

Verkehrssicherheitsuntersuchung von Unfallhäufungsstellen unter Berücksichtigung fahrzeugspezifischer Fahrdynamik und Human Factors

Marianne Kraut (Reco-Tech GmbH)

Arno Eichberger, Cornelia Lex, Ioana Koglbauer (TU Graz, FTG)

Sicherheitsmanagement für die Straßeninfrastruktur

Richtlinie 2008/96/EG des Europäischen Parlamentes und des Rates

- Transeuropäischen Straßennetzes TEN
- Ziel: kontinuierliche Verbesserung der Straßenverkehrsinfrastruktur
- 4 Instrumente / Methoden



RSI / RSA

- Road Safety Inspections (RSI)
 - RVS 02.02.34
 - Lokale Unfallforschung – systematische Lokalisierung und Sanierung von Unfallstellen
 - Überprüfung des bestehenden Straßennetzes
- Road Safety Audits (RSA)
 - RVS 02.02.33
 - Sicherheitstechnische Begutachtung von Neu-und Umplanungen - Vermeidung neuer Unfallstellen
 - Prüfung der Entwurfsmerkmale eines Straßeninfrastrukturprojektes

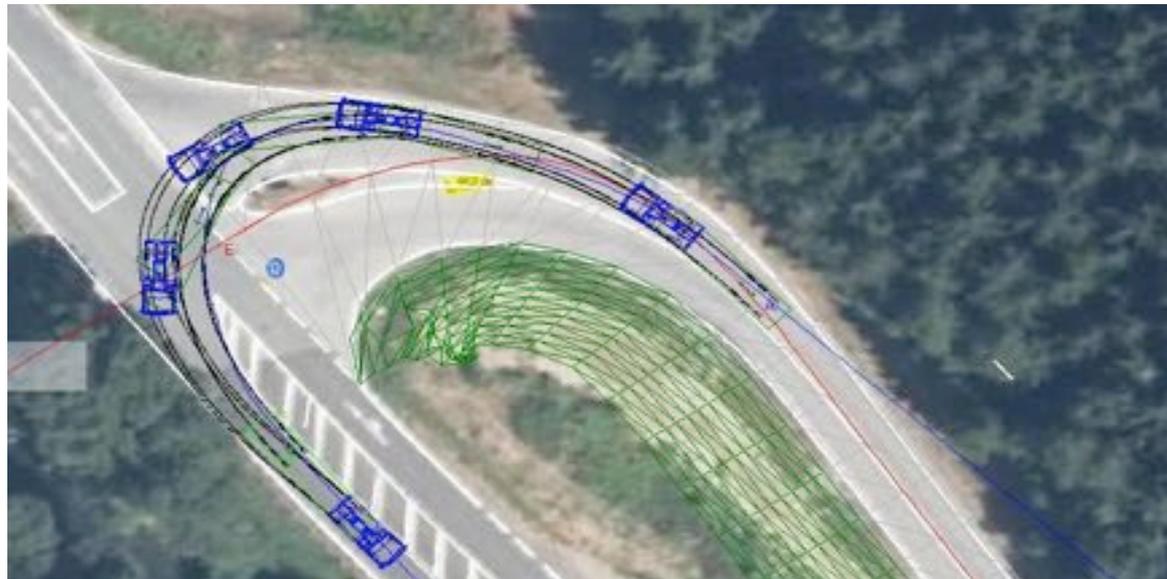
- Verkehrssicherheitsuntersuchungen
 - RVS 02.02.21
 - Unfallhäufungsstellenmanagement (BSM/UHS)
 - gesamtes Straßennetz
 - Straßenabschnitte mit erhöhter Unfallhäufigkeit
 - Definition Unfallhäufungsstelle
 - Ein Knoten- oder Streckenbereich bis zu einer Länge von 250 m ist als UHS zu bezeichnen, wenn sich an einer Stelle
 - mind. 3 gleichartige Unfälle mit Personenschaden in 3 Jahren ereignet haben und der Relativkoeffizient den Wert 0,8 erreicht oder übersteigt
 - oder mind. 5 gleichartige Unfälle (einschließlich Unfälle mit Sachschaden) in 1 Jahr ereignet haben.

