

Forschungspaket VeSPA
Teilprojekt 2

EINFLÜSSE VON SITUATION UND INFRASTRUKTUR AUF DAS UNFALLGESCHEHEN

PHASE 1

consult.ptvgroup.com

Hagen Schüller (PTV)
Olten, 18. September 2014



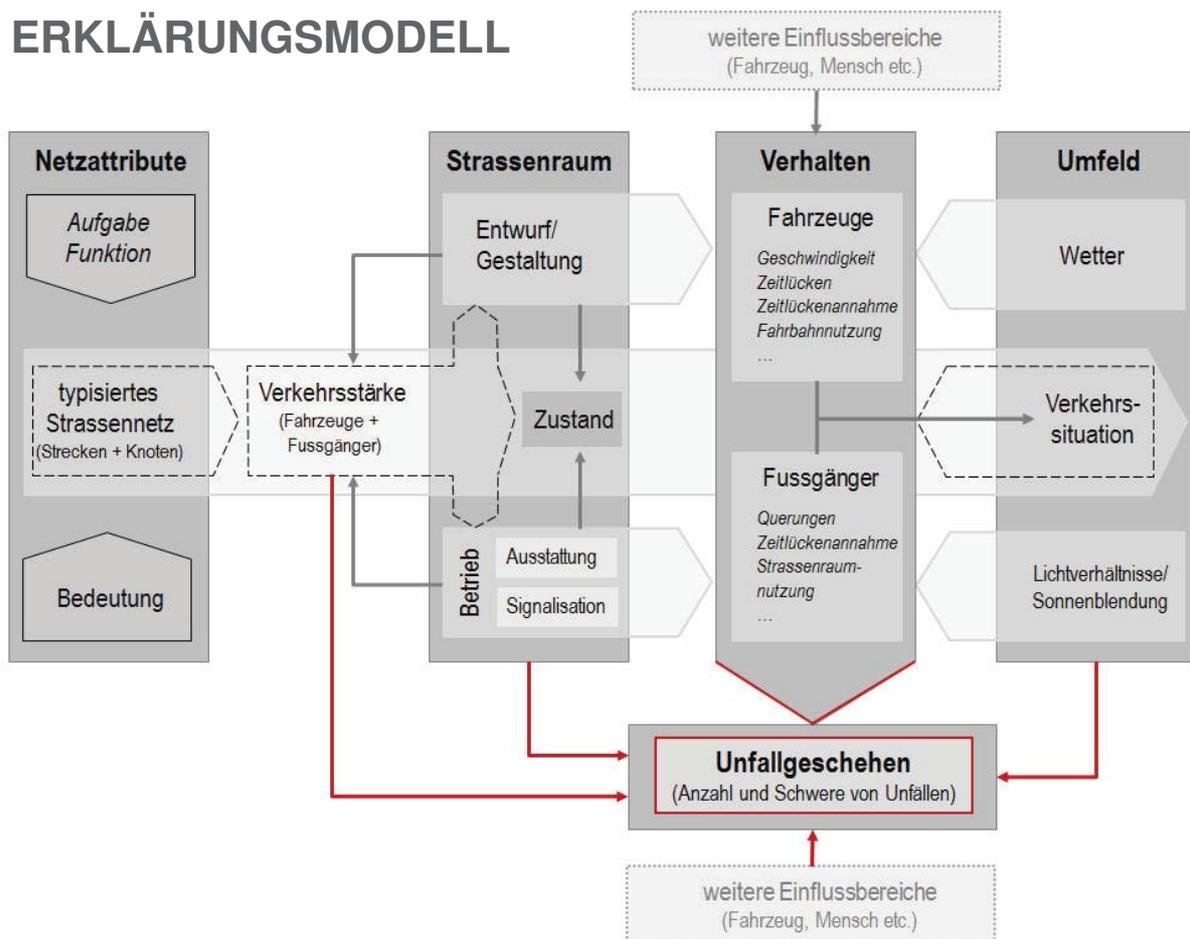
ZIELSTELLUNG

«Nur gut ausgebildete, fahrfähige und für das Autofahren geeignete Menschen verkehren in sicheren Fahrzeugen **auf Strassen, die Fehler verzeihen.**»

(Botschaft zu Via sicura, ASTRA 2010)

- Welche Strassen sind das?
- Was trägt dazu bei?
- Wie lässt sich das quantifizieren?
- Wo und wie lassen sich die Ergebnisse in der Praxis umsetzen?

ERKLÄRUNGSMODELL



ERKLÄRUNGSMODELL



AKTUELLE ENTWICKLUNGEN

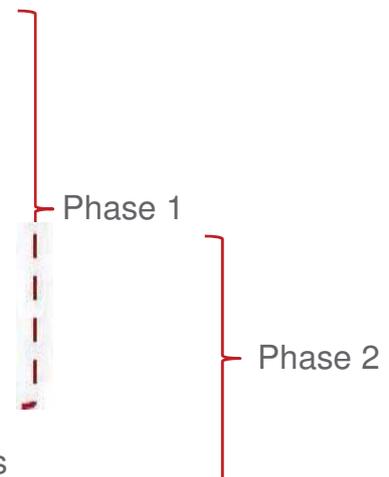
- Reaktiv → Proaktiv
- Trend zur risikobasierten Sicherheitsarbeit
- Bedarf an objektiven Bewertungsgrundlagen → Unfallmodelle
- Verallgemeinerung und Übertragbarkeit ist wichtig
- zentrale Unfalldatenbank (DWH-VU / VUGIS)
- flächendeckende Datenverfügbarkeit

ARBEITSSCHRITTE

VeSPA-Aufgabenstellung:

Welche Erkenntnisse können aus der Zusammenführung unterschiedlicher Daten und deren (strukturierter) Analyse gewonnen werden?

