



Analyse des Reaktions- und Fluchtverhaltens in Straßentunneln unter Berücksichtigung von Gruppeneffekten

Berichte der Bundesanstalt für
Straßen- und Verkehrswesen
Brücken- und Ingenieurbau Heft B 209

Analyse des Reaktions- und Fluchtverhaltens in Straßentunneln unter Berücksichtigung von Gruppeneffekten

von

Christian Thienert, Frank Leismann

Studiengesellschaft für Tunnel und Verkehrsanlagen – STUVA – e. V., Köln

Stefan Kaufmann, Markus Jenki, David Stuehler

unter Mitarbeit von:

Alina Hahn-Klimroth, Rosalie Oetinger, David Czudnochowski

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

Centre for Security and Society

Robert Galler, Robert Wenighofer

Montanuniversität Leoben, Lehrstuhl für Subsurface Engineering,
Zentrum am Berg (ZaB)

Die Bundesanstalt für Straßen- und Verkehrswesen (BASt) veröffentlicht ihre Arbeits- und Forschungsergebnisse in der Schriftenreihe Berichte der Bundesanstalt für Straßen- und Verkehrswesen. Die Reihe besteht aus folgenden Unterreihen:

A - Allgemeines
B - Brücken- und Ingenieurbau
F - Fahrzeugtechnik
M - Mensch und Sicherheit
S - Straßenbau
V - Verkehrstechnik

Es wird darauf hingewiesen, dass die unter dem Namen der Verfasser veröffentlichten Berichte nicht in jedem Fall die Ansicht des Herausgebers wiedergeben.

Nachdruck und photomechanische Wiedergabe, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung der BASt, Stabsstelle Presse und Kommunikation.

Die Hefte der Schriftenreihe Berichte der Bundesanstalt für Straßen- und Verkehrswesen können direkt bei der Carl Ed. Schünemann KG bezogen werden. Seit 2015 stehen sie zusätzlich als kostenfreier Download im elektronischen BASt-Archiv ELBA zur Verfügung: <https://bast.opus.hbz-nrw.de>

Impressum

Bericht zum Forschungsprojekt 15.0703
Analyse des Reaktions- und Fluchtverhaltens in Straßentunneln
unter Berücksichtigung von Gruppeneffekten

Fachbetreuung:
Anne Lehan

Referat:
Tunnel, Geotechnik, Zivile Sicherheit

Herausgeber:
Bundesanstalt für Straßen- und Verkehrswesen
Brüderstraße 53, D-51427 Bergisch Gladbach
Telefon: (0 22 04) 43 - 0

Redaktion:
Stabsstelle Presse und Kommunikation

Gestaltungskonzept:
MedienMélange:Kommunikation

Druck, Verlag und Produktsicherheit:
Fachverlag NW in der Carl Ed. Schünemann KG
Zweite Schlachtpforte 7, D-28195 Bremen
Telefon: (04 21) 3 69 03 - 0 | E-Mail: kontakt@schuenemann-verlag.de
www.schuenemann-verlag.de

ISSN 0943-9293 | ISBN 978-3-95606-853-9 | <https://doi.org/10.60850/bericht-b209>

Bergisch Gladbach, Mai 2025

Kurzfassung

Analyse des Reaktions- und Fluchtverhaltens in Straßentunneln unter Berücksichtigung von Gruppeneffekten

Die Auswertung realer Ereignisse und früherer Studien zeigt, dass Menschen in Extremsituationen oft gemeinschaftlich abgesicherte Fluchtentscheidungen treffen. Die resultierende Gruppendynamik kann sowohl positive als auch negative Auswirkungen auf die Selbstrettung haben. Da Gruppeneffekte im Zusammenhang mit Ereignissen in Tunneln zuvor kaum untersucht oder quantifiziert wurden, hat die Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) im April 2023 das Forschungsvorhaben „Analyse des Reaktions- und Fluchtverhaltens in Straßentunneln unter Berücksichtigung von Gruppeneffekten“ an ein interdisziplinäres Konsortium aus Ingenieur- und Sozialwissenschaften vergeben. Das Forschungsvorhaben verfolgte das Ziel, den Einfluss der Gruppendynamik auf die Selbstrettung in Tunnelsystemen hinsichtlich soziologischer als auch ingenieurtechnischer Aspekte systematisch zu untersuchen. Im Rahmen des Projektes wurden über 60 Versuchspersonen in ein sehr realistisches Szenario eines Unfalls mit Brand in einem Straßentunnel gebracht und ihr Verhalten während der Selbstrettungsphase detailliert analysiert. Die Probandenversuche wurden in den Tunnelanlagen der Forschungseinrichtung Zentrum am Berg (ZaB) in Österreich durchgeführt. Im Ergebnis wurde eine Vielzahl unterschiedlicher Verhaltensweisen von Einzelpersonen und in Gruppenstrukturen dokumentiert, die Motivlagen der Probanden über Interviews transparent gemacht und die Folgen reflektiert. Für die Verhaltensweisen wurden typisierende Schemata entworfen und eine Einordnung nach positiv, ambivalent, problematisch, kritisch oder fatal vorgenommen. Bei den Einzelversuchen wurde deutlich, dass immer mit einer Flucht von oder durch die Gefahrenstelle im eigenen Fahrzeug zu rechnen ist und Einschätzungen zur Gefahrenlage auch von Personen mit professionellem Vorwissen schwer zu treffen sind. Bei den Gruppenversuchen zeigt sich, dass im hier dargestellten Szenario eher von einer positiven Wirkung des Kollektivs gesprochen werden kann, insofern Ansätze zu problematischem, kritischem oder gar fatalem Verhalten durch Gruppeneffekte korrigiert werden. Wie weit sich die hier dokumentierten Ansätze auch anders auswirken könnten, lässt sich nur über umfangreichere Versuche klären.

Die ingenieurmäßige Auswertung der durchgeführten Probandenversuche, bei denen die Reaktionszeiten und die resultierenden Fluchtgeschwindigkeiten sowohl von Gruppenversuchen als auch von einzelnen Referenzpersonen ermittelt wurden, trägt zur Validierung der Basisparameter zum menschlichen Verhalten von Risikomodellen bei. Eine Notwendigkeit zur Anpassung der Methodik zur Bewertung der Sicherheit von Straßentunneln kann aus den Ergebnissen nicht abgeleitet werden.

Abstract

Analysis of reaction and escape behaviour in road tunnels under consideration of group effects

Analyses of real events and previous studies show that people in extreme situations often decide how to escape based on other people's behaviour. The resulting group dynamics can have both positive and negative effects on the self-rescue phase. As group effects in connection with incidents in tunnels have hardly been investigated or quantified before, the Federal Highway Research Institute (BASt) awarded the research project 'Analysis of reaction and escape behaviour in road tunnels taking group effects into account' to an interdisciplinary consortium of engineers and social scientists in April 2023. The aim of the research project was to systematically analyse the influence of group dynamics on self-rescue in road tunnels with regard to both sociological and engineering aspects. As part of the project, over 60 test persons placed in a very realistic scenario of an accident with fire in a road tunnel and their behaviour during the self-rescue phase was analysed in detail. The subject tests were carried out in the tunnel facilities of the Zentrum am Berg (ZaB) research centre in Austria. As a result, a large number of different behaviours of individuals and in group structures were documented, the motives of the test subjects were made transparent via interviews and the consequences reflected upon. Types of behaviour were developed and categorised as positive, ambivalent, problematic, critical or fatal. In the individual tests, it became clear that an escape from or through the danger zone in one's own vehicle is always to be expected and that assessments of the danger situation are difficult to make even by people with prior professional knowledge. The group tests show that in the scenario described here, it is more likely to speak of a positive effect of the collective, insofar as approaches to problematic, critical or even fatal behaviour are corrected by group effects. The extent to which the approaches documented here could also have a different effect can only be clarified through more extensive tests.

The engineering evaluation of the subject experiments carried out, in which the reaction times and the resulting escape velocities of both group experiments and individual reference persons were determined, contributes to the validation of the basic parameters for the human behaviour of risk models. A requirement to adapt the methodology for assessing the safety of road tunnels cannot be derived from the results.

Summary

Analysis of reaction and escape behaviour in road tunnels under consideration of group effects

1. Aim and task

The aim of the research project FE 15.0703/2022/ERB 'Analysis of reaction and escape behaviour in road tunnels taking under consideration of group effects' was to systematically investigate the influence of group dynamics on self-rescue in road tunnel systems.

Previous studies and real events have given reason to assume that people tend to make a collectively secured escape decision and that a certain group dynamic is present in extreme situations. In order to validate this assumption and to broaden the database, real experiments on the test setting or scenario 'vehicle collision with fire development' were to be carried out as large group experiments with at least 6 people per group as part of the research project. In these real experiments, the behaviour was to be sociologically evaluated and engineering-relevant escape parameters, in particular reaction and escape times, were to be quantitatively determined. Based on a comparison of the results obtained with previous studies, it was to be checked whether adjustments to the existing procedures for safety assessments and risk analyses appear necessary due to group effects.

2. Participant experiments

In order to enable an analysis of the behaviour of test participants without the influence and perception of other people, test participants first entered the test setting as individual drivers. The analysis of the behaviour of the individual drivers was intended to sharpen the focus on possible group effects and serve as a comparative foil. As with the group tests, care was taken to ensure that the test subjects received as little prior information as possible about what to expect. The present study thus differs significantly from many other studies that only investigated partial aspects of behaviour in the event of a fire in a tunnel or, for various reasons, were only able to place the test subjects in the event situation with a relatively large amount of prior information.

2.1 Test environment

The subject tests were carried out at the 'Zentrum am Berg' of the Montanuniversität Leoben (MUL) in Eisenerz (Styria, Austria). This specially constructed facility for research and training purposes offers a flexible test environment that corresponds to a real road tunnel in terms of dimensions and equipment but, unlike tunnels, allows tests to be carried out without any operational restrictions.

The test facility was equipped with original road signs along the specified route for a speed limit of 50 km/h, signs indicating oncoming traffic tunnels and no overtaking. In order to allow the test subjects to familiarise themselves with the situation, the aim was to cover as long a distance as possible between the start of the journey and the accident site. The participants therefore drove in their own vehicles in a separate convoy through a chain of tunnels consisting of two tunnels. The first tunnel consisted of the west tunnel tube and the south road tunnel and had a total length of around 715 metres. The test subjects then entered the second tunnel, which was designated as a two-way traffic tunnel by signs and road markings. After driving around 270 metres, they reached the staged accident scenario.

2.2 Scenario

The accident scenario consisted of a lorry mock-up in the opposite lane, in which a lorry fire was simulated using a flame and smoke system. The aim was to achieve the same fire, smoke, visibility and ventilation conditions in the tunnel for all test runs. The smoke development on the lorry served to visualise the hazardous situation. Restricted visibility in the area of the test subjects was not desired and should be avoided as far as possible for safety reasons.

In all test runs, the fans were set in such a way that the vaporised fog fluid, which was harmless to health, was transported to the area behind the accident vehicle as far as possible.

Another lorry and a car parked across the lane of the test subjects were set up at the scene of the accident in front of the burning lorry mock-up as an obstacle to passage.

When the first test vehicle approached the scene of the accident, the rear lorry was already clearly showing signs of flames and smoke. Due to the vehicle on the carriageway, which was obviously involved in the accident with its hazard warning lights switched on, it was not possible to drive around it and the test vehicles were forced to stop at an individually selectable distance from the scene of the accident. In the area in question, there was a cross-passage with an emergency exit approx. 125 metres from the scene of the accident and an emergency call niche approx. 20 metres before the scene of the fire. The test subjects were therefore able to see both the burning lorry, the emergency call recess and the safe emergency exit if they were paying attention. The driver and passenger doors of both accident vehicles were open so that it could be seen that there were no injured persons or other persons in need of help at the scene of the accident.

60 seconds after the first vehicle came to a standstill in front of the accident site, the 'vehicle fire' operating programme was started and the jet fans in the test area were run up to 100% output with the corresponding background noise. At the same time as the ventilation system was started up, a loudspeaker announcement was made asking the driver to leave the vehicle. The following voice recording was played repeatedly, with only short pauses of approx. 10 seconds, which is characterised by a very clear and slow speaking style: The text of the announcement, which was exclusively in German, read: 'Attention - Attention - Fire in the tunnel - Please pull over to the side of the road immediately - Form a rescue lane - Leave the ignition key in the ignition and leave your vehicle immediately - Follow the green signs - Move away from the smoke - Leave the tunnel through the marked escape doors - Please help other people'.

3. Test programme

3.1 Selection of test participants

Test participants were recruited for the trials from October 2023 to April 2024 via various digital and analogue channels, primarily in the communities around Eisenerz and Leoben. The aim was to recruit the test participants from the 'driving population', i.e. from those people who could actually find themselves in the situation under investigation, and to represent the age structure and gender distribution.

3.2 Test programme

The survey took place over two weekends in February and April 2024. A total of seven individual tests and five group tests were carried out with a total of 73 test participants in 47 cars. The number of participants in the group tests ranged between 12 and 14 people per test run, spread across seven to ten vehicles.

3.3 Conducting the experiments

The trials were divided into three phases: Briefing, participant testing and debriefing.

After arriving at the test site, participation requirements were checked in the briefing (alcohol exclusion, driving licence, GDPR consent), basic information was provided (safety briefing) and a test drive through the first tunnel section was carried out to familiarise the participants with the tunnel situation.

During the test drives, the vehicles were lined up in a fixed order and the fire system was started. After about 2 minutes, the first vehicle in the second tunnel section reached within sight of the scene of the fire for the first time and stopped at a distance chosen at its own discretion. 60 seconds after this time, the fire ventilation began and the repetitive loudspeaker announcements were played.

During the experiment, a continuous video recording of the events was captured using fixed and mobile cameras in order to document the behaviour of the participants - such as interactions or escape behaviour - in detail and assignable in terms of time. The behaviour of the test participants, for example, how long they stay in the vehicle, whether and how they communicate with other road users, whether they go to the emergency call cabin and make an emergency call there, as well as when and at what speed they start the escape, was not influenced, but only recorded. Only after reaching the safe area were the test participants addressed by an exercise observer when they passed through the rear emergency exit door of the cross-passage to the parallel tunnel or in front of the portal and informed about the end of the test.

The tests were followed by a debriefing, during which the test participants were questioned in detail while still in the tunnel and the vehicle positions were documented. After returning to the training building, a standardised survey was carried out using a questionnaire. Finally, the participants were informed about the purpose of the project.

4. Test results

4.1 Sociological analysis

In the sociological analysis, the group effects shown by the test participants were divided into (1) favourable effects, (2) problematic, critical and fatal effects and (3) ambivalent group effects, which can have both positive and negative effects on self-rescue depending on the situation.

Group effects prove to be complex and sometimes ambivalent. Positive grouping effects associated with a successful evacuation process predominate.

The exception is passivity as grouping behaviour, which was strongly observed in individual test series (4 and 5). In this case, the inactivity of vehicles in front or of those persons with a view of the accident leads to a lack of sensitisation to a possible hazardous situation in the following line of vehicles. There can be several reasons for the inactivity of those in front, as was shown extensively by the qualitative analysis. However, the scope of the effect can be deduced from the aforementioned lack of danger sensitisation through observed exit behaviour. However, the exit and subsequent reaction time of the unfavourable test series in its central tendency is also below the critical threshold of the common modelling methods.

The opposite of this effect is the activation of those affected by the early activity of the vehicles in front. The observation of others exiting leads to the aforementioned situational sensitisation of people, which is then usually followed by their own egress of the car. This grouping effect is linked to the evacuation movement twice. The increased risk awareness, as well as the more comprehensive perception of the situation associated with the exit, triggers a weighing-up process in the course of which a decision is made in favour of or against evacuation. The decision in favour of the latter is therefore triggered by observing the evacuation of others. In the experiments, there

are clear accumulation effects in the course of which the majority of people evacuate as the crowd grows. In this sense, the evacuation is accelerated by grouping effects. It also takes place without additional information about the announcement, which most people only noticed after a delay, and without visual signals.

However, in the experiments there were also group effects that would have had a critical, potentially fatal consequence. Although these critical effects have a smaller range than those that promote evacuation behaviour, they contribute to a large part of critical behaviour in the group trials. In trial No. 4, the critical effect occurred in a phase of initial passivity. Although the driver of one of the vehicles in the front activated the test subjects in the rear vehicles by leaving the car, he waved them forward as the smoke increased. Some test subjects followed the request out of a general uncertainty or the misunderstanding that there was an emergency exit. It cannot be ruled out that if more people had responded to the driver's request to approach the danger zone, a central movement towards the danger zone would have developed, which people would have joined for various reasons - their own behavioural uncertainty or the assumption of an escape route.

The occurrence of specific, negative grouping effects also appears to depend on other situational factors. For example, the sighting of injured people lying on the ground could lead many test participants who were weighing up whether to rescue themselves or seek help from others to decide against the crowd's tendency to evacuate. Apart from the central tendency to escape, human behaviour also varied greatly in the test series and a broad spectrum of actions was realised, with a far greater spectrum still under consideration. In view of such situational factors, as well as the variance of possible behaviour, it does not seem advisable to make generalised statements about the impact of negative group effects on the basis of a relatively small number of cases.

4.2 Quantitative test results

The aim of the engineering evaluation of the participant tests is to derive quantitative reaction times and escape speeds from the documentation of escape behaviour. For this purpose, the escape routes travelled by the test participants and the corresponding escape times were determined from the video recordings.

In the evaluable individual tests, the median escape speed of the test participants was 1.27 m/s. In the group tests, the median value of the escape velocity is slightly higher at 1.43 m/s, although it should be noted that the measurements show a high scatter between 0.73 m/s and 2.67 m/s. The downward outliers (low mean escape velocity) in the group test occurred, when people interrupted the escape to communicate with other participants, while the high values (high mean escape velocities) occurred, when people carried out the escape at a running pace. The mean values determined thus correspond closely to the constant escape velocity of 1.3 m/s assumed in the German risk model for each escaping person.

In the study, all test participants egressed their vehicle, both in the individual tests and in the group tests. The median time spent in the vehicle was 24.5 s in the individual tests and 44 s in the group tests. A comparison of these values with earlier participant tests from studies on behaviour under the influence of a compressed air foam fire-fighting system (DLS-FFFS) or a water mist firefighting system (WN-FFFS) showed good match in the reference groups without an FFS, in terms of the time spent in the vehicle.

5. Conclusion and outlook

The research project 'Analysis of reaction and escape behaviour in road tunnels taking group effects into account' has provided extensive findings on the influence of group dynamics on self-rescue in tunnel systems based on sociological and engineering aspects. As part of the project, over 60 test participants were placed in a very realistic scenario of an accident with fire in a road tunnel and their behaviour during the self-rescue phase was analysed in detail. In the run-up to the tests and during the entire test procedure, strict care was taken to ensure that the test subjects only received a minimum of prior information about the expected events. As a result, numerous different behaviours were documented and group effects were described. When interpreting the results, however, it should be

borne in mind that the scenario was still a relatively limited and 'simple' challenge in terms of tunnel length and accident scenario, number of vehicles, use of only one lane, length of lane, path lengths, etc., which can turn out to be significantly more complex in real events. The justified restriction to German-speaking test subjects also represents a simplification.

The engineering analysis of the subject tests carried out, in which the reaction times and the resulting escape velocities were determined both from group tests and from individual reference persons, confirms the basic parameters commonly used in risk assessments.

Furthermore, the interviews provided indications of problems experienced by the test subjects with the technical equipment in the tunnel, which was equipped in accordance with Austrian specifications and from which suggestions for improvement can be derived.

The participant experiments carried out in this research project provide evidence to support the thesis that group effects significantly expand the spectrum of escape behaviour, but tend to lead to an improvement in the self-rescue phase. However, negative grouping and group dynamic effects also occurred in the experiments. It should be examined whether and to what extent these can be counteracted by safety concepts.

The range of escape behaviour can be covered within the scope of the present methods by adapting individual parameters to human behaviour. The results and the database of the tests carried out are not sufficient to justify the demand for an update of regulations on this basis. The restriction to a single scenario and the limited total number of test participants limits the transferability to the general situation.

In the overall assessment, no direct consequences for the risk analyses can be derived from the findings of this research project. In principle, there is a requirement to continuously review existing models to ensure that all input parameters are up to date in order to be able to make adjustments to new findings if necessary and thereby improve the quality of the information and realism. The realistic participant tests provide a valuable contribution to this approach.

Inhalt

1	Einführung	13
2	Motivation, Ziel und Vorgehensweise	14
2.1	Motivation	14
2.2	Ziel	14
2.3	Vorgehensweise	14
3	Stand der Forschung	16
3.1	Bewertung der Tunnelsicherheit in Straßentunneln	16
3.2	Gruppendynamische Effekte bei Unfällen in Straßentunneln	17
4	Technische Versuchsvorbereitung	23
4.1	Maßgebliches Szenario	23
4.2	Versuchsumgebung	25
4.3	Experimentaldesign	29
4.3.1	Bauliche und technische Versuchsvorbereitung	30
4.3.2	Darstellungsqualität, Realismus und Limitationen des Experimentalsettings	32
5	Soziologische Versuchsvorbereitung	34
5.1	Probandenauswahl	34
5.2	Grundlagen der Empirischen Dokumentation	37
5.3	Gruppeneffekt	38
5.4	Kategorisierung und Operationalisierung	38
5.5	Verhalten	40
5.6	Gruppeneffekte und Prozessstruktur	41
5.7	Besonders relevantes Verhalten	41
5.8	Weitere hypothetische Einflussfaktoren auf Verhalten	43

5.9	Verhaltenssicherheit, objektiv und subjektiv verfügbarer Informationsstand	43
5.10	Vorwissen	44
6	Organisatorische Versuchsvorbereitung	46
7	Versuchsdurchführung	48
7.1	Terminplanung	48
7.2	Personaleinsatz	48
7.3	Versuchsablauf	48
7.4	Dokumentation und Erhebungsverfahren	50
7.5	Revision des geplanten Dokumentations- und Erhebungsverfahrens während der ersten Versuchsdurchläufe	54
8	Versuchsergebnisse	56
8.1	Soziologische Auswertung	56
8.2	Standardisierte Dokumentation und statistische Auswertung	59
8.2.1	Statistische Dokumentation des Gesamtsamples	59
8.2.2	Statistische Dokumentation des Versuchsablaufes	65
8.2.3	Selbsteinschätzung der Probanden im Spiegel der objektiven Entfluchtungsparameter	81
8.3	Auswertung Videoaufzeichnungen	84
8.3.1	Einzelversuche	85
8.3.2	Gruppenversuche	94
8.4	Qualitative Analyse der Einzel- und Gruppenversuche	105
8.5	Integrierte Analyse: Gruppeneffekte im Spiegel des Bewertungsschemas von Verhalten	121
8.6	Irritationen der Probanden durch die Sicherheitseinrichtung und Verbesserungsvorschläge	135
9	Quantitative Auswertung	138
9.1	Positionsbestimmung der Fahrzeuge	138
9.2	Fluchtverhalten im Tunnel	138
9.3	Auswertung der Fluchtwege und dafür benötigten Zeiten der Probanden	139
9.4	Reaktionszeit	141
9.5	Fluchtgeschwindigkeit	142

10	Vergleichende Betrachtungen	144
10.1	Annahmen in Risikomodellen	144
10.2	Vergleich mit Ergebnissen vorherigen Studien	145
10.2.1	Wenderate	146
10.2.2	Anteil nicht flüchtender Personen und Verbleibzeit im Fahrzeug	146
10.2.3	Fluchtgeschwindigkeit	148
11	Schlussfolgerungen und Ausblick	150
11.1	Konsequenzen für risikoanalytische Untersuchungen	152
11.2	Fortschreibung von Regelwerken	154
11.3	Weitere Forschungsbedarfe und Perspektiven	154
	Literatur	156
	Bilder	160
	Tabellen	162
	Anhangverzeichnis	163
Anhang 1:	Fragebogen standardisierte Erhebung	164
Anhang 3-1:	Interviewleitfaden qualitative Tunnelinterviews	181
Anhang 3-2:	Qualitative Analyse Ablaufbeschreibung Einzelversuche und Gruppenversuche	187
Anhang 3-5:	Qualitative Interviews Übersichts und Typtabelle zu Einzel- und Gruppenversuchen	201
Anhang 4:	Quantitative Auswertung Zeiten	205
	Verzeichnis zur empirischen Dokumentation	211

1 Einführung

Seit Jahrzehnten werden in Deutschland mit dem Ziel, das Sicherheitsniveau von Straßentunneln zu erhöhen, hohe Summen in bauliche Maßnahmen und technische Ausstattung investiert. Obgleich nachweislich ein hohes Sicherheitsniveau erreicht ist, können schwerwiegende Unfälle nicht vollständig vermieden werden. Den worst case stellt ein Brandereignis im Tunnel dar, in dem sich unter ungünstigen Bedingungen innerhalb kurzer Zeit eine lebensbedrohliche Situation für alle anwesenden Nutzer entwickeln kann. Sicherheitskonzepte basieren auf einer schnellen Selbstrettung der Verkehrsteilnehmer, da Rettungskräfte auch unter optimalen Bedingungen Zeit benötigen, um den Unfallort zu erreichen und somit nicht sofort Hilfe leisten können.

Zur Unterstützung der Selbstrettung werden zahlreiche Maßnahmen implementiert. Analysen vergangener Ereignisse zeigen allerdings, dass vorhandene Sicherheitseinrichtungen häufig ungenutzt bleiben. Viele Tunnelnutzer sind nicht in der Lage, den Sicherheitsanweisungen zu folgen und richtig zu handeln, um sich frühzeitig in Sicherheit zu bringen. Eine Fehleinschätzung der kritischen Situation führt dazu, dass Menschen Handlungen ausführen, die als problematisch angesehen werden müssen oder im schlimmsten Fall sogar fatale Auswirkungen haben könnten, beispielsweise Ihre Fahrzeuge nicht verlassen oder im Extremfall nach bereits begonnener Selbstrettung sogar wieder zu ihren Fahrzeugen zurückkehren. Neben technischen und psychologischen sind es auch soziologische Faktoren, die die Effektivität der Selbstrettung wesentlich beeinflussen. So ist das individuelle Verhalten oft auch vom Einfluss anderer Menschen abhängig. Um die Sicherheitsmaßnahmen optimal auf das Verhalten der Nutzer abstimmen zu können, besteht daher interdisziplinärer Forschungsbedarf, der die technischen und ingenieur-wissenschaftlichen Ansätze ergänzt.

2 Motivation, Ziel und Vorgehensweise

2.1 Motivation

Die Auswertung realer Ereignisse und vorangegangener Studien (vgl. Stand der Forschung) und zeigt auf, dass Personen in Extremsituationen dazu neigen, eine gemeinschaftlich abgesicherte Fluchtentscheidung zu treffen. Dabei entsteht eine Gruppendynamik, die sowohl positive als auch negative Auswirkungen auf die rasche Entfluchtung aller Personen im Tunnel haben kann. Diese Gruppeneffekte sind vor dieser Studie jedoch weder ausreichend vorhersagbar noch quantifiziert, um beurteilen zu können, ob diese in der Sicherheitsbewertung berücksichtigt werden können bzw. sinnvoll einbezogen werden sollten. Eine Berücksichtigung erscheint sinnvoll, sofern die Gruppeneffekte den Ablauf der Selbstrettung quantifizierbar verändert. Die deutschen Richtlinien und Empfehlungen zur Sicherheit in Straßentunneln (RE-ING, EABT) berücksichtigen das Verhalten von Gruppen über durchschnittliche Reaktionszeiten und Fluchtgeschwindigkeiten einzelner Verkehrsteilnehmer, wodurch gruppendynamische Effekte vernachlässigt werden. Theoretische Lösungsansätze können diese soziologischen und psychologischen Effekte nicht hinreichend abbilden und reale Ereignisse bieten aufgrund rechtlicher und praktischer Einschränkungen kaum Möglichkeiten für wissenschaftliche Untersuchungen. Um systematische Auswertungen zu ermöglichen, müssen gezielte Probandenversuche durchgeführt werden.

2.2 Ziel

Das Forschungsvorhaben hat das Ziel, den Einfluss der Gruppendynamik auf die Selbstrettung in Tunnelsystemen systematisch zu untersuchen. Hierzu werden sowohl soziologische als auch ingenieurtechnische Aspekte analysiert, um ein realistisches Bild des Fluchtverhaltens und der Reaktionszeiten zu erhalten. Dies zielt darauf ab, zu überprüfen, ob die Ergebnisse die Weiterentwicklung des Verfahrens zur Sicherheitsbewertung von Straßentunneln erfordern. Darüber hinaus soll der Forschungs- und Entwicklungsbedarf identifiziert werden, beispielsweise in Bezug auf Informations- und Schulungsbedarf zum richtigen Verhalten in Tunneln. Schlussendlich sollen die gewonnenen Erkenntnisse dazu dienen, zu evaluieren, ob bestehende Regelwerke angepasst werden müssen.

2.3 Vorgehensweise

Im Rahmen der Untersuchungen wurden Probandenversuche durchgeführt, um den Einfluss der Gruppendynamik auf die Selbstrettung zu analysieren. Diese Versuche beinhalten 5 Gruppenversuche mit jeweils etwa 12 Personen sowie 7 Einzelversuche, die das Szenario „Fahrzeugkollision mit Brandentwicklung eines Lkw“ simulieren. Die Versuche wurden in der Versuchsanlage „Zentrum am Berg“ (ZaB) bei Leoben, Österreich, durchgeführt, dokumentiert und ausgewertet. Die Auswertung zielt einerseits darauf ab, beobachtete Verhaltensweisen soziologisch zu verstehen, und andererseits, ingenieurtechnisch relevante Ent-

fluchtungsparameter, insbesondere Reaktions- und Fluchtzeiten, quantitativ zu bestimmen. Anhand eines Vergleichs der ermittelten Ergebnisse mit anderen Studien wird überprüft, ob Anpassungen an den bestehenden Sicherheitsbewertungen und Risikoanalysen notwendig sind.

3 Stand der Forschung

3.1 Bewertung der Tunnelsicherheit in Straßentunneln

Mehrere schwere Brandunfälle in den Alpenländern in den Jahren 1999 und 2001 waren maßgebliche Auslöser für die Verbesserung der Sicherheit in Straßentunneln. Daraus resultierende neue Erkenntnisse und diesbezüglich geführte Diskussionen mündeten schließlich in der „Richtlinie des Europäischen Parlamentes und des Rates über Mindestanforderungen für die Sicherheit von Tunneln im transeuropäischen Straßennetz, 2004/54/EG“ (EU-Kommission 2004). Diese europäischen Vorgaben wurden 2006 mittels der „Richtlinien für die Ausstattung und den Betrieb von Straßentunneln“ (FGSV 2006) in nationales deutsches Recht umgesetzt. Die RABT 2006 wurde mit ARS 10/2023 (BMDV 2023b) zurückgezogen.

Die gemäß den aktuellen nationalen deutschen Richtlinien [RE-ING (BMDV 2023) einschließlich der in zugehörigen Anhang A enthaltenen EU-Tunnelrichtlinie 2004/54/EG (EU-Kommission 2004)] sowie der EABT-Empfehlung (FGSV 2019) im Bereich der Bundesfernstraßen für die Tunnelsicherheit vorzusehenden Maßnahmen zielen vorrangig auf die Selbstrettung der Tunnelnutzer ab. Die Bewertung der Selbstrettung erfolgt nach einem makroskopischen Modellansatz (Kohl et al. 2022). Im Ereignisfall wird demnach eine erfolgreiche Selbstrettung der Tunnelnutzer in sichere Bereiche maßgeblich durch die lokal vorherrschenden Umgebungsbedingungen bestimmt. Als Maß zur Abschätzung der Fluchtbedingungen kann die „Fractional Effective Dose“ (FED) herangezogen werden. Diese wird zumeist mittels numerischer Simulationen nach der CFD-Methode ermittelt, in denen die zeitabhängige Verrauchung des Tunnels abgebildet wird. Auf dieser Basis lassen sich dann in Abhängigkeit von der Fluchtgeschwindigkeit und den gegebenen Fluchtweglängen Bereiche ableiten, aus denen (unter den angesetzten Randbedingungen) entweder eine erfolgreiche Selbstrettung oder nur eine bedingte bzw. keine Selbstrettung möglich ist.

Eine Abschätzung der daraus resultierenden Personendichte kann über die Theorie der kinematischen Wellen oder mithilfe eines Verkehrsflusssimulationsprogramms ermittelt werden. Durch die Überlagerung der ermittelten Personendichten mit den vorher bestimmten Bereichen für „Selbstrettung“, „bedingte Selbstrettung“ und „keine Selbstrettung“ kann das Schadensausmaß ermittelt werden. Von Vorteil bei dieser Methode ist, dass sie relativ einfach in der Handhabung ist und sich die Ergebnisse klar und transparent darstellen lassen. Nachteilig ist jedoch, dass mit vertretbarem Aufwand nur ein Gesamtkollektiv abbildbar ist und individuelle Mobilitätsparameter keine Berücksichtigung finden. Des Weiteren starten systembedingt alle Personen gleichzeitig mit der Räumung des Tunnels. Insbesondere lassen sich Maßnahmen, die auf die Wahrnehmung und Orientierung sowie auf die Beeinflussung des Verhaltens abzielen, nicht abbilden. Gruppendynamische Effekte werden daher bei der Ermittlung von Reaktions- und Fluchtgeschwindigkeiten bislang nicht berücksichtigt.

Weist ein Tunnel eine besondere Charakteristik auf, sodass von den Anforderungen der genannten nationalen und internationalen Richtlinien abgewichen werden muss, so ist aufzuzeigen, dass durch den Einsatz alternativer Maßnahmen ein vergleichbar hohes Sicherheitsniveau gewährleistet werden kann. Zu diesem Zweck wurde im BAST-Bericht B 66 „Sicherheitsbewertung von Straßentunneln“ (Zulauf et al. 2009) aus dem Jahr 2009 eine

quantitative Methodik zur Sicherheitsbewertung von Straßentunneln entwickelt. Die Methodik basiert auf einem risikoorientierten Ansatz, der im Zusammenhang mit diversen Sicherheitsfragen, z. B. dem Abstand von Pannenbuchten (BASt 2021), erfolgreich in der Praxis angewandt wird.

Leistungsfähige Risikomodelle verfügen auch über Module, die das menschliche Verhalten abbilden. Neben objekt-, verkehrs- oder ereignisspezifischen Parametern gibt es auch etliche Eingangsparameter, die fest im Risikomodell hinterlegt sind und deren Variation für gewöhnlich nicht vorgesehen ist. Dies trifft auch für Parameter des menschlichen Verhaltens zu.

Über die risikoanalytischen Betrachtungen hinaus wurden im Bereich Tunnelsicherheit zahlreiche Forschungsprojekte zu speziellen Fragestellungen durchgeführt und wesentliche neue Erkenntnisse zu bis dato unberücksichtigten Einflussgrößen und damit Eingangsparameter für Risikoanalysen gewonnen. An dieser Stelle zu nennen sind insbesondere BASt-Bericht B 143 „Analyse des menschlichen Verhaltens bei Aktivierung von stationären Brandbekämpfungsanlagen in Straßentunneln“ (Mühlberger et al. 2018) und BASt-Bericht B 135 „Wirksamkeit automatischer Brandbekämpfungsanlagen in Straßentunneln“ (Kohl et al. 2017b). Zwischenzeitlich wurde überprüft, ob sowohl das methodische Vorgehen als auch grundlegende Parameter und Annahmen der Methodik noch dem Stand der Technik entsprechen. Im BASt-Bericht B 183 „Bewertung der Sicherheit von Straßentunneln, Überprüfung der Annahmen und Parameter von Risikoanalysen“ (Kohl et al. 2022) aus dem Jahr 2022 werden zweckmäßige Adaptierungsvorschläge unterbreitet. In der Gesamtbewertung wird die in Heft B66 beschriebene Methodik weiterhin als transparent und nachvollziehbar eingestuft. Durch den modularen Aufbau kann die bestehende Methodik relativ einfach erweitert werden. Der Einfluss von Gruppeneffekten bei kritischen Ereignissen in Tunneln auf die Selbst- und Fremdrerettung kann durch die Berücksichtigung entsprechender Zeitspannen für die Kommunikation der Nutzer untereinander und daraus resultierender Fluchtgeschwindigkeiten adäquat berücksichtigt werden.

3.2 Gruppendynamische Effekte bei Unfällen in Straßentunneln

Der Forschungsstand zu gruppendynamischen Effekten bei Unfällen in Straßentunneln ergibt sich aus mehreren Feldern der Entfluchtungsforschung. Das erste und umfassendste Feld sind Erkenntnisse aus Studien, die fast unabhängig von der räumlichen Situation sind oder sich ohne große methodische Probleme auf andere räumliche Situationen und damit auch auf Straßentunnel übertragen lassen. Hierzu gehören eine Vielzahl von Studien zur Wahrnehmung von Gefahrensituationen, von Feuer, Rauch und räumlicher Enge, zu persönlichkeitsgebundenen Faktoren wie grundsätzlichem oder situativem Angstverhalten, zur Wahrnehmung und Befolgung von Anweisungen, Signalen oder Evakuierungshilfen. Das zweite, engere Feld sind Studien zu sozialen Interaktionen in Evakuierungssituationen. Diese müssen nicht explizit in Straßentunneln erfolgen, sollten aber hinsichtlich räumlicher Enge und Ausdehnung vergleichbar sein. Das dritte Feld sind Studien zum Evakuierungsverhalten aus Straßentunneln, auch wenn diese nicht explizit auf soziale Interaktionen eingehen. Im hier ausdrücklich darzustellenden vierten Feld finden sich dann Studien, die soziale Interaktionen in Straßentunneln thematisieren.

Da Vorwissen ein wichtiger Faktor zur Verhaltensdisposition sein kann, operieren viele Erhebungen und Experimente mit Vorbefragungen, um dieses Vorwissen nachzuzeichnen. Zwei neuere Studien geben dazu ein etwas umfassenderes Bild. Beide Befragungen kombinieren die Abfrage konkreter Erfahrung mit hypothetischen Verhaltensweisen anhand von Szenarien wie einem Nothalt im Tunnel oder die Reaktion auf einen Brand im Tunnel. Schmidt-Polończyk (2021) haben 504 polnische Autofahrer zu Vorwissen über Verhalten im Tunnel(notfall) befragt. Obwohl 12 % der Befragten sogar schon an Experimenten oder Einweisungen im Tunnel teilgenommen hatten, wurden im Durchschnitt aller Befragten nur rund ein Drittel der empfohlenen Verhaltensweisen in der Befragung richtig ausgewählt. Nur 16 % der Befragten wählten über die Hälfte der Antworten richtig aus. Hinzu kommt die Feststellung, dass die Befragten ihr eigenes Vorwissen deutlich positiver einschätzten als es faktisch ist. Wie von Kiriopoulou (2017) aufgezeigt, wurde unter griechischen Autofahrern bei einer Befragung von über tausend Personen ein ähnliches Bild gewonnen. Auch hier wählen beträchtliche Teile der Autofahrer Antworten, die zu sehr ungünstigen Folgen führen könnten, so dass zu fragen ist, ob diese Verhaltensweisen im realitätsnahen Experiment durch die Verhaltensleitung der Tunnelsicherheitseinrichtungen und/oder durch soziale Interaktionen ausreichend korrigiert werden.

Arnold Dix hat in mehreren Studien (Voeltzel /Dix 2004, Dix 2011, Burns et al. 2013) reale Unfälle analysiert. Für neuere Vorfälle standen auch Aufzeichnungen von Tunnelkameras zur Verfügung, die eine schrittweise Analyse des Ablaufes und teilweise auch der sozialen Interaktion erlaubten. Dabei wurden eine Reihe von real oder potenziell fatalen Verhaltensweisen identifiziert, wie eine Rückkehr zum PKW, ein stark verzögertes Verlassen des PKW, Sitzenbleiben im PKW, eine Annäherung an die Brandstelle, eine Verzögerung nach anfänglich zügiger Flucht, das Aufsuchen von Notfallbuchten, Wendeversuche u. a. Viele Verhaltensweisen sind dabei mit statistischen Gruppierungseffekten verbunden, d. h., dass entweder Gruppen sich zusammenfinden und eine gemeinsame Entscheidung treffen oder einzelne Personen für ihr Verhalten Nachahmer finden. Die statistischen Gruppierungseffekte können auch positiv sein, wenn beispielsweise ein schneller Ausstieg der Personen nahe am Unfallort und ihre Aufforderung an die dahinterstehenden Autos zu einer schnellen Räumung führt oder einzelne Hilfsangebote für Rollstuhlfahrer zu einem gemeinsamen Handeln mehrerer Personen führen.

Bei der Analyse eines Unfalls im Tunnel in den Niederlanden zeigen Bosch/Goudzwaard (2017) ebenso wie auch andere Studien, dass Erkennen und Deuten des Gefahrenpotentials einer Unfallstelle von der Art des Unfalls, von der Nähe zum Unfall und von der Wahrnehmung des Gesamtverhaltens der anderen Fahrer abhängen kann. So reagieren Fahrer in unmittelbarer Nähe eines Brandes schnell und mit konsequenter Selbstrettung, etwas weiter entfernte Fahrer mit guter Sicht auf den Brandort zeigen hingegen lange abwarten-des Verhalten im PKW, noch weiter entfernt beginnen Fahrer mit zeitaufwendigen Wendemanövern. Andere Studien erkennen ebenfalls verschiedene Zonen mit in sich tendenziell homogenem Verhalten, auch wenn die Trennschärfe der Zonen zueinander oder auch die Anzahl variiert und aus zwei, drei oder vier Zonen bestehen kann, so dass eine Frage ist, ob Zonen mit ähnlichen Verhaltensweisen durch ähnliche Rationalitäten bei individuellen Entscheidungen oder durch Gruppeneffekte entstehen. Bei dem von Bosch/Goudzwaard (2017) analysierten Unfall war auch auffällig, dass Fahrer aus Bussen und Lkw über Gesten oder Anweisungen in direkte Interaktion mit anderen Fahrern treten und so aus ihrem Selbstverständnis als professionelle Fahrer leitende Handlungen treffen.

Eines der ersten größeren Experimente mit mehreren hundert Teilnehmern in mehreren Versuchsreihen, das sich ausdrücklich dem Verhalten und den sozialen Interaktionen bei

einem Brand im Straßentunnel widmete, wurde 2001 im BeNeLux-Tunnel bei Rotterdam durchgeführt und unter verschiedenen Aspekten ausgewertet. Noren/Winer (2003) entwickeln auf der Grundlage von neun Versuchsdurchläufen eine Feinanalyse der für sie entscheidenden ersten Phase, die sie als die Zeit vom Erkennen einer Gefahr bis zur Evakuierungsentscheidung und Wegewahl definieren. Sie verwenden ein Modell, in dem in einem Entscheidungsmodell eine Gefahrenbewertung, ein Situationsbewußtsein, eine Entscheidungsfindung sowie eine (Wege-)wahl inklusive Nachkontrolle durch die Probanden abgearbeitet werden und streichen in ihrer Analyse besonders die Bedeutung der Zeit im PKW sowie einer verzögerten Orientierungsphase unmittelbar nach dem Ausstieg aus dem PKW heraus. Die einzelnen Versuchsdurchläufe wurden hinsichtlich der Unfalldarstellung (mit/ohne Rauch, Stellung des brennenden Lkw) und weiterer Parameter wie Inhalte der Durchsagen variiert. Aus einer makroskopischen Sicht auf die Abläufe wurde dabei festgestellt, dass sich zwar die Abläufe deutlich unterscheiden konnten, bei allen Abläufen aber traten erkennbare statistische Gruppierungseffekte auf. Nach einer ersten Reaktionszeit von Personen, die zügig den Tunnel verließen, folgte eine erkennbare Pause, dann setzte eine zweite Welle ein. Die Reaktionszeiten ließen sich sozusagen gruppieren. Teilweise waren nur zwei „Gruppen“ bzw. Wellen erkennbar, teilweise mehrere Subgruppen mit ähnlichen Verhaltensweisen und zeitlichen Indikatoren. Fast schon im Rahmen einer detaillierten Interaktionsanalyse wertet Boer (2002) die Videoaufzeichnungen und Nachbefragungen aus. Zwei der Durchläufe wurden als Kontroll- und Kontrastgruppen angelegt, indem die Teilnehmer dieser Versuche unmittelbar vorher über das empfohlene Verhalten, den Tunnel so schnell wie möglich eigenständig durch die nächstgelegenen Notausgänge zu verlassen, informiert wurden. Durch die Kontrastierung und die Variation der Durchläufe werden eine Vielzahl von positiven und problematischen Interaktionen offensichtlich. Bis auf wenige Einzelhandlungen finden fast alle Verhaltensweisen Nachahmer bis hin zu Gruppenbildungen.

Der dichte experimentelle Ansatz von Boer (2002) wird von Nilsson/Johansson/Frantzich (2009) aufgegriffen, der Fokus aber stark auf die intensive Analyse der Einzelpersonen verschoben. Es werden Befragungen im PKW, Interviews während des Nachlaufens des Evakuierungspfades einer Person mit Videoaufzeichnungen und Gruppeninterviews kombiniert, um die unterschiedlichen Einflüsse auf die letztendlichen Verhaltensentscheidungen der Probanden zu analysieren. Die 29 Probanden fuhren dabei mit relativ wenig Vorkenntnissen über das Erwartete hintereinander einzeln in den Tunnel ein. Durch die unterschiedlichen Befragungsverfahren wurde deutlich, dass in der Summe 19 der 29 Probanden angaben, sich am Verhalten anderer orientiert zu haben, bei einigen war dies klar der dominierende Faktor gegenüber eigenen Beobachtungen.

Ebenfalls in einem echten australischen Straßentunnel konnten Burns et al. (2013) 39 Personen einem sehr realistischen Experiment aussetzen. Die Personen waren nicht über die kommenden Ereignisse informiert. Die Experimentalgruppe entsprach einer realistischen Besetzung der Fahrzeuge auf dieser Straße inklusive echter Familien und existierender Freundschaftsgruppen. Durch Beobachter im Szenario, Videoaufzeichnungen und Nachbefragungen konnte erkannt werden, dass sich die meisten Personen durch das Verhalten der anderen mitbeeinflussen lassen, der Grad dabei allerdings stark variiert. Wenige Personen folgten ausschließlich dem Vorbild anderer. 94 % gaben allerdings an, dass sie auch durch andere Personen in ihrem Verhalten beeinflusst waren. Die Gründe für diese Orientierung waren vielfältig: teilweise wurde eine Bestätigung für die eigenen Entscheidungen gesehen, teilweise war der Eindruck genannt, mitten in einer Gruppe mitzugehen, teil-

weise wurden eigene Handlungsunsicherheiten damit überbrückt (bspw. wenn die Durchsagen nicht vollständig verstanden wurden); die Interaktionen wirkten also bestätigend. Einige Personen gaben aber auch an, dass sie die Orientierung an anderen Personen gegenüber der eigenen Wahrnehmung beispielsweise von Fluchtwegebeschreibungen bevorzugt haben.

Mit einer methodisch aufwendigen Experimentalstudie (Kameras an Personen, in Fahrzeugen, Tonaufzeichnungen, Vorbefragung zu Erfahrungen und Persönlichkeitsmerkmalen, Nachbefragungen direkt am Ereignisort sowie weitere Befragungen im weiteren Nachlauf) haben Mühlberger et al. (2018) vorrangig das Verhalten von Fahrern auf Brandbekämpfungsanlagen untersucht. Die Studie ist besonders hervorzuheben, weil sowohl die Interaktion mit der Tunnelausstattung als auch das Vorwissen der Teilnehmer näher am aktuell zu erwarteten Verhalten liegen dürfte als viele ältere Studien. Auch hier konnten einige der genannten Effekte wie eine Zonenbildung beobachtet werden. Ausdrücklich adressiert wurden soziale Interaktionen aber nur anhand von sechs Paaren als Probanden. Trotz der geringen Fallzahl ist bemerkenswert, dass die Paare durchweg zahlreichere und vielfältigere Aktivitäten als Einzelpersonen entwickelten. Hinzu kam, dass die Informationsaufnahme und Entscheidungsfindung kollektiv durch Absprachen erfolgte und somit länger dauerte. Teilweise wurden letztlich auch unterschiedliche Anschlusshandlungen abgesprochen, so dass beispielsweise eine Person Hilfeleistung erbrachte und eine andere versuchte einen Notruf abzusetzen. In methodischer Hinsicht interessant ist, dass die aufgezeichneten Gespräche detaillierte Einblicke in die Wahrnehmung und Entschlussfindung erlauben.

Aus einer Zusammenschau von Experimenten und realen Unfällen leiten Fridolf/Nilsson (2013) sowie Nilsson et al. (2009a) ab, dass sich insbesondere die erste entscheidende Phase der Reaktion von Personen, wenn sie auf einen (Brand-)Unfall treffen, in vier Phasen, die Informationsaufnahme, die Interpretation der Informationen, die Vorbereitung und Entscheidung sowie der Beginn einer (Re-)Aktion zerlegen lassen. In allen vier Phasen können die Wahrnehmung und die Interaktion von/mit anderen Personen und deren Verhalten relevant werden. Der soziale Einfluss lässt sich dann nochmal in zwei Hauptstränge zerlegen: im normativen Strang werden Rollen und deren normativer Gehalt wichtig, also bspw. Fahrer zu Mitfahrern, Vater zu Familie, Busfahrer zu Reisegruppe. Im informationellen Strang werden nur die durch die Interaktion bzw. Beobachtung von anderen Personen übermittelten Informationen wichtig. Bei beiden Strängen werden Hinweise gegeben, dass diese und damit die Bedeutung anderer Personen umso mehr wächst, je kleiner die Basis an Informationen für eigene Entscheidungen ist. Bei Unklarheiten – so die Annahme – wird eher Anderen gefolgt.

Informativer und normativer sozialer Einfluss wird hierbei als einer von mehreren Umgebungsfaktoren (Gefahrenindikatoren, Sicherheitshinweise/Signale) konzipiert, die das Verhalten beeinflussen. Wie aus der Beschreibung hervorgeht, resultieren die damit verbundenen Gruppeneffekte zum einen aus einer wechselseitigen, über gezielte Interaktion hergestellte Orientierung, zum anderen aus einer vornehmlich über die Beobachtung hergestellte, einseitige Orientierung an anderen.

Die wechselseitige Orientierung kann spontan erfolgen, ergibt sich allerdings oftmals aus rollenspezifischen Konstellationen. Die Grundlage letzterer bilden zum einen Beziehungsverhältnisse zwischen Personen, die schon als Gruppe in die Gefahrensituation geraten und dementsprechend ihr Verhalten koordinieren. Die hier verhandelten Beziehungen

umfassen Freundschafts-, Familien- oder kollegiale oder anderweitige Bekanntenverhältnisse. Zum anderen werden rollentheoretisch auch solche Beziehungen behandelt, die formaler Natur sind und denen allgemein ein Professioneller-Laien-Verhältnis zugrunde liegt. Professionelle Rollenträger befinden sich entweder im Dienst oder übernehmen ihre Rolle bzw. die damit verbundenen Verhaltenserwartungen in der außeralltäglichen Situation. Die Voraussetzung für diese Konstellation und die damit einhergehenden Gruppendynamiken ist, dass sie auch von den übrigen Teilnehmern als Professionelle erkannt werden. In übergreifenden Evakuierungskontexten sind dies – neben Rettungskräften – Beschäftigte, die den Personen (bzw. den „Laien“) Verhaltensweisen nahelegen, sowie die Evakuierung ein- und anleiten. Diese Beobachtung wurde auch im Kontext von Notfällen in Untergrundbahnen getätigt, (Donald/Canter 1990, Carvel/Marlair 2005). In Straßenverkehrstunnen ist i.d.R. kein Personal vor Ort und angestrebt wird eine Selbstevakuierung vor Eintreffen der Rettungskräfte. In ihrer Studie zum Heinenoordunglück 2014 beobachteten Bosch & Goudzwaard (2017), dass vor allem Berufsfahrer, etwa Lkw- oder Busfahrer, die Rolle des Professionellen einnahmen und von anderen Verkehrsteilnehmern auch als solche anerkannt wurden. So erfolgte die breite Evakuierung erst im Zuge der Alarmphase und auf gezielte Anweisung von Berufsfahrern (Bosch & Goudzwaard 2017). Hier besteht noch Erkenntnisbedarf, inwieweit diese Berufsgruppen oder andere Personengruppen, die über ein spezifisches Vorwissen verfügen, auch außerhalb des dienstlichen Kontextes tätig werden. Weiterhin stellt sich die Frage, ob sie auch von den übrigen Verkehrsteilnehmern anerkannt und diesbezügliche Interaktionsangebote angenommen werden. Übergreifend lässt sich in der Entfluchtungsforschung ein positiver Einfluss von professionsspezifischen Rollenträgern auf die Entfluchtungsparameter festhalten. Sie initiieren weitestgehend sinnvolle gruppendynamische Effekte und können potenziell fatales Verhalten anderer Personen korrigieren. Dies ist anders gelagert bei Gruppen, die aus schon zuvor gesetzten Beziehungskonstellationen resultieren. Hier sind die gruppendynamischen Effekte ambivalenter. Im Kontext der Studie von Mühlberger wurde schon beschrieben, dass vor allem Paare ein höheres Aktivitätspotential entfalten und die Kooperation auch eine Aufgabenteilung sowie gegebenenfalls eine wechselseitige Hilfe in Notsituationen ermöglicht. Beobachtungen von Boer (2002) und Burns et al. (2013) zeigen allerdings, dass solche Beziehungskonstellationen auch mit erhöhter Passivität verbunden sein können. Wenn innerhalb der Gruppe niemand genau weiß, was zu tun ist, kann das mit einer längeren Vorbewegungszeit verbunden sein als bei Einzelpersonen. In der Nachbefragung von Burns et al. gaben Personen mit besonders langen Entscheidungszeiten als einen Grund an, bei der Freundes- oder Familiengruppe bleiben zu wollen. Hier ist zu untersuchen, in welchen Zusammenhängen solche Entscheidungs- und Abstimmungsschwierigkeiten entstehen. Die rollenspezifischen und generellen, interaktionsbasierten Effekte auf das Verhalten von Einzelnen oder der gesamten Gruppe können als gruppendynamische Effekte im eigentlichen Sinne bezeichnet werden.

Davon unabhängig werden mit den Begriffen Gruppeneffekt oder Gruppenverhalten auch Effekte beschrieben, die durch eine einseitige Orientierung an anderen Personen entstehen und so zu Gruppierungseffekten führen, die auch ohne intentionale Interaktion zustande kommen. Sie werden vornehmlich dem informativen Strang sozialen Einflusses zugeordnet. Die einseitigen Gruppeneffekte sind ebenfalls mit ambivalenten Beobachtungen verbunden. Dies liegt sicherlich an der situativen Ungewissheit, welche gerade die Personen erfahren, die solchen Effekten unterliegen, die sich also primär am Verhalten anderer orientieren. Der eigentliche Gruppeneffekt besteht konsequenterweise in der Fortschrei-

bung einer initialen Handlungssequenz vor dem Hintergrund einer geringen Informationslage der sich orientierenden Person. Solche Effekte können in einer raschen – sich selbstverstärkenden – Evakuierung resultieren, (Burns/Stevens/Dix 2013, Nilsson et al. 2009). In einem Realexperiment von Boer und Zanten (2005) leitete die initiale Evakuierung von zwei Wageninsassen eine breite Evakuierungsbewegung in der Vor-Alarmphase ein (Boer & Zanten 2005). Allerdings wurden auch negative Effekte beobachtet. Problematische Varianten der Effektklasse umfassten etwa die – eventuell auch der Übungskünstlichkeit geschuldeten – Grüppchenbildung am Notausgang zum Zweck der Beobachtung des weiteren Geschehens. Auch die „Passivität“ der Wageninsassen in der Vor-Alarmphase der übrigen Versuchsreihen wurde dementsprechend als negativer Effekt von Gruppenverhalten gedeutet: Wenn niemand aktiv wird, dann liege das vor allem an der wechselseitigen Beobachtung von Nicht-Handeln („no one else does anything“). Es geht allerdings aus der Untersuchung nicht hervor, ob die Passivität hier tatsächlich das Resultat eines Gruppierungseffektes war bzw. eines (normativen) sozialen Drucks, der sich in einer Handlungsschüchternheit äußerte. Hier gilt es ein Kriterium in die Analyse miteinzubeziehen, das es ermöglicht zwischen einer Passivität zu unterscheiden, die aus solchen Empfindungen oder aus einer generellen Unwissenheit resultiert. Dies ist insbesondere entscheidend, weil Passivität über den Ereigniszeitraum hinweg besonders bei Tunnelbränden hochgradig riskant ist. Viele Todesopfer finden sich in ihren PKW, was aus dem Zusammenspiel von Passivität und situativer Gefahrendynamik resultiert. Beim Mont Blanc Tunnelunglück wurden 27 der insgesamt 39 Opfer in ihrem Wagen geborgen (Lacroix 2001). Aufgrund der damit verbundenen fatalen Konsequenz stellt das Nicht-Verlassen des Wagens eine Verhaltensweise dar, die es auch unabhängig vom Vorliegen eines Gruppeneffektes zu untersuchen gilt. Eine alternative Erklärung könnte sein, dass viele Personen ungern ihren Wagen, sowie die darin befindlichen Habseligkeiten aufgeben (Kirytopoulos et al. 2017). Auch andere problematische Verhaltensweisen, etwa die Rückkehr zum Fahrzeug oder das sequenzielle Einleiten von Wendemanövern, können als Gruppierungseffekte gedeutet werden. Hier wird zu erfragen sein, ob eine beobachtete Sequenz das Resultat einer Nachahmung war oder ob anderweitige Entscheidungskriterien vorlagen, die zu einer Häufung als problematisch zu bewertenden Verhaltens geführt haben. Weiterhin spielt sozialer Einfluss eine maßgebliche Rolle bei Prozessen der Fluchtwegentscheidung, wobei sich die mit der initialen Handlungssequenz verbundenen Risiken der Wegwahl dann in der von Nachahmern fortsetzen. So konnte im Rahmen eines breit angelegten Experiments in einer virtuellen Realität (VR) gezeigt werden, dass auch problematische – verbrauchte – Fluchtwege wahrscheinlicher genutzt werden, wenn diese zuvor von anderen gewählt wurden (Fu/Liu/Zhang 2021). Dieser Effekt kehrt sich allerdings um, wenn sich das Personenaufkommen erhöht. Ist die beobachtete Personendichte zu hoch, so entscheiden sich Personen oder Gruppen oftmals für einen abweichenden Fluchtweg, was als Crowding-Effekt bezeichnet wird, (Fu/Liu/Zhang 2021, Haghani/Sarvi 2017). Ein solcher Effekt ist bei der vorbereiteten Versuchsreihe der eher kleinen Gruppengröße wegen nicht zu erwarten. Die hier aufgezeigten Aspekte von Gruppeneffekten und den damit assoziierten Verhaltensweisen werden im Abschnitt der Konzeptspezifikation von Gruppeneffekten und Verhalten aufgegriffen und in das Erhebungsinstrument integriert.

4 Technische Versuchsvor- bereitung

4.1 Maßgebliches Szenario

Für die Probandenversuche wurde das Szenario „LKW-Brand im Tunnel“ gewählt, welches als Worst-Case-Szenario in der Vergangenheit bereits aufgetreten ist. Unter Berücksichtigung der am ZaB vorliegenden Randbedingungen (siehe Kapitel 4.2 Versuchsumgebung) sowie budgetärer und organisatorischer Überlegungen wurde das nachfolgend näher beschriebene „Drehbuch“ festgelegt, um die gegebenen Möglichkeiten optimal auszunutzen.

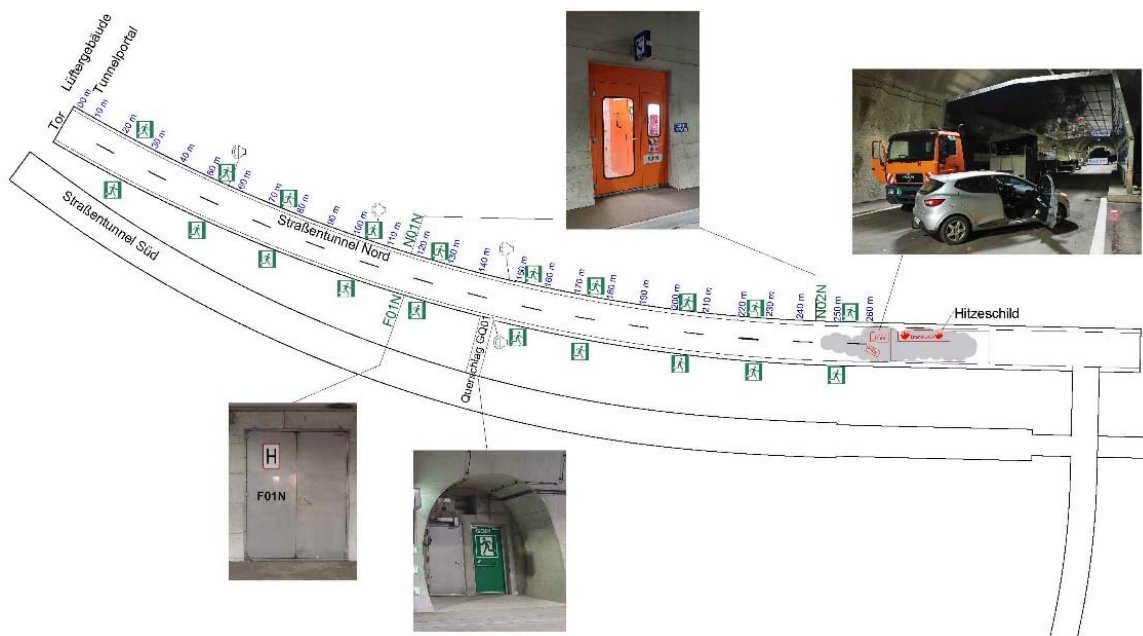


Bild 1: Versuchssetting und relevante Sicherheitseinrichtungen

Bild 1 skizziert das Versuchssetting im Straßentunnel Nord mit der Unfallstelle. In einer Entfernung von ca. 270 m vom Portal befindet sich eine Unfallstelle mit einem auf der Gegensepur stehenden Lkw und einem auf der rechten Fahrspur quer stehenden PKW. In Fahrtrichtung hinter den beiden Fahrzeugen befindet sich eine LKW-Attrappe, auf der ein Brand mit Rauchentwicklung simuliert wird.

Zum Zeitpunkt des Eintreffens des ersten Probandenfahrzeugs am Unfallort ist bereits eine deutliche Flammen- und Rauchentwicklung am hinteren Lkw zu erkennen. Die Simulation des zur Brandentstehung führenden Ereignisses wird bewusst ausgeklammert, um eine Gefährdung von Probanden durch abrupte Bremsmanöver auszuschließen und bei jedem Einzeldurchlauf identische Ausgangsbedingungen zu schaffen, da die Brandentstehungsphase nur schwer reproduzierbar abzubilden ist.

Der vordere Lkw ist entgegen den Vorgaben der Straßenverkehrsordnung § 53a weder mit Warndreieck noch mit Blitzleuchte gesichert; lediglich die fahrzeugeigene Warnblinklichtanlage ist eingeschaltet. Eine entsprechende Festlegung erfolgte auf Grundlage der Erkenntnisse, dass eine korrekte Absicherung der Unfallstelle bei Auftreten eines Fahrzeugbrandes aufgrund des extrem hohen Stressniveaus zumeist unterlassen wird.

Da sich auf der Fahrbahn ein weiteres, mit eingeschaltetem Warnblinklicht offensichtlich am Unfallgeschehen beteiligtes Fahrzeug befindet, ist ein Umfahren der Hindernisse unmöglich und die Probandenfahrzeuge müssen anhalten. Die Halteposition der einzelnen Probandenfahrzeuge ist nicht festgelegt und liegt im Ermessen der jeweiligen Fahrer.

Die Fahrer und Beifahrertüren der beiden Unfallfahrzeuge sind geöffnet, damit erkennbar ist, dass sich weder verletzte noch anderweitig hilfebedürftige Personen am Unfallort befinden. Die Entscheidung, ob der Fahrer des verunfallten LKW anwesend ist sowie sein Verhalten, z.B. ob er einen Löschversuch unternimmt, hat einen erheblichen Einfluss auf das Verhalten der Teilnehmer. Um Faktoren, die die Probanden beeinflussen, zu minimieren, wurde die Entscheidung getroffen, auf die Anwesenheit eines Lkw-Fahrers zu verzichten.

Die Probanden verbleiben zunächst für eine zu bestimmende Dauer im Fahrzeug, bevor sie sich (wahrscheinlich) zur Flucht entscheiden. Die Fahrzeuge der Probanden stehen in Sichtweite eines zuvor passierten Querschlags (GQ01 beim TM0145 im Abstand von ca. 125 m der Unfallstelle) und einer Notrufrutsche (NQ02 bei TM0242, siehe Bild 1). Die Probanden können also bei planmäßiger Rauchfreiheit mit einem Blick in beide Richtungen sowohl den brennenden Lkw als auch den sicheren Notausgang optisch wahrnehmen.

Gemäß gültigen Regelwerken, d.h. EABT 80/100 (FGSV 2019) muss ein Brand innerhalb von 60 Sekunden von der Brandmeldeanlage erkannt werden. Anschließend erfolgt unmittelbar das Auslösen eines entsprechenden in der Leittechnik implementierten, heutzutage i.d.R. automatisiert ablaufenden Betriebsprogramms.

Ziel der gewählten Versuchsanordnung war es, plausible Annahmen zu treffen, um realistische Bedingungen zu schaffen. Um eine einschneidende Veränderung der Wahrnehmung der Versuchspersonen während der Versuchsdurchführung zu erreichen, wird 60 Sekunden nachdem das erste Fahrzeug vor der Unfallstelle zum Stehen gekommen ist, das Betriebsprogramm "Fahrzeugbrand" gestartet. Dadurch werden die Strahlventilatoren auf 100 % Leistung hochgefahren, so dass das Vorliegen einer kritisch veränderten Situation durch den erhöhten Schallpegel auch für Fahrzeuginsassen ohne Sichtbeziehung zum Lkw akustisch wahrnehmbar wird.

Zeitgleich zum Hochfahren der Lüftung starten Lautsprecherdurchsagen, die zum Verlassen des Fahrzeugs auffordern. I.d.R. handelt es sich nicht um Live-Durchsagen aus der Tunnelleitzentrale, sondern um vorab aufgezeichnete Audio-Sequenzen, die (ggf. in mehreren Sprachen) zum Verlassen des Fahrzeugs auffordern. Bei den Probandenversuchen im ZaB wurde die Sprachkonserve des Rennsteigtunnel eingesetzt. Diese ist hinsichtlich ihrer Verständlichkeit gegenüber normaler Sprache optimiert und zeichnet sich durch eine sehr klare und langsame Sprechweise aus. Der Text der ausschließlich deutschsprachigen Ansage lautet: „Achtung – Achtung - Feuer im Tunnel - Bitte fahren Sie sofort an den Fahrbahnrand - Bilden Sie eine Rettungsgasse – Lassen Sie den Zündschlüssel stecken und verlassen Sie jetzt sofort Ihr Fahrzeug - Folgen Sie den grünen Hinweiszeichen – Gehen Sie weg vom Rauch – Verlassen Sie den Tunnel durch die markierten Fluchttüren – Bitte helfen Sie

anderen Personen". Diese Durchsage wurde wiederkehrend, mit lediglich kurzen Pausenzeiten von ca. 10 Sekunden wiederholt.

Bei der Versuchsplanung wurde davon ausgegangen, dass spätestens nach dem Hochfahren der Lüftung und dem Abspielen der Lautsprecherdurchsagen die ersten Personen aus ihren Fahrzeugen aussteigen und die Selbstrettung in Richtung eines sicheren Bereichs (d. h. Notausgang im Querschlag zur Parallelröhre, GQ 1) antreten. Andere Untersuchungen haben ein zeitliches Limit für eine zielführende Reaktion der Versuchsteilnehmer (bspw. 3 Minuten) gesetzt. Beim vorliegenden Experimentaldesign dieser Studie wurde kein Zeitlimit gesetzt, sondern das Versuchsende entweder dann vorgesehen, wenn alle Probanden einen sicheren Bereich erreicht haben, oder wenn die beobachtende Expertengruppe keine weiteren Erkenntnisse aus dem Versuchsablauf erwarteten, weil die verbliebenen Teilnehmer in einer konstanten Situation, z. B. im Fahrzeug verharren.

Nach dem Erreichen des sicheren Bereiches im Querschlag wurden die Probanden bei Durchschreiten der hinteren Notausgangstür im ereignisfreien Paralleltunnel Süd von einem Übungsbeobachter in Empfang genommen und über das Ende des Versuches informiert. Diese räumliche Abgrenzung war erforderlich, da eine realistische Darstellung der Versuchsumgebung über die direkten Ausgänge hinaus nicht umsetzbar war.

Die Nutzung des eigenen PKW wird als unterstützende Maßnahme eingestuft, um die Wahrnehmung der Probanden von einer normalen Situation zu fördern. Ein erst unmittelbar vor Antritt der Versuchsfahrt bereitgestelltes, fremdes Fahrzeug kann potenziell zusätzlich Verunsicherung schaffen.

Innerhalb der Tunnel des ZaB besteht Mobilfunkempfang des gängigen Netzbetreibers „A1“. Während der Versuchsdurchführung wurde den Probanden im Zuge der Einführung eine Nutzung des Mobiltelefons nicht explizit verboten, auch wenn dies zu Fehlverhalten führen kann. Der Gebrauch von Mobiltelefonen ist alltäglich und kann als solcher in die Betrachtungen mit einfließen.

4.2 Versuchsumgebung

Die Probandenversuche wurden im von der Montanuniversität Leoben (MUL) betriebenen "Zentrum am Berg" in Eisenerz (Steiermark, Österreich) durchgeführt. Das „Zentrum am Berg“ ist speziell für Forschungs- und Ausbildungszwecke auf dem Gelände eines Bergwerkes errichtet worden und dient als Schulungsort z.B. für die Ausbildung von Bergleuten und zur Darstellung von untertägigen Brandszenarien für (Tunnel-)Portalfeuerwehren. Mit dem ZaB wurde eine flexible Versuchsumgebung genutzt, die einem realen Straßentunnel 1:1 (Bild 3, Bild 4) entspricht, jedoch frei von betriebsbedingten Restriktionen ist, die in Straßentunneln unter laufendem Verkehr die Durchführung von Versuchen einschränken.

Trotz der hohen Flexibilität weist die Versuchsumgebung im ZaB Restriktionen auf, die bei der Versuchsplanung zu berücksichtigen waren. So hat die für das Unfallszenario zur Verfügung stehende Tunnelstrecke im Vollausbauzustand „Straßentunnel“ gemäß Bild 1 eine Länge von 345 m. Um eine Gewöhnung an die Situation zu erreichen, sollte nach Fahrtbeginn bis zum Erreichen der Unfallstelle eine möglichst lange Strecke befahren werden. Hierzu wurden weitere Tunnelabschnitte, die dem Straßentunnel mit dem Unfallszenario vorgelagert sind, in die Route integriert. In Bild 2 ist eine Übersicht der Versuchsanlage mit dem Streckenverlauf dargestellt.

Die Probanden fahren vom Betriebsgebäude in einem aufgelösten Konvoi in ihren eigenen PKW durch eine Tunnelkette, bestehend aus zwei Tunneln. Der erste Tunnel setzt sich aus der Tunnelröhre West und dem Straßentunnel Süd zusammen und weist eine Länge von insgesamt ca. 715 m auf. Anschließend fahren die Probanden in den zweiten Tunnel, der mittels Beschilderung und Fahrbahnmarkierung als Gegenverkehrstunnel kenntlich gemacht ist.

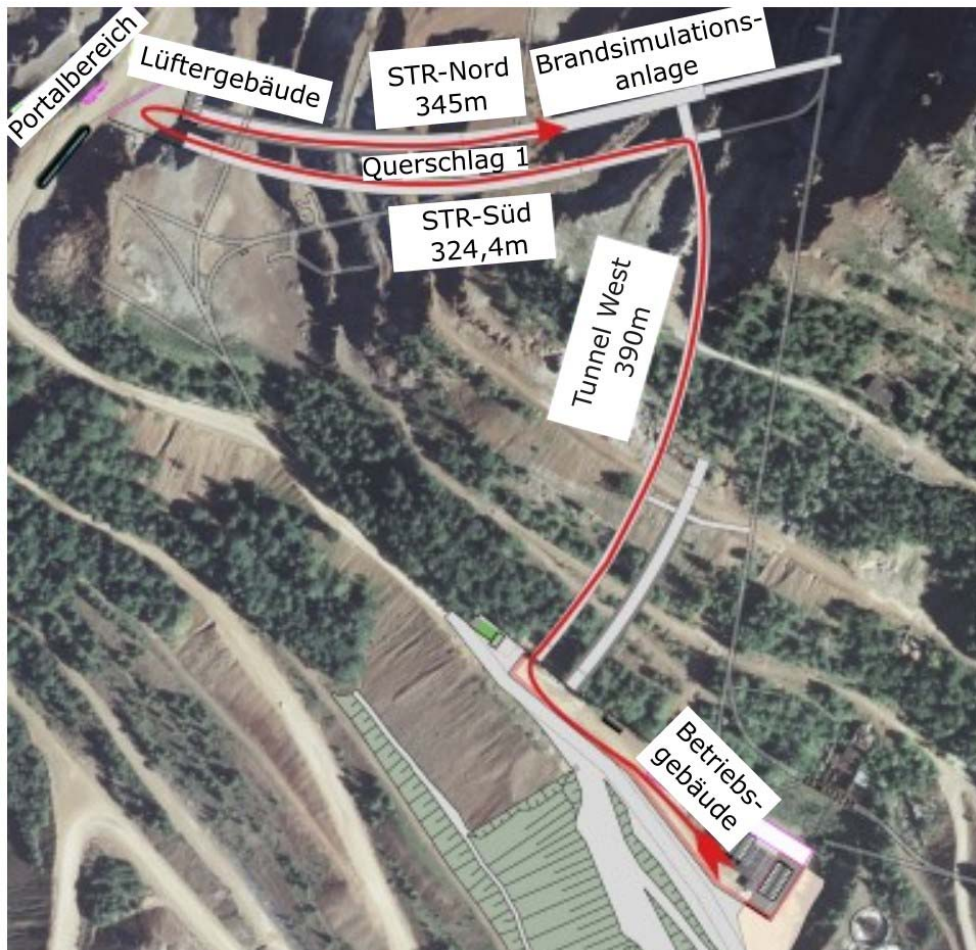


Bild 2: Streckenverlauf (ZaB, Montanuniversität Leoben, A-8700 Leoben)

Vom Startpunkt am Betriebsgebäude im Außengelände und führte die Route somit nach Einbiegen in die Tunnelröhre West durch eine asphaltierte Passage, die mit einer Spritzbetonschale ausgekleidet ist (Fahrbahnbreite 7,00 m, Querschnittshöhe 7,40 m). Daran anschließend wurde der rechtwinklig abzweigende Straßentunnel Süd mit einer Länge von 324 Metern durchfahren, was ein atypisches rechtwinkliges Abbiegemanöver innerhalb des Tunnels bedingte. Der Straßentunnel Süd verfügt über identische Dimensionen wie der Straßentunnel Nord, ist jedoch nicht mit einer Innenschale ausgestattet. Die Einfahrt in den parallel geführten Straßentunnel Nord mit dem Unfallszenario erfolgte nach Durchfahren einer 180° Kehrtwende im Außenbereich.

Bild 3 bis Bild 7 zeigen verschiedene Ansichten der Strecke aus der Perspektive der Probanden bei der Fahrt durch den Tunnel sowie zentrale Ausstattungsmerkmale in der Nordröhre.



Bild 3: ZaB, Nordröhre mit Straßentunnel-Querschnitt, Perspektive der Probanden bei TM0040 bei Einfahrt



Bild 4: ZaB, Nordröhre mit Straßentunnel-Querschnitt, Perspektive der Probanden bei TM0110



Bild 5: ZaB, Nordröhre mit Straßentunnel-Querschnitt, Perspektive der Probanden bei TM0145 bei Annäherung an den Unfallbereich



Bild 6: Nordröhre Straßentunnel: Notausgang zum Querschlag GQ01 im Bereich der Probandenversuche

Der Straßentunnelabschnitt verfügt im Bereich des Unfallszenarios beim TM0240 über eine Notrufnische (N02N, Bild 7) und auf der gegenüberliegenden Seite eine Feuerlöschnische, die mit einer Löscheinrichtung (Hydrant und vorgehaltenen Feuerwehrschräuchen) ausgestattet ist. Diese befindet sich ca. 20 m entfernt vom Brandgeschehen, eine weitere Notrufnische (N01N) befindet sich bei TM0120 im Abstand von ca. 120 m vom Brandgeschehen und somit in Fluchrichtung hinter dem für die Selbstrettung relevanten Querschlag GQ01.

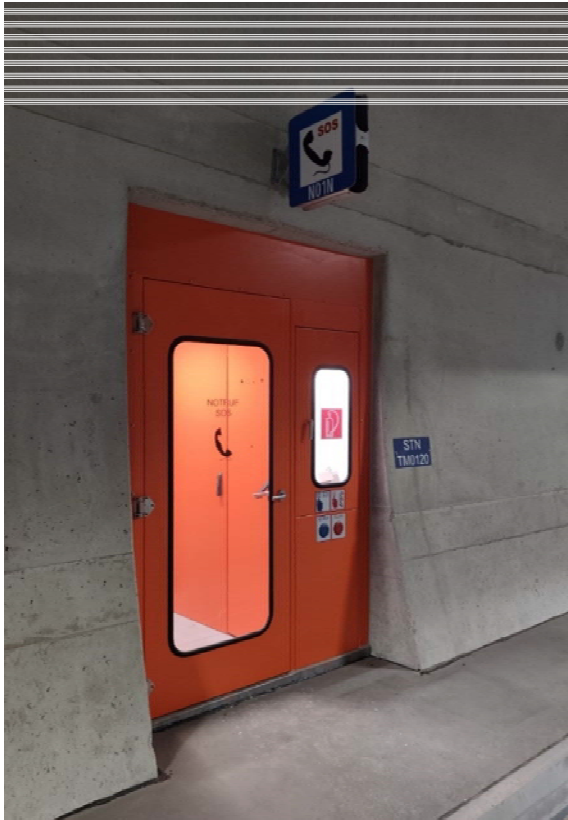


Bild 7: Notrufnische N01N bei TM0120

4.3 Experimentaldesign

Das ZaB wird in der Regel als Übungsgelände für die Feuerwehren genutzt und ist daher mit einer Anlage ausgestattet, die steuerbar Flammen und Verrauchung erzeugt. Die Flammen werden durch Gasbrenner erzeugt. Zum Schutz der Betonschale des Tunnels vor der Temperatureinwirkung der Flammen, ist dieser im betroffenen Abschnitt über eine Länge von ca. 25 m mit einer zusätzlichen Innenschale aus hinterlüfteten Edelstahlelementen ausgekleidet.

Der Rauch wird durch die Freisetzung eines ungiftigen Nebelfluids erzeugt, das in einem Erhitzer regelbar verdampft wird. Durch die von den Gasbrennern erzeugte Konvektion steigt der Nebel in gewissem Umfang auf und erzielt auf ungefährliche Weise eine realistische Rauchentwicklung.

4.3.1 Bauliche und technische Versuchsvorbereitung

Zur Umsetzung des oben beschriebenen Szenarios wurde die Flammen- und Rauchanlage in einem LKW-Mock-up installiert, um einem LKW-Brand zu simulieren (Bild 8). Die Bedienung der Nebelmaschine und des Gasbrenners erfolgte dezentral aus kurzer Distanz zu den Geräten, wobei sich der zuständige Mitarbeiter für die Probanden nicht sichtbar hinter dem Fahrzeug aufhielt.



Bild 8: LKW-Mock-up mit Flammen- und Rauchentwicklung



Bild 9: LKW-Mock-up, Durchfahrthindernisse PKW und LKW, Blickrichtung entgegen Fahrtrichtung

Als Durchfahrtshindernis wurde am Unfallort vor dem brennenden LKW-Mock-up ein LKW und ein PKW aufgestellt (Bild 9).

Im Tunnel wurden bei allen Versuchsdurchläufen definierte, i.e. möglichst reproduzierbare, Lüftungsverhältnisse angestrebt. Die Rauchentwicklung am LKW dient der Visualisierung der Gefahrensituation. Eine Sichteinschränkung im Bereich der Probanden war nicht gewünscht und sollte aus Sicherheitsaspekten möglichst vermieden werden. Die Lüfter wurden in allen Versuchsdurchläufen so eingestellt, dass das gesundheitlich unbedenkliche, verdampfte Nebelfluid soweit möglich in den Bereich hinter dem Unfallfahrzeug befördert wurde. Die resultierende Luftströmung im Tunnel verhält sich jedoch träge und ist neben der gewählten Leistung der Lüftung auch von wechselnden äußeren Randbedingungen (Winddruck auf die Portale) abhängig. Vorübergehend traten daher unterschiedlich ausgeprägte Verrauchungen im Bereich der Probanden auf.

Um die Geräuschentwicklung im Normalbetriebszustand (vor erfolgter Branddetektion) zu begrenzen, kamen für die Betriebslüftung keine Lüfter im Haltebereich der Probandenfahrzeuge zum Einsatz, sondern geeignete Aggregate in angrenzenden Tunnelabschnitten. Nach erfolgter Branddetektion, d. h. per Definition 60 s nach Halt des ersten Fahrzeugs, wurden auch die Lüfter im Bereich der Fluchtwege aktiviert.

Während der Versuchsdurchführung erfolgte eine kontinuierliche Videoaufzeichnung des Geschehens, um das Verhalten der Teilnehmer – wie Interaktionen oder Fluchtverhalten – detailliert und zeitlich nachvollziehbar zu dokumentieren. Die im Versuchsbereich bauseits installierten Videokameras sind direkt zur Leitzentrale des ZaB aufgeschaltet, wo eine Beobachtung in Echtzeit möglich ist und die Aufzeichnung erfolgt. Im Zuge der Versuchsvorbereitung wurden diese fest montierten Kameras optimal auf die relevanten Bereiche ausgerichtet. Ergänzend wurden Bereiche, die von den bauseits installierten Kameras nicht adäquat erfasst werden, durch vier temporär aufgestellte mobile Kameras aufgezeichnet. Die Aufnahmen dieser Kameras konnten erst im Nachgang ausgewertet werden, wobei ein synchronisierter Zeitstempel die zeitliche Einordnung der Ereignisse ermöglicht.