Klassische Verkehrssicherheitsuntersuchung

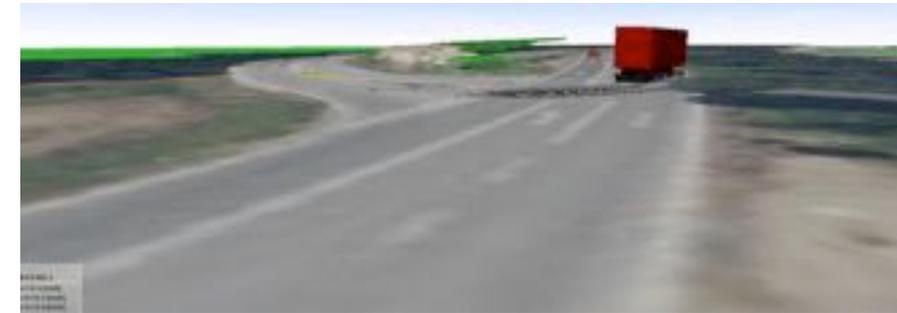
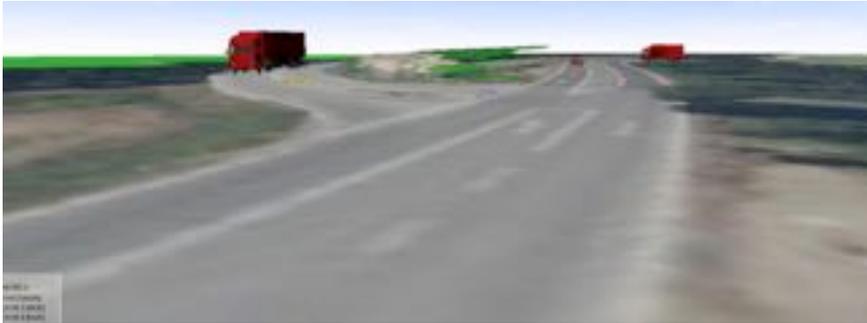
- Erhebung der Unfallstatistik, Verkehrszustand, örtliche Gegebenheiten, Vorgutachten
- Analyse der Unfalltypen
- Konfliktanalyse
- Blickuntersuchungen, Befragungen
- Sanierungsvorschläge / kurzfristig, mittelfristig, langfristige Maßnahmenvorschläge

Innovative Verkehrssicherheitsuntersuchung

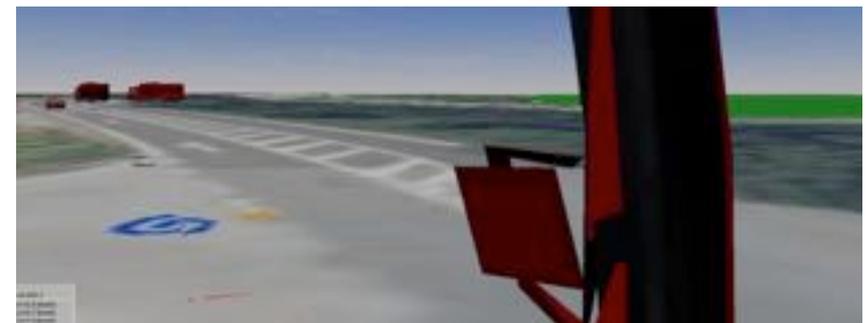
- Untersuchung der Fahrdynamik
 - Entwurfselemente der Lage, Höhe, des Querschnitts, der Sicht



- Repräsentative Fahrzeugtypen mit spezifischer Fahrdynamik



– Sichthöhe, statische und dynamische Sichtweiten



- Einfluss der Human Factors
 - Probandenabhängige Aspekte fließen mit in die Untersuchung ein
 - Auswertung der Blickerfassung und eines psychologischen Fragebogens nach der Befahrung des Streckenabschnittes
 - Berücksichtigung weiterer Faktoren wie z.B.
 - geringer Kontrast beeinflussen die Aktivität des Sehens
 - Fahrererwartung und Komplexität - in unübersichtlichen Kreuzungssituationen

Verkehrssicherheitsuntersuchung LB 317 Hirt- Pöckstein Kärnten

Streckenabschnitt
Probandenfahrten

Straßenverkehrsunfälle 2013
mit Personenschaden



Ziel der Fahrversuche

- Die Verkehrssicherheitsuntersuchungen durch das Erfassen kinematischer Daten, Blickerfassungsdaten sowie durch psychologische Befragungen fortschrittlicher zu gestalten
- mehr Parameter in die Untersuchungen mit einfließen zu lassen (gesammelte Daten von Fahrzeuglenker und Fahrdynamik)
⇒ Mängel an diesem Streckenabschnitt mit konkreten Daten zu belegen
- Das Verhalten von Probanden unterschiedlichen Geschlechts und Alters mit in die verkehrssicherheitstechnischen Analysen einzubeziehen
- Wahrnehmungsgrenzen zu ermitteln

