahme keine Wirkung haben konnte. Es gab in den vergangenen Jahren keine erfassten Unfälle mit Schwerverunfallten mit unter 15-jährigen Fuhrwerk- oder Kutschenlenkenden, bzw. nur höchstens einen pro Jahr wenn auch «andere nicht motorisierte Fahrzeuge» betrachtet werden, wie in Abbildung 20 zu sehen ist.

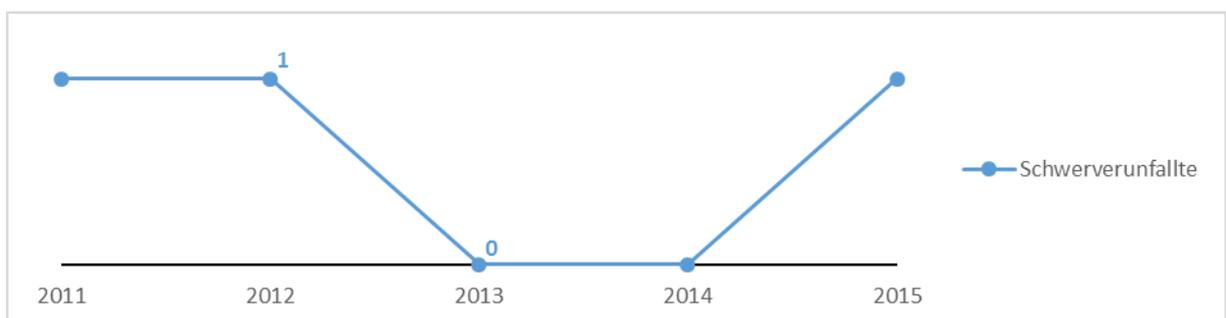


Abbildung 20: Schwerverunfallte in Unfällen mit «andere nicht motorisierte Fahrzeuge» gelenkt von 5-14-Jährigen

#### 4.2.6 Infrastrukturmassnahmen

Bei der Infrastrukturmassnahme zur Verbesserung der Sicherheit von Fussgängerstreifen (Art. 6a Abs. 2) wurde die entsprechende Norm über deren bauliche Ausgestaltung revidiert. Sie wurde erst 2016 publiziert. Somit kann zum jetzigen Zeitpunkt noch gar keine Wirkung vorliegen.

Die Zahlen der Unfallschwerpunkte (USP, Art. 6a Abs. 3) werden in Abbildung 21 für die vier Dreijahres-Zeiträume von 2010 bis 2015 miteinander verglichen. Wie in Abschnitt 3.5.5 erwähnt, handelt es sich um die Zahlen ohne die Kantone Genf und Tessin. Die Gesamtzahl an Unfallschwerpunkten ging von 949 auf 842 zurück. Dies ist auf Rückgänge bei den USP sowohl Innerorts als auch Ausserorts zurückzuführen, wobei derjenige Ausserorts ausgeprägter ist.

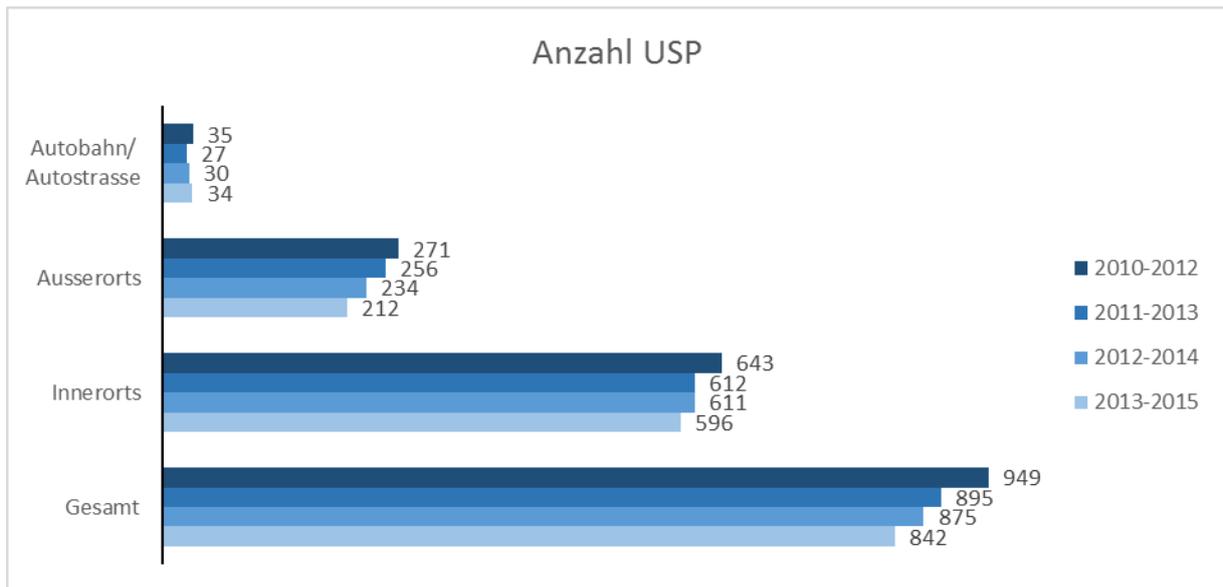


Abbildung 21: Aufteilung und Entwicklung der Unfallschwerpunkte nach Strassentypen

Ebenfalls zurückgegangen ist die Anzahl schwerer Unfälle, also Unfälle mit Schwerverletzten oder Getöteten, auf USP. In Abbildung 22 ist zu sehen, dass dies auf alle Strassentypen zutrifft.