Die Ausstattung des Straßentunnels Nord (bzgl. Markierung, Lüftungssteuerung) entspricht einem Richtungsverkehrstunnel. Bei der Versuchsdurchführung wurden alle Tunnelabschnitte jedoch einstreifig im Gegenverkehrsbetrieb befahren. Im Bereich des Straßentunnels ist eine entsprechende Fahrbahnmarkierung aufgebracht und Beschilderung aufgestellt. Für eine Anpassung des Versuchssettings auf einen Richtungsverkehrstunnel hätten beide Unfallfahrzeuge sowie das fest verbaute LKW-Mock-up gedreht werden müssen. Es wird jedoch unterstellt, dass die Abweichungen der angetroffenen Ausstattung von richtlinienkonformer Ausstattung eines Gegenverkehrstunnels von den Teilnehmern nicht wahrgenommen werden und folglich für die Ermittlung der Gruppeneffekte nicht relevant sind.

Die Versuchsanlage war entlang der festgelegten Strecke mit originaler Straßenbeschilderung wie folgt ausgestattet: Geschwindigkeitsbegrenzung auf 50 km/h, Hinweis auf Gegenverkehrstunnel, Überholverbot. Im Außenbereich, an der Wende vom Abschnitt Straßentunnel Süd in den Straßentunnel Nord erfolgte die Wegeführung mittels Absperrband.

Im Bereich zwischen den Probandenfahrzeugen und dem Unfallfahrzeug befindet sich bei TM0200 ein Querschlag, der für die Versuchsdurchführung nicht geeignet ist. Damit dieser Querschlag für die Probanden nicht erkennbar war, wurde er mit einer grauen Plane vollständig abgedeckt.

4.3.2 Darstellungsqualität, Realismus und Limitationen des Experimentalsettings

Die Darstellungsqualität des Experimentes kann nach allen Versuchen als sehr gut angesehen werden. Für die einzelnen Probanden war es eine Herausforderung und wurde auch so wahrgenommen. In den Interviews und in den Nachbesprechungen spiegelt sich das eindeutig wider. Feuerdarstellung, Verrauchung und die Fahrzeugsperre wurden von den Probanden wie erwartet erkannt, auch wenn die Verhaltensweisen dennoch teilweise unerwartet waren. Die Fahrzeuge waren soweit einsehbar, dass es nicht zu einem Versuch direkter Personenrettung kam. Vereinzelt mussten Probanden allerdings von einer zu starken Annäherung an den Brand durch Ansagen eines Experimentalleiters („Hier wird es zu heiß, hier können Sie nicht weiter“) gehindert werden.

Die Anfahrt durch die verschiedenen Tunnelabschnitte der Anlage führte nicht zu Irritationen, sondern, Interviews und Gesprächsaufzeichnungen im Wagen spiegeln das wieder, zu einem durchgehenden Gefühl durch einen längeren Tunnel zu fahren. Im Vorfeld waren keine Informationen zum Szenario bekannt. Bei den Anleitungen vor Ort wurde den Probanden erklärt, dass sie unterschiedliche Tunnelabschnitte (Baustellenbereiche, ältere Tunnelausbauten, neue Tunnelausbauten) durchfahren würden. Beides führte dazu, dass nur ganz wenige Probanden eine Ahnung von den letztendlichen Herausforderungen hatten.

Die Verrauchung war trotz weißem Kaltrauch optisch dicht, bildete eine deckennahe Rauchwalze und wirkte für die Probanden bedrohlich, obwohl sie über die Ungefährlichkeit aufgeklärt waren. Eine Schwarzfärbung des Rauches sowie eine Nachstellung von eindringlichem Brandgeruch wäre eine mögliche Verbesserung. Eine weitere Einschränkung bestand in der nicht in allen Versuchen identisch zu erzielten Rauchverteilung. Aufgrund äußerer Umstände gelangte die Verrauchung in einigen Versuchen vorübergehend auch in Richtung der Probanden, bevor durch Nachregeln der Lüfterleistung die geplante Rauchverteilung erzielt werden konnte.

In der Analyse wurde deutlich, dass es auch zwei Faktoren gab, die eine deutliche Erleichterung für Probanden darstellten, ohne dass man dabei direkt von Abstrichen beim Realismus sprechen kann. Die neue Tunnelausstattung, die helle Beleuchtung, die saubere Fahrbahn und weißen Wände boten in der Summe weitere Sichtweiten, klarere Kontraste und deutlichere visuelle Marker, als es ein durchschnittlicher in Betrieb befindlicher Tunnel aufweist.



Bild 10: Sichtweite, Kontrast, visuelle Marker im Ereignistunnel (links) und zum Vergleich in einem seit längerem in Betrieb befindlichen Tunnel (rechts)

Die Länge des Ereignistunnels, die dargestellte Unfalllage, die Wegelängen und der Handlungsraum sind noch relativ klar. Hinzu kommt die Nutzung von „nur“ einer Fahrspur mit einer Fahrzeugkolonne, die begrenzte Länge der Fahrzeugkolonne und die Gesamtzahl an Personen.

Beide Faktoren haben zu einer relativ übersichtlichen Lage für die Probanden beigetragen und könnten bei anderen Tunnelkonstellationen oder Unfalllagen herausfordernder sein. Entsprechend sind in den Analysen mögliche Probleme sehr detailliert ausgearbeitet, da sie als Weichenstellungen gesehen werden sollten, die sich auch anders auswirken könnten.

Der Versuchstunnel am ZaB ist nach österreichischen Richtlinien ausgestattet. Im Vergleich zu Tunneln in Deutschland bestehen daher geringe Unterschiede in der betriebstechnischen Ausstattung. So befinden sich in Deutschland die Notrufnischen direkt gegenüber den Notausgängen. Die Sprechstellen sind in Deutschland nicht mit Telefonhörern ausgestattet, sondern die Kommunikation erfolgt direkt über Lautsprecher und Mikrofon nach Betätigung einer Sprechtaaste.

Darüber hinaus werden in Deutschland Lautsprecherdurchsagen zusätzlich über das Live-Radioprogramm ausgestrahlt. Im Versuchstunnel waren nur im ausgebauten Bereich bis TM0150 Grenzflächenhörner angeordnet, so dass die Akustik im Bereich vor der Unfallstelle nicht den Vorschriften entsprach.

5 Soziologische Versuchsvorbereitung

Bei der Vorbereitung der Probandenversuche sind aus der sozialwissenschaftlichen Perspektive, drei wesentliche Teilziele zu berücksichtigen

- Repräsentativität durch eine geeignete Probandenauswahl
- Reliabilität durch ein zweckmäßiges Experimentaldesign
- Validität durch transparente methodische Verfahren

5.1 Probandenauswahl

Ziel ist es, die Probanden aus der „Fahrbevölkerung“, also aus jenen Personen, die tatsächlich in die zu untersuchende Situation kommen könnten, zu gewinnen. Die Grundgesamtheit unterscheidet sich somit durch Vorauswahl von der „Wohnbevölkerung“, welche durch Akquisition von Gruppen, beispielsweise über Familien, Vereinen und Fahrgemeinschaften angesprochen wird. Bezüglich der einzelnen Individuen ist auf die Ausgewogenheit von männlichen und weiblichen Personen zu achten, auch hier aber orientiert an der Verteilung der Fahrerlaubnis und nicht an der Altersstruktur der Bevölkerung.

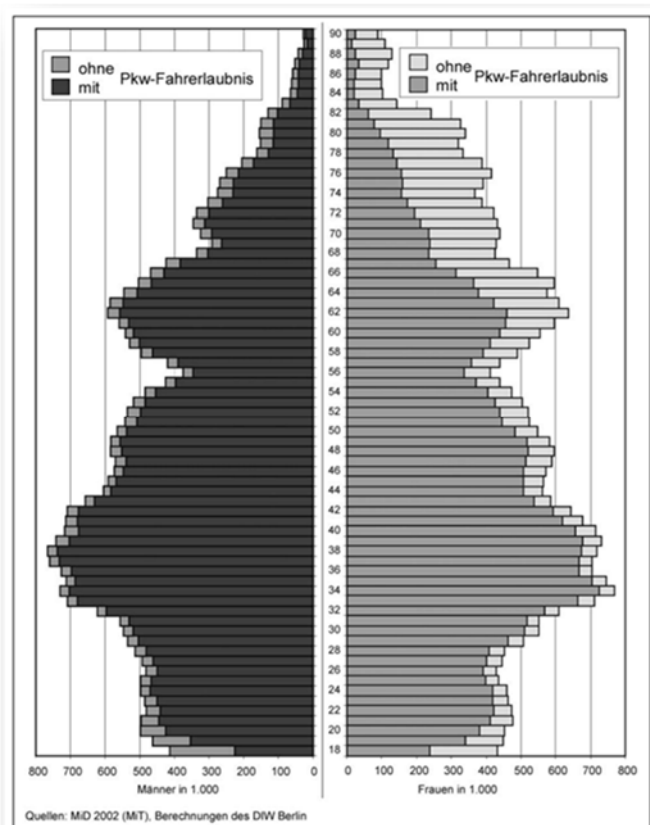


Bild 11: Fahrerlaubnisse Alterstruktur und Verteilung nach Geschlecht (DLR 2010)

Die Verteilung der Fahrerlaubnisse unterscheidet sich auch wieder etwas von der Verteilung der Wohnbevölkerung.

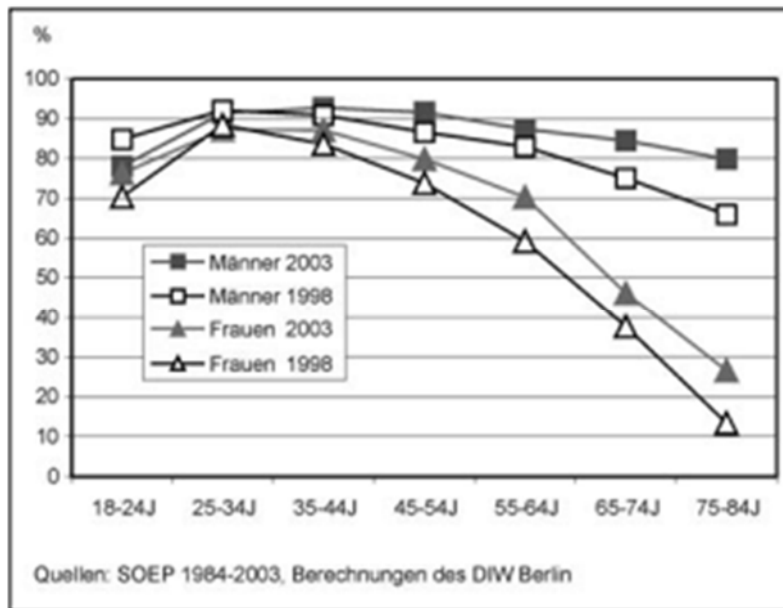


Bild 12: PKW-Fahrerlaubnisse 1998 und 2003 nach Geschlecht und Altersklassen [Kalinowska, Kloas, Kuhlfeld (2007)]

Mobilitätsstudien erfassen noch deutlich mehr Differenzierungen nach soziodemographischen Faktoren. Erwähnt sei an dieser Stelle, dass die Fahrleistung von ca. 9.500 km p.a. der Gruppe der über 70-jährigen nicht entscheidend geringer ist als bei der „fahraktivsten“ Gruppe der 40 bis 49-jährigen – hier sind es ca. 12.000 km p.a. (Kords 2022). Vor dem Hintergrund dieser Altersverteilung sollte möglichst, nahezu das gesamte Altersspektrum berücksichtigt werden. Bei der Größe des Samplings ist eine differenzierte Berücksichtigung und Steuerung der Probanden aber nicht sinnvoll umzusetzen. Ebenso konnten Veränderungen durch Änderungen am Mobilitätsmix in den letzten Jahren oder gar durch Corona nicht mit Details abgebildet werden. Hier sind für zukünftige Studien jedoch Anpassungen zu erwarten.¹

Das Alter ist aus Sicherheitsgründen auf maximal 70 Jahre zu begrenzen. So soll insbesondere das Risiko von schweren Verletzungen infolge Stürzen bei der Räumung aus versuchsethischen Gründen reduziert werden. Zudem ist die Akquisition von besonders alten Probanden, die dennoch aktiv am motorisierten Individualverkehr teilnehmen, vergleichsweise schwierig.

Bezüglich Probandenauswahl werden folgende Festlegungen getroffen: Alle Probanden müssen über ausreichende Deutschkenntnisse verfügen, sodass ein qualitativ vergleichbares Briefing und Debriefing (Vermitteln von Vorabinformationen bzw. rekapitulierende Interviews etc.) bei allen Personen möglich ist. Dies ist auch aus versuchsethischen Gründen notwendig, da im konkreten Fall das Verstehen einer Sicherheitsunterweisung zwingend

¹ Repräsentative Studien geben erste Hinweise: Deutsches Mobilitätspanel (MOP) – Wissenschaftliche Begleitung und Auswertungen Bericht 2022/2023: Alltagsmobilität und Fahrleistung. Die Auswertung 2024 zur Befragung Mobilität in Deutschland lag zum Berichtszeitraum noch nicht vor

erforderlich ist. Zudem würde sich der Aufwand der sprachbezogenen Analysemethoden zum Verhalten deutlich erhöhen und so eher zu neuen Unschärfen als zu neuen Erkenntnissen führen. Über die Sprachkenntnisse hinaus bestehen weitere Beschränkungen. So ist eine Teilnahme von Menschen mit Behinderungen, die auf eine Mobilitätshilfe wie einen Rollstuhl angewiesen sind, nicht möglich. Vulnerable Personen (Rollstuhlfahrer) sollen nicht teilnehmen, um eine möglicherweise daraus resultierende Fokusverschiebung des Projektes zu vermeiden. Hintergrund ist, dass Rollstuhlfahrer aufgrund erhöhter Sensibilisierung sowohl einen beschleunigenden Impuls auf andere Fahrer ausüben als auch die Fluchtzeiten durch die Handhabung von Ausstieg und Rollstuhl signifikant verlängern können. Des Weiteren sind Personen mit psychischen Vorerkrankungen (v. a. in Bezug auf Phobien im Kontext mit geschlossenen Räumen [Klaustrophobie] und/oder Feuer [Pyrophobie]) auszuschließen.

Bezüglich der Zusammensetzung der Gruppen ist zu unterscheiden zwischen Gruppen, die sich in der Ereignissituation spontan ausbilden und jenen, die als (Teil-)Konstellation zu Versuchsbeginn feststehen. Solche Konstellationen sind beispielsweise das Reisen als Familie (z. B. mit insgesamt vier Personen) oder als Fahrgemeinschaft im Berufs- oder Dienstverkehr (z. B. Handwerker im Zwei-Personen-Team) oder Freundesgruppen bei Freizeitaktivitäten.

	Anzahl Autos (gewichtet)	Anzahl Autos (ungewichtet)	Mittlerer Besetzungsgrad des PKW am Stichtag (genutzte PKW)				Mittel
			1 Person	2 Personen	3 Personen	4 Personen und mehr	
Gesamt	15.546	6.090	63	29	6	3	1,5
Basis: Zusatzmodul für PKW für Teilstichprobe, nur CATI und CAWI, wenn für alle Personen im Haushalt Angaben zum Stichtag vorliegen, PKW, die am Stichtag genutzt wurden, ohne regelmäßige berufliche Wege							

Tabelle 1: Mittlerer Besetzungsgrad pro Fahrzeug (DLR 2018)

Grundsätzlich ist zu berücksichtigen, dass bei PKW der durchschnittliche Besetzungsgrad gemäß der Studie zur Mobilität in Deutschland (DLR 2018) weitgehend konstant nach wie vor bei 1,5 liegt. Im Berufs- und Dienstverkehr ist der mittlere Besetzungsgrad mit 1,1 und 1,2 Personen besonders gering, auf anderen Strecken und zu anderen Zeiten ist mit einer deutlich höheren Besetzung zu rechnen. Auch die Bandbreite der zu erwartenden Konstellationen variiert. Als Komponente des theoretischen Samplings kann somit vorgeschlagen werden, idealtypisch „Berufsverkehr“ und „Hauptreisezeit“ durch eine angepasste Probandenauswahl zu unterscheiden und damit zugleich ein kontrastierendes Spektrum an Versuchen durchzuführen. Teilnehmer müssen mindestens 1 Jahr im Besitz der Fahrerlaubnis sein. Es werden keine Fahrer unter 18 - im Rahmen des begleiteten Fahrens – zugelassen, Begleiter (nicht Fahrer) müssen mindestens 16 Jahre alt sein.

Entsprechend dieser Statistiken und theoretischen Überlegungen zum Sampling ergibt sich eine geplante ideale Probandenmatrix. Die Probandenmatrix bildet einmal den Faktor Besetzungsgrad im Berufsverkehr und zur Hauptreisezeit ab. Hinzu kommt als grundlegender Faktor das Geschlecht der Probanden. Ebenso sollte die Probandenakquise darauf zielen,

sowohl für das Setting ("Pendler)Berufsverkehr" sowie "Hauptreisezeit" Paare oder größere Gruppen in den Fahrzeugen als Teilnehmer zu gewinnen, wie sie für die beiden Settings möglicherweise zu erwarten sind. Wie bei allen komplexen Untersuchungsdesigns ist mit Abweichungen durch unaufhebbare Schwierigkeiten bei der Probandenakquisition und bei der konkreten Versuchsplanung und -durchführung zu rechnen.

	Versuch	Personen x PKW	Probanden	Verhältnis m/w
Einzelpersonen	1	8x1	8	4:4
(Pendler-)Berufsverkehr	2	8x1	8	5:3
	3	6x1 - 2x2	10	6:4
Hauptreisezeit	4	4x1 2x2 2x3	14	7:7
	5	4x1 2x2 2x3	14	7:7
	6	4x1 2x2 2x3	14 oder mehr	7:7
	Gesamt:		68	

Bild 13: Probandenmatrix

5.2 Grundlagen der Empirischen Dokumentation

Die empirische Dokumentation sieht vier Erhebungswege vor, die in der Erhebung von drei Datentypen resultieren. Erhebungswege sind (1) die synchrone Beobachtung des Versuches durch eine Expertenrunde, die anschließenden (2) qualitativen Interviews mit den Probanden, die (3) standardisierte Nachbefragung derselben mittels eines Fragebogens und (4) die nachträgliche Auswertung der Videoaufnahmen der Versuchsreihen im Tunnel. Erzeugt werden somit qualitative und standardisierte Befragungsdaten, sowie Videomaterial, dessen Auswertung sowohl qualitative Aspekte (Deutung des Geschehens) wie quantitative Aspekte (Frequenzen, Sequenzen) umfasst. Das Kapitel stellt die grundlegenden Konzepte vor, welche die empirische Dokumentation anleiten. Die praktische Umsetzung der Erhebungswege wird im Kapitel 7 zur Empirischen Dokumentation ausführlich beschrieben.

Zum Zweck der Anleitung der synchronen Beobachtung und der qualitativen Nachbefragung sind halb-strukturierte, ausbaufähige Kategoriensysteme sowohl von besonders relevanten Verhaltensweisen als auch ein grundlegendes Konzept von Gruppeneffekten erforderlich. Des Weiteren werden im Zuge der Konzeptspezifikation Dimensionen von Gruppeneffekten, Verhaltensweisen und weiterer verhaltensbeeinflussender Merkmale definiert und soweit wie möglich zum Zweck der statistischen Auswertung operationalisiert. Das vorwiegende Modell sieht Verhalten als die diverse Fluchtparameter bestimmende Variable vor, die diesbezüglich Einflüssen von Gruppeneffekten oder anderen Umgebungseffekten unterliegt, wie auch durch biographische Faktoren bedingt ist. Breitere demographische Faktoren können in ihrem Effekt auch direkt etwa auf die Fluchtzeiten bemessen oder hinsichtlich ihres Anteils an Verhaltensweisen oder Verhaltenssequenzen bestimmt

werden. Grundlage hierfür bilden die im Rahmen der Status Quo Analyse beschriebenen Beobachtungen. Die Erhebungswege und die damit verbundene Datengenerierung werden im Anschluss daran beschrieben.

5.3 Gruppeneffekt

Ein Gruppeneffekt ist der Effekt, den das Verhalten einer Person oder eine Gruppe A auf das Verhalten einer Person oder einer Gruppe B ausübt. Diese Veränderung resultiert entweder über eine einseitige Orientierung der Person/Gruppe an der jeweils anderen Person/Gruppe oder aus der wechselseitigen Orientierung von Gruppenmitgliedern aneinander. Ersteres wird als Gruppierungseffekt verstanden und ist abzugrenzen von allen über Interaktionsformen hergestellten Verhaltensmanövern oder diesen zugrundeliegenden Entscheidungen. Letztere werden als Effekt von Gruppendynamiken verstanden. Gruppendynamiken sind hier Interaktionsformen, die die Entscheidung/das Verhalten von Personen beeinflussen, die zu einer Gruppe gezählt werden. Der Begriff Gruppe ist analytisch zu verstehen und kann von der Eigenwahrnehmung der Personen abweichen. Eine Gruppe besteht aus mindestens zwei Personen und wird veranschlagt, wenn es zu einer sinnhaften Interaktion kommt. Gruppen können Gruppierungseffekten unterliegen, wenn die Gruppe sich an anderen Personen oder anderen Gruppen einseitig orientiert. Die grundlegenden Dimensionen von Gruppeneffekten sind *Gruppierungseffekte* und *Gruppendynamiken*: Es ist anzunehmen, dass Gruppierungseffekte und Effekte von Gruppendynamiken zu anderem Verhalten, also zu spezifischem Gruppierungs- oder Gruppenverhalten führen. Die Versuche ermitteln, ob und inwieweit dies tatsächlich der Fall ist.

Gruppendynamiken: Eine Gruppe entsteht in diesem Fall im Zuge sozialer Interaktion. Eine basale Unterscheidung kann zwischen rolleninduzierten und spontanen Gruppen getroffen werden. Rolleninduzierte Gruppen bilden sich auf Basis von sozialen Rollen und den damit einhergehenden Fremd- und Selbsterwartungen der Personen. Hier unterscheiden wir zwischen lebensweltlich vordefinierten Gruppen und zwischen solchen die aufgrund eines Professionellen-Laienverhältnisses entstehen. Im Falle ersterer setzen sich im Unfallereignis vorherige Beziehungskonstellationen, etwa freundschaftlicher oder familiärer Natur, fort. Im Falle von professionell-begründeten Gruppenbildungen besteht ein anonymes Verhältnis zwischen den Beteiligten. Es wird angenommen, dass Personen, die über ein professionelles Rollenverständnis und effektives Vorwissen hinsichtlich der Lagebewältigung verfügen, verstärkt intervenieren, das Verhalten anderer etwa korrigieren. Als spontane Gruppen sind solche zu bezeichnen, die sich aus der Interaktion zwischen Unbekannten ergeben und sich nicht auf ein Professionellen-Laien-Verhältnis begründen.

Gruppierungseffekt: Ein Gruppierungseffekt und das assoziierte Verhalten kann über die Beobachtung im Abgleich mit den beiden Befragungswegen erschlossen werden. Zentral ist hierbei die standardisierte Befragung, die nach der Einschätzung des Einflusses anderer Probanden bzw. der Orientierung des Probanden an anderen fragt und dies in Zusammenhang mit anderen entscheidungsrelevanten Umweltfaktoren (wie etwa die Informationslage) setzt.

5.4 Kategorisierung und Operationalisierung

Gruppendynamiken werden über die Videosequenzen zu beobachten und zu konstatieren sein. Über die qualitativen Interviews sind die Inhalte zu erfragen, um den Effekt (die damit einhergehenden sinnhaften Entscheidungs- und Verhaltensprozesse) zu erfassen. Dies

wird auch in standardisierter Form erhoben, um auch Prozesse zu erfassen, die nicht beobachtet/abgefragt wurden. Rollen werden standardisiert erfasst. Beziehungsrollen werden über die Fahrgemeinschaft sowie über die Beziehung zu den jeweiligen Besatzungsmitgliedern erfragt. Als Professionelle sind in der Entfluchtungsforschung jene Rollenträger gemeint, die die berufliche Rolle der Dienstleister ausüben und zum Zeitpunkt der Gefahrenlage auch dienstlich tätig sind. Im Kontext von Ereignissen in Verkehrstunneln können das vor Ort befindliche amtliche oder private Sicherheits- und Verkehrsdienstleister sein. Es können weiterhin jene Berufsfahrer sein, die im Rahmen des Ereignisses ihre Profession ausüben und entweder Personen („Laien“) transportieren oder von anderen Verkehrsteilnehmern als professionelle Akteure wahrgenommen werden. Im Rahmen der standardisierten Erhebung werden im Kontext relevanten Vorwissens auch biographisch potenziell relevante Tätigkeiten und Erfahrungszusammenhänge *erhoben*. Die Angaben *werden* mit anderen Angaben zur Interaktion mit anderen oder mit dem Videomaterial des entsprechend Teilversuches abgeglichen. So können rolleninduzierte Interaktionsformen abgebildet werden. Eine Teilfrage besteht darin, zu ermitteln, ob bestimmte Dimensionen, die das Vorwissen betreffen, auch in einer situativen Rolleneinnahme und damit einhergehende Gruppendynamiken resultieren. Standardisiert abgefragt werden zudem die Beziehungsrollen von Befragten, welche die Besatzung eines PKW bilden. Aus der Beobachtung und den qualitativen Interviews wird erschlossen, auf welches Verhalten eine Interaktion abgezielt und zu welchem Verhalten es letztlich geführt hat. Die Möglichkeit, wechselseitiges Nicht-Handeln als Gruppeneffekt („Sozialer Druck“, „Scham“) zu interpretieren, wird an die Auskunft der Befragten geknüpft. Im Zuge der qualitativen Erhebung wird abgefragt, ob Nicht-Handeln bzw. längere Passivität mit Scham bzw. sozialen Druck verbunden war. Dies kann quantitativ umcodiert und mit Fragen zu der Verhaltenssicherheit („Wissen was zu tun ist“) in Beziehung gesetzt werden. Gibt es einen großen Anteil an Personen, die (eigentlich) glauben zu wissen, was zu tun wäre, allerdings angeben, wegen des sozialen Drucks nicht aktiv geworden zu sein, kann dies als eine Teildimension von Gruppierungseffekten betrachtet werden.

Gruppierungseffekte werden sich nicht immer über die Beobachtung konstatieren lassen. Neben der qualitativen Nachbefragung und der Videoanalyse werden vornehmlich in der standardisierten Erhebung Gruppierungseffekte über Fragen zur Einschätzung der „Orientierung an anderen“ zum jeweiligen Zeitpunkt t_i erhoben. Aus den Ablaufschilderungen anderer Experimente sowie aus der Entwicklung des dargestellten Szenarioablaufs wurden drei Zeitpunkte in die Befragung aufgenommen: Zeitpunkt t_1 beschreibt die Phase nach dem (erzwungenen) Halt des Wagens und der initialen Erkennung der Gefahr. Zeitpunkt t_2 umfasst die Reaktion im Zuge der Gefahrenerkennung, in welcher keine formellen Aussagen über das korrekte Verhalten gegeben sind. Diese werden durch die Alarmdurchsage gegeben, die nach 60 Sekunden (nach Halt des ersten Fahrzeuges) einsetzt und zur Evakuierung auffordert. Der Zeitpunkt t_3 ist durch die erste Verlautbarung der Durchsage markiert, die daran anschließende Phase, der sich wiederholenden Durchsage kann als diejenige bezeichnet werden, in welcher den Probanden formelle Verhaltensanweisungen zur Verfügung stehen. Nachfragen zu den jeweiligen Zeitpunkten zielen auf die Art des Einflusses, das adaptierte Verhalten und die Personenkategorie (an der sich orientiert wurde) ab. Hier werden Zusatzfragen zur Verhaltenssicherheit zum jeweiligen Zeitpunkt gestellt. Dies geschieht vor dem Hintergrund der Annahme, dass Gruppierungseffekte vor allem in der Anfangsphase nach dem erzwungenen Halt zu erwarten sind. Zugleich erlaubt das Modell eine zeitliche Rekonstruktion des Einflusses der Orientierung an anderen im Zusammenhang mit der Verhaltenssicherheit und dem über den jeweiligen Zeitpunkt veranschlagten,

steigenden (d.h. objektiv verfügbaren) Informationsstand. Den Hintergrund bilden die verbundenen Annahmen, dass Gruppierungseffekte im Kontext hoher situativer Ungewissheit einsetzen und diesbezüglich mit dem steigenden Informationsstand, wie der entsprechenden Verhaltenssicherheit abnehmen sollten.

Gruppierungseffekte sind, wie in der Status-quo-Analyse erwähnt, mit einem breiten Spektrum an möglichen Verhaltensweisen verbunden, die hinsichtlich ihrer Konsequenzen stark auseinandergehen können. Zu beobachten sind problematische, zum Teil als fatal eingestufte Verhaltensweisen, die adaptiert werden können, aber auch Dynamiken, die zu einer raschen Entfluchtung führen. Übergreifend muss das Verhalten als Gruppierungseffekt oder Effekt von Gruppendynamiken standardisiert erhoben werden. Der dritte Teil der standardisierten Nachbefragung erlaubt eine Gruppierung von Personen zu bestimmten Verhaltensweisen und Entscheidungen (etwa Verlassen des Wagens, Evakuierung, Wegfindung). Hier können über die mit einer abgefragten Entscheidung verbundene Orientierung an anderen zu bestimmten Verhaltensweisen und Verhaltenssequenzen statistisch in Beziehung gesetzt werden. Besonders relevant erscheint zusätzlich zu der Frage, zu welchen Verhaltensweisen Gruppierungseffekte geführt haben und welche Personengruppen diesen Effekten unterliegen, auch die Frage, welche Personen bestimmte Gruppierungseffekte auslösen. Diese Fragestellung, die parallel zu der Frage nach jenen Personen ist, die Interaktionen initiieren, kann mit den standardisiert abgefragten demographisch-biographischen Angaben sowie den Angaben zum subjektiven Informationsstand zum jeweiligen Zeitpunkt erklärt werden. Ermitteln lassen sich nicht nur der Einfluss von Gruppeneffekten als unabhängige Variable bezüglich des Verhaltens, sondern auch persönliche und situative Faktoren, welche die Entstehung von Gruppeneffekten Variable bedingen.

5.5 Verhalten

Verhalten ist die grundsätzlich zu erklärende und zu verstehende Variable. Abhängig ist das Verhalten bzw. die Entscheidung von informationsbestimmenden Faktoren. Diese umfassen soziale Faktoren, namentlich die unter dem Gesamtkonzept Gruppeneffekte definierten Prozesse. Andere nicht-soziale Faktoren umfassen Verhaltenssicherheit, Informationsstand (Verfügbarkeit und Wahrnehmung von verhaltensrelevanten Informationen) sowie das zu ermittelnde Vorwissen der Probanden. Elementare Verhaltensweisen wie die Entscheidung zu evakuieren, sowie die Wahl des Fluchtweges sind direkt mit den Entfluchtungsparametern verbunden. Andere Verhaltensweisen wie Hilfeleistungen sind nur indirekt – etwa über den Anteil an erfolgreich Evakuierten zu einem bestimmten Zeitpunkt – oder nicht mit diesen verbunden. Letzteres ist bspw. der Fall, wenn ein Informationsangebot nicht angenommen, falsch verstanden oder nicht wahrgenommen wird. Das Verhalten einer Person oder einer Gruppe wird über die Beobachtung und die beiden Befragungswege inhaltlich erhoben und kann bei Uneindeutigkeit auch im Abgleich der verschiedenen Datentypen nachvollzogen werden. Verhalten hat im anwendungsorientierten Kontext der Untersuchung auch eine normative Komponente. Folgende Dimensionen von Verhalten sind zu berücksichtigen:

- *Gruppeneffekt*: Es ist zu ermitteln, ob einem Verhalten ein Gruppeneffekt zugrunde liegt oder nicht. Dies ist nicht nur hinsichtlich der Bestimmung von Gruppeneffekten notwendig. Darüber hinaus kann nicht davon ausgegangen werden, dass eine Person, die einem Gruppeneffekt unterliegt, in einer anderen Situation genauso gehandelt hätte.

- *Deskriptive Dimension und Prozesshaftigkeit:* Verhalten kann über die Beobachtung und die Befragung deskriptiv bestimmt und dementsprechend kategorisiert werden. Prozesshaft lässt sich Verhalten als Sequenz von beobachteten Verhaltensweisen darstellen. Die zugrundeliegenden Entscheidungen müssen abgefragt werden, was in qualitativer wie standardisierter Form erfolgt. Diese Befragung ist zusätzlich zur Beobachtung notwendig, da Verhalten über die Motivation der Befragten eine finalkausale Struktur hat, die sich nicht zwingend über die Beobachtung erschließt.
- *Normative Bewertungskriterien und besonders relevantes Verhalten:* Verhalten von Personen im Kontext des Versuches muss extern bewertet werden und Rahmenrichtlinien zum erwünschten Verhalten berücksichtigen. Zu bestimmen sind vor allem besonders günstige sowie besonders problematische oder kritische Verhaltensweisen.

5.6 Gruppeneffekte und Prozessesstruktur

Bei jeder beobachteten Verhaltensweise ist zu bewerten, ob diese isoliert zu betrachten ist, sich einseitig (Gruppierungsverhalten/Effekt) auf andere richtet, oder in einem Interaktionszusammenhang (Gruppendynamik) steht. Dies kann anhand der Videos bestimmt und in den qualitativen Interviews gezielt angesprochen werden. Die qualitativen Fragen zielen vor allem auf die Gründe und die konkreten Inhalte eines Interaktionszusammenhangs ab. Standardisiert wird abgefragt, ob es zu einer Interaktion gekommen ist und zu welchem Verhalten dies bei der betroffenen Person geführt hat. Des Weiteren wird nicht immer beobachtbar sein, ob sich die Personen in ihrem Verhalten an anderen Personen orientieren oder etwa an der Hinweisbeschilderung, ob also ein sozialer oder anderweitiger Umgebungseffekt zu veranschlagen ist. Hierzu wird die einseitige „Orientierung an anderen“ abgefragt und in Form des von den Probanden geschätzten Einflusses auf ihr Verhalten zum Zeitpunkt t_i gemessen. Des Weiteren werden Verhaltensprofile über Filterfragen im Teil 3 des Fragebogens erhoben. Dies ermöglicht eine statistische Auswertung der Verhaltensanteile, der typischen Sequenzen von Verhaltensweisen und des Einflusses von verhaltensbestimmenden Faktoren. Diese umfassen den Einfluss von Gruppeneffekten, von biographisch-demographischen Merkmalen (u.a. Vorwissen, Alter, Geschlecht etc.) oder von situativen Merkmalen (Verhaltenssicherheit, Wahrnehmungsfähigkeit) sowie von nicht-sozialen Umgebungseffekten (objektiv verfügbare Informationen, orientierungsbeschränkende Faktoren wie Rauch). Die qualitativen Interviews zielen auf die Rekonstruktion der Motivstruktur vor allem des relevanten Verhaltens und des generellen Verhaltens im Kontext eines beobachteten oder vermuteten Gruppeneffekts ab.

5.7 Besonders relevantes Verhalten

Unabhängig, welche Faktoren nun das Verhalten einer Einzelperson bestimmen, gilt es dieses auch unter Rückgriff auf die Entfluchtungsparameter zu bestimmen und zwischen günstigem und ungünstigem Verhalten zu unterscheiden. Von besonderer Relevanz sind Verhaltensweisen, die für den Entfluchtungsprozess einer Person oder Gruppe besonders positiv sind, sowie solche, die sich besonders ungünstig darauf auswirken oder für die Person oder Dritte ein hohes Risiko bergen. Verhalten kann dann mit individuellen Merkmalen oder mit Gruppeneffekten in Beziehung gesetzt werden. Eine binäre Einteilung von Verhalten ist zwar angesichts des Prozesscharakters schwierig. Es ist nicht auszuschließen, dass ein initial sinnvolles Verhalten fatale Konsequenzen hat. Das wäre etwa der Fall, wenn der Versuch, jemanden zu hindern, sich in den Rauch zu bewegen, dazu führt, dass sich die helfende Person dabei selbst unfreiwillig dem Rauch aussetzt. Hier gibt es eine Reihe an plausiblen Szenarien, die eine einfache Kategorisierung verhindern. So etwa,

wenn Personen längere Aufenthaltszeiten an der Gefahrenstelle in Kauf nehmen, um nach Verletzten oder nach Bekannten zu suchen. Für den Zweck der Interview- und Beobachtungsanleitung sowie dem der statistischen Auswertung wurden bestimmte Verhaltensweisen – besonders günstiges oder problematisches Verhalten – inhaltlich festgelegt (siehe nachfolgende Tabelle). Für problematisches oder riskantes Verhalten wurde ein Stufenschema angelegt. Auf der ersten Ebene erscheint ein Verhalten als problematisch, wenn daraus ein Risiko für den Betroffenen erwächst, aber noch keine manifeste Gefährdung besteht. Eine manifeste Gefährdung besteht etwa, wenn sich ein Proband infolge einer problematischen Tätigkeit (oder Passivität) unfreiwillig oder freiwillig dem Rauch aussetzt bzw. in den Rauch gerät. Auch andere Tätigkeiten mit hoher Eigengefährdung – etwa sich dem Brand annähern – oder Fremdgefährdung – etwa durch ein Wendemanöver – sind als kritisches Verhalten zu bewerten. Potenziell fatal ist ein kritisches Verhalten bei dem angenommen werden kann, dass es für die sich verhaltende Person oder für einen Anderen fatale Konsequenzen in einem Realgeschehen hätte.

Als heuristisches Raster strukturiert sich das Schemata abstrakter gesprochen entlang von drei Faktoren, der zeitlichen Auswirkung, der Korrigierbarkeit und den möglicherweise betroffenen Personen (Anzahl und Schwere der Betroffenheit ist zu unterscheiden). Als *problematisch* können Verhaltensweisen und Entscheidungen benannt werden, die nur kurzfristige Handlungsstränge betreffen, durch Neuentscheidungen in eine andere Richtung gelenkt oder sogar vollständig korrigiert werden könnten. Als *kritisch* können Verhaltensweisen angesehen werden, die langfristige Auswirkungen haben, nicht mehr ohne weiteres korrigierbar sind und für einzelne Personen inklusive des Handelnden selbst leichte bis schwere Folgen oder für viele Personen eher geringe Folgen haben könnten. Als *fatal* können in der Analyse Verhaltensweisen bezeichnet werden, die langfristige Folgen haben, nicht oder nur mit erheblichem Aufwand korrigierbar sind und schwere Folgen für einzelne Personen oder für viele Personen leichte bis schwere Folgen haben könnten.

Der Analyseschwerpunkt liegt hierbei auf der Erklärung jener Faktoren und Entscheidungsprozesse, die in besonders günstiges oder problematisches Verhalten münden. Hierbei wurden zwei Kriterien für die inhaltliche Festlegung angewandt. Ein Kriterium (K1) stellen die Entfluchtungsparameter dar, die besonders günstig oder vergleichsweise schlecht ausfallen können. Als besonders relevant erachtete Verhaltensweisen sind solche zu verstehen, die mit besonders günstigen oder schlechten Entfluchtungsparametern einhergehen. Vor dem Hintergrund der Prozess- und Motivstruktur sozialen Handelns sind allerdings nicht alle relevanten Verhaltensweisen eindeutig von diesen Parametern abzuleiten. Das zweite Kriterium (K2) ist nicht notwendigerweise mit den Entfluchtungsparametern verbunden. Es umfasst Verhaltensweisen, die ein hohes Risiko für den Betroffenen oder eine andere Person darstellen. Dies ist etwa der Fall bei einem Wendemanöver bei höherer Personen- und PKW-Dichte, die neben den personellen Schaden auch zur Verkeilung der PKW führen kann. Die Bewegung in dichten Rauch oder die Animierung anderer dies zu tun ist ebenfalls mit hohen Risiken verbunden. Im Umkehrschluss sind Verhaltensweisen, welche ein solches Verhalten zu verhindern versuchen als günstige Verhaltensweisen gekennzeichnet. Dies gilt allerdings nur eingeschränkt, wenn für den Betroffenen daraus keine negativen Konsequenzen entstehen oder dadurch für ihn selbst kein kritisches Verhalten evoziert wird. Nachfolgend werden solche Verhaltensweisen aufgelistet. Das Kategoriensystem diene hierbei als Anhaltspunkt für die synchrone Beobachtung, wie die qualitative Interviewführung. Es wurde durch die Beobachtung ergänzt und ist dementsprechend ausbaufähig.

Besonders relevantes Verhalten	
Günstiges Verhalten	Geringe Passivität/Geringe Wartezeit im PKW (K1)
	Rasche/unterdurchschnittliche Evakuierungszeit (K1)
	Andere zur Evakuierung auffordern oder Evakuierungshilfe leisten (ohne hohe Eigengefährdung) (K1, K2)
	Kritisches Verhalten anderer verhindern (ohne hohe Eigengefährdung) (K1, K2)
Problematisches Verhalten	Hohe Passivität/Wartezeit im PKW (K1, K2)
	Überdurchschnittliche Evakuierungszeit (K1)
	Längere Fluchtunterbrechung (etwa um etwas aus einem PKW zu holen) (K1, K2)
	Nähern und längerer Aufenthalt an der Gefahrenstelle (K2)
Kritisches Verhalten	Siehe problematische Verhaltensweisen, wenn die Probanden hierbei in dichten Rauch geraten (K2)
	Willentlich in dichten Rauch hineinlaufen oder sich nahe zum Brand bewegen (K2)
	Wendemanöver einleiten oder einen Unfall verursachen (in Gruppenversuchen) (K2)
Potenziell fatales Verhalten	Über Expertenbeobachtung zu entscheiden, ob kritisches Verhalten einer Person/Gruppe für diese oder andere fatale Folgen gehabt hätte

Tabelle 2: Günstiges und problematisches/kritisches Verhalten

5.8 Weitere hypothetische Einflussfaktoren auf Verhalten

Nachfolgend werden hypothetische Faktoren aufgelistet, die sich neben den beschriebenen Gruppeneffekten auf das Verhalten einer Person oder einer Gruppe auswirken. Diese umfassen personengebundene Faktoren, wie Verhaltenssicherheit zu einem bestimmten Zeitpunkt oder das mit demographischen und biographischen Faktoren verbundene Vorwissen. Nicht-soziale Umgebungsfaktoren stellen der objektive, wie der subjektiv verfügbare Informationsstand, namentlich das Vorhandensein, die (auch positionsgebundene) Wahrnehmbarkeit und die Interpretierbarkeit von Informationen dar, die nicht aus einer Beobachtung von anderen oder aus einer wechselseitigen Interaktion resultieren.

5.9 Verhaltenssicherheit, objektiv und subjektiv verfügbarer Informationsstand

Verhaltenssicherheit wird anhand einer Item-Batterie gemessen, die Einschätzungsfragen zur gefühlten Kontrolle zu den drei genannten Zeitpunkten (erzwungener Halt, Vor-Alarmphase, Einsetzen des Alarms) stellt. Die Fragen wurden von Mühlberger et al. (2018) zum situativen Kontrollempfinden übernommen, allerdings wurde die Skala umcodiert, da die quasi-metrische Erfassung (Rating 0-100) mit den anderen ordinalskalierten Variablen zum Erkennen der Situation, zur Verständlichkeit der Durchsage, zur Beeinflussung durch andere Personen und zum Gefahrenempfinden konfligieren würde. Sie wird zu den drei beschriebenen Zeitpunkten gemessen, um den hypothetischen (negativen) Zusammenhang

mit der Orientierung an anderen zu überprüfen, sowie den alternativ wirkenden Einfluss des objektiven und subjektiven Informationsstands oder des persönlichen Vorwissens zu ermitteln.

Die Zeitpunkte entsprechen dem schrittweise steigenden *objektiv verfügbaren Informationsstand*. Zum einen induziert der anfängliche Halt (t_1) ein ungewöhnliches Ereignis, das mit dem sich erstreckenden Beobachtungszeitraum und der einsetzenden Brand- und Rauchentwicklung als zunehmend gefährlich erkannt werden sollte (t_2). Mit Einsetzen der akustischen Durchsage (t_3) steigt der verfügbare Informationsstand noch einmal an. Aus verschiedenen Untersuchungen ging hervor, dass eine akustische Alarmdurchsage – wenn verstanden – i.d.R. zu einer raschen Entfluchtung führt.

Der *subjektiv verfügbare Informationsstand* ist mehrdimensional zu verstehen. Zum einen müssen die Probanden von ihrer Position aus Informationen überhaupt erkennen können. Hier können gerade evozierte Umgebungseffekte (Rauch) oder akustische Verhältnisse eine Wahrnehmbarkeit erschweren. Zum anderen müssen die Informationen, wenn sie wahrgenommen werden, richtig interpretiert werden. Hierzu wird standardisiert im Kontext bestimmter Verhaltensweisen und -sequenzen, etwa der Evakuierungs- und Fluchtbewegung, wie der diesbezüglichen Wegfindung abgefragt, inwieweit visuelle und akustische Hinweise wahrgenommen wurden, ob diese hilfreich oder verwirrend waren. Im Zusammenhang mit der Verhaltenssicherheit und der Orientierung an Anderen wird des Weiteren abgefragt, welche Faktoren verhindert haben, die Lage adäquat zu erkennen. Dies schließt neben lokalen (die Position der Person miteinbeziehenden) Umgebungseffekten auch die Eindeutigkeit erkannter Hinweise mit ein. Die Einflüsse von Verhaltenssicherheit und Informationsstand auf das Verhalten lassen sich anhand der nominalen Verhaltensausprägung (etwa Evakuierung) zum Zeitpunkt t_i , wie hinsichtlich des beobachteten besonders sinnvollen oder fatalen Verhaltens inhaltlich spezifizieren und anteilartig berechnen.

5.10 Vorwissen

Mögliche Dimensionen von Vorwissen als Einflussfaktor werden zuerst einmal offen erhoben. Dies geschieht vor dem Hintergrund der in der Status-quo-Analyse vermerkten Studien (Schmidt-Polończyk 2021, Kirytopoulos et al. 2017), die zu dem Ergebnis kommen, dass zum einen viele Fahrer ihr Vorwissen über Sicherheitseinrichtungen und richtiges Verhalten deutlich überschätzen sowie vor allem Praxiserfahrungen und weniger theoretische Schulungen einen größeren Einfluss auf das richtige Antwortverhalten haben. Neben einem theoretischen Vorwissen wird dementsprechend eine über die Performance in Verbindung mit biographischen Angaben zu ermittelndes wirksames Vorwissen erhoben. Es gilt vornehmlich explorativ über offene Fragen zu ermitteln, welche demographisch-biographischen Faktoren einen Einfluss auf das Verhalten ausüben. Folgende Dimensionen werden abgefragt:

- Fragen zur Fahrpraxis
- Berufliche, ehrenamtliche oder sonstige Tätigkeiten, die zur Bewältigung einer solchen Lage („Wissen was zu tun ist“) beitragen können
- (Offen abgefragte) biographische Erfahrungen, die nach Meinung des Probanden das Verhalten beeinflusst haben bzw. für die Performance hilfreich waren; dies in Verbindung mit der Kontrollfrage zur Teilnahme an anderen, ähnlichen Übungen.

Vorwissen kann dann unterstellt werden, wenn es zwischen den jeweiligen Angaben ein Zusammenhang mit als positiv zu erachteten Verhaltensweisen oder den individuellen Entfluchtungsparametern gibt, der nicht aus einem Gruppeneffekt resultiert. Tritt Vorwissen auf, so kann dieser - als ein theoretisch konstant wirkender Faktor - von vornherein die Verhaltenssicherheit unabhängig vom Informationsstand erhöhen. Vorwissen ist mit Gruppeneffekten theoretisch an mehreren Stellen verbunden: Handeln Probanden, die über ein relevantes Vorwissen verfügen, schneller, dann lösen sie, so die Annahme, wahrscheinlicher positive Gruppierungseffekte aus. Probanden mit Vorwissen könnten auch wahrscheinlicher Gruppendynamiken initiieren. Werden sie von den übrigen Probanden als Professionelle wahrgenommen, so sind sie als professionelle Rollenträger zu werten.

Der skizzierte Forschungsstand, der Forschungsauftrag sowie die daran anschließenden Überlegungen zu den genaueren Bestimmungen der Forschungsfragen, der Definition von Gruppeneffekten sowie die ersten Überlegungen zu Auswertungsschritten und Kategorienbildungen führen zu einem aus mehreren Perspektiven bestehenden Erhebungsdesign. Das konkrete Vorgehen bestehend aus synchronen Expertenanalysen, qualitativen Befragungen am Schadensort, einer teilstandardisierten Nachbefragung sowie Videoanalysen wird in Kapitel 7 im Abschnitt „Geplante Dokumentation und Erhebungsverfahren“ beschrieben. Bei ausreichender Datenqualität ist auch eine Triangulation zwischen qualitativen und quantitativen Zugriffen sowie ein Abgleich mit bisherigen Studienergebnissen möglich.

6 Organisatorische Versuchsvorbereitung

Probandenakquisition

Die Anwerbung der Probanden für die Versuche erfolgte von Oktober 2023 bis April 2024 über diverse digitale und analoge Kanäle, vorrangig in den Gemeinden rund um Eisenerz und Leoben. Neben sozialen Medien wie Facebook und Instagram wurden auch lokale Medien wie die Handy-App „Gem2Go“, Kabel-TV („TV-Eisenerz“, „ORF-Steiermark“) und Radiostationen („Radio Steiermark“, „Radio-Grün-Weiß“) genutzt. Die Montanuniversität Leoben unterstützte die Kampagne durch den direkten Zugang zu Studierenden. Die Terminankündigungen wurden zudem an schwarzen Brettern in Einzelhandelsgeschäften und lokale Netzwerke wie die "Stadtschmiede Eisenerz", in der die Vereine der Region organisiert sind, verbreitet. Bild 14 zeigt die verwendete Terminankündigung.

TERMINANKÜNDIGUNG

Im Jänner gibt es für ca. 30 Interessierte die Möglichkeit, aktiv bei einem Tunnel-Sicherheitsprojekt am Zentrum am Berg (ZaB) teilzunehmen.

Die Montanuniversität Leoben, Lehrstuhl für Subsurface Engineering - Geotechnik und Tunnelbau führt in Kooperation mit der deutschen Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) am ZaB-Zentrum am Berg (www.zab.at) in Eisenerz eine Studie zum Thema Sicherheit in Straßentunnelbauwerken durch.

WORUM GEHT ES?

Die Teilnehmenden der Studie fahren mit ihren eigenen PKWs durch einen Straßentunnel des ZaBs und werden dabei verschiedene Verkehrssituationen erleben.

WO UND WANN WIRD DIE UNTERSUCHUNG STATTFINDEN?

Treffpunkt ist Eisenerz, Dauer ca. 3 Std. Weitere Informationen bekommen Sie per E-Mail.

- 26. 01.2024 - 27.01.2024
- 02.02.2024 - 03.02.2024
- 09.02.2024 - 10.02.2024
- 23.02.2024 - 24.02.2024
- 01.03.2024 - 02.03.2024



VORAUSSETZUNG

Sie sollten mindestens 18 Jahre alt sein und seit mindestens einem Jahr einen gültigen Führerschein besitzen. Personen mit traumatischen Erlebnissen, Tunnelangst, körperlichen und psychischen Erkrankungen sowie schwangere Frauen sind von der Untersuchung ausgeschlossen. Gerne können Sie auch mit Familienangehörigen (auch Jugendliche über 16 Jahren als Mitfahrer), Freunden oder als Kleingruppe teilnehmen.

INTERESSE?

Dann melden Sie sich per E-Mail bei der folgenden Kontaktadresse!

Univ.-Prof. Dipl.Ling. Dr. Robert GALLER
Robert WENIGHOFER
Montanuniversität Leoben
Franz Josef-Straße 18 | 8700 Leoben,
Telefon: +43 664 928 5561
Email: robert.wenighofer@unileoben.ac.at

Tunnelsicherheit hautnah dabei!

Bild 14- Terminankündigung zum ersten Versuchsblock

Interessenten, die sich von der Ankündigung angesprochen fühlten, setzten sich telefonisch oder per E-Mail mit dem angegebenen Ansprechpartner der MUL in Verbindung. Dabei wurde eine Vorabfrage der Ausschlusskriterien durchgeführt, um ungeeignete Personen frühzeitig auszuschließen. Alle über den Inhalt und Ablauf der Versuche bereitgestellten Informationen wurden einheitlich und reproduzierbar gemäß Anhang 1.1 gegeben, um eine Beeinflussung des Verhaltens der Versuchspersonen durch unterschiedliches Vorwissen zu minimieren. Die kommunizierte Kernbotschaft der Veranstaltung beschränkte sich

auf: Sie durchfahren eine Tunnelkette mit unterschiedlichen Verkehrssituationen und Sicherheitseinrichtungen. Motivation für die Testfahrten ist, dass die Teilnehmer durch ihre anschließende Bewertung der Sicherheitseinrichtungen einen wesentlichen Beitrag zur sichereren Gestaltung von Tunneln leisten.

Es zeigte sich, dass die Anforderung, über einen eigenen PKW zu verfügen und diesen bei der Versuchsdurchführung in unbekannter Situation zu nutzen, die Anwerbung von Teilnehmern erschwerte.

Sicherheitseinweisung und Einverständniserklärung DSGVO

Gemäß den allgemeinen Sicherheitsanforderungen des ZaB muss als Voraussetzung für das Betreten der untertägigen Anlage eine Sicherheitsunterweisung erfolgen. Daher wurde eine speziell an die Randbedingungen der Probandenversuche angepasste Besucheunterweisung mit Vorgabe von Verhaltensregeln bei Aufenthalt auf dem ZaB erstellt.

Für die Koordination der Probanden ist eine Erfassung der Personendaten erforderlich, die von diesen durch Unterzeichnung einer entsprechenden Einverständniserklärung gemäß Datenschutzgrundverordnung (DSGVO) zu autorisieren war.

Versicherungsschutz der Probanden

Während der Versuchsdurchführung fuhren die Teilnehmer mit ihren eigenen Fahrzeugen auf dem Gelände des ZaB und in die Tunnel ein und bewegten sich während der Selbstrettung zwar überwacht, aber eigenständig in der Versuchsumgebung. Als umfassende versicherungstechnische Absicherung der Probanden wurden 3 Versicherungskategorien abgeschlossen:

1. Allgemeine Betriebshaftpflichtversicherung
2. Unfallversicherung der Probanden
3. Voll-Kasko Versicherung für die PKW der Probanden

7 Versuchsdurchführung

7.1 Terminplanung

Die Durchführung der Versuche erfolgte in 2 Blöcken über jeweils 2 Tage an einem Freitag und einem Samstag am 09./10.02.2024 und am 26./27.04.2024.

7.2 Personaleinsatz

Folgendes Personal wurde während der Durchführung der Versuche eingesetzt, wobei je nach zeitlicher und räumlicher Zuordnung mehrere Funktionen von den gleichen Personen besetzt wurden.

- 1 Versuchsleiter. Der Versuchsleiter war verantwortlich für die Sicherheit der Teilnehmer und konnte bei Erfordernis jederzeit eingreifen, oder den Versuch abbrechen.
- 1 Mitarbeiter des ZaB als technischer Leiter in Leitzentrale zur Bedienung der Anlagentechnik des ZaB (Lüftung, Lautsprecher, Video, Beleuchtung)
- 1 technischer Mitarbeiter des ZaB am Brandort, verdeckt durch das Brandfahrzeug für die Bedienung der Feuer und Raucherzeugung
- 1 Mitarbeiter im „Ziel“-Querschlag, um die Probanden nach erfolgreicher Selbstrettung in Empfang zu nehmen und über den weiteren Verlauf zu informieren.
- 1 Mitarbeiter am Aufstellplatz zur Koordination der Abfahrt „Go-Signal, Kommunikation mit den Probanden.
- 3 Mitarbeiter im Lüftergebäude am Portal des Straßentunnels Nord. Sie beobachteten live das Geschehen im Bereich des Unfallszenarios über eine aus der Leitzentrale gespiegelte Videoübertragung und legten eine zweckmäßige Reihenfolge und Gruppenbildung bei den Interviews unter den Teilnehmern fest.
- 4 Mitarbeiter für die Durchführung der Interviews

Das ZaB verfügt über Mitarbeiter, die über eine Zusatzausbildung als Feuerwehrkräfte verfügen, um im unwahrscheinlichen Falle einer Ausbreitung des Brandes, bzw. eines Unfalls unverzüglich qualifizierte Hilfe leisten zu können.

7.3 Versuchsablauf

Die Durchführung der Versuche gliederte sich grob in 3 Phasen: Briefing, Probandenversuche und Debriefing

Phase 1: Briefing

Nach dem Eintreffen auf dem Versuchsgelände wurden vor Ort die Teilnahmevoraussetzungen überprüft und relevante Informationen gegeben. Dabei handelt es sich im Einzelnen um:

- Ausschluss von alkoholisierten Personen
- Überprüfung der Fahrerlaubnis
- Erläuterung und Unterzeichnen der Sicherheitsunterweisung
- Einverständniserklärung gemäß Datenschutzgrundverordnung (DSGVO)

Vor Fahrtantritt wurden die Fahrer abschließend nochmals mündlich auf wesentliche sicherheitstechnische Aspekte hingewiesen. So wurde ausdrücklich auf die angezeigte Einhaltung der Straßenverkehrsordnung, die Geschwindigkeitsbegrenzung von 50 km/h und das grundsätzliche Überholverbot auf Straßen und in Tunneln hingewiesen.

Um eine längere Gewöhnung an die Fahrsituation im Tunnel zu ermöglichen und um eine Bekanntheit mit der untertägigen Anlage herzustellen, begannen die Probanden vor der eigentlichen Versuchsfahrt mit einer Testfahrt durch den ersten Tunnelabschnitt der Strecke. Dabei fuhren sie angeführt von einem Lotsenfahrzeug in die Tunnelröhre West, bogen innerhalb dieser ab, und durchfuhren den Straßentunnel Süd, bevor sie im Außenbereich gestoppt und zum Aufstellplatz zurückgeleitet wurden (Bild 2). Erst bei der eigentlichen Versuchsfahrt fuhren sie nach einer 180° Wende an dieser Stelle in den Straßentunnel Nord mit dem Szenario der Unfallfahrzeuge ein.

Phase 2: Probandenversuch

- Aufstellung der Fahrzeuge in definierter Reihenfolge und anschließende Rückmeldung vom Aufstellort an die Versuchsleitung, dass alle Fahrzeuge abfahrbereit sind.
- Start der Heißbrandanlage und der modifizierten Betriebslüftung zur kontrollierten Absaugung des Brandrauches aus dem Aufenthaltsbereich der Probanden vor dem Brand-LKW.
- Die Teilnehmerfahrzeuge wurden in einem definierten zeitlichen Abstand von ca. 4 Sekunden losgeschickt, damit einerseits einzeln fahrende Fahrzeuge vermieden werden und andererseits ein angemessener Abstand gewahrt und die Gefahr von Auffahrunfällen minimiert wurde.
- Die Fahrzeuge fuhren zuerst die bereits bekannte Einführungsstrecke ab und setzten dann die Fahrt wie angewiesen mit einem U-Turn vor den Tunnelportal West erstmalig im 2. Straßentunnelabschnitt fort.
- ca. 2 Min nach dem Start erreichte das 1. Fahrzeug den Brandort und hielt in einem, nach eigenem Ermessen, gewähltem Abstand vor dem Unfallszenario.
- Die restlichen Probandenfahrzeuge trafen in kurzem zeitlichem Abstand ein.
- 60 Sek nach dem Halt des ersten Fahrzeugs im Straßentunnel wurde die Brandfalllüftung gestartet und zeitgleich die in Dauerschleife eingespielte Lautsprecherdurchsage gestartet.
- Unbeeinflusster Ablauf der Selbstrettungsphase, ggf. ergänzt durch Erkunden, oder Absetzen einer Meldung.
- Nach Erreichen des sicheren Bereichs und somit erfolgreicher Selbstrettung wurden die Probanden beim anschließenden Betreten der Südröhre (hinter dem Querschlag) oder im Außenbereich vor dem Portal von einem Mitarbeiter in Empfang genommen und über den weiteren Verlauf informiert.
- In Fällen, bei denen keine zielführende Reaktion der Probanden erfolgte, entschied die beobachtende Expertengruppe über die Dauer der Fortführung des Versuchs.

Phase 3: Dokumentation und Debriefing

- Nach Abschluss der Versuchsphase erfolgte die im Folgenden Abschnitt detailliert beschriebene mehrstufige Befragung.
- Parallel zur Befragung wurde nach Beendigung des Versuchsdurchlaufs die Dokumentation der finalen Anordnung der zurückgelassenen Fahrzeuge mittels Laserdistanzmessung durchgeführt.
- Nach der Befragung im Tunnel wurden die Probanden zum Fahrzeug im Tunnel zurückbegleitet, von wo aus sie zurück zum Parkplatz am Betriebs-/Ausbildungsgebäude fuhren.

- Zum Abschluss wurden die Teilnehmer im Ausbildungsgebäude bewirtet und durch einen kurzen Vortrag über Hintergrund und Ziele des Projekts informiert. Dabei wurde auch weiterführendes Infomaterial der BASt zum Thema Tunnelsicherheit zur Verfügung gestellt. Darüber hinaus stand das Forschungskonsortium den Probanden für die Beantwortung von individuellen Fragen zur Verfügung.

7.4 Dokumentation und Erhebungsverfahren

Aus dem Forschungsauftrag, der Sichtung des Forschungsstandes, der Entwicklung der Fragestellungen und dem realisierbaren Experimentaldesign wurden vier wesentliche systematische Zugriffsweisen für die Datenerhebung entwickelt, die bei der Versuchsdurchführung angewendet werden.

Synchrone Beobachtung durch Expertenrunde

Die Expertenrunde besteht aus 2-4 Personen, die aus dem Kreis der Projektpartner stammen. Experten aus dem Bereich der Beiratsmitglieder bzw. deren Organisationen sind möglich, müssen aber auf ihre Rolle/Aufgabe gezielt eingestimmt werden. Aufgaben der Expertenrunde sind die synchrone Beobachtung und Analyse der Testdurchläufe an Monitoren, um Auffälligkeiten zu erkennen und Anschlussverfahren bei der Datenerhebung in die Wege zu leiten. So können einzelne Verhaltensweisen erkannt werden, die bei der Teilnehmerbefragung gezielt angesprochen werden sollen. Das sind solche Verhaltensweisen, die als besonders relevante Verhaltensweisen kategorisiert sind. Es ist nach der Ersterhebung (den mit dem Ersttermin verbundenen Testläufen) zu klären, inwieweit eine qualitative Vollerhebung in den nachfolgenden Versuchen notwendig ist. Besteht der Bedarf an gezielten, ggf. längeren Befragungen bestimmter Personengruppen, so können die Experten auf Basis der Beobachtung die Versuchsteilnehmer dem sich veränderten Forschungsstand entsprechend selektieren. Das kann etwa der Fall sein, wenn sich bestimmte, als fatal definierte Verhaltensweisen häufen und hier ein erhöhter Klärungsbedarf besteht. Wenn andererseits nur geringfügige Beobachtungen zu als relevant erachteten Verhaltensformen oder zu Gruppeneffekten gemacht werden, dann könnten/sollten zum Zweck der Fallkontrastierung die betreffenden Personen intensiver befragt werden.

Die Räumlichkeiten am ZAB erlauben die Übertragung der fest installierten Kameras aus dem Tunnel in einen weiteren Raum und eine Projektion. Eine Sichtung der Kamerainstallation und Aufzeichnungen hat ergeben, dass 2-3 Kameraperspektiven für einen Überblick ausreichen (Leitkameras). Die weiteren Kameras werden mit kleinerer Bildgröße angezeigt. Unmittelbar nach dem Versuch besteht die Möglichkeit, dass in den Videoaufzeichnungen hin- und her gespult werden kann, um Schlüsselsequenzen zu rekapitulieren. Die Videoaufzeichnungen enthalten allerdings keinen Timecode als Uhrzeit, sondern nur die Laufzeit. Videoaufzeichnungen mit Timecode können erst im Anschluss an den Testdurchlauf aus dem Videopool der Streams extrahiert werden, was jedoch zirka eine Stunde dauern kann.

Folgende Hilfsmittel werden der Expertenrunde zur Verfügung gestellt:

- Anleitung zur Aufgabe und zur Analysehaltung
- Report Sheet (Zeit/Beobachtung/Person, Ort)

Nicht-standardisierte Befragung/ Qualitative Interviews

Unmittelbar nach den Testverläufen werden die Teilnehmer unabhängig voneinander noch innerhalb des Tunnels interviewt. Die Interviews werden für die anschließende qualitative Analyse aufgezeichnet. Eingesetzt werden vier Interviewer, die jeweils zwei Interviewdurchgänge durchführen. Wie beschrieben, kann dem Forschungsstand entsprechend in späteren Erhebungen eine begründete Auswahl der Befragten erfolgen. Das *Center for Security and Society* (CSS) stellt zwei Interviewer, die auch an der Expertenrunde teilnehmen können. Die übrigen Interviewer, die sich aus der Expertenrunde, den Partnern oder Dritten rekrutieren, werden von den Mitarbeitern des CSS eingewiesen und erhalten eine Anleitung. Zusätzlich erhalten die Interviewer die Informationen der Expertenrunde, soweit sie nicht selbst Teil der Expertenrunde sind. Die qualitative Erhebung ermöglicht es, notwendige Informationen hinsichtlich der Verhaltensgründe und Motive der Probanden zu gewinnen. Vertiefte Erkenntnisse sollen hierbei vor allem hinsichtlich der Verhaltensweisen erzielt werden, die als besonders relevant kategorisiert werden. Dies soll über die Nacherzählung des Erlebens und die damit einhergehende Rekonstruktion des Entscheidungsprozesses durch die Probanden erfolgen. Des Weiteren wird es nicht immer über die Videos möglich sein, Gruppeneffekte von anderen Umgebungseffekten zu unterscheiden. Diesbezüglich dient die Nachbefragung auch als Komplement zur Videobeobachtung. Zur Gewährleistung einer Vergleichbarkeit der so produzierten Daten wie als Hilfe für die Interviewer wurde ein halbstrukturierter Leitfaden erarbeitet. Dieser besteht aus zwei Teilen, wobei der erste Teil Fragen und Erzählimpulse enthält, die bei allen Probanden abgefragt werden. Der zweite Teil kommt bei denjenigen Probanden oder Gruppen zum Einsatz, bei denen Gruppeneffekte und andere relevante Verhaltensweisen beobachtet wurden.

Der erste allgemeine Teil ist folgend strukturiert: Es werden „Stationen“ aufgeführt, entlang derer sich die Befragung strukturiert. Diese beginnt mit der Fahrzeit und endet spätestens (je nach Evakuierungsverhalten des Befragten) mit dem Ende des Testdurchlaufs bei nicht erfolgter Evakuierung. Erzählstimuli werden aufgelistet, die dazu anregen, den Einfluss anderer Personen auf die eigene Entscheidung nachzuempfinden sowie den Einfluss anderweitiger Umgebungseffekte auf das eigene Verhalten zu bewerten. Es wird innerhalb der einzelnen strukturierten Sequenzen nach dem gleichen Muster gefragt, ohne dass durch die Art der Frage ein geschlossenes Set an Antwortmöglichkeiten vorgegeben bzw. suggeriert werden sollte. Es sollen nicht Dinge „abgefragt“ und schematisiert, sondern Schilderungen der Probanden hinsichtlich des Erlebens der Situation und der Begründung des eigenen Verhaltens angestoßen werden. Der zweite Teil des Leitfadens kommt zum Einsatz, wenn als besonders relevant erachtetes Verhalten oder Gruppeneffekte beobachtet wurden. Der Leitfaden ersetzt nicht die Einweisung der Interviewer, sondern setzt diese voraus. Die Interviews starten an den PKW und folgen dann auch örtlich dem Verhaltensablauf der Probanden. Personen, die eine Besatzung gebildet haben, können und sollen gemeinsam befragt werden. Damit rückt der gemeinsame Entscheidungsfindungsprozess in den Vordergrund. Insgesamt wird Folgendes für die qualitative Nachbefragung zur Verfügung gestellt:

- 4 Aufnahmegeräte
- Megaphone für organisatorische Durchsagen
- Anleitungen für Interviewer

Standardisierte Nachbefragung

Die standardisierte Befragung verfolgt eine zweifache Zielsetzung. Zum einen sollen demographische und biographisch relevante Angaben der Probanden erhoben werden. Zum anderen sind standardisierte und statistisch auswertbare Daten zu Gruppeneffekten, zu anderen Umgebungseffekten sowie zu den davon abhängigen Verhaltensformen zu generieren. Demographisch relevant sind hierbei die im Zusammenhang mit der Stichprobe beschriebenen Merkmale. Biographisch meint einerseits Merkmale der Fahrpraxis, andere für die Kategorie des Vorwissens relevante Faktoren, die zum Teil geschlossen abgefragt werden können (Führerscheine) und zum Teil relativ offen abgefragt werden müssen (biographische Ereignisse). Zusammen mit den auf Vorwissen bezogenen Fragen werden auch diejenigen Aspekte abgefragt, die rollentheoretisch relevant sein können. Weiterhin werden die Beziehungsrollen der Probanden abgefragt, die schon gemeinsam anreisen und die Besatzung der einzelnen PKW bilden. Der Fragebogen hat folgendes Schema:

- (i) Zuordnungsfragen, Beziehungsrollen
- (ii) Bewertung der Verhaltenssicherheit, Angabe der verhaltensbestimmenden Faktoren, Gruppeneffekte
 - T1: Erzwungener Halt
 - T2: Vor-Alarmphase
 - T3: Nach-Alarmphase (falls nicht evakuiert)
- (iii) Verhaltensfragen (Sach- und Begründungsfragen), Wegfindung
 - Wagen verlassen, Evakuierung ja/nein
 - Zu keinem Zeitpunkt Evakuierung angetreten
 - Evakuierung unterbrochen oder abgebrochen
 - Evaluierungsverhalten: Gründe, Wegfindung, Gruppen- und Umgebungseffekte
- (iv) Demographische Fragen, Fahrerfahrung, Positionale Rollen und Vorwissen

Teil (i) besteht aus den folgenden Fragen: Die Zuordnungsfragen, welche die fallbezogene Integration der Daten unter Wahrung der grundsätzlichen Anonymität der Befragten ermöglichen, werden am Anfang gestellt. Hier werden auch Angaben zu der Fahrzeugbesatzung (Beziehungsrollen) abgefragt, da sich die beiden Fragetypen ergänzen. Die Fragen zur Fahrzeugbesatzung helfen den Probanden sich im weiteren Verlauf des Fragebogens einzuordnen.

Teil (ii) beinhaltet Selbstbewertungsfragen der Probanden zu Einflussfaktoren und der Bewertung von deren Stärke. Strukturiert werden die inhaltlich weitestgehend gleichen Frageblöcke anhand der beschriebenen Zeitachse.

Teil (iii) behandelt Fragen zum allgemeinen und speziell zum Evakuierungsverhalten. Über Filterfragen werden einzelne Verhaltensweisen erfragt, die auch sequenziell analysiert werden können. Es werden ebenfalls räumliche Orientierungen, Interpretierbarkeit/Wahrnehmbarkeit von Warnhinweisen und Signalen also insgesamt mit der Wegfindung verbundene Prozesse abgefragt.

Die im Teil (iv) gestellten demographischen und biographischen Fragen bilden den Abschluss, da sie relativ schnell zu beantworten sind und der Leistungswille bei längeren Fragebögen erfahrungsgemäß nachlässt. Abgefragt werden mögliche verhaltensbestimmende Dimensionen des Vorwissens und zu potenziellen professionellen Rollenträgern. Der Fragebogen (siehe Anhang 1-2) stellt die beim 2. Versuchsblock eingesetzte Finalversion dar. Gegenüber dem beim ersten Versuchsblock verwendeten Fragebogen wurden minimale Ergänzungen eingebracht, um die Anregungen des fachbegleitenden Ausschusses zu berücksichtigen. Da der Fragebogen aufgrund der Filterungsprozesse vom Bearbeitungsprozess länger wirkt als er für die betreffende Person letztendlich ist, sollte darauf am Anfang

verwiesen werden. Hierzu und zur Klärung eventuell aufkommender Frage seitens der Probanden sollte ein Mitarbeiter des CSS bei der Bearbeitung anwesend sein. Aufgrund des zu erwartenden hohen Engagements wird allerdings mit wenigen fehlenden Daten gerechnet. Für die quantitative Nachbefragung wird Folgendes zur Verfügung gestellt:

- *Fragebögen*

Videoaufnahme und Analyse

Die fest installierten Tunnelkameras erlauben einen Überblick, das Erkennen von Bewegungen und großen Gesten. Mimik und kleine Gesten sind nicht gut erkennbar. Das CSS stellt zusätzlich vier kleinere Handkameras zur Verfügung, die an Schlüsselpositionen angebracht werden können. Die handlichen Kameras lassen sich leicht abnehmen und dann für die Tunnelinterviews als Aufzeichnungsgeräte nutzen. Insgesamt können isolierte oder gruppierte Bewegungen und Verhaltensweisen im Gesamtverlauf aus verschiedenen Perspektiven aufgezeichnet werden. Die Beobachtungsdaten werden durch die (qualitativen und standardisierten) Befragungsdaten komplementiert. Gewährleistet wird dies über die zeitlichen Metadaten der Video- und Audio-Aufzeichnungen und des Fragebogens (Fragebogennummer), die Zuordnungsfragen der standardisierten Erhebung sowie durch Angaben der Interviewer vor jedem Interview zum PKW der interviewten Person. Für die Auswertung der Beobachtungsdaten wird dieselbe kategorische Heuristik verwendet, die auch bei den Interviews und der Expertenbeobachtung zum Tragen kommt. Allerdings wird die Strukturoffenheit der Analyse bestärkt, weil sich in Abgleich mit den Auskünften der Befragten ein verändertes Gesamtbild der beobachteten Handlung ergeben kann. Gleichsam eröffnet das Videomaterial die Möglichkeit, das Geschehen auch räumlich zu analysieren. Damit ist gemeint, dass das Verhalten von Personen/Gruppen mitunter durch ein zonales Muster mitbestimmt werden kann. Anders gesagt: der Ausgangspunkt in der subjektiven Erkennungsphase (Wahrnehmung der Stauung oder des Rauchs) und die letztendliche Positionierung des Wagens kann einen entscheidenden Einfluss auf das nachfolgende Verhalten haben. Für die die Erhebung des Videomaterials sind vorgesehen:

- *Festinstallierte Kameras*
- *Vier flexibel auf Stativen positionierbare Handkameras*

Sicherstellung der Integration der Datentypen

Zur Gewährleistung der Integration der Datentypen zu den Fällen werden in den qualitativen und standardisierten Befragungen Daten zum PKW (Marke, Farbe etc.) erhoben. Diese Angaben und die Metadaten – Fragebogennummer, Datum der Mikrofon- und Videoaufzeichnungen – werden einer Zuordnung der verschiedenen Erhebungen zu den Fällen sicherstellen. Hierbei sind Redundanzen zwischen den standardisierten und den qualitativ erhobenen Daten eingeplant. Die Redundanzen erleichtern zum einen die für das Gesamtmodell wichtige Zuordnung der jeweiligen fallbezogenen Daten. Zum anderen können interessante Fälle selektiert und unter den mit den Datentypen verbundenen Gesichtspunkten differenziert betrachtet werden. Die Zuordnung ist auch deshalb notwendig, da bestimmte Variablen, die quantitativ ausgewertet werden sollen, anhand der Video- und Tonaufzeichnungen differenzierter codiert werden können. Dies betrifft vor allem die bis dato halb-offene, nur von den Polen her definierte Kategorie der Bewertung des Verhaltens, sowie der genaue Ablauf von beobachtbaren Gruppierungseffekten und Gruppendynamiken. Die qualitativen Daten, die vor allem das Erleben und den Begründungszusam-

menhang des Verhaltens rekonstruieren sollen, können durch die standardisiert abgefragten demographisch-biographischen Angaben ebenfalls ergänzt werden. Grundsätzlich gilt, dass alle an der Beobachtung, Analyse und Interviews beteiligten Personen über eine einheitliche Wissensbasis, vor allem in Bezug auf örtliche Begebenheiten, verfügen sollten. Um dies sicherzustellen, sind vor Durchführung der eigentlichen Experimente sowohl Ortsbegehungen als auch Probedurchläufe des Szenarios (ohne Anwesenheit von Probanden) durchzuführen.

7.5 Revision des geplanten Dokumentations- und Erhebungsverfahrens während der ersten Versuchsdurchläufe

Nach jedem Versuchsdurchlauf und insbesondere nach den ersten drei Einzelversuchen erfolgte eine Reflexion unter den anwesenden Beobachtern, den Interviewern sowie eine schnelle Sichtung des aufgezeichneten Video- und Audiomaterials. Unter den Interviewern erfolgte ein Austausch über die geführten Interviews, um Auffälligkeiten bei der Handhabung, bei der Aufzeichnung und zu inhaltlichen Aspekten zu erkennen. Aufgrund dieser Reflexionen erfolgten folgende Anpassungen:

Am aufgestellten Unfall-LKW wurden Lampen und Signallichter entfernt, nachdem die erste Probandin diese als Hinweis auf ein aktives Rettungsfahrzeug interpretiert hatte. Nach entfernen der auffälligen Merkmale war für die folgenden Probanden die Situation nicht mehr in diese deutlich entschärfte Richtung interpretierbar.

Eine Kameraposition wurde verändert, nachdem deutlich wurde, dass der Anhalteraum der Probanden näher an der Unfallstelle als erwartet beginnt, im Ganzen aber deutlich kürzer als erwartet sein würde. Zusätzlich wurde nach den ersten drei Einzelversuchen deutlich, dass die Nutzung der Notrufeinrichtungen und der Notrufnische genauer beobachtet werden sollte, da es einige Hinweise auf unklare und auffallend lange Nutzungen gab. Zusätzlich wurde die Ablauforganisation der Versuche noch angepasst, nachdem beim zweiten Einzelversuch leider eine Kameralücke aufgrund der Akkulaufzeit entstand. Die Zeit zwischen dem Einschalten der Kamera und dem eigentlichen Versuchsdurchlauf war zu lange geworden.

Die synchrone Beobachtung durch Interviewer und Experten wurde im Ablauf angepasst. Die Videoübertragung an der Beobachtungsstation war nur zeitverzögert und mit verminderter Bildrate möglich. Zudem war der Ablauf der Versuche und die visuellen Eindrücke so schnell zu verarbeiten, dass ein Ausfüllen der ausgeteilten Protokollbögen durch einzelne Expertenbeobachter im Versuchsdurchlauf nicht möglich war. Daher wurden die Kommentare teilweise per Diktiergerät (Handy) festgehalten bzw. nachträglich ausgefüllt. Die Expertenbeobachtung war vorrangig ein Schlüssel, um direkt festzulegen, welche Fahrzeuge von erfahrenen (soziologischen) Interviewern befragt werden sollten und welche Fahrzeuge auch von angelernten Interviewern entlang des Leitfadens befragt werden können. Zusätzlich konnten einige Themen und Fragen für gezieltere Nachfragen identifiziert werden. Diese mussten von den Interviewern jedoch fast nicht eingesetzt werden, weil die Fragestruktur der Interviews die Probanden die entsprechenden Aspekte von sich aus ansprechen ließ.

Nach den ersten beiden Einzelversuchen wurden am Interviewleitfaden folgende drei Änderungen vorgenommen:

- Nachdem Probanden Vermutungen über den Zweck der Experimente im Interview thematisierten und teilweise auch eine Orientierung im Antwortverhalten am vermuteten Zweck ersichtlich wurde, wurde eine explizite Frage nach dem Zweck des Experimentes angefügt, um über alle Probanden entsprechende Angaben zu haben.
- Aufgrund der räumlichen Nähe des Tunnelausgangs und der sehr klaren visuellen Erkennbarkeit wurde eine ausdrückliche Frage dazu aufgenommen, ob über eine Wegewahl durch den Tunnelausgang nachgedacht wurde.
- Da sich bei den ersten Interviews im auslaufenden Interview die Situation ergab, dass die Probanden zunehmend über korrektes und falsches Verhalten reflektierten, wurden abschließende reflektierende Fragen über anderes oder falsches Verhalten im Rückblick für alle Interviews hinzugefügt.

Zudem wurden die Interviewer ausdrücklich gebeten hypothetische Fragen während des Interviews zu sammeln (über alternative Wahrnehmungen oder Handlungsentscheidungen) aber erst am Ende des Interviews gesammelt zu stellen. Interviewer, die hypothetische Zusatzfragen im laufenden Interview einstreuten, entwickelten einen zu starken diskursiven Interviewstil an Stelle einer retrospektiven Schilderung durch die Probanden.

Aus der Reflexion der Interviews und aus Nachfragen beim Ausfüllen der Fragebögen wurde ersichtlich, dass einige Personen Schwierigkeiten haben, die abgefragten Zeitpunkte zuzuordnen bzw. nach ihren Erinnerungen zu identifizieren. Je nach Verlauf der Evakuierung konnte dies für mehr oder weniger viele Personen zutreffen. Da keine Änderungen am Fragebogen direkt möglich waren wurden zum Ausfüllen ergänzende Hinweise gegeben.