- Identifizierung potenzieller Einflussfaktoren
- Datenlage sondieren, Datenbeschaffung
- Datenaufbereitung in Analysenetzen
- Entwicklung von Unfallmodellen
- Interpretation & Dokumentation Ergebnisse
- Zusammenführung Einflussbereiche
- Ableitung Massnahmen & Empfehlungen für die Praxis



POTENZIELLE EINFLUSSFAKTOREN



Netz
Querschnitt
Trassierung
Knoten
Ausstattung
Signalisation
Zustand
Verkehr
Verhalten
Umfeld

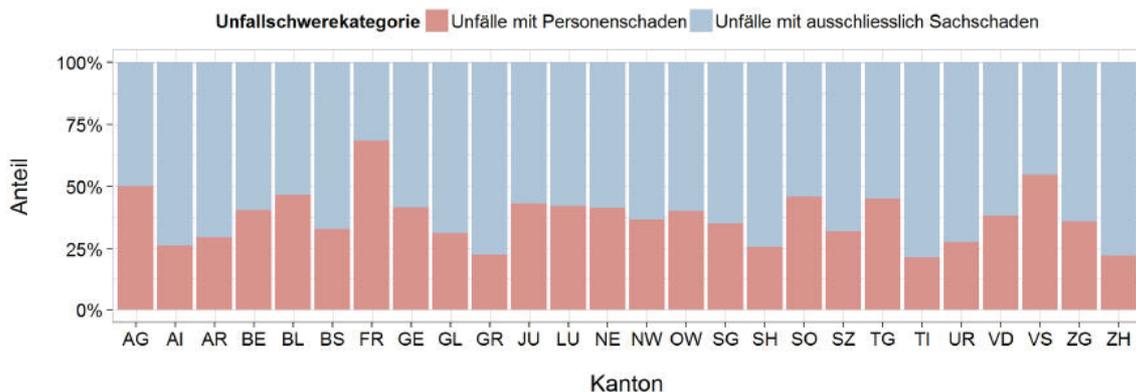
POTENZIELLE EINFLUSSFAKTOREN

Gestaltung

		Priorisierung			
		1.	2.	3.	
Querschnitt	Anzahl Fahrstreifen	X			
	Anzahl Fahrbahnen		X		
	Fahrstreifenbreite		X		
	Fahrbahnbreite		X		
	Art der Mitteltrennung	X			
	Mittelinseln		X		
	Seiten-/Standstreifen		X		
	Randstreifen		X		
	Überholfahrstreifen	X			
	Radverkehrsanlagen	Velostreifen / Veloweg	X		
		Breiten		X	
	Tramführung	Mischverkehr / eigenständiger Bahnkörper	X		
	Sonderfahrstreifen	z. B. Bus, Taxi		X	
	ÖV-Haltestellen	Mittellage / Seitenlage	X		
	Parkierungsstreifen	Aufstellungsart		X	
Breiten			X		
Trassierung	Gerade / Kurve		X		
	Kuppe / Wanne			X	
	Kurvenradius		X		
	Kurvigkeit	X			
	Längsneigung	X			
	Querneigung		X		

DATENLAGE – UNFÄLLE

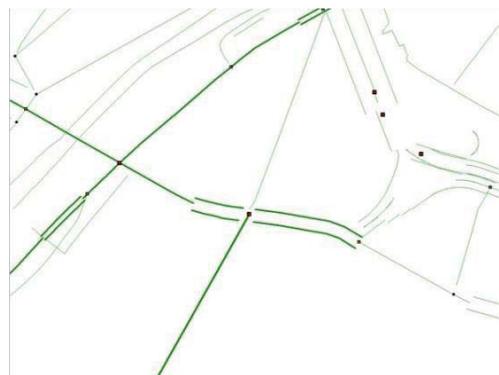
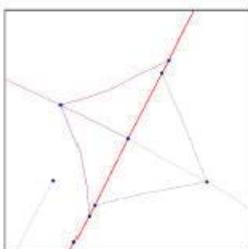
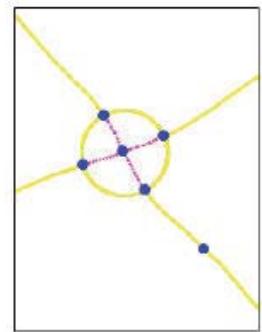
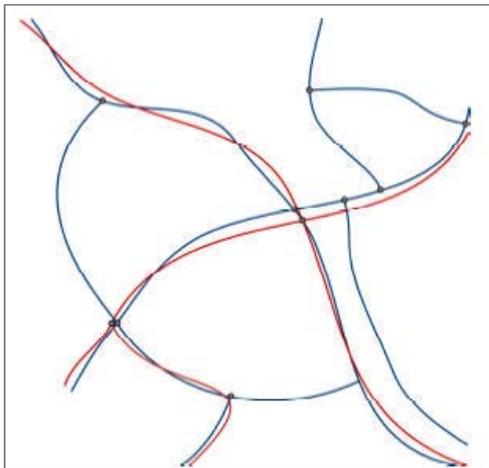
- ➔ gesamtschweizerischer Unfalldatensatz mit umfangreichen Merkmalen, lokaler Referenzierung und guter Qualität (seit 2011)
- ➔ Kantonale Unterschiede bei Unfällen mit ausschliesslich Sachschaden