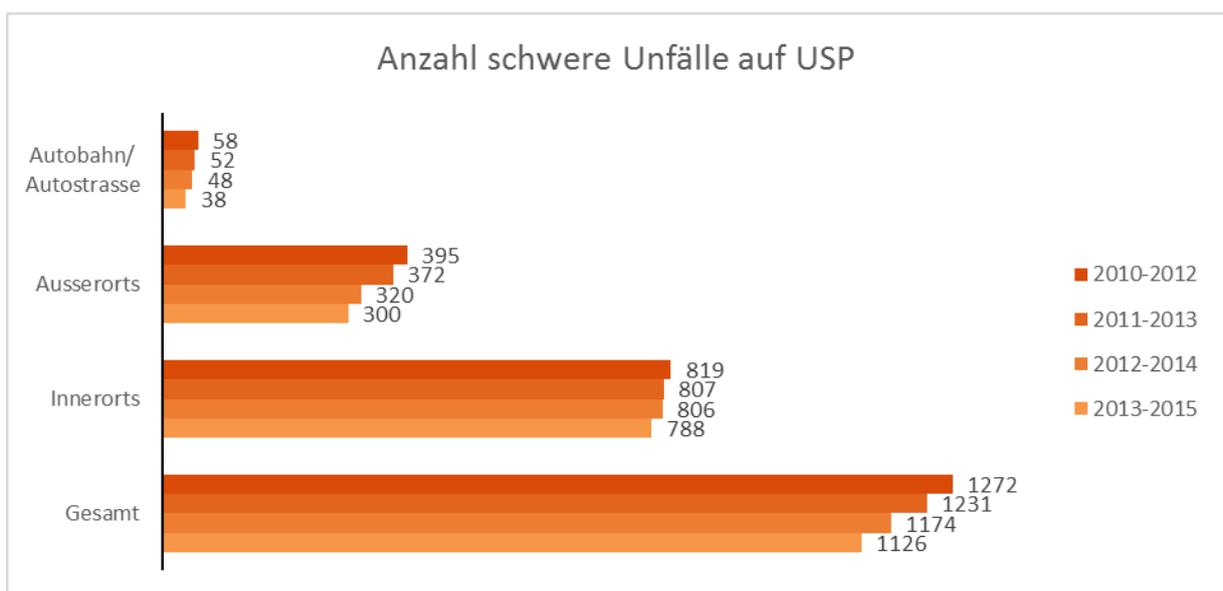


Abbildung 22: Anzahl schwere Unfälle auf Unfallschwerpunkten nach Strassentyp

Dieser Rückgang bei den schweren Unfällen auf USP ist grösser als derjenige aller schweren Unfälle in der Schweiz, wie in Tabelle 17 ersichtlich ist. Der Unterschied beträgt 4 Prozentpunkte. Dies entspricht 50 schweren Unfällen auf USP die es weniger gab, als wenn der Rückgang auch «nur» 7.5 % gewesen wäre. Bei einem schweren Unfall in der Schweiz gibt es durchschnittlich 1.07 Schwerverunfälle. Somit entsprechen diese 50 schweren Unfälle 54 Schwerverunfällen, die es auf USP weniger, als vom gesamten Unfallgeschehen her erwartet, gab. Da es sich um die Unfallzahlen von Dreijahres-Zeiträumen handelt, ergibt dies im Durchschnittlich jährlich 18 Schwerverunfälle weniger.

	Schwere Unfälle auf USP	Schwere Unfälle insgesamt
2010-2012	1272	12985
2011-2013	1231	12706
2012-2014	1174	12331
2013-2015	1126	12013
Entwicklung von 2010-2012 auf 2013-2015	-11.5 %	-7.5 %

Tabelle 17: Entwicklung der schweren Unfälle auf USP und insgesamt

Im Gegensatz zu den Unfallschwerpunkten liegen für die Gefahrenstellen (Art. 6a Abs. 3) keine Zahlen vor.

Zur Wirkung der von den Kantonen ernannten Sicherheitsbeauftragten (Art. 6a Abs. 4) liegen ebenfalls keine Daten vor, weswegen hierzu keine Aussagen gemacht werden können.

#### 4.2.7 Verbot für bestimmte Personengruppen, unter Alkoholeinfluss zu fahren

Die durchschnittliche Anzahl Schwerverunfälle für die zur Evaluation dieser Massnahme betrachteten Zeiträume und Unfallkollektive, die in Abschnitt 3.5.6 genauer beschrieben werden, ist in Tabelle 18 aufgeführt.

	Schwerverletzte und Getötete		
	in Unfällen mit einem Lern-, Berufsfahrenden oder einer Person mit Führerausweis seit höchstens drei Jahren		insgesamt
	mit Ursache «Einwirkung von Alkohol»	ohne Ursache «Einwirkung von Alkohol»	
Ø2011-2013	120.7	1356.7	4565.3
Ø2014-2015	72.9	1141.3	4318.5
Änderung in Prozent	-39.6 %	-15.9 %	-5.4 %

Tabelle 18: Schwerverunfälle in Unfällen mit vom Alkoholverbot betroffenen Personen

Wie in der zweiten Spalte von Tabelle 18 zu sehen ist, sind die von dieser Massnahme direkt betroffenen Unfälle im Zeitraum 2014 bis 2015 gegenüber dem Zeitraum 2011 bis 2013 um über ein Drittel zurückgegangen. Im Vergleich dazu gibt es bei den Unfällen der gleichen Personengruppen, aber ohne Ursache «Einwirkung von Alkohol», einen Rückgang von «nur» knapp vierzehn Prozent.

Um zu prüfen, ob es gerechtfertigt ist, von dem beobachteten Unterschied auf eine nennenswert andere Entwicklung der beiden Unfallgruppen zu schliessen, kann der Chi-Quadrat-Homogenitätstest angewandt werden. Dabei wird bei Stichproben geprüft, ob diese derselben Grundgesamtheit entstammen. Tatsächlich ist der Unterschied im Rückgang zwischen mit und ohne Ursache «Einwirkung

von Alkohol» auf einem 5%-Niveau signifikant, wie anhand der Ergebnisse des Chi-Quadrat-Homogenitätstests in Tabelle 19 zu sehen ist.

	Wert
$\chi^2$	4.7
p-Wert	3.0 %

Tabelle 19: Signifikanz des Unterschieds im Rückgang

Natürlich könnten auch andere Faktoren für den Rückgang verantwortlich sein. Jedoch gingen die Schwerverunfallten im gesamten Strassenverkehr «nur» um rund fünf Prozent zurück. Und auch die Zahl der Führerprüfungen (Tabelle 20) war in den vergangenen Jahren stabil.

Jahr	Führerprüfungen
2011	91990
2012	93076
2013	92252
2014	93574
2015	91999

Tabelle 20: Anzahl Führerprüfungen

Auf die Unfälle mit Ursache «Einwirkung von Alkohol» muss also ein Faktor wirken, von dem die anderen Unfälle nicht betroffen sind. Daraus lässt sich schliessen, dass die neue gesetzliche Regelung die Zahl der Unfälle senkt. Es ist plausibel anzunehmen, dass sich ohne die Massnahme die Unfälle mit Ursache «Einwirkung von Alkohol» gleich entwickelt hätten wie diejenigen ohne Ursache «Einwirkung von Alkohol». Damit ergibt sich die Zahl der verhinderten Schwerverunfallten aus der Differenz der Rückgänge.

	Rückgang
mit Ursache «Einwirkung von Alkohol»	-39.6 %
ohne Ursache «Einwirkung von Alkohol»	-15.9 %
Differenz in Prozentpunkten	-23.7

Tabelle 21: Rückgänge der Unfallzahlen in Tabelle 18

Diese 23.7 Prozentpunkte angewandt auf die durchschnittlich 121 Schwerverunfallten pro Jahr vor Via sicura ergeben dank dieser Massnahme einen Rückgang von rund 28 Schwerverunfallten pro Jahr.

#### 4.2.8 Obligatorisches Fahren mit Licht am Tag

Zum Themenbereich Licht am Tag gibt es viele Studien. Offensichtlich herrscht noch keine Einigkeit darüber, ob ein Sicherheitsgewinn naheliegend oder sogar nachweisbar ist. Es scheint schwierig zu sein, die Wirkung von Licht am Tag zu evaluieren, weshalb die gewählte Methode hier noch einmal beleuchtet werden soll.

Um den Einfluss von Licht am Tag auf das Unfallgeschehen zu quantifizieren, kann die Delta-Methode angewandt werden. Es handelt sich um eine anerkannte Methode um solche Effekte festzustellen. Sie wurde auch in anderen Evaluationen von Licht am Tag angewandt [6]. Dabei bildet man aus den Daten der Unfallstatistik zwei Unfallkollektive und vergleicht deren Entwicklung vor und nach Einführung der Massnahme, sowohl bei Tag als auch bei Dämmerung und Nacht (siehe Abschnitt 3.5.7).

Die Anzahl der Schwerverunfallten in den beschriebenen Unfallkollektiven sind in Tabelle 22 aufgeführt.

	«vor» 2012-2013	«nach» 2014-2015
Koll <sub>Tag</sub>	1014	1024
Selbst <sub>Tag</sub>	1018	946
Koll <sub>Nacht</sub>	252	262
Selbst <sub>Nacht</sub>	630	472

Tabelle 22: Schwerverunfallte in den Unfallkollektiven

Damit ergeben sich mit der Delta-Methode die folgenden Werte.

