

# Fortschritt-Berichte VDI

Reihe 12

Verkehrstechnik/  
Fahrzeugtechnik

Gabriele Wolf,  
Lindenfels

Nr. 726

**Kosten-Wirksamkeits-  
und Stakeholder-  
Analyse von Systemen  
zur Unfallvermeidung  
in Straßentunneln**

# Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis .....	III
Abkürzungen und Akronyme .....	VI
Formelzeichen .....	IX
Zusammenfassung .....	X
1. Einleitung .....	1
1.1. Motivation und Zielsetzung .....	1
1.2. Aufbau der Arbeit .....	2
1.3. Begriffe und Definitionen .....	3
2. Ausgangslage .....	8
2.1. Entwicklung des Unfallgeschehens in der Europäischen Union .....	8
2.2. Besondere Gefahren von Tunnelunfällen .....	10
2.2.1. Geringe Risikotoleranz .....	10
2.2.2. Rettungswege .....	11
2.2.3. Feuer .....	11
2.3. Stand der Forschung Tunnelsicherheit .....	12
2.3.1. UNECE: Ad hoc-Arbeitsgruppe Tunnelsicherheit .....	12
2.3.2. Projekte innerhalb des 5. EU-Rahmenprogramms .....	14
2.3.3. Projekte innerhalb des 6. EU-Rahmenprogramms .....	19
2.3.4. Nationale Forschungsprojekte .....	21
2.4. Stand der Technik Tunnelsicherheit .....	22
2.4.1. Richtlinie über die Mindestanforderungen an die Sicherheit von Straßentunneln .....	23
2.4.2. Ergebnisse der EuroTAP-Tunnelbewertung .....	25
2.5. Fazit zum Stand der Forschung und Technik .....	26
3. Erfassung und Analyse des Unfallgeschehens in Straßentunneln .....	27
3.1. Erfassung des Unfallgeschehens .....	27
3.1.1. Tunnelunfälle in Österreich .....	28
3.1.2. Tunnelunfälle in der Schweiz .....	29
3.2. Einflussfaktoren auf das Unfallgeschehen .....	31
3.2.1. Fahrerbezogene Einflüsse .....	31
3.2.2. Verkehrsbedingte und bauliche Einflüsse .....	33
3.3. Unfalltypen .....	35
3.4. Unfallursachen .....	37
3.4.1. Verteilung der Unfallursachen .....	37
3.4.2. Unfallbeteiligte und -verursacher .....	40
3.5. Fazit zum Unfallgeschehen in Straßentunneln .....	41
4. Unfallvermeidung in Straßentunneln .....	42
4.1. Abgrenzung des Untersuchungsgegenstands .....	42
4.1.1. Unfalltypen .....	42
4.1.2. Unfallursachen .....	42
4.1.3. Unfallbeteiligte .....	43