Methodik

- Blickerfassung mittels Kopf- und Blickerfassungssystem SmartEye Pro
 - Messung von Kopfposition und Blickrichtung im 3-D Raum, Werte über die Augenlid-Öffnung und Pupillenerweiterung
- Messgeräte für die Aufzeichnung der Kinematischen Daten
 - CAN-Bus, GPS-Systemen und Videokanäle
 - Dewetron-System und ADMA (Automotive Dynamic Motion Analyzer) - Lage- und Bewegungsgrößen: Geschwindigkeit, Beschleunigung, Position, Drehgeschwindigkeit und Positionswinkel des Fahrzeuges im bewegten Zustand

Messsystem	Kanal	Einheit	Beschreibung
CAN-Bus	Bremspedal	%	ob Pedal betätigt (1=ja, 0=nein)
	Gaspedal	%	ob Pedal betätigt und in welchem Ausmaß
Dewetron/ GeneSys	Zeit	s	Zeitkanal
	Längsbeschleunigung Querbeschleunigung	m/s ²	Beschleunigung des Testfahrzeugs
	Position	Winkelminute n	geographische Breite / Länge
	Längsgeschwindigkeit	m/s	Geschwindigkeit des Testfahrzeugs

Probandeninstruktion und Auswertung

- Instruktion der Probanden für möglichst unbeeinflusstes Ergebnis
 - authentisches Fahren
 - Keinerlei Gespräche während der Befahrung, kein Informationsaustausch
 - Nur Zielort wurde genannt – Aufforderung den Wegweisern zu folgen
 - Für Probanden gänzlich unbekannter Streckenabschnitt
 - Direkt nach Befahrung - psychologische Befragung durch Expertin
- Generierung der Daten und Diagramme:
 - Auswertung der Daten in Matlab mittels eigens dafür geschriebenen Programm
 - Aufzeichnung über die Zeit
 - Längsbeschleunigung, Geschwindigkeit, Gaspedalstellung, Ruck
 - Abweichung der Positionen der Probanden untereinander

Kreuzung LB 317 – L 82a aus Fahrtrichtung St. Veit





Festgestellte Mängel / Maßnahmenvorschläge:

- Bushaltestelle nicht deutlich erkennbar
- Sicht auf ankommenden Verkehr / Kreuzungsbereich
- Versetzen der Ankündigungstafel - Vorwegweiser in Richtung St. Veit
- Geschwindigkeitsübertretungen in Richtung Friesach

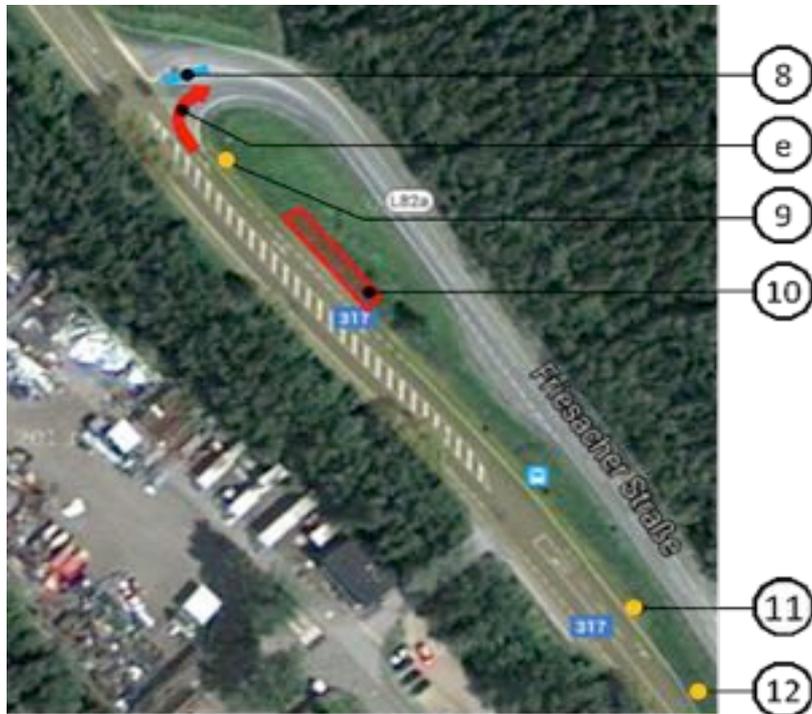


Abbiegen nach rechts in Richtung Althofen L 82a

- Unübersichtliche Kreuzung – unzureichende Kennzeichnung
- Bankett mangelhaft im gesamten Bereich, kurveninnenliegende Seite große Mängel