8 Versuchsergebnisse

8.1 Soziologische Auswertung

Qualität der Datenerfassung vor Ort

Die Sichtung der vor Ort dokumentierten Daten in der Erstauswertung und die unmittelbar festgestellten Hinweise von Interviewern bzw. beim Ausfüllen der Fragebögen gaben keine Hinweise auf grundsätzliche Probleme bei der Datenerhebung, die eine Revision der Verfahren begründen würden. Im Einzelnen lässt sich die Datenqualität folgendermaßen beschreiben:

Standardisierte Nachbefragung

Die Probanden füllten alle einen Fragebogen aus. Alle Fragebögen wurden bis zum Ende durchgegangen, es gab keine Abbrüche. Einige nichtzutreffende Fragen, beispielsweise für Einzelfahrer, wurden durch Erläuterungen im Befragungsraum geklärt. Das Spektrum der möglichen Abläufe und Verhaltensweisen war im Grunde noch größer als erwartet. Die Ausfüllzeit betrug ca. 30-45 min, wobei erkennbar am Ausfüllverhalten der Befragten, einige Zeit auch für die Zuordnung der Zeitpunkte und für die Filterführung aufgewendet werden musste. Die Zuordnung der Zeitpunkte war für die Probanden insbesondere beim zweiten Gruppenversuch nicht problemlos möglich, so dass über zusätzliche mündliche Erläuterungen beim Ausfüllen nachgesteuert wurde. Dennoch hat die Filterführung und die Frage/Antwortmuster nicht zu grundsätzlichen Problemen geführt. Auslassungen im Fragebogen sind aus dem Ablauf des einzelnen Versuchs erklärbar, so dass die Befragten nichtzutreffende Antworten korrekterweise auch nicht ausgefüllt haben. Die zutreffenden Antworten sind weitgehend vollständig. Die Nutzung von Freitextfeldern sind trotz der Aufforderung zu ausführlichen Beschreibungen geringer bzw. die Antworten kürzer, als üblicherweise bei diesem Frageformat zu erwarten. Zu vermuten ist, die eingehende Analyse dürfte das zeigen, dass die Befragten sich hier gedanklich auf Antworten bezogen haben, die sie schon im Tunnelinterview gaben und somit eher kurze hinweisartige Formulierungen verwendet haben. Die Fragebogendaten wurden zur Auswertung im Statistikprogramm SPSS eingegeben. Die offenen Textantworten wurden inhaltlich zusammengefasst und kategorisiert.

Tunnelinterviews

Obwohl es für die Durchführung von qualitativen Interviews in einer solchen Situation keine Vorlage gab, war auch dieser Durchlauf erfolgreich. Die Tonaufnahmen sind ausreichend gut für eine Transkription. Gewisse Schwierigkeiten gab es bei der Verständlichkeit und Sprecherzuordnung bei der Startsituation im Auto, wenn mehr als zwei Personen im Auto saßen. Die Möglichkeit neben der Tonaufzeichnung in der entsprechenden Interviewsituation auch die visuelle Perspektive der Befragten mit der Videokamera zu dokumentieren konnte ebenfalls genutzt werden. Eine Irritation der Interviewten war nicht erkennbar. Die Wartezeiten im Auto wurden von den Interviewten freundlich toleriert. Mehr als vier Interviewer würden die Situation im Tunnel sehr undurchsichtig machen, weil sich die Interviewgruppen dann gegenseitig stark in den Weg laufen würden. Nicht vorausge-

sehen war die zeitliche und räumliche Trennung von initialen Fahrzeuggruppen oder Paaren. Gemäß dem Interviewleitfaden mussten einzelne Personen oder Subgruppen dann an den verschiedenen Stationen ihres Verhaltens „geparkt“ werden, um den Verlauf erst mit der einen Person/Subgruppe dann mit der anderen Person/Subgruppe zu rekonstruieren, bis dann möglicherweise die Gruppe wieder zusammentraf und gemeinsam weiter interviewt werden konnte. Auch diese Wartezeiten tolerierten die Probanden freundlich.

Ein wichtiger Schritt für die Durchführung der Interviews war die synchrone Sichtung des Ablaufs durch Interviewer und Experten im Beobachtungsraum. Somit konnten erfahrene Interviewer gezielt zu wichtigen Situationen und Fahrzeugbesatzungen geleitet werden und weniger prägnantes Personenverhalten durch weitere Interviewer erfragt werden. Trotz ausführlichem Interviewleitfaden ist die Länge der Interviews sehr unterschiedlich je nach Erfahrung des Interviewers. Die Interviews wurden in voller Länge für die Auswertung transkribiert.

Videodokumentation

Die Videodokumentation ist hinsichtlich Qualität und Abdeckung sehr gut. Die Einzelaufnahmen zeigen auch unter teilweise schwierigen Lichtbedingungen und Teilverrauchungen ausreichende Bildqualität auch zum Erkennen von Gesten, kleineren Bewegungen und in Teilen von Mimik der Probanden. Nur einige wenige Handlungsabschnitte konnten nicht in allen Details erfasst werden. Da die Kameras sowohl in Fahrtrichtung als auch gegen die Fahrtrichtung installiert waren und in unterschiedlichen Höhen montiert wurden, sind auch die Sichtverhältnisse und eine mögliche Verrauchung sowohl in Kopfhöhe wie oberhalb beziehungsweise unter der Decke gut dokumentiert. Der visuelle Eindruck, den die Probanden zu unterschiedlichen Zeitpunkten hatten, kann somit gut nachvollzogen und objektiv vergleichend bewertet werden. Die Tonaufnahmen der einzelnen Kamerastandorte dokumentieren auch die Geräuschkulisse, die Lüftergeräusche, die Durchsagen und einzelne laute Rufe von Probanden in den verschiedenen Abschnitten des Tunnelgeschehens gut. Grundsätzlich gelingt bei verteilten Aufnahmesystemen ohne zentralen Zeitgeber die Synchronisation der Aufzeichnungen nicht zu 100 % auf die Sekunde genau. Aus einer Kombination von elektronischen Zeitstempeln und visuellen Markern (markante Bewegungen von Personen oder Fahrzeugen, Türöffnungen) konnte jedoch eine sehr gute zeitliche Synchronisation der Aufnahmen erreicht werden.

Für die ersten Auswertungsschritte wurden die synchronisierten Videoaufnahmen mit Zeitstempeln ab Einfahrt in den Tunnel und ab erstem Anhaltezeitpunkt des ersten anhaltenden Fahrzeuges versehen. Die einzelnen Videostreams wurden konvertiert und in eine HTML-Seite eingebettet. Über das grün hinterlegte „Leitvideo“ können alle Videostreams synchron abgespielt und auch beliebig vor und zurück gescrollt werden. Mit einem Doppelklick kann ein Video auf Vollbilddarstellung in maximaler Auflösung gezoomt werden. Der Ton der Aufnahmen, die mit Ton aufbereitet wurden, kann einzeln zu oder abgeschaltet werden. Die Aufbereitung in dieser Form erlaubt, die Videodokumentation allen Projektpartnern zur Analyse zur Verfügung zu stellen. Sie ist zugleich die Plattform, auf der die Level 1 Analysen des Verhaltens durchführbar sind.

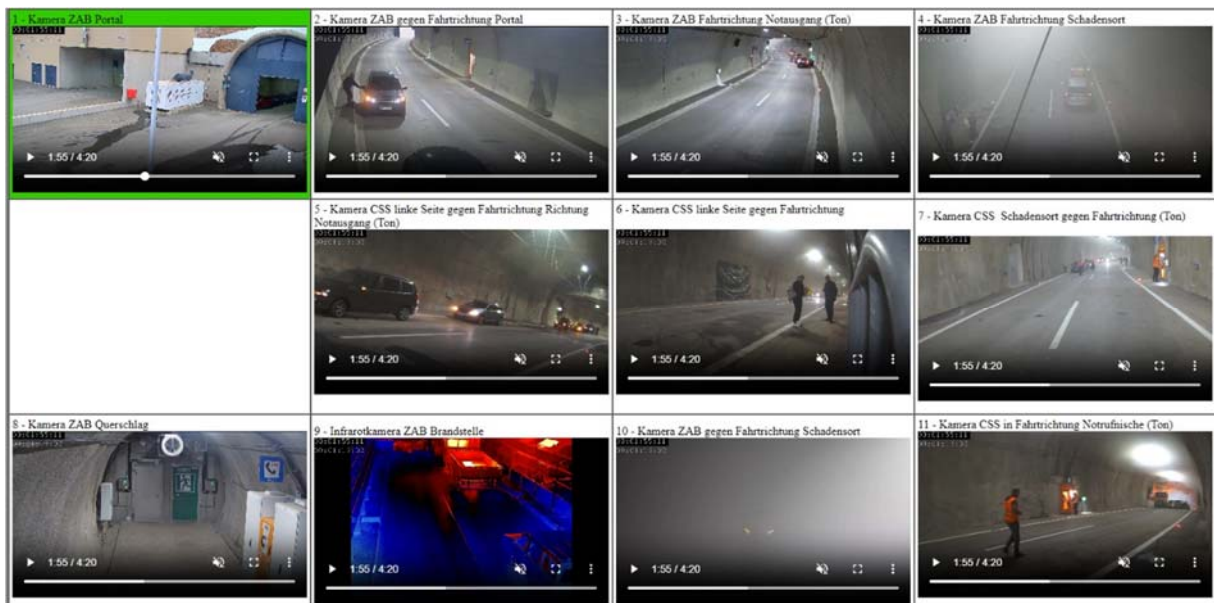


Bild 15: Synchroner Darstellung der Kameraperspektiven in der Dokumentation

Im Beispiel in Bild 15 ist gut zu erkennen, dass die unterschiedliche Höhe und Blickrichtung der Kameras die visuellen Eindrücke der Probanden auch hinsichtlich der Verrauchung gut dokumentiert. Obwohl Kaltrauch verwendet wurde, breitet sich vom Schadensort ausgehend eine anfänglich dünne Rauchspur unter der Decke aus, die dann mit Einsetzen der Lüfter erst verwirbelt und dann in Entlüftungsrichtung ausgeblasen wurde. Die Verrauchung direkt am Schadensort erschwert für die Probanden die visuelle Erfassung der Schadenssituation.

Wie von Mühlberger (2015, 2016) angeregt, wurden in Wagen mit mehreren Personen auch direkt Audioaufzeichnungen der Äußerungen und Gespräche durchgeführt. Um auch bei diesen Aufzeichnungen die Probanden möglichst wenig in ihrem Verhalten zu beeinflussen, wurden Aufnahmegeräte einfach direkt vor Versuchsbeginn mit Wissen der Probanden in das jeweilige Fahrzeug gelegt. Wie sich bei Tests zeigte, machen Hantiergeräusche der Insassen sowie die Fahrzeuggeräusche bei einer solchen Installation die Transkription schwierig, sie war aber letztlich möglich.

Verknüpfung der Datentypen

Um die Probanden möglichst wenig mit vorbereitenden Maßnahmen zu beeinflussen und sie möglichst schnell und direkt in das Geschehen zu bringen, wurde auf eine vorhergehende Markierung oder Nummerierung von Probanden, Fahrzeugen usw. verzichtet. Diese soziologische Vorgehensweise unterscheidet sich auch grundsätzlich von psychologischen oder medizinischen Experimenten. Daraus entsteht allerdings die Herausforderung, bei der Aufbereitung der Daten die unterschiedlichen Datentypen für die Auswertung möglichst genau zu verknüpfen, eine aufwendige und oft auch fehlerbehaftete Verfahrensweise.

Nach der Erfassung der Fahrzeuge der ersten Versuche, der Zuordnung von Personen beim Ausstieg und der Beschreibung visueller Merkmale sowie der Korrektur und Zuordnung der Fragebogendaten anhand der Videoaufzeichnungen lässt sich sagen, dass die Verknüpfung der Datentypen auch ohne vorherige Markierung nahezu lückenlos funktionierte.

Die qualitative Analyse von Videoaufzeichnungen und Tunnelinterviews erfordert einen rekursiven Prozess, in dessen Verlauf das vorliegende Material mehrfach durchgegangen werden muss. Fallen Verhaltensweisen in einzelnen Materialien neu auf erfolgt deren Codierung und Klassifizierung. Daraufhin müssen auch alle anderen Materialien nochmal auf die neu codierten Beobachtungen hindurchgegangen werden. Der Projektplanung folgend, erfolgt zuerst eine Analyse jedes einzelnen Datentyps und jedes einzelnen Versuches für sich, um dann über eine vergleichende Darstellung der einzelnen Versuche und eine Kombination der Datentypen weitere Erkenntnisse zu gewinnen.

8.2 Standardisierte Dokumentation und statistische Auswertung

Das Kapitel untergliedert sich, wie folgt: (1) die Dokumentation des Samples und der einzelnen Versuchsreihen, (2) die statistische Analyse des Verhaltens der Probanden insgesamt sowie von relevanten Subgruppen (Einzelfahrer und Gruppenmitglieder, Professionelle und Laien) und dessen Zusammenhang mit der Verhaltenssicherheit und dem Einfluss durch Andere. Abschließend werden (3) die Ergebnisse mit den objektiven Entfluchtungsparametern in Beziehung gesetzt und reflektiert.

8.2.1 Statistische Dokumentation des Gesamtsamples

Demographische Dokumentation

Die Erhebung fand zu zwei Zeitpunkten statt. Insgesamt wurden sieben Einzelversuche (EV) und fünf Gruppenversuche (GV 1-5) durchgeführt. Tabelle 2 listet die Verteilung der Versuchsteilnehmer und Fahrzeuge auf die Versuchsreihen auf. Die Probandenzahl der Gruppenversuche bewegt sich zwischen 12 und 14 Personen pro Versuch. Diese verteilen sich auf sieben bis zehn Fahrzeuge.

	Versuchsreihe	Probanden/Fahrzeuge			Altersverteilung			Geschlecht	
Datum	-	Probanden	Anzahl PKW	Besetzung	M	SD	Min; Max	m	w
	EV	7	7	1	58,4	7,1	46; 66	5	2
10. Feb	GV 1	13	8	1,6	52	9,3	30; 65	7	6
	GV 2	14	7	2	52,5	12,9	25; 67	8	6
26. Apr	GV 3	12	10	1,2	45,2	11,7	27; 71	5	7
27. Apr	GV 4	13	7	1,9	40,1	13,8	21; 61	4	9
	GV 5	14	8	1,8	45,1	17,4	17; 69	8	6
Gesamt	13	73	47	1,6	48,2	13,7	17; 71	37	36

Tabelle 3: Fahrzeug- und Probandenstatistik nach Versuchsreihe

GV 3 weicht hierbei von den übrigen Gruppenversuchen ab, da sich die minimale Personenanzahl auf die maximale Anzahl an PKW verteilt. Mit einem durchschnittlichen Besetzungsgrad von 1,2 entspricht sie in etwa dem regulären Pendlerverkehr (1,1 Personen pro

PKW). Die übrigen Gruppenversuchsreihen bewegen sich in ihrem Besetzungsgrad zwischen 1,6 und 2 und somit über dem durchschnittlichen Besetzungsgrad (1,5). GV 1 und GV 3 weisen den höchsten Anteil an einzelnen Personen in den Fahrzeugen aus. Nach Besetzungsgrad und Bandbreite der initialen Fahrzeugbesetzungen können die Versuche GV 2, 4 und 5 einer Hauptreisezeit gemäß der Probandenmatrix zugeordnet werden. Der GV 3 entspricht einer zu erwartenden Besetzung im Berufsverkehr, während der GV 1 zwar viele Einzelfahrer aufweist, aber durch einige Mehrfachbesetzungen einen höheren Besetzungsgrad erzielt.

Das durchschnittliche Alter des Gesamtsamples liegt bei ca. 48 Jahren und ist relativ hoch. Es werden allerdings alle Altersgruppen zwischen 17 bis 69 abgedeckt. Der hohe Wert kommt durch ein Übergewicht der Altersgruppe zwischen 50 bis 69 zustande. Altersgruppen zwischen 17 und 29 werden untererfasst. Dies resultiert auch in einen hohen Altersdurchschnitt in den einzelnen Versuchen. Dieser nimmt schrittweise ab. Um auch jüngere Altersgruppen abzubilden, wurde nach den ersten beiden Versuchen gezielt nachgesteuert. In der Versuchsreihe 3 resultiert der Durchschnitt durch eine Stärkung der Altersgruppe von 30 bis 39. In den letzten Versuchsreihen wurde das niedrige Durchschnittsalter durch eine Mobilisierung junger Probandinnen zwischen 20 und 29 erzielt. Das Alter der Personen in den Einzelversuchen ist hoch und die Streuung um den Altersdurchschnitt ist relativ gering, während die schrittweise anwachsende Standardabweichung der Gruppenversuche die zunehmende Ausschöpfung des Altersspektrums widerspiegelt. Insgesamt muss man dennoch von einem leicht überalterten Sample sprechen. Bild 16 verdeutlicht das schrittweise abnehmende Alter in den Versuchen. GV 3 und 4 zeichnen sich, wie aus Tabelle 2 hervorgeht durch eine steigende Variation der Probanden aus. Die Sub-Samples bestehen dahingehend aus einigen eher älteren (über 60) und eine steigende Anzahl relativ junger Probanden.

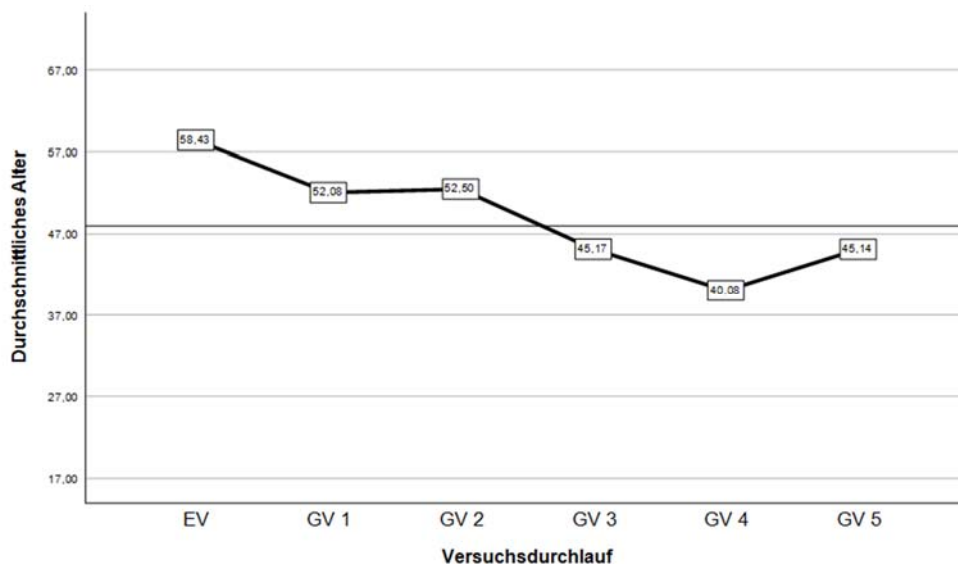


Bild 16: Durchschnittliches Alter der Versuchsdurchläufe

Geschlecht ist über die Versuchsreihen hinweg annähernd gleich verteilt. Allein in den Einzelversuchen sind Männer stark überrepräsentiert. Für das Gesamtsample ergibt sich für Männer und Frauen ein Verhältnis von 37:36. In den Gruppenversuchen sind Männer

leicht überrepräsentiert. Die Ausnahmen bilden die Versuche drei und vier (je 5:7, 4:9). Es ist allerdings festzuhalten, dass Männer eher die Fahrer, Frauen eher die Beifahrer darstellen (vgl. Bild 17). Frauen sind in den GV 3 und 5 mit insgesamt zehn Fahrerinnen stärker in dieser Kategorie repräsentiert (vgl. Bild 19).

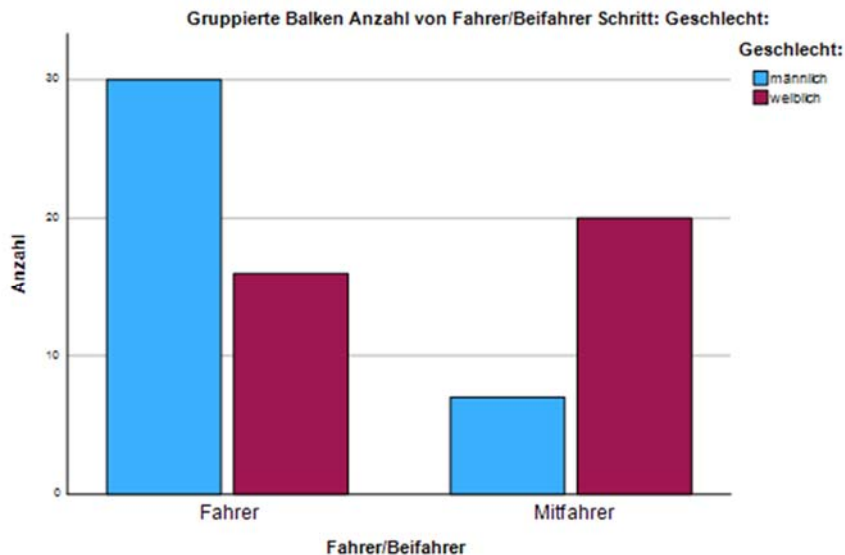


Bild 17: Geschlecht und Anzahl Fahrer und Beifahrer

Neben der Alters- und Geschlechtsverteilung sowie dem Besetzungsgrad stellte die Fahrpraxis für die anvisierte Stichprobe einen zentralen Referenzpunkt dar. Insgesamt ist die Fahrpraxis für das Sample und die einzelnen Versuchsreihen durchgehend hoch. Dies gilt für beide Indikatoren der Fahrpraxis: gemessen in Jahren und in Jahreskilometern. Die Fahrpraxis gemessen in Jahren ist entsprechend des hohen Durchschnittsalters hoch, da die meisten Probanden über einen Führerschein seit dem 18. Lebensjahr verfügen. Was die durchschnittliche Fahrleistung pro Jahr betrifft, so wurde das gesamte Spektrum an Fahrtypen ausgeschöpft. Es finden sich aber auch viele Vielfahrer in den einzelnen Versuchsreihen. Die Mehrzahl der Probanden fährt über 12.000 km pro Jahr. Dies gilt für alle Versuchsreihen. Auch der Anteil an Vielfahrern über 18.000 oder gar 26.000 Kilometern pro Jahr ist stark ausgeprägt. Dies wird in Bild 18 dargestellt.

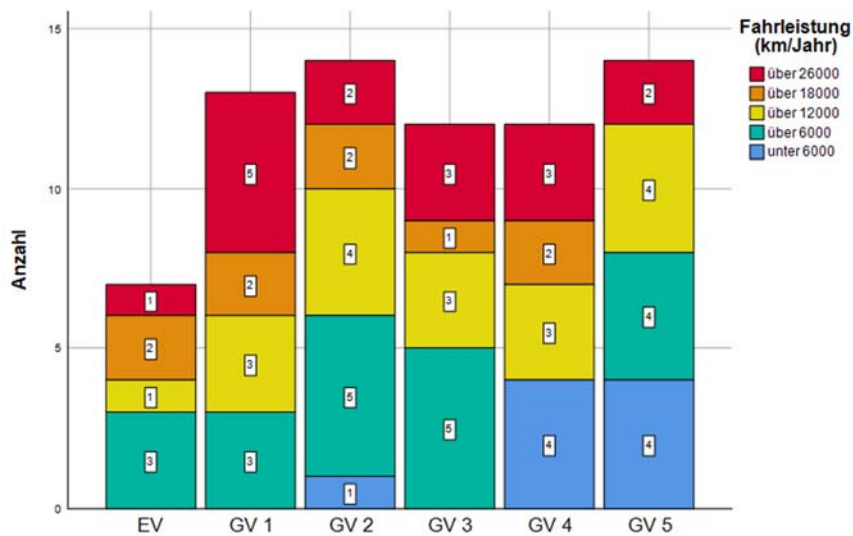


Bild 18: Durchschnittliche Fahrleistung nach Versuchslauf

Beziehungskonstellationen und professionelle Rollenträger

Für die Dokumentation der Gruppenbildungs- und gruppendynamischen Prozessen wurden rolleninduzierte und spontane Gruppen unterschieden. Eine Form rolleninduzierter Gruppen stellen vordefinierte Beziehungsrollenkonstellationen dar. Diese bilden in den Gruppenversuchen die Besetzung eines Wagens. Gemeint sind Paare, Bekannten- und Freundesgruppen. Die Annahme lautete, dass solche lebensweltlichen Gruppen auch in Unfallsituationen Entscheidungs- und Verhaltensgruppen bilden, sich die Beziehungsgruppen in rolleninduzierte Krisengruppen fortbilden.

Eine weitere Unterkategorie bilden Professionelle und Laien. Eine Teilgruppe wurde im Kontext von vorherigen Tunnelversuchen von der wissenschaftlichen Literatur identifiziert. Es handelt sich um Personen, die beruflich als Fahrer tätig und in der Regel über relevantes Vorwissen und Fahrerfahrung verfügen. Als weitere Teilgruppe wurden Personen bestimmt, die über ein situationsspezifisches Vorwissen verfügen: Personen, die beruflich oder ehrenamtlich in der Gefahrenabwehr, in der Feuerwehr oder dem Sanitätswesen tätig sind. Es wurde davon ausgegangen, dass diese aufgrund ihrer rollenspezifischen Selbsterwartung und ihrem Erfahrungsschatz ebenfalls handlungsanleitend tätig werden. Explizit wurde nach einer Tätigkeit in einem für das Szenario relevanten Sicherheitsbereich gefragt. Hiervon haben sich zwei weitere Berufsgruppen angesprochen gefühlt. Zwei Probanden sind im Bereich des Brandschutzes und in der Gebäudesicherheit tätig, zwei weitere im Bereich der (stationären) notfallmedizinischen Versorgung. Letztere nahmen allerdings in den Versuchen keine handlungsanleitende Rolle ein.

Es kommt hierbei oft zu einer Schnittmenge von Beziehungs- und professionellen Rollen, etwa hinsichtlich Professioneller, die sich zugleich in Beziehungskonstellationen befinden, etwa mit ihrem Partner am Übungsgeschehen teilnehmen.

Beziehungsrollen wurden über die standardisierte Befragung (Beziehung zu Wageninsassen) und über die qualitative Nachbefragung (Beziehung zu Wageninsassen, Beziehungen über PKW hinweg) erhoben. Bild 19 gibt die Beziehungsrollen der Wageninsassen zu dem

jeweiligen Fahrer wieder. Der dominante Gruppentyp ist das Paar aus zwei partnerschaftlich verbundenen Probanden (Pärchen und Ehepaare). Freundschafts- und Bekanntengruppen – Paare und Triaden – markieren den zweistärksten Gruppentypen. Größere Gruppen aus vier Personen setzen sich zumeist aus einem Paar, deren Kindern oder befreundeten/bekannten Einzelpersonen zusammen.

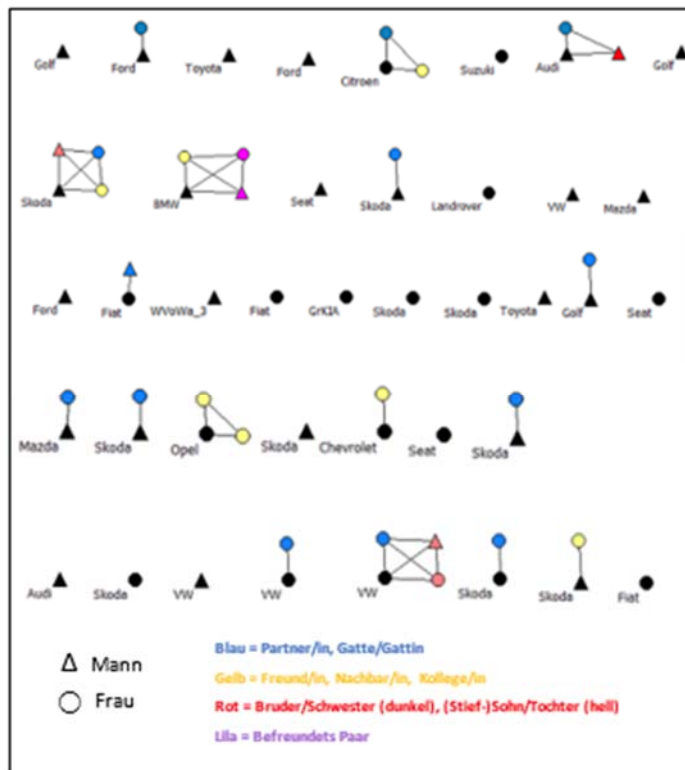


Bild 19: Beziehungsrollen

Für die Gruppenversuche gilt: GV 1 definiert sich durch Einzelfahrer und Dreier-Gruppen, GV 2 durch Großgruppen und Einzelfahrer. GV 3 definiert sich durch Einzelfahrer und Paarbeziehungen innerhalb und zwischen PKW, sowie die Anzahl der Fahrzeuge (10 Reihenplätze). GV 4 ist jener mit dem geringsten PKW-Aufgebot (7 Reihenplätze) und wird überwiegend durch Paarbeziehungen dominiert. GV 5 variiert zwischen Einzelfahrern der vorderen Reihenplätze und Gruppen. Insgesamt ist für die Gruppenversuche anzumerken, dass lediglich 22 Personen Einzelfahrer waren. 46 Personen (ca. 68 %) waren in (Beziehungs-)Gruppen eingebunden und haben sich mit mindestens einer bekannten Person im Übungsgeschehen bewegt.

Beziehungsgruppen	Paare (Dyaden)	Dreier-Gruppe	Großgruppe (mind. 4)	Einzelpersonen
Anzahl	10	3	3	22
Partnerschaft	9	2	3	-

Verwandte	0	1	2	-
Freunde/Bekannte	2	2	2	-

Tabelle 4: Gruppengröße und Beziehungstypen

Professionelle Rollenträger sind im übergreifenden Sample stark vertreten. Vor allem haben viele Personen teilgenommen, die ehrenamtlich oder beruflich in der Gefahrenabwehr, als Feuerwehreinsatz- oder Sanitätskräfte tätig waren oder sind. Berufsfahrer bilden eine weitere, kleinere Teilgruppe. Erstere wurden in der übergreifenden Entfluchtungsfor- schung, letztere speziell in den Kontexten von Verkehrstunneln als normative Rollenträger identifiziert. Diese Rollenträger intervenieren öfter bei problematischen Verhalten Dritter und werden oftmals anleitend tätig. Im Falle der Berufsfahrer wurde dies in unseren Ver- suchen nicht beobachtet. Sie waren allerdings auch als Privatpersonen vor Ort. Proban- den, die in der Gefahrenabwehr tätig waren, zeichnen sich demgegenüber durch abwei- chende Tätigkeitsprofile aus und intervenierten auch in relativer Hinsicht öfter als Proban- den der übrigen relevanten Subgruppen. Standardisiert abgefragt wurde die Tätigkeit in diesen Feldern, nicht aber direkt, ob diese aufgrund dieser Tätigkeit interveniert haben. Vorerst werden relevante Professionelle gekennzeichnet, nicht aber, ob diese tatsächlich in ihrer Rolle aktiv geworden sind. Darauf wird in der Video- und qualitativen Analyse ein- gegangen. Tabelle 5 schlüsselt diese nach der Versuchsreihe und der professionellen Kate- gorie auf. Die Gesamtzahl ist mit einem Anteil von 30 % (22 von insgesamt 73 Probanden) relativ hoch. Potenzielle professionelle Rollenträger bilden bis auf GV 5 einen großen An- teil der Probanden des jeweiligen Sub-Samples.

	Gefahrenabwehr		Sonstige Sicherheitsfelder		Berufsfahrer		
(G)V	Feuerwehr	Rettungs- dienst	Brand- und Gebäude- sicherheit	Med. Vorsor- gung	LKW-Fahrer	Sonstige Fahrer	Gesamt (%)
(E) 0	1	1	0	0	0	0	2 (29 %)
1	3	1	1	0	1	0	6 (46 %)
2	2	0	0	1	1	0	4 (29 %)
3	3	1	0	1	0	0	5 (42 %)
4	0	0	1	0	1	2	4 (31 %)
5	0	0	1	0	0	0	1 (7 %)
Gesamt	9	3	3	2	3	2	22 (30 %)

Tabelle 5: Professionelle Probanden nach Versuchsreihe

An der Spitze befinden sich Akteure im Bereich der Gefahrenabwehr, namentlich Angehö- rigte der Feuerwehr (9) und des Rettungsdienstes (3). Sie konzentrieren sich auf die ersten drei Gruppenversuche. Die übrigen Kategorien verteilen sich annähernd gleich über die Gruppenversuche.

In der Regel wird im Falle eines professionellen Hintergrundes auch ein spezifisches Vor- wissen beansprucht, das sich in einer besseren Lageerkennung (8 Personen) oder Lagebe- wältigung (situative Ruhe, Initiative ergreifen, 8 Personen) und Fremdschutzkonzepten

(nach Verletzten sehen, 6 Personen) ausdrückt. Es gibt hier einen starken Schnittpunkt mit biographisch relevanten Ereignissen, die nach Selbstauskunft, zur Szenariobewältigung vorteilhaft waren. Lediglich 10 (von 51) Laien geben einen solchen Erfahrungskontext gegenüber 9 (von 21) Professionellen an. Die Freitext-Angaben von Letzteren sind hierbei detaillierter als diejenigen der Laien, die einzelne Details hervorheben, die für die eigentliche Entfluchtung von eher untergeordneter Bedeutung sind (Warnweste anziehen, Zündschlüssel abziehen, oft im Rahmen von Verkehrsschulungen). Diesbezüglich konzentriert sich das effektive Vorwissen auf die professionellen Rollenträger. Dies gilt für die standardisierte Dokumentation. Es hat sich, um vorwegzugreifen, in den qualitativen Interviews und der Videobeobachtung gezeigt, dass auch einige Laien über effektives Vorwissen verfügen, dieses aber nicht im standardisierten Textfeld angeben. Vorwissen wird in der standardisierten Abfrage untererfasst. Dies liegt wahrscheinlich daran, dass Probanden entweder zuvor schon im Rahmen der qualitativen Nachbefragung darauf verwiesen haben oder dass Probanden sich über das Vorhandensein und den Erwerbungskontext des sich in spezifischen Handlungssequenzen manifestierenden Vorwissens schlichtweg unsicher sind.

Tabelle 6 listet die Rollenträger nach ihrem jeweiligen Reihenplatz in den Gruppenversuchen auf.

	Professioneller/Reihenplatz					
GV	1. Prof.	2.	3.	4.	5.	6. Prof.
	Reihenplatz (Besetzung)					
1	1 (E)	5 (3er)	5 (3er)	6 (E)	7 (3er)	8 (E)
2	1 (4er)	1 (4er)	5 (E)	7 (E)	-	-
3	3 (2er)	6 (2er)	7 (2er)	8 (2er)	10 (E)	-
4	1 (2er)	3 (3er)	4 (E)	7 (2er)	-	-
5	8 (E)	-	-	-	-	-
EV	2 (E)	-	-	-	-	-
Begriffe	E = Einzelfahrer, 2er = Paar, >2 Gruppe					

Tabelle 6: Professionelle Probanden nach Reihenplatz

8.2.2 Statistische Dokumentation des Versuchsablaufes

Zur Repräsentativität der Stichprobe und Charakterisierung des Samples

Die Zielpopulation stellte die durchschnittliche Fahrbevölkerung Deutschlands dar. Hierbei sollte das Altersspektrum von 18 bis 70 Jahren abgedeckt werden. Weitere Referenzgrößen bildeten die durchschnittliche Fahrleistung und der Besetzungsgrad. Letzterer wurde in Berufs- und Hauptreisezeit aufgeteilt. Von der Verteilung innerhalb der Zielpopulation abweichend wurde eine Gleichverteilung von Frauen und Männern mit Ausnahme des

männerlastigen Berufsverkehrs angestrebt. Um den höheren Besetzungsgrad der Hauptreisezeit zu erreichen sowie Beziehungsdynamiken und damit assoziierte gruppendynamische Effekte zu untersuchen, wurden gezielt lebensweltliche Gruppen in der Akquise angesprochen. Für die Untersuchung gruppendynamischer Effekte auf Basis von Professionellen-Laien Beziehungen waren potenzielle professionelle Rollenträger erforderlich und ausdrücklich erwünscht.

Die Wagenbesetzung des Berufs- und Reiseverkehrs konnte abgebildet werden. Die GV 1 und 3 bilden hierbei den einzelfahrerlastigen Berufs- bzw. Pendlerverkehr, die Gruppenversuche 2, 4 und 5 des gruppenlastigen Reiseverkehrs. Der mittlere Besetzungsgrad ist in jedem Fall etwas als in der Zielpopulation und das Gesamtsample wird dementsprechend von Gruppen dominiert. Es wurde allerdings kein konsequenter Verhaltens- und Entfluchtungsunterschied zwischen Einzelfahrern, Paaren und größeren Gruppenkonstellationen festgestellt. Dahingehend spielt der in den einzelnen Reihen höhere Besetzungsgrad, was die Gruppenzusammenhänge angeht, keine messbare Rolle. Dies ist für den Berufsverkehr GV 1 und 3 der Fall. Ebenso gilt, dass es kaum einen Unterschied macht, ob in den einzelnen Versuchen der Hauptreisezeit mehr oder weniger Paare oder Großgruppen teilnahmen.

Die Geschlechterverteilung in den einzelnen Gruppenversuchen ist nicht mit der Differenzierung in Berufs- und Freizeitverkehr kongruent. Weibliche Probandinnen dominieren in den GV 3 und 4 resp. einmal im Berufs- und einmal im Freizeitverkehr. Bei den in den Versuchsreihen recht kleinen Fallzahlen stellt das Ungleichgewicht eine zu vernachlässigende Größe dar. Spezifische Verhaltensvarianten finden sich über die Versuche hinweg sowohl bei Männern als auch bei Frauen. Angesichts des Spektrums an getätigten Verhaltensweisen lassen sich hier auch keine systematischen Unterschiede aufzeigen. Der Bias im Alterspektrum führt aus denselben Gründen wie beim Geschlecht zu keiner Verhaltenstypologie, die sich nach Altersklassen bestimmen würde. Innerhalb der Gruppenversuche bestehen große Altersunterschiede zwischen einzelnen Probanden. Es befinden sich zugleich recht junge und ältere Menschen in derselben Situation ohne, dass es zu systematischen Verhaltensunterschieden kommt. Auch hier gilt, dass Gruppeneffekte als Drittvariable intervenieren. Dementsprechend gilt, dass demographische Abweichungen von der Idealstichprobe sich nicht statistisch nachweisbar auf das Übungsgeschehen auswirken. Gerade im Kontext von Unfallszenarien mit hohem Besetzungsgrad resp. einem hohen Anteil an lebensweltlichen Gruppen wird der Effekt von demographischen und übergreifend von Individualmerkmalen über die Abhängigkeit der Fälle zueinander – im Rahmen von gruppendynamischen und Gruppierungseffekten – negiert.

Eine Limitation der Aussagekraft ergibt sich für die Gruppenversuche insgesamt hinsichtlich der Gruppendichte. Bei den Übungen haben wir es mit einer relativen kleinen Probanden- und Fahrzeugzahl zu tun. Das bedeutet zwar zum einen, dass gruppendynamische Effekte, was Gruppengröße und das Spektrum an Beziehungskonstellationen angeht, sehr gut abgebildet werden konnten. Zum anderen bedarf es allerdings einer weiterführenden Kontrastierung dieses Samples mit Versuchen, die sich durch einen höheren Anteil an Einzelfahrern auszeichnen. Hier könnte es zu Abweichungen etwa in der Interaktionsdichte kommen und sich der Einfluss von Individualmerkmalen einerseits, von (einseitigen) Gruppierungseffekten andererseits erhöhen. Ein höherer Anteil an zu beobachteten spontanen Gruppenbildungen (zwischen Unbekannten) kann ebenfalls nicht ausgeschlossen werden. Des Weiteren wurden keine Crowding-Effekte beobachtet. Solche Effekte, die vor allem durch ein dichtes Probandenaufkommen in anderen Entfluchtungskontexten beobachtet werden, sind folgend gekennzeichnet: Es kommt zu einer kritischen Masse an Probanden,

die einen bestimmten Fluchtpfad nutzen, wodurch Gruppierungseffekte invers werden. Zeichnen sich diese zuerst dadurch aus, dass die Wegwahlentscheidung eines Probanden zugunsten eines Pfades ausfällt, der von anderen sichtbaren Probanden genutzt wird, so führt das „Over-Crowding“ dazu, dass dieser Effekt sich verkehrt. Einfacher ausgedrückt: wird eine Stauung beobachtet, so werden abweichende Fluchtpfade gewählt. Bei der relativ geringen Probandenzahl wurden solche Effekte als wenig wahrscheinlich angesehen. Die Versuche geben über die Möglichkeit solcher Prozesse bei höherem Probandenaufkommen oder anderen Tunnelanlagen keine Auskunft. Problematisch erscheint die Überrepräsentanz professioneller Rollenträger, vor allem der Feuerwehreinsatzkräfte, und deren Konzentration auf die ersten drei Versuchsreihen. Die Untersuchung des Verhaltens dieser Personen, wie von ihnen ausgehende Gruppierungs- oder gruppendynamische Effekte bilden deshalb auch einen Teilschwerpunkt sowohl der qualitativen wie quantitativen Auswertung. Der Anteil ist in quantitativer Hinsicht assoziiert mit durchschnittlich besseren Entfluchtungsparametern. Der Einfluss der Professionellen wird im Zuge der qualitativen Rekonstruktion der Evakuierungsdynamik der einzelnen Versuchsreihen im Rahmen der integrierten Analyse ausführlich beschrieben und infolgedessen qualitativ bestimmt.

Nachfolgendes Kapitel zeichnet die Versuchsdurchläufe anhand der standardisierten Daten nach. Es folgt einer chronologischen und vergleichenden Struktur. Die Abschnitte untergliedern sich in Gefahrenwahrnehmung und Erstreaktion, die Selbst- und Fremdwahrnehmung der Probanden zu den Zeitpunkten t1 und t2, sowie das Evakuierungsverhalten (Fluchtentscheidung und Fluchtwegfindung).

Der Zeitpunkt t1 wird durch den erzwungenen Halt objektiv festgelegt. Der anschließende Zeitpunkt t2 umfasst den daran anschließenden Entscheidungs- und Handlungsprozess. Ein weiterer Zeitpunkt t3 sollte den objektiven Zeitpunkt markieren, indem über das Einsetzen der Durchsage (60s nach Halt des ersten Wagens) den Probanden eine formelle Erklärung der Situation und explizite Handlungsanweisungen (Aufforderung zur Evakuierung) zur Verfügung stehen. Der Beginn des Zeitpunktes T3 konnte von den Probanden nicht gleichförmig identifiziert werden. Somit kann man bei t3 keinesfalls von einem objektiven Zeitabschnitt sprechen. Viele Probanden verstanden den Inhalt der Durchsage nicht. Schwerwiegender ist aber, dass bei vielen eine Unklarheit herrscht, wann die Durchsage eingesetzt hat. Gerade bei einer generell hohen Lärmbelastung unterschreitet die Durchsage die Wahrnehmungsschwelle der Probanden. Dies betrifft in der Regel die vorderen und die mittleren Reihenplätze. Dies drückt sich im Antwortverhalten der Probanden aus, die entweder vermuten, bei Einsetzen der Durchsage schon den Tunnel verlassen zu haben oder wiederholen das Antwortmuster des vorhergehenden Abschnitts zum Zeitpunkt t2. Man muss hier von einer mangelhaften Reliabilität der Angaben zum Zeitpunkt t3 bezüglich des Verhaltens und der Selbsteinschätzung zur Verhaltenssicherheit und der Orientierung an anderen ausgehen. Hier sinkt die Fallzahl schlagartig ab. Ein größerer Teil derjenigen, die hier Antworten geben, schreiben die Antworten im vorherigen Zeitabschnitt lediglich fort. Dahingehend werden nur die ersten beiden Zeitabschnitte berücksichtigt. Die Ausnahme bildet die Variable der Situationswahrnehmung, da hier eine vergleichbar große Anzahl der Probanden noch differenzierte Angaben macht.

Assoziationsmaße und Mittelwertvergleiche zwischen den relevanten Subgruppen sind i.d.R. nicht-signifikant und werden dementsprechend markiert. Dies liegt zum einen an der geringen Fallzahl der Probanden. Des Weiteren reduziert sich diese Fallzahl beim (Sub-)Gruppenvergleich durch die Bildung der genannten überlappenden relevanten Kategorien wie Einzelfahrer, Gruppenmitglieder, Professionelle und Laien. Beziehungen zwischen

Merkmale, die als Individualmerkmale interpretiert werden, sind angesichts der Abhängigkeit der Fälle in den einzelnen Gruppenversuchen voneinander auch nur mit extremer Vorsicht zu interpretieren. Besonders infolge gruppeninterner Abstimmungsprozesse sowie von Gruppierungsverhalten ist eine prozessorale Angleichung von Verhaltensweisen zu konstatieren. Besonders ausgeprägt ist dies beim Evakuationsverhalten, das sich zeitlich nach den jeweiligen Versuchsreihen strukturiert. Infolgedessen ist auch keine Verhaltenstypologie anhand individueller und demographischer Merkmale abbildbar. Dies zeigt sich insbesondere im Spiegel der objektiven, ingenieurwissenschaftlich erhobenen Entfluchtungsparameter, deren Unabhängigkeit von zentralen demographischen und Einschätzungsvariablen mit ihrer Abhängigkeit vom jeweiligen Gruppenversuch zusammenfällt. Dieser Sachverhalt wird im abschließenden Kapitel der standardisierten sozialwissenschaftlichen Analyse besprochen.

Erzwungener Halt und Erstreaktion

Die initiale Erkennung eines möglichen Unfallzusammenhangs ist größtenteils durch die Rangfolge der Reihenplätze determiniert. Dieser Unterschied drückt sich auch zwischen den Einzel- und Gruppenversuchen aus, da die Probanden der Einzelversuche immer den 1. Reihenplatz belegen.

Das Feuer wird nur vereinzelt als Gefahrenquelle erkannt (5 Fälle). In der Regel wird es nur von den vorderen Reihenplätzen (1-3) identifiziert. Die allermeisten Probanden nehmen den Rauch als ersten Hinweis eines außergewöhnlichen Geschehens wahr, wobei ein vorderer und mittlerer Reihenplatz dies stark begünstigt. Die Warnblinkanlage und der Bremsvorgang vorhergehender Fahrzeuge werden eher von den mittleren und hinteren Fahrzeugen als erster Hinweis erkannt. Für diese Fälle weist zuerst nichts Genauereres auf einen Unfall mit Brandentwicklung hin. Tabelle 7 führt die inversen Verteilungen nach dem relativen Reihenplatz auf. In Klammern stehen die Ergebnisse der Einzelversuche, die sich analog zu den Gruppenversuchen vornehmlich auf die anfängliche Rauchentwicklung beziehen.²

	Vordere Reihe	Mittlere Reihe	Hintere Reihe	Gesamt	Cramer-V
Rauch	21 (4)	14	6	41	0,433*
Warn blinker	5 (2)	12	14	31	0,405*
Bremsvorgang	1 (0)	6	6	13	0,292
Feuer	4 (1)	0	1	5	0,433**
*Signifikanz < 0,01, ** nicht signifikant (geringe Fallzahl)					

Tabelle 7: Wahrnehmung im Zuge der Erstreaktion nach Reihenplatz

Die Frage zum Lageüberblick (Wie gut konnten Sie erkennen was vor sich geht, 10-stufige Likert-Skala) zum jeweiligen Zeitpunkt (t1, t2, t3) drückt einen nur mosaikartig gegebenen

² Die Warnblinkanlage, auf welche sich zwei Einzelfahrer beziehen, ist diejenige des verunfallten Fahrzeugs.

Informationsstand aus. Dieser wird vornehmlich durch den Reihenplatz vermittelt wird. Vor allem die hinteren PKW nehmen anfänglich nur die Reaktion der mittleren wahr. Diese Wirkung der Wagenreihung auf das Situationsbewusstsein setzt sich in der Eigenbeurteilung zur Vollständigkeit des Lagebildes zu den Zeitpunkten t1 bis t3 fort. Der zeitliche Verlauf – Rauchentwicklung, eventuelle Tätigkeiten anderer Versuchspersonen, Sichtung der Gefahrenstelle und Notfallbeschilderung – ist hierbei ein klarer Eigenfaktor der Lageerkennung und steigt im Mittel zum dritten Zeitpunkt hin (allerdings abnehmend) an.

Wie gut konnten Sie zum jeweiligen Zeitpunkt erkennen, was vor sich geht?				
Reihenplatz (Relativ)		t1	t2	t3
Vorne	Mittelwert	5,1	6,4	7
	Std.-Abweichung	2,78	2,2	2,3
	N	27	26	11
Mitte	Mittelwert	4,8	6	5,8
	Std.-Abweichung	2,7	2,5	2,7
	N	24	24	18
Hinten	Mittelwert	3,8	4,9	5,2
	Std.-Abweichung	2,7	2,7	2,9
	N	22	22	16
Insgesamt	Mittelwert	4,6	5,8	5,9
	Std.-Abweichung	2,7	2,5	2,7
	N	73	72	45
Signifikanz		0,25	0,097	0,239

Tabelle 8: Reihenplatz und Wahrnehmung

Tabelle 8 listet die ermittelten Zeitpunkte (t1, t2, t3) der Lagewahrnehmung in Abhängigkeit vom Reihenplatz auf. Der initiale Wert sowie der Anstieg der Lageerkennung sind für die vordere Reihe am besten. Sie erreicht im Schnitt über den Gesamtverlauf mit 4,6 (t1) bis 5,9 (t2) allerdings keine allzu hohen Werte. Die schwächsten Werte weisen die Probanden der hinteren Reihen (6-10) auf, deren Lagebild sich erst zum letzten Zeitpunkt leicht angleicht. Es muss angeführt werden, dass die Unterschiede zwischen den Gruppen(mitteln) zu keinem Zeitpunkt signifikant sind. Die gemessen an der Skalierung recht hohe Standardabweichung spiegelt auch die Unterschiede innerhalb der Probanden wider, welche denselben relativen Reihenplatz belegen. Dies liegt an drei zentralen Faktoren, die die Klarheit des Trends in seiner Aussagekraft einschränken. Erstens gibt die relative Position

des Wagens nicht das Bewegungsverhalten der Probanden wieder. In einigen Fällen erfolgt im Zuge der Exploration eine Bewegung der mittleren oder hinteren Probanden zu der Gefahrenstelle. Zweitens interveniert die unterschiedliche Verteilung der Professionellen auf die einzelnen Fahrzeugkolonnen mit der diesbezüglichen Verteilung der Informationslage. Deren Lageüberblick bewegt sich in den Gruppenversuchen mit 4,9 um 0,6 Punkten über denjenigen der Laien, bleibt erstaunlicherweise zu t2 konstant und steigt dann auf einen Finalwert von 6,8 (im Vergleich zu 5,3 der Laien) sprunghaft an. Da sich die Experten in den ersten Versuchen gleichmäßig auf die relativen Positionen verteilen, bricht dieses veranschlagte Lagewissen den reihenmäßigen Trendverlauf auf. Drittens gibt der relative Reihenplatz nicht die physische Entfernung des PKW zur Gefahrenstelle wieder.

Der Mittelwert der Einzelversuche ist auf Grund der geringen Fallzahl nicht sinnvoll berechenbar. Ein hoher Wert kommt durch die beiden Professionellen zustande, die eine initiale Lageerkennung mit dem Wert 9 als beinahe vollumfänglich markieren. Eine Untergliederung der Einzelversuche in Professionelle und Laien ist auf Basis der geringen Fallzahl ebenfalls nicht zielführend. Es zeigt sich ein steigender zeitlicher Trend analog zu den Gruppenversuchen.

Selbsteinschätzung der Probanden zur Verhaltenssicherheit und Orientierung an anderen Personen

Das theoretische Modell sieht eine steigende Verhaltenssicherheit der Probanden bei wachsendem Informationsstand vor. Die Rauchdynamik, die Sichtung der Notfallbeschilderung und –architektur, die insgesamt Informationserfassung und Verarbeitung sollten sich positiv auf das Sicherheitsgefühl der Probanden auswirken, was die eigene Entscheidung betrifft. Eine Aufklärung der Gesamtlage, so das theoretische Modell, bildet das informativ gesättigte Fundament einer sicheren Entscheidung.

In der diffusen Anfangsphase wurde, da noch keine klaren Informationen vorliegen, eine stark ausgeprägte Orientierung am Verhalten Dritter im Sichtbereich der Probanden vermutet. Diese Orientierung nimmt hypothetisch ab, wenn die Situation klar umrissen und eine sichere Entscheidung getroffen wurde. Informative Klarheit führt zu einer höheren Verhaltenssicherheit und einer abnehmenden Orientierung an andere, unbekannte Personen. Es wird angenommen, dass sich Personen konstant an Bekannte resp. ihre Gruppe orientieren.

Verhaltenssicherheit und Orientierung an Anderen

Die Verhaltenssicherheit zum jeweiligen Zeitpunkt wurde über Fragen zum situativen Kontrollempfinden ermittelt. Zwei Fragen bezogen sich zum jeweiligen Zeitpunkt hierbei auf die Sicherheit zu wissen was zu tun sei, sowie zum Empfinden, die Situation unter Kontrolle zu haben. Die beiden anderen Fragen bezogen sich auf die eingeschätzte Kompetenz zur Selbstrettung im Tunnel und auf das Vertrauen in die Notfall-Ausstattung desselben. Es hat sich gezeigt, dass die ersten und letzten Indikatoren stark miteinander korrelieren. Tabelle 9 stellt einen Mittelwertvergleich zu den Zeitpunkten t1 und t2 zur Verhaltenssicherheit dar. Die Selbsteinschätzung zur Sicherheit zu wissen was zu tun sei und situativen Kontrolle fallen zu Beginn im Versuchssample mittelmäßig aus und variieren stark unter den Versuchsteilnehmern. Sie steigen im Mittel konsequent über den Versuchsverlauf. Stärke, Anstieg und Varianz unterscheidet sich stark von den letzteren Indikatoren. Die Werte sind hierbei initial hoch angesetzt, weisen kaum Varianzen auf und steigen nur geringfügig an. Insgesamt wird die Tunnelausstattung und die damit assoziierte Selbstrettungskompetenz als sehr hoch eingeschätzt (7,9 und 8,6). Die Werte bleiben konstant. Für die Variable „Verhaltenssicherheit zum jeweiligen Zeitpunkt“ wurden nur die ersten beiden, stark korrelierenden Indikatoren berücksichtigt.

Der Anstieg der Verhaltenssicherheit über den Informationsstand betrifft allein Personen in Gruppenkonstellationen. Im Falle der Einzelversuche und im Falle von Einzelfahrern in Gruppenversuchen bleibt die Verhaltenssicherheit konstant oder sinkt leicht ab. Tabelle 9 schlüsselt die Angaben der Probanden zur Verhaltenssicherheit über den Zeitverlauf und nach den relevanten Subgruppen auf.

			Verhaltenssicherheit (t1)	Verhaltenssicherheit (t2)
Einzelversuche		Mittelwert	6,4	6,5
		N	7	6
		Std.-Abweichung	2,5	3,7
Gruppenversuche	Einzel-Fahrer	Mittelwert	6	5,8
		N	19	19
		Std.-Abweichung	2,9	2,9
	Gruppen	Mittelwert	5,4	6,6
		N	47	46
		Std.-Abweichung	2,2	2,2
	Professionelle (Gruppen)	Mittelwert	5,9	7,4
		N	11	10
		Std.-Abweichung	2	2
	Professionelle (Einzel)	Mittelwert	6,7	6,2
		N	10	10
		Std.-Abweichung	2,9	2,9
Insgesamt		Mittelwert	5,4	6,6
		N	73	71

Tabelle 9: Mittelwertvergleich Verhaltenssicherheit

Aufgrund der geringen Fallzahlen in allen Sub-Gruppen mit Ausnahme der Personen in Gruppenkonstellationen sind die Ergebnisse der Mittelwertvergleiche nicht signifikant. Es lassen sich allerdings klare Aussagen über das Sample treffen. Diese deuten darauf hin, dass mit zunehmendem Informationsstand die Situation auch als komplexer wahrgenommen wird. Weiterhin steigt die Gefahrenwahrnehmung und damit auch die Wahrnehmung der situativen Dynamik an, so dass die Verhaltenssicherheit bei Einzelpersonen konstant bleibt oder sogar sank. Dies geschieht trotz der oben beschriebenen steigenden Kenntnis der Gesamtlage. Man kann demnach nicht davon ausgehen, dass eine höhere Informati-

onslage automatisch verhaltenssicherer macht. Einzelfahrer werden tendenziell unsicherer. Gruppenmitglieder werden demgegenüber eher sicherer, dass das, was sie tun, das Richtige ist.

Interessanterweise stehen die Tendenzen der Verhaltenssicherheit von professionellen Einzelfahrern und Gruppenmitglieder konträr gegenüber. Zu Beginn sind erstere die sicherste Subgruppe, aber diese Sicherheit lässt mit dem zunehmenden Informationsstand nach. Zum Zeitpunkt t2 schätzen sich Professionelle in Gruppen deutlich selbstsicherer ein. Dies lässt folgenden Schluss zu: Der entscheidende Faktor ist im Falle von Professionellen und Laien die Gruppenzugehörigkeit. Einzelfahrer nehmen die Situation als immer komplexer werdend wahr, was ihnen auch mehr Handlungsalternativen eröffnet. Dies bedeutet nicht notwendigerweise, dass sie zögerlicher agieren. Vielmehr sind sie sich unsicherer, ob das, was sie tun, das Richtige ist. Gruppenmitglieder scheinen sich gegenseitig ein Gefühl von Sicherheit zu vermitteln.

Die Verhaltenssicherheit steigt nicht notwendigerweise mit dem Informationsstand. Infolgedessen kann auch die im Modell veranschlagte schwindende Orientierung an unbekannten Personen in Frage gestellt werden. Diese müsste bei allen Sub-Gruppen, mit Ausnahme der Personen in Beziehungskonstellationen, entsprechend mit der Verhaltenssicherheit konstant bleiben oder steigen. Bei Personen in Beziehungskonstellationen müsste die Orientierung an Dritten entsprechend dem Anstieg an Verhaltenssicherheit sinken. Dies ist nicht der Fall. Die Verhaltenssicherheit steigt bei Gruppenmitgliedern an, jedoch bleibt die Orientierung an anderen, unbekannten Personen konstant.

Übergreifend sind Verhaltenssicherheit und Orientierung an Unbekannten nur geringfügig assoziiert. Eine schwache negative Korrelation konnte bei Gruppen, eine schwache positive bei Einzelfahrern identifiziert werden. Für Gruppen gilt die hypothetische Tendenz, dass eine hohe Verhaltenssicherheit mit einer geringeren Orientierung an Unbekannten einhergeht, in einem nur äußerst geringen Umfang. Für die Einzelfahrer ist die inverse Beziehung – hohe Verhaltenssicherheit entspricht einer höheren Orientierung an Anderen – noch schwächer, im Grunde verschwindend gering ausgeprägt. Diese Werte sind nicht interpretierbar. In beiden Fällen bewegt sich diese im geringfügigen Bereich (-0,085; 0,034). Auch bei Einzelfahrern schlägt die Tendenz zum Zeitpunkt t2 ins Negative (-0,085) um, da die Verhaltenssicherheit in dieser Gruppe durchschnittlich sinkt. Die geringfügigen Korrelationen sind allesamt nicht signifikant. Die Orientierung an anderen, unbekannten Personen kann diesbezüglich als unabhängig von der Verhaltenssicherheit gelten.

Die Orientierung an Unbekannten ist sowohl bei Einzelfahrern als auch Gruppen ein konstanter Faktor, dem eine eher geringe oder recht hohe Bedeutung beigemessen wird. Das Skalenspektrum wurde hierbei gleichmäßig ausgeschöpft. Die Selbsteinschätzung zum Grad der Orientierung an Unbekannten, resp. des Einflusses, den Dritte auf das eigene Verhalten ausgeübt haben, liegt quer zu der Einteilung der Probanden in Gruppen und Einzelfahrer. In beiden Subgruppen finden sich Personen, die sich stärker oder schwächer am Verhalten Dritter orientieren. Etwas über Hälfte der Probanden gibt an, sich eher am Verhalten anderer orientiert zu haben, wobei hier der Schwerpunkt der Angaben auf den höheren Skalenniveaus (8 bis 10) liegt. Die anderen Probanden geben eine mittlere oder nur geringfügige Orientierung an Unbekannten an. Diese Teilung der Probanden in eher wenig und eher stärker an Dritten Orientierte setzt sich zu t2 fort. Professionelle orientieren sich im Zeitverlauf etwas weniger an Anderen, während sie bei nicht-professionellen Einzelfahrern und Gruppenmitgliedern auf dem jeweiligen Niveau konstant bleibt.

Bei den Professionellen zumindest scheint sich die These eines schwindenden sozialen Einflusses unbekannter Personen bei einer steigenden Informationslage zu bestätigen. Aller-

dings ist das Gesamtergebnis schwierig zu interpretieren. Erstens ist die Selbsteinschätzung zur Orientierung an Unbekannten unabhängig von der Verhaltenssicherheit. Dies liegt vor allem daran, dass sich Probanden, die sehr verhaltenssicher sind, stark an anderen orientieren, ebenso wie unsichere Probanden. Dies deutet daraufhin, dass einige verhaltenssichere Probanden das Verhalten anderer für ihr eigenes Handlungsprogramm informativ nutzen, während unsichere Probanden einfach das Verhalten anderer adaptieren. Somit orientieren sich einige sehr sichere und einige sehr unsichere Probanden stark am Verhalten Unbekannter. Dass sich einige unsichere Probanden wenig an Unbekannten orientieren, könnte damit zusammenhängen, dass sie sich in Gruppen bewegen und dementsprechend eher Bekannten folgen. Professionelle, hier vor allem die Probanden, die in der Gefahrenabwehr tätig sind, verfügen in der Regel über ein geeignetes Vorwissen. Nach der Informationsbeschaffung in der Anfangsphase setzen sie dieses um. Die Orientierung an Dritten lässt dementsprechend nach. Die Tendenz der statistischen Daten stützen diese These. Das hypothetische Modell zur Wechselbeziehung zwischen Verhaltenssicherheit und Orientierung an Unbekannten/Bekannten war ungenau und weist diesbezüglich Mängel auf.

Die Orientierung innerhalb der Gruppe substituiert nicht die Orientierung an unbekannten Personen. Allerdings fällt hierbei die gruppeninterne Orientierung stärker aus. 75 % der Gruppenmitglieder geben eine mindestens mittlere Orientierung (5,75), 50 % der Gruppenmitglieder sogar eine sehr starke Orientierung (mindestens 8) an bekannten Personen an, die auch konstant bleibt. Einige wenige Personen geben eine sehr schwache Orientierung an. Diese Kategorie beinhaltet wenige Fälle, in denen sich Einzelpersonen von der Gruppe gelöst haben und die anhand des Video- und qualitativen Interviewmaterials identifiziert worden sind. Es gilt, dass sich Personen in der Regel in ihren vorangehenden Beziehungskonstellationen bewegen und, dass eine Beziehungsgruppe sich in einer gemeinsamen situativen Handlungsgruppe fortsetzt. In der gemeinsamen Handlungssequenz wird aber auch immer das Verhalten externer Personen miteinbezogen. Die gruppeninterne Orientierung wird als starker Verhaltensfaktor bei einer Mehrzahl der Personen aufgefasst, während der Orientierung an anderen sowohl bei Gruppenmitgliedern wie bei Einzelnen im Durchschnitt eine nur mittlere Bedeutung für das eigene Verhalten beigemessen wird.

Es gilt aber, dass sich in den allermeisten Fällen immer auch am Verhalten anderer orientiert wird. Hier ergibt sich eine Paradoxie aus dem Antwortverhalten. Während der soziale Einfluss als nur mittelmäßig eingeschätzt wird und weitestgehend losgelöst von der Verhaltenssicherheit der Probanden ist, deutet das Angabeverhalten zum Vorliegen einer Orientierung an Dritte in der Anfangsphase auf eine partielle Bestätigung der These hin, die diese Orientierung an die Diffusität der Informationslage knüpft. In der Phase der Erstreaktion – nach dem erzwungenen Halt – geben 81,8 % der Probanden an sich am Verhalten Anderer orientiert zu haben. Zum Zeitpunkt t2 in welchen die ersten Personen schon ausgestiegen und aktiv geworden sind, sind es immerhin noch 72,4 %. Tabelle 10 ist zu entnehmen, dass sich die meisten Probanden vor allem in der Anfangsphase auch am Verhalten anderer Versuchsteilnehmer orientiert haben.

		t1		t2	
		Häufigkeit	Prozent	Häufigkeit	Prozent
Gültig	nein	12	18,2	16	24,2
	ja	54	81,8	49	74,2

	Gesamt	66	97,3	65	90,4
Fehlend		0	0	1	1,5
Gesamt		66	100,0	73	100

Tabelle 10: Orientierung an anderen Personen zum jeweiligen Zeitpunkt

Da sich der Großteil an Probanden allerdings in Beziehungskonstellationen bewegt, sagt dies allerdings noch wenig darüber aus, ob die Probanden sich primär innerhalb der vordefinierten Bezugsgruppe aneinander orientiert haben oder ob das Verhalten Unbekannter eine Orientierungsstütze für das eigene Verhalten bot. Die Frage nach der Personenkategorie an der sich orientiert wurde (bekannt, unbekannt, sowohl als auch) wurde von vielen Probanden wohl als primäre Verhaltensorientierung aufgefasst, da auch Probanden innerhalb von Beziehungsgruppen (und mit in der Regel starker gruppeninterner Orientierung) „unbekannte Personen“ angaben. Immerhin 82 % der Gruppenmitglieder die hier eine Angabe machen (8 Probanden tun dies nicht) haben sich in ihrem initialen Verhalten – Zeitpunkt t1 – entweder ausschließlich an Unbekannten oder sowohl an Unbekannten als auch Gruppenmitgliedern orientiert.

Orientierung an... (Gruppenmitglieder, t1)				
		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente
Gültig	bekannt	7	14,9	17,9
	unbekannt	22	46,8	56,4
	sowohl als auch	10	21,3	25,6
	Gesamt	39	83	100
Fehlend		8	17	
Gesamt		47	100	

Tabelle 11: Orientierung an bekannten/unbekannten Personen

Einzelfahrer können sich sinngemäß nur an Unbekannten orientieren. Hier ist zu konstatieren, dass lediglich 5 Einzelfahrer angeben, sich zum Zeitpunkt t1 nicht an anderen Personen orientiert zu haben. Zum Zeitpunkt t2 sind es 7. Sowohl der überwiegende Teil der Einzelfahrer wie der Gruppenmitglieder gibt an, sich in ihrem Verhalten über den Versuchsverlauf (auch) an unbekannten Personen orientiert zu haben. Lediglich dem Einfluss des Verhaltens anderer für die eigene oder gruppeninterne Entscheidung wird eine variierende Bedeutung beigemessen. Das Verhalten anderer an sich wird aber in diesen Entscheidungsprozess in der Regel miteinbezogen.

Das Verhalten, an welches sich die Einzelpersonen oder Gruppen orientieren ist eindeutig mit dem Evakuierungsprozess assoziiert. Es konzentriert sich auf die Beobachtung des Aussteigens aus dem Wagen (t1), der Fluchtentscheidung (t1) und der Fluchtwegfindung (t2). Dies ist in Tabelle 12 dargestellt.

Was haben Personen getan, an denen sie sich orientiert haben?					
	Orientierungsinhalt	t1		t2	
		Häufigkeit	Prozent	Häufigkeit	Prozent
Gültig	Keine Orientierung	9	13,6	4	6,1
	Aussteigen	16	24,2	1	1,5
	Entscheidung zur Flucht	20	30,3	4	6,1
	Orientierung bei Flucht	3	4,5	26	39,4
	Irritierendes Verhalten	3	4,5	1	1,5
	Sonstiges	10	15,1	2	3
	Gesamt	61	92,4	41	62,1
Fehlend		5	7,6	25	37,9
Gesamt		66	100	66	100

Tabelle 12: Verhalten Orientierungspersonen

Die starke Abnahme der Fallzahl zwischen den Zeitpunkten ist darauf zurückzuführen, dass einige Personen – die Hälfte der Einzelfahrer und 1/3 der Gruppenmitglieder – bei konstanter Einschätzung des Einflusses anderer keinen weiteren Eintrag tätigt. Nach der Orientierung am Verhalten anderer in der ersten Reaktionsphase wird das subsequeunte Verhalten mutmaßlich als eigenes, weniger stark beeinflusstes Verhalten gewertet.

Das Verhalten Anderer, vor allem Ausstiegs- und Evakuierungsverhalten, wird auch von Personen als ein situativer Entscheidungsfaktor miteinbezogen, die angeben, eher weniger durch dieses Verhalten beeinflusst worden zu sein. Die Beobachtung der sozialen Umgebung und des entsprechenden Verhaltens Anderer mag einer von vielen Faktoren sein, die in der Einschätzung der Probanden für ihre letztendliche Handlungsentscheidung eine Rolle spielen. Die variierende Ausprägung des geschätzten Einflusses kann darauf zurückgeführt werden, dass einige Probanden auf Basis einer weitreichenderen Informationslage, die etwa auch nicht-soziale Umgebungseffekte oder Wissensbestände miteinbezieht, zu der gleichen Entscheidung wie die beobachteten Probanden kommen. Im Selbstverständnis dieser Probanden wird das Verhalten der anderen dann nicht einfach adaptiert. Vielmehr wird das eigene Verhalten als das Resultat eines komplexen, eigenen Entscheidungsprozesses empfunden.

Verhalten und Fluchtverhalten

Neben den potenziell adaptierten Verhalten infolge eines Gruppeneffektes wurde das getätigte Verhalten in verschiedenen Dimensionen standardisiert erhoben. Die Dimensionen betreffen (1) das getätigte Verhalten zu den jeweiligen Zeitpunkten (t) und (2) das Fluchtverhalten – Fluchtentscheidung und Wegfindung – im Besonderen. Als dritter Punkt (3)

sind die objektiven Verhaltens- resp. Entfluchtungsparameter der ingenieurwissenschaftlichen Auswertung zu nennen. Eine weitere Kategorie (4) bildet das als relevant erachtete Verhalten.

Im Folgenden werden die standardisierten Ergebnisse der ersten beiden Verhaltensdimensionen wiedergegeben und hinsichtlich ihrer Unterschiede bezüglich relevanter Subgruppen beleuchtet. Tabelle 13 listet die Angaben der Probanden hinsichtlich ihrer Tätigkeiten zum jeweiligen Zeitpunkt auf. Die Zeilen geben besondere Verhaltensausprägungen verschiedener Subgruppen wieder. Diese sind Probanden der Einzelversuche, die Einzelfahrer der Gruppenversuche und die Probanden in Beziehungskonstellationen. Letztlich werden noch professionelle Rollenträger gelistet. Die Tätigkeitsfelder der einzelnen Subgruppen geben über- oder unterdurchschnittliche Tätigkeiten der jeweiligen Subgruppe wieder.

Tätigkeit		t1		t2	
		Häufigkeit	Prozent	Häufigkeit	Prozent
Insgesamt (73)	Erkennen was vor sich geht	43	58,1	26	35,3
	Fluchtwege erkundet	21	28,4	31	41,9
	Entfernen von Gefahrenstelle	19	25,7	30	40,5
	Nach Verletzten gesehen	14	18,5	11	14,9
	Notruf getätigt	5	6,8	5	6,8
Einzelversuche (7)	Wendemanöver/Unfall	3	28,6	2	28,6
	Notruf getätigt	1	14,3	3	42,9
	Nach Verletzten gesehen	4	57,1	3	42,9
Einzelfahrer (17)	Fluchtwege erkundet	3	15,8	7	41,2
	Nach Verletzten gesehen	1	5,8	2	11,8
Gruppen (47)	Mit Mitfahrern beratschlagt	17	36,2	15	31,9
	Nach Verletzten gesehen	9	19,1	6	12,8
	Notruf getätigt	3	6,4	2	4,3
Professionelle (21)	Erkennen was vor sich geht	15	71,4	12	57,1

	Entfernen von Gefahrenstelle	7	33,3	10	67,6
	Notruf getätigt	3	14,3	0	0
	Nach Verletzten gesehen	4	19	2	9,5

Tabelle 13: Tätigkeiten zum Zeitabschnitt t1 & t2

Ein hoher Anteil der Probanden, knapp 58 %, versucht in der Phase nach dem erzwungenen Halt noch zu erkennen, was vor sich geht. Erwartungsgemäß sinkt dieses Verhalten mit steigendem Informationsstand ab. Aber immerhin über 1/3 sucht zum Zeitpunkt t2 noch nach zusätzlichen Informationen. Das Verhalten verteilt sich relativ gleichmäßig über die Subgruppen mit Ausnahme der Professionellen.

Größere Anteile der Probanden geben an direkt nach dem erzwungenen Halt potenzielle Fluchtwege zu erkunden oder sich von der Gefahrenstelle zu entfernen. Diese verteilen sich ebenfalls recht gleichmäßig über die Subgruppen, Laien, Einzelfahrer und Gruppenmitglieder. Wieder stellen die Professionellen die Ausnahme dar. Immerhin knapp ein Drittel entfernt sich nach dem Halt von der Gefahrenstelle. In der Regel geben Probanden nicht gleichzeitig „Entfernen von der Gefahrenstelle“ und „Erkennen was vor sich geht“ an, so dass man zwei Kategorien Professioneller unterscheiden kann: Solche, die recht zügig evakuieren und solche, die sich bei der Informationsgewinnung Zeit lassen.

Im Gesamtsample sind Verhaltensweisen stärker ausgeprägt, die mit dem Wunsch zu helfen assoziiert sind. Der Wunsch zu helfen in Form einer Sichtung der Gefahrenstelle auf mögliche Verletzte ist bei Probanden in allen Subgruppen vorhanden und konzentriert sich leicht auf die Probanden der Einzelversuche und Professionellen. Eine weitere Variante dieses Verhaltenstypus stellt das Absetzen eines Notrufs dar. Nur wenige Personen tun dies, allerdings ist hierbei zu beachten, dass es sich hierbei nicht um ein vervielfältigbares oder reproduzierbares Verhalten handelt. Weder können mehrere Personen zur gleichen Zeit einen Notruf abgeben, noch ist anzunehmen, dass Personen, die andere Personen beim Betätigen der Notrufanlage beobachten, dieses Verhalten adaptieren. Notrufe wurden mit Ausnahme der Versuchsreihe 1 in allen Gruppenversuchen durchgeführt. Bei den Einzelversuchen ist der Wunsch zur Fremdhilfe stark ausgeprägt. Immerhin 3/7 der Probanden der Einzelversuche tätigt einen Notruf. Führt man sich vor Augen, dass es hierbei zu zwei Wendemanövern und anschließender Flucht per PKW sowie zu einem Unfall gekommen ist, geben 3 von 4 Probanden, die sich im Tunnel bewegt haben, einen Notruf ab. Alle vier geben hierbei auch an, nach Verletzten gesehen zu haben.

Ein größerer Teil der Professionellen der Gruppen- und Einzelversuche gibt einen Notruf ab oder sieht nach potenziellen Verletzten. Dies sind vornehmlich Probanden, die in der Gefahrenabwehr oder der stationären medizinischen Versorgung aktiv sind oder waren. Das Verhalten begründet sich, wie in der qualitativen Auswertung aufgezeigt wird, auf die soziale Rolle der Probanden und ihrer diesbezüglichen Selbsterwartung. Es unterstehen allerdings auch Laien einem solchen normativen Druck helfend aktiv zu werden. Die hohe Ausprägung bei den Einzelversuchen ist wohl ebenfalls mit normativem Druck zu erklären, der aber mutmaßlich auch mit der Übungskünstlichkeit zusammenhängen könnte. Diese wissen, dass sie beobachtet werden und als einzige im Versuch agieren.

Wendemanöver und Unfälle wurden lediglich in den Einzelversuchen beobachtet. Aus der qualitativen Nachbefragung geht hervor, dass auch in den Gruppenversuchen einige Probanden mit den Gedanken gespielt haben, zu wenden. Es wurde darauf verzichtet. In der Regel wurde die Überlegung wegen der damit verbundenen Risiken für den PKW oder der anderen Probanden aufgegeben, es kam zu einem anderweitigen gruppeninternen Entscheidungsprozess oder einer Aufforderung Dritter an die Probanden resp. Wagenbesetzungen zu evakuieren.

Weder die demographischen Angaben der Probanden (Geschlecht, Altersklasse), noch die Verhaltenssicherheit sind mit den Tätigkeitsprofilen verbunden. Bei einer konstanten gruppeninternen, zum Teil externen Orientierung an Fremden, kommt es allerdings zwingenderweise zu einer Angleichung des Verhaltens. Das adaptierte Verhalten wird bei Gruppen in der Regel durch alle Mitglieder ausgeführt. Dahingehend werden abweichende Gedankengänge und Entscheidungserwägungen zugleich durch die einseitige Orientierung an Anderen oder gruppendynamischen Prozessen nivelliert.

Evakuierungsprozess: Fluchtentscheidung und Fluchtwegfindung

Die Evakuierungsprofile ergeben sich (1) aus den Faktoren, die zur Fluchtentscheidung führten, (2) aus dem standardisiert erhobenen Fluchtzeitpunkt (Vorphase und Nachphase zu t3), sowie (3) aus der Wegfindung innerhalb der Fluchtbewegung. Der Wegfindungsprozess unterteilt sich in Angaben zu den Faktoren der Fluchtwegfindung und den Gründen zu einer eventuellen Fluchtunterbrechung. Da die Phase t3 für die meisten Probanden nicht ersichtlich war, konnte der Fluchtzeitpunkt nicht Eingang in die statistischen Evakuierungsprofile finden. 75 % der Probanden der Gruppenversuche machten keine Angabe zur Frage, ob sie vor oder nach der Durchsage ihre Flucht initiiert hatten.

Tabelle 14 listet die Häufigkeiten der für die Fluchtentscheidung ausschlaggebenden Faktoren auf. Lediglich 7 Probanden gaben die Durchsage als einen Faktor an, der zur Flucht geführt hatte. Diese Angabe ist vornehmlich mit der Wagenposition verbunden. Keiner der Probanden der Einzelversuche, mit einer Position nahe der Unfallstelle, machte diese Angabe. Die sieben Probanden der Gruppenversuche (2, 3 und 5), welche die Durchsage wahrnahmen und verstanden, belegten bis auf eine Ausnahme einen mittleren oder hinteren Reihenplatz. Die Akustik war hierbei besser, da das Gebläse die Hörbarkeit der Durchsage erschwerte. Die mittleren Plätze befanden sich zudem unter den Lautsprechern.

Bis auf die beiden Einzelversuche, in denen ein Unfall entstanden oder ein Wendemanöver durchgeführt wurde, haben alle Probanden die Flucht zu Fuß angetreten. Die Begründung hierzu ist komplex, was sich darin manifestiert, dass 43 % der Probanden mehrere Faktoren zur Fluchtentscheidung angeben. Das Spektrum der Hauptursachen der Fluchtentscheidung ist breit, konzentriert sich hierbei auf eine vorsorgliche Entfluchtung aufgrund von Vorsicht ohne Vorwissen um das korrekte Verhalten, auf den wiederum vorsorglichen Schutz von Mitfahrern, sowie auf ein Vorwissen bezüglich des korrekten Verhaltens zu evakuieren. Die zunehmende Rauchentwicklung wird oft als Hauptentscheidungsgrund angeführt. Die einseitige Orientierung an Unbekannten spielt bei der Selbsteinschätzung der Probanden eine geringfügige Rolle, die stark zu Angabe des Orientierungsgehalts kontrastiert.

		Häufigkeit	Gültige Prozente
Gültig	Vorsicht	16	30,7
	Vorwissen, um korrektes Verhalten	13	25
	Schutz von Mitfahrern	16	30,7

	Orientierung an anderen	10	19,2
	Rauchentwicklung	13	25
	Anweisung der Durchsage gefolgt	7	13,5
	sonstiger Grund	16	30,7
Fehlend		14	21,2
Gesamtzahl Probanden		52	100

Tabelle 14: Ausschlaggebende Faktoren zur Flucht

Eine der Situation als angemessen empfundene Vorsicht bildet einen Schwerpunkt der initialen Fluchtergreifung. In der Regel handeln diese Akteure vorsorglich, weil sie ihre Mitfahrer schützen wollen und sich an gruppeninterne Entscheidungen halten. Vorwissen spielt eine nur marginale Rolle (3 Fälle). Dasselbe gilt für die Verhaltenssicherheit der Akteure, welche denselben Faktor anführen, hierbei in ihrem Verhalten unsicher oder relativ sicher sind. Den Schwerpunkt der sicheren Probanden bilden hierbei professionelle Akteure (5 von 10), während unsichere Probanden, die aus Vorsicht evakuieren allesamt Laien sind.

Der Schutz von Mitfahrern wird von 16 Probanden (30,7 %) angeführt, welche hierzu Angaben gemacht haben. Hinsichtlich der geringeren Fallzahl, welche bei dieser Angabe in Frage kommt – Personen in Gruppen – kann der Faktor übergreifend als der am stärksten ausgeprägte Faktor gelten. Professionelle Gruppenmitglieder wie Laien geben ihn an.

Vorwissen hinsichtlich der zügigen Evakuierung wird ebenfalls von einem größeren Teil der Probanden angegeben. Dies betrifft Einzelfahrer wie Gruppenmitglieder, sowie Professionelle und Laien. Bis auf wenige Ausnahmen sind diese Probanden erwartungsgemäß verhaltenssicher (t1: 7,2; t2: 8,0). Die Orientierung an anderen Personen spielt in der Selbstwahrnehmung der Probanden eine untergeordnete Rolle. Als ein Faktor von mehreren geben immerhin 10 Probanden an, dass diese Orientierung für die Entscheidung eine Rolle gespielt hat. Hier zeigt sich erneut, dass das Fluchtverhalten anderer, wie oben beschrieben, zwar beobachtet wurde und als situativer Faktor der Entscheidungsfindung anerkannt wird, diesen allerdings in der Selbstwahrnehmung der Probanden i.d.R. nur eine untergeordnete Rolle beigemessen wird.