	Wert
$Q^{vor}$	2.49
$Q^{nach}$	1.95
$\chi^2$	3.94
p-Wert	4.72 %

Tabelle 23: Ergebnisse der Delta-Methode

Der Unterschied im Doppelquotient vor und nach Inkrafttreten ist signifikant auf dem 5%-Signifikanzniveau. Somit konnte mit der angewandten Methode eine Wirkung von Licht am Tag nachgewiesen werden.

Die prozentuale Änderung im Unfallkollektiv ergibt sich als  $1 - Q^{nach} / Q^{vor} = 21.9\%$ . Diese 21.9 % von 1014 Schwerverunfallten im Unfallkollektiv  $Koll_{Tag}^{vor}$  sind 221 Schwerverunfallte. Da es sich um die Zahlen eines Zweijahres-Zeitraums handelt, ergeben sich damit durchschnittlich 110 vermiedene Schwerverunfallte pro Jahr.

Es ist anzunehmen, dass Licht am Tag auch bei anderen, als den betrachteten, Unfalltypen wirkt. Deswegen ist der hier ermittelte Wert eine untere Schranke für die Wirkung von Licht am Tag.

# 5 Anhang

## 5.1 Via-sicura-Massnahmen

Die nachfolgende Tabelle gibt eine Übersicht über die Via-sicura-Massnahmen auf Gesetzesebene.

Massnahmen	Inkraftsetzung	Kurzbeschreibung der Massnahmen
<b>Im Evaluationszeitraum 2013 bis 2015 in Kraft getretene Massnahmen</b>		
Infrastrukturmassnahmen	ab Jan 2013	Die Strasseneigentümer sollen ihr Strassennetz auf Unfallschwerpunkte und Gefahrenstellen analysieren und diese sukzessive beheben. Bund und Kantone haben einen Sicherheitsbeauftragten für ihr Strassennetz zu ernennen. Das Bundesamt für Strassen (ASTRA) wird den Strasseneigentümern Vollzugshilfen zur Verfügung stellen, damit sie der Verkehrssicherheit bei Planung, Bau, Unterhalt und Betrieb angemessen Rechnung tragen können. (1.7.2013) Zur Verbesserung der Sicherheit von Fussgängerstreifen erhält der Bund die Kompetenz, in Zusammenarbeit mit den Kantonen Vorschriften über deren bauliche Ausgestaltung zu erlassen. (1.1.2013)
Keine Begleitung auf Lernfahrten durch Personen, die nur den Führerausweis auf Probe besitzen	Jan 2013	Begleitpersonen müssen zusätzlich zu den bisherigen Anforderungen (mind. 23-jährig und drei Jahre im Besitz der entsprechenden Kategorie) die Probezeit erfolgreich bestanden haben.
Abklärung der Fahreignung	ab Jan 2013	Obligatorische Anordnung einer Fahreignungsuntersuchung bei bestimmten Tatbeständen: z. B. bei Fahren in angetrunkenem Zustand mit einer Blutalkoholkonzentration von 1,6 Promille oder mehr (1.7.2014), Konsum von Betäubungsmitteln mit hohem Suchtpotenzial, extreme Geschwindigkeitsüberschreitungen oder Schikanestopps (1.1.2013).
Raserdelikte	Jan 2013	Als «Raser» gilt von Gesetzes wegen, wer die zulässige Geschwindigkeit wie folgt überschreitet: - um mindestens 40 km/h, wo die Höchstgeschwindigkeit höchstens 30 km/h beträgt; - um mindestens 50 km/h, wo die Höchstgeschwindigkeit höchstens 50 km/h beträgt; - um mindestens 60 km/h, wo die Höchstgeschwindigkeit höchstens 80 km/h beträgt; - um mindestens 80 km/h, wo die Höchstgeschwindigkeit mehr als 80 km/h beträgt. Ebenso gilt als «Raser», wer durch vorsätzliche Verletzung elementarer Verkehrsregeln das hohe Risiko eines Unfalls mit Schwerverletzten oder Todesopfern eingeht, namentlich durch waghalsiges Überholen oder Teilnahme an einem nicht bewilligten Rennen mit Motorfahrzeugen. Der Führerausweis wird für mindestens zwei Jahre entzogen; im Wiederholungsfall für immer, mindestens aber für zehn Jahre. Die Strafandrohung für diese Delikte ist Freiheitsstrafe von einem bis zu vier Jahren.
Neudefinition des Mindestalters für Radfahrer und Radfahrerinnen	Jan 2013	Das Mindestalter für das Radfahren auf Hauptstrassen soll neu sechs Jahre betragen.
Mindestalter für Fuhrleute	Jan 2013	Anhebung des Mindestalters für Fuhrleute auf 14 Jahre.
Einziehung und Verwertung von Motorfahrzeugen bei skrupelloser Tatbegehung	Jan 2013	Bei qualifiziert groben Verkehrsregelnverletzungen (z. B. krasse Geschwindigkeitsüberschreitungen) und wenn die Einziehung aufgrund einer ungünstigen Prognose notwendig erscheint, kann das Gericht das Motorfahrzeug des Täters oder der Täterin einziehen und verwerten lassen.
Verbot von entgeltlichen oder öffentlichen Warnungen vor Verkehrskontrollen	Jan 2013	Warnungen vor Polizeikontrollen sind verboten, wenn sie entgeltlich sind oder öffentlich erfolgen. Radarwarnungen durch die Polizei und unter Verkehrsteilnehmern und Verkehrsteilnehmerinnen fallen nicht unter das Verbot.
Massnahmen zur Optimierung der Informationssysteme	ab Jan 2013	Die Massnahme sieht folgende Teilmassnahmen vor: Informationssystem Verkehrszulassung (IVZ, noch nicht in Kraft), Optimierung der Strassenverkehrs-unfall-Statistik (VU, 1.1.2013) und Optimierung der Strassenverkehrskontroll-Statistik (VK, 1.1.2014)
Einsatz für grenzüberschreitende Strafverfolgung	Jan 2013	Der Bundesrat kann mit ausländischen Staaten Vereinbarungen über die Auskunftserteilung aus Fahrzeug- und Fahrberechtigungsregistern sowie die Vollstreckung von Geldstrafen oder Bussen in eigener Kompetenz abschliessen.
Verbot für bestimmte Personengruppen, unter Alkoholeinfluss zu fahren	Jan 2014	Das Fahren unter Alkoholeinfluss ( $\geq 0,10$ Promille) ist verboten für: - Berufschaffeuere (Lastwagen, Car, Gefahrguttransport) - Neulenkende (Inhaber Führerausweis auf Probe) - Fahrschüler und -schülerinnen - Fahrlehrer und -lehrerinnen - Begleitpersonen von Lernfahrten