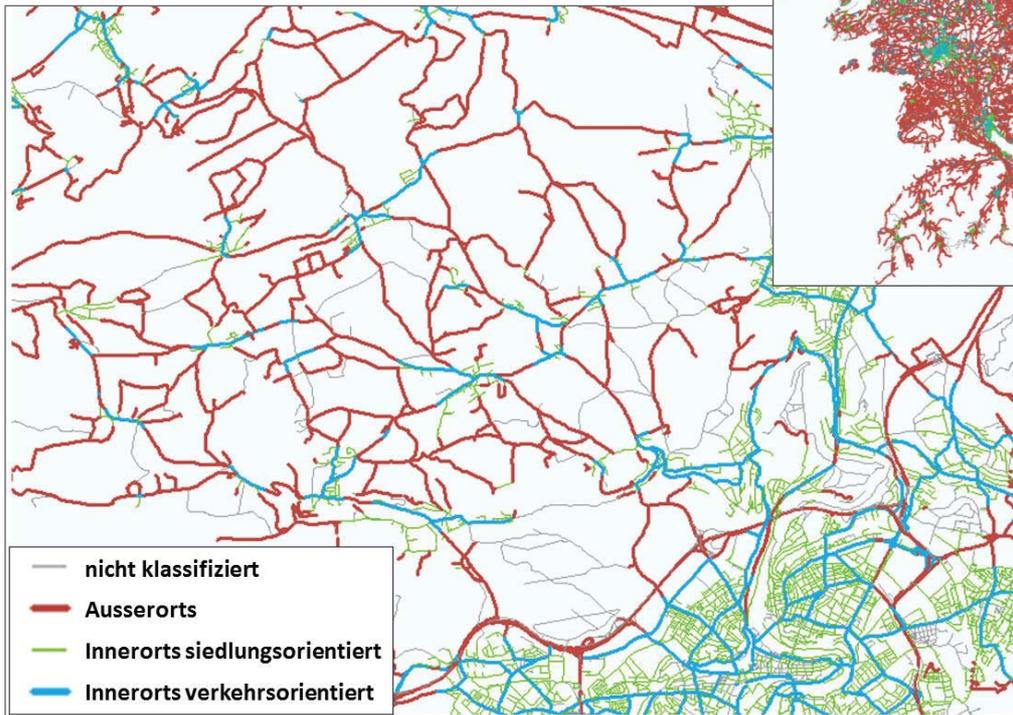
DATENLAGE – VERKEHR & INFRASTRUKTUR

- ▶ keine gesamtschweizerische und nutzbarer Datenquelle mit Informationen zu Gestaltung und Betrieb der Strasseninfrastruktur sowie dem Verkehrsaufkommen (Ausnahme: Netzdaten)
- ▶ kantonale Verkehrsmodelle mit flächendeckende Angaben zum DTV_{MIV}
- ▶ kantonale Datenbanken zu Infrastrukturcharakteristiken
- ▶ Fokus auf Kantons- und Gemeindestrassen
- ▶ Unterschiede in Verfügbarkeit, Umfang, Format, Metadaten und Aufbereitung