Die Fluchtwegfindung gelang den allermeisten Probanden entweder über die Sichtung des nächsten Notausgangs zur Tunneleinfahrt hin (44 Fälle, 59,5 %). Vor allem bei den Probanden der vorderen Reihe wurde der Fluchtweg vornehmlich über die Hinweisbeschilderung im Abgleich mit der Gesamtsituation gewählt (15 Fälle, 20,3 %). Es wurde überlegt, den, von dieser Position aus, nächsten Notausgang hinter der Gefahrenstelle, zu nehmen. Final hat man sich in jedem Fall für den zweitnächsten, sicheren Notausgang entschieden. Auch der entferntere Notausgang war hier nach einigen Schritten gut sichtbar. Die einseitige Orientierung an anderen Personen wird von 20 Probanden (30,3 % der Probanden der Gruppenversuche) angegeben. Dieser Faktor wird in 15 der Fälle im Zusammenhang mit der Sichtung der Hinweisbeschilderung oder des Notausgangs getroffen. Nur in fünf Fällen folgen (sehr unsichere) Probanden blindlings anderen Personen.

Unabhängig von der Wegfindung haben die Personen in den Gruppenversuchen in der Regel ihre Evakuierung mit anderen koordiniert, wobei die Form der Interaktion sich auf non-verbale Kommunikation konzentriert zu haben scheint. Dies betrifft 12 der 19 Einzelfahrer,

sowie 34 der 43 Personen in Beziehungsgruppen. Bei Letzteren differenziert sich die Evakuierung noch einmal in solche auf, die sich ausschließlich in der Eigengruppe bewegt haben (24 von 35 Angaben, 68 %), sowie solche Gruppenmitglieder, die zusammen mit Dritten eine spontane Gruppe gebildet haben (9 Probanden, 19,1 %).

Die gruppeninterne Koordination entspricht hierbei dem hohen Grad der gruppeninternen Orientierung. Relativ wenige Gruppenmitglieder haben sich von der Eigengruppe gelöst und sind zusammen mit Fremden geflüchtet. Sicher ist, dass bekannte Personen in der Regel zusammen evakuieren, und einzeln spontane Gruppen zusammen mit unbekannten Einzelpersonen oder Gruppen bilden.

Einzelpersonen bilden eher die Ausnahme. Der geringe Anteil an Gruppen aus unbekannten Personen ist mit Vorsicht zu genießen. Er mag zum Teil aus den fehlenden Angaben, primär aber auch aus dem geringen Anteil an Einzelfahrern ergeben. Die Wahrscheinlichkeit einer Gruppenbildung aus wechselseitig unbekannten Personen (ohne zwei Personen, die sich kennen) ist diesbezüglich gering. Paradoxerweise geben auch Einzelfahrer mit einer geringen Orientierung an anderen an, ihre Flucht mit Unbekannten koordiniert zu haben. Dieser Widerspruch löst sich auf, wenn man die Koordination mit Dritten nicht als Beeinflussung des eigenen (Flucht-)Verhaltens versteht. Die Evakuierungsentscheidung ist schon vollzogen. In der Regel ist der Fluchtweg, der nächstmögliche Notausgang, schon gewählt. Diesbezüglich orientiert man sich auch nicht so sehr am Verhalten anderer, sondern vielmehr orientieren sich alle an den gemeinsamen Fluchtweg.

Dieser führt in der Regel zum sicheren Notausgang. In nur drei Fällen wurde die Tunneleinfahrt als Fluchtpunkt gewählt. Ist die Fluchtentscheidung getroffen und der Fluchtpfad gewählt, erfolgt die Fluchtbewegung meistens geradlinig. Zwar geben 35 % der Probanden an, ihre Flucht unterbrochen zu haben, doch ist diese Unterbrechung zumeist kurzzeitig. Angehalten wurde etwa, um den Inhalt der Durchsage besser zu verstehen (lediglich 2 Fälle), zur der Suche nach Bekannten, die sich oftmals einige Meter hinter den Probanden befanden (6 Fälle) und einer Reihe diverser Tätigkeiten ohne große Verzögerung. Längere Verzögerungen und teilweise komplexere Fluchtpfade wurden in Kauf genommen, wenn ein Notruf abgesetzt wurde (4 Fälle geben dies als Fluchtunterbrechung an) oder etwas aus dem PKW geholt wurde. Letzteres betraf vor allem die Warnweste. In vier Fällen wurde auf das irritierende Verhalten anderer reagiert, was vor allem zur Evakuierungsaufforderung führte. Hiernach wurde zügig evakuiert.

Hinsichtlich irritierender Faktoren bei der Flucht dominiert klar die Unverständlichkeit der Durchsage. Bei 12 fehlenden Angaben führen 51 Probanden die schwere Verständlichkeit der Alarmdurchsage als Hauptfaktor der Fluchtbehinderung auf. 11 dieser Probanden sowie sechs weitere geben die Nicht-Wahrnehmbarkeit der Alarmdurchsage als Hauptfaktor an. Da die Unverständlichkeit der Durchsage einen so zentralen Stellenwert einnimmt, verteilen sich die übrigen Angaben der Evakuierungsbehinderung mit recht kleinen Fallzahlen auf diverse Faktoren, wie Lärm (3) oder Rauch (4). Die Notfallbeschilderung hat nur vereinzelt zu einer Behinderung der Evakuierung resp. zu Irritationen geführt. Nach der Verständlichkeit der Durchsage dominiert die Irritation durch das Verhalten anderer in immerhin 9 Fällen. Bei drei Angaben handelt es sich um Fehlleistungen des Antwortverhaltens. In der Versuchsreihe 2 hat die Nicht-Evakuierung von Personen einen Feuerwehrmann irritiert. Die Irritation hat hierbei zu seiner kurzzeitigen Fluchtunterbrechung geführt, um die Personen zur Evakuierung aufzufordern. Dieser Faktor konzentriert sich zu je drei und zwei Fällen in die Versuchsreihen 4 und 5. Beschrieben werden konträrer Gesichtspunkte. In Versuch vier und fünf hat die Bewegung Anderer entgegen dem Fluchtpfad für Irritationen gesorgt, ein Verhalten, dass mit der Exploration der Gefahrenstelle, wie der Suche nach möglichen Verletzten verbunden ist. In Versuch 4 hat eine andere Per-

son irritiert, dass Personen im Wagen verblieben und nicht geflüchtet sind. Diese Irritationen kontrastieren zu denjenigen zweier Fälle in den Versuchen 4 und 5. Hier waren die Probanden hinterer Reihenplätze vom gegenteiligen Verhalten irritiert: Personen flüchteten, ohne nach Verletzten zu sehen.

8.2.3 Selbsteinschätzung der Probanden im Spiegel der objektiven Entfluchtungsparameter

In einen letzten Schritt wurden die standardisierten Daten mit den objektiven Parametern der ingenieurwissenschaftlichen Auswertung (siehe Kapitel 9) integriert. Es hat sich gezeigt, dass alle Variablen, die auf einer Selbsteinschätzung der Probanden beruhen, die objektive Performanz der Probanden nicht erklären können. Die objektiven Entfluchtungsparameter stellen die Aufenthaltsdauer im PKW, die Reaktionszeit (Aufenthaltsdauer/mobile Exploration) sowie die finale Evakuierungszeit dar. Die subjektiven Variablen sind namentlich Verhaltenssicherheit, die indizierten und nicht-indizierten Einzelvariablen zur situativen Kontrolle und Tunnelsicherheit, sowie Fragen nach der Einschätzung der Orientierung an anderen, unbekannten und bekannten Personen.

Auch demographische und biographische Variablen, Alter, Geschlecht und Fahrpraxis besitzen keinen Erklärungswert und sind nicht mit den objektiven Entfluchtungsparametern assoziiert. Die beiden Ausnahmen bildet die Kollektivvariable der Versuchsreihe selbst. Die Versuchsreihe und der Anteil an professionellen Probanden sollen nachfolgend hinsichtlich ihres Einflusses auf die Entfluchtungsparameter (gemessen in Sekunden) dargestellt werden. Für alle Gruppenversuche gilt eine hohe Streuung der einzelnen Probanden, die im Zeitverlauf schwindet. Hinsichtlich der finalen Evakuierungszeit kommt es zu einem starken Clustering im jeweiligen Versuchsdurchlauf. Nachfolgend sind die Streudiagramme zu den jeweiligen Entfluchtungsparametern aufgelistet. Sie sind entlang der Versuchsreihe strukturiert. Der Einfluss des Versuchsdurchlaufs betrifft sowohl die durchschnittliche Performanz wie die Variation der einzelnen Probanden innerhalb und zwischen den Versuchen. Es kommt schon zu Beginn zu einer Zentralisierung einzelner Probanden, die sich in ihren Wartezeiten im PKW nur marginal unterscheiden. Zugleich kommt es vereinzelt zu Ausreißern mit langen Wartezeiten (vgl. Bild 20). Dennoch lässt sich eine initiale statistische Zentrierung von Probanden in den jeweiligen Versuchen ablesen, die aus einem dicht gefolgten Ausstieg eines Gros der Probanden resultiert. An dieser Stelle sei angemerkt, dass das Diagramm nicht die Reihenposition wiedergibt. Im PKW selbst ist die Wahrnehmung der Probanden nach vorne (zur Unfallstelle) hin gerichtet und zudem durch die vorderen PKW beschränkt. Einige Ausreißer in den Gruppenversuchen können darauf zurückgeführt werden, dass Probanden aussteigen, die andere nicht beim Ausstieg beobachten können oder – wenn zeitlich vor dem Ausstieg der Übrigen – nicht von diesen beobachtet werden. Im GV 5 etwa steigt der Proband des letzten Reihenplatzes (Professioneller Fahrer, Fiat, Reihenplatz 8) als erster aus. Er setzt damit ein Reaktionsniveau, welches das des zweiten Fahrers um über 20 Sekunden übersteigt. Dieser Ausstieg wird allerdings von den übrigen, vorderen Probanden nicht beobachtet und hat somit keinen Einfluss auf das Verhalten der Kolonne.

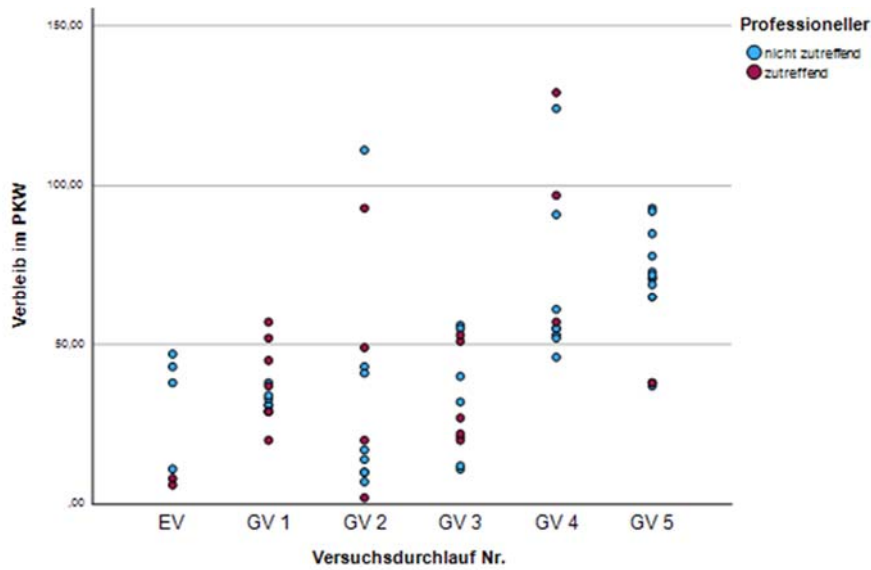


Bild 20: Streudiagramm Zeit bis Ausstieg

Unabhängig von der Wartezeit im PKW kommt es zu einer Angleichung der Probanden in den Gruppenversuchsreihen hinsichtlich der Reaktionszeit. Dies ist damit zu erklären, dass sich die Probanden in diejenigen unterteilen, die Erkunden und jene die im PKW abwarten. Eine übergreifende Aktivität entsteht im Zuge der ersten Fluchtbewegung, welche einzelne, mutmaßlich erkundende Akteure initiieren.

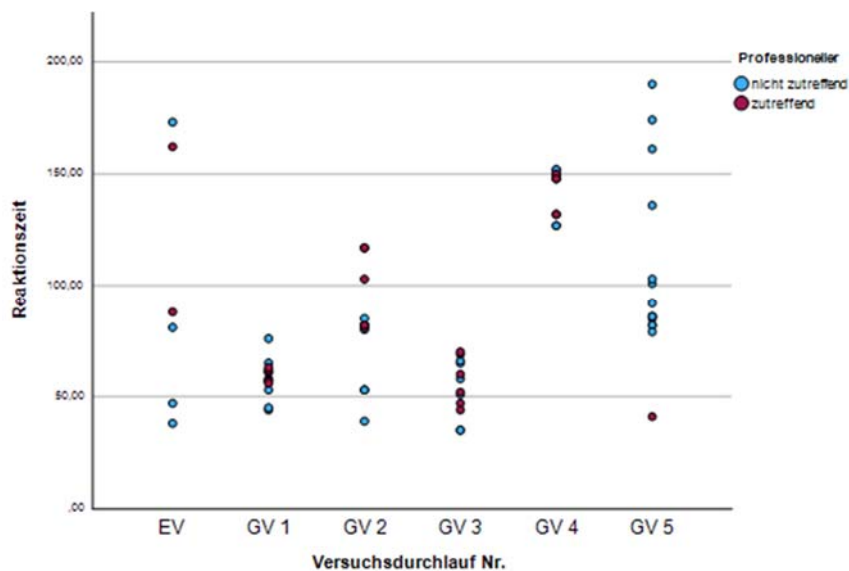


Bild 21: Streudiagramm Reaktionszeit

Die zunehmende statistische Gruppierung ist unabhängig von erhobenen Individualmerkmalen und lässt auf eine zeitlich zunehmende Abhängigkeit der Fälle zueinander in den jeweiligen Versuchen schließen. Ob sich die Fälle nun wechselseitig und intentional oder einseitig aufeinander beziehen bzw. aneinander orientieren kann anhand der Diagramme nicht entschieden werden. Im Spiegel der standardisierten Dokumentation lässt sich allerdings dreierlei festhalten: (1) In der Regel bilden Beziehungsgruppen Entscheidungs- und

somit Entfluchtungseinheiten. Innerhalb dieser Konstellationen sind gruppendynamische Effekte die Regel. Weiterhin kommt es (2) vereinzelt in den Gruppenversuchen zu einer spontanen Gruppenbildung entweder über die wechselseitige Koordination zwischen Gruppen oder Einzelprobanden oder durch die einseitige Aufforderung zur Evakuierung. Außerdem orientiert sich (3) der überwiegende Anteil der Probanden – Gruppenmitglieder wie Einzelfahrer – in ihrem Entscheidungsprozess und in ihrem Verhalten an Dritte. Ein breiter Gruppierungseffekt wird von den Probanden selbst veranschlagt, auch wenn dessen Einfluss unterschiedliche Bedeutung beigemessen wird.

Hier lässt sich Folgendes konstatieren: Aus den Daten geht ein Gruppierungseffekt hervor, der als unabhängig von der Einschätzung der Probanden zu betrachten ist. Der durch die Probanden selbst geschätzte Einfluss des Verhaltens anderer Personen variiert schwach nach Versuchsdurchlauf. Er ist hierbei weitestgehend losgelöst von der statistischen Gruppierung, die sich in den Streudiagrammen manifestiert. Paradoxe Weise wird die Orientierung an Anderen, bekannten wie unbekannten, in den GV 2 und 3 am geringsten eingeschätzt. Es sind mithin diese Versuche, in welchen sich die Probanden hinsichtlich ihres Fluchtverhaltens am wenigsten unterscheiden. Die finale Entfluchtungszeit zeigt ein noch stärkeres und zudem homogenes Clustering der Probanden. Das Niveau derselben wird im Mittel durch den ersten Probanden gesetzt, wie sich folgend darstellen lässt:

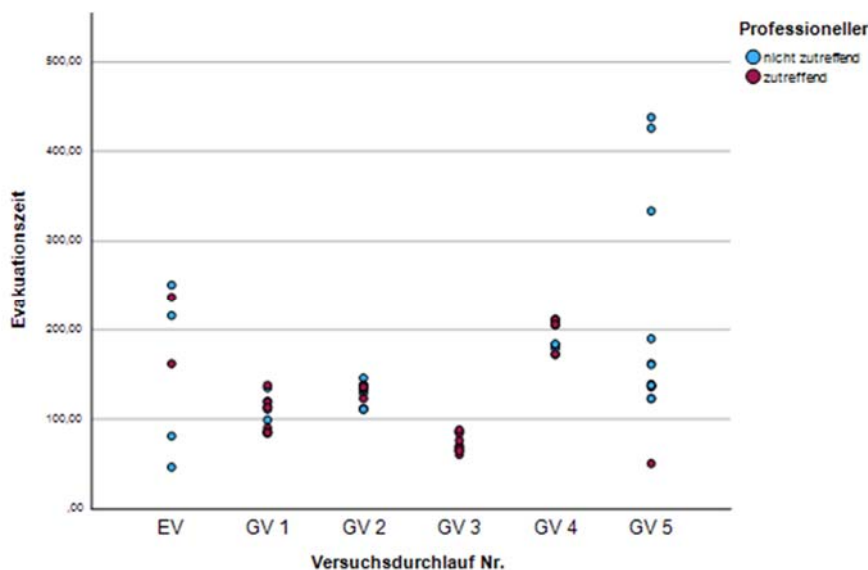


Bild 22: Streudiagramm Evakuierungszeit

Über die initiierte Fluchtbewegung kommt es zu einer schrittweisen Mobilisierung der bis dato zögerlichen Probanden, welche in eine verschwindende Variation bei der finalen Evakuierungszeit in der jeweiligen Versuchsreihe mündet. Die Ausnahme bildet die Versuchsreihe 5, die sich durch drei Ausreißer auszeichnet. Diese erreichen eine etwas überdurchschnittliche Evakuierungszeit (ca. 02:16), die Ausreißer außer Acht gelassen. Die Dreiergruppe erreicht mit einer Evakuierungszeit von nahezu 7 Minuten (06:50) eine negative Spitzenzeit.

Von diesen Ausreißern abgesehen, zeichnet sich ein klarer Trendverlauf innerhalb der einzelnen Versuchsreihen ab, die sich durch den Zeitraum der initialen Fluchtentscheidungen

definieren. Die Wartezeit im PKW ist hierbei unabhängig von der schlussendlichen Evakuierungszeit. Diejenigen, die erkunden und diejenigen, die im PKW abwarten, schließen sich den initialen, wie prozessoral steigenden Menge der Probanden an, die sich von der Gefahrenstelle wegbewegen. Dies ist ein kurzfristiger Zeitraum, der sich in der geringfügigen Varianz der Reaktionszeit der einzelnen Probanden in den jeweiligen Versuchsdurchläufen manifestiert. Die Reaktionszeit determiniert hierbei die Evakuierungszeit, was auf die Geradlinigkeit der Fluchtbewegung, wie auf die nur geringfügige Zeit der Fluchtunterbrechung von 25 % der Probanden schließen lässt.

Für einen Gruppierungseffekt in den Gruppenversuchen spricht auch die hohe Varianz der Fluchtzeiten in den Einzelversuchen, wobei diese allerdings, der geringen Fallzahl wegen mit Vorsicht zu genießen ist. Die beiden günstigeren Fälle sind diejenigen in denen gewendet wurde und eine motorisierte Flucht stattgefunden hat. Die Einzelversuche zeichnen sich gegenüber den Gruppenversuchen durch einen inversen Prozess aus. Während die Probanden überdurchschnittlich schnell den Wagen verlassen, kommt es zu einer steigenden Varianz bei der Reaktionszeit, die auf unterschiedliche Explorationszeiten zurückzuführen ist. Diesbezüglich variieren die Probanden auch stark in ihren finalen Evakuierungszeiten.

Im Kontrast hierzu zeigt sich ein weitestgehend günstiger Gruppierungseffekt in den übrigen Versuchsreihen. Die initiale Evakuierungsreaktion einzelner oder Gruppen wird merklich adaptiert. Diese schrittweise Adaption führt zu einer Verhaltensangleichung, die unabhängig von den demographischen Eigenschaften, wie der Verhaltenssicherheit der Probanden ist. Dieser Gruppierungseffekt scheint von den Probanden selbst unterschätzt zu werden. Das deutet daraufhin, dass das Verhalten anderer zum Teil als situativer Faktor interpretiert wird. Fluchtverhalten deutet auf eine riskante Situation hin, so dass die Beobachtung der Evakuierung anderer, welches durchaus von vielen Probanden, Einzelfahrern wie Gruppenmitgliedern konstatiert wird, als ein Umgebungseffekt unter mehreren – Rauchentwicklung, Geräuschkulisse etc. – angesehen wird. Es macht dahingehend Sinn die eigene oder die Gruppenentscheidung als eine zu interpretieren, die mehrere Faktoren mit einbezieht. Ob Probanden nun unsicher oder relativ sicher sind, ob sie die Gefahrenstelle nun gut erkennen oder nicht, in allen Fällen findet eine Verhaltensangleichung statt.

Der Anteil an Professionellen der Gefahrenabwehr ist sichtlich mit positiven Entfluchtungsparametern assoziiert. Die GV 1-3, in welchen sich diese Probanden konzentrieren, sind die hinsichtlich der objektiven Parameter günstigsten Reihen. Allerdings erklärt der Anteil nicht die in den GV 1-5 durchweg zu beobachtende abnehmende Varianz der individuellen Performance. Professionalität bzw. das Verhalten der Professionellen hat keinen Einfluss auf diese statistische Gruppierung der Probanden. Im Umkehrschluss kann dies bedeuten, dass Professionelle den Evakuierungsprozess zwar begünstigen, dieser aber der Form nach sich unabhängig von diesen ähnlich vollzieht und von Gruppeneffekten evoziert wird, die nicht auf professionelles Handeln oder der einseitigen Orientierung an Professionelle zurückzuführen sind. Der qualitative Einfluss, den Professionelle in den jeweiligen Versuchsreihen auf den Entfluchtungsprozess ausüben, wird im Rahmen der integrierten Analyse nachgezeichnet.

8.3 Auswertung Videoaufzeichnungen

Die Videoanalyse sollte Ähnlichkeiten zwischen den Einzeldurchläufen ebenso aufzeigen wie typisierende Unterschiede. Die Analyse beginnt auf der oben geschilderten Plattform mit einer zusammenfassenden Sichtung des Ablaufes (Level 1). Daran anschließend werden Fragestellungen identifiziert, Zeit-/Handlungsabschnitte benannt sowie passende Ka-

meraperspektiven ausgewählt, für die eine detailliertere Videoanalyse gewinnbringend erscheint (Level 2). In der qualitativen Analyse werden hierbei systematisch vergleichende Aspekte ebenso notiert wie zu beobachtende Themen, die direkt aus den Fragestellungen abgeleitet werden oder bemerkenswerte Auffälligkeiten. Mit jeder neuen Auffälligkeit werden die vorherigen Durchläufe auf die neuen Aspekte hin rekursiv nochmal durchgegangen.

8.3.1 Einzelversuche

Die Einzelversuche sind im Projektplan vorgesehen, um eine Vorstellung davon zu gewinnen, wie sich Personen im konkreten Tunnelabschnitt und im konkreten dargestellten Szenario verhalten würden, wenn sie nicht zusätzlich die Wahrnehmung des Verhaltens von anderen Personen haben. Die Personen müssen also für sich alle Informationen aus den Wahrnehmungen selbst gewinnen, eine eigenständige Bewertung durchführen, selbstständig Entscheidungen treffen und diese dann in ein Handlungsprogramm umsetzen. Es wurde davon ausgegangen, dass bei allen Probanden erkennbar ein komplettes Ablaufschema zu verfolgen ist, das vom Erkennen der Schadensstelle, über eine Erkundung und Bewertung, eine Entscheidung zum Notruf und zur Evakuierung sowie eine Wegewahl zur Entfluchtung reicht.

Kombiniert man die über die Befragung festgestellten Begründungs- und Entscheidungsmuster mit den in den Videosequenzen dokumentierten manifesten Verhaltensweisen, ergibt sich eine relativ klare Schematisierung der Einzelversuche. Damit ist nicht festgelegt, dass bei weiteren Versuchen oder bei Unfallereignissen nicht ganz andere Typen auftreten könnten. Der Typ „Professionell - unsicher“ konnte bei den Einzelversuchen nicht festgestellt werden, tritt jedoch bei den Gruppenversuchen mehrfach auf.

		Manifestes Verhalten		
Begründungs- und Entscheidungsmuster		Anhalten, Kein Ausstieg, Wenden (Einfachsequenz)	Anhalten und Erkundung/ Notruf/ Entfluchtung zu Fuß (oft Mehrfachsequenzen)	Versuchte Vorbeifahrt an Unfallstelle (Einfachsequenz)
Professionell	Sicher		EF2, EF6 (> 4 Minuten)	
	Unsicher			
Situativ	Sicher	EF5 (~2 Minuten)	EF3 (~4 Minuten)	
	Unsicher	EF1 (~2 Minuten)	EF4 (>4 Minuten, ohne Notruf)	EF7 (Zeit nicht wertbar)

Tabelle 15: Einzelfahrer Begründungs- und Entscheidungsmuster x Manifestes Verhalten

Auf der Grundlage der Videodokumentation lassen sich Handlungsabschnitte erkennen und gegeneinander abgrenzen. Die Abschnitte ergeben in einer logischen Reihenfolge ein Schema für ein „vollständiges“ Handlungsprogramm einer Einzelperson in der dargestellten Situation. Eine Umsetzung des kompletten Handlungsprogramms ist letztlich nur für

Personen mit einem Begründungs- und Entscheidungsmuster „Professionell – sicher“ dokumentiert. Bei allen anderen Personen kommt es zu deutlichen Auslassungen von Handlungsabschnitten. Auffallend ist zudem, dass es eine grundlegende Weichenstellung hinsichtlich Hilfeleistung, Notruf und/oder Flucht gibt. Diese Weichenstellung führt entweder dazu, dass eines oder mehrere der drei zentralen Programme nicht durchgeführt werden, oder dass es ein klares Primat eines der drei Programme gibt, dem die anderen dann nachgeordnet werden. Diese Weichenstellung wird von den Einzelprobanden sichtlich sehr früh bei der Wahrnehmung des Schadensortes und/oder im Verlauf des Anhaltens getroffen.

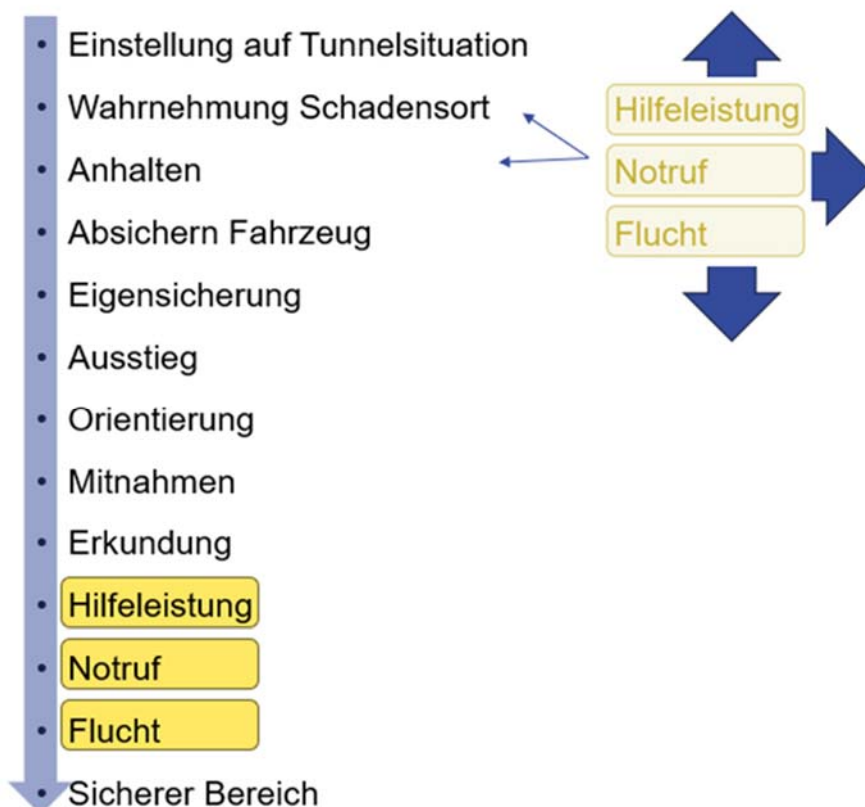


Bild 23: Schematisches Handlungsprogramm mit zentraler Weichenstellung

Erkennen der Schadensstelle

Alle Einzelfahrer reagieren in einem relativ kurzen Abschnitt (2-3 Wagenlängen) im Bereich um den Querschlag (Verringerung der Geschwindigkeit, Bremslichter oder Warnblinker) mit einer Tendenz zu einer Reaktion kurz hinter dem Querschlag. Bei der Sichtung der Einzelversuche wurden die Reaktionspunkte noch als früh eingeschätzt, weil sie in dem Moment erfolgen, wo nicht nur eine leichte Verrauchung sondern eben auch die Schadensstelle erkennbar wird. Im Vergleich mit den Gruppenversuchen erscheint der Reaktionspunkt allerdings spät. Die unmittelbare Reaktion lässt sich nicht mit der Einfahrtgeschwindigkeit oder anderen Merkmalen der Fahrer (Vorwissen, Erfahrungen) in Verbindung bringen.



Bild 24: Erkennen der Schadstelle (EV6)

Bild 24 visualisiert den Vorgang beim Erkennen der Schadstellen im Einzelversuch EV6. Der Rauch ist an der rechten Fahrbahnseite am Ende des hier sichtbaren Tunnelabschnitts erkennbar. Der Bremsvorgang (Bremslichter) setzt (erst) am Querschlag ein. Etwas vorher ist schon eine leichte Verringerung der Geschwindigkeit aufgetreten. Nach dem ersten Stillstand fährt der Wagen (aber) nochmal an und noch 2-3 Wagenlängen näher an die Schadensstelle heran.

Bremsvorgang

Nur in einem Versuch ist ein Abbremsen bis zum Stand gefolgt vom Ausstieg als durchgehende Handlung erkennbar (EV3). In allen anderen Versuchen ist ein meistens mehrschrittiges Ausrollen und Abbremsen erkennbar. Teilweise wird auch nochmal etwas beschleunigt oder nach kurzem Halt weiter vorgefahren (EV1, EV4, EV6). Es zeigt sich, dass die Probanden ihr Fahrzeug zur Erkundung weiter nutzen wollen und sich Handlungsoptionen mit dem Fahrzeug offenhalten.

Anhaltepunkt

Bis auf zwei Probanden halten alle relativ nah am Schadensort oder an der Rauchgrenze. Ein Fahrer fährt sogar trotz deutlicher Sichtbeschränkung bis zum Aufprall in den verrauchten Schadensort (EV7). Auch die Probanden, die sich für eine Wende im Tunnel entscheiden, fahren sehr nah an den Schadensort beziehungsweise an die Rauchgrenze heran (EV1, EV5). Es ist deutlich erkennbar, dass das Auto zur Erkundung genutzt wird und es sind dann keine Handlungen erkennbar, die auf ein Verlassen des Wagens hindeuten.

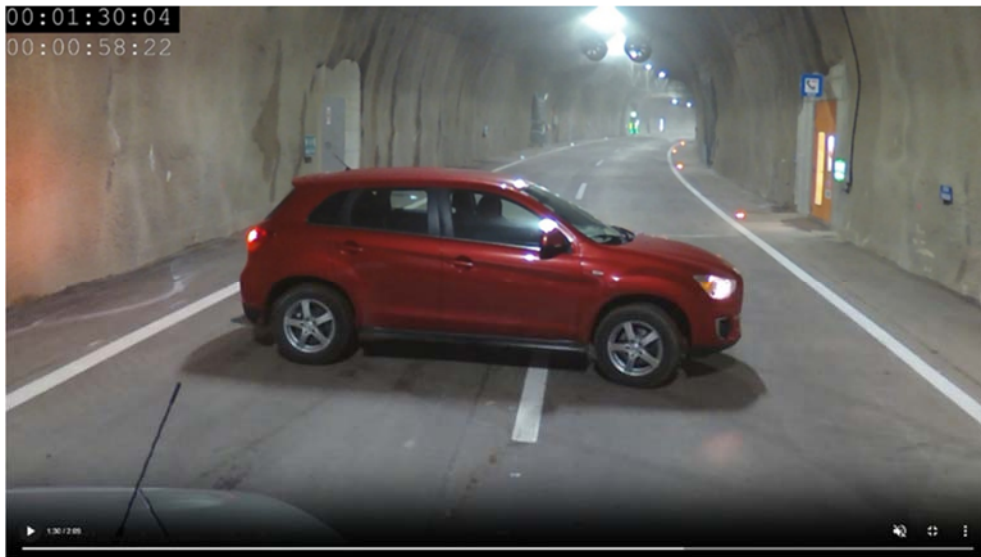


Bild 25: Wendevorgang (EV1)

Bild 25 zeigt den Wendevorgang bei Einzelversuch EV1: Im Wendevorgang ist ein Zögern erkennbar, das Fahrzeug wird gestoppt und Blicke in Richtung des Schadensortes lassen eine nochmalige Erkundung und Überlegung erkennen. Die Blicke scheinen nur in Richtung Schadensort zu gehen. Nach der Verzögerung wird das ursprüngliche Handlungsprogramm des Wendevorgangs und der Entfluchtung im Fahrzeug fortgesetzt. Die Kamera befindet sich unmittelbar am Schadensort/Rauchgrenze.

Von den Probanden, die sich für einen Ausstieg entscheiden, halten zwei ebenfalls sehr weit vorne (EV4, EV6). Diese beiden Probanden steigen in der Folge dann nochmal in ihren Wagen ein, bevor sie einen zweiten Handlungsabschnitt in einer Mehrfachsequenz beginnen (einmal Entfluchtung, EV4 einmal Notruf EV6). Deutlich wird damit, dass für den größten Teil der Einzelprobanden der eigene Wagen als ein sicherer Raum fungiert, der zudem noch weitere Handlungsoptionen zu eröffnen vermag.

Auch bei diesen Entscheidungen ist kein klarer Zusammenhang mit Vorwissen oder Erfahrungen zu erkennen.

Ausstiege

Bei drei Versuchen erfolgt der Ausstieg nach dem letztendlichen Anhalten relativ schnell (EV2, EV3, EV6). Der Ausstieg scheint auch schon im Anhaltevorgang vorbereitet worden zu sein, denn die Warnweste/-jacke befindet sich beim Ausstieg schon in der Hand oder wird in einer Bewegung mit herausgenommen und im Aufstehen angezogen. Bei zwei Probanden (EV2, EV6) ist der Ausstieg darüber hinaus mit einer direkten Orientierung Richtung Schadensort und erkundenden Blicken verbunden. Beide Probanden haben professionelles Vorwissen. Für alle drei ist im Handlungsablauf erkennbar, dass ein erstes Handlungsprogramm im Anhaltevorgang entworfen, vor dem Ausstieg festgelegt und dann abgewickelt wird.

Ein Proband (EV4) steigt zögerlich aus verbunden mit Blicken in alle Richtungen. Er greift keine Warnweste entschließt sich aber nach einer längeren Orientierungsphase klar zu einem zögerlichen Erkundungsgang. Auch im weiteren Verlauf zeigt der Proband immer wieder längere Überlegens- und Entscheidungsphasen.



Bild 26: Ausstiegsvorgang (EV4)

Bild 26 zeigt den Ausstiegsvorgang im Einzelversuch EV4: Der Fahrer geht vom Fahrzeug in unsicher wirkender Gehbewegung und Körperhaltung Richtung Schadensfahrzeug. Ca. eine halbe Wagenlänge vor dem (brennenden) Fahrzeug wird er vom Experimentalleiter wie vorgesehen angesprochen („hier wird es zu heiß“). Er hält daraufhin an und geht dann wieder zum Fahrzeug zurück, setzt sich hinein und schließt die Türe. Beim Anhalten hatte der Fahrer Fernlicht eingeschaltet.

In EV1 und EV5 ist kein Impuls zum Ausstieg erkennbar, sondern es wird nach einer unterschiedlich langen Überlegungsphase teilweise mit einer Sichtung der Schadensstelle aus dem Auto heraus verbunden, eine Wende eingeleitet. EV7 fährt mit deutlich verminderter Geschwindigkeit aber ohne erkennbare Unterbrechung in den Schadensort hinein.

Wendevorgang

Beide Probanden mit einer Wende im Tunnel zeigen eine ähnliche Dynamik im Ablauf. Im Abbremsen und im schrittweisen Anhalten gibt es Phasen des Überlegens. Sobald der Wendevorgang begonnen wird, wird der Wagen in einem Durchgang gewendet und der Rückweg begonnen. Einen kurzen Moment erscheint das Anfahren noch zögerlich, bevor dann auf eine gleichmäßige Geschwindigkeit beschleunigt wird. Auch wenn es im EV1 sichtlich noch eine weitere eingehendere Erkundung des Schadensortes und der Lage gibt, wird keine weitere Weichenstellung im Handlungsprogramm eingeleitet. Beim Hinausfahren finden Querschlag, Notrufnischen oder andere Sicherheitseinrichtungen keine weitere Beachtung, sondern es wird bis zum Tunnelportal durchgefahren.

Einfluss des Rauches

Im Versuchsaufbau gibt es keine Indikatoren, die für die Probanden implizit oder sogar anhand von ausdrücklichen Signalen eine Information dazu geben, wie sich die Verrauchung entwickeln und insbesondere in welche Richtung der Rauch abziehen wird. Auch der Aufbau des Versuches mit einer Straßengestaltung gemäß eines Gegenverkehrstunnels lässt keinen eindeutigen Schluss zu. Im Gegenteil lässt sich der Videodokumentation sowohl anhand der dokumentierten Rauchentwicklung, des Zeitpunktes des Eintreffens am Schadensort, der Erstreaktion der Probanden auf die Verrauchung und des Anhaltepunktes entnehmen, dass sie von einer Ausbreitung in ihre Richtung ausgehen müssten. Möglicherweise wird der Versuchsaufbau, der eine Durchfahrt verhindern sollte, aber auch so inter-

pretiert, dass eine Entfluchtung von vorne herein nur in eine Richtung oder eben rückwärts, zurück möglich sein soll. Zumindest im vordersten Bereich weist die Fluchtwegebeschilderung allerdings durchaus in die Fahrtrichtung durch den Schadensort hindurch, was von einigen Probanden in den Gruppenversuchen auch vermerkt wurde und uneindeutiges Verhalten nach sich zog. Je nach konkreter Platzierung eines Schadensortes und Brandverlauf wäre sogar denkbar, dass die Entfluchtung am Schadens- und Brandort vorbei in einen dahinter gelegenen Querschlag die beste Entfluchtungsentscheidung sein könnte. Auch nach Anlaufen der Lüfter bleibt die Situation noch länger nicht ganz klar erkennbar. Eher ist eine Verwirbelung erkennbar, die den Rauch auch hinter die vorderen Haltepunkte drückt. Wie gut eine Zugrichtung anhand der Lüfter für die Probanden erkennbar ist, bleibt unklar.



Bild 27: Rauchbewegung (EV2)

Bild 27 zeigt im Einzelversuch EV2 eine deutlich erkennbare Rauchbewegung auch in Körperhöhe von der Schadensstelle in Richtung der Probandin an der Notrufnische. Die Probandin reagiert deutlich mit mehrfachen Blicken in Richtung Rauch und entscheidet sich dann zum Betreten der Notrufnische (Ausschnittvergrößerung).

Notrufe

Beim Absetzen von Notrufen führt eine mangelnde Rückmeldung der Notrufknöpfe zu sichtbaren Irritationen. In allen drei Fällen (EV2, EV3, EV6) wird zusätzlich die Notrufmöglichkeit per Hörer genutzt. Alle drei Probanden nutzen direkt die Notrufnische am Schadensort, auch wenn eine zunehmende Verrauchung auf Kopfhöhe sichtbar zu Irritationen und zögerlich, überlegenden Schritten führt. Bei zwei Probanden ist in der Folge auch erkennbar, dass sie während des Telefonates auch immer wieder durch das Fenster der Türe der Notrufnische blicken. Bei beiden Personen mit Vorwissen (EV2, EV6) führt die Erkundung in Verbindung mit einem längeren Notruf dazu, dass sie beim Verlassen der Notrufnische in deutliche Verrauchung geraten.



Bild 28: Absetzen eines Notrufs (EV3) (Ausschnittsvergrößerung)

Bild 28 zeigt das Absetzen eines Notrufs in Einzelversuch EV3: Der Proband nimmt nach dem mehrfachen Drücken der Notfallknöpfe eine wartende Haltung ein. Nach einer Weile betritt er die Notrufnische und nimmt anschließend den Hörer ab. Im Hintergrund ist die Positionierung des Fahrzeugs zwischen gut erkennbarem Notausgang (grüne Leuchtmarkierungen) und Notrufnische (orangene Türe) erkennbar.

Bewertung hinsichtlich problematischem, kritischem und potenziell fatalem Verhalten

EV1

Bei Notlagen im Tunnel werden Wendemanöver in Handlungsleitfäden als hochgradig problematisch eingestuft oder grundsätzlich untersagt, da Folgeunfälle, versperrte Fahrzeugschienen und zugestellte Rettungsgassen potenziell fatale Auswirkungen haben können.

Im vorliegenden Fall führte das Wendemanöver nach langer anfänglicher Entscheidungszeit zu einer sehr schnellen Entfluchtung unter hohem Eigenschutz, besonders wenn die Fahrzeuglüftung evtl. noch auf Umluft umgestellt wurde. Voraussetzung für die Bewertung ist allerdings eine zuverlässige Einschätzung der Gesamtlage hinsichtlich nachrückendem Verkehr über die gesamte Tunnellänge durch die Probandin. Ein Absetzen eines Notrufes wäre sowohl beim Zurückfahren oder spätestens nach Verlassen des Tunnelportales noch in einem kurzen Zeitrahmen nach Erkennen der Schadenslage möglich gewesen.

Beim Erkundungsvorgang aus dem Auto heraus nimmt die Probandin verschiedene Blickwinkel ein. Bei der dokumentierten Verrauchung ist zumindest zu erwarten, dass sie die Unfallfahrzeuge gut einsehen konnte.

EV2

Die Probandin folgt einem festen Handlungsprogramm, das einer sorgfältigen Erkundung der Schadensstelle und dem Absetzen eines Notrufes hohe Priorität und damit Zeit einräumt. Vor Betreten der Notrufnische hat die Probandin sichtlich eine Problemwahrnehmung des nahenden Rauches, entscheidet sich aber dennoch für ein Absetzen des Notrufes in der für sie nahen und beim Halten im Sichtfeld liegenden Notrufnische. Das Festhalten am ursprünglichen Handlungsprogramm, das einen unmittelbaren Notruf beinhaltet, wird hier problematisch. Es gibt keine Neuentscheidung, beispielsweise indem Entfluchtung

vor Notruf gewählt wird oder versucht wird, Abstand zur Brandstelle zu gewinnen. Mutmaßlich ist dieses Verhalten auch darauf zurückzuführen, dass den Probanden nicht gegenwärtig ist, dass im Querschlag ebenfalls Notrufe abgesetzt werden können. Gleichzeitig wird aber auch deutlich, dass die Probanden in der Stresssituation einen sehr beschränkten Wahrnehmungskegel zu haben scheinen sowie beträchtliche Schwierigkeiten zu bestehen scheinen, in der Krisensituation strategisch zu entscheiden, wie es das Auslassen der naheliegenden Notrufmöglichkeit zugunsten der Notrufmöglichkeit im hinteren Tunnelbereich erfordern würde. Der lange Aufenthalt in der Notrufnische bringt die Probandin dann in eine prekäre Lage, die für die Person selbst auch fatal enden könnte. Die Sichtweite von wenigen Metern bedeutet bei Brandrauch oft Rauch, der in Kürze zu Schwindel und Bewusstlosigkeit führen könnte oder eine sehr schnelle Versorgung aufgrund der Rauchgasvergiftung bedingen würde.

Die problematische Entscheidung der Probandin im nahen Bereich des Rauches den Notruf abzusetzen, wurde durch das lange Telefonat verschärft. Der Tunneloperator müsste demnach eine Lagebeurteilung für die Person am Telefon durchführen, sofern sie selbst diese nicht leisten kann oder sich problematisch entscheidet. Das bedeutet, dass in diesem Fall keine Abfragen durch den Tunneloperator mehr erfolgen dürften, sondern nur noch die direkte Anweisung zur unmittelbaren Flucht mit einer eindeutigen Richtungsanweisung.

Wenn die Probandin sich über das Ergebnis der Erkundung sicher ist, wäre zu fragen, warum sie dann nicht direkt Richtung Querschlag geht und entweder auf dem Weg dahin telefoniert oder im Querschlag einen Notruf absetzt.

Deutlich ist auch, dass nach dem frühen Erkennen der Schadensstelle ein Abbremsen direkt neben dem Querschlag möglich gewesen wäre, die Probandin aber entscheidet, erstmal weiter in Richtung Schadensstelle zu fahren.

EV3

Der Proband bremst schnell und kommt noch relativ nah am Notausgang zum Stehen. Als problematisch kann die anschließende Wegewahl in Richtung Schadensort und Rauch gesehen werden, sofern es um eine direkte Entfluchtung geht. Wenn der Proband primär plant, einen Notruf abzusetzen, ist zu fragen, warum er dafür nicht in Richtung Notausgang geht. Möglicherweise ist für den Proband nicht erkennbar, dass dort ein Notruf ebenfalls möglich ist. Oder die Erwartung ist, dass ein Notruf nahe am Schadensort zu besseren Auskünften führen könnte. Auch liegt die Notrufnische im direkten Sichtfeld nach vorne.

Beim Absetzen des Notrufes mittels der Notrufknöpfe führt (anscheinend) die mangelnde Rückmeldung über den Notruf und das Fehlen von Anschlussanweisungen zu der problematischen Entscheidung erst abzuwarten und danach in der Nische die zweite Notrufmöglichkeit per Telefon zu nutzen. Die Wege werden mit unterschiedlichem Gehtempo verfolgt, anfänglich auch mit Rennen, am Ende zum rauchfreien Notausgang hin auch in verhaltenem Gehtempo. Der Proband scheint bei Tempowechsel auf die Rauchsituation zu reagieren. Mehrfaches Umblicken erfolgt im Gehen und führt nicht zu neuen Entscheidungen hinsichtlich der Wegewahl.

Wegewahl und Blickverhalten lassen nur eine beiläufige Erkundung des Schadensortes erkennen. Je nach Schadenssituation könnte dieses Verhalten als problematisch angesehen werden.

EV4

Nach dem Ausstieg geht der Proband vom Fahrzeug schräg nach rechts vor, dürfte also entweder bewusst planen, zum verunfallten PKW zu gehen oder eine Erkundung von

rechts nach links vorzunehmen. Die Wegewahl wirkt flüssig, die Körpersprache hingegen unsicher. Nach der Ansprache durch den Experimentalleiter wegen der Annäherung an das Feuer, sind die Bewegungen des Probanden von Unsicherheiten und Umherblicken geprägt. Die Sicherungsansprache verändert hier das Verhalten des Probanden erkennbar.

Der Wiedereinstieg erfolgt als Anschlusshandlung nach der Ansprache. Allerdings unsicher und umherblickend, zögerlich. Die Verrauchung bleibt im Versuch mehr unter der Decke, auf Fahrzeughöhe eher leicht. Am Schadensort besteht Verrauchung. Der Proband scheint sich direkt an der Entwicklung der Verrauchung zu orientieren.

Trotz einer langen Zeit des Überlegens setzt der Proband keinen Notruf ab. Trotz der generell erkennbaren Unsicherheit sind in den realisierten Handlungsabschnitten nur eher kleine problematische Verhaltensweisen erkennbar. Der Wagen wird abgeschlossen, er hätte mit Warnblinker als Absicherung dienen können, es wird keine Warnweste genutzt. Die Entfluchtung dauert in der Summe relativ lange, aber beim Wiedereinstieg und beim Weg aus dem Tunnel besteht keine Verrauchung.

EV5

Der Bremsvorgang setzt früh ein, allerdings verhalten. Möglicherweise weil die Verrauchung noch nicht so stark ist. Langsames Abbremsen und die Anhaltezeit können so gesehen werden, dass ein Stehenlassen des Fahrzeuges und ein schneller Ausstieg nicht zu den Handlungsoptionen des Fahrers gehörten. Der Anstoß zum Wenden, der Zeitpunkt des Wendens könnte durch die Zunehmende Verrauchung ausgelöst worden sein, da kurz danach das Fahrzeug auch in Rauch gehüllt ist. Das anfänglich verhaltene Beschleunigen könnte auf eine weitere Auseinandersetzung mit der Entscheidung und eine Sichtung des Geschehens über die Rückspiegel hindeuten.

Zeitlich beginnen Lüftergeräusch und Ansagen erst nachdem die Entscheidung zur Wende schon gefallen war. Sie könnten für den Fahrer aber noch wahrnehmbar gewesen sein, bevor er beschleunigt hat.

EV6

Der Fahrer entscheidet sich in einzelnen Schritten (Mehrfachsequenz):

- zuerst zum Abbremsen und ersten Halt
- dann zum Weiterfahren und zweiten Halt
- dann zur direkten Erkundung
- dann zum Wiedereinstieg
- dann zur Benutzung der Notrufnische
- dann zur Entfluchtung zu Fuß

Der Fahrer scheint viele Entscheidungen schrittweise in Auseinandersetzung mit der Verrauchungssituation zu treffen. Das Fahrzeug wird anfänglich bei der Erkundung mit eingesetzt und dann durch den Wiedereinstieg nochmal als sicherer Raum genutzt, um Überlegungszeit zu gewinnen. Vom Fahrzeug aus wird dann der zweite Weg in Richtung Notrufnische eingeschlagen. Relativ lange Entscheidungsmomente führen dazu, dass er letztlich sowohl mit dem Fahrzeug als auch zu Fuß in deutlich sichtbarer Verrauchung unterwegs ist. Auch die Handlungskette von nochmaligem Vorfahren, Erkundung, Wiedereinstieg, Wiederausstieg und Notruf führt dazu, dass er bei Verlassen der Notrufnische in den Rauch tritt.

Auch nach Absetzen des Notrufes wäre die Benutzung des Wagens zur Flucht eine schnelle Option gewesen, die möglicherweise durch die Anweisung des Tunneloperators unterbunden wurde. Der eigene Wagen bleibt mit Warnblinker stehen.

EV7

Es sind keine Momente identifizierbar, in denen Alternativen zum Ablauf im Fahrzeugverhalten aufscheinen. Es sind keine Ansätze zum vollständigen Abbremsen oder zum Auslenken erkennbar. Auch in der letzten Sequenz vor dem Aufprall im verrauchten Schadenszenario, folgt der Wagen wenn auch mit deutlich verminderter Geschwindigkeit weiter der Fahrspur. Die Geschwindigkeit wird trotz der deutlichen Sichtbehinderung nicht weiter verringert. Das Handlungsprogramm, direkt durch die unsichtige Schadensstelle zu fahren, sogar ohne seitlich Auszulenken, scheint früh festzustehen.

8.3.2 Gruppenversuche

Im ersten Durchlauf wurden die Videos auf der Ebene einer Gesamtschau des Geschehens analysiert. Geachtet wurde auf jede Art von beschreibbarer Aktion von Fahrzeugen und Personen. Zeitmarker wurden dann eingefügt, wenn sich Handlungsabschnitte auf dieser Ebene erkennbar änderten oder unterscheidbar wurden. Die Abschnitte wurden in Zeilen untergliedert und mit einer Deskription des Geschehens versehen. Soweit schon erkennbar wurden Gruppen- oder Gruppierungseffekte gekennzeichnet und benannt.

Im zweiten Durchlauf wurden

- [1] Bei erkennbarem Auftreten von Gruppierungseffekten oder auffallenden Einzelpersonen gesonderte Spalten für deren Handlungen eingefügt
- [2] Die Deskriptionen mit Auffälligkeiten ergänzt, die bei weiteren Versuchsdurchläufen vermerkt worden waren
- [3] Qualifizierende Angaben (schnell/langsam, kurz/lange usw.) zur Deskription hinzugefügt. Die qualifizierenden Angaben wurden aus dem Vergleich mit den Einzelversuchen und mit den anderen Gruppenversuchen gewonnen

Die daraus resultierenden Ablaufbeschreibungen der einzelnen Versuche waren Grundlage für den vergleichenden dritten Durchlauf.

In einem dritten Durchlauf wurden die Videoaufzeichnungen der Gruppenversuche vergleichend untersucht, um Unterschiede und Ähnlichkeiten herauszuarbeiten. Die Ergebnisdarstellung erfolgt zuerst in einem Vergleich der Gruppenversuche entlang der dabei entwickelten Vergleichsdimensionen (siehe tabellarische Übersicht im Anhang 3-3). Danach wird noch auf einzelne Aspekte anhand von konkreten Beispieldarstellungen eingegangen.

Einfahrt in den Tunnel, Erkennen der Schadensstelle, Bremsvorgang, Haltepunkte

Bei der Einfahrt in den Ereignistunnel zeigt sich schon ein Gruppeneffekt insofern die Kolonnenstruktur und Geschwindigkeit bei den Gruppenversuchen erkennbar unterschiedlich war. Besonders wenn zwei Fahrzeuge abgesetzt vor der Kolonne fuhren, konnten diese einen prägenden Einfluss auf den gesamten Verlauf entwickeln (GV2, GV3).

Die Variation der Reaktionszeit bzw. des Reaktionspunktes, d.h. des Punktes in der Tunnelstrecke an der eine Reaktion am Fahrzeug erkennbar ist, auf den Schadensort ist beträchtlich und zieht sich über die halbe Tunnelstrecke. Sie kann nicht mit der Erscheinung des Schadensortes (mehr oder weniger Verrauchung) in Verbindung gebracht werden oder

mit der Einfahrtgeschwindigkeit. Vielmehr scheint sie mit dem Handlungsprogramm und den Erwartungen an das Geschehen insbesondere der ersten beiden Wagen zu korrelieren.

Neben Ausrollen und Bremslichtern sind Warnblinker für die hinteren Fahrzeuge ein klares Warnsignal. Bis auf einen Versuch geht Warnblinken nicht vom ersten Fahrzeug aus, sondern vom zweiten oder weiteren und wird dann von der Kolonne übernommen. Für die Fahrzeuge in zweiter und weiterer Reihe kumulieren sich durch das Abbremsen des ersten Fahrzeuges die Warnsignale und diese werden dann per Warnblinker weitergegeben.

Trotz Warnsignalen erfolgt nach hinten fortgesetzt kein immer deutlicheres Bremsen. Bis auf einen Versuch (GV3) ist vielmehr ein sehr verhaltenes Bremsen feststellbar, das so weit gehen kann, dass die vordersten Fahrzeuge bis an die Rauchgrenze oder sogar hineinfahren. Deutlich ist, dass Wahrnehmungen, Erkundung und Austausch der Fahrzeuginsassen Zeit benötigen und nicht direkt ein Entschluss zu einer Entfluchtung vorliegt. Bei allen Versuchen wären deutlich frühere Haltepunkte möglich gewesen. Meistens gibt es einen Gruppierungseffekt durch starkes Verdichten der Fahrzeuge beim Anhalten. Das Verdichten scheint zu gleichförmigerem Verhalten in der Folge des Versuchsverlaufs zu führen. Wenn Lücken entstehen, zeigt sich auch im weiteren Verlauf oft ein gruppiertes Verhalten der Besatzungen. Das Verdichten scheint auch ein Sonderverhalten einzelner Fahrzeuge zu verhindern, indem beispielsweise für ein Vor- und Zurücksetzen für einen Wendeversuch weniger Raum zur Verfügung steht. Es kann aber auch problematisch sein, wenn eine Rettungsgasse nur unvollständig gebildet wird, weil die dichte Fahrzeugschlange kein Auslenken mehr erlaubt.



Bild 29: Verdichtung zu Personenschlange (GV1)

Bild 29 zeigt Personen, die sich zu einer kurzen Schlange verdichtet haben und alle auf den Gehweg neben den Fahrzeugen gegangen sind. Wären alle Personen nach dem Ausstieg unmittelbar losgegangen und hätten den direkten Weg gewählt, hätte eine deutlich längere Schlange und breiter verteilte Wegewahl entstehen müssen bei gleichzeitig höherer Geschwindigkeit. Im weiteren Verlauf verdichtet die Personenschlange weiter, indem die vorderen Personen sich nach hinten orientieren und langsamer werden und die hinteren etwas beschleunigen. Die Personen kommen dann als Gruppe am Querschlag an. Wie

beim Verdichten der Fahrzeugschlange können positive und negative Bewertungen erfolgen.

Beim seitlichen Abstand zum Fahrbahnrand orientieren sich die Fahrzeuge sehr stark an anderen Fahrzeugen, allerdings nicht nur an den Wagen davor, sondern auch dahinter. Das Bilden einer Rettungsgasse kann also vom vordersten Fahrzeug ausgehen, aber auch aus der Mitte initiiert sein oder eben komplett unterbleiben. Bei keinem Versuch ergab sich eine durchgehende Rettungsgasse, sondern eher eine „Schlangenlage“. Im ausgebauten Teil des Tunnels ist ein erhöhter Fußweg auf beiden Seiten des Tunnels. Da die Fahrzeuge hiervon zusätzlich Abstand halten, wird der Raum für eine Mittelgasse sehr eng.

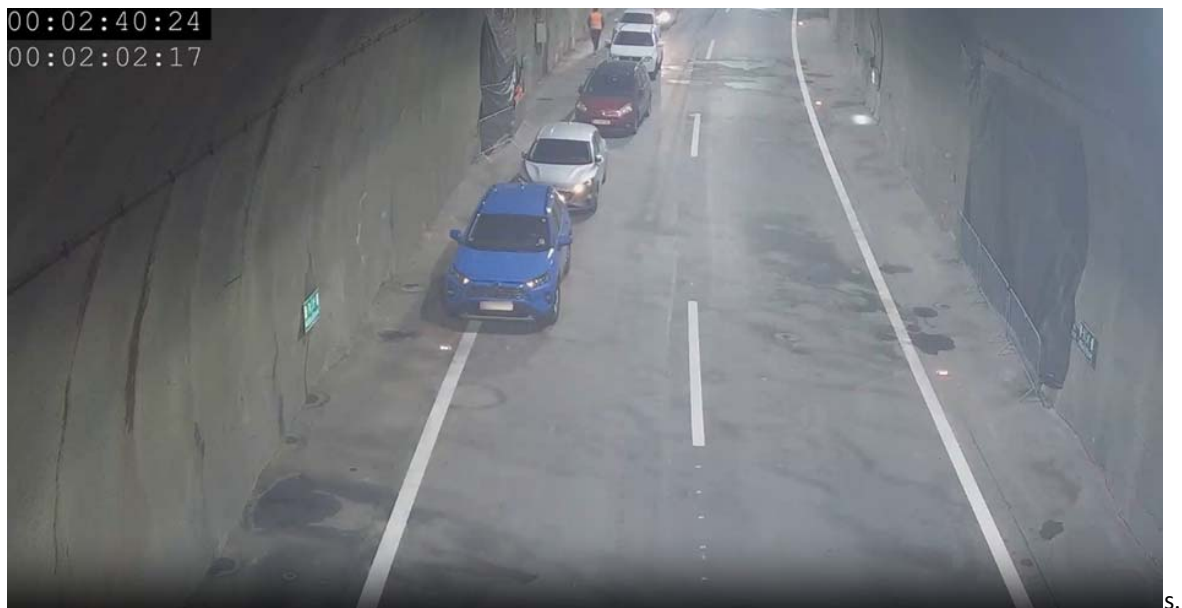


Bild 30: Verdichtung und Halteposition in Schlangenform (GV1)

Bild 30 zeigt die Situation beim Gruppenversuch GV1: Durch dichtes Auffahren bei gleichzeitiger Orientierung am Fahrzeug davor entsteht eine schräge Schlange, so dass das dritte Fahrzeug und die folgenden Fahrzeuge eher auf der Fahrbahn zum Stehen kommen. Der Ausstieg der Personen beginnt fast zeitgleich bei Wagen 4 und 5 (silberner Ford, Roter Citroen C4).

Obwohl sich die Haltepunkte des ersten Fahrzeuges über nur 60 m verteilen, ändert sich die Situation für die Betroffenen durch die Varianz der Haltungspunkte deutlich. Die ersten beiden Fahrzeuge können dann an der Rauchgrenze bzw. schon leicht im Rauch stehen und nehmen die querab oder hinter sich liegende erste Notrufnische nicht als Handlungsraum wahr. 20 m weiter hinten sind Notrufnische, Schadensort und Verrauchung direkt im freien Sichtfeld und bieten somit mehr Handlungsräume. Nochmal 40 m weiter zurück sind Details am Schadensort nicht mehr erkennbar, die Notrufnische ist ein Sicherheitssignal unter mehreren und der querab oder leicht zurück liegende Querschlag die markanteste Option.

Ausstieg und Orientierung neben Fahrzeugen

Zwei Versuche (GV2, GV3) fallen auf, weil die ersten beiden Fahrzeugbesetzungen sehr schnell, unmittelbar nach dem Anhalten zumindest die Türen öffneten oder ausstiegen,

während der mittlere und hintere Teil der Kolonne noch rollte. Bei beiden Versuchen nehmen die Besetzungen der ersten beiden Fahrzeuge auch im weiteren Verlauf taktgebende Rollen ein. Sie sind im Tunnelquerschnitt auch für hintere Positionen sofort gut und prägend erkennbar. Bei den anderen Versuchen verteilen sich die Ausstiegsimpulse, können also in der Mitte oder sogar hinten beginnen.

Einzelfahrer tendieren dazu, beim Ausstieg zuerst in der Türe umherschauend stehen zu bleiben; initiale Gruppen eher zum Verteilen um das Fahrzeug. Lange Anhaltephasen und langsamere Ausstiege korrelieren eindeutig mit einer langen Orientierungsphase und eher diffusem Erkundungsverhalten im Nachgang. Tendenziell zeigt sich bei allen Versuchen eine Dreiteilung des Geschehens: nach Ausstiegen (egal ob schnell oder verzögert) im hinteren Drittel der Kolonne stellt sich eine längere Orientierungsphase ein, die sich auf das Gesamtgeschehen davor richtet. Das hintere Drittel wählt dann auch durchgehend ein Handlungsprogramm mit einem Schwerpunkt bei Eigensicherung und Entfluchtung und damit anderem Schwerpunkt als die vorderen Teile. Nur in einem Versuch (GV5) gehen Personen aus dem hinteren Kolonnenteil Erkundungswege zum Schadensort und nur in einem weiteren Versuch (GV2) werden Personen aus hinteren Fahrzeugen zu Leitpersonen. Die ersten zwei Wagen reagieren hingegen auf die Eindrücke vom Schadensort, Rauch, Halteposition und Notrufnische zumeist sehr aktiv. Im mittleren Teil der Kolonne finden sich Fahrzeuge, die entweder ein Einzelprogramm entwickeln oder mit Ausstiegen und Anschlusshandlungen relativ lange warten.



Bild 31: Aufteilung in drei Haltebereiche (GV2)

Bild 31 zeigt bei Gruppenversuch GV 2 eine klar erkennbare Aufteilung in drei Haltebereiche, zwei Fahrzeuge dicht aufgefahen vorne, drei Fahrzeuge dicht aufgefahen hinten neben Notausgang, zwei Fahrzeuge in der Mitte. Aus den ersten beiden Fahrzeugen beginnen fast zeitgleich schon Ausstiege, während der hinterste Wagen erst anhält.

Erkundung von Lage und Schadensort

In vier von fünf Versuchen sind klare Aktionen und Wege zur Erkundung des Schadensortes erkennbar. Im GV3 ist der Haltepunkt des ersten Fahrers so weit weg gewählt, dass

eine direkte Entfluchtung klares Primat zu haben scheint und keine Erkundungswege unternommen werden. Auffallend ist allerdings, dass das Ergebnis einer Erkundung durch einzelne Personen oder Kleingruppen an die Gesamtgruppe nicht notwendig weitergeben wird. In mindestens zwei Versuchen ist keine Interaktion möglich oder erkennbar, die auf einen Austausch hindeutet. Ob weitere Hilfe am Schadensort nötig ist, kann von der Gesamtgruppe dann nur aus dem Verhalten der Erkundenden erschlossen werden, wenn überhaupt.

Bei keinem Versuch kann eine systematische Erkundung des Schadensortes vergleichbar zum Verhalten bei Einzelfahrern beobachtet werden. Einsetzende Fluchtbewegungen einer größeren Gruppe führen als Gruppeneffekt zum Abkürzen oder Abbruch von Erkundungsverhalten. Nur in Versuch 5 unternehmen Personen, bestehend aus einer starken Kerngruppe einer Paarbesetzung plus eine weitere Person, eine ausgedehnte Erkundung gegen den Trend der Entfluchtung.



Bild 32: Erkundung durch Einzelperson (GV1)

Bild 32 zeigt im Gruppenversuch GV1 eine Einzelperson aus der Mitte der Fahrzeugschlange kommend. Sie beginnt eine Erkundung Richtung Schadensort und dreht sich dabei auch immer wieder Richtung andere Personen um. Beim ersten Fahrzeug beendet die Person dann die Erkundung, möglicherweise ausgelöst durch den Verlust des Kontaktes zur Gesamtgruppe, die mittlerweile auf dem Weg zum Notausgang ist. Die Person reagiert mit einem Sprint in der Fahrbahnmitte zurück.

Notruf

Drei Gruppenversuche nutzen die Notrufrnische, zwei Versuche nur die Notrufsäule im Querschlag. Bei allen Versuchen scheint eine fehlende klare Rückmeldung und Anweisung für Anschlusshandlungen bei der Benutzung der Notrufknöpfe zu starken Irritationen zu führen.



Bild 33: Bedienung Notrufsäule und Ausrichtung Gruppe auf Aktionsperson (GV1)

Bild 33 zeigt die Situation bei einem Notruf im Querschlag. Eine Person beginnt eher beiläufig die Bedienung der Notrufsäule, indem der rote Alarmknopf einmal gedrückt wird. Es ist keine deutliche Reaktion der Notrufsäule erkennbar. Die Gruppe stoppt jedoch komplett und richtet sich auf die Aktion der Person an der Notrufsäule aus.

Die Lage der Notrufnische und die Verweildauer in der Nische führt mehrfach dazu, dass Personen oder Personengruppen in deutliche Verräucherung geraten. Bis auf einen Versuch (GV3) scheint die Notrufmöglichkeit im Querschlag den Personen nicht bekannt zu sein. Die hintere Notrufnische, die sich neben oder hinter den letzten Fahrzeugen befindet, wurde nie genutzt. Ein gleichzeitiges Gespräch über den Telefonhörer an mehreren Geräten scheint nicht möglich. Zumindest in einem Versuch erhält der größte Teil der Personen daher keinen Kontakt zur Tunnelzentrale. In zwei Versuchen, in denen im Querschlag kein Notfallgespräch zustande kommt, scheint der Status des Querschlags als sicherer Bereich für die Personen unklar zu bleiben. Es kommt auch zu Rückwärtsbewegungen in den Ereignistunnel. In einem Versuch wird die Gesamtgruppe nach dem Notfallgespräch potenziell fatal nach vorne in Richtung Rauch und Schadensort gewunken. Im Interview wurde sowohl die Verständlichkeit am Hörer kritisiert, aber auch eine entsprechende Anweisung der Tunnelzentrale. Die Situationen verdeutlichen, wie wichtig es ist, dass der Kontakt zur Tunnelzentrale einerseits zu klarer Kommunikation führt. Andererseits die Tunnelzentrale die Gesamtsituation im Blick hat und situativ richtige Anweisungen gibt.

Durchsagen

Weder hinsichtlich der Ausstiegsimpulse noch hinsichtlich der Orientierungsphase oder der ersten Wegewahlen ist ein Einfluss der Durchsagen in der Videoanalyse erkennbar, obwohl die Durchsagen beginnen, als fast alle Versuche entweder noch ohne Ausstiege oder in der ersten Orientierungsphase sind. Obwohl im unmittelbaren Brandabschnitt keine Lautsprecher installiert waren, sind Durchsagen auf den Videoaufzeichnungen in Kopfhöhe auch in diesem Bereich hörbar, stark übertönt von den Lüftergeräuschen, in den Videoaufzeichnungen konnten aber keine Reaktionen darauf im vorderen Bereich erkannt werden. Bei Versuch GV3 ist die erste Gruppe schon im Querschlag als die Durchsagen beginnen.

Deutliche Reaktionen erfolgen bei drei Versuchen erst, als Personen oder Personengruppen am Eingang zum Querschlag und im Querschlag sind. Innehalten, Gesten und Reaktionen in den Gruppen zeigen eine Auseinandersetzung mit den Durchsagen. Es wird auch wechselseitig darauf aufmerksam gemacht. Klar erkennbar ist, dass dann teilweise wieder zumindest problematische Impulse zurück in Richtung Ereignistunnel einsetzen. In einem Versuch (G2) wird eine Person von anderen erkennbar daran gehindert, wieder zurück in den Tunnel zu gehen.



Bild 34: Reaktion auf Durchsagen im Querschlag (GV1)

Bild 34 zeigt die Situation im Querschlag beim Gruppenversuch GV1: Mehrere Personen bleiben in Lauschhaltung stehen, zeigen nach oben oder mit einer Daumengeste rückwärtsgerichtet in den Tunnel. Weitere Personen betrachten die Notrufsäule intensiv. Eine Person kommt dafür auch zurück, ohne aber Aktionen einzuleiten. Inhalte der Durchsagen (beispielsweise Schlüssel im Wagen lassen) und eine Schwierigkeit, den Querschlag als sicheren Bereich einzustufen führen auch zu Impulsen zurück in den Ereignistunnel. Die Beobachtungen deuten darauf hin, dass die Wahrnehmung der Tatsache einer Durchsage (ab wann gibt es überhaupt eine Durchsage), ein aktives Erlauschen, ein Verstehen des Inhaltes sowie mögliche Reaktionen darauf, vier getrennte Prozesse sind, die nicht notwendig direkt zusammenhängen und teilweise aus- oder unterbleiben können. Besonders in wahrnehmungs- und entscheidungsreichen ersten Abschnitten der Entfluchtung. In den hier dokumentierten Gruppenversuchen werden die vier Prozesse erst in Verbindung mit einem Gruppeneffekt deutlich erkennbar zusammengebracht.

Verrauchung, Dynamik und Interaktionsniveau

Die Verrauchung variiert über die Versuche etwas. Die Variationen scheinen aber keinen erkennbaren Einfluss auf den Ablauf zu haben. In Verbindung mit dem Haltepunkt der ersten beiden Fahrzeuge ändert sich das Bild jedoch deutlich. Bei beiden Versuchen GV2 und GV4, bei denen Fahrzeuge bis in den Rauch fahren oder im weiteren Verlauf in den Rauch geraten, entsteht eine deutlich höhere Gesamtdynamik, die sich in mehr und schnellerer Gestik und Bewegungsverhalten der Probanden zeigt. Bei einem Versuch zeigen sich auch Ansätze, entweder durch den Rauch fahren zu wollen oder mit dem Fahrzeug aus dem

Rauch zu kommen. Wie auch bei den Einzelversuchen ist jedoch keine Auseinandersetzung mit der Zugrichtung des Rauches erkennbar. Spätestens mit dem Einsetzen der Lüfter scheinen die Probanden davon auszugehen, dass „ihr“ Bereich entraucht und damit sicherer wird. Sobald eine Rauchgrenze erreicht wird, wird die Gehgeschwindigkeit auch sofort wieder geringer.

Zugleich könnte die Auseinandersetzung mit der Gefahr der Verrauchung auch ein wichtiger Faktor sein, um zu erklären, warum sich die Gesamtdynamik und das Interaktionsniveau der Versuche deutlich unterscheidet. Alle drei Versuche, bei denen Fahrzeuge passiv oder aktiv an die Verrauchungsgrenze kommen oder eine Erkundungsgruppe an/in die Verrauchung geht, gibt es weitaus mehr Dynamik im Geschehen. Gleichzeitig stellt sich auch ein deutlich höheres ausdrücklich zu beobachtendes Interaktionsniveau zwischen den einzelnen Probanden oder Probandengruppen ein. Wenn sich das Interaktionsniveau gleich zu Anfang des Ablaufes einstellt, zieht es sich auch im weiteren Verlauf durch die Gesamtgruppe. Auch wenn anfänglich nur Teilgruppen, bspw. die Besetzungen der ersten beiden Fahrzeuge, ein hohes Interaktionsniveau zeigen.



Bild 35: hohes Interaktionsniveau nach Anhalten der ersten zwei Fahrzeuge (GV2)

In Bild 35 ist das hohe Interaktionsniveau unmittelbar nach dem Anhalten bei Gruppenversuch GV2 dargestellt: Die ersten beiden Fahrzeugbesetzungen interagieren gestisch, verbal und mit Bewegungen zueinander/voneinander (sehr) dicht unmittelbar nach dem Ausstieg. Eine Person strebt zum Notausgang unmittelbar nach dem Ausstieg aus der Beifahrertür von Wagen zwei, verständigt sich auf dem Weg mehrfach mit den anderen Personen. Die anderen Personen gehen zurück zu ihren Fahrzeugen, entnehmen und verteilen Warnwesten und beginnen dann mit ständiger Interaktion zueinander (Blicke, Gesten, Warten auf Andere) mit der Bewegung weg von der Schadensstelle. Das hohe Interaktionsniveau zieht sich durch den gesamten Versuchsablauf und die gesamte Probandengruppe.

Bei beiden Versuchen, bei denen sich anfänglich kein hohes Interaktionsniveau zeigt (GV1, GV3) stellt sich diese auch später nicht ein. Es kommt mehr zu einem Erscheinungsbild einer stillschweigenden Parallelisierung von Handlungen.

Warnwesten und Fahrzeugsicherung

Bei keinem der Gruppenversuche zeigt sich ein durchgehender gleichförmiger Umgang mit Warnwesten oder Fahrzeugsicherung. Oft zeigen sich Subgruppen aus initialen Fahrzeugbesatzungen oder wenigen Fahrzeugen, die direkt hintereinanderstehen, die ähnlich mit Warnwesten umgehen (Herausnehmen, Anziehen, Weglassen). Bei den ersten Fahrzeugen, die direkt unter dem Eindruck des Schadensortes und der Verrauchung agieren, steht die Warnweste eher in Konkurrenz zu anderen Entscheidungen und wird dann oft vernachlässigt. Deutlich wird auch, dass der Gruppendruck, eine Warnweste zu holen oder anzuziehen zu Verlängerung der Entfluchtungszeit führen kann bis hin zum Impuls, zurück zum eigenen Fahrzeug zu laufen.



Bild 36: begrenzt synchrones Verhalten von Personen (GV3)

Bild 36 zeigt eine oft beobachtete Situation einer begrenzten synchronen choreografierten Bewegung von Personen bei Gruppenversuch GV3. In diesem Fall der Ausstieg von vier Einzelpersonen, die zeitlich auf den Ausstieg der Person im grünen Wagen reagieren. Zudem hält sie ihre Warnweste noch zeigend hoch. Die Personen im direkten Umfeld (1-2 Wagen davor/dahinter) reagieren dann analog. Allerdings ist auch erkennbar, dass die beiden letzten Wagen hinter dem roten Kleinbus nicht reagieren. Der Gruppeneffekt zieht sich also nicht durch die ganze Wagenschlange. Die Person im ersten weißen Wagen findet erst keine Warnweste, fühlt sich aber angehalten eine zu tragen und durchsucht daher im Anschluss lange ihren Wagen.

Leitpersonen und Einzelpersonen

Bei drei Versuchen können Leitpersonen eindeutig identifiziert werden, allerdings mit sehr unterschiedlicher Wirkung. Im GV2 fällt zusätzlich auf, dass diese Personen im Verlauf ihre Rolle stabilisieren und ausbauen sowie verteilte Aufgaben übernehmen und diese auch koordinieren. Eine Person übernimmt das Absetzen des Notrufs, eine Person erkundet am Schadensort und unternimmt einen Löscharbeit, eine weitere Person aus dem hinteren Teil der Fahrzeugkolonne leitet erst von hinten herkommend Personen zur Entfluchtung an und forciert dann zunehmend eine Räumung der Gesamtgruppe aus Fahrzeugen und Ereignistunnel.

Im GV3 entscheidet der Fahrer des ersten Wagens durch seine schnelle frühe Bremsung für die gesamte Gruppe, dass die direkte Entfluchtung Primat bekommt und Erkundung und mögliche Hilfeleistung damit nicht durchgeführt werden. Allerdings wird seine Leitrolle sofort in eine kleine Gruppe eingebettet, die dann als Vorbildgruppe eine kritische Größe erreicht haben könnte, so dass alle anderen Personen zu folgen beginnen. Innerhalb der Kleingruppe behält er zudem eine Leitrolle bei.

Im GV4 setzt der Fahrer des zweiten Wagens zuerst den Notruf ab, winkt danach aber die Gesamtgruppe zu sich nach vorne in den Rauch und an den Schadensort, eine potenziell fatale Anleitung, bevor die Entfluchtungsentscheidung in die andere Richtung fällt. Danach ist er noch an der Entscheidung zur Erkundung durch die erste Fahrzeugbesatzung beteiligt, behält im weiteren Verlauf die Leitrolle aber nicht bei.

Mehrfach fallen Einzelpersonen auf, die teilweise fast vollständig isoliert Handlungsprogramme abwickeln. Meistens handelt es sich dabei um Personen aus dem hinteren und mittleren Kolonnenbereich, die ohne erkennbaren Bezug zu anderen Personen ihr Fahrzeug verlassen und in der Regel dann direkt durch den Querschlag gehen. Aber auch Handlungsprogramme, wie die Erkundung durch eine Einzelperson im GV1 lassen sich dazu zählen.



Bild 37: Leitrollen bei der Evakuierung (GV2)

In Bild 37 ist eine Situation beim Gruppenversuch GV2 dargestellt: Die Personen bewegen sich verteilt in der Tunnelröhre Richtung Notausgang. Die letzten beiden Personen, die im Verlauf mehrfach aktive Leitrollen eingenommen haben, halten engen Kontakt, verständigen sich laufend und sorgen dafür, dass alle Personen jetzt zügig den Tunnel verlassen. Hierzu werden die Personen in Wagen vier, die schon vorher von ihr mit Klopfen an die Scheibe und Türöffnung von außen zur Evakuierung aufgefordert worden waren, nochmals angesprochen und mit klaren Gesten, Anfassen/Schieben und Zudrücken der Wagentüre zur Evakuierung aufgefordert. Ein Suchverhalten des Fahrers im Fahrzeug wird dabei unterbunden.

Subgruppen

In allen Versuchen ist klar erkennbar, dass initiale Subgruppen, worunter Paare, Fahrzeugbesatzungen oder Familien zu verstehen sind, im weiteren Verlauf zusammenbleiben – mit Ausnahme der Familien. Dies schließt nicht aus, dass sich meistens einzelne Personen aus der initialen Subgruppe lösen, um Erkundungen oder andere Handlungsprogramme zu beginnen. Die verbleibende Person (oder Personen) sorgen dann jedoch für einen anhaltenden Zusammenhang der Gruppe, in dem sie Stehenbleiben, beobachten oder den Anschluss suchen. Auch bei Paaren führt das Ablösen einer Person beispielsweise durch Hilfeleistungen sofort dazu, dass die andere Person aus dem Paar ihre Entfluchtung unterbricht und wartet.

Zwar sind im Sample nur zwei Familienkonstellationen in den Fahrzeugen, jedoch ist auffallend, dass in beiden Fällen sich jeweils der männliche Fahrer/Beifahrer aus dem Familienverbund gelöst hat. In einem Fall trennt er sich anhaltend von der Familie, um Erkundung und Hilfeleistung zu unternehmen und entfluchtet letztlich auf anderem Wege als die Familie durch das Tunnelportal. Im zweiten Fall zweiten Fall ist die Trennung nicht dauerhaft, es ist jedoch erkennbar, dass er sich weit von der Familie löst, dass auch ein Abreißen der Verbindung hätte auftreten können. In beiden Fällen wird der Zusammenhalt der restlichen Familie durch die Mütter sichergestellt, die mit klarem Primat zur Entfluchtung agieren.



Bild 38: Ausstieg einer Gruppe von Fahrzeuginsassen (GV4)

Bild 38 zeigt GV4 (Ausschnittvergrößerung): Häufig beobachtete Situation einer initialen Fahrzeuggruppe (3 Freundinnen), die sich durch Handlungen einer Person aufzulösen scheint, die (beiden) passiven Personen der Gruppe stellen den Zusammenhalt jedoch sicher.

Mehrfach gibt es Hinweise darauf, dass Einzelpersonen oder Paare nicht ohne weiteres eine prägende Rolle einnehmen können. Sie müssten diese deutlich gestisch oder verbal

signalisieren und möglicherweise sogar eine Expertise deutlich machen. Anders sieht es jedoch aus, wenn Subgruppen entstehen, die eine kritische Größe in der Wahrnehmung aller anderen Personen erreichen. Diese könnte bei 3-4 Personen liegen. Die Gesamtgruppe beginnt sich an diesen Subgruppen zu orientieren. Im Versuch GV3 wird dieser Effekt sehr deutlich erkennbar. Die früh und markant agierende Subgruppe aus den ersten beiden Fahrzeugen führt dazu, dass alle hinteren Fahrzeuge deren Entscheidungen erst einmal abwarten und sich dann an ihrer Entfluchtungsentscheidung und Wegewahl orientieren. In GV5 übernimmt erst ein Paar eine Sonderrolle, indem sie eine Erkundung beginnend aus dem hinteren Teil der Fahrzeugkolonne antreten. Auch diese Kerngruppe wird dann aber im weiteren Verlauf durch eine weitere Person vergrößert. Es muss dann auch keine ausdrückliche Kommunikation mit der Gesamtgruppe mehr erfolgen, sondern die Orientierungswirkung ist weitgehend stillschweigend durch Nachahmung zu beobachten.