Massnahmen	Inkraftsetzung	Kurzbeschreibung der Massnahmen
Obligatorisches Fahren mit Licht am Tag	Jan 2014	Motorwagen (z. B. Personenwagen, Liefer- und Lastwagen, Cars) und Motorräder müssen tagsüber mit Licht fahren. Von dieser Pflicht ausgenommen sind Mofas, E-Bikes und Velos sowie Fahrzeuge, die vor 1970 in Verkehr gesetzt wurden. Bei Missachtung des Lichtobligatoriums droht eine Busse von 40 Franken.
Einführung einer Schadenverlaufserklärung	Jan 2014	Wer die Motorfahrzeug-Haftpflichtversicherung wechseln will, kann von der bisherigen Versicherung eine Schadenverlauf- oder Schadenfreiheitserklärung einfordern.
Straffung des Ordnungsbussenverfahrens	Jan 2014	Ordnungsbussen müssen vom Halter oder von der Halterin eines Fahrzeugs bezahlt werden, wenn der Täter oder die Täterin nicht bekannt ist.
Rückgriff der Motorfahrzeug-Haftpflichtversicherungen	Jan 2015	Bei Schäden, die in angetrunkenem oder fahruntfähigem Zustand oder durch ein Raserdelikt verursacht wurden, müssen die Motorfahrzeug-Haftpflichtversicherungen Rückgriff auf die Person nehmen, die den Unfall verursacht hat. Der Umfang des Rückgriffs richtet sich nach dem Verschulden und der wirtschaftlichen Leistungsfähigkeit der Person.
<b>Inkrafttreten nach 2015</b>		
Qualitätssicherung bei der Fahreignungsabklärung und Aktualisierung der medizinischen Mindestanforderungen	Jul 2016	Festlegung durch den Bundesrat von gesamtschweizerisch einheitlichen Qualitätssicherungsmassnahmen bei der Fahreignungsabklärung und Anpassung der medizinischen Mindestanforderungen an den heutigen Stand der Wissenschaft und Technik (inkl. differenzierte Beschränkung des Führerausweises von Senioren).
Beweissichere Atemalkoholprobe	Okt 2016	Die Atemalkoholprobe kann neu auch bei Werten von 0,80 Promille oder mehr unterschriftlich anerkannt und gerichtlich verwertet werden. Die Blutprobe wird nur noch ausnahmsweise durchgeführt (z. B. auf Verlangen der kontrollierten Person oder wenn Verdacht auf Betäubungsmittelkonsum besteht).
Nachschulung von fehlbaren Fahrzeuglenkern und Fahrzeuglenkerinnen	noch nicht in Kraft	Pflicht zur Teilnahme an einem Nachschulungskurs, wenn der Führerausweis wegen Fahrens unter Alkohol- oder Betäubungsmittelinfluss entzogen wird (auch bei Ersttätern, wenn die Blutalkoholkonzentration mind. 0,80 Promille beträgt) oder wenn der Führerausweis aus andern Gründen für mindestens sechs Monate entzogen wird (nur Wiederholungstäter).
Einsatz von Datenaufzeichnungsgeräten bei Geschwindigkeitsdelinquenten («Blackbox»)	noch nicht in Kraft	Personen, denen der Führerausweis für mindestens zwölf Monate oder auf unbestimmte Zeit wegen Missachtung von Geschwindigkeitsvorschriften entzogen wurde, erhalten den Führerausweis mit der Auflage zurück, während fünf Jahren nur noch Motorfahrzeuge zu führen, die mit einem Datenaufzeichnungsgerät («Blackbox») ausgerüstet sind.
Alkohol-Wegfahrsperre	noch nicht in Kraft	Personen, denen der Führerausweis auf unbestimmte Zeit wegen Fahrens in angetrunkenem Zustand entzogen wurde, erhalten den Führerausweis - nach Durchführung einer Therapie und aufgrund einer günstigen Prognose - mit der Auflage zurück, während fünf Jahren nur noch Motorfahrzeuge zu führen, die mit einer Atemalkohol-Wegfahrsperre ausgerüstet sind.

Tabelle 24: Via-sicura-Massnahmen auf Gesetzesebene

## 5.2 Unfallaufnahmeprotokoll UAP

Alle im UAP erfassten Daten stehen im Verkehrsunfallregister VU für analytische Auswertung zur Verfügung.

Das UAP und die Instruktionen zum Ausfüllen können unter folgendem Weblink abgerufen werden: <https://www.astra.admin.ch/astra/de/home/dokumentation/unfalldaten/grundlagen/unfallerfassung.html>

Es gibt auf dem UAP zwei verschiedene Arten von Feldern:

- Innerhalb einer Merkmalgruppe wird nur ein einziges, farbig hinterlegtes Feld angekreuzt (Mussfeld). Bei diesen Feldern ist eine gute Datenqualität zu erwarten, da automatische Kontrollen verhindern, dass Felder nicht angekreuzt werden.
- Bei den weissen Feldern handelt es sich um optionale Angaben. Eine Eingabe ist erforderlich, wenn sie für das Unfallereignis zutrifft. Bei manchen Merkmalgruppen sind auch Mehrfachnennungen möglich. Somit gibt es keine Möglichkeit, Eingabefehler automatisch festzustellen. Deswegen ist es schwer, Aussagen über die Qualität dieser Angaben zu machen.

## 5.3 Weblinks Datenquellen

### Feiertage

Bundesamt für Justiz BJ. Gesetzliche Feiertage und Tage, die in der Schweiz wie gesetzliche Feiertage behandelt werden.

<http://www.ejpd.admin.ch/content/dam/data/bj/publiservice/service/zivilprozessrecht/kant-feiertage.pdf> (27.04.2016)

### Fahrleistung

Bundesamt für Statistik BFS. Fahrzeugbewegungen und Fahrleistungen im Personenverkehr.

<https://www.bfs.admin.ch/bfsstatic/dam/assets/1600998/master> (11.04.2016)

Bundesamt für Statistik BFS. Fahrleistung der in- und ausländischen Fahrzeuge nach Fahrzeugart (Leistungen der Güterfahrzeuge. Zeitreihen).

<https://www.bfs.admin.ch/bfsstatic/dam/assets/1381737/master> (11.04.2016)

### Verkehrsleistung

Bundesamt für Statistik BFS. Verkehrsleistung im Personenverkehr.

<https://www.bfs.admin.ch/bfsstatic/dam/assets/1620003/master> (17.05.2016)

### Mikrozensus

Bundesamt für Statistik BFS. Mikrozensus Mobilität in der Schweiz - Synthesetabellen.

<http://www.portal-stat.admin.ch/mz10/files/de/00.xml> (31.05.2016)

### Bevölkerung

Bundesamt für Statistik BFS. STAT-TAB – die interaktive Datenbank des BFS.

<https://www.pxweb.bfs.admin.ch/default.aspx> (08.04.2016 für die Daten bis 2014 und 22.09.2016 für diejenigen von 2015)

### Gurtenantragquote

bfu - Beratungsstelle für Unfallverhütung. bfu-Erhebung 2015 - Gurtenantragquoten. Bern: bfu; 2015.

[http://www.bfu.ch/sites/assets/Shop/bfu\\_2.999.01\\_bfu-Erhebung%202015%20-%20Gurtenantragquoten.pdf](http://www.bfu.ch/sites/assets/Shop/bfu_2.999.01_bfu-Erhebung%202015%20-%20Gurtenantragquoten.pdf) (11.04.2016)

### Lichtquote

bfu - Beratungsstelle für Unfallverhütung. bfu-Erhebung 2015 - Lichteinschaltquoten am Tag. Bern: bfu; 2015.

[http://www.bfu.ch/sites/assets/Shop/bfu\\_2.999.01\\_bfu-Erhebung%202015%20-%20Lichteinschaltquoten%20am%20Tag.pdf](http://www.bfu.ch/sites/assets/Shop/bfu_2.999.01_bfu-Erhebung%202015%20-%20Lichteinschaltquoten%20am%20Tag.pdf) (11.04.2016)

### Helmtragquote

bfu - Beratungsstelle für Unfallverhütung. bfu-Erhebung 2015 - Helmtragquoten der Radfahrenden im Strassenverkehr. Bern: bfu; 2015.

[http://www.bfu.ch/sites/assets/Shop/bfu\\_2.999.01\\_bfu-Erhebung%202015%20-%20Helmtragquoten%20der%20Radfahrenden%20im%20Strassenverkehr.pdf](http://www.bfu.ch/sites/assets/Shop/bfu_2.999.01_bfu-Erhebung%202015%20-%20Helmtragquoten%20der%20Radfahrenden%20im%20Strassenverkehr.pdf) (11.04.2016)

### Kindersitzquote

bfu - Beratungsstelle für Unfallverhütung. bfu-Erhebung 2007 – Benutzungsquote von Kinderrückhaltesystemen. Bern: bfu; 2008.