ANALYSENETZE – REFERENZIERUNGSPROBLEME

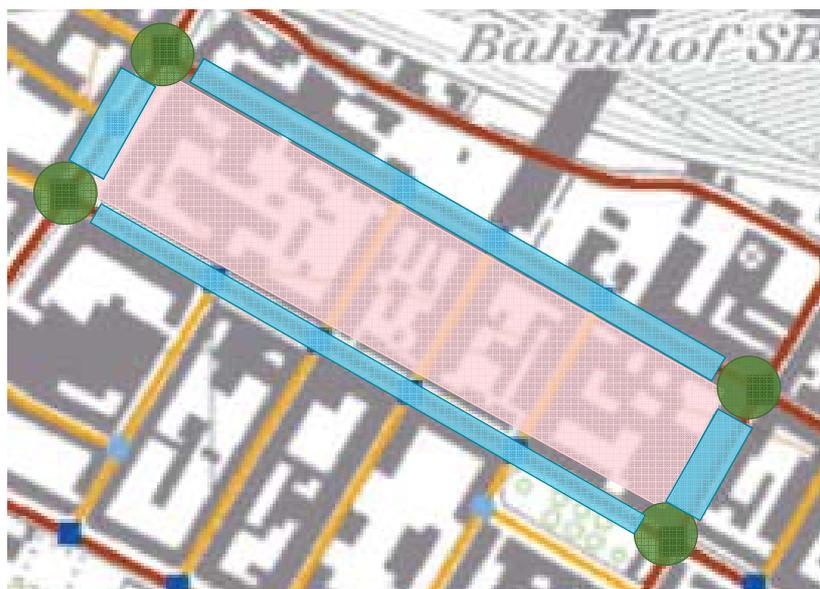


ANALYSENETZE



Kanton
Bern

ANALYSENETZE – NETZEINTEILUNG

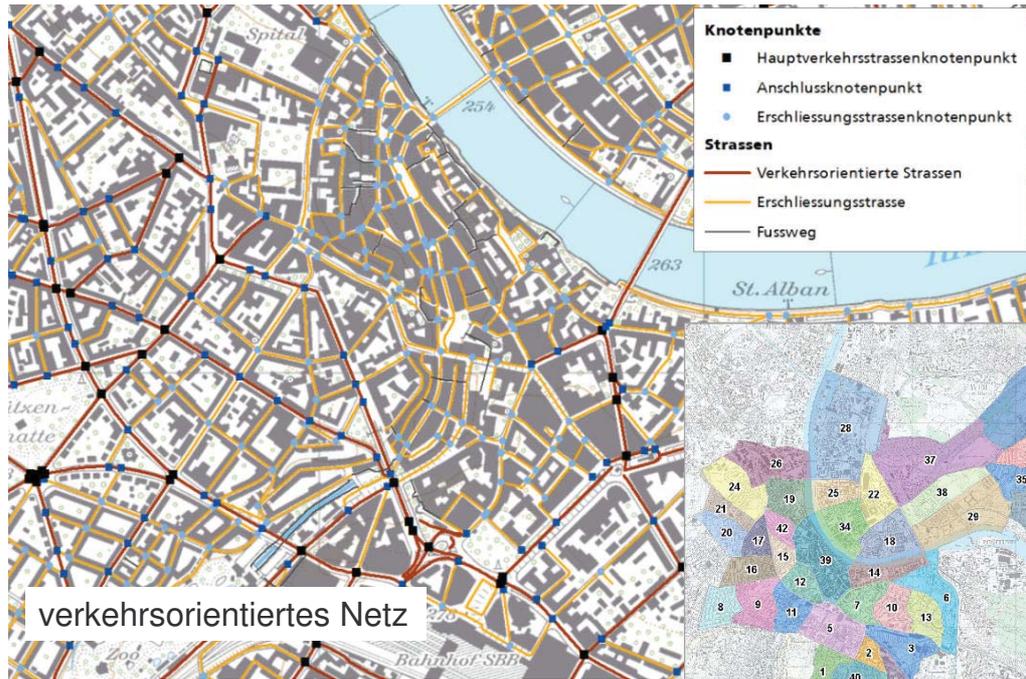


Knoten

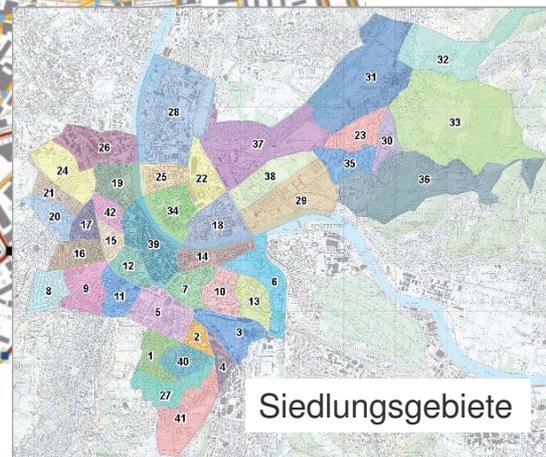
Strecken

Siedlungsgebiete

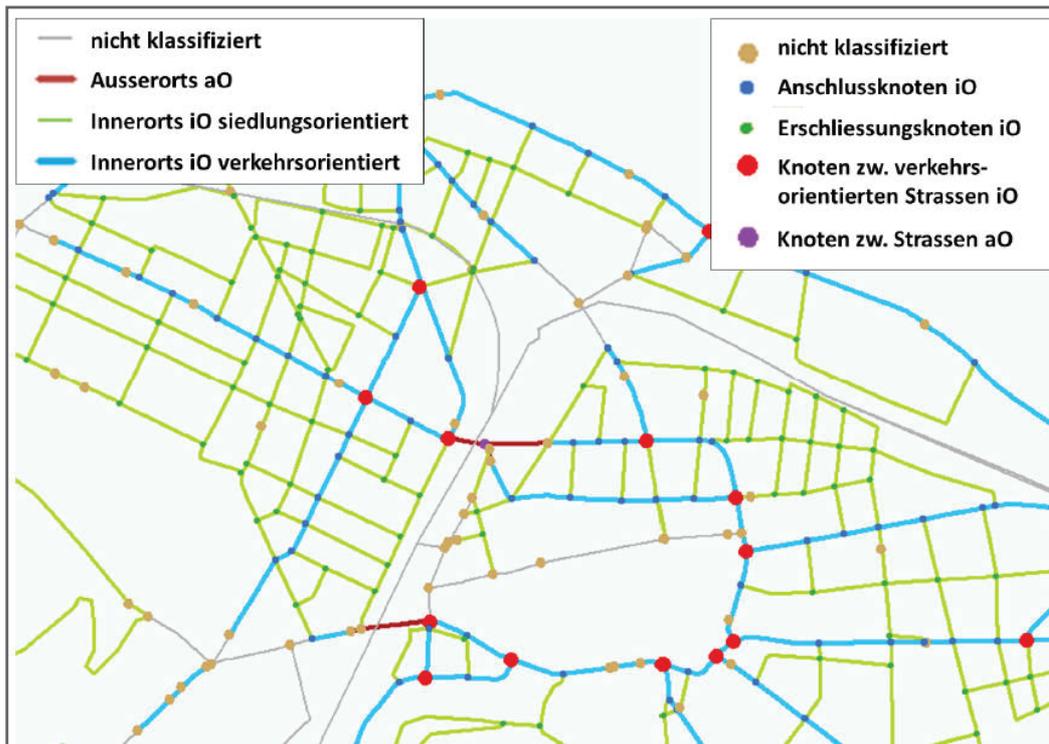
ANALYSENETZE



Kanton
Basel-Stadt



ANALYSENETZE



Kanton
Zürich

ANALYSENETZE

	Innerorts		Ausserorts		
	Strecken	Knoten	Strecken	Knoten	
Kanton Zürich	898 km	892	1.147 km	278	
Kanton Bern	1.215 km	...	3.358 km	...	
Kanton Basel-Stadt	93 km	149			
Σ	2.206 km	1.041	4.505km	278	Σ
U_(G+SV)	1.516	309	882	48	2.755
Unfälle U_(LV)	6.476	1.446	2.151	287	10.360
U_(SS)	13.663	3.551	5.906	850	23.970
Σ	21.655	5.306	8.939	1.185	37.085

Variablen Strecken ZH / BE

Gruppe	Variable	Einheit	Beschreibung	Niveau
Verkehr	DTV	[Fz/d]	durchschnittlich täglicher Verkehr	metrisch
	SV	[%]	Schwerverkehrsanteil	metrisch
	OeVPers	[Pers/d]	Fahrgäste des ÖV pro Tag	metrisch
	Tram	[-]	Strassenbahn vorhanden	kategorial
	TramH	[Tram/h]	Strassenbahnfahrzeugmenge, Tag 6-22Uhr	metrisch
Netz	L	[km]	Länge Netzabschnitt	metrisch
	AKD	[AK/km]	Anschlussknotendichte	metrisch
	Hueg	[-]	Hügeligkeit	metrisch
	Typ	[-]	Strassentyp / Zuständigkeit (HLSKt - kantonale Hochleistungsstrasse, HVS - Hauptverkehrsstrasse, RVS - Regionale Verbindungsstrasse, Ge - Gemeindestrasse)	kategorial
Querschnitt	AnzFs	[-]	Anzahl Fahrstreifen am Querschnitt (<2 FS / >2 FS)	kategorial
	Einb	[-]	Einbahnstrasse	kategorial
	FSB	[m]	Fahrstreifenbreite	metrisch
		[-]	Kategorien (<3m / >4m)	kategorial
	RFS	[-]	Radfahrstreifen (einseitig / beidseitig)	kategorial
	RW	[-]	Radweg (einseitig / beidseitig)	kategorial
Verkehrsregelung	vzul	[-]	zulässige Höchstgeschwindigkeit (< 50 / > 50 bzw. <80 / >80 km/h)	kategorial