Kreuzung LB 317 – L 82a



- 8 Wegweiser in der Kreuzung
- 9 Leitpfosten
- 10 Bushaltestelle
- 11 Vorwegweiser
- 12 Geschwindigkeitsbeschränkung 70km/h
- e Rechts abbiegen Richtung Althofen

Wahl des Bezugspunktes:

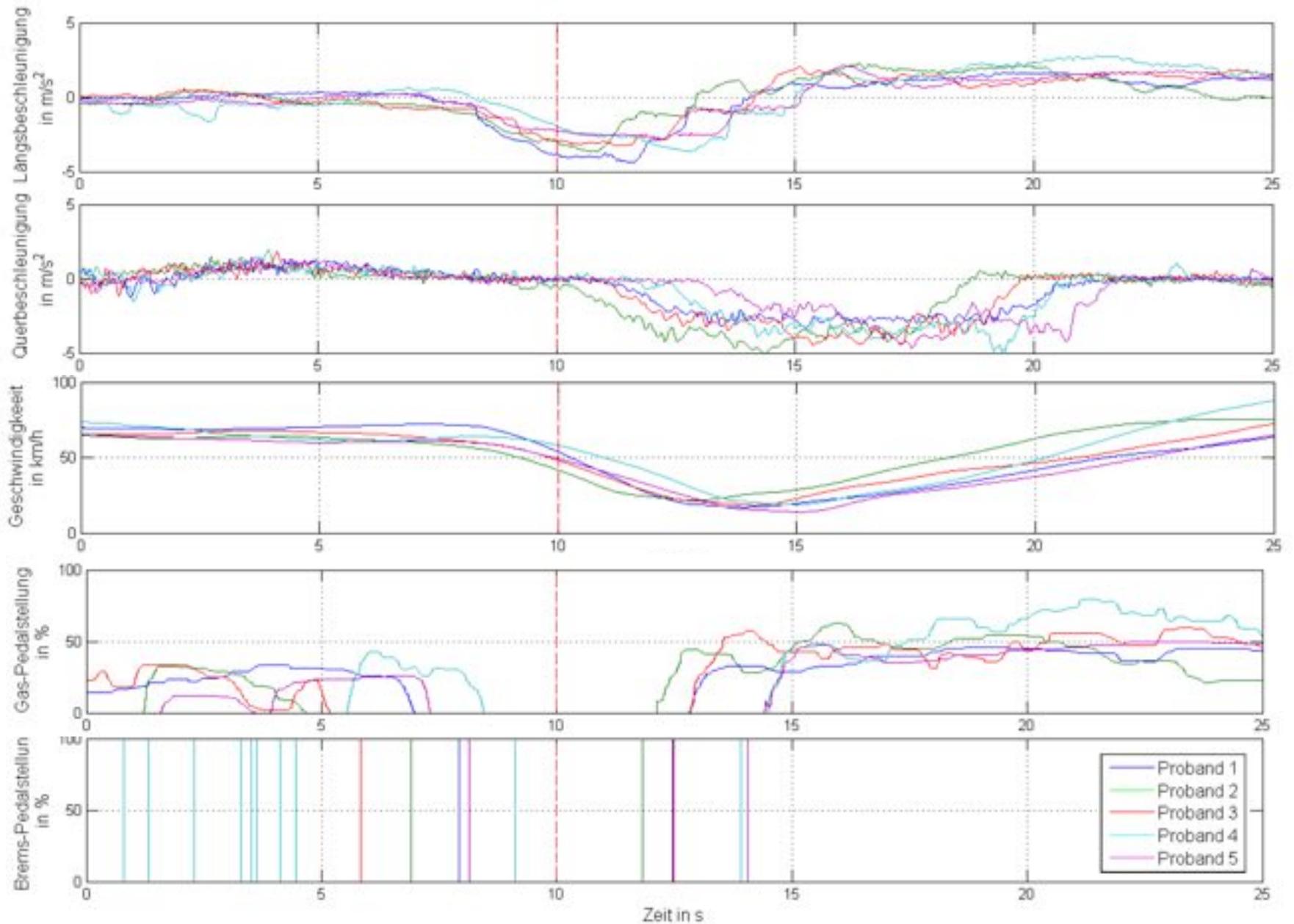
Der Zeitpunkt an dem das Testfahrzeug den Leitpfosten passiert **9**