Bild 39: Leitgruppe aus zwei Fahrzeugbesatzungen (GV3)

Bild 39 zeigt GV3: Die Besatzungen der beiden vordersten Fahrzeuge verständigen sich über die Situation. Dies ist für die hinteren deutlich sichtbar, einerseits durch den Kleinbus, andererseits dadurch, dass die Gruppe in der Straßenmitte steht. Die Distanz zum Schadensort ist sehr groß. Bei den hinteren Fahrzeugen ist relativ zur Gesamtdauer des Versuchs sehr lange Zeit keine Aktion erkennbar.

8.4 Qualitative Analyse der Einzel- und Gruppenversuche

In den Videos, sowie anhand der standardisierten Daten lässt sich ein sehr breites Verhaltensspektrum beobachten und in den Interviews erweiterte sich der beschriebene Möglichkeitsraum der Handlungen nochmals enorm. Dies ist der Fall, da ein Teil der Probanden zwischen verschiedenen Handlungsoptionen abwägt, sich schlussendlich nur für eine entscheidet, oder, im Falle der Gruppenversuche in seinem Verhalten durch die eigene Gruppe oder Dritte entschieden beeinflusst wird.

Die nachfolgende Analyse untergliedert sich in die der Einzelversuche (EV) und der der Gruppenversuche (GV). Für beide Versuchsreihen werden Entscheidungs- und Verhaltensmuster typisiert.

Qualitative Typenbildung anhand der Einzelversuche

Anhand der qualitativen Daten konnten zwei Typen von Probanden identifiziert werden, die sich in ihrem Entscheidungsverhalten und ihren Handlungsweisen unterscheiden lassen. Eine ausführliche Darstellung der einzelnen Probanden findet sich im Anhang. Im Folgenden seien die Typen ausgeführt.

Der Professionelle, sichere Typ

Der professionelle Typ (EV 2, 6) besitzt Vorwissen bezüglich Unfall- und spezifischen Brandsituationen. Die Probandin 2 ist bei der Feuerwehr. Proband 6 ist ein Tunnelbauingenieur und mit den Sicherheitskonzepten und Einrichtungen vertraut. Schon vor der eigentlichen Situation verfügt dieser über ein Handlungsprotokoll zur korrekten Vorgehensweise auch speziell für Brandsituationen in Tunnelgebäuden. Dieser Typ kann im Nachgang alle seine Handlungsschritte rekonstruieren und logisch begründen. Er verweist auch auf die Qualität professionellen Einsatzhandelns:

„das Schlimmste ist, wenn die Leute dann irgendwas machen, und nicht das - was das Einsatzpersonal sagt.“ (EV 6).

Diese Abwägung des eigenen Risikos bestimmt das anschließende Handlungsprogramm. Der Typ reagiert schnell nach vollzogenem Halt. Nach dem zügigen Ausstieg erfolgt eine Erkundung der Gefahrenstelle, wobei versucht wird, den Faktor Rauch zu berücksichtigen. Die Gefahrenstelle wird nach potenziellen Verletzten abgesucht. In den Versuchen kommen die Professionellen zu dem Schluss, dass sich kein Verletzter in den Fahrzeugen befindet, da etwa die Türen der Fahrzeuge offenstehen und die Warnblinkanlage aufleuchtet. Insgesamt kommt es zu folgendem Dreischritt des Handelns:

- [4] Erkundung und Abwägung, ob Hilfeleistung notwendig ist
- [5] Betätigung eines Notrufs an der Nische im Gefahrenbereich
- [6] Eigensicherung/Evakuierung

Aufgrund der – im Vergleich zu den übrigen Versuchen – längeren Erkundung, sowie dem Aufsuchen der Notrufnische geraten die Probanden in der Phase der Erkundung in den Rauch. Eine Einzelfahrerin des Typs reflektiert die Verrauchung als kritisch. Sie führt das, wie auch auf den Videos ersichtlich, auf ihre lange Aufenthaltsdauer in der Notrufnische zurück und gibt an von der Bedienung unter der Stresssituation überfordert gewesen zu sein. Die Probanden folgen gemäß der oben genannten Maxime den Anweisungen des Operators zu entfluchten, geben aber an, dies ohnehin erwogen zu haben. Sie tun dies auch zügig. Die Probandin, die sich schon im dichten Rauch bewegt, hat hierfür ein lageangepasstes Handlungsprotokoll. Sie flieht seitlich an der Tunnelwand und berührt diese, um nicht die Orientierung zu verlieren und damit sie, im Falle einer Ohnmacht nicht auf der Fahrbahn zum Liegen kommt. Sie meint so auch leichter und mit geringerem Eigenrisiko geborgen werden zu können. Beide Probanden dieses Typs entfluchten zum sicheren Notausgang (Richtung Tunnelleinfahrt).

Der professionell, „unsichere“ Typ

Die Typisierung erscheint erst widersprüchlich. Sie ist in den Einzelversuchen auch nicht aufgetreten. In den Gruppenversuchen weisen einzelne Personen allerdings ein entsprechendes Handlungs- und Entscheidungsmuster auf. Die Person verfügt über Vorwissen aus

Arbeitskontexten (beispielsweise Schulungen zur Arbeitssicherheit) oder aus insbesondere ehrenamtlicher Tätigkeit. Dieses Vorwissen wird innerlich aktiviert und teilweise, beispielsweise in Kleingruppen, auch geäußert. Allerdings schließt daran kein direktes Handlungsprogramm an. Entweder weil beispielsweise die Kleingruppe ein anderes Handlungsprogramm wählt und die Person mit Vorwissen sich nicht durchsetzt oder weil einer Gruppe in der Entfluchtung gefolgt wird und somit eigentlich Erlerntes, beispielsweise darauf zu achten, dass alle evakuieren, nicht umgesetzt wird. Die Personen übernehmen dann keine führende Einzelrolle. Teilweise können auch die Anforderungen aus einem umfassenden professionellen Handlungsprogramm dazu führen, dass Personen mit diesem Wissen langsamer reagieren, weil sie mehr Faktoren zu berücksichtigen versuchen. Wenn andere Personen oder Handlungsgruppen dann schon aktiv geworden sind, würde ein Umsteuern massives Auftreten erfordern.

Der situativ sichere Entscheider

Der situativ sichere Entscheider hat kein professionelles Vorwissen und auch kein vorgefertigtes Handlungsprotokoll. Er muss spontan auf die Gefahrensituation reagieren. Wie gehandelt wird, unterscheidet sich von Fall zu Fall. Bei zwei Einzelversuchen wurde ein Wendemanöver eingeleitet oder es wird durch den Schadensort gefahren.

Er gibt hier einen starken Kontrast der Probanden untereinander, was die Gefahrenwahrnehmung und die daraus abgeleiteten Handlungsoptionen betrifft. In jedem Fall müssen sie rein situativ entscheiden. Dieser Typ entscheidet sich zügig für eine Handlung und vollzieht diese konsequent. Es handelt sich um die Probanden EV 3 und 5, die zwar in Anbetracht derselben Unfallsituation zu einem gegenläufigen Entschluss kommen, die eingeleitete Handlung aber zügig und stringent verfolgen. Er begründet zwar seinen jeweiligen Handlungsimpuls, ist sich im Nachhinein aber nicht sicher, ob sein Verhalten der Situation angemessen war. Es bleibt etwa die Frage bestehen, ob man nicht doch nach Verletzten hätte sehen sollen. Er reflektiert auch, ob er sich in Realsituationen nicht anders verhalten hätte.

Der situativ unsichere Entscheider

Der situativ unsichere Entscheider hat ebenfalls kein vorher festgelegtes Handlungsprogramm. Er schätzt mit Verzögerungen und Unsicherheit die Lage ein. So wägt die Probandin EV 1 einige Zeit ab, was sie tun soll. Sie kann das Geschehen und ihr eigenes Handeln allerdings in ihrer Entscheidungsphase kaum rekonstruieren. Sie erinnert sich etwa nicht genau, kurzzeitig das Fenster geöffnet zu haben. Sie entscheidet sich dann weniger überlegt, wie EV 4, übersprungsartig und aus einer generellen Verunsicherung heraus zum Wenden des PKW. Auch bei Proband EV 4 führt eine generelle Unsicherheit zu einer verzögerten Handlung. Er entscheidet sich dann auch mehrfach um, kehrt in sein Fahrzeug zurück, um weiter zu überlegen, ehe er schließlich evakuiert. Proband 7 entscheidet sich nach längerer Abwägung beim Bremsen und Ausrollen für ein Durchfahren der Unfallstelle, wobei er wegen mangelnder Sicht durch Verrauchung einen Unfall verursacht.

Qualitative Analyse der Gruppenversuche

Auch in den Gruppenversuchen fallen die Handlungsprogramme einzelner Fahrer oder Gruppen unterschiedlich aus. Es kommt aber zu einer teilweise bewussten, teilweise unbewussten Verhaltensanpassung im Versuchsverlauf. Zwar variieren die Probanden innerhalb und zwischen den Versuchen in der Sicherheit/Unsicherheit ihres Handelns und ihrer Reaktionszeit. Allerdings werden weniger Verhaltensweisen realisiert.

Im Einzelnen kommt es zu spezifischen Handlungen, etwa dem Löschversuch im Gruppenversuch 3 oder einer exzessiven Exploration der Gefahrenstelle durch die spontane Gruppe im Gruppenversuch 5. In den Interviews kommt aber zum Vorschein, dass das Verhalten anderer oft entscheidenden Einfluss auf Probanden ausgeübt hat, die selbst andere Handlungsoptionen erwogen haben als diejenigen, die sie dann realisierten. Entweder hat hierbei die Beobachtung anderer auf den Entscheidungsprozess eingewirkt oder die Handlungsoption wurde im Zuge der gruppeninternen Entscheidung nicht weiterverfolgt. In einigen Fällen hat auch die Evakuierungsanweisung anderer dazu geführt, eine Überlegung fallen zu lassen oder aus der eigenen Passivität – Unentschlossenheit zwischen Handlungsoptionen oder generelle Überforderung – aufzubrechen.

Es kommt etwa zu keinem Wendemanöver und zu keinem Versuch die Unfallstelle zu umfahren. Auch wurde niemals der Fluchtpfad an der Gefahrenstelle vorbei gewählt, auch wenn, wie auf der Hinweisbeschilderung lesbar, der Fluchtweg für manche Probanden der vorderen Reihen kürzer gewesen wäre. In den Interviews geben aber viele Probanden an, durchaus überlegt zu haben, zu wenden oder die Gefahrenstelle zu passieren. Auch geben viele Probanden der vorderen Fahrzeuge an, bei der Wahl des Fluchtwegs gezögert zu haben. In einigen Fällen wurde durchaus erwogen, den kürzeren Pfad an der Gefahrenstelle vorbei zunehmen. Viele Probanden hatten überlegt über die Tunneleinfahrt zu flüchten.

Die Gruppenentscheidung hat davon abweichende Erwägungen oftmals nivelliert. Zudem haben sich die meisten Probanden, Einzelfahrer wie Gruppen, am Verhalten anderer orientiert. Bei generell unsicheren Probanden, wie bei solchen, die zwischen Handlungsalternativen – in der Regel Eigenschutz oder Fremdhilfe – abgewogen haben, hat die einsetzende Großbewegung der anderen – als „Menge“ oder „Masse“ bezeichnet – zur Adaption des Verhaltens geführt. Dies betrifft das in den Versuchen variierende Ausstiegsverhalten und das letztendliche Evakuierungsverhalten.

Nachfolgend werden zuerst generelle Unterschiede aufgezeigt, welche die Wahrnehmung der Probanden der Gruppenversuche im Kontrast zu denjenigen der Einzelversuche betreffen. Der Einfluss, den die An- oder Abwesenheit anderer auf die Wahrnehmung der Gefahrensituation einerseits, auf diejenige der Tunnel- und Sicherheitseinrichtungen andererseits hat, ist hierbei enorm. Die übergreifende Situationswahrnehmung wird mitunter, aber nicht ausschließlich durch den Reihenplatz beeinflusst, den die Probanden annehmen.

Wahrnehmung der Probanden in den Gruppenversuchen

Alle Teilnehmer beschreiben den Tunnel als realistisch aussehenden Straßentunnel und die meisten bewerten die Situation als ein realitätsnahes und bedrohliches Szenario. Überwiegend ist den Probanden bewusst, dass in solch einer Situation der Rauch eine große Gefahr darstellt. Die konkrete Bewertung der Gefährlichkeit der Verrauchung fällt dann aber sehr unterschiedlich aus. Aus den qualitativen Interviews lässt sich herausarbeiten, dass die allermeisten der Teilnehmenden in den Gruppenversuchen selbst keinen Überblick über das Unfallszenario oder die Situation im Tunnel gewinnen konnten.

Nur die ersten beiden Fahrzeuge haben eine initial gute Sicht auf das Unfallereignis. Ab dem dritten Fahrzeug tun sich die Probanden schwer die genaue Unfallsituation zu erfassen. Nur circa 1/5 der Wagenbesatzungen kann im Nachinterview das Unfallszenario rekonstruieren (d.h. beschreiben, dass es sich um einen Unfall mit zwei verunfallten Fahrzeugen, einem PKW und einem LKW handelte).

Ab Wagen drei findet in der Regel eine Gefahren- und Situationsbewertung auf Basis einer unvollständigen und eher bruchstückhaften Informationslage statt. Die Personen wissen gar nicht, was der Grund für das Anhalten der Kolonne und des Rauches ist. Stellenweise wird längere Zeit angenommen, es handele sich lediglich um eine Autopanne, so dass sich überhaupt keine Sensibilisierung für die Gefährlichkeit der Situation einstellt. Auch die Erwägung potenziellen Verunglückten zu helfen, fällt somit komplett weg. Die schlechte Sicht führt nur in wenigen Fällen zu Neugier und dem Bedürfnis zu erkunden. Die mangelhafte Informationslage wird in der Regel über die Beobachtung der Reaktion anderer ergänzt. Steigen die Insassen der vorderen Fahrzeuge aus oder wird deren Verhalten insgesamt als hektisch bewertet, so bildet dies zumeist das entscheidende Kriterium der Gefahrenbewertung. Bei längerer Passivität der vorderen, was in den Versuchsreihen 4 und 5 zu beobachten ist, wird vorerst darauf geschlossen, dass keine akute Gefahr vorherrscht. Sehen sie, dass diese schnell aussteigen, rennen oder sich hektisch verhalten, so wird daraus geschlossen es handelt sich um eine gefährliche Situation. Bleiben andere sitzen, so lautet das Urteil: keine echte Gefahr von da vorne.

Es zeichnet sich hier ein grundlegender Gruppierungseffekt ab, denn noch bevor sich für ein bestimmtes Handlungsprogramm entschieden wird, beeinflusst die Wahrnehmung anderer Personen und die Interpretation ihres Verhaltens die Situations- und Gefahrenbewertung ganz wesentlich. Das spielt vor allem eine Rolle, da die tatsächliche Informationslage über die Unfallsituation sehr bruchstückhaft ist und die Personen in der Mitte und am Ende der Kolonne darauf auch angewiesen sind, die fehlenden Informationen zur Bewertung der Situation zu ergänzen, um handlungsfähig zu werden.

Im Gruppenversuch 4 schildert das Paar des 7. Wagens folgend:

„[...] dann sind noch Leute ausgestiegen, das hat mich auch dazu veranlasst, zu sagen, es ist ein Problem. - Und es ist nicht nur irgendein vorübergehendes Problem.“

Der Proband bezieht sich hierbei auch auf seinen Vordermann, der seine Gefahrenwahrnehmung und die Entscheidung den PKW zu verlassen auch an die Beobachtung der vorderen Probanden knüpft. Er reflektiert hierbei die (schlechten) Sichtverhältnisse der hinteren Reihenplätze.

„Weil wir auch das vorletzte Auto waren [...] da denkt man sich, da gibt es eine Information, die beginnt da, - da ist die Unfallsituation und es wird dieses Wissen bis zurück weitergegeben. - Und wenn du im vorletzten Auto sitzt, schaust du wirklich genau, was tun die davor.“

Umgekehrt gilt, dass je weiter vorne eine Wagenbesetzung platziert ist, auch der Entscheidungsdruck steigt. Gerade die Probanden des 1. Reihenplatzes sehen sich direkt mit dem Unfall konfrontiert, haben zugleich zuerst niemanden an den sie sich orientieren können. Zu Beginn, dies scheint generell zu gelten, konzentriert sich das Sichtfeld aller Probanden in Fahrtrichtung. Erst nach längerer Haltezeit oder nach dem Ausstieg gerät auch das hintere Geschehen in den Fokus der Aufmerksamkeit.

Für die ersten Probanden ergibt sich damit die komplexeste Situation, was in 4 von 5 Fällen - die Ausnahme bildet der Gruppenversuch 2 - zu einer gewissen Handlungsüberforderung führt. Die Probanden reagieren zögerlich und reagieren entweder auf den Ausstieg der Probanden aus den hinteren Wagen oder müssen gar von diesen zum Ausstieg aufgefordert werden (Gruppenversuch 4). Allein im Versuch 2 ergreift der Fahrer, ein Feuerwehrmann in einer 4er Gruppe, zügig die Initiative und erkundet die Gefahrenstelle. Die

Probanden des zweiten Wagens scheinen hier eine günstigere Position zu haben und nehmen die Gesamtsituation vollumfänglicher wahr. Sie werden dann auch zuerst aktiv und intervenieren, wenn sie die vordere Wagenbesatzung in ihrer Inaktivität vom Rauch bedroht sehen.

Bei der Überblicksgewinnung über die Situation im Tunnel zeichnet sich ein ähnliches Bild ab. Nur rund ein Viertel der Wagen können überblicken wie viele Personen sich circa im Tunnel aufhalten und was die Personen machen, die nicht in den vorherigen oder danach folgenden Autos sitzen oder die sich nicht auf dem Weg zum Querschlag treffen und so eine Entfluchtungseinheit bilden.

"Ich habe gesehen, dass noch drei Leute aus dem Auto ausgestiegen sind. - Was weiter vorne passiert ist, habe ich eigentlich gar nicht mehr wahrgenommen, - sondern dass im näheren Umfeld, also in den nächsten drei Autos schätze ich einmal," (Gruppenversuch 3, Reihenplatz 9)

Tunnelarchitektur, Fluchtwegbeschilderung und Notruffeinrichtungen

Alle Teilnehmer beschreiben den Tunnel als realistisch aussehenden Straßentunnel und die meisten der Teilnehmenden bewerten die Situation, trotz Wissen an einem Versuch teilzunehmen, als weitestgehend reale (Lebens-)Bedrohung. Dass Rauch in einem geschlossenen Raum, wie dem Tunnel, potenziell tödlich sein kann, scheint allen klar zu sein. Der Umgang damit und die konkrete Bewertung der Gefährlichkeit der Verrauchung fallen dann aber sehr unterschiedlich aus.

- Die Orientierung im Tunnel und die Wahrnehmung der Sicherheits- und Notruffeinrichtungen unterscheidet sich nach Person und Versuch.
- Die Wahrnehmung des Querschlages, der Fluchtwegbeschilderung und der Notrufnischen ist deutlich schlechter als in den Einzelversuchen.
- Mehr Menschen machen die Situation im Tunnel unübersichtlicher.
- In Einzelversuchen wurde die Notrufnische vorne immer wahrgenommen, in den Gruppenversuchen viel weniger oft.
- Durchsagen im Tunnel wurden vorne teilweise gar nicht wahrgenommen, die hinteren Wagenplätze haben sie meist zwar wahrgenommen, jedoch weniger als 10 % konnten die Durchsage im Tunnel bereits komplett verstehen. Die meisten Probanden haben die Durchsagen erst im Querschlag verstanden.
- Die Durchsage wird teilweise als verunsichernd und panikfördernd beschrieben, da die Stimme sehr hoch war und die Inhalte nicht klar verstanden wurden. Zwar war hörbar, dass eine Ansage gemacht wurde, doch die genaue Botschaft blieb teilweise unverständlich, was zu Verunsicherung führte.
- Die Fluchtwegbeschilderung wurde von fast allen Probanden wahrgenommen und dieser wurde bei Entfluchtung durch Querschlag auch gefolgt.
- Auch wenn zusätzlich ein Abgleich mit vorhergehenden Personen erfolgte, war die Beschilderung immer auch handlungsleitend.

- Teilweise entstand Verwirrung durch Entfernungsangaben, wenn der nähere Notausgang hinter dem Feuer lag. Von den allermeisten Versuchsteilnehmern wurden aber die Entfernungsangaben sowohl wahrgenommen und verstanden als auch zur Orientierung verwendet.
- Im Querschlag entstand Unsicherheit und Zweifel über das weitere Vorgehen.
- Aufgrund fehlender Beschilderung und Hinweise im Querschlag bestand Unsicherheit, ob die Paralleltunnelröhre ein sicherer Ort ist.
- Es gab Zweifel an der Bedienung der Notrufnische, da ihre Funktionsweise nicht intuitiv nachvollziehbar war. Vor allem die Funktionsweise der außen an der Notrufnische angebrachten Knöpfe war wenig verständlich, da diese nach Drücken keinen deutlichen Hinweis darüber abgeben, ob Notruf erfolgreich war.
- Außerdem wurde beim Anruf die Stimme des Operators als relativ leise empfunden und deshalb teilweise als im Tunnel unverständlich beschrieben.
- Bei den meisten Probanden entsteht nach Eintritt in den Querschlag ein Gefühl der Sicherheit/ aus dem Stress rauskommen/ zur Ruhe kommen/ die Situation das erste Mal richtig erfassen.
- Der Querschlag wird von manchen Versuchsteilnehmern als Endziel und finaler „sicherer Ort“ verstanden.
- Von manchen Probanden wird der Querschlag jedoch auch nur als Übergang zu einem sicheren Ort aufgefasst. Diese fühlen sich dort zwar vorübergehend sicher, jedoch nicht endgültig und gehen deshalb weiter in die parallel verlaufende Nachbarröhre.
- Einzelne Probanden müssen den Tunnel sogar durch das Portal verlassen, um ein Gefühl der Sicherheit zu spüren.

Qualitative Handlungstypen in den Gruppenversuchen

Startimpuls und Ausstiegsverhalten

Der Startimpuls für das eigene Handlungsprogramm wurde in den Interviews mit dem Ausstiegsimpuls erfragt. Bei 14 Fahrzeugen wurde Rauch, oder die Bedrohung durch den Rauch, als ausschlaggebender Startimpuls für das folgende Handlungsprogramm beschrieben. 17 Fahrzeuge begründen ihren Ausstiegsimpuls mit dem beobachteten Verhalten anderer. Bei den vorderen Fahrzeugen kann dies bedeuten, dass sie dazu aufgefordert werden. Oftmals wird sich durch die Beobachtung des Ausstiegs anderer dazu entschlossen. 6 Fahrzeuge begründeten es mit einer Mischung aus der Bedrohung durch Rauch und dem beobachteten Verhalten anderer. Eine Person nennt die Durchsage als Startimpuls.

Daraus lässt sich also schließen, dass bei weit mehr als der Hälfte der Wagen (23 von 40) das Verhalten anderer Personen (mit-)ausschlaggebend für den Ausstiegsimpuls, also den Startimpuls des Handlungsprogrammes ist. Dies deckt sich mit der statistischen Analyse des Orientierungsgehalts. Wie oben beschrieben, fällt dieser Impuls mit der gesteigerten Sensibilität für die Lage zusammen. Jedoch wird aus den Interviews auch klar, dass die eigene Gefahren- und Situationsbewertung bei 20 Personen die Wahrnehmung des Rauches miteinschließt, der hierbei für die Ersterkennung mitverantwortlich war. In den Gruppenversuchen beansprucht die Orientierungsphase der Probanden etwas mehr Zeit, dies gilt vor al-

lem für die weiter hinten / entfernt befindlichen Probanden. Die Situation insgesamt erscheint für die Probanden komplexer, da sich mehr Personen und PKW im Tunnel befinden, welche zum einen die Unfallerkennung erschweren, zum anderen Reize darstellen, die zusätzlich verarbeitet werden müssen. Die Evakuierung wiederum geht schneller von statten als in den Einzelversuchen, wenn sich frühzeitig eine Aktivität einstellt, Probanden den Wagen verlassen und sich zur Entfluchtung entscheiden. Dies war in den Gruppenversuchen 1-3 der Fall, wo frühzeitig Probandengruppen die Evakuierung antraten und sich die anderen Personengruppen an diesem Verhalten orientierten sowie bei der Fluchtwegwahl sich einfach den vorangehenden Gruppen anschließen konnten.

Typisierung der Handlungsprogramme

Aus den qualitativen Daten lassen sich im Wesentlichen fünf Typen herausarbeiten, die sich in der Art und dem Inhalt ihres Handlungsprogrammes unterscheiden. Als Teil des Handlungsprogrammes wurde dabei gewertet, was Personen als für sie realistische und durchgeführte Handlungsoption beschrieben haben, unabhängig davon, ob alle Schritte dann tatsächlich durchgeführt wurden. Dies ist etwa vor dem Hintergrund zu betrachten, dass, wenn etwa jemand einen Notruf anstrebt, dieses Handlungsziel aufgibt, wenn er jemand anderen einen absetzen sieht. Der Notruf ist dann trotzdem in seinem Handlungsprogramm, obwohl dieser nicht ausgeführt wurde.

Hinsichtlich der beschriebenen Handlungsprogramme lassen sich einige Gemeinsamkeiten erkennen.

Am Beginn des Handlungsprogramms aller Fahrer lassen sich Schritte zur Wagensicherung finden. Diese umfasst meistens das Bremsen, das Bilden einer Rettungsgasse und das Einschalten der Warnblinkanlage. Einen Teil der Wagensicherung bildet auch das Steckenlassen des Autoschlüssels. Dieser hängt aber von dem Vorwissen der Person ab und ist keine automatisierte Reaktion. Bei der Nutzung von Warnwesten lässt sich ein klarer Nachahmer-Effekt beobachten. Wenn die Leute erkennen, dass andere eine Warnweste anziehen oder tragen, wird dieses Verhalten oftmals adaptiert (in V2 laufen Leute zurück, um Warnweste zu holen, weil sie die bei anderen sehen). Auch bei der Warnblinkanlage wird zum Teil angegeben sie angeschaltet zu haben, da das vorherfahrende Auto die Warnblinkanlage ebenfalls aktiviert hat.

Die nachfolgenden Typen sind schematisch, die Reihenfolge der enthaltenen Handlungstationen kann bei manchen Personen auch abweichend sein. So kann der Notruf sowohl vor der Entfluchtung in einer Notrufnische im Tunnel als auch nach der Entfluchtung im Querschlag angestrebt werden. Die zeitliche und inhaltliche Versetzung kann hierbei aus der früheren/späteren Aktivierung eines Probanden oder der Sensibilisierung für die Gefahrenlage liegen. Manche Handlungsoptionen können nur vorliegen, wenn etwas erkannt (Vorhandensein einer Notrufnische) oder beobachtet (Hilfestellung anderer Teilnehmer) wird.

Typ 1

Leitimpuls ist Hilfeleistung und Notruf

- mit vollständigem Handlungsprogramm (oft bei professionellem Vorwissen, aber nicht immer)
- Wagensicherung erfolgt vollständig (meist Warnweste, Warn blinker, Rettungsgasse und Autoschlüssel)

- ausgiebige Erkundung ist Teil des Programms
- mit Hilfeleistung Verunfallte
- Notruf erfolgt oder wird aktiv beobachtet
- Hilfeleistung für andere im Tunnel (beispielsweise schauen, dass auch andere die Autos und den Tunnel verlassen)
- Eigensicherung durch Entfluchtung

Typ 2a

Leitimpuls: Hilfeleistung

- Umfassendes, aber nicht vollständiges Handlungsprogramm
- Wagensicherung (meist vollständig (d.h. Warnweste, Warnblinker, Rettungsgasse), außer Autoschlüssel)
- Erkundung mit Hilfeleistung für Verunfallte
- Teilweise auch Hilfeleistung für andere Personen im Tunnel
- Eigensicherung durch Entfluchtung

Typ 2b

Leitimpuls: Notruf

- umfassendes, aber nicht vollständiges Handlungsprogramm
- Wagensicherung (meist vollständig, außer Autoschlüssel)
- Kein Erkundungswunsch und keine Hilfeleistung Verunfallter
- Notruf
- Teilweise auch Hilfeleistung für andere Personen im Tunnel
- Eigensicherung durch Entfluchtung

Typ 3

Leitimpuls: Eigensicherung

- Handlungsprogramm nur Entfluchtung
- Wagensicherung (meist vollständig, außer Autoschlüssel)
- Direkter Fluchtimpuls mit anschließender stringenter Eigensicherung durch Entfluchtung
- Hilfeleistung für andere Personen im Tunnel sekundär oder nicht erkennbar

Typ 4

kein Leitimpuls

- kein eigenes Handlungsprogramm
- Wagensicherung (meist vollständig, außer Autoschlüssel)
- Kein eigener Flucht-/ Handlungsimpuls

- Handlung/ Entfluchtung, weil sie selbstständig das Handeln anderer nachmachen oder warten bis sie von anderen zum Handeln aufgefordert werden.

Der Typ 1 hat in der Regel Vorwissen zum Verhalten in Brandsituationen, gegebenenfalls spezifisch Brandunfällen in Tunneln. Oftmals sind es Professionelle im Bereich ziviler Sicherheit, vornehmlich der Gefahrenabwehr. Dies ist aber nicht notwendigerweise der Fall. Es finden sich auch Laien dieses Typs. Das Vorwissen, das er in jedem Fall besitzt, drückt sich so aus, dass er bereits vor der Einfahrt in den Tunnel über ein situationsspezifisches Handlungsprogramm verfügt. Er wägt dann in der konkreten Situation zu einem jeweiligen Zeitpunkt zwischen den diversen Handlungsoptionen – nähern zur Gefahrenstelle, Entfluchtung, oder Notruf – ab. Dies kann auch zu einer Handlungsverzögerung führen. Die Probandin des 10. Fahrzeugs (Feuerwehrfrau) in der Versuchsreihe 3 ist von der Situation überfordert. Sie schwankt zwischen Eigenschutz und der optionalen Fremdhilfe. Zwar liegt ein situatives Handlungsprogramm vor, doch letztendlich wird es nicht realisiert und die Probandin muss zur Evakuierung aufgefordert werden. Aus den Interviews lässt sich herausarbeiten, dass ein vollständiges Handlungsprogramm eher mit Überblick über Unfallsituation und meist auch Tunnelsituation einhergeht. Das lässt darauf schließen, dass die Wahrnehmung und Orientierung im Tunnel strukturierter und zielgerichteter von staten geht, wenn bereits Vorwissen darüber besteht, was in Notfall- oder Brandsituationen im Tunnel zu tun ist. Vorwissen lässt sich also nicht nur in dem Umfang und Inhalt des Handlungsprogrammes erkennen, sondern auch in der Art die Informations- und Eindrucksflut im Tunnel wahrzunehmen, zu organisieren und zu bewerten.

Typ 2 lässt sich in die beiden Subtypen unterteilen, die entweder der die Gefahrenstelle erkunden und hierbei auch anderen Probanden helfen, indem sie diese anleiten, oder davon absehen und alternativ einen Notruf abgeben. Wie bei Typ 1 und 2 findet ein Kontrollieren der anderen PKW statt. Bei Bedarf werden Personen von anderen aufgefordert auszustiegen oder zu evakuieren. Typ 3 beschließt bei Gefahrenwahrnehmung zu evakuieren und gerät nicht in einen Zielkonflikt zwischen Eigenrettung und Fremdhilfe. In der Regel wird nicht bei anderweitigen Verhalten anderer interveniert. Es wird nur teilweise geschaut, ob die Besatzungen aus den vorderen oder hinteren Fahrzeugen auch evakuieren.

Der Typ 4 ist in seiner Entscheidungsfindung vom Verhalten anderer abhängig. Er folgt eher blind anderen.

Handeln im Spannungsfeld zwischen Eigenschutz und Fremdhilfe

Vor allem bei Typ 1 und 2 geraten in einen Konflikt zwischen Eigenschutz und Fremdhilfe. Sowohl die Verzögerung wie die anschließenden Handlungen bewegen sich in diesem Spannungsfeld.

Am Ende der Interviews wurden alle Teilnehmer gefragt, was sie im Nachgang noch beschäftigt. Ist die Hilfeleistung im Handlungsprogramm enthalten, so drückt sich das in den benannten inneren Konflikt aus. Nachfolgend seien einige Zitate wiedergegeben.

Gruppenversuch 2, Reihenplatz 7:

"-schwieriger war eigentlich [...] die richtige Reaktion, weil man soll ja helfen natürlich <<I: Ja.>>. Äh, andererseits sich im Tunnel in Sicherheit bringen <<I: Ja.>> Also diese Diskrepanz war ein bisschen nicht gleich auflösbar, was als Erstes zu tun ist oder was als richtigerweise zu tun ist."

Gruppenversuch 3, Reihenplatz 10 auf die Frage, was den Probanden im Nachhinein intensiv beschäftigt:

„- Ja, ob wir jetzt jemanden retten hätten sollen oder nicht, das beschäftigt uns tatsächlich.“

Gruppenversuch 3, Reihenplatz 6:

„- Ja, ich glaube schon. - Für mich, so wie ich es gesagt habe, der größte Fehler ist, dass ich nicht nach vorne gegangen bin. - Weil das ist einfach ethisch und das geht einfach gar nicht. - Und da war ich eben im Zwiespalt. - Nur, was ist jetzt die eigene Sicherheit? - Und riskiere ich mein eigenes Leben? - Was ist, wenn da vorne jetzt irgendetwas explodiert? - Man weiß es sehr oft nicht. - Man sieht es ja in Filmen. - Es wird wahrscheinlich nichts sein. - Und wer weiß, was da noch kommt zum Beispiel. - Und ja, trotzdem sicher noch einiges darüber besprechen. - Wie kann man anders vorgehen? - Und was kann man vielleicht anders machen?“

Gruppenversuch 4, Reihenplatz 5:

„- Ja, es ist auch, wie gesagt, es ist für mich irgendwie, - weil der Gedanke Hilfe zu leisten und dann nicht nach vorne zu gehen, - das würde mich beschäftigen, weil ich dann nicht weiß, - habe ich da jemanden im Stich gelassen, hätte ich nicht doch, - trotz allem, obwohl dann eben viele Leute vorne waren, - haben die wirklich geschaut, haben sie nicht geschaut, - ist jemand noch dort gewesen, der Hilfe gebraucht hätte? - Also das würde mich stark beschäftigen, ja.“

Machen Personen können diesen Konflikt für sich auflösen. Sie handeln nach der Maxime „Eigenschutz geht vor Fremdschutz“ und sind in ihrer Gefahreinschätzung zu dem Schluss gekommen, dass ein Nähern an die Gefahrenstelle ein zu hohes Risiko gewesen wäre. So hätte der Proband des 6. Reihenplatzes bei einer weniger riskanten Situation Hilfe geleistet.

"- Aber für mich war eher der Zwiespalt, steige ich aus und gehe auf die Seite oder steige ich aus und gehe noch vor. - Und schaue, ob da was da ist und wo man vielleicht als Ersthelfer helfen kann.“

„- Okay, also ohne Rauch wären Sie dann wirklich nach vorne gegangen?“

„- Hundertprozentig -„

Im Gruppenversuch 5 reflektiert der Proband des ersten Reihenplatzes:

"- Das ist natürlich auch situationsbedingt. - Wenn natürlich irgendein Passant noch im Auto wäre, der Hilfe braucht, - ohne dass Rauch oder Feuer, eine Gefahr für mich selber, nicht in Betracht käme, - dann würde ich natürlich helfen. - Aber sonst natürlich nicht.“

Ein Paar, bestehend aus zwei Freunden (5. Gruppenversuch, Reihenplatz 7) wägen zusammen ab und entscheiden sich dann für die Hilfeleistung, die explizit über den Eigenschutz gestellt wird. Sie erkunden ausgiebig und, was selten vorkommt, bewegen sich gegen die Bewegungstendenz der größeren Menge an Probanden, die sich schon auf der Flucht befinden. Sie geraten dabei in starke Verräucherung. Als sie einen Unbekannten auffordern, sich der Gefahrenstelle zu nähern, verneint der dies, was einen der beiden im Nachgang noch beschäftigt. Er zweifelt auch später an ihrer Entscheidung, reflektiert dabei aber auch das Dilemma, dass sich daraus ergibt, dass man nicht genau weiß, ob man helfen sollte oder ob

diese Hilfe, bei erhöhter Eigengefährdung, überhaupt von Nöten, eventuell gar schädlich ist.

„ - Weil der Erste, der vorne gesagt hat, Eigenschutz geht vor Fremdschutz, - das beschäftigt mich jetzt noch. - Weil was nutzt es, wenn ich sterbe, - eine Rauchgasvergiftung am Weg, um jemandem zu helfen? - Das bringt ja nichts. - Insofern, das beschäftigt mich. - Einerseits bin ich dem Impuls gefolgt, jemandem zu helfen, - aber möglicherweise war das nicht nötig. - Beschäftigt mich natürlich.

Manche Personen, wie die Feuerwehrfrau aus Versuch 3 (Reihenplatz 10) können den Konflikt für sich gar nicht auflösen, sodass sie trotz umfassendem Handlungsprogramm in eine solche Handlungsunsicherheit kommt, dass sie im Auto sitzen bleibt, bis sie zur Entfluchtung aufgefordert wird. Oftmals wird sich für die Entfluchtung entschieden, mitunter weil die Beobachtung anderer diese Entscheidung begünstigt. Allerdings zeigt die häufige Bezugnahme auf diesen Konflikt in den Interviews, dass dieser auch nach der Situation nicht aufgelöst werden kann und man nicht immer hinter seiner Evakuierungsentscheidung steht. Sowohl Einzelfahrer als auch Gruppenmitglieder sind von diesem Konflikt betroffen. Bei Gruppenmitgliedern verhindert die Intervention von Bezugspersonen in der Regel eine längerfristige Handlungsverzögerung. Die Sicherheit der Gruppe wird als Grund angeführt den Zielkonflikt zugunsten der Evakuierung aufzulösen. Dennoch stellen sich auch Gruppenmitglieder im Anschluss die Frage, ob ihr Verhalten korrekt gewesen ist. Einige stellen sich die Frage, ob die Fremdhilfe nicht nach der erfolgreichen Entfluchtung der Eigengruppe initiiert werden sollte. Die Handlungsverzögerung wird immer durch die Aufforderung Dritter oder die gruppeninterne Entscheidung gelöst. Bei Gruppenmitgliedern besteht allerdings eine höhere Chance der Intervention anderer, da die Gruppen sich generell als Entscheidungseinheit betrachten. Die Intervention findet zudem frühzeitiger statt als bei der Intervention Dritter. Insofern haben Gruppenmitglieder einen Vorteil diesen Konflikt zugunsten der Evakuierung der Gesamtgruppe aufzulösen. Es kann aber nicht ausgeschlossen werden, dass einzelne Mitglieder sich nach der Entfluchtung der Bezugsgruppe nicht wieder in Richtung Gefahrenbereich orientieren.

Wird die Durchsage vernommen, was selten der Fall ist, so wird die Option einer erweiterten Fremdhilfe auch nicht weiterverfolgt. Die Aufforderung zu evakuieren hat in allen Fällen auch die Evakuierung zufolge. Im Umkehrschluss verhindert die Aufforderung auch mobile, mit dem Nähern an die Gefahrenstelle verbundene, Erkundungsgänge und damit eine Hilfeleistung potenziell Verletzter.

Es herrscht Unklarheit, ob es da „ein richtiges Verhalten“ oder eine Maxime gibt und ob „Eigenschutz vor Fremdschutz“ in Tunnelsituationen als Faustregel gilt. Um diese Entscheidung sinnvoll treffen zu können muss die Eigengefährdung allerdings korrekt abgeschätzt werden können. In einigen Fällen begeben sich Personen zum Zweck der Fremdhilfe, potenzieller Verletzter oder anderer Probanden, in den Rauch, da sie den Verrauchungsgrad als nicht (lebens-)bedrohlich einstufen.

Gruppendynamiken und Gruppierungseffekte

Gruppierungseffekte als Komplexitätsreduktion

Gruppeneffekte lassen sich nur bedingt über Interviews direkt nach der erlebten Situation rekonstruieren, weil die Wahrnehmung anderer Personen und die Orientierung an unbekannten Personen oder der Menge teilweise unterbewusst abläuft.

So widersprechen sich Personen teilweise selbst in ihren Aussagen, weil sie zuerst sagen, ein Handlungsimpuls sei von ihnen selbst gekommen und sie hätten andere zu diesem Zeitpunkt gar nicht wahrgenommen. Später widersprechen sie sich in diesen Punkt selbst und meinen, sich (auch) an anderen orientiert zu haben. Die Aktivität (oder Passivität) anderer beeinflusst, wie schon bei der Situationswahrnehmung und Gefahrenbewertung aufgezeigt, den Entscheidungsprozess und das Verhalten der Probanden.

Es findet so gut wie immer ein einseitiger Gruppierungseffekt statt, der vor allem das Ausstiegs- und Evakuierungsverhalten betrifft. Wechselseitige Interaktionen zwischen Unbekannten sind selten. Erst im sicheren Bereich des Notausgangs wird verstärkt und verbal interagiert.

Die Orientierung an anderen Personen kann Handlungsunsicherheit, sowohl in Bezug auf Notwendigkeit als auch Inhalt des Handlungsprogrammes, im Tunnel (kurzfristig) überbrücken.

„Zuerst muss ich sagen, ich wusste nicht, wie ich mich verhalten soll. - Ich habe mich dann halt orientiert an den vorderen Autos“ (GV 4, Reihenplatz 5).

In den Einzelversuchen sind Fahrer mit ihrer Handlungsunsicherheit allein. Sie können diese nur aus sich selbst heraus auflösen. Wenn man anderen folgt, oder bemerkt, dass andere einem selbst folgen, so bekräftigt einen dies in seiner Entscheidung. Ist kein eigenständiges Handlungsprogramm vorhanden (Typ 4) oder schwankt man zwischen Handlungsalternativen, vornehmlich zwischen Exploration und Entfluchtung (Typ 1 und 2), so wird die damit verbundene Zögerlichkeit durch das Verhalten anderer gelöst. Im Falle der handlungspraktischen Überforderung bieten andere den zentralen Referenzpunkt der Entscheidungsfindung, die Überkomplexität der Situation wird durch Adaption gelöst. Gruppierungseffekte treten daher schon in der Phase der Situationswahrnehmung und Gefahrensensibilisierung, aber auch in der mit dem Ausstieg verbundenen Reaktionsphase sowie bei der Fluchtwegfindung statt.

Probanden orientieren sich in der Anfangsphase oft am Verhalten einzelner, oftmals wie beschrieben an den Probanden der vorderen Fahrzeuge. Im Zeitgeschehen richtet sich die Orientierung auf die zentrale Tendenz der Menge. Gruppierungseffekte sind dementsprechend auto-dynamische und kumulative Prozesse. Je mehr Probanden ein Verhalten beobachten, umso mehr Personen adaptieren es. Die Probanden sprechen dann von der „Menge“, an der man sich orientiert und zu einem Teil derselben sie dann auch werden. Von einzelnen Ausreißern abgesehen, orientieren sich Probanden dann auch immer an ihrer Beziehungsgruppe oder einer spontanen Gruppe, wie an der Menge.

Orientierungstypen

Auch hinsichtlich der Orientierung an anderen Personen lassen sich sechs Typen herausarbeiten, die sich in den Variablen Selbstsicherheit in Verhaltensentscheidungen, Unabhängigkeit von den Entscheidungen der Gruppe und Ausmaß der Orientierung an Anderen unterscheiden. Es lassen sich sechs Typen unterscheiden.

Typ A – Andere Anleiten, keine (wenig) Orientierung an anderen

- Eigenständiges Handlungsprogramm
- Keine Orientierung an andere, außer zur Bestätigung der eigenen Entscheidung und geringfügig bei der Fluchtwegwahl
- Aufforderung anderer zur Aktivität

- Selbstsicheres Auftreten und stringentes Handlungsprogramm, was zur Adaption durch andere führen kann

Typ B - Orientierung an anderen

Typ B0 – keine/ wenig Orientierung an anderen, eigenes Handlungsprogramm durchgesetzt

- Handlungsprogramm aus sich selbst heraus, für sich oder in Gruppe umgesetzt
- Wenig/ keine Orientierung an anderen bei Handlungsentscheidung, wenn dann zur Bestätigung eigener Entscheidungen
- Manchmal Orientierung an anderen bei Wegwahl (dass z. B. nicht via Portal entfluchtet wird)
- Teilweise unbewusst Handeln anderer anleiten/ Orientierungsvorbild sein (ohne explizites Anleiten) – aber: wenig Interaktion mit anderen

Typ B1 – Orientierung an anderen und eigenes Handlungsprogramm gleichwertig

- Eigenes Handlungsprogramm vorhanden
- Dieses mit Abgleich am Verhalten anderer überprüft
- Orientierung an anderen ergänzt auch Lücken im eigenen Handlungsprogramm
- Manchmal auch Orientierung/ Abwägen durch Interaktion
- Teilweise unbewusst Handeln anderer anleiten/ Orientierungsvorbild sein (ohne explizites Anleiten)

Typ B2 – viel Orientierung an anderen trotz eigenem Handlungsprogramm

- Eigenes Handlungsprogramm sekundär
- Orientierung an anderen teilweise nur bei der Handlungsentscheidungsfindung, teilweise nur bei der Wegwahl, teilweise bei beidem
- Orientierung an anderen wird über eigenes Handlungsprogramm gestellt und auch teilweise gegen eigenes Handlungsprogramm gehandelt

Typ B3 – Orientierung an anderen, weil kein eigenes Handlungsprogramm

- Kein eigenes Handlungsprogramm
- Leitimpuls ist nur dem zu Folgen was andere machen: sowohl bei Entscheidung der Handlungsschritte als auch bei Wegwahl durchgehende Orientierung an anderen Personen

Typ C – erst nach Aufforderung handeln

- kein eigener Handlungsimpuls, Passivität
- Handeln erst nach Aufforderung Dritter, anschließende reine Orientierung am Handeln andere

Zusammenhang zwischen Orientierungs- und Handlungstypen

In den Einzelversuchen lässt sich klar ein Zusammenhang zwischen beschriebener Handlungsunsicherheit und Umfang des eigenen Handlungsprogrammes erkennen. In den Gruppenversuchen bedeutet ein umfassendes Handlungsprogramm nicht unbedingt mehr Handlungssicherheit und damit weniger Orientierung an anderen.

Klar ist, dass Personen mit viel (professionellem) Vorwissen und umfassendem Handlungsprogramm des Typ 1 eher handlungsanleitend auftreten (Typ A) oder sich eher weniger am Verhalten anderer orientieren (Typ B). Jedoch auch bei einem umfassenden Handlungsprogramm (Typ A) kann es zum Beispiel in der Wegwahl, zu einer Orientierung an anderen Personen kommen.

Generell lässt sich schon der Trend ausmachen, dass je löchriger/ je weniger umfangreich das eigene Handlungsprogramm ist (Typ 3 oder 4), desto mehr wird sich an anderen Personen orientiert (Typ B, Typ C).

Jedoch ist das als generelle Tendenz zu verstehen. Das eigene Handlungsprogramm resultiert aus einem Zusammenspiel aus der Situations- und Gefahrenbeurteilung sowie der Interpretation des Verhaltens anderer. Der Einfluss unbewusster Orientierung an anderen ist in den Interviews resp. für die Probanden selbst schwer erfassbar, der Reflexionsgrad individuell sehr unterschiedlich.

Professionalität und Vorwissen

Aus den qualitativen Interviews lässt sich herausarbeiten, dass die Rolle von (professionellem) Vorwissen uneindeutig ist. Selbst Feuerwehreinsatzkräfte wissen gar nicht zwingendermaßen welche Handlung der Situation angemessen ist. Die Entscheidung zwischen Exploration/Fremdhilfe und Eigensicherung beruht auf der Gefahrenbewertung, die bei den Probanden individuell unterschiedlich ausfällt und sich mithin aus der Abschätzung der Rauchentwicklung ergibt. Die Probanden (Typ 1) verfügen gerade wegen ihres Vorwissens und der routinierten Handlungsprogramme über einen größeren Möglichkeitsraum an Handlungsalternativen infolgedessen zwischen mehreren Optionen abgewogen werden muss. Dies führt trotz des Vorwissens und einer eindeutigen Gefahrenwahrnehmung durch den Rauch zu Verzögerungen im Verhalten.

Professionelles Vorwissen kann nur dann günstiges Verhalten hervorbringen und kritisches verhindern, wenn die Personen aktiv werden, damit Orientierung bieten oder selbst handlungsanleitend tätig werden. Dies kann auch von persönlichen Faktoren abhängen. In Versuch 1 Wagen 5 fährt zum Beispiel eine Feuerwehrfrau auf der Rücksitzbank mit, die professionelles Vorwissen hat, in der Tunnelsituation jedoch auch innerhalb der Besatzungsgruppe nicht handlungsanleitend fungiert. Die Entscheidung zur Entfluchtung trifft primär der Fahrer des Wagens, auch wenn die Feuerwehrfrau weiß, dass man den Autoschlüssel im Auto lassen soll, oder Hilfeleistung für sie eine Handlungsoption darstellt, nutzt sie dieses Vorwissen nicht.

Beobachtetes Verhalten anderer wird in der Interviewsituation zwar teilweise aufgrund vorhandenen Vorwissens kritisiert, jedoch wird oft nicht korrigierend in laufende Handlungen eingegriffen. Es gibt eine Hemmschwelle in bereits initiierte Handlungen einzugreifen, die bei Vorwissen sinkt. Nur wenn überhaupt keine Handlung erfolgt und beispielsweise bei zunehmender Verrauchung im Auto verblieben wird, findet korrigierendes Eingreifen

durch Dritte statt. Personen mit Vorwissen fühlen sich in ihrer Entscheidung oftmals sicherer und sind gedanklich eher dazu bereit, gegen den Gruppendruck oder die Tendenz der Mehrheit zu handeln. Dies ist aber keine Garantie für korrekatives Verhalten.

Paare und Gruppen in Fahrzeugen

Die Gruppendynamik und Entscheidungsfindung und auch das daraus resultierende Verhalten innerhalb der Gruppen ist sehr von der vorherigen Beziehungskonstellation abhängig. Hypothetisch kann man vermuten, dass sich in einer Stresssituation wie im Tunnel Beziehungsdynamiken reproduzieren und verstärken, die es in den Realgruppen (Familien, Freundschaften oder Paarbeziehungen) bereits vorher gegeben hat. So zeigen sich in Paarbeziehungen anhand von Sprechanteilen und turn-taking im Interview Dominanzstrukturen, die sich dann in Entscheidungen und im konkreten Verhalten widerspiegeln (u.a. Fahrzeug 9 in GV 3). Auch in beiden Fahrzeugen mit größeren Kernfamilien lassen sich Rollenmuster und Beziehungsstrukturen erkennen, die teilweise auch ausdrücklich gemacht werden (beispielsweise Fahrzeug 5 mit Familienbesetzung in GV 5).

Wagenbesetzungen treten als Handlungseinheit mit einem Wir-Gefühl auf und bilden bei Entfluchtung eine „Bewegungseinheit“. Dies gilt für 2/3 der Besetzungsgruppen, die über den Gesamtverlauf zusammenbleiben. Auf der Flucht wird sich gemeinsam bewegt, wobei immer darauf geachtet wird, den oder die anderen nicht zu verlieren. Gehen Probanden ein Stück weit vor ihrer Gruppe, so wird mit Rückblicken oft der Sichtkontakt wiederhergestellt.

1/6 trennt sich kurzzeitig von der Gruppe, entfluchten dann aber gemeinsam. Wenn es zu einer Aufteilung kommt, dann deswegen, weil eine Person kurzzeitig eine Funktion übernimmt, beispielsweise eine sitzenbleibende Person im Wagen anzusprechen. Die andere Person im Paar/Gruppe reagiert dann aber auf die Aufteilung durch Warten, Zurückgehen oder ausdrückliches Kontakthalten, bis das Paar/Gruppe wieder zusammen ist.

1/6 der initialen Wagenbesetzungen trennt sich komplett und verliert unter Umständen auch den Überblick wo sich einzelne Mitfahrer*innen sich befinden. In den Familienkonstellationen entwirft jeweils der Mann/Vater, einmal vom Fahrer, einmal vom Beifahrersitz aus für sich ein Handlungsprogramm, das den Rest der Familie nur teilweise oder kaum einschließt. Dies ging so weit, dass sich ein Mann komplett von der Restgruppe löste, um einen Erkundungsweg einzuschlagen. Um die Mütter, die durchgehend einem Leitimpuls zur Entfluchtung folgten, gruppierte sich der Rest der Familie, teilweise eng mit anfassen oder Händehalten verbunden. Über den Grad der Absprachen herrscht teilweise Uneinigkeit.

Auffallend ist, dass fast die Hälfte der Fahrzeuggruppen nach den Interviewauskünften mehrheitlich oder sogar einstimmig direkt ins Freie durch das Tunnelportal entfluchten wollten. Dennoch schließen sich die Gruppen auf ihrem Weg letztlich den anderen Personen an und gehen in den Notausgang. Eine erweiterte Familie hatte ohne das Verhalten anderer Personen den Notausgang nicht einmal bemerkt. Auch in anderen geschilderten Entscheidungsmomenten zeigt sich, dass diese dichten homogenen Kleingruppen nicht korrigierend oder entgegen einer größeren lockeren Personengruppe handeln, selbst wenn der Weg prekär in den Rauch führen könnte.

Für Paare war erwartet worden, dass diese sich intern schnell und gut verständigen und dadurch, dass sie dann zu zweit sind, ihr Handlungspotential erweitern und auch vermehrt leitende Rollen übernehmen. Dies konnte jedoch über die Paare in den vorliegenden Versuchen nicht bestätigt werden.

Die Entscheidungsprozesse in den Fahrzeuggruppen lassen sich nur teilweise in den Interviews rekonstruieren. Es ist in den meisten Fällen den Interviewten unklar, welche Person

eine Idee ausgestoßen oder den Impuls für eine Handlung gesetzt hat. Oft tritt der Wagen als „Entscheidungseinheit“ auf mit einem „dann haben wir halt xx gemacht“, ohne das klar geäußert werden kann, ob diese Entscheidung maßgeblich von einer Person kam/ wessen Idee das war.

In den Aufzeichnungen aus dem Fahrzeuginnenraum lässt sich jedoch erkennen, dass der Fahrer stumm reagiert, während Beifahrer eher Eindrücke verbalisieren, wenn die Schadensstelle in Sicht kommt. Noch im Abbremsvorgang werden dann auch Handlungsoptionen geäußert, die teilweise auch widersprüchlich zwischen den Beteiligten sein können. Beendet wird der Austausch tendenziell durch den Fahrer, der eine Aktion beginnt (Schlüssel abziehen, Türöffnung), teilweise verbunden mit einer Absichtserklärung, sodass letztlich alle anderen folgen, teilweise mit verbaler Zustimmung verbunden. Auch im Fall der Familie, bei der der junge Sohn fährt, findet sich dieser Ablauf. Die Fallzahlen sind für eine robuste Analyse aber viel zu gering.

Die Rücksitzbank muss als besonders passiver Platz gesehen werden. Auch bei Vorwissen wird von dort aus keine Handlungsleitung übernommen (beispielsweise Fahrzeug 5 in GV 1)). Diese Rolle wird in den Interviews auch verbalisiert. So berichtet eine junge Frau auf der Rücksitzbank, die sich als „nur ein Mitfahrer“ bezeichnet und die Entscheidung für das Vorgehen komplett der Fahrerin und Beifahrerin überlässt:

"weil ich war wirklich auch selbst, boah, ich bin jetzt zwar nur ein Mitfahrer, - aber ich hätte mich jetzt auch beim Vordermann orientiert" (GV 4, Reihenplatz 13)

Spontane Gruppen bilden sich in der Regel zwischen Besatzungen aneinandergereihter PKW. Entweder wird ein Fahrer aufgefordert auszusteigen oder zu evakuieren, oder man versucht zusammen (in der Regel zwei Einzelfahrer) das Geschehen zu interpretieren. Bei der gemeinsamen Flucht besteht oftmals kein Wir-Gefühl wie bei Beziehungsgruppen. Es wird sich aber wie bei Letzteren oftmals über Rück- oder Seitenblicke vergewissert, dass die Person nachkommt. Die Bindung ist aber sehr lose und kann auch komplett verlorengehen.

8.5 Integrierte Analyse: Gruppeneffekte im Spiegel des Bewertungsschemas von Verhalten

Nachfolgend wird unter der Gesamtbetrachtung der erhobenen Datentypen Handlungs- und Entfluchtungsdynamiken für die einzelnen Gruppenversuchsdurchläufe rekonstruiert. Gruppierungs- und gruppendynamische Effekte werden infolgedessen nachgezeichnet und hinsichtlich ihrer Konsequenzen für die Betroffenen klassiert. Die Klassierung der Gruppeneffekte erfolgt im Spiegel des Bewertungsschemas relevanten Verhaltens (vgl. Kap. 5.5).

Unterschieden werden günstige Verhaltensweisen einerseits, ungünstige andererseits. Günstige Verhaltensweisen sind mit der Entfluchtungsdynamik selbst verbunden und umfassen generelles Ausstiegsverhalten, die Initiierung der Evakuierung sowie das Leisten von Evakuierungshilfe. Ungünstiges Verhalten ist stufenartig angelegt. Darunter zu fassen sind Verhaltensweisen, welche die Flucht verzögern und solche die mit einer hohen Eigen- und Fremdgefährdung einhergehen. Die Stufen umfassen problematisches, riskantes Verhalten, kritisches Verhalten infolgedessen die Probanden etwa in stärkere Verrauchung geraten und fatales Verhalten. Letzteres umfasst Verhaltensweisen von Probanden bei denen sich feststellen ließe, dass sie zum Tod des Betroffenen oder eines anderen geführt

hätten. Dies stellt eine absolute Kategorie dar, deren Eindeutigkeit sich der Beobachtung entzieht. Auch bei besonders extremen Fällen wurde i.d.R. von potenziell fatalem Verhalten gesprochen. Eine basale Unterscheidung lässt sich zwischen aktiven und passiven Verhaltensweisen treffen. Günstiges Verhalten ist immer aktives Verhalten, da sich die Probanden notwendigerweise bei zunehmender Verrauchung zurückziehen, ihre Halteposition verlassen müssen. Längerfristige Passivität kann als zumindest problematisches Verhalten bewertet werden, dass kritisch wird, wenn die Probanden hierbei in den Rauch geraten. Eine fatale Passivität wurde in den Versuchen nicht beobachtet. Bei den Fällen wird im Rahmen der Rekonstruktion des Entfluchtungsprozesses unterschieden, ob es sich um einen Gruppierungs- oder gruppendynamischen Effekt handelt, wer diesen Effekt initiiert hat und wer diesem unterlag. Unterschieden wird zwischen günstigen und ungünstigen resp. kritischen Gruppeneffekten. Diese binäre Einteilung muss ein Stück weit relativiert werden und wird um die Kategorie ambivalenter Gruppierungseffekte ergänzt, solche die bei verschiedenen Probanden zu je günstigen oder problematischen/kritischen Verhalten führen. Das nachfolgende Kapitel gliedert sich wie folgt: Es werden (1) günstige, (2) problematische und kritische sowie fatale und (3) ambivalente Gruppeneffekte beschrieben. Die jeweiligen Gruppeneffekte werden in Gruppierungseffekte und gruppendynamische Effekte differenziert.

Gruppeneffekte und günstiges Verhalten

Die zusammenführende Betrachtung der quantitativen und qualitativen Auswertung zeigt, dass günstige Gruppeneffekte mit dem Ausstiegs- und Evakuierungsverhalten verbunden sind. Die bewusste Orientierung an anderen bezieht sich auch auf diese Verhaltenstypen. Probanden werden beobachtet wie sie aussteigen oder/und (im Zuge dessen) die Evakuierung einleiten bzw. sich von der Gefahrenstelle entfernen. Des Weiteren scheint diese bewusste Orientierung den realen Einfluss des beobachteten Verhaltens auf den eigenen in der Selbstreflexion der Probanden zu unterschätzen. Dies zeigt u. a. die Auswertung des Interviewmaterials. Vor allem Gruppierungseffekte wirken unbewusst, das Verhalten anderer wirkt auch über das periphere Wahrnehmungsfeld auf die Situations- und Lagebewertung der Akteure ein. Indirekt haben auch die standardisierten Daten im Spiegel der objektiven Entfluchtungsparameter auf ein solches Gruppierungsverhalten hingewiesen, welches sich in seiner Effektstärke nicht in den reflektierten Angaben der Akteure wiederfindet. Einzelpersonen und Beziehungsgruppen als basale Entfluchtungseinheiten unterliegen gleichermaßen Gruppierungseffekten. Gruppierungseffekte, die Evakuierungszeiten begünstigen, sind prozessoral. Ab einem bestimmten Zeitabschnitt werden sie kumulativ. Allgemein lässt sich die Reichweite von Gruppierungsprozessen folgend beschreiben: Eine frühzeitige Aktivität vornehmlich der vorderen Wagenreihen führt zu einer gesteigerten Sensibilisierung der hinteren Wagenbesatzungen. Das evozierte Ausstiegsverhalten führt zu einem erweiterten Wahrnehmungsfeld der Probanden. Infolgedessen rücken die Gefahrenstelle, die Rauchentwicklung aber auch soziale Umgebungseffekte wie die Evakuierung einzelner Probanden oder Gruppen im jeweils vorderen Tunnelbereich in das Gesichtsfeld. Dies bedeutet, dass der Ausstieg mit einem sprunghaften Anstieg visueller, mit hin auch akustischer Informationen verbunden ist. Hierbei werden Akteure, die über ein der nun offenbarten Situation adäquates Vorwissen resp. ein entsprechendes Handlungsprogramm verfügen, aktiviert. Bei allen Probanden evoziert die Konfrontation mit der Situation einen Entscheidungsprozess.

Was uninformierte oder unsichere Akteure betrifft, so scheint das Ausbleiben des Ausstiegs bzw. des Tätigwerdens anderer einen Einfluss auf die Gefahrenwahrnehmung selbst

zu haben. Auch bei zunehmender Verrauchung bzw. bei einer steigenden objektiven Informationslage tritt Aktivität erst auf, wenn sie bei anderen beobachtet wird. Die Gefahrenwahrnehmung innerhalb der Situation wird hier über das Verhalten anderer mitbedingt. Bleiben andere passiv wird die Situation bei ungefähr gleicher Verrauchung als ungefährlicher eingeschätzt. Über die frühzeitige Aktivität werden in allen Fällen Entscheidungsprozesse forciert, infolge derer kleinere Gruppen mit der Evakuierung beginnen. Die so gegebene Beobachtung dieser prozessoral zunehmenden Evakuierungsbewegung forciert bei widerständigen und zögerlichen Probanden eine solche Entscheidung. Der Prozess ist zusehends kumulativ und rekursiv.

Die initiale Entfluchtung kann durchaus de-zentral sein. Verschiedene Personen/Gruppen setzen sich aus teils divergierenden Motiven in Bewegung. Einige Probanden verfügen über ein solches Handlungsprotokoll auf Basis von Vorwissen, dass in professionellen oder anderweitigen Kontexten erworben wurde. Andere sehen sich direkt mit der Gefahrenstelle und der Verrauchung konfrontiert. Die Evakuierung wird primär aus Vorsicht eingeleitet. Zögerliche Probanden werden von solchen informierten oder vorsichtigen Probanden zur Evakuierung aufgefordert. Solche Konstellationen zwischen Auffordernden und Zögerlichen finden sich in Beziehungsgruppen und infolge von spontanen Gruppenbildungsprozessen zwischen einzelnen Besatzungen von in der Regel aneinandergereihten PKW. Sowohl die gruppeninterne als auch die einzelne Fluchtentscheidung sowie die Aufforderung Dritter zur Evakuierung hat eine zügige Evakuierung zufolge. Ist eine kritische Masse an Evakuierenden erreicht, wird die gesamte Kolonne von einem solchen Gruppierungseffekt erfasst. Die niedrige Varianz des Evakuierungszeitpunkts innerhalb der Versuchsreihen weist darauf hin, dass auch versucht wird zu Vorherlaufenden aufzuschließen.

Nachfolgend sollen günstige Gruppierungseffekte für die einzelnen Versuchsreihen nachgezeichnet werden.

Gruppenversuch 1

GV 1 zeichnet sich durch wenig beidseitige Interaktionen aus. Für die Entfluchtung aller Wagen ist das Aussteigen der Besatzung des zweiten Wagens (Ford: Pärchen, Laien) handlungsleitend. Die Evakuierungsdynamik strukturiert sich wie folgt: Der Fahrer des ersten Wagens (Golf: Einzelfahrer, LKW-Fahrer) ist verunsichert und im ersten Moment passiv. Das Pärchen des zweiten Wagens steigt frühzeitig aus und es kommt zu einem gruppendynamischen Effekt. Der Fahrer des 2. Wagens reagiert auf das zögerliche Verhalten des Probanden des vorderen Wagens. Er löst sich von seiner Partnerin und fordert diesen auf auszustiegen. Die Partnerin evakuiert indes, worauf sich das Paar schon im vornherein verständigt hatte. Die beiden Fahrer evakuieren gemeinsam. Die Beifahrerin bleibt hierbei bis zum Betreten des Notausgangs im Sichtfeld ihres Partners.

Der Ausstieg des Pärchens wird von den dahinterliegenden Fahrzeugen als Handlungsimpuls verstanden, das gleiche zu tun. Dieser Effekt zieht sich durch die Fahrzeugkolonne, so dass alle Probanden recht frühzeitig aussteigen. Die Sensibilisierung für die Lage geht mit einer verbesserten Wahrnehmung auf die Gefahrenstelle einher. Der Fahrer des 3. Wagens (Toyota: Einzelfahrer, Laie) beschließt, nachdem er die vorderen Personen evakuieren sieht, dasselbe zu tun. Es handelt sich hierbei um eine bewusste Orientierung an den drei Personen ohne Interaktion resp. spontane Gruppenbildung. Ein Gruppierungsprozess ist allerdings nicht Resultat eines blinden Mechanismus. Für den Fahrer des 4. Fahrzeugs (Ford: Einzelfahrer, Laie) führt der frühzeitige Ausstiegsimpuls zu einem abweichenden Handlungsprogramm. Er erkennt die Gefahrenlage und entschließt sich nach potenziellen

Verletzten zu sehen. Er nähert sich der Gefahrenstelle und passiert dabei die vier Evakuierenden. In einem sicheren Abstand zur Gefahrenstelle und einem Zeitpunkt geringer Ver Rauchung überblickt er die Unfalllage und entscheidet sich gegen eine weitere Erkundung. Die Dreiergruppe des 5. Wagens (Citroen: ein Pärchen und eine Freundin) folgt dem Ausstiegsimpuls. Die Fahrerin ist eine Rettungssanitäterin, die Freundin eine Feuerwehrfrau. Es herrscht in der Gruppe ein Vorwissen bezüglich des korrekten Verhaltens (Eigenrettung) vor. Die drei diskutieren auch kurz das Tunnelunglück in Kärnten und beschließen direkt zu evakuieren. Es kommt hier zu keiner bewussten Orientierung an den vorderen Probanden. Eine Sichtung der Gefahrenstelle bezüglich potenzieller Verletzter wird ausgeschlossen. Die Entfluchtung zur Eigen- und Gruppensicherung erscheint als die richtige Option. Zudem weisen die Probandinnen bei der Nachbefragung darauf hin, dass der Fahrer des Wagens 4 schon die Gefahrenstelle erkundete. Die Fahrerin des 6. Wagens (Suzuki: Einzelfahrer, Medizinische Notfallversorgung) folgt dem Ausstieg der vorderen Probanden und entscheidet sich ohne bewusste Orientierung an andere direkt für die Entfluchtung. Die Besatzungen der Wagen 7 (Audi: Familiengruppe aus Paar und Bruder, der Fahrer ist Feuerwehrmann) und 8 (Golf: Einzelfahrer, Feuerwehrmann) beobachten das Geschehen um die vorderen PKW, folgen dem Ausstiegsimpuls und orientieren sich unabhängig voneinander an den Probanden, die schon die Evakuierung angetreten haben.

Es kommt zu einem die gesamte Kolonne umfassenden Gruppierungseffekt, der sich im frühzeitigen Verlassen des PKW und einer raschen Aktivierung der Probanden manifestiert. Die Evakuierungsdynamik ist komplex und de-zentral, da sich Besatzungen von Wagen 1 und 2 frühzeitig entscheiden (was den Anschluss vom Fahrer des Wagens 3 zur Folge hat). Zeitnah kommt die Besatzung des 5. Wagens zur gemeinsamen Fluchtentscheidung und parallel hierzu evakuiert der Proband aus Wagen 6 nach eigener Einschätzung unabhängig von der Evakuierung anderer. Die fünf Probanden der letzten Wagen sichten die entfluchtende Menge, was sich günstig auf die eigene Evakuierungsentscheidung als Verhaltensoption auswirkt. Es entsteht hierdurch kein problematisches Verhalten, niemand gerät in dichteren Rauch und es werden durchschnittliche Fluchtzeiten erreicht. Die Gruppierung im Entfluchtungsverhalten erfolgt zwischen den Besatzungen resp. Beziehungsgruppen weitestgehend anonym. Nur zwischen den Besatzungen des 1. und 2. PKW bildet sich eine spontane Entfluchtungsgruppe

Gruppenversuch 2

GV 2 zeichnet sich durch ein hohes Maß aus gruppendynamischen Effekten aus, die zur frühzeitigen Evakuierung aller Beteiligten und insgesamt zu überdurchschnittlichen Fluchtzeiten geführt haben. Hier ist die Intervention einzelner Gruppenmitglieder und Professioneller entscheidend für das Ergebnis des gesamten Versuchsdurchlaufes.

Es ist auch hier von einem Gruppierungseffekt auszugehen, der zum frühzeitigen Ausstieg der meisten Probanden führt. Dieser ist aber nicht zentral bestimmbar wie im Versuchsdurchlauf 1. Vielmehr steigen recht zeitgleich der Fahrer des Wagens 1 (Skoda: Vierergruppe bestehend aus Paar, Sohn und einem Bekannten) und nur knapp davor die gesamte Gruppe des darauffolgenden PKW (BMW: Vierergruppe bestehend aus einem Freundespaar und befreundeten Pärchen) aus. Nachfolgend, aber ohne sichtlichen Bezug steigen die Fahrer des dritten und letzten Fahrzeugs (Skoda und Mazda: Einzelfahrer) aus.

Der Fahrer des ersten Fahrzeugs ist ein Feuerwehrmann mit einem routinierten Handlungsprogramm. Nach einer zügigen Erkundung und dem Ausschluss von Verletzten an der

Unfallstelle kehrt er zum PKW zurück und weist seine Gruppe zur Evakuierung an. Alle leisten der Aufforderung Folge. Es ist anzumerken, dass sich ohne diese Intervention wahrscheinlich keine frühzeitige Entfluchtungseinheit gebildet hätte. Die Mitfahrerin gibt an, ein Wendemanöver in Betracht gezogen zu haben. Die Beifahrerin hätte den PKW wegen der Verrauchung überhaupt nicht verlassen. Für sie galt der PKW als sicherer Ort, Ausstieg und Entfluchtung dagegen als riskantes Verhalten. Der Fahrer geht energisch voraus, wirft dabei immer Rückblicke und fordert mit Handbewegungen zur Eile auf.

Die Beifahrerin des 2. Wagens löst sich ohne Absprache von ihrer Gruppe und betätigt einen Notruf. Derweil beschließen ihr Mann (Fahrer) und das ältere Paar (Rücksitzbank) unabhängig von ihr zu evakuieren. Dies geschieht parallel zur Exploration des Fahrers des 1. Wagens und der anschließenden, zeitlich dichten Fluchtentscheidung der Besatzung. Der gruppeninterne Abstimmungsprozess der verbleibenden 3er-Gruppe dauert nur einige Sekunden. Sie entfluchten vor der Gruppe des vorderen Wagens. Die Beifahrerin löst sich dauerhaft von der Gruppe, da sie längere Zeit in der Notrufnische verbringt. Sie evakuiert auf Anweisung des Operators bei schon vorangeschrittener Verrauchung.

Der Fahrer des 3. Wagens unternimmt wiederum einen Löschversuch. Hierzu begibt er sich zum Feuerlöscher an der Notrufnische, welche die Probandin des vorherigen Wagens aufsucht. Anschließend begibt er sich in den Rauch zur Brandstelle hin.

Das Pärchen des 4. Wagens (Skoda) orientieren sich nicht am Verhalten der vorderen Personen. Der Fahrer, der Feuerwehrmann ist, kritisiert die Beifahrerin des 2. Wagens und den Probanden des dritten Wagens, wegen der hohen Eigengefährdung durch den Rauch. Die beiden beobachten das Geschehen eine Weile vom Fahrzeug aus und sind noch unentschlossen. Für sie gibt die zunehmende Verrauchung und die Aktivierung des Gebläses Anlass zu evakuieren. Diese Option wurde anfangs schon in Erwägung gezogen und ist demzufolge nicht als Gruppierungseffekt zu verstehen. Allerdings wirkte nach Aussage der Probanden die Entfluchtung der ersten beiden Besatzungen bestärkend auf die eigene Fluchtentscheidung und vermittelte das Gefühl „das Richtige“ zu tun.

Die Fahrerin des 5. Wagens gibt in der Nachbefragung an über Vorwissen zu verfügen und steigt frühzeitig aus. Sie will deshalb eigentlich sofort evakuieren, wird aber dem zögerlichen Verhalten der hinteren Fahrer gewahr und beschließt diese zur Evakuierung anzuweisen. Die Fahrerin des 7. Wagens zögert vor allem, weil sie für sich selbst wegen der Entfernung zur Unfallstelle keine Gefährdung annimmt und sich zugleich fragte, ob sie nicht nach vorne gehen und nach Verletzten sehen sollte. Dieser Zielkonflikt zwischen Eigenrettung und Fremdhilfe – die Probandin weiß, dass man in einer solchen Situation evakuieren sollte – verzögert die Entfluchtungsentscheidung und manifestiert sich in einer hohen Verhaltensunsicherheit. Die Fahrerin des 5. Wagens fordert die Probandin zusammen mit dem Einzelfahrer des 7. Wagens, der sich noch in der Informations- und Entscheidungsphase befindet, zur Flucht auf. Dem wird Folge geleistet und die drei entfluchten als spontane Gruppe.

Die frühzeitige Aktivität einzelner Probanden der vorderen Fahrzeuge hat ersichtlich zur frühzeitigen Aktivität der übrigen beigetragen. Der Versuch ist allerdings diffuser. Es kommt zu keiner klaren Evakuierungsbewegung. Vielmehr kommt es zu de-zentralen, unabhängigen Bewegungen der Beziehungsgruppen der Wagen 1, 2 (ohne Beifahrerin) und 4 sowie der spontanen Gruppe aus den Wagen 5, 6 und 7. Die Beifahrerin von Wagen 2 und der Fahrer von Wagen drei geraten aufgrund ihrer Tätigkeiten in den Rauch und entfluch-

ten danach als Nachzügler. Für alle vorerst unsicheren oder anderweitig orientierten Probanden ist allerdings die Beobachtung der breiten Entfluchtung der Übrigen Probanden ab einem bestimmten Zeitpunkt mitentscheidend für die eigene Evakuierung.

Gruppenversuch 3

Beim Entfluchtungsprozess des dritten Versuchsdurchlaufs handelt es sich um eine komplexe Verschachtelung gruppendynamischer und Gruppierungseffekte. Es bilden sich hierbei Gruppen zwischen je zwei Besetzungen der Wagen 1-8, die sich zusammenfinden und ihr Handeln abstimmen. Den Handlungsimpuls geben allerdings die Besetzungen der beiden vorderen PKW (Ford: Einzelfahrer; Fiat: Pärchen). Diese steigen zügig nach dem Halt aus und kommen zusammen, um sich über die Notwendigkeit von Fremdhilfe zu beraten. Aufgrund von Eigengefährdung – sie erkennen den Brand und die drohende Rauchentwicklung – entscheidet sich die spontane Gruppe für die Evakuierung.

Bis dato sind auch die Probanden der vier hinteren PKW ausgestiegen. Dies ist das klare Resultat eines Gruppierungseffektes, da sich die Probanden in den Interviews jeweils auf das Aussteigen des Vorderfahrers beziehen. Sie haben sich in 2er-Gruppen zusammengefunden (Einzelfahrer des VW, Fiat, Kia, Skoda, Skoda und Toyota). Die Paare der PKW 3 und 4 sowie 5 und 6 sehen die spontane 3er-Gruppe in Richtung Notausgang laufen. Die Probanden der Wagen 5 und 6 hören und verstehen zudem die Durchsage, die zur Evakuierung auffordert. Aus dieser Gemengelage entsteht ein kumulierender Entfluchtungsprozess im Zuge dessen die Probanden in Kleingruppen von 2 bis 3 Personen in Richtung Notausgang laufen.

Davon unabhängig reagiert das Paar der Wagen 7 (Skoda: Sanitäterin) und 8 (Feuerwehrmann) zögerlich. Sie sind eher irritiert über die Entfluchtung in Kleingruppen ohne weiteren Abstimmungsprozess in größeren Gruppenzusammenhängen. Die beiden vernehmen die Durchsage und verstehen auch den Inhalt. Infolgedessen entscheiden sie sich auch für die Evakuierung und gegen eine Exploration der Gefahrenstelle. Die Fahrerin des Wagens 7 fordert die Probanden der beiden letzten Fahrzeuge 9 (Golf: Pärchen) und 10 (Seat: Einzelfahrerin, Feuerwehrfrau) zur Evakuierung auf. Sie interveniert angesichts der Passivität der drei. Diese resultiert bei dem Paar aus der (inkorrekten) Überzeugung der PKW sei wegen der zunehmenden Verrauchung ein sicherer Ort und Aussteigen mit Risiken verbunden. Bei der Fahrerin des letzten PKW resultiert die Passivität nicht aus einem falschen Vorwissen, sondern aus dem Zielkonflikt zwischen Eigenrettung und Fremdhilfe. Gerade weil sie eine professionelle Rolle innehat, tritt dieser Konflikt bei ihr stärker zum Vorschein und führt zu einer längerfristigen Überforderung infolge derer sie verschiedene Handlungsalternativen – Erkundung/Sichtung der Gefahrenstelle, Absetzen eines Notrufes, Evakuierung) abwägt, aber letztendlich kein eigenes Handlungsprogramm initiiert. Von der Fahrerin des Wagens 7 aufgefordert, schließen sich die drei übrigen Probanden der generellen Fluchtbewegung an. Probandin 7 interveniert mit der Fluchtaufforderung erfolgreich und dies bei Probanden, die aus verschiedenen Erwägungen passiv verharren. Mit der Aufforderung zu evakuieren löst sie bei der Probandin des 10. Wagens den Zielkonflikt zugunsten der (mit anderen abgestimmten) Eigenrettung. Aber auch die Probanden des 9. Fahrzeugs folgen der Aufforderung ohne Erklärung, auch wenn diese ihrem eigenen Wissensstand, das Auto sei ein sicherer Ort, widerspricht.

Im Versuch drei gibt es keine ausführliche Exploration der Gefahrenstelle. Die generelle Bewegung ist die Fluchtbewegung weg von der Gefahrenstelle und niemand gerät hierbei

sichtbar in dichterem Rauch. In den ersten acht Wagen kommt es zu der benannten Verschachtelung zwischen einzelnen Gruppenbildungsprozessen, die in eine je gemeinsame Fluchtentscheidung münden. Diese wird mithin über die Beobachtung der initialen Flucht der ersten drei Personen der PKW 1 und 2 initiiert oder bekräftigt. Parallel hierzu findet eine spontane, zugleich rolleninduzierte Gruppenbildung zwischen den Besatzungen der PKW 7, 9 und 10 statt. Hierbei ist die Sanitäterin handlungsanleitend.

Gegen Ende hin kommt es zu einer größeren Gruppenbildung, die dadurch entsteht, dass die Beifahrerin des Wagens 2 am Notausgang wartet und die sich sammelnde Menge fragt, ob alle entfluchtet haben. Es fehlen noch drei Probanden. Daraufhin hält die Probandin die Notfalltür auf und wartet bis alle im sicheren Bereich sind.

Gruppenversuch 4

Der Gruppenversuch 4 zeichnet sich übergreifend durch eine Diffusität des Verhaltens der Probanden aus. Es gibt keine zentrale Fluchtbewegung. Das gesamte Sample zeichnet sich durch eine anfängliche Passivität und längere Wartezeiten im PKW aus. Diese Passivität wird durch den Fahrer des 2. PKW (Skoda: Pärchen) gebrochen, der aussteigt, um einen Notruf abzusetzen und um die Besatzung des 1. PKW (Mazda: Pärchen) zur Entfluchtung aufzufordern. Hier zeigt sich ein aktivierender Gruppierungseffekt. Die Probanden der Wagen 3 (Opel: Freundinnengruppe) und 4 (Skoda: Einzelfahrer) steigen aus, als sie den Ausstieg des Fiat-Fahrers beobachten. Der anschließende Gruppierungseffekt ist allerdings ein negativer, da ihn sowohl die Fahrerin des Opel als auch der Fahrer des Skoda zur Gefahrenstelle hin folgen und sich aktiv in den Rauch begeben. Die Verrauchung ist zu diesem Zeitpunkt schon vorangeschritten. Es kommt durch die Intervention des Fiat-Fahrers zu einer verzögerten Fluchtbewegung. Er fordert die Probanden der Wagen 1 sowie die hinteren auf, zu evakuieren. Er weist allerdings dabei in die Richtung des Rauches zu dem vermeintlich sicheren, nicht sichtbaren Notausgang hinter der Gefahrenstelle. Im Interview gibt der Proband an, dass dies auf Anweisung des Operators geschehen ist, mit dem er in der Notrufnische telefonierte. Es handelt sich hierbei um ein Missverständnis seitens des Probanden, das weitreichende Folgen für ihn und die beiden Probanden der hinteren Wagen hatte. Dennoch aktiviert der Fahrer über seinen Ausstieg die hintere Kolonne und initiiert einen gruppenspezifischen Effekt infolgedessen auch das passive Paar des vorderen Wagens aussteigt und entfluchtet.