[http://www.bfu.ch/sites/assets/Shop/bfu\\_2.999.01\\_bfu-Erhebung%202007%20-%20Benutzungsquote%20von%20Kinderrückhaltesystemen.pdf](http://www.bfu.ch/sites/assets/Shop/bfu_2.999.01_bfu-Erhebung%202007%20-%20Benutzungsquote%20von%20Kinderrückhaltesystemen.pdf) (14.04.2016)

bfu-Erhebung 2012 – Benutzungsquote von Kinderrückhaltesystemen. Bern: bfu.

[http://www.bfu.ch/sites/assets/Shop/bfu\\_2.999.01\\_bfu-Erhebung%202012%20-%20Benutzungsquote%20von%20Kinderrückhaltesystemen.pdf](http://www.bfu.ch/sites/assets/Shop/bfu_2.999.01_bfu-Erhebung%202012%20-%20Benutzungsquote%20von%20Kinderrückhaltesystemen.pdf) (14.04.2016)

#### E-Bikes

Verband der Schweizer Fahrradlieferanten velosuisse. Übersicht Fahrradmarkt.

[http://www.velosuisse.ch/de/statistik\\_aktuell.html](http://www.velosuisse.ch/de/statistik_aktuell.html) (22.04.2016)

#### Strassenlängen

Bundesamt für Statistik BFS. Längen der National-, Kantons- und Gemeindestrassen.

<https://www.bfs.admin.ch/bfsstatic/dam/assets/1025016/master> (31.05.2016)

#### Leergewichte

Bundesamt für Energie BFE. Datentabellen zum Treibstoffverbrauch Neuwagenflotte. 2015.

[http://www.bfe.admin.ch/dokumentation/publikationen/index.html?start=0&lang=de&marker\\_suche=1&ps\\_text=treibstoffverbrauch&ps\\_nr=&ps\\_date\\_day=12&ps\\_date\\_month=05&ps\\_date\\_year=2016](http://www.bfe.admin.ch/dokumentation/publikationen/index.html?start=0&lang=de&marker_suche=1&ps_text=treibstoffverbrauch&ps_nr=&ps_date_day=12&ps_date_month=05&ps_date_year=2016) (08.06.2016)

#### Wetter

Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie MeteoSchweiz. Homogene Monatsdaten.

<http://www.meteoschweiz.admin.ch/home/klima/vergangenheit/homogene-monatsdaten.html?region=Tabelle> (24.06.2016)

#### Polizeimeldungen zu Tierunfällen

Polizei-Schweiz.ch. Tiere (Tierquälerei, Unfälle mit Tieren etc.).

[http://www.polizei-schweiz.ch/ger\\_cat\\_336/180/Tiere\\_\(Tierquaelerei\\_Unfaelle\\_mit\\_Tieren\\_etc\).html](http://www.polizei-schweiz.ch/ger_cat_336/180/Tiere_(Tierquaelerei_Unfaelle_mit_Tieren_etc).html) (25.05.2016)

#### Führerprüfungen

asa, Vereinigung der Strassenverkehrsämter. Medienmitteilung Führerprüfungen 2015. Bern: asa; 2016.

[http://www.asa.ch/media/archive1/PDF/medienmitteilungen/MM\\_Erfolgsquote\\_Fuehrerpruefungen\\_d\\_f\\_i.pdf](http://www.asa.ch/media/archive1/PDF/medienmitteilungen/MM_Erfolgsquote_Fuehrerpruefungen_d_f_i.pdf) (09.08.2016)

## 5.4 Tabellen mit den Variablenwerten

Die folgende Tabelle zeigt die Jahreswerte der Variablen für die Evaluation des Gesamtprogramms. Kurzbezeichnungen und Bedeutungen der Variablen werden in Abschnitt 3.4 erläutert. Aus den Jahreswerten ist ersichtlich, wie sich die Exposition zum Unfallgeschehen über die Beobachtungsjahre 2000 bis 2015 verändert. Nicht enthalten sind Fahr- und Verkehrsleistungsvariablen nach Fahrzeugart und Alter. Die drei Variablen mit Daten auf Monatsebene (*feiertage*, *nieders* und *temp*) folgen in separaten Tabellen.

Jahr	fahr (km)	verkehr (km)	alter1824 (Anzahl)	alter2544 (Anzahl)	alter4564 (Anzahl)	alter6579 (Anzahl)	alter80 (Anzahl)
2000	52900	79142.1	584222	2223363	1790640	817774	291412
2001	53489	79574.1	593031	2238234	1817886	824762	306383
2002	54150	80397	600302	2242399	1854224	829715	312764
2003	54692	81056.6	607065	2240607	1888409	837186	319555
2004	55323	81805	613040	2235823	1924541	846194	328148
2005	55561	82014.3	616009	2227681	1961739	856037	336428
2006	55996	82940.7	622334	2219794	1996748	870750	345912
2007	56517	83931.9	633019	2230913	2034286	891069	354091
2008	57344	85355.1	648392	2246009	2079866	913713	362732
2009	58225	87247.6	657975	2245804	2124315	937087	371604
2010	58947	88701.6	666524	2242584	2165111	959719	381415
2011	59794	89949.1	676994	2253452	2201913	982866	382286
2012	60960	91811.4	679827	2260996	2238051	1007955	390663
2013	62014	93463.1	680168	2278823	2275589	1034026	398721
2014	62993	94985	680055	2298372	2311664	1056864	408701
2015	63973	96506.9	677643	2319248	2341275	1078185	416867

Jahr	auslaender (Anzahl)	alkohol **	kinder-sitze (%)	licht (%)	gurten (%)	helm (%)	zweiphasen1*	zweiphasen2*
2000	1424370	0	79	11.75	77	20	0	0
2001	1447553	0	82	20	78	22.8	0	0
2002	1476966	0	85	28.25	79	25.6	0	0
2003	1500907	0	86.8	36.5	80	28.4	0	0
2004	1524663	0	88.6	44.75	81	31.2	0	0
2005	1541912	1	90.4	53	82	34	0	0
2006	1554527	1	92.2	59	86	34.6	0	0
2007	1602093	1	94	58	86	35.2	1	1
2008	1669715	1	93.8	61	88	35.8	2	2
2009	1714004	1	93.6	64	87	36.4	3	3
2010	1754358	1	93.4	60	88	37	4	3
2011	1815994	1	93.2	68	89	40	5	3
2012	1869969	1	93	61	92	43	6	3
2013	1937447	1	92.8	68	92	46	7	3
2014	1998459	1	92.6	94	94	43	8	3
2015	2048667	1	92.4	95	93	47	9	3

Tabelle 25a: Jahreswerte der Variablen

\* abgeleitete Variable: Eine von Daten abgeleitete Masszahl für diesen Einflussfaktor.

\*\* Dummy-Variable: Nimmt nur die Werte 0 und 1 an.