Zeitfenster:

- 10 Sekunden vor dem Bezugspunkt
- 15 Sekunden nach dem Bezugspunkt

Beobachtungsdaten aus Videomaterial:

	P1	P2	P3	P4	P5
Vorrausfahrendes Fahrzeug			●		
Kreuzung:			●		●
○ Links abbiegender Gegenverkehr			●		●
○ Stehendes Fahrzeug			●		●
langer Blick auf Bushaltestelle	●	☒	☒		



Ergebnisse der kinematischen Daten

- **Längsbeschleunigung:**
 - synchrone Kennlinien der Probanden
 - P4 verzögert am Anfang Impulshaft
 - Maximale Verzögerung wird erst nach dem Bezugspunkt erreicht
 - Stufenförmiger Rückgang der Verzögerung
- **Querbeschleunigung:**
 - Sehr ähnlicher Verlauf
 - Ausschlag ist abhängig vom Zeitpunkt des Einlenkens und der Geschwindigkeit
- **Geschwindigkeit:**
 - ähnlicher Verlauf
- **Gaspedalstellung:**
 - Vor Bezugspunkt unter 50%, nach Bezugspunkt um 50%
 - P4: plötzlicher Ausschlag vor Bezugspunkt
- **Bremspedalstellung:**
 - Es wurde zu sehr unterschiedlichen Zeiten gebremst.
 - P4 betätigt die Bremse sehr oft für kurze Zeit

Analyse des Bremsverhaltens:

		P1	P2	P3	P4	P5
Verzögerung: -1 [m/s²]	Einleitung der Bremsung bis zum Leitpfosten:					
	○ Zeit [s]	1,674	2,181	1,594	9,2985 7,756 0,719	1,387
	○ Abstand [m]	29,56	31,24	24,36	165,62 135,45 12,05	21,02
	Geschwindigkeit bei Einleitung der Verzögerung:	70,79	58,05	59,78	72,5 68,71 62,118	58,93
Verzögerung: -0,5 [m/s²]	Einleitung der Bremsung bis zum Leitpfosten:					
	○ Zeit [s]	1,74	5,099	3,69	9,4 8,62 7,95 6,08 1,24	6,1 1,953
	○ Abstand [m]	30,89	80,73	60,92	167,66 152,19 139,19 104,91 21,205	100 30,4
	Geschwindigkeit bei Einleitung der Verzögerung:	70,97	63,56	65,5	72,76 70,58 69,25 63,85 63,43	61,002 60,3

Optische Auswertung



Ergebnisse aus der optischen Auswertung

- Proband 1: Beschilderung / Vorwegweiser – Bushaltestelle lang – Wegweiser spät
- Proband 3: Vorausfahrendes Fahrzeug – Gegenverkehr – stehende Fahrzeuge im Kreuzungsbereich – Wegweiser
- Proband 4: Verkehrsschilder– Straßenverlauf – Wegweiser früh
- Proband 5: Verkehrsschilder– stehendes Fahrzeug von Althofen (nicht reagiert)

Daten aus der psychologischen Befragung:

	P1	P2	P3	P4	P5
Ab welchem Zeitpunkt war eindeutig ersichtlich, dass nach rechts abzubiegen ist?	Sehr sehr spät	Spät, weil die Schilder stören zu viel Information gleichzeitig	Schild Althofen	Spät	NA
Wohin führen die anderen Abzweigungen?	Keine Abzweigungen	Keine gesehen	Links	Links	NA
Welche Beschilderungen sind aufgefallen?	Nicht genau geschaut	Raika Werbeschild	Sehenswürdigkeiten	Sehenswürdigkeiten, Ortschaften	Althofen gesehen
Wo beginnt die Schnellstraße wieder?	Nach der Kreuzung	Gleich nach der Kreuzung	?	Weiß nicht	Weiß nicht
Wie hoch war die höchstzulässige Geschwindigkeit? [km/h]	70	Normal	70	100, dann 70	70
Wie wurde der Kurvenradius empfunden?	Sehr eng	Eng	Gering	Sehr eng	Abrupt
Wie hoch war die tatsächliche Geschwindigkeit vor dem Abbiegen nach rechts?	??	70	60	80	50
Wie schnell wurde während des Abbiegens gefahren?	?	20-30 früher reduziert	40	20	20-30
Wurde vor dem Abbiegen Gebremst?	?	ja	ja	ja	ja
Abrupt?	Abrupt, überrascht das die Kreuzung dar war.	Kontinuierlich gebremst	Kontinuierlich gebremst	Kontinuierlich	Kontinuierlich