Die Probanden des Wagen 5 (Chevrolet: Freundespaar) wissen, dass man in einer solchen Situation entfluchten sollte. Die Verzögerung kommt auf, da Uneinigkeit herrscht, ob man nicht nach Verletzten sehen sollte. Die beiden sind zudem vom Verhalten der Probanden der Wagen 2, 3 und 4 irritiert, die sich der Gefahrenstelle nähern. Sie stehen diesen Verhalten sehr kritisch gegenüber. Sie geben aber auch an, dass es für sie schwierig war, sich nicht der generellen Bewegung Richtung Gefahrenstelle anzuschließen und sich gegen die Tendenz der Menge zu entscheiden. Aufgrund der voranschreitenden Verrauchung entscheiden sie sich für eine verzögerte Evakuierung. Auch die Probanden des dahinterliegenden PKW (Seat: Kollegenpaar) sind unentschieden, ob sie evakuieren oder nach Verletzten suchen sollen. Sie steigen erst aus als es die vorderen Probanden tun. Es setzt sich hier ein aktivierender Gruppierungseffekt fort, der vom Fahrer des Skoda ausgeht. Auch sie gehen „der Gruppe folgend“ zuerst in Richtung Gefahrenstelle, treffen allerdings auf die Probanden des Wagens 5 und entscheiden sich anhand der Fluchtwegbeschilderung für den sicheren Notausgang im vorderen Tunnelbereich. Auch die Besatzung des 7. und letzten PKW (Skoda: Pärchen) nähern sich der Gefahrenstelle, um zu evakuieren. Sie koordinie-

ren ihr Handeln untereinander und geben an, sich dabei nicht an Dritte orientiert zu haben. Sie sichten ein Notausgangsschild und entscheiden sich für eine Umkehr in Richtung des sicheren Notausgangs.

Es kommt in diesem Versuch zu keinem klaren und günstigen Gruppierungseffekt, da auch der Aktivierungseffekt, den der Skoda-Fahrer setzt mit teilweise problematischen Verhaltensweisen der nachfolgenden Probanden einhergeht. Auffallend viele Probanden nähern sich der Gefahrenstelle, weil sie dort einen sicheren Fluchtausgang vermuten und da sie andere sehen, die sich dieser nähern. Diesen Probanden wird dann eine ähnliche Erwägung unterstellt. Das Missverständnis, das zu einem ungünstigen gruppenspezifischen Effekt zwischen den Fahrern der Wagen 2, 3 und 4 führt, setzt sich so in der Kolonne fort. Gleichsam ist es der Ausstiegsimpuls, den der Skoda-Fahrer setzt, der letztendlich alle Probanden bei schon vorangeschrittener Verrauchung mobilisiert und letztendlich in eine relativ späte Entfluchtung aller mündet.

Gruppenversuch 5

In Gruppenversuch 5 bleibt ein aktivierender Gruppierungseffekt lange Zeit aus. Dies resultiert aus der Passivität der ersten Wagen. Der Fahrer des letzten Wagens (Fiat: Berufsfahrer, 8. Reihenplatz) bildet hier die Ausnahme. Er hält direkt neben dem Querschlag und steigt als erstes aus. Dies wird allerdings von niemanden wahrgenommen. Ein später Impuls wird von der Besatzung des zweiten Wagens gesetzt, die bei schon stärkerer Verrauchung aussteigt. Kurz darauf steigt der Fahrer des ersten Fahrzeugs (Audi: Einzelfahrer) ebenfalls aus. Er meint allerdings das zuvor schon geplant zu haben. Die (hektische) Suche nach der Warnweste hätte dies verzögert. Die Beobachtung des Ausstiegs der vorderen Probanden führt zu einem günstigen, wenn auch verspäteten Ketteneffekt. Infolgedessen steigen auch die Probanden der Wagen 3 (VW: Einzelfahrer), 4 (Paar: VW) und 5 (VW: 4er Gruppe, Familie), 6 (Paar: Skoda) und 7 (Paar: Skoda) aus. Die späte Entfluchtung der Probanden ist hierbei nicht Resultat eines Gruppierungseffektes, sondern geht auf die zunehmende Verrauchung zurück. Diese rückt infolge des Ausstiegs auch in das Gesichtsfeld der hinteren Probanden. Es kommt zu einer spontanen Dreiergruppe, die sich gegen die späte, zentrale Entfluchtungs tendenz zur Gefahrenstelle bewegt. Diese besteht aus dem Freundespaar des 7. PKW, welches sich nach einer wageninternen Diskussion für die Fremdhilfe entscheidet und mit der ausgiebigen Exploration der Gefahrenstelle beginnt. Dieser schließt sich der Familienvater des 4. Wagens aus denselben Erwägungen an und löst sich hierbei von seiner Eigengruppe, als diese allerdings schon am Notausgang angekommen sind. Die Entscheidung der drei verbleibenden wird nicht über die Beobachtung der zentralen Entfluchtung korrigiert. Im Gegenteil: Die Entscheidung fällt bewusst auf die Erkundung und wird gegen die Entfluchtung aller übrigen Probanden getroffen. Die drei verlassen mit hohen Evakuierungszeiten und unabhängig von allen übrigen Probanden den Tunnel über den Notausgang (Familienvater) und den Tunneleingang (Freundespaar).

Korrigierendes Verhalten

In der Nachbefragung hat sich gezeigt, dass günstige gruppenspezifische Effekte innerhalb von Beziehungsgruppen oder zwischen Fremden Handlungen verhindert haben, die zu problematischen bis kritischen Verhalten hätten führen können.

So sagen 6 Probanden verschiedener Versuchsreihen und Reihenplätze, dass sie überlegt hatten, ihren Wagen zu wenden.

“Okay. - Die Frage... - Ich meine, weil wir gewusst haben, ja, wir dürfen nicht zurückfahren. - Aber ehrlich gesagt, wenn es wirklich ganz echt wäre, - ich frage mich, ob die Leute nicht umdrehen. - Ich würde wahrscheinlich, von der Stimme her, das Erste, was ich machen würde, - ist umdrehen. - Wenn kein Auto entgegenkommt, dann würde ich wahrscheinlich... - Ja, ich würde das wirklich so reagieren. - Aber auf der Autobahn...” (GV 5, Skoda, 2. Reihenplatz)

Die Freundin (Rücksitz) im Versuchsdurchlauf 2 hat versucht den Fahrer des 1. Wagens (Skoda: 4er Gruppe, Fahrer ist Feuerwehrmann, Frau ist in der Gebäudesicherheit tätig) überzeugt zu wenden, was dieser abwehrte und anschließend die gesamte Gruppe zur Flucht aufforderte. Im selben Versuchsdurchlauf setzt der Fahrer des Wagen 3 (Seat: Einzelfahrer, Feuerlöscher) zum Wenden an, wird aber durch Fahrer 5 (Landrover: Einzelfahrer, Feuerwehrmann) davon abgehalten und zum Verlassen des Wagens aufgefordert. Er kommt dem zögerlich nach.

„Fahrer: Den man jetzt nicht sieht, aber ich glaube, er wollte noch zuerst Umdrehen und mit dem Auto den Tunnel in die Gegenrichtung verlassen. (...) Ich habe ihm gesagt, er soll das Auto stehenlassen und den Tunnel SO verlassen.“

In den Versuchen 2 und 3 überlegen die jeweils letzten Fahrer (Golf: Einzelfahrer, Feuerwehrmann; Mazda: Einzelfahrerin) zu wenden. Sie meinen allerdings zu wissen, dass hinter ihnen keine weiteren Fahrzeuge kommen. Die Sichtung der Evakuierung anderer hindert sie an ihrem Vorhaben. Die Fahrerin des Mazda wird von einem anderen Probanden schließlich zur Flucht aufgefordert. Die Fälle in welchen passives Verhalten durch die Aktivität anderer (Ausstieg, Evakuierung) oder deren Intervention – etwa diejenige des Skoda-Fahrers in der Versuchsreihe 3 (2. Reihenplatz: Paar) aufgegeben wurde, wurde schon im vorherigen Kapitel beschrieben.

Abschließend kann konstatiert werden, dass positive Gruppierungs- und gruppendynamische Effekte beobachtet wurden, die unabhängig vom Informationsstand und Individualmerkmalen der Probanden zu einer (in diesem Sinne positiven) Verhaltensanpassung geführt haben. Über die Beobachtung der Evakuierung anderer oder über die direkte Aufforderung wurde auch problematisches/kritisches Verhalten verhindert, welches zumindest als Handlungsoption von vielen Beteiligten in Erwägung gezogen wurde. Darunter zu fassen sind Wendemanöver. Des Weiteren wurde Passivität unterbrochen, die auf der falschen Einschätzung beruhte, der Wagen sei ein sicherer Ort, der längerfristig vor der zunehmenden Verrauchung schütze. Auch eigengefährdendes exploratives Verhalten, welches als Handlungsoption stark verbreitet ist, scheint durch die Evakuierungsaufforderungen unterbunden worden zu sein. Nicht zu unterschätzen ist die Gleichförmigkeit des Verhaltens, die im Zuge eines kumulativen Gruppierungseffekts entsteht und die womöglich diffuses Verhalten verhindert. In den Versuchsreihen 1 und 3, wo frühzeitig breite Gruppierungs- und gruppendynamische Effekte auftraten, kam es nicht nur zu erstaunlich guten Fluchtzeiten – ohne Wahrnehmbarkeit der Durchsage -, sondern auch zu keinem problematischen oder kritischen Verhalten Einzelner.

Gruppeneffekte und kritisches Verhalten

Problematisches Verhalten wurde teil-kategorisiert und stufenförmig strukturiert. Problematische Verhaltensweisen sind solche, die nicht zu einer direkten Gefährdung im Versuchsdurchlauf führen, die aber riskant sind, sodass sie bei einer leicht anders gelagerten Situation für den Betroffenen oder Andere gefährlich werden könnten.

Hierzu gehört:

- eine hohe Wartezeit im PKW ohne dichte Verrauchung, die bei einer anderen Rauchdynamik aber gefährlich werden könnte
- Eine überdurchschnittliche Evakuierungszeit bei schon leichter Verrauchung, die ebenfalls in einer dynamischeren Umgebung gefährlich werden könnte
- Längere Fluchtunterbrechungen, etwa um etwas aus dem Wagen zu holen
- Nähern/längerer Aufenthalt an der Gefahrenstelle bei fortgeschrittener Rauchdynamik
- Kritische Verhaltensweisen umfasst:
- Problematische Verhaltensweisen, wenn eine akute Bedrohung besteht, etwa die Probanden in dichten Rauch geraten
- Die Probanden sich willentlich in dichten Rauch oder nahe des Brandes begeben
- Ein Wendemanöver einleiten oder einen Unfall verursachen

Problematisches Verhalten ist als kritisch zu bewerten, wenn aufgrund dieses Verhaltens ein hohes Risiko für die ausführende Person oder für einen Dritten ausgeht. In der Regel wird problematisches Verhalten kritisch, wenn sich die Betroffenen hierdurch in den Rauch begeben oder in den Rauch geraten. Ein Wendemanöver ist kritisch, wenn dadurch Probanden gefährdet werden. Fatales Verhalten wären solche Verhaltensweisen, die in ihrer Durchführung zum Tod des Probanden oder eines anderen geführt hätten. Solche definitiv fatalen Fälle sind nicht aufgetreten und im Rahmen von Übungen schwer bestimmbar.

Wie bereits genannt wurde, hat jeder 5. Proband die Flucht unterbrochen. In der Regel handelte es sich hierbei um die Sichtung von Gruppenmitgliedern, in einigen Fällen wurde versucht die Durchsage zu verstehen. Diese Fluchtunterbrechung ist nur geringfügig. Zudem scheint die Sicherstellung von Gruppenmitgliedern im Zuge der Evakuierung als ein sinnvolles, gar günstiges Verhalten, da es zwar die individuelle Fluchtzeit erhöht, jedoch das Risiko senkt, dass eine Person verunfallt oder im Gefahrenbereich zurückbleibt.

Zwei längere Fluchtunterbrechungen waren in der Versuchsreihe 2 mit der Rückkehr zum Wagen verbunden (6. und 7. Reihenplatz, VW, Mazda). In beiden Fällen wurde die Flucht unterbrochen, um die Warnweste aus dem Wagen zu holen. Das Verhalten fand keine Nachahmer, wurde aber dadurch evoziert, dass die betreffenden Probanden Personen mit Warnweste sichteten. Der Fahrer des VW kehrt ein zweites Mal zurück, um die Warnblinkanlage einzuschalten, nachdem er von anderen gehört hatte, dass dies das korrekte Verhalten sei. Da die Probanden die hinteren Reihenplätze belegten und sich nahe dem Notausgang befanden, hat auch dieses problematische Verhalten zu keiner längerfristigen oder gar kritischen Fluchtunterbrechung geführt.

Wendemanöver wurden in den Gruppenversuchen nicht realisiert. In einigen Fällen könnten sie durch die Beobachtung anderer oder die Intervention Dritter auch verhindert worden sein. Es ist letztendlich nicht bestimmbar, ob die Probanden ohne Intervention das Manöver durchgeführt hätten. Lediglich in den Einzelversuchen kam es zu zwei Wendemanövern und anschließender motorisierter Flucht sowie zu einem Auffahrunfall an der Brandstelle. Der Auffahrunfall stellt ohne Frage ein kritisches Verhalten dar. Die Wende-

manöver in den Einzelversuchen sind dagegen schwer ausdeutbar. Die Probanden meinten zu wissen, dass sie die einzigen Fahrer waren. Deshalb ist es schwierig dieses Verhalten als kritisch oder problematisch zu kategorisieren.

In mehreren Fällen sind Probanden in dichten Rauch geraten, da sie einen Notruf in der Nische nahe der Gefahrenstelle abgeben wollten. Unter hohem Stress waren sie von der Bedienung der Notrufschaltstelle überfordert und verbrachten eine längere Zeit in der Nische. Während dieser Zeit war der Blick auf das Tunnelgeschehen, die Rauchentwicklung wie das Verhalten anderer versperrt. Zugleich befanden sich die Personen nicht mehr im Blickfeld anderer Probanden, die sie bezüglich der Rauchentwicklung hätten warnen oder des Evakuierungsgeschehens informieren können. Die Probanden wurden innerhalb oder beim Verlassen der Kabine von verdichtetem Rauch geradezu überrascht. Man muss dieses Verhalten in seiner Konsequenz als kritisch bezeichnen, auch wenn es nicht selbstverschuldet und in seiner Intentionalität von den Probanden auch nicht als riskantes Verhalten bewertet worden ist. Die Probanden wollen oftmals einen Notruf absetzen, weil sie sich der Gefahrenstelle und der Rauchwand nicht nähern wollen. In diesem Kontext scheint das kritische Resultat des Verhaltens ebenso das Resultat einer missverständlichen Apparatur und einer ungünstigen Architektur.

Exzessives Explorationsverhalten generell ist weitestgehend isoliertes Verhalten. Wie das Aufsuchen der Notrufnische ist es mit dem Motiv der Fremdhilfe verbunden. In der Regel bewegen sich die Erkunder, wenn sie nicht schon nahe der Gefahrenstelle parken, gegen die Entfluchtungsbewegung. In den Versuchsdurchläufen erkunden viele Probanden, vor allem die Professionellen routiniert und achten darauf Abstand zum Rauch zu halten. Kritisch zu bewertendes exploratives Verhalten ist verbunden mit gruppendynamischen Effekten geringer Tragweite. Auf diese wird weiter unten eingegangen. Hier bilden zwei Probanden der Einzelversuche die Ausnahme, die aufgrund ihrer längeren Exploration sowie zum Teil wegen dem Aufsuchen der Notrufrkabine im Gefahrenbereich in den Rauch geraten.

Probanden, die in den Rauch geraten, sind vor allem passive Probanden mit langen Wartezeiten im oder an den PKW im vorderen und mittleren Bereich der Kolonne. Der Proband des 2. Versuchsdurchlaufs des 3. PKW (Seat: Einzelfahrer), der einen Löschversuch unternimmt, begibt sich willentlich in den Rauch und verhält sich dementsprechend kritisch. Dieses Verhalten findet aber keine Nachahmer und ist hier als isoliertes Verhalten zu betrachten.

An dieser Stelle ist zu konstatieren, das kritische Verhalten vor allem isoliertes Verhalten resp. das Verhalten einzelner ist. Von Passivität abgesehen, die mehrere Gründe hat, ist dieses Verhalten vor allem mit dem Motiv der Fremdhilfe verbunden. Es entsteht aus dem breit beobachteten Spannungsverhältnis zwischen Fremdhilfe und Selbstrettung heraus. Vom Wunsch anderen, potenziellen und im Versuch nicht-sichtbaren Verletzten zu helfen, werden einige ausgiebige Erkundungen unternommen, mehrere Notrufe an der Gefahrenstelle abgegeben und ein Löschversuch initiiert. Die Hilfestellung Anwesender, heißt anderer Probanden, die der eigenen Gruppe angehören oder Fremde sind, führt in den Versuchen zu keinem kritischen Verhalten und in der Regel auch zu keinem problematischen.

Nachfolgend sind die kritischen Fälle aufgeführt, die entweder einem Gruppeneffekt ausgelöst haben oder ihm unterlagen. Ungünstige, kritische Gruppierungseffekte sind ausschließlich solche einer fortgesetzten Passivität. Dies ist in den Versuchsreihen 4 und 5 der Fall. In diesem Zusammenhang wird Passivität aufgrund eines Gruppierungseffektes von

solcher unterschieden, die mit diversen Motivlagen verbunden ist. Kritische gruppensdynamische Effekte sind selten. Insgesamt bewegen sich nur wenige Probanden freiwillig in den Rauch und hierbei handelt es sich teilweise um isolierte Verhaltensweisen. Nur in zwei Fällen je in der Versuchsreihe 4 und 5 wurde ein gruppensdynamischer Effekt beobachtet, der zu kritischen Verhalten führte. Da die Rekonstruktion der Entfluchtungs-dynamik im vorherigen Abschnitt erfolgte, werden die kritischen Gruppeneffekte thematisch behandelt.

Gruppierungseffekte

Längerfristige Passivität von Probanden bildet die primäre Klasse ungünstiger Gruppierungseffekte. Dieser Gruppierungseffekt kann die gesamte Wagenreihe betreffen. Er resultiert aus einem mangelhaften Informationsstand der mittleren und hinteren Wagenreihen, der sich auf der Inaktivität der vorderen Probanden begründet. Das Nicht-Handeln der vorderen Fahrzeuge kann verschiedene Gründe haben. In einigen Versuchen waren die Fahrer des ersten Fahrzeugs von der Situation überfordert. Sie hatten auch im ersten Moment niemanden, an dem sie sich orientieren konnten. In anderen Fällen wurde das Fahrzeug als sicherer Ort gerade bei der voranschreitenden Verrauchung gewertet. Man wähnt den PKW als sicheren Ort, um sich vor dem Rauch zu schtzen. Zugleich hält man sich damit die Option offen motorisiert zu flüchten. Diese Motivgrundlagen setzen voraus, dass die Probanden die Situation schon umreißen. Die Inaktivität der vorderen kann für die hinteren bedeuten, dass sie über einen längeren Zeitraum keine Lagesensibilitt entwickeln. In der Regel wird die Sicht auf die Gefahrenstelle und den verrauchten Tunnelbereich von den vorderen PKW eingeschränkt. Demzufolge bildet vor allem das Verhalten anderer oder deren Passivität für solche Probanden das primäre Mittel der Situationsbewertung dar. Erfolgt keine Aktivität könnte es sich um eine gewöhnliche Stauung oder um ein wenig riskantes Geschehen handeln. Die verschieden begründete Passivität der Vorderen setzt sich als ausbleibende Information in den hinteren Reihen fort. Dies hat das Ergebnis, dass auch Probanden mit Vorwissen oder gar Professionelle nicht aktiviert werden.

Weiterhin gilt: Die qualitative Befragung evoziert, dass dieser Gruppierungseffekt schon unbewusst bei der Gefahrenwahrnehmung einsetzt. Besonders unsichere oder uninformierte Probanden brauchen länger um die Situation als gefährlich zu erfassen, da sie einerseits das Verhalten anderer in die Gefahrenkalkulation miteinbeziehen. Dies scheint auch zu gelten, wenn sie die Gefahrensituation, etwa die zunehmende Verrauchung schon wahrnehmen können.

In jedem Fall führt diese Passivität der vorderen Fahrzeuge dazu, dass Probanden in PKW ohne klare Sicht auf das Geschehen die Situation nicht als potenziell gefährlich erkennen und dementsprechend abwarten. Dies gilt sinngemäß auch, wenn sie über ein Handlungsprogramm für solche Notlagen verfügen. In den relativ günstigen Gruppenversuchen 1-3 ist es vorne bei den ersten beiden Fahrzeugen schnell zu einer Aktivität gekommen, die auch die jeweils hinteren mobilisiert und für die potenzielle Gefährlichkeit sensibilisiert hat. Schreitet die Verrauchung voran, fhrt das zu einem situativen Dilemma, da zwar nun auch Probanden der hinteren Fahrzeuge aktiviert werden, sie sich aber nur unter Eigengefährdung den vorderen Fahrzeugen nähern und diesen helfen können. Der Skoda-Fahrer des 4. Versuchsdurchlaufs (2. Reihenplatz) wurde verspätet aktiv, gab dann einen Notruf ab und begab sich in den Rauch, um die Probanden vor ihm zur Flucht aufzufordern.

Das bedeutet nicht nur, dass Passivität Passivität erzeugt, sondern dass infolge der späten Aktivierung die Chancen kritischen Verhaltens steigen, die wiederum mit anderweitigen

kritischen Ketteneffekten verbunden sein können. Dies war der Fall, als die Probanden der hinteren Fahrzeuge, vom Ausstieg des Skoda-Fahrers aktiviert und von diesem zu sich gewunken wurden. Diesen folgend gerieten sie in dichten Rauch. Dieser Fall ist besonders komplex. Verantwortlich für die Kritikalität aller Fälle war zum einen die längere Passivität aller Probanden, so dass die Aktivierung schon bei einem hohen Verrauchungsgrad erfolgte. Der Skoda-Fahrer bricht diese Passivität auf und fordert (unter starker Eigengefährdung) die vordere Besatzung zum Ausstieg auf, was letztendlich zur Evakuierung führt. Zugleich löst er einen gruppendynamischen Effekt aus, indem er die Wageninsassen der hinteren Fahrzeuge zu sich nach vorne winkt. Die Probandin des 3. Wagens folgt ihm weitestgehend blind, da sie die Gefahr auch nicht einschätzen kann. Die Probandin des 4. Wagens missversteht die Aufforderung und vermutet einen (sicheren) Fluchtpfad in dieser Richtung. Es handelt sich um eine beinahe schon tragische Ereigniskette. Vor dem Hintergrund der übergreifenden Passivität war der Skoda-Fahrer der einzige Referenzpunkt für die Entscheidungsfindung bei zwei, sichtlich überforderten Probanden.

Passivität der vorderen Wagen kennzeichnet auch den Versuchsdurchlauf 5. Der erste Proband sagt im Tunnelinterview, er hätte einen Fluchtimpuls gehabt, aber nach seiner Warnweste gekramt. Er meint sofort evakuiert zu haben, steigt allerdings – wie auf den Videos zu sehen – erst nach ca. 90s nach Halt des Wagens aus. Dies tut er zeitnah mit dem Probanden des dicht hinter ihn parkenden Wagens, der einen Notruf absetzen geht. Da die Wagen recht dicht an der Schadensstelle parken, ist schon eine stärkere Verrauchung erkennbar, infolge der er dann zügigen Schrittes evakuiert. Das Paar des hinteren Wagens braucht länger, weil es erwägt, ob sie durch die Rauchwand fahren oder wenden sollten. Sie entscheiden sich dann doch für die Entfluchtung, als der Rauch schon fortgeschritten ist. Diese Passivität setzt sich analog zu Versuch 5 bei den hinteren Fahrzeugen fort. Einzig zwei Personen der beiden letzten Fahrzeuge steigen zügig aus. Dies ist der Beifahrer des Skoda (7. Reihenplatz: Freundespaar) und die Fahrerin des Fiat (8. Reihenplatz: Einzelfahrerin, notfall-medizinische Angestellte). Letztere entfluchtet als erste und relativ schnell. Der Beifahrer des Skoda erkundet stationär das Geschehen, ehe er wieder zu seinem Freund geht. Diese Aktivität kann keinen positiven Gruppeneffekt evozieren, da die Perspektiven der Probanden nach vorne gerichtet sind. Infolgedessen wird spät evakuiert. Wagen 1 bis 3 sind schon stark, Wagen 4 mittelgradig verraucht.

Sozialer Druck oder gar Handlungsscham im Kontext breiter Passivität wurde in der Versuchsreihe nicht beobachtet. Passivität als Gruppierungseffekt erscheint hier mit dem Ausbleiben eines Aktivierungsimpulses der hinteren Probanden durch die Tätigkeit der vorderen verbunden. Es ist vor allem der Ausstiegsimpuls der sich in der Regel von vorne nach hinten bewegt – da das Sichtfeld der Probanden in den PKW in Fahrtrichtung zentriert ist – der diese Inaktivität in der Reihe aufbricht. Nach dem ersten beobachteten Ausstieg erfolgt in der Regel eine rasche Aktivität der gesamten Reihe mit anschließender Entfluchtung oder Exploration.

Gruppendynamische Effekte

Zwei Fälle kritischer gruppendynamischer Effekte wurden in den Versuchsreihen 4 und 5 beobachtet. In der Versuchsreihe 4 ist es der Skoda-Fahrer (2. Reihenplatz), der aufgrund eines Missverständnisses die hinteren Probanden zu einem vermeintlichen Notausgang hinter der Rauchwand winkt. In der Versuchsreihe 5 sind es die beiden Freunde des Skoda (7. Reihenplatz), die sich nach Abwägen der Handlungsoptionen sich für eine ausgiebige Exploration der Gefahrenstelle entschließen, um potenzielle Verletzte zu bergen. Sie fragen mindestens einen Probanden, ob er sich ihnen anschließen will. Dieser lehnt ab und

auch andere, die ihnen entgegenkommen, entscheiden sich gegen eine Umkehr. Einzig der Familienvater der 4er Gruppe (5. Reihenplatz) schließt sich der Suchgruppe an.

In beiden Fällen kommt es nur zu begrenzten gruppendynamischen Effekten. Die geringe Tragweite – sie betreffen nur je drei Probanden – kontrastiert zur breiteren Reichweite der Beobachtung des Fluchtverhaltens oder der Aufforderung zur Evakuierung. Die meisten Probanden, welche die Geste des Skoda-Fahrers sehen, entscheiden sich gegen das riskante Verhalten. Auch bei denjenigen, die dem Freundespaar entgegenkommen entschließt sich kaum jemand für die riskantere Verhaltensoption. Nachfolgend wird auf die genaue Interaktionsdynamik innerhalb der beiden Fälle eingegangen.

Der Skoda-Fahrer des 4. Versuchsdurchlaufs unterbricht die Passivität der Reihe, indem er aussteigt und einen Notruf absendet. Er missversteht den Operator und winkt die hinteren Probanden nach vorne. Es folgen nur zwei Personen aus verschiedenen Motivlagen heraus. Die Probandin des hinteren Fahrzeuges, des Opel (3. Reihenplatz: 3er-Freundinnengruppe) folgt der Geste aufgrund einer generellen Überforderung weitestgehend blind. Sie begibt sich in die schon vorangeschrittene Verrauchung und kehrt erst um, als sie ihre Freundinnen dazu auffordern. Die drei Probandinnen entscheiden sich wieder am PKW für die Entfluchtung Richtung des sicheren Notausgangs. Die Fahrerin des Skoda (4. Reihenplatz) denkt in der Richtung wäre ein naher, im Rauch verborgener Notausgang und folgt deshalb der Aufforderung aus einem Missverständnis heraus. Sie hat nicht vor die Brandstelle zu umgehen. Sie kehrt um, als sie innerhalb der Verrauchung wahrnimmt, dass der Notausgang hinter der Brandstelle liegt.

Es handelt sich hierbei um eine ungünstige Verkettung eines Gruppierungs- und gruppendynamischen Effektes. Aufgrund der verlängerten Passivität innerhalb der Reihe ist die Verrauchung schon vorangeschritten. Infolge des missverständlichen Handlungszusammenhangs geraten die beiden Probandinnen in eine schon vorangeschrittene Verrauchung, die auch die Sichtung der Unfallstelle und des vermeintlichen Notausganges von der sicheren Position aus unmöglich macht. Beide folgen aus unterschiedlichen Gründen der Aufforderung des Fahrers, was in einem sichtlich kritischen Verhalten mündet. Beide sind sich aus denselben divergierenden Gründen dem Risiko ihres Handelns auch nicht gewahr. Die Fahrerin des 3. Wagens folgt aus einer generellen Unsicherheit heraus der Aufforderung eines in seinem Tun hochgradig sicher auftretenden Gegenüber. Das Risiko, dass dieser Aufforderung innewohnt, vermag sie in diesem Moment nicht wirklich einzuschätzen. Die Fahrerin des Skoda wiederum wähnt in dieser Richtung einen sicheren Notausgang und findet sich, als sie die Notfallbeschilderung erkennt, in einer kritischen Situation wieder. In diesem Fall gründet sich das kritische Verhalten bzw. das Folgen der Aufforderung auf einer letztendlich falschen Informationslage. Hiervon abgesehen kommt es lediglich im Versuchsverlauf 5 zu einem kritischen gruppendynamischen Effekt, der wohl für alle Beteiligten fatale Konsequenzen gehabt hätte. Initiiert wird er durch die beiden Männer des Skoda (7. Reihenplatz: Freundespaar). Die beiden diskutieren, ob sie evakuieren oder nach Verletzten sehen sollen. Der Beifahrer ist für die Entfluchtung, wird aber von seinem Freund überzeugt, dass die Rettung potenzieller Verletzter Vorrang hat. Die beiden entschließen sich bei schon hoher Verrauchung die Gefahrenstelle abzusuchen. Bei der Familiengruppe des 5. Wagens (VW: Ehepaar und zwei Kinder) kommt es hierbei zu einer dauerhaften Trennung der Gruppe. Die Familie ist gemeinsam auf den Weg zum Notausgang. Als der Familienvater die beiden Männer erkunden sieht, löst er sich von der Gruppe, um, wie er meint, das Richtige zu tun. Er schließt sich den beiden Männern an, ohne dass es zu einer verbalen Interaktion kommt. Alle drei Probanden suchen in dichten Rauch mehrere Minuten den Unfallort ab. Einer der Freunde gibt einen Notruf in der Nische ab. Danach

entfluchten sie über den Tunnaleingang nach knapp 7 Minuten. Sie markieren die drei statistischen Ausreißer des Streudiagramms zur Evakuierungszeit (vgl. Bild 22). Das kritische Verhalten der drei Probanden resultiert aus dem Zielkonflikt, der viele Probanden beschäftigt. Allerdings geben wenige der Fremdhilfe den Vorzug vor der Eigenrettung oder derjenigen der Gruppe. Der eigentliche Initiator ist der Fahrer, der seinen Freund überredet, die Gefahrenstelle abzusuchen. Der Vater aus der Familiengruppe gibt den Impuls zur Hilfeleistung als für ihn von Beginn an wichtig an und setzt ihn mit einer Orientierung an den beiden anderen Personen um. Alle drei kritischen Fälle bewegen sich hierbei gegen die Bewegung der Menge.

Ambivalente Gruppierungseffekte

Nicht alle Verhaltensweisen, die einen Gruppeneffekt zur Folge haben oder aus einem resultieren sind unter einer binären Unterteilung in günstig/problematisch fassbar. Dies ist bei der obigen Beschreibung schon angeklungen. Auch riskantes Explorationsverhalten kann zwar für den Ausübenden riskante Folgen haben, zugleich geben viele Probanden an sich für die Evakuierung entschieden zu haben, da sie andere sahen, die schon die Gefahrenstelle nach Verletzten absuchten oder einen Notruf abgaben. Diesbezüglich ist es möglich, dass das riskante Verhalten von Probanden dasjenige anderer verhindert.

Umgekehrt gilt, dass auch günstige Gruppierungseffekte, wie die zügige Evakuierung mithin die Exploration der Gefahrenstelle verhindern. Nur selten bewegen sich Probanden gegen die zentrale Tendenz der Menge. Das mag hierbei riskantes, gar kritisches Verhalten verhindern. Letztendlich kann es aber auch dazu führen, dass auch eine abgewogene Exploration ausbleibt und etwa liegende Verletzte nicht geborgen werden können.

Weiterhin kann auch eine riskante Exploration einen positiven Aktivierungseffekt zufolge haben. Ohne die Aktivität des Skoda-Fahrers in Versuch 4, wären vermutlich mehr Leute über einen längeren Zeitraum im dichten Rauch verblieben.

8.6 Irritationen der Probanden durch die Sicherheitseinrichtung und Verbesserungsvorschläge

Sowohl in der standardisierten Erhebung wie in der qualitativen Nachbefragung wurde nach Irritationen, für die Flucht hinderliche Faktoren und expliziten Verbesserungsvorschlägen gefragt.

Die meisten Probanden kritisieren die Unverständlichkeit der Durchsage. Erkennbare Reaktionen auf die Durchsagen sind oft erst dann aufgetreten, wenn die Probanden sich schon im oder am Eingang zum Querschlag befanden. Dabei ist zu beachten, dass die Durchsagen nur auf Deutsch erfolgten und auch die Probanden alle als Muttersprache Deutsch aufwiesen.

Wenn die Durchsage zwar wahrgenommen, aber nicht verstanden wurde, so hat das in Einzelfällen zu einer zeitweisen Fluchtunterbrechung geführt. Es gibt auch die Angabe, durch die "schrille" aber unverständliche Stimme verängstigt worden zu sein. Dass die Durchsagen je nach Situation, in der sie wahrgenommen wurden, auch problematisch sein können und Inhalte der Durchsagen Handlungsdilemmata für die Probanden unterstreichen können, wurde oben detailliert beschrieben. Diese Kritik bezieht sich teilweise auch auf den Mangel einer situativen, zeitgerechten Information über das Vorliegen einer Gefährdung und der Art der Gefährdung im Anfangsstadium des Geschehens.

Einige Probanden kommen auch zum Schluss einer grundsätzlichen Unzulänglichkeit der Durchsagen. Teilweise in Verbindung damit, aber auch von anderen angegeben, wurde vorgeschlagen, etwa über LED-Anzeige visuelle Informationen zur Verfügung zu stellen, die unabhängig von der akustischen Gesamtsituation wahrgenommen werden können. Alternativ wurde von drei Probanden vorgeschlagen die Gefahrenmeldung über das Radio vermelden zu lassen. Es ist zu beachten, dass drei Probanden in der qualitativen Nachbefragung angaben, zuallererst das Radio angeschaltet haben, um Informationen über das Geschehen zu erhalten. Im Unterschied zum Versuchstunntel erfolgt in Deutschland die Durchsage auch durch Direkteinsprache ins Radio.

Nachhaltige Missverständnisse bezüglich der Notfallbeschilderung und –einrichtung sind eher nicht zu erkennen. Allerdings wirkte im Tunnelabschnitt die Markierung des Notausganges sehr prominent. Dieser war für die meisten Fahrzeuge, vornehmlich der mittleren und hinteren Reihe auch gut sichtbar, so dass eine längerfristige Orientierung an der Fluchtwegbeschilderung oftmals nicht notwendig war. Die gute Sichtbarkeit der Notausgänge entspricht auch in Deutschland den Standards der Sicherheitsarchitektur.

Nur bei den Probanden der vorderen, bei einsetzender Verrauchung teilweise der mittleren Teile der Wagenkolonne hat die Beschilderung primär die Fluchtwegwahl bestimmt. Hier kam es vereinzelt zu Irritationen, da der kürzere Fluchtweg von manchen Positionen aus derjenige hinter der Gefahrenstelle war und in den Rauch geführt hätte. In manchen Fällen schien ein zusätzliches Entscheidungskriterium erwünscht worden zu sein.

Eine explizite Kritik wurde an der Notrufstelle geäußert. Die Kritik bezieht sich auf die schwierig zu verstehende Bedienung und das Fehlen von Anschlussanweisungen, wenn nicht der Hörer zusätzlich abgehoben wurde. Außerdem auf die schwer verständliche Kommunikation am Hörer. Am äußeren Bereich gab der Druck der Brandmeldetaste keine klar verständliche Rückmeldung, dass eine Meldung in Gang gesetzt wurde und welche Anschlussaktionen nun vorgesehen sind. Auch ob eine Sprechverbindung außen aufgebaut wird, war nicht klar erkennbar. Innerhalb der Kabine hat die Information unmittelbar neben dem Hörer, man solle warten zu einer Irritation geführt, im Zuge derer zuerst gewartet wurde, bis man schließlich den Hörer ergriff. An der Rückwand der Notrufokabine befand sich der Hinweis, dass diese im Brandfall keinen Schutzraum darstelle. Für einzelne Probanden ergaben sich so unklare teilweise widersprüchliche Handlungsanweisungen. Diese Kritik bezieht sich auf die vorgefundene Notrufeinrichtung. Bedeutender erscheint allerdings noch, dass die Notrufeinrichtung nahe dem Gefahrenbereich gewählt wurde. Im Zuge dessen gerieten die betreffenden Personen, wie geschildert, in eine im Grunde unverschuldete kritische Situation, da das Betreten der Nische die Wahrnehmung der Gefahrensituation im Tunnel, vor allem der Rauchentwicklung beschränkt. Auch die Trennung von Notrufnische und Fluchtweg über den Querschlag führt zu Irritationen. Einmal indem hinter der Notrufnische ein Fluchtweg vermutet wurde, andererseits aber auch, weil nicht erkennbar war, dass im Querschlag auch eine Notrufmöglichkeit bestand. Probanden merkten daher eine passende Beschilderung mit dem Hinweis, dass ein Notruf auch im Querschlag möglich ist, als Verbesserungsvorschlag an.

In verschiedenen Interviewsequenzen wird auch darauf hingewiesen, dass man nun gelernt habe, was ein "Querschlag" ist oder wie diese bezeichnet werden. Der Tunneloperator hat in den Notfallgesprächen die für ihn naheliegenden technisch-fachlichen Begriffe und Kürzel ("GQ01") verwendet. Auch die Beschilderung weist diese prominent aus. Auch wenn die Interviewten das Erlernen eher positiv bewerten, muss die Erwähnung durch die Interviewten aus Sicht einer Notfallkommunikation kritisch gesehen werden. Schon der

Begriff "Querschlag" kann in der Allgemeinbevölkerung mit Verständnisschwierigkeiten oder sogar Missverständnissen verbunden sein. Solche Probleme würden sich bei einem mehrsprachigen Testsample noch deutlicher zeigen.

Einzelne Anmerkungen bezogen sich auch auf die Gefahr eines Stolperns, wenn Beleuchtungen oder ähnliches aus dem Boden der Fahrbahndecke hervorstehen.

Von diesen Irritationen abgesehen spielt die Frage nach der Angemessenheit des eigenen Verhaltens eine große Rolle bei vielen Probanden. Diese Frage wurde im Nachgang der Versuche oftmals auch informell an die Forscher gestellt. Sie kreist zentral um den beschriebenen Zielkonflikt zwischen Eigenschutz und Fremddrettung. Viele Personen waren sich bis zuletzt nicht sicher, mit der Evakuierung die richtige Entscheidung getroffen zu haben. Mitunter betraf das auch professionelle Probanden und generell solche, die nach der Maxime Eigenschutz geht vor Fremdschutz gehandelt haben. Es ist aber in der konkreten Situation oftmals schwierig abzuschätzen, inwieweit eine Eigengefährdung besteht. Dies wurde nicht offen kritisiert und es gab auch keine expliziten Vorschläge seitens der Probanden. Implizit scheint aber bei vielen ein Bedürfnis nach genaueren Verhaltensregeln oder Handlungsfäden vorzuliegen, um in einer betreffenden Situation eine sichere Entscheidung fällen zu können.

9 Quantitative Auswertung

Ziel der ingenieurmäßigen Auswertung der Probandenversuche ist die quantitative Ableitung von Reaktionszeiten und Fluchtgeschwindigkeiten aus der Dokumentation des Fluchtverhaltens. Dazu wurden die von den Probanden zurückgelegten Fluchtwege und die zugehörigen Fluchtzeiten aus den Videoaufzeichnungen ermittelt.

9.1 Positionsbestimmung der Fahrzeuge

Zur nachträglichen Bestimmung der Fluchtgeschwindigkeiten aller beteiligten Probanden wurden die Positionen der Fahrzeuge im Tunnel nach Abschluss der Selbstrettung in Längs- und Querrichtung aufgemessen. IXBild 40 zeigt die räumliche Verteilung der ermittelten Haltepositionen der Fahrzeuge im Tunnel in Längsrichtung (TM) sowie den Abstand zur rechten Tunnelwand. Die Darstellung beschränkt sich auf den aufgetretenen Bereich, beginnend 100 m nach dem Portal (TM 100) bis zu dem die Durchfahrt blockierenden Unfallfahrzeug bei TM 260. In diesem Bereich liegt der Notausgang GQ01, markiert mit einem grünen Vertikalstrich und die Notrufkabine N02N (TM 242, markiert mit einem orangen Vertikalstrich). Die Darstellung ist in Querrichtung stark überhöht. Bis auf wenige Ausnahmen ist bei der Wahl des Haltepunktes eine deutliche Orientierung am Vordermann erkennbar.

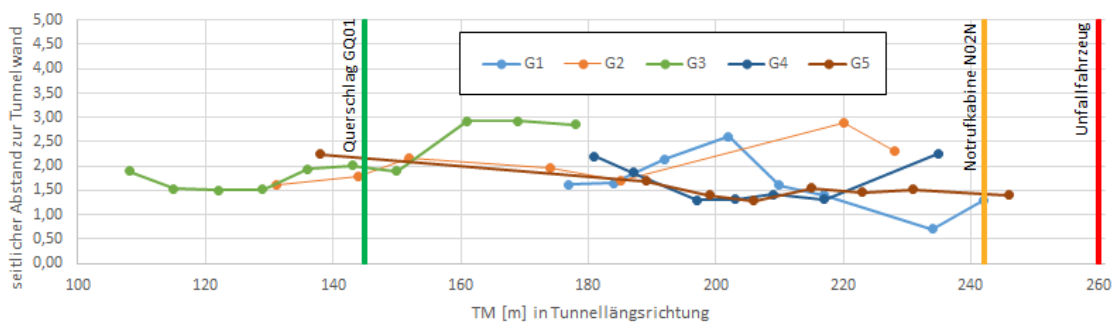


Bild 40: Haltepositionen der Fahrzeuge im Tunnel in den Gruppenversuchen G1-G5

9.2 Fluchtverhalten im Tunnel

Allgemein wird das Fluchtverhalten von Personen in mehrere Phasen untergliedert. Zu Beginn steht die Präevakuierungsphase (hier: Verbleib im Fahrzeug), die Ereignisse vor Beginn der Flucht beinhaltet und mit dem Verlassen des Fahrzeuges endet. In der darauffolgenden Phase wird allgemein zwischen einer Orientierungs- und einer Bewegungsphase unterschieden. In der Orientierungsphase sucht der Tunnelnutzer Informationen und wählt einen Fluchtweg aus (Erkundungsphase). In einzelnen Fällen wurde von den Probanden zusätzlich der Entschluss umgesetzt, die Notrufkabine aufzusuchen und einen Notruf abzusetzen. Die anschließende Bewegungsphase (Flucht) beinhaltet alle Verhaltensweisen, die während der Flucht (beginnend mit zielgerichteter Bewegung zum sicheren Bereich) gezeigt werden, bis der Tunnelbenutzer ein Fluchtziel (sicheren Bereich) erreicht

hat. In der Bewegungsphase flüchten Personen mit einer statistisch verteilten Gehgeschwindigkeit zum nächstgelegenen Notausgang, aber niemals über den Brandort hinweg. Von diesem Verhalten abweichend verbleibt allgemein ein bestimmter Anteil an Personen im Auto oder verlässt den Standort des Fahrzeugs trotz eingeschränkter Sichtweite bzw. Aufforderung zur Selbstrettung nicht.

9.3 Auswertung der Fluchtwege und dafür benötigten Zeiten der Probanden

Die von den Probanden in den Einzel- und Gruppenversuchen dokumentierten Verhaltensweisen und die dabei zurückgelegten Wege unterscheiden sich deutlich. Zur Ermittlung der individuell zurückgelegten Fluchtwege und der dabei gewählten Fluchtgeschwindigkeiten wurden die Videoaufzeichnungen ausgewertet (Bild 15: Synchrone Darstellung der Kameraperspektiven in der Dokumentation). Dabei wird das jeweils gezeigte Verhalten in die oben erläuterten charakteristischen Abschnitte eingeteilt und dessen jeweilige Dauer ermittelt. Folgende Zeiten wurden je Proband aus den Zeitstempeln der synchronisierten Videoaufzeichnungen bestimmt:

- Verbleib der Versuchspersonen im Fahrzeug, gemessen ab dem Anhalten des Fahrzeugs.
- Erkundung der Situation nach dem Verlassen des Fahrzeugs durch die Probanden. Dazu gehören z. B. ein Hantieren im Fahrzeug oder Kofferraum, ein Umschauen, ein Orientieren oder die Abstimmung mit anderen Personen. Alle genannten Aktivitäten sind durch ein Verharren an Ort und Stelle oder eine Bewegung in Fahrtrichtung vorwärts oder seitwärts gekennzeichnet, die nicht der Flucht dient.
- Ggf. Zeitspanne für den Weg zur Notrufkabine. Nur in einzelnen Fällen wird die Notrufkabine aufgesucht. Der Weg zur Notrufkabine zählt unabhängig von der Bewegungsrichtung nicht zur Fluchtbewegung und wird gesondert bewertet.
- Ggf. Zeitspanne für das Absetzen einer Meldung in der Notrufkabine
- Die Flucht beginnt mit dem Beginn einer eindeutig rückwärts gerichteten Bewegung in Richtung der sicheren Bereiche. Zur Ermittlung der Fluchtgeschwindigkeit wird die Strecke von der zu diesem Zeitpunkt erreichten Position bis zum Erreichen eines sicheren Bereiches (Querschlag oder Portal) durch die dafür benötigte Zeit dividiert. Die Flucht endet mit dem Betreten eines sicheren Bereiches, d.h. des Querschlages GQ01 oder dem Verlassen des Tunnels durch das Portal.

Bild 41 illustriert diese Abschnitte und die zugehörigen maßgeblichen Zeitpunkte (Einfahrt, Halt, Aussteigen,...) und die Zuordnung zu Reaktionszeit und Fluchtzeit am Zeitstrahl. Die synchronisierten Videoaufnahmen enthalten zwei Zeitstempel:

00:00:00 bei Einfahrt Fahrzeug 1 in Straßentunnel Nord

00:00:00 bei Anhalten des 1. Fahrzeuges

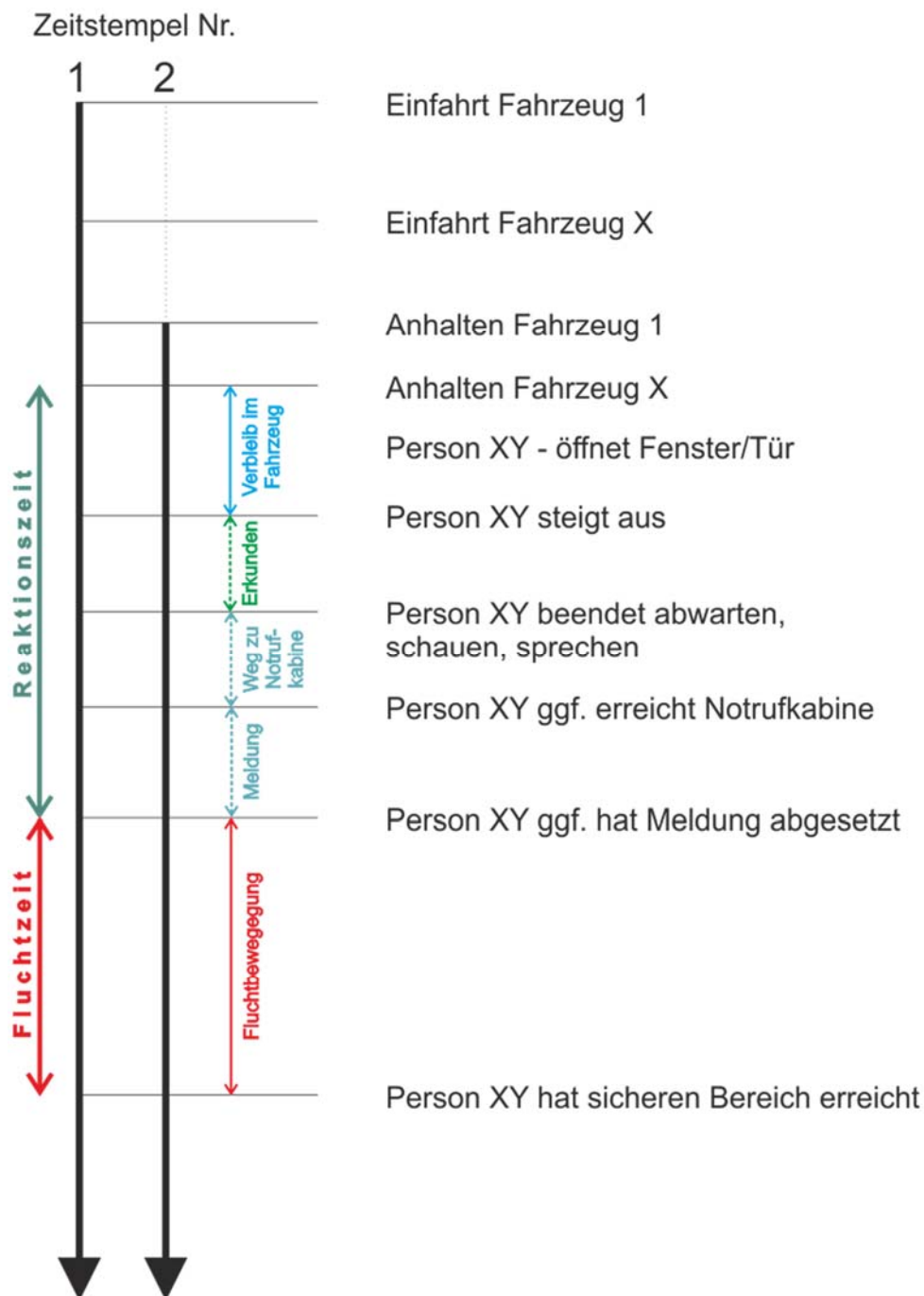


Bild 41: Zeitstrahl, Markante Zeitpunkte in der Videodokumentation und Anteile an der Reaktionszeit und der Fluchtzeit

Die in Anhang 4 beigefügte Tabelle zur quantitativen Auswertung listet die diesem Schema zugeordneten Aktivitäten, zurückgelegten Fluchtwege und dafür benötigte Fluchtzeiten der Probanden aller durchgeführten Gruppen- und Einzelversuche tabellarisch auf. Die jeweilige Ausgangsposition der Probanden bei Fluchtbeginn wurde anhand zu diesem Zeitpunkt in der Nähe befindlicher Fahrzeuge oder charakteristischer Punkte (Notrufrkabine, Unfallfahrzeug, etc.) in den Videoaufzeichnungen verortet.

9.4 Reaktionszeit

Der VfdB-Leitfaden (2020) fasst in bei allgemeinen Bränden als Reaktionszeit folgende Effekte und Verhaltensweisen zusammen:

- Zeit bis zum Wahrnehmen des Alarms,
- Zeit zur Interpretation der Wahrnehmung,
- Zeit für Handlungen, die nicht der unmittelbaren Flucht dienen (Untersuchung der Umgebung, Brandbekämpfung, Warnen oder Suchen von Personen, etc.)“

In Anlehnung an diese allgemeine Definition wird in der vorliegenden Auswertung die Reaktionszeit als Zeitspanne zwischen dem Halten der jeweiligen Fahrzeuge und dem Beginn der eigentlichen Fluchtbewegung definiert.

Die Reaktionszeit wird getrennt für die Probanden in den Einzelversuchen (6 Probanden) und in den Gruppenversuchen (64 Probanden) ermittelt. Dabei werden sowohl im Einzel-, als auch im Gruppenversuch die Personen, die eine Meldung abgesetzt haben, gesondert betrachtet (Bild 42), da der relativ hohe Zeitbedarf für das Absetzen des Notrufs andernfalls die Reaktionszeit resultierend aus dem Verbleiben im Fahrzeug und der Dauer des Erkundens überlagert. Einzelne Probanden der Gesamtteilnehmerliste wurden nicht gewertet, da der Ablauf durch einen Auffahrunfall unterbrochen wurde, oder die Probanden passiv als Pressevertreter teilnahmen.

In den Einzelversuchen beträgt der Medianwert der Reaktionszeit (bei Teilnehmern ohne Meldung) bis zum Antreten der Flucht 47 Sekunden. Bei Personen in den 5 Gruppenversuchen (G) beträgt diese Reaktionszeit – signifikant höher – 70 Sekunden. Dies kann als Hinweis gewertet werden, dass Personen im Einzelversuch schneller reagieren, da sie nicht auf Hinweise von anderen Personen warten und Zeit für eine Abstimmung der Vorgehensweise entfällt.

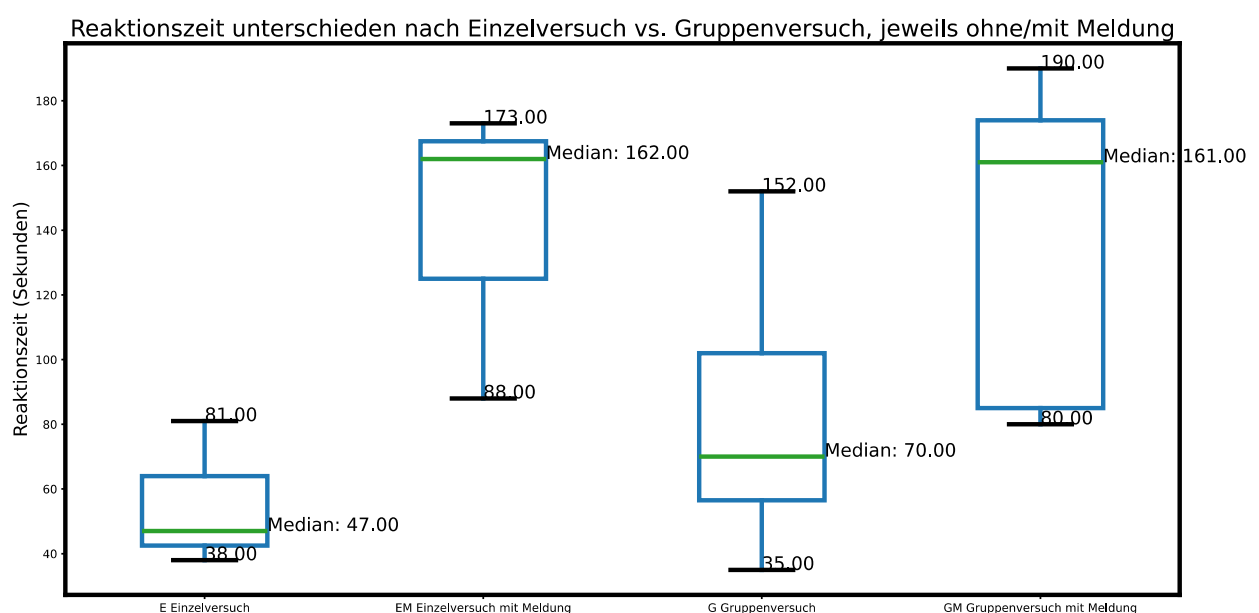


Bild 42: Statistische Verteilung der Reaktionszeiten in Einzel- und Gruppenversuchen

9.5 Fluchtgeschwindigkeit

Die Bestimmung der mittleren Gehgeschwindigkeit wurde durch detaillierte Auswertung der aus verschiedenen Perspektiven vorliegenden Videoaufzeichnungen (Bild 15) für jeden Probanden bestimmt. Dazu wurden das jeweilige Verhalten und die zeitlichen Abläufe sowie die zurückgelegten Wegstrecken ermittelt.

Für Fahrzeuge, die in unmittelbarer Nähe (<10 m) zum Notausgang gestoppt haben, kann aufgrund des resultierenden kurzen Fluchtweges keine qualifizierte Fluchtgeschwindigkeit ausgewertet werden (Bild 40). Bei zwei Einzelversuchen wendeten die Fahrer ihr Fahrzeug und fuhren aus dem Tunnel, so dass für diese keine Fluchtgeschwindigkeit bestimmt werden konnte. Darüber hinaus wurden die passiven Pressevertreter, das Unfallfahrzeug sowie 5 Fahrer, die in einem Abstand von weniger als 10 m vom Notausgang angehalten haben, ausgeschlossen.

Um den möglichen Einfluss eines Gruppeneffektes zu quantifizieren, erfolgt eine statistische Auswertung des Fluchtverhaltens und der mittleren Fluchtgeschwindigkeiten getrennt für die beiden Kategorien „Einzelversuch - nur ein Verkehrsteilnehmer im Tunnel“ und „Gruppenversuch mit mehreren Fahrzeugen unterschiedlicher Belegung“. Bei den Gruppenversuchen wurde eine relativ große Streuung der Verhaltensweisen ermittelt. Um eine höhere Robustheit gegenüber Ausreißern zu erzielen, erfolgt die Bewertung auf Basis der Medianwerte als Maß der zentralen Tendenz, welches im Vergleich zum Mittelwert weniger von extremen Werten (Ausreißern) beeinflusst wird.

In den 4 auswertbaren Einzelversuchen beträgt die Fluchtgeschwindigkeit der Probanden im Median 1,27 m/s.

In den Gruppenversuchen lag der Medianwert der Fluchtgeschwindigkeit mit 1,43 m/s geringfügig höher, wobei zu beachten ist, dass die Messungen dabei eine hohe Streuung zwischen 0,73 m/s und 2,67 m/s aufweisen. Im Gruppenversuch aufgetretene Ausreißer nach unten (geringe mittlere Fluchtgeschwindigkeit) sind Personen, die ihre Flucht für eine Kommunikation mit anderen Teilnehmern unterbrochen haben, hohe Werte (hohe mittlere Fluchtgeschwindigkeiten) treten dagegen bei Personen auf, die die Flucht im Laufschrift absolviert haben.

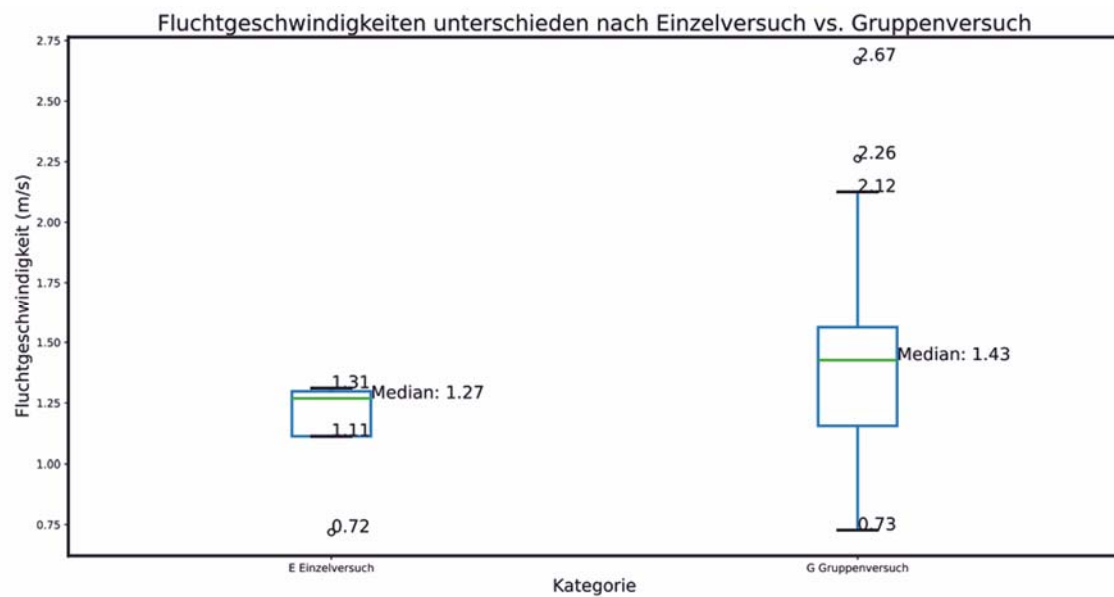


Bild 43: Statistische Verteilung der Fluchtgeschwindigkeit in Einzel- und Gruppenversuchen

In einem vertiefenden Auswertungsschritt könnte theoretisch jedem Probanden individuell zugeordnet werden, ob das jeweilige Verhalten der Person in den Versuchen Gruppeneffekten unterlag oder nicht. Da diese Zuordnung jedoch auch nach der sehr detaillierten sozialwissenschaftlichen Analyse nicht eindeutig möglich erscheint, sondern subjektiven Einschätzungen unterliegt, wird auf die Darstellung von Auswertungen mit derartigen Kategorisierungen bewusst verzichtet.

10 Vergleichende Betrachtungen

Im Zuge einer Versuchsreihe der BAST zum Einfluss von Brandbekämpfungsanlagen (BBA) auf das Selbstrettungsverhalten wurden erstmals Probandenversuche an Tunnelnutzern durchgeführt, bei denen das Reaktions- und Fluchtverhalten qualitativ sowie quantitativ untersucht wurde (Kohl 2014, Mühlberger 2015, Mühlberger 2016). Eine übergreifende Auswertung dieser Forschungsvorhaben hinsichtlich der Abbildung des menschlichen Verhaltens in Risikomodellen für Tunnelbrände wurde in Kohl et. al. 2017 dargestellt. Diese Betrachtung wird hier um den Aspekt der Gruppeneffekte erweitert.

Grundsätzlich ist zu beachten, dass die in der Vergangenheit durchgeführten Versuchsreihen mit einer begrenzten Anzahl Probanden den Einfluss von BBA fokussiert haben. Die ingenieurwissenschaftlichen Ergebnisse der vorliegenden Studie zu Gruppeneffekten werden daher mit den jeweiligen Kontrollgruppen ohne BBA verglichen. Zusätzlich werden die quantifizierten Ergebnisse den Annahmen des deutschen und österreichischen Risikomodells gegenübergestellt.

10.1 Annahmen in Risikomodellen

Das Verfahren zur Bewertung der Sicherheit von Straßentunneln (Heft B66, Heft B183) ist modular aufgebaut und sieht zur Ermittlung von Schadensausmaßen die Verwendung unterschiedlicher Modelle vor. Auf die Fokussierung auf ein bestimmtes Modell wurde hierbei bewusst verzichtet, um eine größtmögliche Flexibilität im Modelleinsatz zu ermöglichen, ohne die Methodik infolge von Neuentwicklungen anpassen zu müssen. Zur Ermittlung der Schadensausmaße werden lediglich Vorgaben hinsichtlich geeigneter Modelle gegeben. Die Ermittlung von Einwirkgrößen infolge von Bränden, wie z.B. Druck, Wärme, Schadgaskonzentrationen etc. soll räumlich und zeitlich hochauflösend mit Hilfe von CFD-Modellen erfolgen. Die daraus resultierenden Auswirkungen auf Personen soll über geeignete Evakuierungsmodelle erfolgen. Mittels mikroskopischer, agentenbasierter Personenmodelle lässt sich menschliches Verhalten während eines Evakuierungsvorgangs detailliert abbilden. Hierzu können Einzelpersonen, wie z.B. Erwachsene, Kinder, Ältere, mobilitätseingeschränkte Personen, Personen mit Kinderwagen etc., mit ihren individuellen Eigenschaften (Größe, Gewicht, Geh-/Fahrgeschwindigkeiten, Reaktion) abgebildet werden. Auch das Bilden, Auflösen und Reorganisieren von Personengruppen sind darüber abbildbar. Darüber hinaus lässt sich damit auch die Orientierung an Sicherheitseinrichtungen und den Einfluss auf die Fluchtwegewahl berücksichtigen. Die Einleitung des Evakuierungsvorgangs kann hierbei in Abhängigkeit der Alarmierung, Wahrnehmung infolge von Rauch, Wärme, etc., oder den Einfluss durch andere Personen erfolgen. Auch passives Verhalten kann mit diesen Modellen berücksichtigt werden. Mittels mikroskopischer Verkehrsflusssimulationen lassen sich auch verkehrliche Situationen mit Einzelfahrzeugen detailliert abbilden.

In Regelwerken wie z. B. VfdB (2020) und RiMEA (2024) wird das Thema der individuellen Fluchtgeschwindigkeiten intensiv diskutiert, wobei in diesen Diskussionen die unterschiedlichen Geschwindigkeiten durch Geschlecht, Alter, körperlichem Allgemeinzustand, usw.

definiert sind. Wie in den vorangegangenen Kapiteln im Detail dargestellt ist aus Probandenversuchen sowie tatsächlichen Tunnelereignissen abzuleiten, dass die mittlere Fluchtgeschwindigkeit von einer Vielzahl an weiteren Parametern beeinflusst wird (Kohl et. al. 2022).

Im Gegensatz zum deutschen Verfahren, wird in Österreich ein feststehendes Risikomodell TuRisMo (RVS 2015) verwendet. Damit lassen sich wesentliche Komponenten, die eine realitätsnahe Abbildung des Fluchtverhaltens der im Tunnel befindlichen Personen ermöglichen, berücksichtigen. Der Fluchtbeginn von Personen zwischen dem (individuellen) Zeitpunkt einer wahrnehmbaren Bedrohung (z. B. schlechte Sicht) oder dem Zeitpunkt der Alarmierung variiert. Zusätzlich wird von einem prozentuellen Anteil an Personen ausgegangen, welche im Fahrzeug verbleiben, also nicht flüchten. Des Weiteren werden unterschiedliche Fluchtgeschwindigkeiten – entsprechend unterschiedlicher Personengruppen (Männer – Frauen, alt – jung) – angenommen, wobei hierbei auch die variierenden Sichtbedingungen durch den Brandrauch sowie die toxische Wirkung der Rauchgase mitberücksichtigt werden.

10.2 Vergleich mit Ergebnissen vorherigen Studien

Im Forschungsvorhaben Kohl (2014) mit dem Titel „Wirksamkeit automatischer Brandbekämpfungsanlagen in Straßentunneln“ wurden Einflüsse auf das menschliche Verhalten von Tunnelnutzern im Rahmen von Probandenversuchen mit virtueller Realität evaluiert. Dabei durchlief die Hälfte der insgesamt 50 Probanden ein Szenario mit aktivierter BBA und die andere Hälfte dasselbe Szenario, aber ohne Aktivierung der BBA.

In der Studie Mühlberger (2015) wurde der Einfluss einer aktivierten Brandbekämpfungsanlage (Druckluftschäum - DLS) auf das Reaktions- und Fluchtverhalten der Verkehrsteilnehmer untersucht. Das Erleben und Verhalten einer Gruppe von Probanden in einem simulierten Brandszenario mit einer aktivierten DLS wurde mit dem Erleben und Verhalten einer Vergleichsgruppe (Kontrollgruppe) ohne aktivierte BBA verglichen. Die Studie wurde im neu errichteten Tunnel Jagdberg bei Jena im Zuge der A4 kurz vor der Inbetriebnahme durchgeführt, sodass bereits die gesamte Sicherheitstechnik installiert war, der Tunnel jedoch ohne Einschränkungen durch öffentlichen Verkehr genutzt werden konnte. In die Auswertung der Studie zum Verhalten bei DLS-BBA gingen 30 (Einzel-) Probanden ein, 16 Probanden mit BBA-Aktivierung und 14 Kontrollprobanden ohne BBA.

Die Studie von Mühlberger (2016) verfolgte das Ziel, die Effekte einer aktivierten BBA auf das Selbstrettungsverhalten der Nutzer von Straßentunneln zu untersuchen. Dabei wurde eine kontrollierte und randomisierte empirische Studie in einem gesperrten Tunnel durchgeführt, in dem eine Brandbekämpfungsanlage (BBA, Typ Wassernebel W/N) installiert ist (Citytunnel in Bregenz). Es wurde das Erleben und Verhalten einer Gruppe von Probanden in einem simulierten Unfallszenario mit Rauchentwicklung bei einer aktivierten BBA mit einer Kontrollgruppe ohne aktivierte BBA verglichen. Insgesamt nahmen 28 Probanden an den Versuchen mit BBA teil, wobei 25 Versuche durchgeführt wurden, verteilt auf 22 Einzelversuche und 3 Pärchenversuche mit zwei Probanden. Ohne Interaktion mit der BBA nahmen 26 Probanden in insgesamt 23 Versuchen teil, verteilt auf 20 Einzelversuche und 3 Pärchenversuche mit zwei Probanden.

Ein Vergleich verschiedener Studien ist anhand folgender szenariounabhängiger Parameter möglich: der Anteil der Personen, die ihr Fahrzeug wenden und den Tunnel verlassen (Wenderate); die Verbleibzeit im Fahrzeug nach dem Anhalten; der Anteil der Personen,

die keine Flucht einleiten sowie die mittlere Gehgeschwindigkeit während der Fluchtbewegung. Die Reaktionszeit bis zum Beginn der Fluchtbewegung außerhalb des Fahrzeugs ist dagegen stark von der jeweiligen Örtlichkeit abhängig und kann daher nicht unmittelbar für einen Vergleich zwischen verschiedenen Studien herangezogen werden.

10.2.1 Wenderate

Ein Wenden des Fahrzeuges, um den Gefahrenbereich motorisiert zu verlassen gefährdet potentiell andere Verkehrsteilnehmer und Rettungskräfte und ist daher im Rahmen der Selbstrettung nicht vorgesehen. Trotzdem ist diese als Fehlverhalten zu wertende Reaktion bei realen Ereignissen und in Probandenversuchen anzutreffen.

Bei den Probandenversuchen der vorliegenden Studie wendeten in 2 von 6 auswertbaren Versuchen die Einzelprobanden ihr Fahrzeug (=33 %). Der Einzelversuch Nr. 7 war aufgrund des Auftretens eines Unfalls nicht auswertbar. In allen 5 Gruppenversuchen ist das Verhalten „Wenden“ dagegen nicht aufgetreten (0 %), wobei die Probanden teilweise äußerten, dass sie lediglich aufgrund der anderen Fahrzeuge und Personen im Tunnel von der Idee zu Wenden Abstand genommen haben.

In der Studie von Kohl (2014) wurden Einflüsse auf das menschliche Verhalten von Tunnelnutzern im Rahmen von Probandenversuchen mit virtueller Realität evaluiert. Die Ergebnisse in der VR-Umgebung gelten unter der Einschränkung, dass die haptischen Wirkungen einer automatischen Brandbekämpfungsanlage, wie Kälte oder Nässe nicht modelliert werden konnten. Auch die technische Möglichkeit, das Fahrzeug zu wenden oder rückwärts zu fahren, war in der VR nicht umgesetzt, daher können diese Probandenversuche nicht für eine Gegenüberstellung der Wenderate genutzt werden.

Von den 16 Probanden mit BBA-Aktivierung der Studie von Mühlberger (2015) zum Verhalten bei DLS-BBA versuchten 3 Probanden den Tunnel rückwärts fahrend zu verlassen. Einer von ihnen wendete dabei sein Fahrzeug. Wertet man das Rückwärtsfahren und das Wenden als „motorisierte Flucht“ so beträgt der Anteil 3 von 30 = 10 % und liegt damit im Bereich der Studie Mühlberger (2016), jedoch signifikant unter der vorliegenden Studie mit einem Anteil von 33 %.

Bei den Probandenversuchen von Mühlberger (2016) ist das Wenden nur bei den Einzelversuchen und nicht bei den drei Pärchenversuchen aufgetreten. Insofern ist die Konstellation vollständig mit den Einzelversuchen der vorliegenden Studie vergleichbar. Bei zwei von 25 = 8 % der Versuche mit BBA und in einem von 23 = 4,3 % Versuchen in der Kontrollgruppe ohne BBA wurde versucht, das Fahrzeug zu wenden (Mühlberger 2016). Im Vergleich zur vorliegenden Studie (33 %) traten somit bei den Probandenversuchen sowohl mit BBA als auch ohne BBA deutlich geringerer Wenderaten auf.

10.2.2 Anteil nicht flüchtender Personen und Verbleibzeit im Fahrzeug

In der vorliegenden Studie haben alle Versuchsteilnehmer, sowohl in den Einzelversuchen als auch in den Gruppenversuchen ihr Fahrzeug verlassen.

Bild 44 zeigt die Auswertung der Verbleibzeit im Auto in der vorliegenden Studie, unterschieden zwischen Einzel und Gruppenversuchen. Dabei wurden passiv beteiligte Pressevertreter und der verunfallte Probanden Nr. 7 nicht berücksichtigt, jedoch die beiden Einzelfahrer, die ihr Fahrzeug gewendet haben, einbezogen. Hintergrund ist, dass die Entscheidung aktiv zu werden und zu Wenden mit der Entscheidung auszusteigen im weiteren Sinne eine Fluchtentscheidung darstellt und daher hier gleichgesetzt wird. Im Ergebnis

betrug die Verbleibzeit im Fahrzeug bei den Einzelversuchen im Median 24,5 s und bei den Gruppenversuchen im Median 44 s.

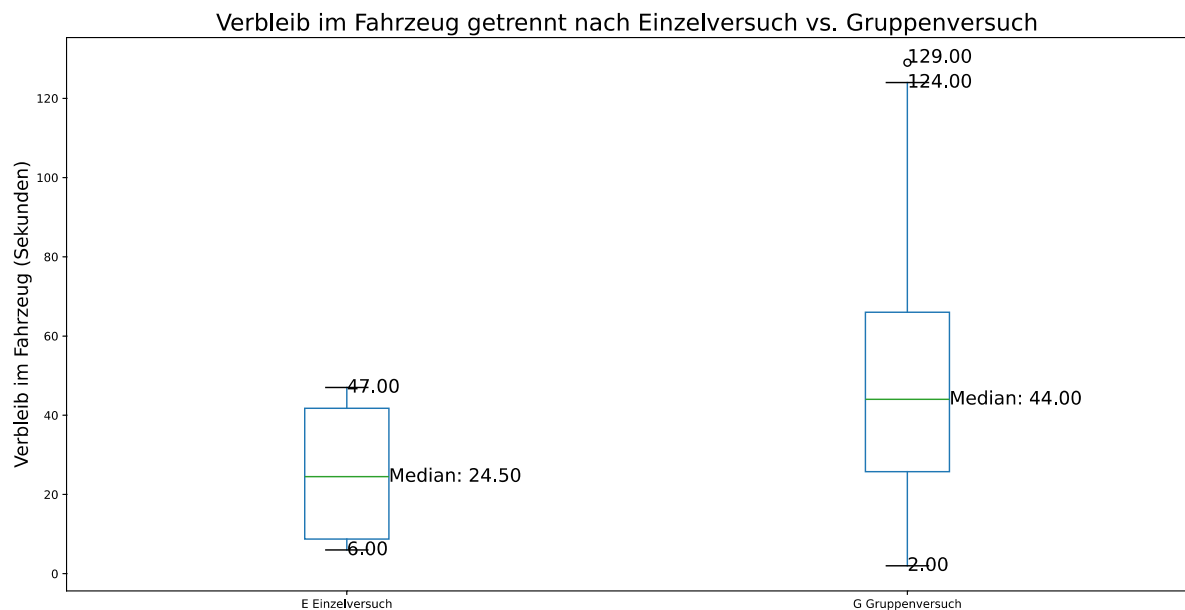


Bild 44: Verbleibzeit im Fahrzeug, unterschieden nach Einzelversuchen und Gruppenversuchen

In der Studie von Kohl (2014) in der VR verließen alle 50 Probanden, sowohl mit als auch ohne BBA, innerhalb von 30 Sekunden nach Ende der Durchsage das Fahrzeug. Hinsichtlich der Dauer bestand ein statistisch marginal signifikanter Unterschied zwischen den beiden Versuchsgruppen, wobei Probanden in der Bedingung mit BBA länger brauchten, um ihr Fahrzeug zu verlassen. Probanden ohne BBA stiegen im Mittel 2,45 s nach der Durchsage aus, leisteten der Durchsage also praktisch ohne Verzögerung Folge. Diese schnelle Reaktion in der VR ist mutmaßlich auf die perfekte Verständlichkeit der Durchsage im Fahrzeug zurückzuführen, welche unter realen Bedingungen in aller Regel nicht gegeben ist. Aufgrund der VR-Umgebung und der schlechteren und damit realistischeren Qualität der Durchsagen in der vorliegenden Studie sind die ermittelten Verbleibzeiten im Fahrzeug deutlich länger, eine direkte Vergleichbarkeit zwischen VR-Versuch und Realversuch ist nicht gegeben.

In der Realstudie von Mühlberger (2015) unter Einfluss einer DLS-BBA verließen alle der 30 Probanden bis auf zwei das Fahrzeug innerhalb der ersten 3 Minuten. Die beiden Probanden, die das Fahrzeug nicht innerhalb von 3 Minuten verlassen hatten, waren in der Gruppe mit aktivierter BBA anzutreffen. Die durchschnittliche Dauer bis die Probanden ihr Fahrzeug nach dem Halt verlassen haben betrug bei den Probanden mit DLS-BBA 54 s, bei der Kontrollgruppe ohne BBA 36 s. Von den Randbedingungen sind die Einzelversuche (24 s) am ehesten mit der Kontrollgruppe ohne BBA (36s) vergleichbar.

Bei der Realstudie von Mühlberger (2016) unter Einfluss einer WN-BBA zeigten die Probanden folgendes Verhalten: Insgesamt warteten 11 von 25 Probanden in der BBA-Bedingung und ein von 23 Probanden in der Kontrollbedingung die gesamte Testzeit von 3 Minuten im Fahrzeug. Die mittlere Ausstiegszeit betrug bei den Probanden ohne BBA ca. 38s und passt damit gut zum Ergebnis der Studie Mühlberger (2015) mit 36 s. Demgegenüber wurde in der vorliegenden Studie 24 s in den Einzelversuchen erzielt, in den Gruppenver-

suchen etwas höhere Dauer von 44 s. Die etwas längere Verbleibzeit im Fahrzeug ist mutmaßlich auf Kommunikation zwischen den Fahrzeuginsassen zurückzuführen, wobei nur Versuche ohne BBA für den Vergleich herangezogen werden. Bild 45 zeigt die insgesamt hohe Übereinstimmung der Verbleibzeit im Fahrzeug bei den betrachteten Studien.

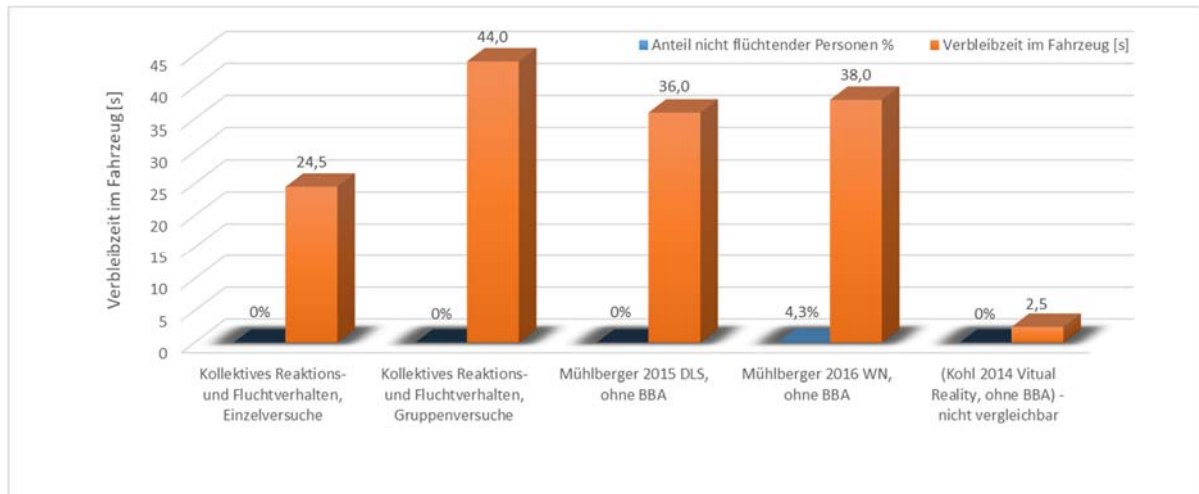


Bild 45: Gegenüberstellung der Verbleibzeit im Fahrzeug bei verschiedenen Studien

10.2.3 Fluchtgeschwindigkeit

Bei Kohl (2014) konnte aufgrund der Umsetzung in der VR keine Fluchtgeschwindigkeit ermittelt werden.

In der Studie von Mühlberger (2015) wurde eine mittlere Gehgeschwindigkeit über alle Probandenversuche mit 1,73 m/s ermittelt. Dabei flüchteten die Probanden bei Versuchen mit DLS mit einer etwas höheren Geschwindigkeit von 1,97 m/s und in den Versuchen ohne DLS mit einer Fluchtgeschwindigkeit von 1,68 m/s.

Bei Mühlberger (2016) betrug die Fluchtgeschwindigkeit im Mittel 1,62 m/s.

In der vorliegenden Studie beträgt die ermittelte Fluchtgeschwindigkeit wie in Kapitel 9.5 dargestellt in den Einzelversuchen 1,27 m/s und in den Gruppenversuchen 1,43 m/s. Diese Fluchtgeschwindigkeit im Einzelversuch entspricht nahezu der im deutschen Risikomodell angesetzten Geschwindigkeit von 1,3 m/s. In den Gruppenversuchen wurde mit 1,43 m/s sogar ein geringfügig höherer Wert gemessen. Die vorangegangenen Studien haben mit durchschnittlich 1,62 m/s und 1,68 m/s (ohne BBA) etwas über dem in Risikoanalysen typischerweise angesetzten Wert von 1,3 m/s ermittelt. Bild 46 zeigt eine grafische Gegenüberstellung der genannten Fluchtgeschwindigkeiten.