4.1.4.	Tunnelcharakteristika .....	44
4.2.	Systemauswahl .....	45
4.2.1.	Assistenzkonzepte .....	45
4.2.2.	Auffahrunfall .....	46
4.2.3.	Alleinunfall .....	49
4.2.4.	Zusammenfassung Systemauswahl .....	49
5.	Sozio-ökonomische Bewertung.....	50
5.1.	Verfahren der Wirtschaftlichkeitsanalyse.....	50
5.2.	Grundlagen der Kosten-Wirksamkeitsanalyse.....	55
5.2.1.	Ablauf .....	55
5.2.2.	Wirksamkeit.....	56
5.2.3.	Kosten .....	59
5.2.4.	Zeithorizont und Marktdurchdringung .....	62
5.2.5.	Datenquellen .....	65
5.2.6.	Zusammenfassung der Randbedingungen.....	66
5.3.	Durchführung der Bewertung.....	66
5.3.1.	Das Vergleichsszenario <i>Ohne-Fall</i> .....	66
5.3.2.	Moving Spot Light System .....	67
5.3.3.	I2C-Abstandswarnung.....	71
5.3.4.	Section Control.....	79
5.3.5.	Intelligent Speed Adaptation .....	81
5.3.6.	Vergleich von Kosten und Wirksamkeit der ausgewählten Systeme.....	88
5.3.7.	Sensitivitätsanalyse.....	92
5.3.8.	Zusammenfassung der Kosten-Wirksamkeitsanalyse.....	94
6.	Stakeholder-Analyse.....	96
6.1.	Identifikation der Stakeholder.....	97
6.2.	Ziele und Interessen der Stakeholder .....	98
6.2.1.	Tunnelbetreiber .....	98
6.2.2.	Fahrzeughersteller .....	100
6.2.3.	Tunnelnutzer .....	102
6.3.	Einschätzung der Systeme aus Sicht der Stakeholder.....	112
6.3.1.	Öffentliche Tunnelbetreiber.....	112
6.3.2.	Private Tunnelbetreiber und Fahrzeughersteller.....	114
6.3.3.	Tunnelnutzer .....	115
6.4.	Zusammenfassung der Stakeholder-Analyse.....	120
7.	Synthese von Kosten-Wirksamkeits- und Stakeholder-Analyse.....	121
8.	Fazit.....	123
9.	Ausblick .....	125
Anhang.....		128
A1.	Allgemeine Eingangsdaten .....	128
A1.1.	Datenbasis Tunnel .....	128
A1.2.	Entwicklung des Pkw-Bestands in Österreich.....	131

A2.	Eingangsdaten <i>best guess</i> -Szenario .....	132
A2.1.	Geschätzte Entwicklung der Ausstattung mit I2C-Abstandswarnung .....	132
A2.2.	Geschätzte Entwicklung der Ausstattung mit Intelligent Speed Adaptation .....	133
A2.3.	Kosten und Wirksamkeit Moving Spot Light System .....	134
A2.4.	Kosten und Wirksamkeit I2C-Abstandswarnung .....	135
A2.5.	Kosten und Wirksamkeit Section Control .....	136
A2.6.	Kosten und Wirksamkeit Intelligent Speed Adaptation .....	137
A3.	Eingangsdaten <i>best case</i> -Szenario .....	138
A3.1.	Geschätzte Entwicklung der Ausstattung mit I2C-Abstandswarnung .....	138
A3.2.	Geschätzte Entwicklung der Ausstattung mit Intelligent Speed Adaptation .....	139
A3.3.	Kosten und Wirksamkeit Moving Spot Light System .....	140
A3.4.	Kosten und Wirksamkeit I2C-Abstandswarnung .....	141
A3.5.	Kosten und Wirksamkeit Section Control .....	142
A3.6.	Kosten und Wirksamkeit Intelligent Speed Adaptation .....	143
A3.7.	Barwerte der Systeme im <i>best case</i> .....	144
A4.	Eingangsdaten <i>worst case</i> -Szenario .....	146
A4.1.	Geschätzte Entwicklung der Ausstattung mit I2C-Abstandswarnung .....	146
A4.2.	Geschätzte Entwicklung der Ausstattung mit Intelligent Speed Adaptation .....	147
A4.3.	Kosten und Wirksamkeit Moving Spot Light System .....	148
A4.4.	Kosten und Wirksamkeit I2C-Abstandswarnung .....	149
A4.5.	Kosten und Wirksamkeit Section Control .....	150
A4.6.	Kosten und Wirksamkeit Intelligent Speed Adaptation .....	151
A4.7.	Barwerte der Systeme im <i>worst case</i> .....	152
A5.	Kosten-Wirksamkeitsverhältnis der kooperativen Systeme .....	154
A6.	Unfälle im Mont Blanc-, Tauern- und St. Gotthard-Tunnel .....	156
A6.1.	Mont Blanc .....	156
A6.2.	Tauern .....	156
A6.3.	St. Gotthard .....	157
A6.4.	Einordnung der drei Unfälle .....	157
	Quellenverzeichnis .....	159