Rückfahrt L 82a



Festgestellte Mängel / Maßnahmenvorschläge:

- Beschränkung der höchstzulässigen Geschwindigkeit auf 70km/h
- Deutliche Kennzeichnung der Bushaltestellen
- Versetzung der „Vorrang geben“ Tafel 100 m in Richtung Althofen
- Anbringung von drei Leitwinkeln im Kurvenbereich



Festgestellte Mängel / Maßnahmenvorschläge:

- Bankett mangelhaft im gesamten Bereich, kurveninnenliegende Seite große Mängel
- Erhöhung des Abstandes der Unterseite des Wegweisers auf 1,5 m



- Sicht auf den Ankommenden Verkehr eingeschränkt
- Verkehrsspiegel im Kreuzungsbereich für Rechtsabbieger

Kreuzung LB 317 – L 82a aus Richtung Friesach



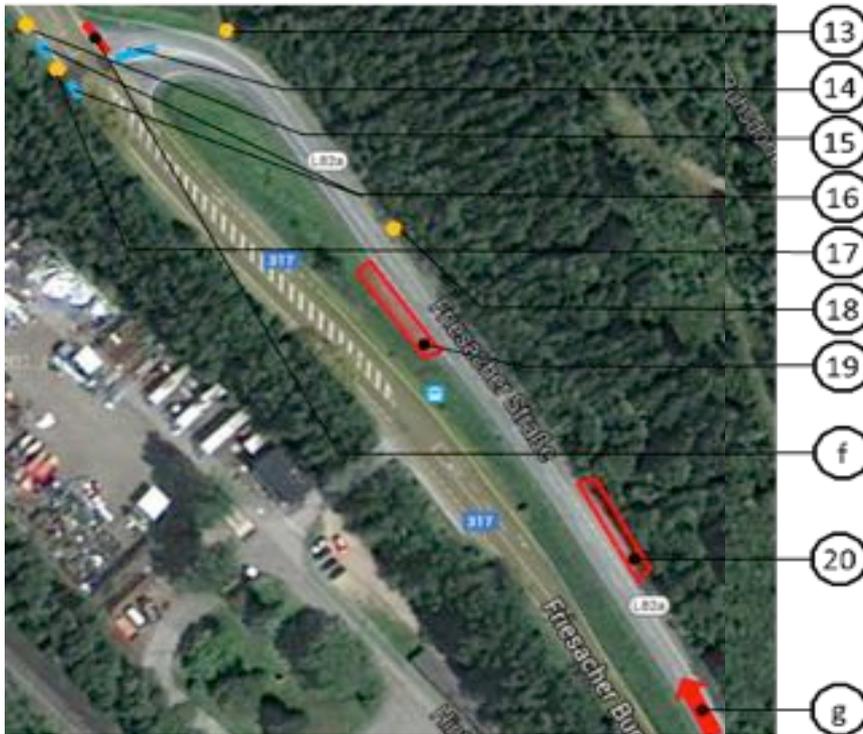
Festgestellte Mängel / Maßnahmenvorschläge:

- 2 Linksabbiegespuren in Richtung Althofen unmittelbar hintereinander – unübersichtliche Kreuzungssituation



- Am rechten Fahrbahnrand sind Beschilderungen und Vorankündigungstafeln von Sehenswürdigkeiten angebracht – ziehen Aufmerksamkeit im Kreuzungsbereich auf sich

Rückfahrt L 82a



- 13 Leitwinkel
- 14 Wegweiser
- 15 Verkehrsspiegel
- 16 Wegweiser
- 17 Geschwindigkeitsbegrenzung 70 km/h
- 18 Vorrang geben in 100 m
- 19, 20 Bushaltestelle
- f Ende Aufzeichnungsfenster, Stillstand Fahrzeug
- g Fahrtrichtung