Jahr	ebikes (Anzahl)	nationalstr (km)	kantons- str (km)	gemeindestr (km)	leergewPW (kg)	insris*
2000	0	1638	18097.3	51397	1363	0.4208
2001	0	1673.4	18115.3	51397	1390	0.4114
2002	0	1706	18048	51438	1408	0.4019
2003	0	1758.8	18088	51446	1440	0.3924
2004	0	1733.7	18117	51446	1462	0.384
2005	537	1755.7	18094	51446	1478	0.3766
2006	3718	1758.2	18117	51446	1491	0.3671
2007	9543	1763.6	18160	51446	1502	0.3581
2008	22143	1765.6	18116	51506	1473	0.3492
2009	46029	1789.1	18053	51615	1448	0.3386
2010	85276	1790	18040	51622	1456	0.3291
2011	134891	1798.7	18027	51638	1483	0.3186
2012	187832	1808.5	18013	51691	1510	0.3081
2013	237194	1812	17926	51789	1492	0.2975
2014	294807	1823.3	17933	51797	1507	0.288
2015	361139	1834.6	17940	51805	1532	0.2775

*Tabelle 25b: Jahreswerte der Variablen*

\* abgeleitete Variable: Eine von Daten abgeleitete Masszahl für diesen Einflussfaktor.

\*\* Dummy-Variable: Nimmt nur die Werte 0 und 1 an.

Tabelle 26 listet die Werte der abgeleiteten Temperatur-Variable auf. Hierbei handelt es sich um die, mit ihrem Einfluss auf das Unfallgeschehen und davon betroffener Strassenlängen gewichteten, monatlichen Temperaturdaten. Eine detaillierte Beschreibung befindet sich im Abschnitt 3.4.

Jahr	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni
2000	7527862	156858859	171269335	492693516	1028124311	1215634433
2001	19906064	134604477	249881361	262354669	1052915976	1028040012
2002	7175866	214632990	237383616	427170028	799324095	1276540861
2003	8202470	32133151	253019202	451815319	993455974	1389716871
2004	13856563	95994314	84090692	453969626	747417626	1121856407
2005	8268087	36237360	130912978	435213931	918183153	1240121506
2006	2311579	54471211	53151308	414223790	878052578	1211951780
2007	81357895	192440769	154190632	850171883	979006575	1167798745
2008	40202040	148278840	110602632	344596769	1030960629	1180815726
2009	2575627	62243665	101950734	652129663	1082437094	1128245128
2010	2336930	67863418	92598749	522004432	725986295	1151335958
2011	14199963	116114152	199559303	756086706	1059846517	1142229053
2012	28697252	18684145	316174068	416985087	958670523	1207255772
2013	12969630	39233035	40424154	433538237	632170939	1100100592
2014	42723922	155835899	251869485	603566420	799857807	1209595703
2015	23823226	57255242	196895914	528270056	941786635	1229559320

Juli	August	September	Oktober	November	Dezember	Jahr
1137911478	1327459195	1021707979	575001340	95170872	58616413	2000
1315946631	1348795634	690784887	856538453	21829371	5203313	2001
1284654721	1229561738	821847433	548981384	151554237	60206936	2002
1372787576	1458482919	970012981	285981990	79109438	15688428	2003
1281958436	1296973693	1033609064	696933048	41963814	10602793	2004
1306511054	1159481423	1058363195	657746485	31794310	3632245	2005
1461217802	1044833322	1194441265	815225922	175299541	28400516	2006
1262481850	1221530959	839726733	492801966	24164986	11282872	2007
1297196528	1268600340	792101664	555661517	51555854	8812224	2008
1327057774	1384649042	1071510810	517685456	199940698	12329558	2009
1397901737	1226999452	867223146	452766132	75675388	3138198	2010
1182424922	1358918531	1152115552	528405930	82515445	55640310	2011
1299075358	1376238410	969001030	567735111	115056637	20457290	2012
1405868408	1319621176	1016408015	709902112	49300357	18206013	2013
1272309763	1170073512	1047158976	798641538	198592268	46471764	2014
1459164103	1388068949	854532733	483251760	222009678	69171016	2015

Tabelle 26: Abgeleitete Temperatur-Variable

Tabelle 27 listet die Werte der abgeleiteten Niederschlag-Variable auf. Hierbei handelt es sich um die, mit ihrem Einfluss auf das Unfallgeschehen und davon betroffener Strassenlängen gewichteten, monatlichen Niederschlagsmengen. Eine detaillierte Beschreibung befindet sich im Abschnitt 3.4.

Jahr	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni
2000	-134744352	-197741492	-142789895	-142155838	-234115187	-192396717
2001	-217780698	-92059183	-458001470	-266685698	-179273033	-330828724
2002	-104484886	-141732327	-134997326	-128158111	-320586050	-224803429
2003	-183680716	-29528356	-52987242	-139343985	-207430062	-174311053
2004	-311839604	-64341940	-85060905	-125703975	-227021438	-240808522
2005	-169444879	-87736262	-77195034	-239942207	-232940444	-189267890
2006	-112170787	-84026869	-304211569	-307609563	-308386802	-159462424
2007	-188320421	-133774838	-138051130	-60418780	-317500829	-312537021
2008	-166689619	-50338475	-164672139	-300219198	-159962773	-186857940
2009	-127265856	-115874116	-183341064	-92599779	-168496563	-269406940
2010	-133015313	-72990286	-108199656	-77439529	-295575120	-209262440
2011	-129015045	-24673808	-58261315	-72456943	-196207618	-240130648
2012	-230031195	-28956176	-44005129	-189786329	-202320889	-309038636
2013	-148034311	-107520446	-105406131	-199554076	-320975585	-225087590
2014	-171124694	-133130910	-55646303	-145394486	-235584320	-221757833
2015	-220763017	-55350252	-154659316	-200471490	-294145934	-233653498

Juli	August	September	Oktober	November	Dezember	Jahr
-352423559	-250181241	-229839790	-228901432	-244182608	-153271417	2000
-262577194	-241203839	-289772013	-183448887	-218391510	-164459959	2001
-278842668	-304062094	-243129353	-274260405	-378102402	-204208768	2002
-245443660	-190439686	-169415408	-297434422	-183114717	-158039600	2003
-241084688	-281390722	-184631665	-276510311	-154314889	-169977871	2004
-235166701	-311723934	-201062952	-183801946	-138483692	-201604389	2005
-185384083	-358879991	-247760660	-184544446	-165880266	-176444293	2006
-337648290	-384112435	-197493946	-125673041	-194397600	-229967123	2007
-289372808	-266989326	-250814310	-245391333	-178458156	-214558969	2008
-307904095	-179187009	-180267532	-173900477	-260204484	-262643110	2009
-246342041	-328739022	-193191973	-160156789	-219647018	-218201957	2010
-306698715	-206387854	-212487916	-202270455	-123346330	-334762035	2011
-251385902	-270360838	-236525291	-241923016	-253939920	-304007242	2012
-236461704	-192184885	-245704722	-256184929	-260095627	-170041651	2013
-390851503	-263802589	-162564212	-231698844	-220704685	-170797003	2014
-173916100	-188521576	-199549152	-161782640	-192289642	-113012518	2015

Tabelle 27: Abgeleitete Niederschlag-Variable

In Tabelle 28 sind die Werte der abgeleiteten Feiertage-Variable zu finden, welche die Feiertage gewichtet mit der Anzahl betroffener Personen wiedergibt. Eine detaillierte Beschreibung befindet sich in Abschnitt 3.4.