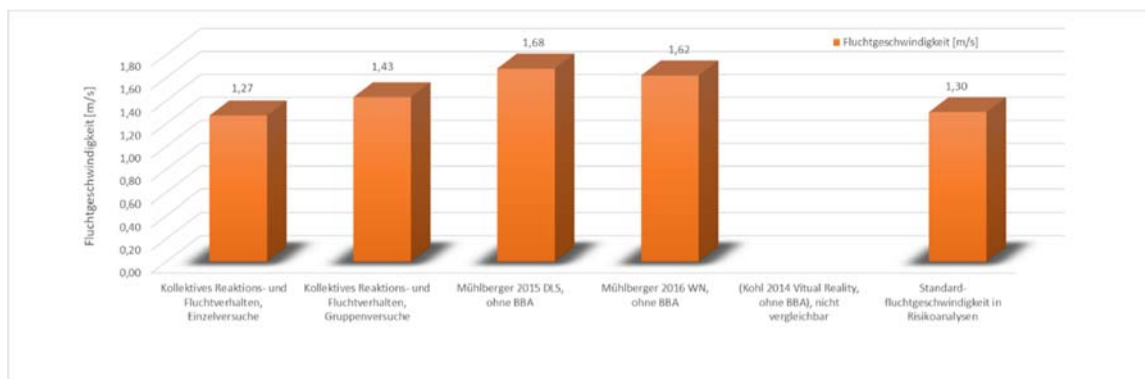


Bild 46: Gegenüberstellung der ermittelten Fluchtgeschwindigkeiten bei verschiedenen Studien

11 Schlussfolgerungen und Ausblick

Das Forschungsvorhaben „Analyse des Reaktions- und Fluchtverhaltens in Straßentunneln unter Berücksichtigung von Gruppeneffekten“ konnte vollumfänglich erfolgreich abgeschlossen werden. Es hat umfangreiche Erkenntnisse zum Einfluss der Gruppendynamik auf die Selbstrettung in Tunnelsystemen soziologischer und ingenieurtechnischer Aspekte geliefert. Im Rahmen des Projektes wurden über 60 Versuchspersonen in ein sehr realistisches Szenario eines Unfalls mit Brand in einem Straßentunnel gebracht und ihr Verhalten während der Selbstrettungsphase detailliert analysiert. Im Vorfeld der Versuche und während des gesamten Versuchsablaufs wurde strikt darauf geachtet, dass die Versuchspersonen nur ein Minimum an Vorinformationen über das zu erwartende Geschehen erhielten. Im Ergebnis wurden zahlreiche unterschiedliche Verhaltensweisen dokumentiert und Gruppeneffekte beschrieben. Bei der Interpretation der Ergebnisse ist jedoch zu berücksichtigen, dass das Szenario hinsichtlich Tunnellänge und Unfallszenario, Anzahl der Fahrzeuge, die Nutzung nur eines Fahrstreifens, der Kolonnenlänge, Weglängen etc. noch eine relativ begrenzte und „einfache“ Herausforderung darstellte, die in echten Ereignissen deutlich komplexer ausfallen kann. Auch die begründete Beschränkung auf deutschsprachige Probanden stellt eine Vereinfachung dar.

Deutlich wurde, dass unabhängig von einem konkreten professionellen Vorwissen, die Verrauchung als zentrale Gefahrenquelle in einem solchen Unfallszenario in den Probandengruppen bekannt war. Selbst wenn einzelne Probanden von sich aus den Rauch nicht als Gefahrenquelle thematisierten, war Wissen darüber in der initialen Kleingruppe oder in der umgebenden Spontangruppe vorhanden und wurde aktiviert. Eine explizite Auseinandersetzung mit der Verrauchungsdynamik, also Verdichtung, der kurz oder langfristigen Entwicklung der Zugrichtung oder der Auswirkung und Wirkungsrichtung der Tunnelbelüftung lässt sich jedoch in diesem Umfang nicht nachweisen.

In der sozialwissenschaftlichen Analyse wurden die von den Probanden gezeigten Gruppeneffekte unterschieden in (1) günstige Effekte, (2) problematische, kritische und fatale Effekte sowie (3) ambivalente Gruppeneffekte, die sich je nach Situation sowohl positiv als auch negativ auf die Selbstrettung auswirken können.

Gruppeneffekte erweisen sich hierbei als komplex und teilweise ambivalent. Positive, mit einem erfolgreichen Evakuierungsprozess assoziierte Gruppierungseffekte überwiegen.

Die Ausnahme bildet Passivität als Gruppierungsverhalten, die stark in den Versuchsreihen 4 und 5 zu beobachten ist. Hierbei führt die Inaktivität vorderer Fahrzeuge bzw. derjenigen Personen mit Sicht auf das Unfallgeschehen dazu, dass sich in den nachfolgenden Wagen keine Gefahrensensibilisierung einstellt. Die Inaktivität der Vorderen kann mehrere Gründe haben, wie anhand der Analyse der Motivstrukturen ausgiebig gezeigt wurde. Die Reichweite des Effektes erschließt sich allerdings aus dem genannten Ausbleiben einer Gefahrensensibilisierung durch beobachtetes Ausstiegsverhalten. Allerdings bewegt sich auch die Ausstiegs- und anschließende Reaktionszeit der ungünstigen Versuchsreihen in

ihrer zentralen Tendenz unterhalb der kritischen Schwelle der gängigen Modellierungsverfahren.

Der spiegelbildliche Fall zu diesem Effekt ist der der Aktivierung der Betroffenen durch die frühzeitige Aktivität der vorderen Fahrzeuge. Die Beobachtung des Ausstiegs anderer führt zu der situativen Sensibilisierung der Personen für Gefahr und Fluchtoption, der dann in der Regel der eigene Ausstieg folgt. Dieser Gruppierungseffekt ist mit dem der Evakuierungsbewegung doppelt verbunden. Das erhöhte Risikobewusstsein, wie die mit dem Ausstieg verbundene umfänglichere bzw. auch mobile Lagewahrnehmung setzt einen Abwägungsprozess in Gang im Zuge derer sich für oder gegen eine Evakuierung entschieden werden muss. Die Entscheidung für letzteres wird mithin durch die Beobachtung der Evakuierung anderer begünstigt. In den Versuchen kommt es hier zu klaren Kumulationseffekten im Zuge derer das Gros der Personen mit der anwachsenden Menge evakuiert. In diesem Sinne wird die Entfluchtung durch Gruppierungseffekte beschleunigt. Sie erfolgt auch ohne zusätzliche Informationen über die, von den meisten erst verspätet wahrgenommene Durchsagen.

Es kam allerdings in zwei Versuchen auch zu Gruppeneffekten, die eine kritische oder potenziell fatale Konsequenz gehabt hätten. Diese kritischen Effekte haben in den Versuchen zwar eine geringere Reichweite als diejenigen, die das Evakuierungsverhalten begünstigen, führen aber zu einem Großteil der kritischen Verhaltensweisen in den Gruppenversuchen. Im Versuchsdurchlauf 4 erfolgte der kritische Effekt in einer Phase anfänglicher Passivität. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass sich, wären mehr Personen der Aufforderung des Fahrers sich der Gefahrenstelle zu nähern gefolgt, sich eine zentrale Bewegung zur Gefahrenstelle herausgebildet hätte, der sich Personen aus unterschiedlichen Gründen - eigene Verhaltensunsicherheit (Fahrerin des 3. Wagens) oder Vermutung eines Fluchtpfades (Fahrerin des 4. Wagens) - angeschlossen hätten. Die Reichweite dieses Gruppeneffektes erscheint abhängig von der Sicherheit/Unsicherheit sowie dem Wissensstand derjenigen Personen, die sich zufällig im Interaktionsradius befinden.

Der kritische gruppendynamische Effekt im Gruppenversuch 5 betraf ebenfalls nur drei Probanden, die sich dazu entschlossen, zu einem Zeitpunkt hoher Verrauchung nach potenziellen Verletzten zu sehen. Die mögliche Reichweite eines solchen Effektes ist aber mit zwei weiteren Beobachtungen und einem Sachverhalt in Beziehung zu setzen. Die erste Beobachtung ist die, dass insgesamt wenige Probanden in den Gruppenversuchen ausgiebig die Gefahrenstelle erkunden, um nach potenziellen Verletzten zu sehen. Dieses vereinzelte Erkundungsverhalten kommt aber häufig vor, wenn man als Häufigkeit nicht den relativen Anteil an Probanden angibt, sondern die Anzahl der Versuche. Des Weiteren ist der diesem zum Teil kritischen Verhalten zugrundeliegende Zielkonflikt zwischen Eigen- und Fremddrettung im übergreifenden Sample stark ausgeprägt. Man kann von einem gewissen Potenzial an Personen sprechen, die sich etwa bei einer anders gelagerten Situation oder bei einem anderen Situationsverlauf – etwa explizite Aufforderung anderen zu helfen – durchaus für diese Option entscheiden könnten. Der Sachverhalt betrifft das Versuchsdesign, welches Verletzte ausschließt. Anders gesagt: Auch ohne die Anwesenheit sichtbarer Verletzter haben sich Probanden regelmäßig, wenn auch nicht überzählig, dazu entschlossen die Gefahrenstelle nach solchen abzusuchen. Noch mehr haben dies zumindest erwogen. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass es zu einer höheren Tragweite kritischer Handlungsketten in einem Szenario kommt, in welchen Personen mit sichtbaren Verletzten (oder Toten) konfrontiert werden.

Angesichts solcher situativen Faktoren, wie angesichts der Varianz möglichen Verhaltens erscheint es auf Basis einer recht kleinen Fallzahl nicht ratsam generalisierende Aussagen über die Auswirkung negativer Gruppeneffekte zu treffen.

Ein zentraler Befund ist, dass eine Evakuierungsaufforderung vom Aufgeforderten angenommen wird, unabhängig davon, wer dazu auffordert und was der Grund der Handlungsverzögerung des Aufgeforderten ist. Dieser mag schlichtweg nicht wissen, wie er sich verhalten soll oder sich im Konflikt zwischen Eigenschutz und Fremddrettung befinden. In beiden Fällen entscheiden sich Probanden nach der Aufforderung zur Evakuierung.

Die Aufforderung kann formal über die Durchsage oder die Ansage des Tunneloperators an der Notrufstelle oder informell durch die am Unfallgeschehen Beteiligten erfolgen. Im Rahmen der qualitativen Analyse gaben die Probanden in allen Fällen an, dieser Aufforderung auch ohne langwierige Erklärung nachgekommen zu sein. Um kritisches Verhalten generell sowie kritisches Verhalten im Zuge eines Gruppeneffektes zu verhindern, kann dieser Prozess genutzt werden. Im Optimalfall sollten allen Beteiligten die Information zur Entfluchtung frühzeitig über formale Ansagen (etwa die Durchsage oder die Radiomeldung) zur Verfügung gestellt werden. In Absehung von einem solchen Idealfall kann der Entfluchtungsprozess durch die partielle Bereitstellung der Information befördert werden. Werden einige Akteure frühzeitig aktiviert und zur Evakuierung aufgefordert, kommt es zu den im Rahmen der integrierten Analyse ausführlich beschriebenen positiven Gruppenprozess. Infolgedessen werden auch uninformierte oder generell überforderte Probanden entweder über die Beobachtung Dritter oder der direkten Aufforderung von Besatzungsmitgliedern oder Unbekannten aktiviert. Dadurch wird nicht nur die generelle Entfluchtung beschleunigt, sondern auch indirekt kritisches Verhalten unterbunden. Es ist dennoch anzumerken, dass es regelmäßig zu Abweichungen einzelner Probanden von dieser zentralen Tendenz kommt, diese sich gegen die Bewegung der Menge entscheiden. Die Nutzung günstiger Gruppeneffekte schließt kritisches Verhalten einzelner oder kleinerer Gruppen nicht aus.

Die ingenieurmäßige Auswertung der durchgeführten Probandenversuche, bei denen die Reaktionszeiten und die resultierenden Fluchtgeschwindigkeiten sowohl von Gruppenversuchen als auch von einzelnen Referenzpersonen ermittelt wurden, kann zur Validierung der Basisparameter von Risikomodellen herangezogen werden.

Des Weiteren ergaben sich aus den Interviews Hinweise auf Probleme der Probanden mit der technischen Ausrüstung, des nach österreichischen Vorgaben ausgestatteten Tunnel, aus dem Verbesserungsvorschläge abgeleitet werden können.

11.1 Konsequenzen für risikoanalytische Untersuchungen

Die im vorliegenden Forschungsvorhaben durchgeführten Probandenversuche, bei denen das Reaktions- und Fluchtverhalten qualitativ sowie quantitativ untersucht wurde, können unter Einbeziehung der Ergebnisse der zurückliegenden Vorhaben für eine Validierung der Basisparameter herangezogen werden.

Die soziologische Analyse hat eine Vielzahl an Hinweisen auf breit gefächerten Einfluss auf das Verhalten durch Gruppeneffekte ergeben. Eine eindeutige Tendenz kann daraus jedoch nicht abgeleitet werden, vielmehr sind sowohl beschleunigende als auch verzögernde Einflüsse festgestellt worden. Zu beachten ist hierbei, dass sowohl in den Einzelversuchen wie in den Gruppenversuchen problematische, kritische und potentiell fatale Verhaltensweisen festgestellt wurden. Hinzu kommen eine Reihe von Überlegungen, die

von den Probanden geäußert, aber nicht realisiert wurden, meistens aufgrund eines Gruppeneffektes. Zu fragen wäre aus soziologischer Sicht also, wie die Risikomodellierung aussehen müsste, wenn solche Verhaltensweisen von Einzelpersonen komplett unterbunden werden müssten. Ebenso wäre für die Gruppenversuche zu fragen, wie weit solche Verhaltensweisen modelliert, vielleicht auch kumuliert werden müssten, um das vorhandene hohe Sicherheitsniveau weiter zu verbessern. Auch ein Abschwächen oder Weglassen der positiven Gruppeneffekte würde das Ergebnis der Risikobewertung verschlechtern. Ergänzend ist noch anzumerken, dass sich die Effekte in größeren Versuchen ebenfalls noch deutlicher auswirken können und auch die beobachtete Teilung des Geschehens in einen vorderen Bereich der Autokolonne, einen hinteren Teil und einen mittleren Teil zu noch deutlicheren Verhaltensunterschieden führen könnte.

Gemäß der ingenieurmäßigen Auswertung dieses Forschungsvorhabens liegt die in der Regel bei deutschen Risikobewertungen angesetzte Fluchtgeschwindigkeit mit 1,30 m/s auch unter Berücksichtigung von Gruppeneffekten auf der sicheren Seite ($v=1,43$ m/s). Die in den vorliegenden Versuchen festgestellten Reaktionszeiten deuten darauf hin, dass Einzelpersonen etwas schneller auf Ereignisse im Tunnel reagieren als Personen in Gruppen, welche aufgrund der Abstimmung untereinander etwas verzögert die Flucht antreten. Die im Projekt ermittelten Abweichungen zwischen Einzel- und Gruppenversuchen sind insgesamt nicht signifikant und können in risikoanalytischen Berechnungen durch den Ansatz höher Fluchtgeschwindigkeiten abgedeckt werden. Tendenziell sind die derzeit in der Praxis verwendeten Parameter zur Abbildung des menschlichen Verhaltens auch unter Berücksichtigung der erweiterten Erkenntnisse zum Gruppenverhalten konservativ, was eine Überschätzung des Absolutwerts des Brandrisikos zur Folge hat.

Aufgrund der geringen Fallzahl können keine in quantitativer Hinsicht reliablen Aussagen über deren Frequenz getroffen werden. Wie angeführt, sind diese auch z. T. hochgradig situativen Faktoren geschuldet. Hierzu braucht es entweder weiterführende Probandenversuche unter variierenden Settings (etwa Anwesenheit von Verletzten) oder eine systematische Auswertung von Realunfällen. Auf Basis der zugrundeliegenden Untersuchung jedenfalls wirken sich negative Gruppeneffekte weniger auf die durchschnittlichen Entfluchtungstendenzen als auf den Anteil kritischer Fälle aus.

Das in den Versuchen beobachtete kritische Verhalten insgesamt (dasjenige Einzelner oder gruppierter) basierte auf individuell-situativen Entscheidungen einzelner oder Kleingruppen. In den zwei beschriebenen Fällen führte die Beobachtung dieses Verhaltens bzw. die Aufforderung zu einem riskanten Verhalten dazu, dass sich wenige anschlossen. Von der Frage der Frequenz und Tragweite dieser Effekte resp. Der Modellierung derselben unabhängig scheint es in Anbetracht der potenziell fatalen Konsequenz für die Betroffenen sinnvoll Motivgrundlage, Wahrnehmungs- und Entscheidungsprozess solcher "Einzelfälle" - die in den Versuchen regelmäßig vorkommen. - zu verstehen. Auf Basis dieses Wissens können Maßnahmen evaluiert werden, um ein solches Handeln zu unterbinden. Dieser präventive Ansatz kann unabhängig von der noch zu klärenden Frage der Modellierbarkeit oder Frequenz einzelner Verhaltensweisen verfolgt werden. Über die Vorbeugung kritischen Verhaltens einzelner werden logischerweise auch mögliche kritische Gruppeneffekte unterbunden.

In der Gesamtbewertung sind aus den in diesem Forschungsvorhaben gewonnenen Erkenntnissen keine unmittelbaren Konsequenzen auf die risikoanalytischen Untersuchungen abzuleiten. Eine Anpassung der Methodik zur Bewertung der Sicherheit von Straßentunneln ist nicht erforderlich.

Grundsätzlich besteht die Forderung bestehende Modelle kontinuierlich auf ihre Aktualität aller Eingangsparameter hin zu überprüfen, um gegebenenfalls Anpassungen an neue Erkenntnisse vornehmen zu können und dadurch deren Aussagequalität und Realitätsnähe zu verbessern [Kohl et. al. (2017)]. Dazu liefern realitätsnahe Probandenversuche in realen Tunnelanlagen – neben der Auswertung von Verhaltensmustern in realen Unfällen und Bränden – einen wertvollen Beitrag.

11.2 Fortschreibung von Regelwerken

Die durchgeführten Probandenversuche liefern Hinweise, die die These stützen, dass Gruppeneffekte zwar das Spektrum des Fluchtverhaltens deutlich erweitern, aber tendenziell eher zu einer Verbesserung der Selbstrettungsphase führen. Negative Gruppierungs- und gruppendynamische Effekte traten in den Versuchen jedoch auch auf.

In den Ergebnissen erkennbare Tendenzen wirken mehrheitlich positiv auf die Selbstrettungsphase. Die Bandbreite des Fluchtverhaltens kann im Rahmen der vorliegenden Methoden durch Anpassung einzelner Parameter zum menschlichen Verhalten abgedeckt werden. Die Ergebnisse und die Datenbasis der durchgeführten Versuche reichen nicht aus, um auf dieser Basis die Forderung nach einer Fortschreibung von Regelwerken zu begründen. Die Beschränkung auf ein einzelnes Szenario und die begrenzte Gesamtzahl der Probanden, begrenzt die Übertragbarkeit auf die allgemeine Situation.

Verbesserungsvorschläge zur technischen Ausstattung und Organisation des nach österreichischen Richtlinien ausgestatteten Versuchstunnels wurden geäußert, diese sollten an geeigneter Stelle als Vorschlag aufgenommen und diskutiert werden. Beispielsweise wurde die Bedienung der Notrufstellen mit zwei getrennten Notrufknöpfen aussen und einem Telefonhörer in den Notrufrischen innen als unübersichtlich kritisiert. Bei den Versuchen wurde der große Einfluss der Lautsprecherdurchsagen hinsichtlich Verständlichkeit, Inhalt, Ort und Zeitpunkt der Einspielung deutlich. So führte es zu Irritationen, dass im sicheren Bereich die gleiche Aussage wie im Tunnel eingespielt wurde. Eine unverständliche oder nicht nachvollziehbare Durchsage ist schlechter als keine Durchsage. Insofern bietet eine situationsgerechte und akustisch gut verständliche Durchsage beträchtliches Optimierungspotential.

11.3 Weitere Forschungsbedarfe und Perspektiven

Sowohl die soziologischen Erkenntnisse als auch die ingenieurmäßigen Erkenntnisse aus dem Projekt haben weitere Fragestellungen aufgeworfen. So stellt sich aus soziologischer Sicht die Frage, wie spontan bzw. vorbestimmte Gruppen im Hinblick auf eine raschere Reaktion in Gefahrensituationen beeinflusst werden können. Entsprechende Aspekte sind nicht nur aus wissenschaftlicher Sicht interessant, sondern können auch dazu beitragen, innovative technische Ansätze in die Diskussion, um eine weitere Verbesserung Tunnelsicherheit einzubringen. Die Ergebnisse haben gezeigt, dass die von Technikern und Ingenieuren entwickelten Lösungen von den Nutzern im Tunnel, insbesondere in der Ausnahme-situation bei einem Brandereignis teilweise missverstanden werden oder nicht durchdringen. Diesbezüglich in den Versuchen gemachte Beobachtungen sollten in weiteren Untersuchungen analysiert werden. In diesem Zusammenhang besteht auch weiterer Klärungsbedarf hinsichtlich der Fragestellung, wie alle Verkehrsteilnehmer dazu motiviert werden können, ihr Fahrzeug im Ereignisfall zügig zu verlassen.

Die Verhaltensanalyse hat deutlich gezeigt, dass vertiefte Informationen und Schulungen über das richtige Verhalten in Tunneln notwendig sind, um die umfangreichen vorhandenen organisatorischen und technischen Sicherheitsmaßnahmen in Straßentunneln zielgerichtet einsetzen zu können.

Der dichte empirische Ansatz gewährleistet eine umfassende Konservierung der Versuche, so dass sowohl Reanalysen sowie intensive Vergleiche mit anderen Experimenten oder Unfällen möglich sind. Somit können die Ergebnisse dauerhaft genutzt werden, um bei anderen Unfallsettings, Weiterentwicklungen in der Fahrzeugtechnik oder in Tunnelausstattungen oder Veränderungen im Vorwissen und Fahrverhalten zu vergleichen. Bedauerlicherweise ist die Zugänglichkeit zum empirischen Material anderer Studien in der Regel sehr eingeschränkt. Auch die Analyse von Unfällen auf Forschungsfragen hin ist aus rechtlichen Gründen oft nur sehr begrenzt möglich.

Hinsichtlich der Fragestellung, inwieweit die beobachteten Phänomene zu Gruppeneffekten zukünftig im Rahmen von Virtual Reality (VR) abgebildet werden können, ist anzumerken, dass Gruppeneffekte auf direkter zwischenmenschlicher Kommunikation, aber auch auf feinen Wahrnehmungen des Verhaltens anderer Verkehrsteilnehmer beruhen. Auf absehbare Zeit erscheint eine derart sensible Modellierung der großräumigen Verhältnisse im Tunnel noch nicht abbildbar. Insofern erscheinen belastbare Ergebnisse nur durch reale Probandenversuche erreichbar.

Des Weiteren war die Probandenzahl beschränkt, so dass etwa starke Crowding-Effekte nicht beobachtet werden konnten. Aus anderen Untersuchungen geht hervor, dass ab einer gewissen Probandendichte sich der Einfluss des Verhaltens der Masse umkehrt, dass Einzelpersonen oder Gruppen nicht der Menge folgen, sondern alternative Fluchtpfade wählen. Auch könnte die Anwesenheit sichtbarer Verletzter zu einer Verhaltensänderung derjenigen Probanden führen, die zwischen den Handlungsalternativen der Evakuierung oder der Fremdrettung abwägen.

Zur Klärung und möglichen Quantifizierung von Verhaltensmustern und damit assoziierten oder dadurch verursachten Gruppeneffekten müssten insgesamt größere Fallzahlen erzielt werden. Im Idealfall sollten situative Faktoren, die das Verhalten verbreiteter Typen beeinflussen, identifiziert und kontrastierenden Szenarien zugrunde gelegt werden.

Hier zu erweitern wäre ein klares Forschungsdesiderat, um noch deutlichere Ausprägungen sowohl bei problematischen wie positiven Verhaltensweisen zu erreichen. Eine weitere Ausweitung des Verhaltensspektrums ist auch zu erwarten, wenn die Probanden hinsichtlich kultureller und sprachlicher Merkmale weiter differenziert würden.

Aus soziologischer Sicht interessant ist der Befund, dass es vor allem der Zielkonflikt zwischen Eigenschutz und Fremdrettung war, der die Evakuierung einiger auch gegen die zentrale Tendenz verzögert hat und für einen größeren Teil des beobachteten kritischen Verhaltens verantwortlich war. Unabhängig davon, ob solche Verhaltensmuster nun zu einem Gruppeneffekt führen oder nicht, gilt zu untersuchen, inwieweit dieser Zielkonflikt über das Versuchsetting hinaus zu kritischen Verhaltensweisen, in Realereignissen zu Kausalitäten führt. Es schien für die betreffenden Probanden schwierig zu sein zwischen den Alternativen abzuwägen, auch in jenen Fällen in welchen die Faustregel "Eigenschutz geht vor Fremdschutz" Teil des Vorwissens war. Insoweit gilt es zu untersuchen, ob zusätzlich zu derzeitigen Handlungsleitfäden erweiterte Konzepte zu entwickeln sind, die diesen Zielkonflikt, der in Realsituationen immer auftreten wird, zu adressieren.

Literatur

BMDV (2023), Bundesministerium für Digitales und Verkehr, *Richtlinien für den Entwurf, die konstruktive Ausbildung und Ausstattung von Ingenieurbauten (RE-ING)*, Stand: 2023/03, Bonn

BMDV (2023b), Bundesministerium für Digitales und Verkehr, *Allgemeines Rundschreiben Straßenbau Nr. 10/2023*

Boer, L. C. (2002): *Gedrag van automobilisten bij evacuatie van een tunnel*. Soesterberg: TNO Rapport

Boer, L.Cc; Zanten, DW (2005), *Behaviour on Tunnel Fires*, In: Waldau, N/Gattermann, P/Knoflacher, H/Schreckenberg, M (Ed.). *Pedestrian and Evacuation Dynamics*, Springer VS, Berlin-Heidelberg-New York

Bosch, Johan; Goudzwaard, Mark (2017): *Tunnel Fire in Heinenoord Road Tunnel, The Netherlands: Safety Installations Response and Human Behaviour*, In: Helmut Richter und Jörg Theberath (Hg.): *STUVA Conference 2017 - International Forum for Tunnels and Infrastructure*. Berlin: Ernst & Sohn (Forschung + Praxis, 49), S. 412–416

Bundesanstalt für Straßenwesen – BASt (2020), Forschungsauftrag FE 15.0675/2020/ERB, *Einfluss von Fahrzeugen mit neuen Antriebstechnologien auf die Tunnelsicherheit*

Bundesanstalt für Straßenwesen – BASt (2021), Forschungsauftrag FE 15.0691/2021/ERB, *Einfluss des Pannenbuchtenabstands auf die Tunnelsicherheit*

Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS), Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt), *Leitfaden für Sicherheitsbewertungen von Straßentunneln gemäß RABT 2006 (Abschnitt 0.5)*, 31. März 2009

Burns, Penelope; Stevens, Garry; Sandy, Kate; Dix, Arnold; Allen, Bob (2013): *Human behaviour during an evacuation scenario in the Sydney Harbour Tunnel*. In: *Australian Journal of Emergency Management* 28 (1), S. 20–27

Carvel, R/Marlair, G (2005), *A History of Fire Incidents in Tunnels*, In: Beard, A/Carvel, R (Ed.): *The Handbook of Tunnel Fire Safety*, London: Thomas Telford pp. 1-41

Comité technique 3.3 Exploitation des tunnels routiers / Technical Committee 3.3 Road Tunnel Operation (2008): *Facteurs humains dans la sécurité des tunnels routiers du point de vue des usagers = Human factors of roads tunnels safety regarding users*. Paris: AIPCR

Dix, Arnold (2011): *The Fatal Burnley Tunnel Crashes, Melbourne, Victoria, Australia, Incident 23 March 2007*. Expert Report for the Victorian Coroner. Melbourne

DLR - Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (2018), Institut für Verkehrsforschung, et al., *Mobilität in Deutschland 2017 - Tabellenband*. Bonn: BMDV

DLR - Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (2010), Institut für Verkehrsforschung; infas Institut für angewandte Sozialwissenschaft, *Mobilität in Deutschland 2008*, Bonn: BMDV

Donald, I./Canter, D (1990), *Behavioural Aspects of the King's Cross Disaster*, In: Donald, I (Ed.). *Fires and Human Behaviour*, 4th Edition. London: David Fulton, pp. 15-30

ebd., Haghani, M./Sarvi, M (2017). *Following the Crowd or Avoiding it?* Empirical Investigation of Imitative Behaviour in Emergency Escape of Human Crowds. In: *Animal Behaviour*, Vol 124, pp. 47-56

EU-Kommission (2004), *Richtlinie des Europäischen Parlamentes und des Rates über Mindestanforderungen für die Sicherheit von Tunneln im transeuropäischen Straßennetz*

Färber, Brigitte; Färber, Berthold (2010), *Verhaltensanweisungen bei Notsituationen in Straßentunneln*, Bundesanstalt für Straßenwesen – BASt, Bericht M 212, Bergisch Gladbach

FGSV (2006), Forschungsgesellschaft für Straßen – und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Verkehrsführung und Verkehrssicherheit – *Verkehrsrichtlinien für die Ausstattung und den Betrieb von Straßentunneln* (RABT)

FGSV (2019), Forschungsgesellschaft für Straßen – und Verkehrswesen (FGSV), Arbeitsgruppe „Verkehrsmanagement“, *Empfehlungen für die Ausstattung und den Betrieb von Straßentunneln mit einer Planungsgeschwindigkeit von 80 km/h oder 100 km/h – EABT-80/100*

Fridolf, K.; Nilsson, D.; Frantzich, H. (2013): *Fire Evacuation in Underground Transportation Systems: A Review of Accidents and Empirical Research*, In: *Fire Technol* 49 (2), S. 451–475

Fu, M./Liu, R./Zhang, Y (2021). *Do People Follow Neighbors? An immersive Virtual Reality Experimental Study of Social Influence on Individual Risky Decisions during Evacuation*. In: *Automation in Construction*, Vol. 126, pp. 1-9

Kalinowska, D.; Kloas, J.: Kuhfeld, H. (2007): *Fahrerlaubnisbesitz in Deutschland*. Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung – DWi, (BASt-Bericht M 187), Berlin

Kinater, M., Pauli, P., Müller, M., Krieger, J., Heimbecher, F., Ronnau, I., Bergerhausen, U., Vollmann, G., Vogt, P., Mühlberger, A. (2013), *Human behaviour in severe tunnel accidents: Effects of information and behavioural training*, *Transportation Research Part F-Traffic Psychology and Behaviour*, 17, pp. 20– 32

Kirytopoulos, Konstantinos; Kazaras, Konstantinos; Papapavlou, Panagiotis; Ntzeremes, Panagiotis; Tatsiopoulos, Ilias (2017): *Exploring driving habits and safety critical behavioural intentions among road tunnel users: A questionnaire survey in Greece*, In: *Tunnelling and Underground Space Technology* 63, S. 244–251

Kohl, Bernhard; Kammerer, Harald; Heger, Oliver; Mayer, Georg; Brennberger, Sven; Zulauf, Christoph; Locher, Peter (2022), *Bewertung der Sicherheit von Straßentunneln, Überprüfung der Annahmen und Parameter von Risikoanalysen*, Bundesanstalt für Straßenwesen – BASt, Heft B 183, Bergisch Gladbach

Kohl, Bernhard; Kammerer, Harald; Leucker, Roland; Leismann, Frank; Mühlberger, Andreas; Gast, Philipp (2014), *Wirksamkeit automatischer Brandbekämpfungsanlagen in Straßentunneln*, Schlussbericht zum Forschungsprojekt FE: 15.0563/2012/ERB

Kohl, Bernhard; Kammerer, Harald; Leucker, Roland; Leismann, Frank; Mühlberger, Andreas; Gast, Philipp (2017b), *Wirksamkeit automatischer Brandbekämpfungsanlagen in*

Straßentunneln, Bericht zum Forschungsprojekt FE: 15.0563/2012/ERB, Bundesanstalt für Straßenwesen – BAST, Heft B 135, Bergisch Gladbach

Kohl, Bernhard; Lehan, Anne; Senekowitsch, Oliver (2017): *Abbildung des menschlichen Verhaltens in Risikomodellen für Tunnelbrände - Validierung relevanter Eingangsparameter auf Basis von Probandenversuchen*, in: STUVA (Hrsg.), *Forschung + Praxis* 49

Kords (2022), *Durchschnittliche Fahrleistung der PKW-Halter in Deutschland im Jahr 2017 nach Altersgruppen*, Statista 20.01.2022

Kretz, T., Mayer, G., Mühlberger, A. (2011), *Behaviour and Perception-based Pedestrian Evacuation Simulation*. In R. D. Peacock, E. D. Kuligowski & J. D. Averill (Eds.), *Pedestrian and Evacuation Dynamics* (pp. 827 – 832). Göttingen: Hogrefe

Lacroix, D (2001), *The Mont Blanc Tunnel Fire, What Happened and What has been Learned*, In: *Safety in Road and Rail Tunnels – Proceedings of the 4th International Conference on Safety in Road and Rail Tunnels*, 2-6 April 2001, Madrid, Spain, pp. 3-15

Mossberg, Axel; Nilsson, Daniel; Frantzich, Håkan (2022): *Evaluating new evacuation systems related to human behaviour using a situational awareness approach – A study of the implementation of evacuation elevators in an underground facility*. In: *Fire Safety Journal* 134, Article Number 103693

Mühlberger, A., Plab, A., Probst, T. (2016): *Analyse des Reaktions und Fluchtverhaltens von Tunnelnutzern bei einer aktivierten Brandbekämpfungsanlage anhand von Realversuchen (FE15.0607/2014/ERB)*, Unveröffentlichter Projektbericht der Universität Regensburg im Auftrag der Bundesanstalt für Straßenwesen (BAST) Deutschland

Mühlberger, Andreas; Gast, Philipp; Plab, Andreas; Probst, Thomas (2018) „*Analyse des menschlichen Verhaltens bei Aktivierung von stationären Brandbekämpfungsanlagen in Straßentunneln*“, Bundesanstalt für Straßenwesen – BAST, Heft B 143, Bergisch-Gladbach

Mühlberger, Andreas; Gast, Philipp; Probst, Thomas (2015) *Einfluss einer aktivierten Brandbekämpfungsanlage (DLS) auf das Reaktions- und Fluchtverhalten der Verkehrsteilnehmer (FE 89.0299/2014)*, Unveröffentlichter Projektbericht der Universität Regensburg im Auftrag der Bundesanstalt für Straßenwesen (BAST) Deutschland

Nilsson, Daniel; Johansson, Maria; Frantzich, Håkan (2009a): *Evacuation experiment in a road tunnel: A study of human behaviour and technical installations*, In: *Fire Safety Journal* 44 (4), S. 458–468

Nilsson, Daniel; Johansson, Anders (2009b): *Social influence during the initial phase of a fire evacuation—Analysis of evacuation experiments in a cinema theatre*. In: *Fire Safety Journal* 44 (1), S. 71–79

Norén, Anders; Winér, Joel (2003): *Modelling Crowd Evacuation from Road and Train Tunnels - Data and design for faster evacuations*. Department of Fire Safety Engineering. Report 5127. Lund: Lund University

Porzycki, Jakub; Schmidt-Polończyk, Natalia; Wąs, Jarosław (2018): *Pedestrian behavior during evacuation from road tunnel in smoke condition - Empirical results*, In: *PLoS ONE* 13 (8)

RiMEA (2024), *Richtlinie für Mikroskopische Entfluchtungs-Analysen* e. V., Richtlinie für Mikroskopische Entfluchtungsanalysen, Version 4.0.1

RVS (2015), Richtlinien und Vorschriften (RVS) für den Straßenbau 09.03.11, *Tunnelrisikoanalysemodell*, Österreichische Forschungsgesellschaft Straße-Schiene-Verkehr

Schmidt-Polończyk, Natalia; Wąs, Jarosław; Porzycki, Jakub (2021): *What Is the Knowledge of Evacuation Procedures in Road Tunnels?* Survey Results of Users in Poland. In: *Buildings* 11 (4), S. 146

Sistenich, Christoph (2007), *Quantitative Risikoanalysen für Straßentunnel*, Bundesanstalt für Straßenwesen – BASt, Heft B 58, Bergisch Gladbach

Vfdb (2020), Vereinigung zur Förderung des Deutschen Brandschutzes e.V. (vfdb), *Leitfaden Ingenieurmethoden des Brandschutzes*; Technischer Bericht vfdb TB 04-01, 4. Auflage

Voeltzel, A.; Dix, Arnold (2004): *A comparative analysis of the Mont-Blanc, Tauern and Gothard tunnel fires*. In: *routes/roads* (324), S. 18–34

Zulauf, Christoph; Locher, Peter; Steinauer, Bernhard; Mayer, Georg; Zimmermann, Uwe; Baltzer, Wolfgang; Riepe, Werner; Kündig, Peter (2009); *Bewertung der Sicherheit von Straßentunneln*, Bundesanstalt für Straßenwesen – BASt, Heft B 66, Bergisch Gladbach

Bilder

Bild 1: Versuchssetting und relevante Sicherheitseinrichtungen

Bild 2: Streckenverlauf (ZaB, Montanuniversität Leoben, A-8700 Leoben)

Bild 3: ZaB, Nordröhre mit Straßentunnel-Querschnitt, Perspektive der Probanden bei TM0040 bei Einfahrt

Bild 4: ZaB, Nordröhre mit Straßentunnel-Querschnitt, Perspektive der Probanden bei TM0110

Bild 5: ZaB, Nordröhre mit Straßentunnel-Querschnitt, Perspektive der Probanden bei TM0145 bei Annäherung an den Unfallbereich

Bild 6: Nordröhre Straßentunnel: Notausgang zum Querschlag GQ01 im Bereich der Probandenversuche

Bild 7: Notrufnische N01N bei TM0120

Bild 8: LKW-Mock-up mit Flammen- und Rauchentwicklung

Bild 9: LKW-Mock-up, Durchfahrthindernisse PKW und LKW, Blickrichtung entgegen Fahrtrichtung

Bild 10: Sichtweite, Kontrast, visuelle Marker im Ereignistunnel (links) und zum Vergleich in einem seit längerem in Betrieb befindlichen Tunnel (rechts)

Bild 11: Fahrerlaubnisse Alterstruktur und Verteilung nach Geschlecht (DLR 2010)

Bild 12: PKW-Fahrerlaubnisse 1998 und 2003 nach Geschlecht und Altersklassen [Kalinowska, Kloas, Kuhlfeld (2007)]

Bild 13: Probandenmatrix

Bild 14- Terminankündigung zum ersten Versuchsblock

Bild 15: Synchrone Darstellung der Kameraperspektiven in der Dokumentation

Bild 16: Durchschnittliches Alter der Versuchsdurchläufe

Bild 17: Geschlecht und Anzahl Fahrer und Beifahrer

Bild 18: Durchschnittliche Fahrleistung nach Versuchslauf

Bild 19: Beziehungsrollen

Bild 20: Streudiagramm Zeit bis Ausstieg

Bild 21: Streudiagramm Reaktionszeit

Bild 22: Streudiagramm Evakuierungszeit

Bild 23: Schematisches Handlungsprogramm mit zentraler Weichenstellung

Bild 24: Erkennen der Schadstelle (EV6)

Bild 25: Wendevorgang (EV1)

Bild 26: Ausstiegsvorgang (EV4)

Bild 27: Rauchbewegung (EV2)

Bild 28: Absetzen eines Notrufs (EV3) (Ausschnittsvergrößerung)

Bild 29: Verdichtung zu Personenschlange (GV1)

Bild 30: Verdichtung und Halteposition in Schlangenform (GV1)

Bild 31: Aufteilung in drei Haltebereiche (GV2)

Bild 32: Erkundung durch Einzelperson (GV1)

Bild 33: Bedienung Notrufsäule und Ausrichtung Gruppe auf Aktionsperson (GV1)

Bild 34: Reaktion auf Durchsagen im Querschlag (GV1)

Bild 35: hohes Interaktionsniveau nach Anhalten der ersten zwei Fahrzeuge (GV2)

Bild 36: begrenzt synchrones Verhalten von Personen (GV3)

Bild 37: Leitrollen bei der Evakuierung (GV2)

Bild 38: Ausstieg einer Gruppe von Fahrzeuginsassen (GV4)

Bild 39: Leitgruppe aus zwei Fahrzeugbesatzungen (GV3)

Bild 40: Haltepositionen der Fahrzeuge im Tunnel in den Gruppenversuchen G1-G5

Bild 41: Zeitstrahl, Markante Zeitpunkte in der Videodokumentation und Anteile an der Reaktionszeit und der Fluchtzeit

Bild 42: Statistische Verteilung der Reaktionszeiten in Einzel- und Gruppenversuchen

Bild 43: Statistische Verteilung der Fluchtgeschwindigkeit in Einzel- und Gruppenversuchen

Bild 44: Verbleibzeit im Fahrzeug, unterschieden nach Einzelversuchen und Gruppenversuchen

Bild 45: Gegenüberstellung der Verbleibzeit im Fahrzeug bei verschiedenen Studien

Bild 46: Gegenüberstellung der ermittelten Fluchtgeschwindigkeiten bei verschiedenen Studien

Tabellen

Tabelle 1: Besetzungsgrad pro Fahrzeug (DLR 2018)

Tabelle 2: Günstiges und problematisches/kritisches Verhalten

Tabelle 3: Fahrzeug- und Probandenstatistik nach Versuchsreihe

Tabelle 4: Gruppengröße und Beziehungstypen

Tabelle 5: Professionelle Probanden nach Versuchsreihe

Tabelle 6: Professionelle Probanden nach Reihenplatz

Tabelle 7: Wahrnehmung im Zuge der Erstreaktion nach Reihenplatz

Tabelle 8: Reihenplatz und Wahrnehmung

Tabelle 9: Mittelwertvergleich Verhaltenssicherheit

Tabelle 10: Orientierung an anderen Personen zum jeweiligen Zeitpunkt

Tabelle 11: Orientierung an bekannten/unbekannten Personen

Tabelle 12: Verhalten Orientierungspersonen

Tabelle 13: Tätigkeiten zum Zeitabschnitt t1 & t2

Tabelle 14: Ausschlaggebende Faktoren zur Flucht

Tabelle 15: Einzelfahrer Begründungs- und Entscheidungsmuster x Manifestes Verhalten

Anhangverzeichnis

Anhang 1: Fragebogen standardisierte Erhebung

Anhang 3-1: Interviewleitfaden qualitative Tunnelinterviews

Anhang 3-2: Qualitative Analyse Ablaufbeschreibung Einzelversuche und Gruppenversuche

Anhang 3-5: Qualitative Interviews Übersichts- und Typtabelle zu Einzel- und Gruppenversuchen

Anhang 4: Tabelle Quantitative Auswertung der Versuche

Anhang 1:

Fragebogen standardisierte Erhebung

Schriftliche Nachbefragung zum Übungsgeschehen

Liebe Teilnehmer und Teilnehmerinnen, erst einmal bedanken wir uns herzlich für Ihren Einsatz und für die Zeit, die Sie heute aufgewendet haben!

Mit dem vorliegenden Fragebogen wollen wir die Erkenntnisse der heutigen Übung auch schematisch auswerten. Ihre Antworten sollen dafür genutzt werden, das Verhalten von Personen in Gefahrenlagen besser zu verstehen. Die Ergebnisse sollen Eingang in Konzepte finden, um die Verkehrs- und Tunnelsicherheit zu verbessern.

Vielleicht sind Sie vom heutigen Geschehen schon etwas erschöpft. Wir bitten Sie trotzdem uns ein letztes Mal Ihre Aufmerksamkeit zu schenken. Sie werden nicht alle Fragen beantworten müssen, sondern auf den Seiten zu den für Sie relevanten Fragen weitergeleitet werden. Bitte antworten Sie dann so sorgfältig und ausführlich wie möglich.

Angaben zum PKW und zur Besatzung des Wagens

- (1) Mit welchem PKW haben Sie am Versuch teilgenommen?

TYP

MARKE

FARBE

- (2) Sie sind mit den anderen Teilnehmern in einer Schlange in den Tunnel gefahren. Welchen Reihenplatz haben Sie hierbei belegt?

REIHENPLATZ NR:

- (3) Falls Sie sich nicht an Ihren genauen Reihenplatz erinnern können, könnten Sie Ihre relative Position zuordnen?

☐ Weiter vorn ☐ Mitte ☐ Weiter hinten

- (4) Waren Sie alleine im Wagen oder hatten Sie Mitfahrer?

☐ Alleine ☐ Mitfahrer

**Die Fragen [5] bis [8] betreffen Sie nur, wenn Sie Mitfahrer hatten.
Wenn nicht, springen Sie zu Frage [9].**

- (5) Wie viele Personen befanden sich bei Ihnen im Wagen?

ANZAHL

- (6) Welchen Sitzplatz haben Sie eingenommen?

☐ Fahrersitz ☐ Beifahrersitz ☐ Rücksitz

- (7) In Welcher Beziehung standen Sie zu Ihrem Fahrer?

☐ Ich war der Fahrer

Er/Sie ist mein/e:

☐ Freund/in ☐ Partner/in ☐ Kollege/Kollegin ☐ Sohn/Tochter
☐ Vater/Mutter ☐ andere Beziehung, und zwar: _____

- (8) In Welcher Beziehung standen Sie zu den anderen Personen im Wagen?

☐ Außer dem Fahrer und mich gab es keine weiteren Personen im Wagen

☐ im Wagen befanden sich noch mein/meine: _____

- (9) Was war das Erste, dass Ihnen aufgefallen ist, was darauf hingewiesen hat, dass im Tunnel etwas passiert sein könnte?

Fragen zur Verhaltenssicherheit und Orientierung

Die nachfolgenden Fragen beziehen sich auf drei Zeitpunkte: direkt beim Anhalten, kurz bevor die (lauten) Lüfter starteten bzw. die erste Durchsage im Tunnel erfolgte und im Zeitraum, als die Lüfter liefen und die Durchsage ständig wiederholt wurde.

Zum Zeitpunkt als Sie anhalten mussten und bemerkt haben, dass etwas nicht in Ordnung ist:

(10) Wie sicher waren Sie sich zu diesem Zeitpunkt, zu wissen, was zu tun ist?

Überhaupt nicht sicher											Sehr sicher
☐ 1	☐ 2	☐ 3	☐ 4	☐ 5	☐ 6	☐ 7	☐ 8	☐ 9	☐ 10		

(11) Wie sehr haben Sie zu diesem Zeitpunkt geglaubt, die Situation unter Kontrolle zu haben?

Überhaupt nicht										Sehr geglaubt
☐ 1	☐ 2	☐ 3	☐ 4	☐ 5	☐ 6	☐ 7	☐ 8	☐ 9	☐ 10	

(12) Wie sehr haben Sie zu diesem Zeitpunkt geglaubt, dass Sie die Kompetenzen dazu haben, sich im Notfall aus dem Tunnel zu retten?

Überhaupt nicht										Sehr geglaubt
☐ 1	☐ 2	☐ 3	☐ 4	☐ 5	☐ 6	☐ 7	☐ 8	☐ 9	☐ 10	

(13) Wie sehr haben Sie daran geglaubt, dass der Tunnel so ausgestattet ist, dass Sie sich im Notfall retten könnten?

Überhaupt nicht geglaubt										Sehr geglaubt
☐ 1	☐ 2	☐ 3	☐ 4	☐ 5	☐ 6	☐ 7	☐ 8	☐ 9	☐ 10	

(14) Haben Sie zu diesem Zeitpunkt oder sofort im Anschluss daran den Wagen verlassen?

☐ ja ☐ nein

(15) Was haben Sie zu diesem Zeitpunkt konkret getan bzw. versucht zu tun?
Kreuzen Sie das eine Kästchen an, das am meisten auf Sie zutrifft.

- ☐ Versucht zu erkennen, was vor sich geht
- ☐ Das Radio angestellt, um mich zu erkundigen was vor sich geht
- ☐ Einen Notruf getätigt
- ☐ Versucht mich vor dem Rauch zu schützen
- ☐ Auf Anweisungen oder auf das Eintreffen von Rettungskräften gewartet
- ☐ Versucht zu wenden bzw. auf eine Chance gewartet den Wagen zu wenden
- ☐ Mögliche Fluchtwege erkundet
- ☐ Etwas im Wagen/im Kofferraum gesucht
- ☐ Mich mit meinen Mitfahrer beratschlagt
- ☐ Mich mit anderen Personen (aus anderen PKWs) beratschlagt
- ☐ Versucht andere anzuleiten, was zu tun sei
- ☐ Versucht mich von der Gefahrenstelle zu entfernen
- ☐ Nach Verletzten gesehen

(16) Hatten Sie darüber hinaus etwas anderes zu tun versucht?

- ☐ nein
- ☐ ja, und zwar: _____
- _____

(17) Wie gut konnten Sie zu diesem Zeitpunkt erkennen, was an der Unfallstelle vor sich geht?

Überhaupt nicht Sehr gut

☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9 ☐ 10

(18) Wie gut konnten Sie zu diesem Zeitpunkt erkennen, wie sich andere Personen (außerhalb ihres eigenen Wagens) verhalten?

Überhaupt nicht Sehr gut

☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9 ☐ 10

- (19) Welche Faktoren haben eventuell verhindert, dass Sie die Lage gut erkennen?

Sie können mehrere Antworten ankreuzen.

- ☐ Ich habe die Lage gut erkannt/Nichts hat mich behindert
- ☐ Rauch
- ☐ Lärm
- ☐ Meine Körperliche Verfassung
- ☐ Meine Psychische Verfassung
- ☐ Entfernung zur Unfallstelle
- ☐ Meine Sicht war durch andere PKWs eingeschränkt
- ☐ Verhalten anderer, und zwar: _____
- _____
- ☐ sonstiges: _____
- _____

- (20) Welcher der genannten Faktoren aus Frage 19 hat Sie am meisten behindert?

- (21) Haben Sie sich zu diesem Zeitpunkt auch an anderen Personen orientiert?

☐ ja ☐ nein

- (22) Wenn Sie sich an anderen Personen orientiert haben: Waren Ihnen diese Personen bekannt oder unbekannt?

☐ bekannt ☐ unbekannt ☐ sowohl als auch

- (23) Wenn Sie schätzen müssen, wie stark wurde Ihr Verhalten zu diesem Zeitpunkt von dem Verhalten von anderen, Ihnen nicht bekannten Personen beeinflusst?

Überhaupt nicht

Sehr

☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9 ☐ 10

- (24) Wenn Sie Mitfahrer hatten: Wie stark wurde Ihre Entscheidung/Ihr Verhalten zu diesem Zeitpunkt von dem Verhalten dieser Person(en) beeinflusst?

Überhaupt nicht

Sehr

☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9 ☐ 10

- (25) Wenn Sie sich an anderen Personen orientiert haben: Was haben diese Personen getan, was Sie in Ihrer Entscheidung beeinflusst hat?

Im Zeitraum kurz vor dem Start des (lauten) Lüfters bzw. der Durchsage (Wenn Sie vor der Durchsage den Tunnel verlassen haben, bis zum Verlassen des Tunnels):

- (26) Wie sicher waren Sie sich zu diesem Zeitpunkt, zu wissen, was zu tun ist?

Überhaupt nicht sicher											Sehr sicher
☐ 1	☐ 2	☐ 3	☐ 4	☐ 5	☐ 6	☐ 7	☐ 8	☐ 9	☐ 10		

- (27) Wie sehr haben Sie zu diesem Zeitpunkt geglaubt die Situation unter Kontrolle zu haben?

Überhaupt nicht										Sehr geglaubt
☐ 1	☐ 2	☐ 3	☐ 4	☐ 5	☐ 6	☐ 7	☐ 8	☐ 9	☐ 10	

- (28) Wie sehr haben Sie zu diesem Zeitpunkt geglaubt, dass Sie die Kompetenzen dazu haben, sich im Notfall aus dem Tunnel zu retten?

Überhaupt nicht										Sehr geglaubt
☐ 1	☐ 2	☐ 3	☐ 4	☐ 5	☐ 6	☐ 7	☐ 8	☐ 9	☐ 10	

- (29) Wie sehr haben Sie daran geglaubt, dass der Tunnel so ausgestattet ist, dass Sie sich im Notfall retten könnten?

Überhaupt nicht										Sehr geglaubt
☐ 1	☐ 2	☐ 3	☐ 4	☐ 5	☐ 6	☐ 7	☐ 8	☐ 9	☐ 10	

- (30) Haben Sie zu diesem Zeitpunkt oder kurz im Anschluss daran den Wagen verlassen?

☐ ja ☐ nein ☐ der Wagen war schon verlassen

(31) Was haben Sie zu diesem Zeitpunkt konkret getan bzw. versucht zu tun? Kreuzen Sie das Kästchen an, das am meisten auf Sie zutrifft.

- ☐ Versucht zu erkennen, was vor sich geht
- ☐ Das Radio angestellt, um mich zu erkundigen was vor sich geht
- ☐ Einen Notruf getätigt
- ☐ Versucht mich vor dem Rauch zu schützen
- ☐ Auf Anweisungen oder auf das Eintreffen von Rettungskräften gewartet
- ☐ Versucht zu wenden bzw. auf eine Chance gewartet den Wagen zu wenden
- ☐ Mögliche Fluchtwege erkundet
- ☐ Etwas im Wagen/im Kofferraum gesucht
- ☐ Mich mit meinen Mitfahrer beratschlagt
- ☐ Mich mit anderen Personen beratschlagt (die keine Mitfahrer waren)
- ☐ Versucht andere anzuleiten, was zu tun sei
- ☐ Versucht mich von der Gefahrenstelle zu entfernen
- ☐ Nach Verletzten gesehen

(32) Hatten Sie darüber hinaus etwas anderes versucht zu tun?

- ☐ nein
- ☐ ja, und zwar: _____

(33) Wie gut konnten Sie zu diesem Zeitpunkt erkennen, was vor sich geht?

Überhaupt nicht	Sehr gut
☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9 ☐ 10	

(34) Welche Faktoren haben evtl. verhindert, dass Sie die Lage gut erkennen?
Sie können mehrere Antworten ankreuzen.

- ☐ Ich habe die Lage gut erkannt/Nichts hat mich behindert
- ☐ Rauch
- ☐ Lärm
- ☐ Meine Körperliche Verfassung
- ☐ Meine Psychische Verfassung
- ☐ Entfernung zur Unfallstelle
- ☐ Verhalten anderer, und zwar: _____
- ☐ : sonstiges: _____

(35) Welcher der (bei Frage 34) genannten Faktoren hat Sie evtl. am meisten behindert? _____

(36) Haben Sie sich zu diesem Zeitpunkt auch an anderen Personen orientiert?

☐ ja ☐ nein

(37) Waren Ihnen diese Personen bekannt oder unbekannt?

☐ bekannt ☐ unbekannt ☐ sowohl als auch

(38) Wenn Sie schätzen müssen, wie stark wurde Ihre Entscheidung/Ihr Verhalten zu diesem Zeitpunkt von dem Verhalten von anderen, Ihnen nicht bekannten Personen beeinflusst?

Überhaupt nicht **Sehr**

☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9 ☐ 10

(39) Wenn Sie Mitfahrer hatten: Wie stark wurde Ihre Entscheidung/Ihr Verhalten zu diesem Zeitpunkt von dem Verhalten dieser Person/dieser Personen beeinflusst?

Überhaupt nicht **Sehr**

☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9 ☐ 10

(40) Wenn Sie sich an anderen Personen orientiert haben, was haben diese Personen getan, was Sie in Ihrer Entscheidung beeinflusst hat?

(41) Haben Sie Sich zum Zeitpunkt der Alarmdurchsage noch im Tunnel befunden?

☐ ja ☐ nein ☐ weiß nicht

Die Nachfolgenden Fragen (42-58) sind für Sie nur relevant, wenn Sie sich zum Zeitpunkt der Durchsage noch im Tunnel befunden haben.

Wenn nicht gehen Sie zu der Frage 59.

Zu dem Zeitpunkt während der laufenden Durchsagen:

(42) Wie sicher waren Sie sich zu diesem Zeitpunkt, zu wissen, was zu tun ist?

Überhaupt nicht

Sehr

☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9 ☐ 10

(43) Wie sehr haben Sie zu diesem Zeitpunkt geglaubt die Situation unter Kontrolle zu haben?

Überhaupt nicht

Sehr

☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9 ☐ 10

(44) Wie sehr haben Sie zu diesem Zeitpunkt geglaubt, dass Sie die Kompetenzen dazu haben, sich im Notfall aus dem Tunnel zu retten?

Überhaupt nicht

Sehr

☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9 ☐ 10

(45) Wie sehr haben Sie daran geglaubt, dass der Tunnel so ausgestattet ist, dass Sie sich im Notfall retten könnten?

Überhaupt nicht

Sehr

☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9 ☐ 10

(46) Haben Sie zu diesem Zeitpunkt oder kurz im Anschluss daran den Wagen verlassen?

☐ ja ☐ nein ☐ der Wagen war schon verlassen

(47) Was haben Sie zu diesem Zeitpunkt konkret getan bzw. versucht zu tun? Kreuzen Sie das Kästchen an, das am meisten auf Sie zutrifft.

- ☐ Versucht zu erkennen, was vor sich geht
- ☐ Das Radio angestellt, um mich zu erkundigen was vor sich geht
- ☐ Einen Notruf getätigt
- ☐ Versucht mich vor dem Rauch zu schützen
- ☐ Auf Anweisungen oder auf das Eintreffen von Rettungskräften gewartet
- ☐ Versucht zu wenden bzw. auf eine Chance gewartet den Wagen zu wenden
- ☐ Mögliche Fluchtwege erkundet
- ☐ Etwas im Wagen/im Kofferraum gesucht
- ☐ Mich mit meinen Mitfahrer beratschlagt
- ☐ Mich mit anderen Personen (aus anderen PKWs) beratschlagt
- ☐ Versucht andere anzuleiten, was zu tun sei
- ☐ Versucht mich von der Gefahrenstelle zu entfernen
- ☐ Nach Verletzten gesehen

(48) Hatten Sie darüber hinaus etwas anderes versucht zu tun?

☐ nein

☐ ja, und zwar: _____

(49) Wie gut konnten Sie zu diesem Zeitpunkt erkennen, was vor sich geht?

Überhaupt nicht

Sehr

☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9 ☐ 10

(50) Welche Faktoren haben eventuell verhindert, dass Sie die Lage gut erkennen? Sie können mehrere Antworten ankreuzen.

☐ Ich habe die Lage gut erkannt/Nichts hat mich behindert

☐ Rauch

☐ Lärm

☐ Meine Körperliche Verfassung

☐ Meine Psychische Verfassung

☐ Entfernung zur Unfallstelle

☐ Verhalten anderer, und zwar: _____

☐ sonstiges: _____

(51) Welcher der (bei Frage 50) genannten Faktoren hat Sie am meisten behindert?

(52) Wie sehr hat Ihnen die Durchsage geholfen sich zu orientieren?

Überhaupt nicht

Sehr

☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9 ☐ 10

(53) Wie verständlich war die Durchsage?

Überhaupt nicht

Sehr

☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9 ☐ 10

(54) Haben Sie sich zu diesem Zeitpunkt auch an anderen Personen orientiert?

☐ ja ☐ nein

(55) Waren Ihnen diese Personen bekannt oder unbekannt?

☐ bekannt

☐ unbekannt

☐ sowohl als auch

- (56) Wenn Sie schätzen müssen, wie stark wurde Ihre Entscheidung/Ihr Verhalten zu diesem Zeitpunkt von dem Verhalten von anderer, Ihnen nicht bekannter Personen beeinflusst?

Überhaupt nicht ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9 ☐ 10 **Sehr**

- (57) Wenn Sie Mitfahrer hatten: Wie stark wurde Ihre Entscheidung/Ihr Verhalten zu diesem Zeitpunkt von dem Verhalten dieser Person/dieser Personen beeinflusst?

Überhaupt nicht ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9 ☐ 10 **Sehr**

- (58) Wenn Sie sich an anderen Personen orientiert haben, was haben diese Personen getan, was Sie in Ihrer Entscheidung beeinflusst hat?

Fragen zum Verhalten

Der nachfolgende Teil behandelt die Art und Weise wie Sie den Tunnel verlassen haben.

- (59) Als wie gefährlich haben Sie die Situation im Tunnel empfunden?

Überhaupt nicht gefährlich ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9 ☐ 10 **Sehr gefährlich**

- (60) Als wie gefährlich würden Sie eine solche Situation in der Realität einstufen?

Überhaupt nicht gefährlich ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9 ☐ 10 **Sehr gefährlich**

- (61) Haben Sie im Zuge des Versuches das Auto verlassen?

☐ ja ☐ nein

- (62) Wenn Sie den Wagen auch nach der Durchsage nicht verlassen haben: Was hat Sie dazu bewogen im Wagen zu bleiben?

☐ Ich habe die Durchsage nicht gehört/verstanden

☐ weiterer Grund: _____

(63) Sind Sie im Verlauf des Versuches zu irgendeinem Zeitpunkt geflohen?

Kreuzen Sie auch „Ja“ an, wenn Sie die Flucht zu einem Zeitpunkt angetreten, aber unterbrochen oder letztlich nicht vollzogen haben.

☐ ja ☐ nein

(64) Wenn Sie sich entscheiden müssten: Welcher Faktor war für Sie ausschlaggebend zu fliehen?

Kreuzen Sie nur das Kästchen an, das am meisten auf Sie zutrifft.

- ☐ Ich bin den Anweisungen der Durchsage gefolgt
- ☐ Der Rauch wurde zu stark
- ☐ Ich hatte Angst/ Ich hätte in so einer Situation Angst gehabt
- ☐ Ich habe andere evakuieren/fliehen sehen
- ☐ Ich habe mich vorsichtshalber in Sicherheit bringen wollen
- ☐ Ich habe daran geglaubt/ich weiß, dass es das richtige ist, in so einer Situation
- ☐ Ich habe mich und meine Mitfahrer in Sicherheit bringen wollen
- ☐ Ich habe mich gemeinsam mit anderen Personen, die nicht mit mir im Wagen waren, abgesprochen
- ☐ Mein Mitfahrer hat mich angewiesen zu evakuieren
- ☐ Ein anderer (der nicht mein Mitfahrer war) hat mich angewiesen zu evakuieren
- ☐ anderer Grund: _____

(65) Welche zwei andere Faktoren treffen gegebenenfalls auch auf Sie zu?

- ☐ kein weiterer
- ☐ Weiterer Faktor: _____
- ☐ Weiterer Faktor: _____

(66) Falls Sie zu keinem Zeitpunkt geflohen sind: Was hat Sie dazu bewogen nach der Alarmdurchsage im Tunnel zu bleiben?

- ☐ Ich habe die Durchsage nicht gehört/verstanden
- ☐ Anderer Grund: _____

Die nachfolgenden Fragen (67-80) sind für Sie nur relevant, falls Sie zu irgendeinem Zeitpunkt geflohen sind. Dies gilt auch wenn Sie die Flucht letztendlich nicht vollzogen haben und zur Unfallstelle oder ihrem Wagen zurückgekehrt sind.

Wenn Sie zu keinem Zeitpunkt geflohen sind, springen Sie zur Frage 76.

(67) Sind Sie vor oder nach der Alarmdurchsage geflohen?

- ☐ Vor der Durchsage ☐ Nach der Durchsage ☐ weiß nicht

(68) Haben Sie die Flucht zu irgendeinem Zeitpunkt unterbrochen oder gänzlich abgebrochen?

- ☐ Nein ☐ ja, abgebrochen ☐ Ja, zeitweise unterbrochen

Die nachfolgenden Fragen (69-70) sind für Sie nur relevant, falls Sie Ihre Flucht unterbrochen oder abgebrochen haben. Wenn nicht, springen Sie zur Frage 71.

(69) Was hat sie dazu bewogen Ihre Flucht zu unterbrechen/abzubrechen?

(70) Was haben Sie im Anschluss daran getan?

(71) Wie haben Sie Ihren Fluchtweg gewählt?
Sie können mehrere Antworten ankreuzen.

- ☐ Ich habe mich mit anderen abgesprochen
☐ Ich habe mich nicht mit anderen abgesprochen, aber mich an Ihnen orientiert
☐ Ich habe den nächstliegenden Notausgang, den ich gesehen habe gewählt
☐ Ich habe den Notausgang (anfangs) nicht gesehen, bin aber den Pfeilen gefolgt
☐ Ich bin zum nächstliegenden Tunnelportal geflohen
☐ andere Gründe: _____

(72) Welcher dieser Faktoren, war Ihrer Meinung nach entscheidend?

(73) Haben Sie Ihre Evakuierung mit anderen Personen koordiniert?

- ☐ ja ☐ nein

(74) Wenn Sie Ihre Flucht mit anderen Koordiniert haben: Mit wem haben Sie Ihre Evakuierung koordiniert?

- ☐ Mit Mitfahrer(n) ☐ Mit anderen Personen, die keine Mitfahrer waren
☐ Sowohl als auch

(75) Wenn Sie mit Personen ihre Evakuierung koordiniert haben: Haben Sie diese zur Flucht aufgefordert oder wurden Sie von diesen aufgefordert?

☐ Ich habe diese aufgefordert

☐ Ich wurde aufgefordert

☐ Sowohl, als auch: Ich wurde von jemanden aufgefordert und habe andere aufgefordert

☐ Weder, noch: Wir sind gemeinsam als Gruppe zu dem Ergebnis gekommen zu evakuieren

(76) Gab es im Zuge Ihrer Flucht Faktoren, die sie behindert oder verwirrt haben? Sie können mehrere Antworten ankreuzen.

☐ Das Verhalten anderer hat mich verwirrt/behindert, weil:

☐ Ich habe wegen des Rauches kurzzeitig die Orientierung verloren

☐ Ich habe wegen des Lärms kurzzeitig die Orientierung verloren

☐ Ich habe die Notfallbeschilderung nicht gesehen

☐ Ich habe die Notfallbeschilderung nicht verstanden

☐ Der Notausgang war schwierig zu entdecken

☐ Ich habe die Tür zum Notausgang nicht aufbekommen

☐ Die Alarmdurchsage war schwer verständlich

☐ Ich habe die Alarmdurchsage nicht gehört

☐ sonstiges: _____

(77) Auf welchen Weg haben Sie letztendlich den Tunnel verlassen?

☐ Durch einen Notausgang

☐ Durch den Tunneleingang

(78) Hat Sie Ihr Fluchtweg durch Rauch geführt?

☐ ja ☐ nein

(79) Falls Sie Ihr Fluchtweg durch Rauch geführt hat, wieso haben Sie gerade diesen Weg gewählt?

Zum Schluss benötigen wir noch einige demographische Angaben und biographische Angaben von Ihnen.

Einige Angaben, die Sie im Vorfeld schon gemacht haben, werden hier erneut erhoben, um Ihre Anonymität zu schützen. Wir bitten für Ihr Verständnis.

(80) Alter:

Ich bin _____ Jahre alt.

(81) Geschlecht:

☐ männlich ☐ weiblich ☐ divers

(82) Mit wie vielen Jahren haben Sie Ihren Führerschein gemacht?

Mit _____ Jahren gemacht.

(83) Haben Sie neben dem PKW-Führerschein noch andere Führerscheine?

☐ nein ☐ ja, und zwar: _____

(84) Wie viele Kilometer pro Jahr legen Sie im Durchschnitt zurück?
Schätzen Sie ruhig falls Sie die genaue Zahl nicht kennen.

☐ unter 6000 ☐ 6000 oder mehr ☐ 12000 oder mehr

☐ 18000 oder mehr ☐ 26000 oder mehr

(85) Wie würden Sie Ihre derzeitige Tätigkeit beschreiben?

☐ berufstätig ☐ in Ausbildung ☐ Hausfrau/Hausmann

☐ Rentner/in ☐ arbeitssuchend

(86) Sind oder waren Sie im Laufe Ihres Lebens beruflich als Fahrer tätig?

☐ nein ☐ ja, und zwar als: _____

(87) Sind oder waren Sie im Laufe Ihres Lebens beruflich oder ehrenamtlich in einem Bereich tätig, der mit Verkehrssicherheit, Brandbekämpfung, Notfallrettung oder ähnliches zu tun hat?

☐ nein ☐ ja, und zwar als: _____

(88) Falls Sie eine der beiden vorherigen Fragen (86) oder (87) mit ja beantwortet haben, könnten Sie kurz ausführen, ob und ggf. wie Ihnen Ihr diesbezüglicher Erfahrungsschatz hier und heute geholfen hat, diese Situation zu bewältigen? Führen Sie gerne aus.

☐ Hat mir nicht geholfen

☐ ja, hat mir geholfen und zwar: _____

(89) Gab es in Ihrem Leben sonst noch eine bestimmte Erfahrung, die Ihnen geholfen hat, sich in dem heutigen Übungsszenario zurecht zu finden?

(90) Zum Abschluss noch eine letzte Frage: Welche Informationen bzw. Hilfen hätten Sie sich in der simulierten Unfallsituation gewünscht?

Vielen Dank für Ihre Zeit und Ihr Engagement! Falls Sie noch Anmerkungen zur Übung oder zu diesen Fragebogen haben, können Sie dies gerne ausführen. Ihr Feedback ist uns sehr willkommen.

Anhang 3-1:

Interviewleitfaden qualitative Tunnelinterviews

Generelles:

Ablauf

Das Interview startet am Fahrzeug und wird mit der Besatzung eines Fahrzeuges geführt. Bilden mehrere Personen die Besatzung werden diese zusammen interviewt. Hierbei sind Diskussionen und allgemein Interaktionen zwischen den Personen erwünscht.

Nach dem Beginn im Auto werden die Personen entlang ihrer Erzählung gebeten auszusteigen und im Tunnel während des Interviews die Stationen/Wege abzugehen, die sie auch während des Experimentes eingenommen haben. Wenn eine Autobesatzung sich im Verlauf getrennt hat, kann eine Gruppe an einer Erzählstation „zwischengeparkt“ werden und das Interview erst mit der einen dann mit der anderen Gruppe weitergeführt werden.

Interviewerhaltung

Allgemein gilt, den Redefluss einer Person nicht zu stören und Ihr den Takt vorgeben zu lassen. Die Fragen sind als Stimuli zu verstehen, die bewirken sollen, dass die Person/ eine Gruppe ihre Sicht auf die Übung und ihr Erleben derselben schildert. Im Falle von mehreren Personen können Wahrnehmung und Erleben der Situation auch auseinandergehen.

Der Interviewer kann und soll durchgehend inhaltlich neutrale Aufrechterhaltungsfragen/-formulierungen nutzen:

- Können Sie mir das nochmal genauer schildern?
- Was genau folgte danach?
- Was haben Sie dabei gedacht? (Wenn Handlungen geschildert werden)
- Was haben Sie dann gemacht? (Wenn Gedanken geschildert werden)
- Überlegen Sie nochmal: war Ihnen noch etwas aufgefallen? (Wenn Wahrnehmungen)
- ...

Wenn mehrere Personen in/aus einem Auto interviewt werden, können Aufforderungen und Nachfragen genutzt werden, um alle Personen mit einzubinden:

- Wie haben Sie das gesehen/erlebt? Was haben Sie in diesem Moment gedacht?
- Was haben Sie gemacht/gedacht, als er/sie ... gemacht hat?
- Haben Sie das auch so gesehen/erlebt?
- ...

Aussagen der Interviewten sollten vom Interviewer nicht zusammengefasst, kommentiert, bestätigt oder abgelehnt werden. Wenn auf eine Aussage zurückgegriffen wird, um noch weitere Details zu erfragen dann ausdrücklich zitieren: „Sie sagten vorhin, dass...“

Nutzung von Kamera/Mikrofon

Die Aufnahmegeräte erlauben üblicherweise verständliche Aufnahmen auch aus einer Schrittdistanz, so dass die Mikrofone nicht wie im Fernsehen direkt vor das Gesicht der Interviewten gehalten werden müssen/sollen. Eine unaufdringliche Ausrichtung auf den Sprecher ist aber sinnvoll. Bei der anfänglichen Aufnahme im Auto beim Fahrer beginnen und dann im Uhrzeigersinn weiterfragen und die Sitzposition einsprechen, damit die Aussagen Personen zugeordnet werden können.

Das Kamerabild läuft während der Aufnahme weiter, daher kann/soll die Kamera auch genutzt werden, um Sichtweisen oder Darstellungen der Interviewten einzufangen. Wenn auf etwas gezeigt wird, Haltungen oder Perspektiven vom Interviewten eingenommen werden sollte versucht werden, mit der Kamera zu dokumentieren, was wie gezeigt wird oder um welche Perspektive es geht. Ansonsten kann die Kamera auch so gehalten werden, dass die Linse nach unten zeigt.

Der Leitfaden hat zwei Teile:

Der erste allgemeine Teil kommt bei allen Personen/Gruppen zum Einsatz und strukturiert sich entlang schematischer Stationen, wobei jede Station nach dem gleichen Muster abgefragt wird.

Die Fragenformulierungen sind Vorschläge mit denen möglichst offen nach

- der Wahrnehmung

- den Gedanken
- den Entscheidungen
- den Anschlusshandlungen

gefragt wird. Zusätzlich sind immer Fragen eingebunden, die auf Interaktionen mit oder Beachtung von anderen Personen zielen.

Je nach Antwortverhalten und der Anzahl der Interviewten kann die Dauer eines Interviews stark variieren. Für die Durchführung wird eine Zeit von ca. 15-40 Minuten veranschlagt.

Der zweite, spezielle Teil kommt bei Personen zum Einsatz, bei denen besonders relevantes Verhalten (siehe unten) beobachtet wurde oder bei denen im Zuge des allgemeinen Interviews Indizien aufkommen, die für ein solches Verhalten sprechen. Im Zweifel den Teil II einsetzen.

Besonders relevante Verhaltensweisen:

Die Verhaltensweisen können sowohl isoliertes als auch gruppiertes Verhalten umfassen. Von Interesse sind zum einen Gruppendynamiken, zum anderen besonders sinnvolle oder potentiell fatale Verhaltensweisen, die sich im Handeln einer Gruppe oder einer einzelnen Person äußern können.

Besonders sinnvolles Verhalten:

- Zügige Evakuierung (Nach erzwungenen Halt bzw. vor der Alarmdurchsage)
- Schnelle Orientierung über die Situation
- Hilfsangebote an weitere Personen
- Sinnvolle Anleitung von weiteren Personen

Potentiell fatales Verhalten:

- Langer Aufenthalt im Wagen oder an der Unfallstelle (nach Alarmdurchsage oder nach der Selbstevakuierung anderer)
- Insgesamt keine Evakuierung über den Versuchsverlauf
- Rückkehr zum Wagen/ zur Unfallstelle nach eingeleiteter Flucht
- Sich der Gefahrenstelle grundlos nähern und sich willentlich in den Rauch begeben
- Fatale Ansagen/Anleitungen/Hilfestellungen gegenüber anderen Personen
- ...

Gruppendynamiken betreffen Interaktionen, Absprachen zwischen Personen, sowie deren Inhalte. Es ist davon auszugehen, dass Personen, welche die Besatzung eines Wagens bilden, ihr Verhalten aufeinander abstimmen. Diesbezüglich ist es erwartbar, dass bei Gruppeninterviews Teil II des Fragebogens zur Anwendung kommt.

Unter Gruppendynamiken fallen

- Verbale oder per Gestik getätigte Absprachen und Handlungskoordinationen
- Einseitige Kommunikations- oder Koordinationsangebote, die eventuell von der anderen Seite nicht wahrgenommen oder ignoriert wurden
- Weitere, tatsächliche Interaktionen, wie Hilfeleistungen, Versuche jemanden an etwas zu hindern usw.
- ...

Leitfaden Teil I:

- Vor Beginn des Interviews verbale Notiz des Interviewers: **Typ, Farbe** und **Besatzungsgrad** des PKW
- Bei Interview mit mehreren Personen: **Der Reihe nach beginnend beim Fahrer fragen**, am Anfang **Sitzplatzposition der jeweiligen Person** einsprechen

Abschnitt 0: Anfangsstimulus:

Können Sie mir kurz schildern, was gerade passiert ist? Wie haben Sie die Situation erlebt?

Können Sie mir den Ablauf kurz aus Ihrer Sicht schildern, wie Sie das Ganze erlebt haben und was Sie (bei Gruppen: Ihr) getan haben?

Jetzt würde ich mit Ihnen/Euch das Ganze noch einmal Schritt für Schritt durchgehen:

Abschnitt 1: Fahrtzeitraum bis Halt des PKW

- *Als Sie in den letzten Tunnelabschnitt eingefahren sind: Was war das Erste was Ihnen aufgefallen ist?*
- *Was haben Sie als Erstes bemerkt, dass darauf hingedeutet hat, dass etwas nicht in Ordnung ist? Was haben Sie sich dabei gedacht und was haben Sie getan?*
- *Können Sie mir sagen, wann und wieso Sie den Wagen angehalten haben?*
- *Als der Wagen zum Stillstand gekommen ist, was haben Sie da wahrgenommen bzw. welche Situation haben Sie erkannt?*
- *Was ist Ihnen durch den Kopf geschossen, was Sie tun sollten?*
- *Was war ausschlaggebend für Ihr anschließendes Verhalten?*

A2: Aussteigen/ Im Wagen verbleiben

- *Wieso haben Sie den Wagen verlassen?*
- *Wieso haben Sie das getan? (wenn im Wagen oder ausgestiegen)*
- *Was haben Sie im Anschluss daran getan? (wenn im Wagen oder ausgestiegen)*
- *Was haben Sie als nächstes wahrgenommen (wenn im Wagen oder ausgestiegen)*
- *Was haben Sie sich dabei gedacht? Und was haben Sie daraufhin getan?*
- *Wann würden Sie sagen, haben Sie die Situation vollständig erfasst?*
- *Haben Sie sich einen Plan gemacht, was sie als nächstes tun möchten?*
- *Konnten Sie sich schnell entscheiden oder haben sie gezögert und erst überlegt?*

A3: Erstorientierung (nach Ausstieg oder bei Verbleib im Wagen)

- *Können Sie mir das Ereignis im Tunnel schildern, wie sie es in diesem Moment wahrgenommen haben? (Nachfragen:) Was dachten Sie, was Sie tun sollten?*
- *Was haben Sie getan? (Nachfrage:) Wieso haben Sie gerade das getan?*
- *Was hat Ihnen geholfen sich zu entscheiden, was Sie tun sollten?*
- *(Wenn sich an anderen Personen orientiert): Sind Sie mit diesen in Kontakt getreten oder haben Sie diese beobachtet?*
- *(Wenn Kontakt:) Wie sah das aus, haben Sie sich besprochen oder sich sonstwie abgestimmt?*
- *(Wenn Kontakt oder beobachtet:) Inwieweit und wie hat das Ihr anschließendes Verhalten beeinflusst?*
- *Gab es andererseits etwas, dass Sie verwirrt oder eingeschüchtert hat?*

- *Was haben Sie im Anschluss danach getan? Wieso haben Sie das getan?* (Iterativ bis Evakuierung oder potentiell fatales Verhalten)
- *Sind Sie später geflohen [falls nicht bekannt]? Was, würden Sie sagen, war hierbei ausschlaggebend für ihre Entscheidung [nicht] zu fliehen?*

Abschnitt 4: Fluchtentscheidung und Wegfindung (Falls Flucht angetreten, wenn nicht Teil II)

- *Wo sind Sie als nächstes hingegangen [Fluchtentscheidung] ? Was haben Sie zu diesem Zeitpunkt gesehen?*
- *Haben Sie Andere mit ihrer Entscheidung beeinflusst? (Falls ja:) Inwiefern haben Sie das?*
- *Wurden Sie durch das Verhalten von anderen Personen in ihrer Entscheidung beeinflusst? Inwiefern?*
- *Können Sie mir zeigen, wie und auf welchem Weg Sie den Tunnel verlassen haben? Sagen und zeigen Sie mir dabei bitte alles, was ihnen vorhin aufgefallen ist.*
- ➡ *Dabei den Weg mit der Person abgehen. Nachfragen, sobald es Hinweise darauf gibt, dass die Interviewten zögern, überlegen, Weichenstellungen oder Wegewahlen andeuten.*
- *Wieso haben Sie gerade diesen Weg gewählt?*
- *Haben Sie sich während ihrer Flucht an etwas bestimmten orientiert?*
- *War das im Nachhinein betrachtet, hilfreich?*
- *Haben Sie andere Personen dabei wahrgenommen?*
- *Haben Sie auf andere Personen geachtet?*
- *Haben Sie mit anderen Personen gesprochen?*
- *Gab es etwas, auf das Sie während Ihrer Flucht besonders achten mussten? Gab es andererseits etwas, dass Sie behindert oder verwirrt hat?*

⇒ Hier Teil II einbinden und danach die Fragen zum Abschluss

Abschluss:

- *Was glauben Sie war der Zweck der heutigen Unfallsimulation?*
- *Haben Sie überlegt, ob das Tunnelportal für Sie auch ein Ausweg wäre? Was hat Sie davon abgehalten?*
- *Haben Sie gerade schon eine Situation vor Augen, die Sie jetzt im Rückblick intensiv beschäftigt?*
- *Gab es eine Situation, bei der Sie jetzt schon überlegen, ob sie sich beim nächsten Ereignis anders verhalten würden?*
- *Gab es eine Situation bei der Sie jetzt schon überlegen, ob das ein Fehler war?*

Vielen Dank für das Interview und für Ihr Engagement!