Zusätzliche Variablen
Strecken BS

Gruppe	Variable	Einheit	Beschreibung	Niveau
Umfeldnutzung	HGNAnt	[-]	Anteil geschäftliche Nutzung	metrisch
	HGN	[%]	hohe geschäftliche Nutzung (>50%)	kategorial
	BesNutz	[-]	besondere punktuelle Nutzung (Spital, Uni etc.)	kategorial
	ToBe	[-]	erhöhte touristische Bedeutung	kategorial
	WiBe	[-]	erhöhte wirtschaftliche Bedeutung	kategorial
Querschnitt	MT	[-]	bauliche Mitteltrennung vorhanden	kategorial
	AntMi	[%]	Anteil (Teilabschnitt mit) Mittelinseln	metrisch
	RFS	[-]	Radfahrstreifen (einseitig/beidseitig)	kategorial
	RW	[-]	Radweg (einseitig/beidseitig)	kategorial
	Pein	[-]	Parkieren einseitig	kategorial
	Pbeid	[-]	Parkieren beidseitig	kategorial
ÖV	TramMV	[-]	Tram im Mischverkehr	kategorial
	TramBK	[-]	Tram auf eigenem Bahnkörper	kategorial
	HSML	[-]	Haltestelle in Mittellage	kategorial
	HSSL	[-]	Haltestelle in Seitenlage	kategorial
	Busspur	[-]	Busfahrstreifen	kategorial
	Buskurse	[B/d]	Anzahl Buskurse	metrisch

Variablen
Knoten ZH / BE

Gruppe	Variable	Einheit	Beschreibung	Niveau
Verkehr	DTV	[Fz/d]	durchschnittlich täglicher Verkehr (Knotenüberfahrten)	metrisch
	KMajQ	[Fz/d]	durchschnittlich täglicher Verkehr der Hauptrichtung	metrisch
	KMinQ	[Fz/d]	durchschnittlich täglicher Verkehr der Nebenrichtung	metrisch
	DTVverh	[-]	Verhältnis zw. DTV der Haupt- und Nebenrichtung	metrisch
	SV	[%]	Schwerverkehrsanteil (Mittelwert Knoten)	metrisch
	Tram	[-]	Strassenbahn vorhanden	kategorial
Form / Verkehrsregelung	Kr	[-]	Kreuzung (>3 Zufahrten)	kategorial
	Vf	[-]	kein KVP, kein LSA	kategorial
	KVP	[-]	Kreisverkehr (aus GVM und kt. Datensatz)	kategorial
	LSA	[-]	Lichtsignalanlage (aus GVM und kt. Datensatz)	kategorial
	LSAldb	[-]	LSA nicht im Dauerbetrieb	kategorial
	LSAKoord	[-]	LSA innerhalb Koordinierung (aus GVM und kt. Datensatz)	kategorial
	LSAÜRot	[-]	LSA mit Überwachung Rotlichtmissachtung	kategorial
Zufahrten	AnzFs	[-]	Anzahl Fahrstreifen in Hauptrichtung (<2 FS / >2 FS)	kategorial
	RFS	[-]	Radfahrstreifen	kategorial
	RW	[-]	Radweg	kategorial
	Typ	[-]	Strassentyp / Zuständigkeit (jeweils höchstrangiger) (HLSA - Anschluss Hochleistungsstrasse, HVS - Hauptverkehrsstrasse, RVS - Regionale Verbindungsstrasse, Ge - Gemeindestrasse)	kategorial
	vzul	[-]	zulässige Höchstgeschwindigkeit der Hauptrichtung (< 50 / > 50 bzw. <80 / >80 km/h)	kategorial

UNFALLMODELLE – FORM

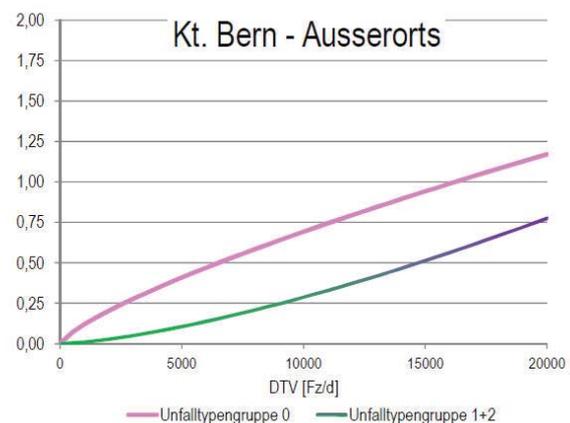
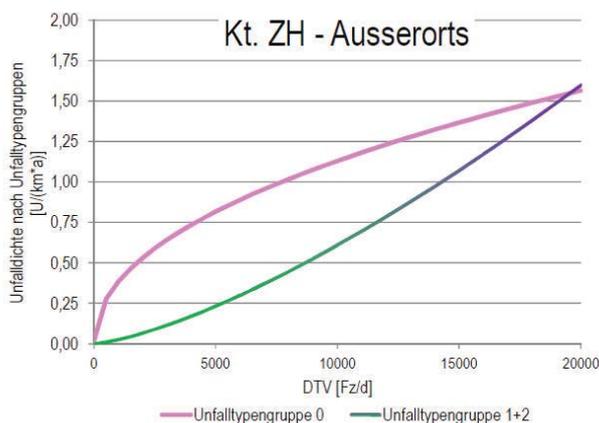
$$U_{(G+SV)} = e^{-6,273} \times L \times DTV^{0,526} \times e^{0,00003 \cdot OeVPers} \times e^{0,749 \cdot Tram}$$