Jahr	Jan	Febr	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug	Sept	Okt	Nov	Dez
2000	0	0	0	14	3	17	0	9	0	0	3	15
2001	13	0	0	14	10	10	0	9	0	0	3	13
2002	13	0	7	7	20	0	0	9	0	0	3	13
2003	13	0	0	14	10	10	0	9	0	0	0	15
2004	13	0	0	14	14	3	0	0	0	0	3	2
2005	0	0	14	0	17	0	0	9	0	0	3	8
2006	6	0	0	14	10	10	0	9	0	0	3	15
2007	13	0	0	14	17	3	0	9	0	0	3	13
2008	13	0	14	0	20	0	0	9	0	0	0	15
2009	13	0	0	14	10	10	0	0	0	0	0	9
2010	7	0	0	14	14	3	0	0	0	0	3	2
2011	0	0	0	14	0	17	0	9	0	0	3	8
2012	6	0	0	14	17	3	0	9	0	0	3	13
2013	13	0	7	7	20	0	0	9	0	0	3	13
2014	13	0	0	14	10	10	0	9	0	0	0	15
2015	13	0	0	14	17	3	0	0	0	0	0	9

Tabelle 28: Feiertage-Variable

## 5.5 Herleitung der Masszahl für das Insassenrisiko

Im Folgenden sei ein schwerer Unfall definiert als Verkehrsunfall aus dem Verkehrsunfallregister VU mit mindestens einer schwer verletzten oder getöteten Person und der Beteiligung von mindestens einem Personenwagen.

Die folgende Abbildung zeigt das Risiko, dass bei Eintritt eines schweren Unfalls mindestens ein Insasse des Personenwagens schwer verletzt oder getötet wird. Dieser Anteil wird ausgewiesen nach dem Jahrgang des Personenwagens und wird für jedes Kalenderjahr von 2011 bis 2015 separat bestimmt. Bei Unfällen vor dem Jahr 2011 ist der Jahrgang der involvierten Personenwagen nicht erfasst.

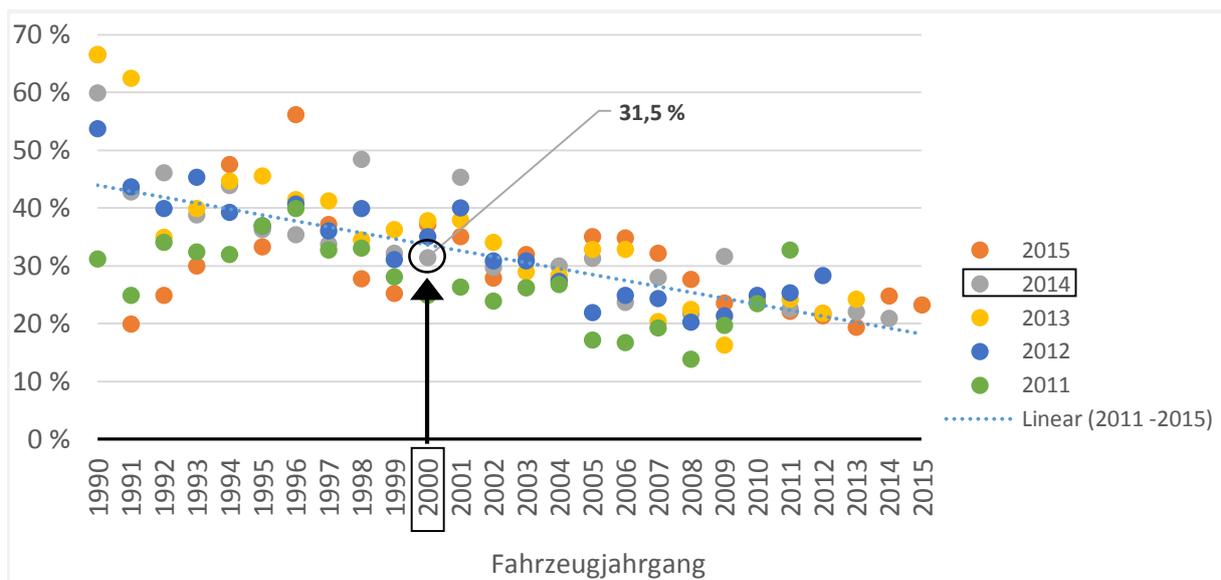


Abbildung 23: Insassenrisiko nach Fahrzeugjahrgang

Lesebeispiel: Wir betrachten die schweren Unfälle im Jahr 2014 mit Beteiligung mindestens eines Personenwagens mit dem Jahrgang 2000. Bei diesen Unfällen gab es in 31,5 % der Personenwagen mit Jahrgang 2000 mindestens einen schwer verletzten oder getöteten Insassen.

Das oben beobachtete Unfallgeschehen eines jeden Jahres wird angenähert durch seine Trendgerade beschrieben. Die Achsenabschnitte und Steigungen der fünf Trendgeraden werden gemittelt und ergeben Formel 9, die das Insassenrisiko in Abhängigkeit des Fahrzeugjahrgangs beschreibt.

Jahr	Steigung	Achsenabschnitt (Wert des Jahres 2010)
2011	0.0068	0.235
2012	0.0116	0.25
2013	0.0148	0.24725275
2014	0.0117	0.23809524
2015	0.0078	0.24324324
Mittelwert	0.01054	0.24271825

Tabelle 29: Steigungen und Achsenabschnitte

$$\text{insris für einen PW mit Jahrgang } J = 0.2427 + 0.0105 \cdot (2010 - J)$$

Formel 9: Formel für die insris-Variable

Für die Modellrechnung muss die Altersverteilung der Personenwagen berücksichtigt werden. Wegen der oben bestimmten Linearität der Formel 9 genügt das Durchschnittsalter des Personenwagenbestands für jedes Kalenderjahr.

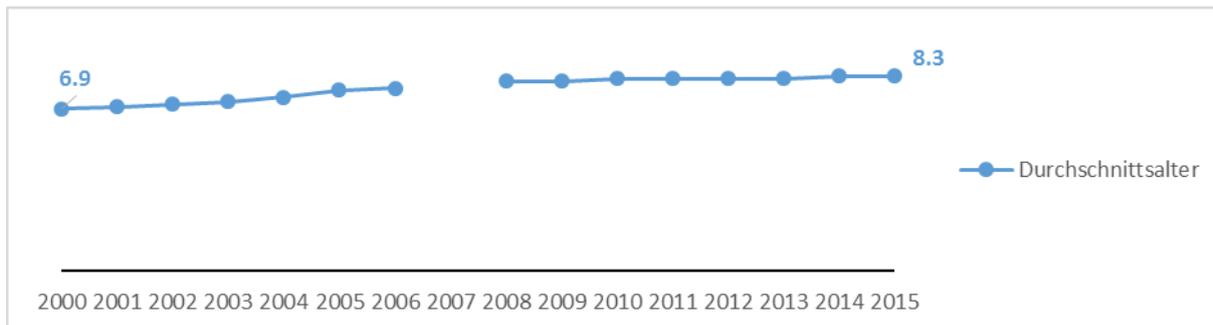


Abbildung 24: Durchschnittsalter des Personenwagenbestands nach Kalenderjahr

Aus dem Durchschnittsalter des Personenwagenbestands nach Kalenderjahr und der Formel für das Insassenrisiko nach Fahrzeugjahrgang lässt sich die Masszahl *insris* bestimmen: Vom aktuellen Jahr wird das Durchschnittsalter abgezogen (dies ergibt den durchschnittlichen Jahrgang der Personenwagen) und in Formel 9 eingesetzt.