Wahl des Bezugspunktes: **f**

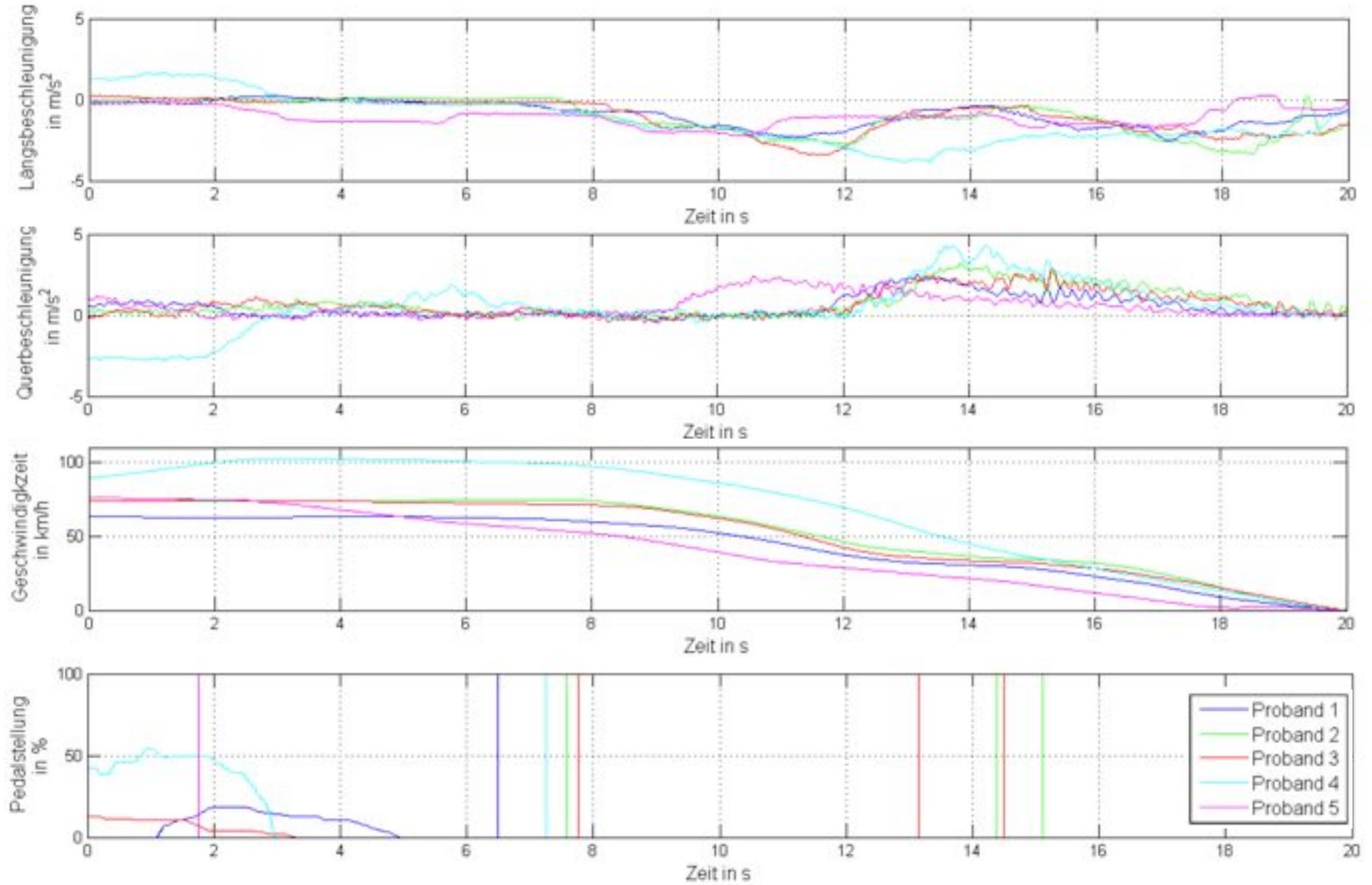
Der Zeitpunkt an dem das Testfahrzeug zum Stillstand kommt

Zeitfenster:

- Bis 20 Sekunden vor dem Bezugspunkt

Beobachtungsdaten aus Videomaterial:

	P1	P2	P3	P4	P5
Vorrausfahrendes Fahrzeug					
Kreuzung:					
○ Stehender Linksabbieger	●				
○ Stehender Rechtsabbieger	●		●		●
Bushaltestellen:					
○ Stehendes Fahrzeug R	●				
○ Stehendes Fahrzeug L					●



Ergebnisse der kinematischen Daten

- Längsbeschleunigung:
 - Verzögerung vor der Kurve, wenig Verzögerung in der Kurve, Verzögerung nach Kurve
 - Zeitverzögerte Kennlinie von P4
- Querbeschleunigung:
 - Annähernd synchroner Verlauf der Kennlinien
- Geschwindigkeit:
 - Sehr ähnlicher Verlauf
 - Sehr hohe Geschwindigkeit von P4
 - P5 bewegt sich in Schrittempo auf die Kreuzung zu
- Pedalstellung:
 - Gaspedal nur bei P1, P3 und P4
 - Beginn der Bremsung bei P1 bis P4 zwischen 6 und 8 Sekunden
 - P2 und P3 betätigten die Bremse 2 Mal

Optische Auswertung



Ergebnisse aus der optischen Auswertung

- Straßenverlauf schon bekannt = ähnliches Muster bei allen Probanden:
 - Straßenverlauf
 - Gegenverkehr
 - Beschilderung
- P4 Blick weit voraus (hohe Geschwindigkeit)
- Wenig Beachtung geschenkt wurden:
 - Vorrang geben in 100m
 - Wegweiser in Kreuzung
 - Geschwindigkeitsbegrenzung in Kreuzung

Daten aus der psychologischen Befragung:

	P1	P2	P3	P4	P5
Wurde die Bushaltestelle am rechten Fahrbahnrand wahrgenommen?	nein	nein	ja	?	nein
Wie hoch ist die höchstzulässige Geschwindigkeit? [km/h]	100	70	70	70-100	Weiß nicht
Wie hoch wird die gefahrene Geschwindigkeit eingeschätzt? [km/h]	70	70	60	?	50-60
Wie übersichtlich ist die Kreuzung?	ok	Schwer zu sehen und schätzten	Extrem unübersichtlich	ja	Unübersichtlich
Werden die Sichtverhältnisse als ausreichend betrachtet?	ok	Schlecht	nein	Die Schilder haben die Sicht gesperrt, ich bin weiter in die Kreuzung gefahren als sonst	nein
Wurde der Verkehrsspiegel wahrgenommen?	Ja aber keine Wirkung, sieht nichts	ja	nein	nein	nein
Wurde versucht sich anhand des Spiegels zu orientieren?	Ja, nicht geholfen	nein	NA	NA	nein

Vergleich Blickerfassung und psychologische Befragung anhand des Beispiels Bushaltestellen



Marianne Kraut

14.04.2016

Diskussion

Psychologische Befragung additiv zur Blickerfassung

- Subjektiver Eindruck der Probanden – objektive Situation
- Blick auf Objekt erfolgte aber Objekt wurde nicht wahrgenommen
- Automatisierte Prozesse

Analyse der kinematischen Daten ermöglicht

- Analyse des Fahrverhaltens an Unfallhäufungsstellen
- Detaillierte Betrachtung von Konfliktpotentialen z.B. an Kreuzungen
- Gegenüberstellung und Vergleich mit Daten aus den fahrdynamischen Analysen der Simulation
- Gegenüberstellung des subjektiven Eindrucks der gewählten Geschwindigkeit mit objektivierter Geschwindigkeit

Zusammenfassung

- In der Verkehrssicherheitsuntersuchung erhobene Mängel des Streckenabschnittes wurden durch die Datenerhebung der Probanden unterschiedlichen Alters und Geschlechts belegt
- Beurteilung und Analyse der Human Factors ermöglicht die Detektion von zusätzlichen Gefahrenquellen und Wahrnehmungsgrenzen von Fahrzeuglenkern
- Eine Übereinstimmung der Daten aus den Fahrversuchen mit der zuvor durchgeführten Konfliktuntersuchung vor Ort wurde erzielt
- Streckenspezifische fahrdynamische Analysen repräsentativer Fahrzeugtypen ermöglicht die Detektion von Unfallhäufungsstellen auch schon in der Planung vor dem Streckenbau (RSA)



Reco-Tech GmbH

Dipl.-Ing. Marianne Kraut

9143- Feistritz ob Bleiburg 109
office@reco-tech.at
www.reco-tech.at