U(G+SV)	jährliche Anzahl an Unfällen mit schwerem Personenschaden
L	Länge des Netzabschnitts [km]
DTV	Durchschnittlich täglicher Verkehr [Fz/d]
OeVPers	Fahrgäste im ÖV [Pers/d]
Tram	Strassenbahn vorhanden – 1 / keine Strassenbahn vorhanden – 0

UNFALLMODELLE – VORLÄUFIGE ERGEBNISSE

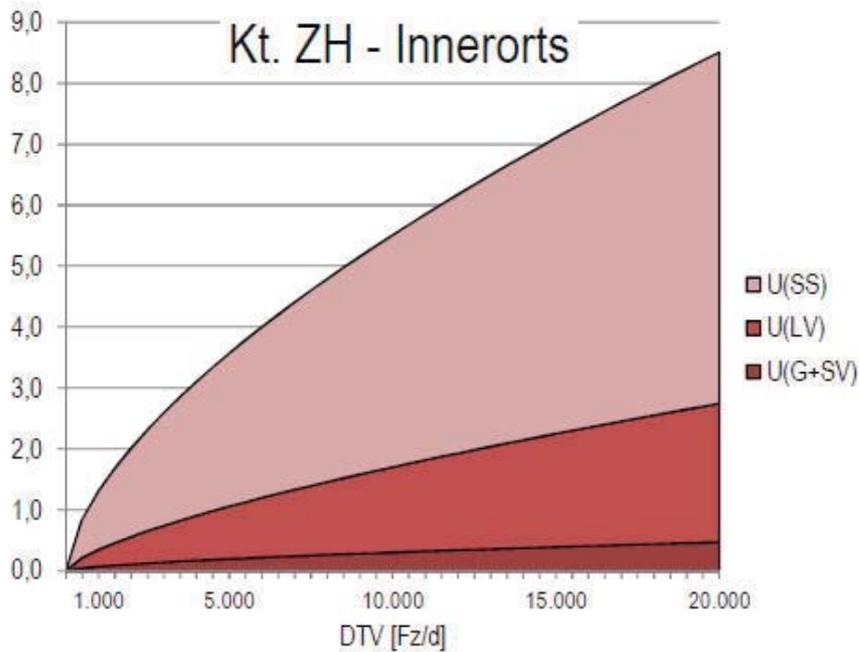
Exposition

- Zusammenhang zw. DTV und Unfallhäufigkeit ist nicht linear
- Einfluss variiert nach Unfalltypengruppen
- Abschätzungen mit Unfallraten/Unfallziffern sind u.U. fehlerhaft