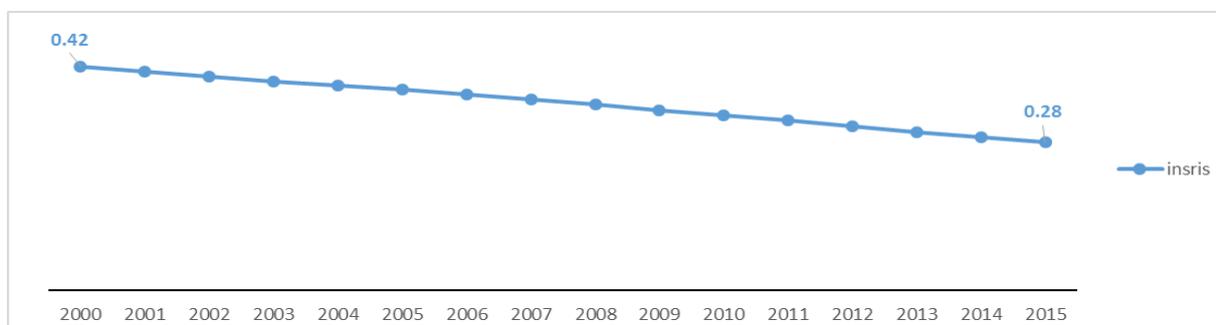


Abbildung 25: Masszahl *insris* für das Insassenrisiko

Die Masszahl für das Insassenrisiko beruht nicht auf Literaturangaben oder Abschätzungen, sondern ausschliesslich auf Daten des amtlichen Verkehrsunfallregister VU und des amtlichen Fahrzeug- und Fahrzeughalterregisters MOFIS.

Der unterschiedliche Fahrzeugbestand nach Jahrgang hat keinen Einfluss auf die Masszahl, denn es wird nicht die *Anzahl* Unfälle untersucht, sondern der *Anteil* Unfälle mit schweren Verletzungen von Insassen. Ebenso verhält es sich mit unterschiedlichen Fahrleistungen nach Fahrzeugjahrgang, steigendem Verkehrsaufkommen, der Einführung von *Via-sicura*-Massnahmen oder vielen anderen Veränderungen im Strassenverkehr.

Eigenschaften des Fahrzeugführers oder der Fahrzeugführerin (Ausbildung, Alter, Charaktereigenschaft) haben wenig Einfluss auf die Masszahl. Unfälle werden losgelöst von Verschuldensfragen betrachtet. Korrelationen von Fahrzeugalter und Eigenschaften des Fahrzeugführers oder der Fahrzeugführerin sind aber naheliegend. Sie müssten jedoch einen massgeblichen Einfluss auf den Unfallhergang haben (z. B.: Lenker und Lenkerinnen älterer Fahrzeuge verhalten sich rücksichtsloser, sie sind in Unfälle mit *heftigeren* Kollisionen verwickelt und verletzen sich deshalb stärker – oder sie sind selbst älter und damit verletzlicher). Ein solcher massgeblicher Einfluss auf den Unfallhergang sticht nicht hervor.

Aufgrund genannter Überlegungen drängt sich ein kausaler Zusammenhang zwischen Insassenrisiko und Jahrgang der Personenwagenflotte auf.

## 5.6 Modelle

In diesem Abschnitt wird neben R-spezifischer Details auf die ausführlichen Ergebnisse der Kreuzvalidierung und des Lasso-Modells eingegangen, auf die in Abschnitt 4.1 verwiesen wurden.

### 5.6.1 Zusätzliche Parameter

Die verwendeten R-Befehle verfügen über zusätzliche Modellparameter. Mehrheitlich werden die Standardwerte (Default) verwendet. Wo dies bei den finalen Modellen nicht der Fall ist, werden die in Tabelle 30 aufgeführten Werte verwendet.

Methode	Parameter
Ridge Regression	lambda = 0.001
Lasso	family = "gaussian"
PLSR	validation = "LOO" scale = TRUE ncomp = 5
Nichtlineares Modell	start = list(a1 = 1, a2 = 1, a3 = 1, b = -1)

Tabelle 30: Modellparameter

### 5.6.2 Kreuzvalidierung

Wie in Abschnitt 4.1.1.1 beschrieben, werden die finalen Modelle aufgrund ihrer fachlichen Plausibilität und ihrer Fehler aus der Kreuzvalidierung im Zeitraum 2000 bis 2012 ausgewählt. Der Fehler ist in Tabelle 31 angegeben. Auch bei der Lasso Methode handelt es sich um den Fehler der in Abschnitt 4.1.1.1 beschriebenen Kreuzvalidierung und nicht um denjenigen, welcher automatisch von der Funktion «cv.glmnet» geliefert wird. Letzterer wird nicht verwendet.

Methode	CV-Fehler
Ridge Regression	108.46
Lasso	213.42
PLSR	134.00
Nichtlineares Modell	141.60

Tabelle 31: Fehler der Kreuzvalidierung (CV)

### 5.6.3 Lasso-Modelle

Bei der gewählten Implementierung der Lasso-Methode wird der Parameter Lambda automatisch mittels einer Kreuzvalidierung bestimmt. Da dabei die Aufteilung in Trainings- und Testdaten zufällig ist, unterliegen die Ergebnisse dieser Methode gewissen Schwankungen. Deswegen werden für das finale Modell die Koeffizienten von fünf Modellen gemittelt. Diese fünf Modelle sind in Tabelle 32 aufgeführt.

$Schwerverunfallte = 1136.7$ $+ 0 \cdot feiertage$ $+ 0 \cdot kindersitze$ $+ -7.2667 \cdot gurten$ $+ -1.8367 \cdot helm$ $+ 0 \cdot ebikes$ $+ 0 \cdot leergewPW$ $+ 1.57417 \cdot 10^{-7} \cdot temp$ $+ 0 \cdot nieders$ $+ -0.00101453 \cdot verkehr$	$Schwerverunfallte = 1165.5$ $+ 0 \cdot feiertage$ $+ 0 \cdot kindersitze$ $+ -7.3425 \cdot gurten$ $+ -1.9619 \cdot helm$ $+ 0 \cdot ebikes$ $+ 0 \cdot leergewPW$ $+ 1.614178 \cdot 10^{-7} \cdot temp$ $+ 0 \cdot nieders$ $+ -0.001260067 \cdot verkehr$	$Schwerverunfallte = 1120.1$ $+ 0 \cdot feiertage$ $+ 0 \cdot kindersitze$ $+ -7.2184 \cdot gurten$ $+ -1.7660 \cdot helm$ $+ 0 \cdot ebikes$ $+ 0 \cdot leergewPW$ $+ 1.551195 \cdot 10^{-7} \cdot temp$ $+ 0 \cdot nieders$ $+ -0.0008770716 \cdot verkehr$
$Schwerverunfallte = 1101.9$ $+ 0 \cdot feiertage$ $+ 0 \cdot kindersitze$ $+ -7.1656 \cdot gurten$ $+ -1.6883 \cdot helm$ $+ 0 \cdot ebikes$ $+ 0 \cdot leergewPW$ $+ 1.52598 \cdot 10^{-7} \cdot temp$ $+ 0 \cdot nieders$ $+ -0.0007260563 \cdot verkehr$	$Schwerverunfallte = 1151.7$ $+ 0 \cdot feiertage$ $+ 0 \cdot kindersitze$ $+ -7.3039 \cdot gurten$ $+ -1.9030 \cdot helm$ $+ 0 \cdot ebikes$ $+ 0 \cdot leergewPW$ $+ 1.595104 \cdot 10^{-7} \cdot temp$ $+ 0 \cdot nieders$ $+ -0.001144648 \cdot verkehr$	

Tabelle 32: Die fünf Lasso-Modelle

Die fünf Modelle unterscheiden sich nicht sehr stark voneinander. Deswegen liegen auch ihre Prognosen für die Jahre 2013 bis 2015 nahe beieinander.

	2013	2014	2015
Lasso 1	4492.681	4543.254	4501.267
Lasso 2	4440.25	4488.558	4436.417
Lasso 3	4522.722	4574.561	4538.23
Lasso 4	4555.695	4608.925	4578.809
Lasso 5	4465.216	4514.59	4467.195
Mittelwert	4495.3128	4545.9776	4504.3836

Tabelle 33: Prognosen der einzelnen Lasso-Modelle