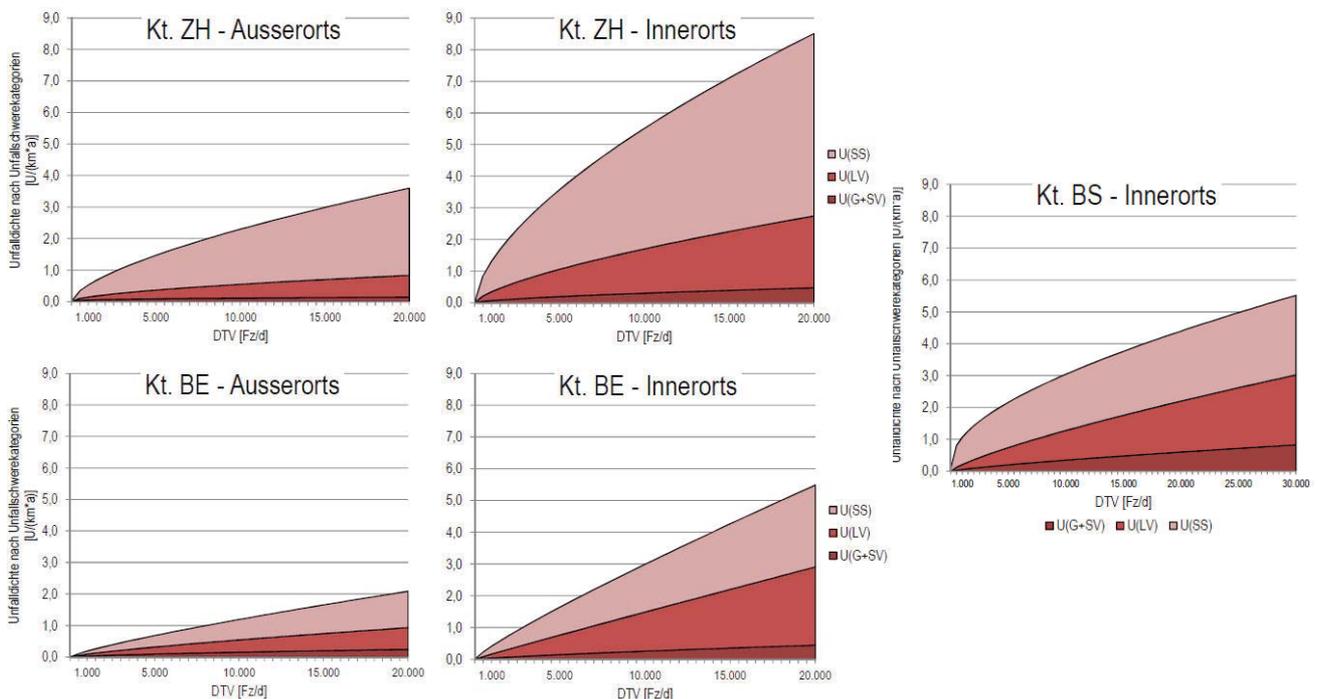
UNFALLMODELLE – VORLÄUFIGE ERGEBNISSE

Beispiel: Strecken



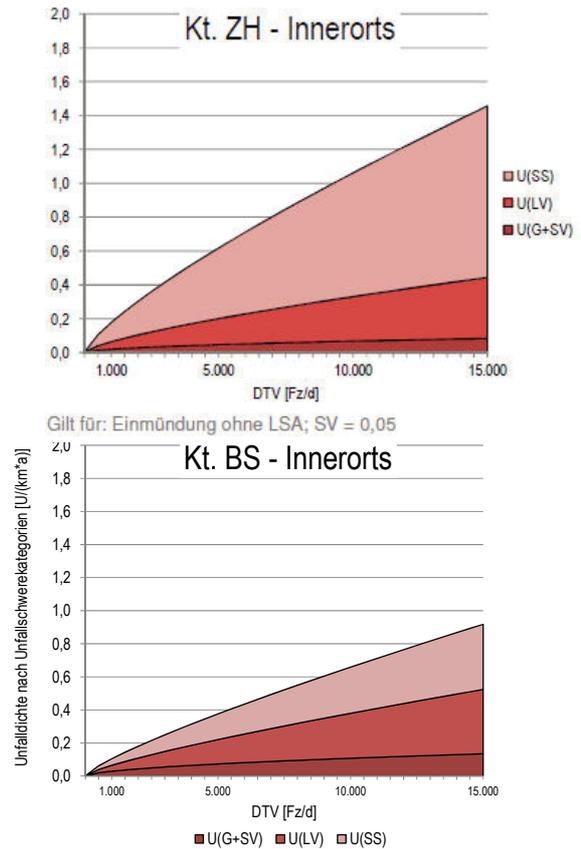
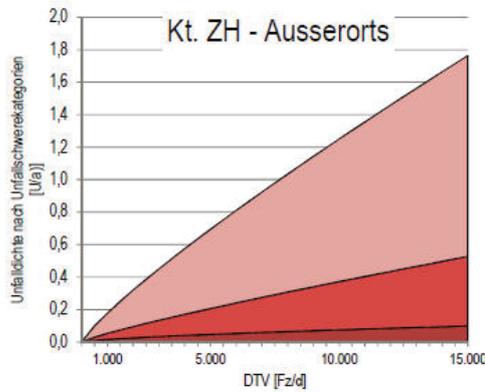
UNFALLMODELLE – VORLÄUFIGE ERGEBNISSE

Beispiel: Strecken



UNFALLMODELLE – VORLÄUFIGE ERGEBNISSE

Beispiel: Knoten



UNFALLMODELLE – VORLÄUFIGE ERGEBNISSE

Innerorts

► Strecken weisen eine vergleichsweise niedrige Unfallhäufigkeit auf, wenn

keine/geringe geschäftliche Nutzung (stellv. hoher SV-Anteil hoch)

1 Fahrstreifen je Fahrtrichtung

geringe Anzahl an Fahrgästen im ÖV

keine Tram

Tram auf besonderer Bahnkörper statt Mischverkehr mit MIV

kein Parkieren am Fahrbahnrand

geringe Anschlussknotendichte

geringe Fahrstreifenbreiten

hoher Ausstattungsgrad (stellv. hohes Tempolimit)

UNFALLMODELLE – VORLÄUFIGE ERGEBNISSE

Innerorts

- ▶ Knoten weisen eine vergleichsweise niedrige Unfallhäufigkeit auf, wenn

wenige Zufahrten

keine Tram

Kreisverkehr

Lichtsignalanlage

(Ausstattungsgrad)

UNFALLMODELLE – VORLÄUFIGE ERGEBNISSE

Ausserorts

- ▶ Strecken weisen eine vergleichsweise niedrige Unfallhäufigkeit auf, wenn

geringe Kurvigkeit

ebenes Gelände

1 Fahrstreifen je Fahrtrichtung

geringe Anschlussdichte nachgeordneter Zufahrten

geringe Fahrstreifenbreiten

hoher Ausstattungsgrad (stellvertr. hohes Tempolimit, Klassifizierung)

UNFALLMODELLE – VORLÄUFIGE ERGEBNISSE

Ausserorts

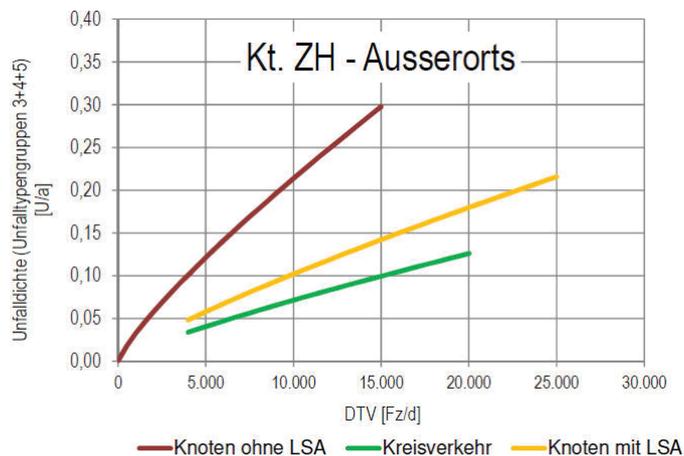
► Knoten weisen eine vergleichsweise niedrige Unfallhäufigkeit auf, wenn

niedriges Verhältnis des DTV der Neben- zu DTV der Hauptrichtung

wenige Zufahrten

Lichtsignalregelung

Kreisverkehr



UNFALLMODELLE – PRAKTISCHE ANWENDUNG

Beispiel Innerorts-Strecke

► Quantifizierung von Massnahmenwirksamkeiten – als Faktor

$$U_{(G+SV+LV)} = e^{-8,93} \times L \times DTV^{0,89} \times e^{(0,04 \cdot AKD - 0,77 \cdot Einb - 0,63 \cdot (FSB < 3) + 0,22 \cdot (FSB > 4))}$$

		Fall 1	Fall 2
L	[km]	0,5	0,5
DTV	[Fz/d]	6400	6400
AKD	[AK/km]	5	5
Einb		0	0
FSBk3		0	0
FSBg4		0	1
$U_{(G+SV+LV)}$ / Jahr		0,40	0,50



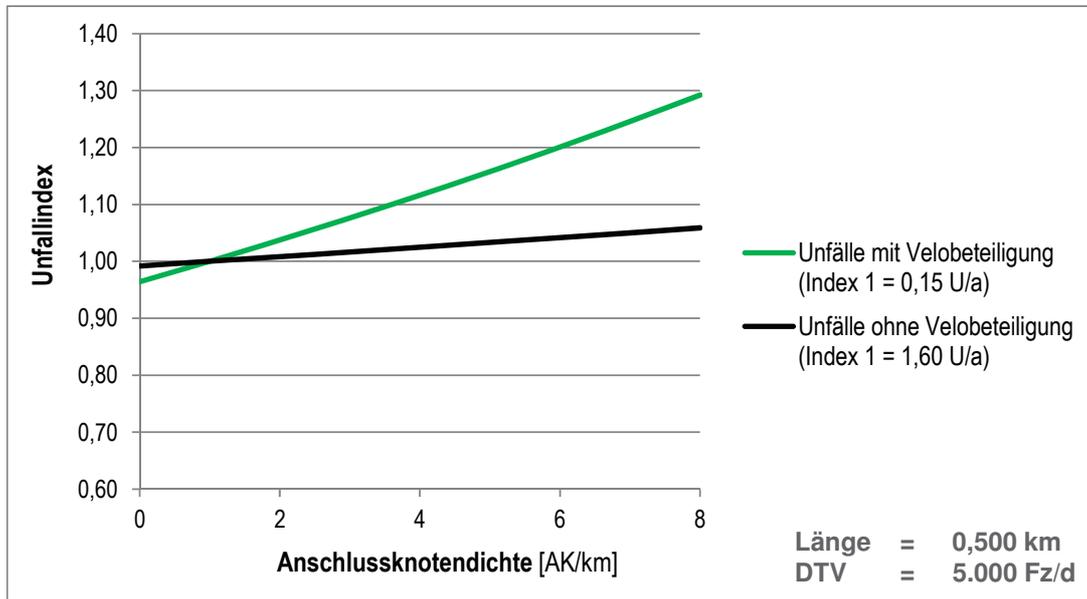
+25% Unfälle
bei überbreiten Fahrstreifen

$$CMF_{\text{übFS}} = +0,25$$

UNFALLMODELLE – PRAKTISCHE ANWENDUNG

Beispiel Innerorts-Strecke

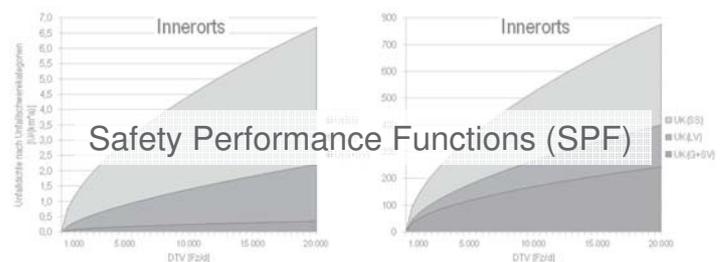
Quantifizierung von Massnahmenwirksamkeiten – als Funktion



UNFALLMODELLE – PRAKTISCHE ANWENDUNG

Kt. ZH (Strecken innerorts)	U _(G+SV)				
	Unfälle / 4a	803	754	340	3.549
		Stufe 1	Stufe 2	Stufe 3	Stufe 1
Koeffizienten*					
Konstante		-6,273 ***	-6,755 ***	-7,751 ***	-6,205 ***
ln(DTV)		0,526 ***	0,577 ***	0,666 ***	0,692 ***
SV					-1,865 ***
OeVPEra		3.E-05 ***	3.E-05 ***	2.E-04 ***	4.E-05 ***
Tram		0,749 ***	0,640 ***		0,306 **
AKD					0,014 ***
AnzFS	< 2 FS				0,499 ***
	> 2 FS			-0,775 *	
FSB	< 3 m				
	> 4 m				
Typ / Zuständigkeit	HVS				
	Ge		0,353 **		0,299 ***
vzul	< 50 km/h				
	> 50 km/h				
RVA	RFS		0,196 *		
	RW				
erklärte Varianz		85%	85%	97%	54%
Anpassungs-güte**	Nullmodell	1,513	1,525	1,403	3,266
	Modell	1,079	1,079	1,013	2,035

* Schätzung auf Basis der angepassten negativen Binomialverteilung; **<0.05, ***<0.01, ****<0.001
 Länge und Zeitraum (4 Jahre) sind als Offsetgröße im Modell berücksichtigt
 ** Schätzung auf Basis der Poissonverteilung



	Ausserorts		Innerorts		Siedlungsgebiet
	Strecke	Knoten	Strecke	Knoten	
Anzahl Fahrstreifen	< 2	...	...	...	...
Fahrstreifenbreite	> 4m	...	+ 0,20	...	...
Tramführung	MV	...	...	...	...

Crash Modification Factors (CMF)

$$\text{Sicherheitslevel} = \text{SPF} \times \prod \text{CMF}_n$$

AUSBLICK

- Zusammenführung und Verallgemeinerung Ergebnisse
- Berücksichtigung von Personen-, Fahrzeug und Witterungseigenschaften
- Ableitung und Validierung von Wirksamkeiten von Infrastruktureigenschaften und potenziellen Massnahmen
- Umsetzung in Verfahren und Normenwerk

Vielen Dank!
Fragen, Anmerkungen, ...?

hagen.schueller@ptvgroup.com