Leitfaden Teil II:

Sinnvolles Verhalten:

Zügige Evakuierung:

- *Sie haben recht schnell die Flucht angetreten. Was hat Sie dazu bewogen? (Nachfrage:) Können Sie mir das genauer erläutern?*
- *(Nachfrage:) Wussten Sie was Sie tun müssen oder haben Sie eher „instinktiv“ gehandelt?*
- *(Nachfrage:) Sind Sie geflohen, weil Sie gesehen haben, dass jemand flieht bzw. waren andere ausschlaggebend dafür, dass Sie geflohen sind? (Wenn nicht:) Was war stattdessen ausschlaggebend? [Evtl. Erfahrung, Vorwissen, Sichtung eines Warnzeichens]*

Fatales Verhalten:

Langer Aufenthalt im Wagen/ an der Unfallstelle oder keine Evakuierung über Versuchsverlauf

- *Was hat Sie dazu bewogen nach der Alarmdurchsage/ der Evakuierung anderer im Wagen/ an der Unfallstelle zu verbleiben?*
- *(Nachfrage:) Waren Sie sich unsicher was Sie tun sollten?*
- *(Nachfrage:) Gab es etwas Spezifisches, dass Sie verunsichert hat?*
- *(Nachfrage:) Wenn Sie nicht verunsichert waren, was hat Sie stattdessen dazu bewogen?*
- *Was hätte Sie dazu bewogen, den Wagen/ die Unfallstelle zu räumen?*

Rückkehr zum Wagen/ Abbruch der Evakuierung

- *Sie haben sich zeitweise von der Unfallstelle wegbewegt. Was hat Sie hierzu veranlasst?*
- *Nachdem Sie sich wegbewegt haben, sind Sie umgekehrt. Können Sie mir kurz Ihre Beweggründe schildern?*
- *(Nachfragen:) Gab es sonst noch etwas, dass Sie dazu bewogen hat? Können Sie mir das genauer erläutern?*

Sich der Gefahrenstelle grundlos nähern/ willentlich in den Rauch begeben

- *Sie haben sich zu einem Zeitpunkt der Gefahrenstelle genähert. Was hat Sie dazu veranlasst?*
- *Sie haben sich in den Rauch begeben, was hat Sie dazu veranlasst? (Nachfrage:) Hat Sie darüber hinaus noch etwas bewogen dies zu tun?*
- *(Nachfrage:) Haben Sie etwas Bestimmtes gesehen, dass Sie dazu bewogen hat, oder haben Sie etwas vermutet?*

Gruppendynamik:

Zusatzfragen zur Interaktionen zwischen Personen einer Wagenbesatzung

- *Haben Sie untereinander Ihr Vorgehen abgestimmt? Können Sie mir kurz schildern was Sie besprochen haben? (Nachfrage:) Wurde sonst noch etwas besprochen?*
- *Gab es ab einen bestimmten Punkt Unklarheiten oder Uneinigkeiten, was Sie tun sollten?*
- *Wie sah Ihre Entscheidungsfindung aus? Bzw. wie haben Sie letztlich einen Konsens erzielt?*
- *(Nachfrage:) Gab es hierbei ein Ereignis, dass dazu beigetragen hat, dass Sie alle überzeugt hat das zu tun, was Sie getan haben?*

Zusatzfragen zur Interaktion zwischen Personen aus verschiedenen Autos

- *Sie sind mit weiteren Personen in Kontakt getreten. Können Sie mir kurz schildern was Sie besprochen haben?*
- *(Nachfrage:) Von wem von Ihnen kamen welche Vorschläge? Wurde diesen Vorschlägen Folge geleistet? (Wenn nicht:) Wieso nicht?*
- *Was hat Sie dazu bewogen auf diese Person zuzugehen/ auf diese Person zu hören?*

Anhang 3-2:

Qualitative Analyse

Ablaufbeschreibung Einzelversuche und Gruppenversuche

Ablaufbeschreibung der Einzel- und Gruppenversuche auf Basis der qualitativen Analyse der Tunnelinterviews

Inhalt

Einzelversuche.....	188
Allgemeines zu den Einzelversuchen	188
Beschreibung Ablauf der Einzelversuche	188
Vergleich Einzelversuche und Gruppenversuche	191
Gruppenversuche.....	191
Überblick über Handlungen und Interaktionen in den Gruppenversuchen	191
Beschreibung Gruppenversuch 1 – Rekonstruktion aus Interviews	192
0.2. Beschreibung Gruppenversuch 2 – Rekonstruktion aus Interviews	193
0.3. Beschreibung Gruppenversuch 3 – Rekonstruktion aus Interviews	195
0.4. Beschreibung Gruppenversuch 4 – Rekonstruktion aus Interviews	196
0.5. Beschreibung Gruppenversuch 5 – Rekonstruktion aus Interviews	198

Einzelversuche

Allgemeines zu den Einzelversuchen

Trotz, dass kein einheitliches Handlungsschema in den Einzelversuchen beobachtet werden konnte, stellen sie eine gute Kontrastfolie zu den Gruppenversuchen dar, da im Vergleich Besonderheiten von Gruppeneffekte auffallen, wie zum Beispiel, dass bei mehr Autos im Tunnel die Wahrnehmung der Notrufnischen/ der Fluchtwegbeschilderung und des Querschlags schlechter wird, da die Gesamtsituation unübersichtlicher wird.

Beschreibung Ablauf der Einzelversuche

Zunächst ist kein einheitliches Handlungsschema bei den Teilnehmenden erkennbar. Von Fahrzeug wenden und aus dem Tunnel fahren ohne Notruf/ Hilfeleistung bis hin zu Rettungsgasse bilden, ausgiebigem Erkunden, Impuls zur Hilfeleistung, Notruf tätigen und anschließender Selbstrettung wurde alles beobachtet. Auch die Evakuierungszeiten variieren stark.

Alle haben, wenn sie mit dem Tunneloperator gesprochen haben, dessen Anweisungen befolgt (auch wenn sie sich teilweise ohne die Anweisung anders verhalten hätten)

Alle haben Selbstrettung unternommen (außer EV7 (Einzelversuch 7) nach Unfall, hatte aber auch primären Selbstrettungsimpuls). Keiner hat die Durchsagen im Tunnel verstanden (manche sogar gar nicht gehört/ wahrgenommen). Oft wurden sie erst im, Querschlag wahrgenommen/ verstanden

Der Tunnel und das Unfallszenario wurden weitestgehend als realistisch wahrgenommen.

Im Vergleich zu den Gruppenversuchen ist die Wahrnehmung von Fluchtwegbeschilderung/ Querschlag und Notrufnische im Tunnel viel besser.

Beschreibung Einzelversuch 1 – Rekonstruktion aus Interview

Erfahrung Feuerwehr und Katastrophenschutz

Die Fahrerin im EV1 sieht von weitem die Warnblinkanlage des verunfallten PKW, fährt dann näher ran, um zu erkennen was los ist und sieht Feuer und Rauch. Erkennt Gefahrensituation und mögliche Tödlichkeit des Rauches/ Feuers. Denkt sie hört rufen, erkennt dann aber keine Hilfebedürftigen am Fahrzeug. Schließt aus der blinkenden Warnblinkanlage, dass Fahrer bei Bewusstsein ist.

Geht schließlich zur Notrufnische am Unfall drückt beide Knöpfe und spricht drinnen mit dem Tunneloperator. Dieser weist sie an den Tunnel zu verlassen. Sie läuft der Fluchtwegbeschilderung folgend mit der Hand an der Wand zum Querschlag. Hand an der Wand sowohl um sich im Rauch zurecht zu finden als auch weil sie da leichter gefunden werden würde (falls Bewusstlosigkeit).

Die Art wie sie den Unfall beschreibt "verunfallte Fahrzeuge", "Kamineffekt" oder "Feuerwand" lassen auf routinemäßige Einsatzlogik schließen. Die Art wie sie die Situation meistern scheint eine Routinesituation zu sein. Sie hat professionelles Vorwissen und ein bereits zuvor einstudiertes und auch erprobtes und umfassendes Handlungsprotokoll. Sie kann auf Erfahrungswissen solcher Situationen zurückgreifen, hält sich dennoch an Anweisungen des Tunneloperators.

Sie kommt aber, trotz professionellem Vorwissen in Rauch. → fatales Verhalten

Im Interview gibt sie selbst an, dass sie sich auch am Verhalten anderer Fahrzeuge orientiert hätte, wenn diese da gewesen wären.

Beschreibung Einzelversuch 2 – Rekonstruktion aus Interview

Kein (professionelles) Vorwissen

Die Fahrerin des Wagens aus EV2 fährt in die Tunnelsituation, ohne ein Notfallhandlungsprogramm im Kopf zu haben. Entscheidet situativ. Sie beschreibt viel Unsicherheit und Überforderung. Interpretiert die Situation als Panne und den verunfallten LKW als Fahrzeug der Straßenmeisterei, denkt deshalb erste Hilfe und Notruf seien bereits geschehen. Entscheidet sich unter Zögern dann zum Wenden mit dem Wagen und damit zur Eigensicherung. Kann die von ihr getroffenen Entscheidungen und ihr Verhalten nicht begründen, weiß selber nicht, warum sie so gehandelt hat.

Entscheidet situativ für ein (Notfall-)Handlungsprogramm und verfolgt dieses dann zwar zögerlich, aber stringent. Bricht Eigensicherung nicht ab, auch als sie im Auto die Durchsage hört (versteht Durchsage nicht). Stellt eigenes Verhalten danach im Interview viel in Frage, was auf spontanes Entscheiden und kein habitualisiertes Erfahrungswissen hindeutet.

Beschreibung Einzelversuch 3 – Rekonstruktion aus Interview

Kein (professionelles) Vorwissen

Fährt in den Tunnel und achtet bereits da auf Notausgangsschilder. Entscheidet sich zu Notruf anstatt Hilfeleistung. Es bleibt offen, ob Hilfeleistung später stattgefunden hätte, es erscheint ihm jedoch besser zunächst einen Notruf abzusetzen. Passt sein angefangenes Handlungsprogramm an Weisung des Operators an. Notausgänge in Tunnels sind ihm bekannt, sodass er dort auch ohne Anweisung des Operators hingegangen wäre, aber kein vollständiges alternatives Handlungsprogramm.

Generelle Selbstsicherheit in Unfall/ Notfall-Situation. Wägt zum Beispiel beim Abstellen des Wagens zwischen Rettungsgasse und Unfallortsicherung ab. Lässt während des Interviews immer wieder durchblicken, dass es eine "Simulation" war, die er durchschaut hat, vielleicht auch deshalb nicht panisch oder aufgeregt. Hinterfragt sein eigenes Verhalten trotz unterlassener Hilfeleistung in der Interviewsituation nicht.

Beschreibung Einzelversuch 4 – Rekonstruktion aus Interview

Kein (professionelles) Vorwissen

Nimmt kurz nach Einfahrverhalten Warnblinker "Alarmlicht" des PKW und LKW, Feuer und Rauch wahr. Beschreibt das Unfallszenario als „Katastrophe“. Entscheidet sich wegen Explosionsgefahr mit Abstand zu parken. Überlegt im Wagen was zu tun ist, entscheidet sich für Erkundung und Hilfeleistung. Versuchsleiter weist ihn daraufhin Abstand vom Unfallszenario zu halten. Er denkt deshalb eine "Einsatzmannschaft" sei da und es gäbe keine Notwendigkeit für Hilfeleistung und/oder Notruf. Geht zurück zum Auto und steigt erneut ein. „- Ja, und ich bin aber dann eine Minute lang sitzen geblieben, - bis mir einmal der Gedanke gekommen ist,“ (EV_4, Pos. 41). Als er dann sieht, dass das Gebläse den Rauch verteilt, kommt ihm die Idee zur Selbstrettung. Folgt der Beschilderung und verlässt den Tunnel. Ist sich nicht sicher, ob Querschlag sicher ist und setzt keinen Notruf ab, da "Einsatzmannschaft" ja schon da.

Wirkt ruhig und gefasst. Kein vorgefertigtes Handlungsprogramm. Denkt nicht an Warnweste, Rettungsgasse oder Autoschlüssel. Er äußert in der Interviewsituation viele Überlegungen dazu, wie er sich verhalten würde, wenn andere Personen mit im Tunnel wären, oder wenn er selbst seine Enkelkinder/ Familie im Auto hätte. Er entwirft für diesen Fall ein Handlungsprogramm, das aus "an den Händen halten" und entfluchten besteht.

Beschreibung Einzelversuch 5 – Rekonstruktion aus Interview

Kein (professionelles) Vorwissen

Da er bei der Einfahrt in den Tunnel ein grünes Licht wahrnimmt, geht er davon aus, den Tunnel ohne Probleme befahren zu können. Fahrer bemerkt den Rauch zuerst, blickt sich nach Gegenverkehr um und leitet dann ein Wendemanöver ein. „- Ich habe im Rückspiegel geschaut. Hinter mir ist alles frei. - Das Vernünftigste wäre, wenn ich den Tunnel verlasse“ (EV_5, Pos. 37). Er hört die Durchsage nicht (Fenster zu). Kein festes Handlungsprogramm, trifft jedoch (schnelle) Entscheidung zur Entfluchtung, da er Situation als gefährlich (zu viel Rauch) und sich als nicht befähigt ansieht, adäquate Hilfe leisten zu können, fährt dabei aus dem Tunnelausgang hinaus und erklärt dies dadurch, den Weg für Einsatzfahrzeuge freizumachen.

Beschreibung Einzelversuch 6 – Rekonstruktion aus Interview

Tunnelbauingenieur → professionelles Vorwissen

Bremst zunächst und fährt dann weiter vor, um besser Sicht zu haben, erkundet Unfallstelle, um erste Hilfe zu leisten, sieht keine Verletzten und geht deshalb um den "giftigen Gasen" zu entgehen in sein Auto in dem bereits Umluft läuft. (Problematisches Verhalten?). Er will mit dem Handy einen Notruf absetzen, entscheidet sich aber aufgrund der Übungssituation dann doch die Notrufnische aufzusuchen. Er kommt dadurch in den Rauch → fatales Verhalten. Setzt Notruf ab und begibt sich nach Anweisung durch Operator direkt in den Querschlag. Hat Tunnelerfahrung und deshalb schon ein vorgefertigtes Handlungsprogramm, dass er nach Gespräch mit Operator ergänzt. Schaltet bereits beim Einfahren in den Tunnel Umluft in seinem Auto an. Als er dazu gefragt wird, kann er alternatives Handlungsprogramm beschreiben, wenn die Rauchsituation anders gewesen wäre. Kann jede seiner Entscheidungen begründen, wodurch sein Handeln überlegt wirkt. Hat Vorerfahrung mit dem Thema Tunnel und bewegt sich in dem für andere Menschen "außeralltäglichen Raum" sicher. Sieht sich selbst als Vorbild, da er Vorerfahrung hat und hätte im Bedarfsfall andere "anleiten" können. Er sagt die größte Gefahr ist, wenn Menschen in so einer Situation nicht auf Einsatzpersonal hören: „das Schlimmste ist, wenn die Leute dann irgendwas machen, und nicht das - was das Einsatzpersonal sagt.“ (EV_6, Pos. 99).

Beschreibung Einzelversuch 7 – Rekonstruktion aus Interview

Kein (professionelles) Vorwissen

Fahrer rechnet nicht mit einem umfangreich inszenierten Unfall. Er nimmt zeitnah die starke Rauchentwicklung wahr, bleibt auch zunächst vor dem Unfallszenario stehen, erkennt dieses jedoch aufgrund des Rauches nicht und fährt deshalb weiter, auch weil er die Simulation anders einschätzt. Er beurteilt die Unfallsituation weder als bedrohlich noch als realistisch. Er fährt dann in den Rauch und prallt auf den PKW des Unfallszenarios, weil er dachte er müsse weiterfahren: „- Da bin ich einmal gestanden und dann habe ich mir gedacht, - okay, ich weiß vielleicht nicht, was da simuliert wird, - oder was das sein soll, - aber das Auto vor mir steht, - das Auto in irgendeiner Art und Weise ein bisschen was gesehen hätte. - Ich wäre ja gar nicht weitergefahren. - Aber dann habe ich mir gedacht, okay, - jetzt muss ich mich halt langsam vorbeibewegen.“ (EV_7, Pos. 57). Sagt im Nachinterview es hätte zu viel Rauch gegeben und das wäre unrealistisch gewesen: „Mir ist das fast ein bisschen zu viel Rauch gewesen für einen Brand, - weil da war ja null, da war gar nichts zu sehen.“ (EV_7, Pos. 41).

Vergleich Einzelversuche und Gruppenversuche

Sowohl in den Einzelversuchen als auch in den Gruppenversuchen lässt sich ein breites Spektrum an tatsächlich durchgeführten und möglichen Handlungsoptionen finden, die sowohl in den EV als auch in den GPV von günstig bis fatal kategorisiert werden können.

Sowohl die Einzelversuche als auch die verschiedenen Fahrer in den Gruppenversuchen und die Gruppenversuche als ganze unterscheiden sich beträchtlich. Ähnlich ist zudem, dass die Gefahren- und Situationsbeurteilung, die je nach Fahrer ab dem Erkennen der Unfallstelle, des Rauchers oder der Warnblinker der vorherigen Fahrzeuge startet, ganz wesentlich die späteren Handlungs- und Wegewahlentscheidungen beeinflusst. In den Einzelversuchen findet diese Gefahren- und Situationsbewertung nur auf Grundlage der eigenen Wahrnehmung, die durch professionelles Vorwissen ergänzt sein kann, statt. In den Gruppenversuchen werden gerade auf den mittleren und hinteren Wagenplätzen immer auch die Verhaltensweisen der anderen im Tunnel befindlichen interpretiert und aus deren Reaktion auf die Situation Schlüsse zur Gefährdungslage gezogen und damit die eigene Wahrnehmung und Situationsbewertung ergänzt. Trat in den Einzelversuchen Handlungsunsicherheit auf, so musste diese aus sich selbst heraus oder nach einem Gespräch mit dem Tunneloperator aufgelöst werden. In den Gruppenversuchen konnten sie mit einer Orientierung an anderen oder einem Abgleich des eigenen Handelns mit dem anderer Personen (kurzfristig) überbrückt werden.

Automatisiertes Wagensicherungsprogramm haben eigentlich alle. Also Bremsen, Rettungsgasse, Warnblinkanlage und meist auch Warnweste → zwar bei Warnweste auch Nachahmereffekte, aber dieses generelle „Unfall-/ Pannenhandlungsprogramm“, das man zB sehr ausführlich in der Fahrschule lernt, wird meist im Tunnel auch automatisiert angewendet → in den Interviews wird es nicht als bewusste Entscheidung sondern als Abfolge automatisiertes und nicht weiter begründeswerter (da selbstverständlicher) Handlungsschritte erzählt und das sowohl in den EV als auch in den GPV

Gruppenversuche

Überblick über Handlungen und Interaktionen in den Gruppenversuchen

In den Gruppenversuchen ließ sich ein sehr breites Verhaltensspektrum beobachten und in den Interviews erweiterte sich der beschriebene Möglichkeitsraum der Handlungen dann nochmal enorm.

Von im Auto sitzenbleiben und warten (V3_F9) über die Überlegung zu wenden, bis hin zur Überlegung in den Rauch zu fahren (V4_F1 und V2_F1) oder von der Entscheidung direkt zu entfluchten (V3_F1 und F2) über

einen Löschversuch (V2_F3) bis hin zur Entscheidung sehr lange im Tunnel die Unfallstelle zu erkunden und sich in den Rauch zu begeben (V5_F7).

Es gibt ein automatisiertes Wagensicherungsprogramm, also das Abbremsen, an die rechte Seite fahren um Rettungsgasse zu bilden, Warnblinkanlage einschalten und zum Stehen kommen, dass alle Personen machen
→ automatisiertes „Wagenkolonne-kommt-zum-Stehen-und-es-ist-unklar-warum/-wie-lange“- Programm, das alle Personen bereits vor Einfahrt haben

Es folgt eine kurze Beschreibung zu den Interaktionen und Besonderheiten jedes Versuchs und dann eine kurze Charakterisierung jedes Wagens.

Beschreibung Ablauf der Gruppenversuche

Beschreibung Gruppenversuch 1 – Rekonstruktion aus Interviews

7 Autos, 13 Personen, 1 Person mit professionellem Vorwissen (die dieses aber nicht kennzeichnet oder anwendet)

Der Gruppenversuch 1 zeichnet sich durch wenig beidseitige Interaktionen aus. Für die Entfluchtung aller Wagen ist das Aussteigen der Besatzung des zweiten Wagens handlungsleitend. Ihm folgen dann die Insassen der anderen Wagen. Der Fahrer des Wagens 4 entscheidet sich dann dazu nach vorne zu laufen, zu erkunden und zu überprüfen, ob es hilfebedürftige, verunfallte Personen gibt.

→ Außer zwischen Wagen 1 und 2 keine (non-)verbale Kommunikation, keine Gruppenbildung und auch kein Zusammenschluss zu Bewegungs-/ Entfluchtungseinheiten.

Da die hinteren Wagen näher am Querschlag parken sind, erreichen sie diesen – zusammen mit der Beifahrerin aus Wagen 2 – als erstes. Im Interview wird der Ausstiegsimpuls aber als von Wagen 2 ausgehend beschrieben, und jedes Fahrzeug, außer Wagen 1 (der hat sich nach hinten zu Wagen 2 orientiert) gibt als Startimpuls für die eigene Entfluchtung an, dass die Insassen der Wagen vor ihnen das Auto verlassen haben.

→ Hilfeleistung/ Erkundung durch V1_F4

→ Notruf durch Drücken der Feuertaste durch V1_F2 Fahrer

→ Startimpuls und damit Handlungsinitiierendes und Handlungsanleitendes Verhalten kommen von Wagen 2

→ erster Ausstieg auch Wagen 2

→ Handlungsverzögerung bei Wagen 1 und 2 mit Überlegen was zu tun ist beschrieben → Handlungsverzögerung/ Warten im Wagen ab Wagen 3 damit beschrieben erstmal schauen zu wollen, wie die anderen sich verhalten/ Reaktionen der anderen Versuchsteilnehmer*innen zu beobachten

- Fahrer des ersten Wagens fährt „auf normale Weise“ ein, erkennt Verrauchung und bremst dann langsam ab und bildet direkt eine Rettungsgasse. Er ist verunsichert und weiß nicht, wie er sich Verhalten soll und bleibt deshalb zunächst sitzen. Der Fahrer des Wagens fährt an den zweiten Wagen auf und steigt aus, um den Fahrer des ersten Wagens herauszuholen. Als F1 das sieht verlässt er auch sein Auto und die Fahrer der Wagen 1 und 2 entfluchten gemeinsam. Die Beifahrerin des Wagens 2 macht sich indes direkt auf den Weg zum Querschlag. Der Fahrer des Wagens 1 denkt Hilfeleistung ist nicht mehr notwendig, da er den LKW für ein Fahrzeug der Straßenverwaltung hält, Hilfeleistung von verunfallten ist bei den Insassen des Fahrzeugs 2 kein Impuls, sie wollen direkt entfluchten. Im Querschlag drückt der Fahrer des Wagens 2 dann „Feuer“-Taste.
- Die Fahrer des Wagens drei gibt an sich bei Anhaltevorgang, Ausstiegsimpuls und Fluchtimpuls stark an den Personen der Wagen vor ihnen, vor allem also an Fahrzeug zwei orientiert zu haben. Fahrer des Wagens 3 hält zwar mit einigem Abstand zum zweiten Wagen, orientiert sich in seinem Verhalten aber stark an diesem, da die Insassen seine Nachbarn sind.

- *"Eigentlich habe ich mir gesagt äh einfach halten in Krisensituationen, keine komplizierten Lösungen,"* (V1_F4, Pos. 75), Fahrer des Wagens hat ein „Krisenhandlungsprotokoll“, das aus Hilfeleistung und sofortiger Entfluchtung besteht. Er steigt aus und geht zur Unfallstelle nach vorne, und Hilfe zu leisten und diese überblicken zu können. Dabei kommen ihm die vier Insassen der Wagen 1, 2 und 3 entgegen. Sie gehen aneinander vorbei, ohne zu interagieren. Als der Fahrer des Wagens 4 ausschließen kann, dass es hilfebedürftige Verunfallte gibt, dreht er um und entfluchtet direkt zum Querschlag, der bereits vorher erkannten Fluchtwegbeschilderung nach. Das eigene Handlungsprogramm dieses Fahrers ist also stärker als die Orientierung an der Gruppe.
- Die drei Insassen dieses Wagens (5) erkennen bereits, bevor sie den Rauch wahrnehmen die Warnblinkanlage der vorherigen Autos und fahren deshalb vorsichtig. Sie entscheiden sich, auch in Rückerinnerung an das Tunnelunglück in Kärnten, direkt zu dritt zu entfluchten. Hilfeleistung wird nicht in Erwägung gezogen, da sie sehen, dass der Fahrer des Wagens vor ihnen bereits Richtung Unfall läuft. Sie begeben sich dann den anderen Folgen auf den Fluchtweg. Fahrer und Beifahrerin wären über Tunnelportal entfluchtet und haben Querschlag nur wahrgenommen, weil eine Person in der Tür stand und diese aufgehalten hat. Mitfahrerin auf Rücksitzbank ist bzw. war lange bei der Feuerwehr und weiß zB, dass man den Autoschlüssel stecken lassen muss, sie nutzt dieses Wissen aber nicht → Handlungs- und Ausstiegsimpuls eher vom Fahrer aus
- Die Fahrerin des Wagens 6 wartet im Auto bis sich die Wagentüren der Autos vor ihr öffnen, sieht das als Startimpuls, steigt dann jedoch direkt aus und entfluchtet schnell und direkt via Querschlag. Dort denkt sie über mögliche vergessene Hilfeleistung nach. Notruf ist in ihren Augen nicht mehr nötig, da sie bereits die Durchsage hört
- *„und ja, man verhält sich einfach nach dem Motto: "Was tun der Vordere?"“* (V1_F7, Pos. 83)
"Eigentlich haben wir geschaut, was jetzt die anderen Leute machen und dann sind wir da raus hier und dann". (V1_F7, Pos. 37) → Die Insassen des Wagens 7 geben an, dass sie angehalten und zunächst beobachtet haben, was die anderen Personen machen. Als sie sehen, dass diese nach und nach alle aussteige, entscheiden sie sich dazu ihre Warnwesten anzuziehen das auch zu tun. Da die Fahrer der Wagen vor ihnen bereits früher zum Stehen gekommen sind, steigen sie auch früher aus, sodass die drei nicht lange im Wagen sitzen, bis sie durch das Aussteigen der anderen den Startimpuls für ihre eigene Entfluchtung bekommen.
- Fahrer des letzten Wagens sieht zuerst die Warnblinkanlagen der vorherigen Autos. Bereits im Anhalten erkennt er, dass Personen weiter vorne mit Warnweste aussteigen und kramt diese direkt raus. Er steigt dann, den Handlungen der „Mehrheit“ folgend auch direkt aus und entfluchtet in den Querschlag.

Beschreibung Gruppenversuch 2 – Rekonstruktion aus Interviews

7 Autos, 14 Personen, 3 Personen mit professionellem Vorwissen

→ Mehr Interaktion als in Versuch 1 (aber zunächst nur die hinteren 3 Wägen, Interaktion von allen, dann vor/ in Querschlag)

→ Erkundung der Unfallstelle/ Hilfeleistung durch Fahrer Wagen 1, Hilfeleistung andere im Tunnel: Wagen 5

→ Erster Ausstieg: Wagen 2

→ Notruf in Notrufnische im Tunnel: Beifahrerin Wagen 2 und Fahrerin Wagen 7

→ Löschversuch: Wagen 3

Keine Interaktion zwischen den ersten 4 Wagen bis zum Querschlag/ bis vor den Querschlag → entscheiden sich alle für ein Handlungsprogramm und setzen dieses alleine oder im Kleingruppen stringent um. Beim Ausstiegsimpuls/ Startimpuls findet zwar viel Orientierung an anderen statt, in der Ausführung des Handlungsprogrammes wird dann aber als Wageneinheit ohne Interaktion gehandelt.

Interaktion durch Wagen 5 mit Wagen 6 und 7 → fordert diese zur Entfluchtung auf und leitet sie in den Querschlag

Impuls zum Ausstieg und zur anschließenden Entfluchtung gehen vom Fahrer des ersten Wagens und dem gesamten zweiten Wagen aus → fungieren handlungsanleitend/ als Impulsgeber

Die Fahrerin des Wagens 5 übernimmt Anleitung der Entfluchtung der letzten drei Wagen, weist V1_F6 und V1_F7 an → diese bilden dann (laut F7) Entfluchtungseinheit

Gruppe trifft sich vor Querschlag, geht dann gemeinsam in Querschlag → hier dann Interaktion, davor nur bei den letzten drei Wägen

Im Gegensatz zu Versuch 1 ist auch auf den hinteren Wagenplätzen Hilfeleistung als Handlungsoption genannt worden

- Der Fahrer des Wagens 1 (Feuerwehrmann) steigt nach Anhaltevorgang direkt aus und erkundet Unfallstelle. Er verschafft sich einen Überblick und entscheidet aufgrund seines professionellen Vorwissens, dass Selbstgefährdung zu groß wäre ohne Schutzausrüstung in den Rauch zu gehen. Kehrt zu seinem Wagen zurück und fordert seine drei Mitfahrer*innen zum Aussteigen und Entfluchten auf. Die eine Mitfahrerin auf der Rücksitzbank gibt an, dass sie direkt einen U-Turn gemacht hätte, und wieder aus dem Tunnel gefahren wäre versucht hätte an der Unfallstelle vorbeizufahren, die andere Mitfahrerin auf der Rückbank sagt sie wäre aufgrund der Verrauchung gar nicht ausgestiegen wäre → Professionelles Vorwissen und anleitende Rolle des Fahrers verhindert dieses fatale/problematische/ kritische Verhalten. Die drei anderen Wageninsassen folgen dem Fahrer, aber da sie noch Warnwesten anziehen wollen und etwas langsamer gehen ist dieser immer ein Stück vor ihnen auf dem Fluchtweg und bedeutet ihnen mit Handbewegungen sich zu beeilen → folgen der Fluchtwegbeschilderung direkt in den Querschlag → Fahrer wartet vor Querschlag auf Rest seiner Wagenbesatzung
- Die vier Personen in Wagen 2 warten nach Anhalten kurz ab und steigen dann direkt als erstes aus. Die Beifahrerin löst sich von der Gruppe ab und läuft zur Notrufnische, um dort Feuerknopf zu drücken Notruf abzusetzen. Die drei anderen Insassen bleiben zunächst am Wagen und Beraten dort über ihr weiteres Vorgehen. Entscheiden sich dann dazu dem Fluchtweg folgend in den Querschlag zu gehen. Die Beifahrerin bekommt in der Notrufnische auch die Anweisung via Querschlag zu entfluchten und folgt dieser Anweisung dann und trifft dort auf den Rest ihrer Wagenbesatzung
- Fahrer des dritten Wagens hält mit 50 Meter Abstand, um im Notfall umdrehen zu können. Weil der Fahrer sieht, dass die Türen der Unfallfahrzeuge offenstehen, ist für ihn Hilfeleistung keine Handlungsoption mehr. Aber: erkennt Feuer und hat Instinkt Feuer zu löschen → schnappt sich Feuerlöscher und läuft nach vorne Richtung Unfallstelle, weil er dort dann die Durchsage, die zur Entfluchtung auffordert, versteht und sieht, dass alle anderen entfluchten revidiert er seine Entscheidung, bricht Löschversuch ab und entfluchtet der Fluchtwegbeschilderung folgend. Wäre ohne andere Personen, die vor dem Querschlag standen zum Tunnelportal gelaufen und hätte darüber entfluchtet. Entscheidet sich dann den anderen in den Querschlag zu folgen.
- Das Ehepaar fährt in den Tunnel ein und nimmt zuerst bremsende Kolonne und dann mehr und mehr Warnblinklichter wahr. Fahrer sagt, er hätte da direkt anhalten sollen. Fährt dann aber auf, bis vor das Auto vor ihm und an die rechte Seite. Sie machen die Fenster hoch und erstmal Umluft an und beobachten das Verhalten der anderen. Sie sagen bei ihnen geht ein „Notfallmodus an“. Fahrer bewertet das Verhalten der anderen aus dem Auto heraus als potenziell gefährlich und begründet warum Hilfeleistung und Notruf an der Notrufsäule vorne wegen des Rauches Eigengefährdend ist. Schreitet aber nicht korrigierend ein, um Leute da wegzuholen. Als dann das Gebläse angeht und den Rauch verteilt ist das der Startimpuls die Selbstrettung zu starten, die bereits vorher geplant war. Zu sehen, dass sich die Anderen Auto-Insassen

auch auf den Weg machen, gibt ihnen Sicherheit das Richtige zu machen. Sie folgen der bereits vorher beachteten Fluchtwegbeschilderung in den Querschlag.

- Die Fahrerin des fünften Wagens hat professionelles Vorwissen. Sie steigt aus und möchte entfluchten. Sie sieht, dass andere Personen dies nicht tun, und fühlt sich verpflichtet ihnen zu helfen. Fordert Personen des Wagens hinter ihr auf auszusteigen und begleitet diese dann auch in den Querschlag, da sie denkt, dass andere den Querschlag vielleicht nicht finden. Sie hat einen sehr guten Überblick über Tunnelsituation und zählt im Querschlag durch, und kann so abschätzen, wie viele noch fehlen.
- Der Fahrer des sechsten Wagens bleibt zunächst im Wagen sitzen und steigt dann aus, als er sieht, dass das viele der Personen vor ihm tun. Überlegt kurz Hilfe zu leisten, sieht dann aber viel Personen, die näher am Unfallort sind und gibt Verantwortung an diese ab. Begibt sich dann Richtung Querschlag und dreht nach ein paar Schritten um, da er sieht, dass andere eine Warnweste tragen und er das für eine gute Idee hält. Läuft wieder der Fluchtwegbeschilderung folgend zum Querschlag, dreht dann aber erneut um, da er die Warnblinkanlage vergessen hat und dies für notwendig hält. Entfluchtet dann schließlich der Durchsage und V2_F5 folgend in den Querschlag.
- Die Fahrerin des letzten Wagens nimmt die Situation als nicht (lebens-)bedrohlich war, weshalb sie keinen Handlungs- oder Entscheidungsdruck spürt. Sie bleibt zunächst im Wagen sitzen. Als sie sieht, dass alle anderen Aussteigen und V1_F5 sie dazu auffordert auch zu entfluchten steigt sie aus und läuft Richtung Querschlag. Auf dem Weg sieht sie andere mit Warnweste, dreht um und geht zurück zum Wagen, um diese zu holen. Dort überlegt sie kurz ihren Hund aus dem Kofferraum mitzunehmen, entscheidet sich dann aber in dem Wissen, dass es eine Simulation ohne echte Gefahr ist, dagegen. Sie geht nun zunächst in eine Notrufnische, um einen Notruf abzusetzen, versteht den Operator aber nicht richtig. Sie entfluchtet dann gemeinsam mit der Gruppe in den Querschlag. Auf dem Weg berät sie sich mit V1_F6 über die Notwendigkeit von Hilfeleistung, sie kommen aber zu dem Entschluss, dass das nicht notwendig ist.

Beschreibung Gruppenversuch 3 – Rekonstruktion aus Interviews

10 Autos, 13 Personen, 3 Personen mit professionellem Hintergrund

F3 und F4 Nachbarn, F5 und F6 gut befreundet und F7 und F8 sind ein Paar

Entfluchtung findet in diesem Versuch in zweier Wagengruppen statt. Wagen 1+2, 3+4, 5+6, 7+8, 9+10.

Bei Wagen 1 und 2 ist es, weil sie interagieren, sich besprechen, abwägen, ob Hilfeleistung sinnvoll ist und dann gemeinsam entfluchten. Bei den Wagenpaaren 3+4, 5+6 und 7+8 findet eine gemeinsame Handlungsentscheidung und dann Entfluchtung statt, da es sich um Realgruppen über Wagen hinweg handelt. Wagen 9+10 entfluchten gemeinsam als letztes, da sie von V3_F7 aufgefordert werden auszusteigen und in den Querschlag zu gehen und durch die Anweisung werden sie von außen zu einer Entfluchtungsgruppe ohne „wir“

→ Erster Ausstieg: F1 und F2 → geben Impuls zur Entfluchtung

→ Handlungsanleitend: F1, F2 und F7

→ Tätigt Notruf im Querschlag: Fahrer F2

→ Warten im Auto und Handeln erst, als sie dazu aufgefordert werden: F9 und F10

→ Erkundung/ Hilfeleistung von keinem

→ Wird als Aktionsanstoß, der von vorne nach hinten durchgeht beschrieben

→ Durchsagen haben erstaunlich wahrgenommen und einige auch verstanden

Außerhalb der 2er Wagenpaare keine Interaktion im Tunnel (außer natürlich F7, die F9 und F10 auffordert auszusteigen) → aber im Querschlag findet dann angeleitet durch F2 eine Gruppensammlung/-bildung statt,

sodass die gesamte Versuchsgruppe 3 dann gesammelt und mit dem Wissen, dass niemand mehr im Tunnel ist, den Querschlag in die Parallelröhre verlässt.

- Wagen 1 fährt ein und wartet dann kurz. Steigt dann zeitgleich mit der Besatzung von Wagen 2 aus. Die drei beraten sich, ob Hilfeleistung/ Erkundung notwendig ist und entscheiden sich dann wegen Eigengefährdung dagegen. Sie begeben sich auf den Fluchtweg (der Beschilderung folgend) via Querschlag. Fahrer des Wagens 1 fordert andere Autofahrer*innen verbal und non-verbal dazu auf auszusteigen und mit ihnen zu entfluchten.
- Aus Wagen 2 steigen beide aus und entfluchten nach Beratung über Hilfeleistung (siehe oben) gemeinsam mit F1. An Querschlag angekommen, geht der Fahrer rein und fängt dort bereits an einen Notruf an der Notrufsäule abzusetzen. Seine Beifahrerin bleibt an der Tür stehen und wartet hier auf andere Personen. Sie ruft daraufhin "sind jetzt alle da?" in den Tunnel. Jemand antwortet, dass noch 3 Personen fehlen. Auf diese warten sie dann noch und verlassen gemeinsam den Querschlag in den Paralleltunnel.
- Fahrerin des dritten Wagens steigt aus, als sie sieht, dass die Wagen vor ihr das machen. Findet sich auf dem Weg mit ihrer Nachbarin zusammen und die beiden entfluchten gemeinsam. Auch Nachbarin, also Fahrerin aus Wagen 4 steigt aus, weil sie sieht, dass die Personen aus den Autos vor ihr dies tun.
- Auch die beiden Fahrerinnen aus Wagen 5 und 6 steigen aus, weil sie sehen, dass die Autoinsassen vor ihnen das machen. Finden sich dann zusammen und entfluchten der Anweisung der Durchsage folgend. Bei der Wegewahl orientieren sie sich an Fluchtwegbeschilderung und entfluchten in Querschlag.
- Die Fahrerin des Wagens 7 ist nach Anhalten zunächst überfordert und sehr unsicher. Sie irritiert, dass keine Kommunikation mit den Fahrzeugen davor über gemeinsames Vorgehen stattfindet. Deshalb bespricht sie sich mit ihrem Mann aus Wagen 8, der (in Rückbeziehung auf die Durchsagen) zur Entfluchtung via Querschlag auffordert. Auf dem Weg entscheidet sie sich dann die Wagen 9 und 10 auch zum Ausstieg/ zur Entfluchtung anzuleiten.
- Das Paar in Wagen 9 bleibt zunächst sitzen, aber nicht aus Handlungsunsicherheit, sondern weil sie Aussteigen als gefährlich und falsch und das Auto als sicheren Ort verstehen. Sie halten Unfall für Panne, weshalb Hilfeleistung für sie keine Handlungsoption darstellt. Steigen dann aus als V3_F7 sie dazu auffordert. Der Fahrer übergibt dann Verantwortung für Wegewahl an seine Frau (Beifahrerin), die ihm davor auch schon die Rettungsweste gegeben hat. Sie versteht sich als seine „Managerin“
- Obwohl die Fahrerin des Wagens 10 bei der Feuerwehr ist, bleibt sie im Auto sitzen und wartet bis sie von F7 zur Entfluchtung aufgefordert wird. Die Abwägung der verschiedenen Handlungsoptionen führt zu einer massiven Verzögerung in der tatsächlichen Reaktion auf die Unfallsituation. Zusätzlich beschreibt sie den Bystander-Effekt, da sie sich so weit hinten gar nicht verantwortlich gefühlt habe, weil sie vorne schon so viele Personen gesehen hat. Die Fahrerin dieses Wagens gibt auch selber zu, dass sie sitzen geblieben wäre, wenn F7 sie nicht aufgefordert hätte auszusteigen, da sie den Rauch nicht als direkte Bedrohung für sich wahrgenommen hat.

Beschreibung Gruppenversuch 4 – Rekonstruktion aus Interviews

7 Autos, 14 Personen mit Pressevertreter*innen

In diesem versuch nehmen die Personen Rauch als weniger bedrohlich/ Situation als weniger echt/ ernst wahr
→ Situation eher als Simulation als, als echte Bedrohung verstanden

Viel Passivität im Handeln → auch durch Einfluss von der Presse/ F4, die bereits wusste, was im Tunnel passieren würde → führt zu mehr Passivität im Handeln, aber auch zu der Einschätzung die Situation sei weniger gefährlich, was wiederum zu weniger Handlungsdruck und mehr Passivität führt → F4 als erste „eingeweihte“, dir nur passiv ist → Gruppeneffekt: Beeinflussung der Wagen hinter ihr

Interaktion zwischen F5 und F6, die sich als Bestätigung sehen, „gegen“ die Bewegungsrichtung der Gruppe zu handeln

In Versuch 5 viel Verwirrung über Distanzangaben auf der Fluchtwegbeschilderung → es laufen zunächst viele in die falsche Richtung

→ Notruf im Tunnel absetzen: F2

→ Handeln erst als sie dazu aufgefordert werden: F1

→ Vorbild/ Orientierung für die Wagen 1,3,4: F2

→ Notruf im Querschlag: Fahrer F7

- Das Paar in Wagen 1 fährt relativ weit vor und setzt dann fürs Rettungsgasse bilden nochmal zurück. Der Fahrer überlegt währenddessen auch zu wenden und wieder aus dem Tunnel herauszufahren, am Anfang überlegt er sogar durch die Verrauchung am Tunnel vorbei zu fahren, entscheidet sich dann aber dagegen, da der Rauch doch etwas zu dicht ist. Die beiden steigen relativ schnell aus, sehen dann aber, dass der Fahrer aus Wagen 2 bereits Richtung Notrufrutsche läuft, und setzen sich deshalb wieder in ihr Auto. Dort warten sie bis der Fahrer des Wagens 2 fertig ist mit Notruf absetzen und sie dazu auffordert auszusteigen. Sie entfluchten dann gemeinsam, der Fluchtwegbeschilderung folgend, mit ihm in den Querschlag. Wagenbesatzung bleibt zusammen und tritt als Handlungs- und Entscheidungseinheit auf.
- Sind irritiert vom Verhalten von F1, als dieser zunächst Rückwärtsgang einlegt. Fahrer und Beifahrerin steigen nach einiger Überlegungszeit was zu tun ist gleichzeitig aus. Als sie sieht, dass er sich in Richtung Notrufrutsche bewegt, dreht sie um, und holt Warnwesten für die beiden (Vorübergehende, funktionale Trennung). Sie läuft ihm dann auf Fluchtweg der Tunnelwand folgend entgegen und die vier Personen aus Wagen 1 und 2 entfluchten dann gemeinsam zum Querschlag.
- Die drei jungen Frauen aus Wagen 3 orientieren sich im Verlauf des Versuches an den Handlungen der Besatzung von Wagen 2. Sie verweilen zunächst kurz im Auto und als sie sehen, dass der Fahrer aus Wagen 2 aussteigt, läuft die Fahrerin von F3 ihm nach Richtung Notrufrutsche in den Rauch. Sie dreht dann aber um, da ihre beiden Freundinnen aus dem Wagen ihr zurufen, sie brauche eine Warnweste. Diese suchen sie dann gemeinsam im Auto – finden aber nur eine. Als Fahrer des F2 dann alle auffordert den Tunnel zu verlassen laufen sie auf dem Seitenstreifen zum Querschlag und entfluchten direkt in den Paralleltunnel. Die drei sagen, sie wären ohne andere die anderen im Tunnel schon vorgelaufen und zum Portal raus gegangen. Reflektieren im Interview selbst, dass das anderen nachlaufen und sich an anderen Orientieren/ die eigene Gefahrenbewertung auf dem Verhalten anderer aufzubauen vielleicht auch fehlerhaft sein kann.
- Die Fahrerin von F4 weiß bereits, was im Tunnel passieren wird! Fährt ein und nimmt zuerst den "Nebel" wahr. Sie fährt dann dem Vorderauto hinterher und bildet Rettungsgasse, weil Vorderauto, das macht. Sie bleibt im Auto sitzen und beobachtet die anderen Teilnehmer*innen. Da keine reale Gefahr sieht sie keinen Handlungsdruck und bleibt passiv. Als F2 dann aussteigt macht sie das auch und folgt ihm Richtung Notrufrutsche -> dort wird sie dann angewiesen den Tunnel zu verlassen -> sie folgt Anweisung und anderen Personen, ohne zB selbst die Fluchtwegschilder wahrzunehmen -> insgesamt ist ihr Verhalten sehr passiv -> sie nimmt weder Tunnel richtig wahr (kann kein Unterschied zum vorherigen Tunnel benennen bezüglich Straßentunnelähnlichkeit o.ä.), noch zB Fluchtwegschilder -> in ihrer Handlungsentscheidung und Wegewahl absolut passiv und nur Orientierung an Fahrer von F2
- Zunächst Handlungsverzögerung im Wagen 5, da sie wissen, dass es eine Übung ist und sie noch auf „den Knall“ gewartet haben. Fahrerin hat umfassendes Handlungsprogramm mit Hilfeleistung, Notruf und Entfluchtung, dass sie dann anpasst (verwirft Hilfeleistung und Notruf wegen Verrauchung und weil bereits viele Personen vorne sind). Beifahrerin will nur entfluchten. Sie steigen aus, als die Wagen vor ihnen das tun und entscheiden sich direkt zu Flucht zum Querschlag → beschreiben Schwierigkeit sich „gegen“ die

Gruppe zu verhalten (da der Rest vor ihnen erstmal Richtung Rauch läuft). Treffen auf dem Fluchtweg F6 und entfluchten gemeinsam.

- (Presse?) Die beiden Personen in Wagen 6 bleiben nach Bremsen noch eine Weile sitzen, weil sie zwischen Sitzenbleiben, direkter Entfluchtung und Hilfeleistung abwägen. Aufgrund der Gefährdung durch Rauch und weil sie sehen, dass die Anderen alle aussteigen, machen sie das schließlich auch. Die Fahrerin steigt aus und läuft zunächst Richtung Unfallstelle bis zum nächsten Fluchtwegschild. Sie sagt, sie orientiert sich an "der Gruppe". Dort trifft sie auf F5 und erkennt, dass Fluchtweg in die andere Richtung kürzer ist, drehen dann um und entfluchten seitlich via Querschlag direkt in den Paralleltunnel.
- Als sie während des Einfahrens den Rauch erkennen, tauschen sie sich bereits über mögliches Handlungsprogramm aus. Sie beschreiben sich gegenseitig verbal, was sie sehen. Verzögerung im Wagen durch Abwägung was zu tun ist und Warnweste → Beifahrerin gibt Fahrer die Warnweste und weist ihn an diese anzuziehen, steigen danach zügig gemeinsam aus und laufen zum nächsten Fluchtwegschild. Erkennen dort, dass Distanz nach hinten kürzer ist, drehen um und entfluchten direkt auf der Seite laufend in den Querschlag. Dort telefoniert Fahrer mit Operator, der sie anweist, direkt in den Paralleltunnel zu entfluchten. Das machen sie dann auch und weisen die anderen, die in der Zwischenzeit auch in den Querschlag gekommen sind, an mitzukommen. Fahrer hat Vorwissen über Evakuierungseinrichtungen - er weiß, dass im Querschlag Notrufsäule steht und dass von dort in Parallelröhre entfluchtet werden muss → Handlungsprogramm stand bereits vorher fest. Die beiden Insassen aus F7 treten als Handlungs- und Entscheidungseinheit auf mit hohem Interaktionsgrad auf, diskutieren im Interview teilweise auch recht lebhaft (über zB Autoschlüssel und Start-Stopp Automatik in Autos)

Beschreibung Gruppenversuch 5 – Rekonstruktion aus Interviews

8 Autos, 15 Personen

Besonders auffällig hier ist die Dreiergruppe, die aus den zwei Männern aus Wagen 7 und dem Beifahrer aus Wagen 5 besteht → laufen nach vorne, lange Erkundung und Hilfeleistung, dann Notruf bei Notrufnische im Tunnel und dann Entfluchtung via Tunnelportal

Ansonsten wenig Interaktion – die ersten vier Wagen entwerfen je für sich ein Handlungsprogramm, das sie als Einzelperson oder Paar für sich umsetzen, Interaktion dann erst im Querschlag (und dort auch nur teilweise, V5_F4 laufen beide an der Gruppe im Querschlag vorbei, ignorieren diese und gehen gleich weiter in Paralleltunnelröhre, V5_F6 machen das auch und gehen dann sogar weiter zum Tunnelportal in der Parallelröhre

Viel Unklarheit über Vorgehen ab Querschlag, manche gehen sogar in die Paralleltunnelröhre und dann wieder zurück in den Querschlag → auch Diskussion darüber im Querschlag, ob dieser ein „sicherer Ort“ ist

Lange Wartezeiten im Auto in Versuch 5 → wenn manche Personen unsicher sind und deshalb zunächst nicht handeln (vor allem die ersten Wagen), überträgt sich das auf die hinteren Wagen da diese erstmal schauen, was die vorne so machen und sich Passivität dann als Gruppeneffekt durchzieht

→ Impuls zur Rettungsgasse von F2 aus (in allen anderen versuchen startet das bei F1)

→ Erkundung/ Hilfeleistung: F5 Beifahrer und F7 (auch die einzigen, die über das Tunnelportal im Unfalltunnel entfluchten)

→ Zu Tunnelportal in Parallelröhre: Paar aus F6

- *"- Danach denkt man, es ist Gefahr, man muss schnell raus. - Und irgendwohin, wo es sicher ist. - Das ist natürlich sehr klar. [...] - Das war einfach eine menschliche Reaktion. - Man sieht Gefahr und man sucht natürlich Schutz."* (V5_F1, Pos. 73) → direkt starker Fluchtimpuls, aber Verzögerung im Auto, weil er zunächst eine Weile braucht, um seine Warnweste zu finden. Als er dann aussteigt, sind bereits andere vor ihm ausgestiegen und er folgt ihnen in den Querschlag.

- Fängt an Rettungsgasse zu bilden und liefert damit Vorlage für F1. Da der Rauch dann auch über das Auto zieht entscheiden sie sich direkt zu entfluchten. Die Beifahrerin dreht sich dabei, um zu überprüfen, dass F1 mitkommt -> Verantwortungsgefühl, ohne dass F1+F2 eine Gruppe sind. Der Fahrer dieses Wagens sagt, dass es bei realer Gefahr umgedreht hätte und rausgefahren wäre. Folgen sowohl Fluchtwegbeschilderung als auch orientieren sie sich an anderen Personen.
- Der Fahrer des dritten Wagens steigt aus, als er sieht, dass die Personen aus den Fahrzeugen vor ihm dies tun. Er folgt ihnen dann bei Entfluchtung zum Querschlag.
- Für Fahrzeug 4 fehlt das Interview, es wurde nachgesprochen. Daraus lässt sich rekonstruieren, dass die beiden nach einiger Wartezeit im Auto direkt in den Querschlag entfluchtet sind. Dort haben sie die anderen Menschen ignoriert, und sind an ihnen vorbei direkt in die Parallelröhre.
- Im Fahrzeug 5 sitzt eine Familie. Der Sohn fährt, Vater auf dem Beifahrersitz und Mutter und Tochter hinten. Bereits im Auto während des Anhaltens diskutieren sie, ob Hilfeleistung notwendig und angebracht ist. Die Mutter sagt nein, denn sie seien als Familie im Tunnel. Sie steigen dann gemeinsam aus, als sie sehen, dass andere auch aussteigen. Der Vater sondert sich dann gleich von der Familie ab und schließt sich den beiden Männern aus Wagen 7 an. Diese gehen dann zu dritt erkunden, Hilfe leisten und Notruf an der Notrufnische im Tunnel absetzen, bevor sie durch das Tunnelportal entfluchten. Die Mutter fühlt sich verpflichtet Verantwortung für ihre Kinder zu übernehmen und bringt diese in Sicherheit. Der Vater (Beifahrer) versteht sich als autonomer Entscheider, der ungeachtet seiner Realgruppenzugehörigkeit agieren kann. In der Stresssituation fällt man auf gewohnte Interaktionsmuster zurück (Vater: „das funktioniert bei uns so“ (V5_F5, Pos. 125)) - Vater übergibt Sorgeverantwortung an die Mutter und diese nimmt ihren beiden erwachsenen Kindern gegenüber eine Autoritätsrolle ein. Die Mutter entfluchtet also mit ihren Kindern (deren Handlungsprogramme angesichts der Ansagen ihrer Mutter sekundär werden) in den Querschlag. Dort gibt es Austausch und Unklarheit über das weitere Vorgehen - sie gehen alle einmal in den Paralleltunnel und dann aber wieder zurück in den Querschlag.
- Das Paar wartet relativ lang im Wagen 6. Sie steigen dann aufgrund der stärker werdenden Verrauchung aus und weil sie hören, dass es irgendeine Durchsage gibt (die sie aber nicht verstehen). Sie folgen dann ihrem bereits vorher bestehenden Fluchtimpuls und laufen direkt über den Querschlag in die Parallelröhre. Im Querschlag verstehen sie „Bitte verlassen Sie den Tunnel“. Deshalb entscheiden Sie sich in der Parallelröhre zum Tunnelportal zu laufen. Keine Interaktion mit anderen.
- Der Wagen 7 nimmt im Versuch 5 eine besondere Rolle ein. Bereits während des Einfahrens diskutieren die beiden Männer mögliches Vorgehen. Zunächst wollen sie den Wagen wenden und wieder aus dem Tunnel herausfahren, der Fahrer weist aber auf die Notwendigkeit von Hilfeleistung hin, der Beifahrer will einen Notruf absetzen. Im Folgenden kombinieren sie die zwei Leitimpulse in ein Handlungsprogramm (Fahrer will Hilfeleistung von Verunfallten, Beifahrer will Notruf absetzen). Die beiden halten an, bilden eine Rettungsgasse und steigen aus. Sie bewegen sich Richtung Unfall und sprechen einen Mann mit Tattoos an, ob der nicht mit ihnen mitkommen wolle. Dieser antwortet mit „*Eigenschutz geht vor Fremdschutz*“ (V5_F7, Pos. 316) deshalb entschließen sich die beiden Männer alleine Hilfe zu leisten. Erst später, als sie bereits vor der Notrufnische im Tunnel stehen, bemerken sie, dass der Beifahrer und Vater aus F5 ihnen gefolgt ist. Die Männer laufen in den Rauch und kontrollieren, ob Hilfeleistung notwendig ist. Sie drehen dann um und begeben sich zur übernächsten Notrufnische im Tunnel (die vorne beim Unfall nehmen sie nicht wahr) und der Beifahrer setzt da einen Notruf ab. Während der gesamten Zeit interagieren die beiden Männer viel und sprechen miteinander, der Beifahrer aus F5 spricht nicht mit ihnen, er läuft immer einige Schritte hinter ihnen, ohne Teil der Gruppe zu werden. Die beiden Männer aus F7 entscheiden sich dann zum Tunnelportal zu laufen und darüber zu entfluchten. Der Vater aus F5 läuft langsamer, da er noch kontrolliert, dass sich niemand mehr in den Autos im Tunnel befindet. Die Insassen

aus F7 nehmen das als Handlungsverzögerung wahr, für sie ist der dritte Mann ein unnötiges Anhängsel. Bis in die Interviewsituation. Bleibt für die beiden Männer das Spannungsfeld Hilfeleistung – Eigensicherung bestehen.

- Der Fahrer des letzten (8.) Wagens sieht bereits beim Abbremsen die Tür zum Querschlag und hält deshalb genau vor ihr an. Er bleibt zunächst kurz im Wagen sitzen und entscheidet sich dann auszusteigen und via Querschlag direkt in den Paralleltunnel zu entfluchten. Interagiert gar nicht mit anderen Personen, vergisst Rettungsgasse.

Anhang 3-5: Qualitative Interviews Übersichts- und Typtabelle zu Einzel- und Gruppenversuchen

Übersichts-/ Typtabelle zu Einzel- und Gruppenversuchen

Auto	Professionell / Situativ	Sicher/ Unsicher im Handeln	Primär Hilfeleistung/ Primär Eigensicherung	Art der Entfluchtung	Leitimpuls	Zusammenfassung
Seat Ateca	Professionell	Sicher	Primär Hilfeleistung - Schaut nach Verunfallten - Notruf in Nische Dann Eigensicherung	Querschlag (mit Hand an Wand entlang)	Vorhandenes Handlungs- programm befolgen (Hilfeleistung, Notruf, Eigensicherung)	Professionelles Vorwissen und Tunnelspezifisches Handlungsprogramm, sicheres Handeln, primäre Hilfeleistung, unmittelbare Eigensicherung
Mitsubishi	Situativ	Unsicher	Primär Entfluchtung Kein Notruf/ Hilfeleistung	Zögerliches Wenden und Ausfahren	Entfluchtung	Situative Entscheidung ohne vorher bestehendes Handlungsprogramm, eher unsicher, verzögerte Entfluchtung durch Wagen als Leitimpuls, keine Hilfeleistung/ Notruf
Tesla	Situativ	Sicher	Primär Notruf Dann Entfluchtung Keine Hilfeleistung	Querschlag	Hilfeleistung durch Notruf	Situative Entscheidung mit teilweise vorherbestehendem Handlungsprogramm, Primär Hilfeleistung durch Notruf
Mazda	Situativ	Unsicher	Primär Hilfeleistung, kein Notruf, verzögerte Entfluchtung	Querschlag	Zunächst Hilfeleistung, später Entfluchtung wegen Rauchs	Situative Entscheidung, unsicheres und verzögertes Handeln (auch Entfluchtung), langes Überlegen in der Situation, primär Hilfeleistung
Mercedes	Situativ	Sicher	Primär Eigensicherung Kein Notruf / Hilfeleistung	Wenden und Ausfahren	Eigensicherung	Sichere situative Entscheidung, Primär Eigensicherung / keine Hilfeleistung, Entfluchtung durch Tunnelausgang
Tiguan	Professionell	Sicher	Primäre Hilfeleistung, dann Entfluchtung	Querschlag	Vorhandenes Handlungs- programm befolgen (Hilfeleistung, Notruf, Eigensicherung)	Professionelles Vorwissen und Tunnelspezifisches Handlungsprogramm, sicheres Handeln, primäre Hilfeleistung, unmittelbare Eigensicherung
Kia	Situativ	Unsicher	Hypothetisch: Primär Entfluchtung	Hypothetisch: Entfluchtung durch „Ausgang“	Hypothetisch: Entfluchtung	Unsicheres, situatives Handeln Auffahrunfall und Simulationsabbruch hypothetisch: primär Entfluchtung

[illegible]

Anmerkungen zur Tabelle:

- **Legende der Abkürzungen:**
 - Vorwissen (P: Professionell, A: Anderes, K: Keines)
 - Konkrete Stationen im Handlungsprogramm vorhanden: J: Ja, N: Nein, K.A.: Keine Angabe, T: Teilweise
 - Startimpuls (was hat Startimpuls/ Ausstiegsimpuls gegeben): R: Rauch oder Bedrohung durch Rauch/ Feuer, HA: Handeln Ander (beobachtetes oder direkt aufgefordert)
 - Leitimpuls (was hat Handlung maßgeblich motiviert): E: Eigensicherung, H: Hilfeleistung, F: Anderen Folgen, L: Lösversuch, W: passives Warten
- Gruppenbildung: Mit Gruppenbildung ist jede Art von Zusammenschluss (über Wagengruppen hinweg) gemeint, ob das eine lose Bewegungseinheit ohne „wir“ ist, die sich auf dem Fluchtweg begegnet und dann gemeinsam zum Querschlag läuft, oder ob das eine Gruppe mit Zugehörigkeitsgefühl (Entscheidungs- und Handlungseinheit) meint
- Wenn sich Personen eines Wagens unterschieden haben, so habe ich sie in der Tabelle auch differenziert (1 ist dabei Fahrer, 2 Beifahrer usw.), bei Gruppen, bei denen keine Differenzierung der einzelnen Personen vorliegt, hatten sie zB entweder das Gleiche Handlungsprogramm oder sie haben nicht alle zu allen Fragen geantwortet
- Überblick meint, dass die Situation (Unfall oder im Tunnel) grob erfasst wurde und im Interview rekonstruiert werden kann

Anhang 4:

Quantitative Auswertung Zeiten

VERSUCH	PKW	Fahrzeug	Position	PERSON	Einfahren 1	Anhalten 1	Anhalten 2	Fahrzeit	Tür/Fenster 2	Aussteigen 2	Verbleib im F	Erkunden bis Erkunden	Erreichen Notrufkabin	Meldung abgesetzt	Dauer Meldung	Flucht- beginn	Fluchtziel erreicht	Fluchtzeit Weg	Fluchtweg[m]	t[s]	V[m/s]
E1	1	Mitsubishi ASX, weinrot	250	1, FahrerIn	00:00:00	00:00:30	00:00:00	00:30	-	-	00:00:47	-	-	-	-	00:00:47	00:02:08	-	-	-	-
E2	1	SEAT Ateca, weiß	234	1, FahrerIn	00:00:00	00:00:32	00:00:00	00:32	00:00:06	00:00:08	00:00:08	00:00:47	00:00:58	00:02:53	00:01:55	00:02:53	00:04:08	00:01:15	97	75	1,29
E3	1	Tesla Model 3, weiß	213	1, Fahrer	00:00:00	00:00:26	00:00:00	00:26	00:00:05	00:00:06	00:00:06	00:00:26	00:00:37	00:01:59	00:01:22	00:01:59	00:03:13	00:01:14	97	74	1,31
G1	1	Golf, braun, blau, ÖBB	242	1, Fahrer	00:00:00	00:00:38	00:00:00	00:38	00:00:56	00:00:57	00:00:57	00:00	-	-	-	00:00:57	00:01:59	00:01:02	97	62	1,56
G1	2	Ford Transit, weiß	234	1, Fahrer	00:00:04	00:00:52	00:00:14	00:48	00:00:43	00:00:45	00:00:31	00:00:58	-	-	-	00:00:59	00:01:54	00:00:55	89	55	1,62
G1	2	Ford Transit, weiß	234	2, Beifahrer	00:00:03	00:00:46	00:00:14	00:43	00:00:44	00:00:45	00:00:31	00:00:59	-	-	-	00:00:45	00:01:54	00:01:09	89	69	1,29
G1	3	Toyota RAV4, blau	217	1, Fahrer	00:00:09	00:00:50	00:00:12	00:41	00:00:41	00:00:45	00:00:33	00:01:17	-	-	-	00:01:17	00:02:12	00:00:55	72	55	1,31
G1	4	Ford Focus, silber	210	1, Fahrer	00:00:18	00:00:52	00:00:15	00:34	00:00:32	00:00:53	00:00:38	00:01:31	-	-	-	00:01:31	00:02:30	00:00:59	97	59	1,64
G1	5	Citroen C4, rot	202	1, Fahrer	00:00:22	00:00:58	00:00:19	00:36	00:00:35	00:00:39	00:00:20	00:01:20	-	-	-	00:01:20	00:02:12	00:00:52	57	52	1,10
G1	5	Citroen C4, rot	202	2, Beifahrer	00:00:22	00:00:58	00:00:19	00:36	00:00:44	00:00:48	00:00:29	00:01:20	-	-	-	00:01:20	00:02:10	00:00:50	57	50	1,14
G1	5	Citroen C4, rot	202	3, Rückbank rechts	00:00:22	00:00:58	00:00:19	00:36	00:00:54	00:00:56	00:00:37	00:01:21	-	-	-	00:01:21	00:02:37	00:01:16	65	76	0,86
G1	6	Suzuki Vitara, weiß	192	1, Fahrer	00:00:27	00:01:00	00:00:22	00:33	00:00:43	00:01:07	00:00:45	00:01:19	-	-	-	00:01:19	00:01:52	00:00:33	47	33	1,42
G1	7	Audi A4, weiß	184	1, Fahrer	00:00:31	00:01:10	00:00:32	00:39	00:00:54	00:01:01	00:00:29	00:01:28	-	-	-	00:01:28	00:01:57	00:00:29	39	29	1,34
G1	7	Audi A4, weiß	184	2, Beifahrer	00:00:31	00:01:10	00:00:32	00:39	00:01:05	00:01:06	00:00:34	00:01:25	-	-	-	00:01:25	00:01:58	00:00:33	39	33	1,18
G1	7	Audi A4, weiß	184	3, Rückbank rechts	00:00:31	00:01:10	00:00:32	00:39	00:00:56	00:01:01	00:00:29	00:01:30	-	-	-	00:01:30	00:01:56	00:00:26	39	26	1,50
G1	8	Golf, schwarz	177	1, Fahrer	00:00:33	00:01:12	00:00:34	00:39	00:01:19	00:01:26	00:00:52	00:01:37	-	-	-	00:01:37	00:01:59	00:00:22	32	22	1,45
G2	1	Skoda Fabia grau	228	1, Fahrer	00:00:00	00:00:27	00:00:16	00:27	00:00:31	00:00:36	00:00:20	00:01:37	-	-	-	00:01:37	00:02:19	00:00:42	95	42	2,26
G2	1	Skoda Fabia grau	228	2, Beifahrer	00:00:00	00:00:27	00:00:16	00:27	00:00:50	00:00:59	00:00:43	00:01:38	-	-	-	00:01:38	00:02:34	00:00:56	95	56	1,70
G2	1	Skoda Fabia grau	228	3, Rückbank rechts	00:00:00	00:00:27	00:00:16	00:27	00:01:02	00:01:05	00:00:49	00:01:38	-	-	-	00:01:38	00:02:34	00:00:56	95	56	1,70

VERSUCH	PKW	Fahrzeug	Position	PERSON	Einfahren 1		Anhalten 1		Anhalten 2		Fahrzeit	Tür/Fenster	Aussteigen 2	Verbleib im F	Erkunden bis Erkunden		Erreichen Notrufrabin e	Meldung abgesetzt	Dauer Meldung	Flucht- beginn	Fluchtziel erreicht	Fluchtzeit Weg	Fluchtweg[m]	t[s]	V[m/s]
G2	1	Skoda Fabia grau	228	4, Rückbank links	00:00:00	00:00:27	00:00:16	00:00:27	00:00:16	00:27	00:00:55	00:00:57	00:00:41	00:01:38	00:41	-	-	-	-	00:01:38	00:02:34	00:00:56	95	56	1,70
G2	2	BMW 218, silber	220	1, Fahrer	00:00:02	00:00:34	00:00:23	00:00:34	00:00:23	00:32	00:00:15	00:00:33	00:00:10	00:01:02	00:29	-	-	-	-	00:01:02	00:02:15	00:01:13	83	73	1,14
G2	2	BMW 218, silber	220	2, Beifahrer	00:00:02	00:00:34	00:00:23	00:00:34	00:00:23	00:32	00:00:11	00:00:30	00:00:07	00:00:34	00:04	00:00:38	00:01:47	00:01:09	00:01:47	00:02:36	00:00:49	00:00:49	75	49	1,53
G2	2	BMW 218, silber	220	3, Rückbank rechts	00:00:02	00:00:34	00:00:23	00:00:34	00:00:23	00:32	00:00:20	00:00:37	00:00:14	00:01:16	00:39	-	-	-	-	00:01:16	00:02:14	00:00:58	67	58	1,16
G2	2	BMW 218, silber	220	4, Rückbank links	00:00:02	00:00:34	00:00:23	00:00:34	00:00:23	00:32	00:00:23	00:00:40	00:00:17	00:01:16	00:36	-	-	-	-	00:01:16	00:02:14	00:00:58	67	58	1,16
G2	3	Seat Alambra, grau	185	1, Fahrer	00:00:10	00:00:28	00:00:17	00:00:28	00:00:17	00:18	00:00:22	00:00:27	00:00:10	00:01:11	00:44	00:01:17	00:01:48	00:00:31	00:01:48	00:02:49	00:01:01	00:01:01	95	61	1,56
G2	4	Skoda Superb, Silber	174	1, Fahrer	00:00:17	00:00:42	00:00:31	00:00:42	00:00:31	00:25	00:00:50	00:02:04	00:01:33	00:02:28	00:24	-	-	-	-	00:02:28	00:02:45	00:00:17	29	17	1,71
G2	4	Skoda Superb, Silber	174	2, Beifahrer	00:00:17	00:00:42	00:00:31	00:00:42	00:00:31	00:25	00:01:57	00:02:22	00:01:51	00:02:28	00:06	-	-	-	-	00:02:28	00:02:44	00:00:16	29	16	1,81
G2	5	Mazda x5, rot	152	1, Fahrer	00:00:21	00:00:42	00:00:31	00:00:42	00:00:31	00:21	00:00:33	00:00:33	00:00:02	00:02:14	01:41	-	-	-	-	00:02:14	00:02:47	00:00:33	29	33	0,88
G2	6	VW Arteon, schwarz	144	1, Fahrer	00:00:24	00:00:48	00:00:37	00:00:48	00:00:37	00:24	00:00:52	00:00:56	00:00:19	00:01:47	00:51	-	-	-	-	00:01:47	00:02:40	00:00:53	6	53	-
G2	7	Landrover, dunkelgrün	131	1, Fahrer	00:00:32	00:00:56	00:00:45	00:00:56	00:00:45	00:24	00:00:53	00:00:55	00:00:10	00:01:39	00:44	-	-	-	-	00:01:39	00:02:08	00:00:29	0	29	-
E4	1	Mazda CX5, rot	242	1, Fahrer	00:00:00	00:00:43	00:00:00	00:00:43	00:00:00	00:43	00:00:09	00:00:11	00:00:11	00:01:21	01:10	-	-	-	-	00:01:21	00:03:36	00:02:15	97	135	0,72
E5	1	Mercedes SUV, grau	220	1, Fahrer	00:00:00	00:00:39	00:00:00	00:00:39	00:00:00	00:39	-	-	00:00:38	-	-	-	-	-	-	00:00:38	00:01:21	00:00:43	75	43	-
G3	1	Ford Transit, Transporter	178	1, Fahrer	00:00:00	00:00:18	00:00:00	00:00:18	00:00:00	00:18	00:00:18	00:00:27	00:00:27	00:00:47	00:20	-	-	-	-	00:00:47	00:01:09	00:00:22	33	22	1,50
G3	2	Fiat Panda, blau	169	1, Fahrer	00:00:07	00:00:28	00:00:10	00:00:28	00:00:10	00:21	00:00:17	00:00:21	00:00:11	00:00:45	00:24	-	-	-	-	00:00:45	00:01:15	00:00:30	24	30	0,80
G3	2	Fiat Panda, blau	169	2, Beifahrer	00:00:07	00:00:28	00:00:10	00:00:28	00:00:10	00:21	00:00:20	00:00:22	00:00:12	00:00:45	00:23	-	-	-	-	00:00:45	00:01:18	00:00:33	24	33	0,73
G3	3	Fiat Doblo, schwarz	161	1, Fahrer	00:00:09	00:00:34	00:00:16	00:00:34	00:00:16	00:25	00:01:02	00:01:07	00:00:51	00:01:25	00:18	-	-	-	-	00:01:25	00:01:40	00:00:15	16	15	1,07
G3	4	VW Golf country grau	150	1, Fahrer	00:00:12	00:00:43	00:00:24	00:00:43	00:00:24	00:31	00:01:00	00:01:04	00:00:40	00:01:15	00:11	-	-	-	-	00:01:15	00:01:29	00:00:14	5	14	-
G3	5	Kia Ceed, weiß	143	1, Fahrer	00:00:15	00:00:38	00:00:20	00:00:38	00:00:20	00:23	00:00:48	00:00:52	00:00:32	00:01:18	00:26	-	-	-	-	00:01:18	00:01:30	00:00:12	-2	12	-

VERSUCH	PKW	Fahrzeug	Position	PERSON	Einfahren 1	Anhalten 1	Anhalten 2	Fahrzeit	Tür/Fenster zu	Aussteigen 2	Verbleib im	Erkunden bis	Erreichen Notrukkabin e	Meldung abgesetzt	Dauer Meldung	Fluchtziel erreicht	Fluchtzeit Weg	Fluchtweg[m]	t[s]	V[m/s]		
	G3	6	Skoda Rapid, grün	136	1, Fahrer	00:00:22	00:00:45	00:00:26	00:23	00:00:33	00:00:47	00:01:21	00:01:18	00:31	-	-	00:01:18	00:01:27	00:00:09	-9	9	-
	G3	7	Toyota, silber	129	1, Fahrer	00:00:25	00:00:46	00:00:27	00:21	00:00:46	00:00:47	00:00:20	00:01:37	00:50	-	-	00:01:37	00:01:43	00:00:06	-16	6	-2,67
	G3	8	Toyota Van, rot	122	1, Fahrer	00:00:30	00:00:54	00:00:36	00:24	00:00:55	00:00:58	00:00:22	00:01:20	00:22	-	-	00:01:20	00:01:41	00:00:21	-23	21	-1,10
	G3	9	VW Golf, grau/schwarz	115	1, Fahrer	00:00:34	00:00:56	00:00:35	00:22	00:01:27	00:01:31	00:00:56	00:01:40	00:09	-	-	00:01:40	00:02:01	00:00:21	-30	21	-1,43
	G3	9	VW Golf, grau/schwarz	115	2, Beifahrer	00:00:34	00:00:56	00:00:35	00:22	00:01:28	00:01:30	00:00:55	00:01:41	00:11	-	-	00:01:41	00:02:01	00:00:20	-30	20	-1,50
	G3	10	Seat Ibiza, weiß	108	1, Fahrer	00:00:37	00:00:56	00:00:35	00:19	00:01:26	00:01:28	00:00:53	00:01:35	00:07	-	-	00:01:35	00:02:03	00:00:28	-37	28	-1,32
	E6	1	VW Tiguan, dunkelgrau	235	1, Fahrer	00:00:00	00:00:20	00:00:00	00:20	-	00:00:43	00:00:43	00:01:54	01:11	00:01:59	00:02:58	00:04:16	00:01:18	97	78	1,24	
	G4	1	Toyota, schwarz	235	1, Fahrer	00:00:01	00:00:32	00:00:00	00:31	00:00:52	00:02:09	00:02:09	00:02:30	00:21	-	-	00:02:30	00:03:31	00:01:01	90	61	1,48
	G4	1	Toyota, schwarz	235	2, Beifahrer	00:00:01	00:00:32	00:00:00	00:31	00:02:02	00:02:04	00:02:04	00:02:30	00:26	-	-	00:02:30	00:03:30	00:01:00	90	60	1,50
	G4	2	Skoda Oktavia, grau	217	1, Fahrer	00:00:04	00:00:34	00:00:02	00:30	00:00:47	00:00:48	00:00:46	00:02:09	01:21	-	-	00:02:09	00:03:34	00:01:25	97	85	1,14
	G4	2	Skoda Oktavia, grau	217	2, Beifahrer	00:00:04	00:00:34	00:00:02	00:30						-	-						
	G4	3	Opel Corsa, grün	209	1, Fahrer	00:00:09	00:00:34	00:00:02	00:25	00:00:53	00:00:55	00:00:53	00:02:30	01:35	-	-	00:02:30	00:03:26	00:00:56	85	56	1,52
	G4	3	Opel Corsa, grün	209	2, Beifahrer	00:00:09	00:00:34	00:00:02	00:25	00:00:56	00:00:59	00:00:57	00:02:30	01:31	-	-	00:02:30	00:03:28	00:00:58	85	58	1,47
	G4	3	Opel Corsa, grün	209	3, Rückbank rechts	00:00:09	00:00:34	00:00:02	00:25	00:01:01	00:01:03	00:01:01	00:02:30	01:27	-	-	00:02:30	00:03:27	00:00:57	85	57	1,49
	G4	4	VW Golf, grau	203	1, Fahrer	00:00:11		-00:11							-	-			58	0	-	
	G4	4	VW Golf, grau	203	2, Beifahrer			00:00							-	-			58	0	-	
	G4	5	Chevrolet Jeep, weiß	197	1, Fahrer	00:00:14	00:00:38	00:00:05	00:24	-	00:01:00	00:00:55	00:02:37	01:37	-	-	00:02:37	00:03:08	00:00:31	52	31	1,68
	G4	5	Chevrolet Jeep, weiß	197	2, Beifahrer	00:00:14	00:00:38	00:00:05	00:24	-	00:00:57	00:00:52	00:02:37	01:40	-	-	00:02:37	00:03:09	00:00:32	52	32	1,63
	G4	6	Seat Alhambra, schwarz	187	1, Fahrer	00:00:20	00:00:49	00:00:16	00:29	00:01:50	00:01:53	00:01:37	00:02:49	00:56	-	-	00:02:49	00:03:49	00:01:00	42	60	-

VERSUCH		Fahrzeug	Position	PERSON	Einfahren 1	Anhalten 1	Anhalten 2	Fahrzeit	Tür/Fenster 2	Aussteigen 2	Verbleib im F	Erkunden bis Erkunden	Erreichen Notrufkabin	Meldung abgesetzt	Dauer Meldung	Fluchtbeginn	Fluchtziel erreicht	Fluchtzeit Weg	Fluchtweg(m)	t(s)	V[m/s]
G4		6	Seat Alhambra, schwarz	187	2, Beifahrer			00:00											42	0	-
G4	7	Skoda Superb	181	1, Fahrer	00:00:23	00:00:51	00:00:18	00:28	00:01:23	00:01:49	00:01:31	00:02:30	00:41	-	-	00:02:30	00:03:10	00:00:40	85	40	2,13
G4	7	Skoda Superb	181	2, Beifahrer	00:00:23	00:00:51	00:00:18	00:28	-	00:01:55	00:01:37	00:02:30	00:35	-	-	00:02:30	00:03:11	00:00:41	85	41	2,07
G5	1	Audi A4, Silber	246	1, Fahrer	00:00:00	00:00:34	00:00:00	00:34	00:01:06	00:01:18	00:01:18	00:02:16	00:58	-	-	00:03:28	00:04:22	00:00:54	78	54	1,44
G5	2	Skoda Octavia, Silber	231	1, Fahrer	00:00:07	00:00:39	00:00:05	00:32	-	00:01:10	00:01:05	00:01:46	00:36	-	-	00:01:46	00:02:47	00:01:01	78	61	1,28
G5	2	Skoda Octavia, Silber	231	2, Beifahrer	00:00:07	00:00:39	00:00:05	00:32	-	00:01:10	00:01:05	00:01:46	00:36	-	-	00:01:46	00:02:46	00:01:00	78	60	1,30
G5	3	VW Passat Kombi, weiß	223	1, Fahrer	00:00:11	00:00:40	00:00:06	00:29	-	00:01:39	00:01:33	00:01:49	00:10	-	-	00:01:49	00:02:47	00:00:58	78	58	1,34
G5	4	VW Passat, Silber	215	1, Fahrer	00:00:12	00:00:40	00:00:06	00:28	00:01:05	00:01:38	00:01:32	00:01:38	00:00	-	-	00:01:38	00:02:23	00:00:45	70	45	1,56
G5	4	VW Passat, Silber	215	2, Beifahrer	00:00:12	00:00:40	00:00:06	00:28	00:01:26	00:01:31	00:01:25	00:01:31	00:00	-	-	00:01:31	00:02:22	00:00:51	70	51	1,37
G5	5	VW Passat Kombi, blau	206	1, Fahrer	00:00:17	00:00:43	00:00:10	00:26	00:01:19	00:01:21	00:01:11	00:01:36	00:15	-	-	00:01:36	00:02:27	00:00:51	61	51	1,20
G5	5	VW Passat Kombi, blau	206	2, Beifahrer	00:00:17	00:00:43	00:00:10	00:26	00:01:17	00:01:21	00:01:11	00:02:47	01:26	00:03:49	00:04:22	00:04:22	00:06:46	00:02:24	242	144	1,68
G5	5	VW Passat Kombi, blau	206	3, Rückbank rechts	00:00:17	00:00:43	00:00:10	00:26	00:01:22	00:01:23	00:01:13	00:01:36	00:13	-	-	00:01:36	00:02:29	00:00:53	61	53	1,15
G5	5	VW Passat Kombi, blau	206	4, Rückbank links	00:00:17	00:00:43	00:00:10	00:26	00:01:17	00:01:20	00:01:10	00:01:32	00:12	-	-	00:01:32	00:02:28	00:00:56	61	56	1,09
G5	6	Skoda Fabia, grau	199	1, Fahrer	00:00:24	00:00:57	00:00:23	00:33	00:01:28	00:01:32	00:01:09	00:01:45	00:13	-	-	00:01:45	00:02:26	00:00:41	54	41	1,32
G5	6	Skoda Fabia, grau	199	2, Beifahrer	00:00:24	00:00:57	00:00:23	00:33	00:01:20	00:01:35	00:01:12	00:01:42	00:07	-	-	00:01:42	00:02:26	00:00:44	54	44	1,23
G5	7	Skoda Jeti, blau	189	1, Fahrer	00:00:27	00:00:55	00:00:21	00:28	00:00:57	00:00:58	00:00:37	00:02:26	01:28	00:03:45	00:04:21	00:00:36	00:02:26	00:06:51	242	265	0,91
G5	7	Skoda Jeti, blau	189	2, Beifahrer	00:00:27	00:00:55	00:00:21	00:28	00:00:57	00:00:59	00:00:38	00:02:27	01:28	00:03:32	00:04:20	00:00:48	00:02:27	00:06:51	242	264	0,92
G5	8	Fiat 550 L, weiß	138	1, Fahrer	00:00:31	00:00:48	00:00:14	00:17	00:00:29	00:00:32	00:00:18	00:00:55	00:23	-	-	00:00:55	00:01:05	00:00:10	-7	10	-
E7	1	UNFALL	260	1, Fahrer				00:00										00:00:00	115	0	-

VERSUCH	PKW	Fahrzeug	Position	PERSON	Einfahren 1	Anhalten 1	Anhalten 2	Fahrzeit	Tür/Fenster 2	Aussteigen 2	Verbleib im PKW	Erreichen Notrufkabin e	Meldung abgesetzt	Dauer Meldung	Flucht- beginn	Fluchtziel erreicht	Fluchtzeit Weg	Fluchtweg[m]	t[s]	V[m/s]
E8	1	Storniert	0	1, Fahrer				00:00									00:00:00	-145	0	-
E9	1	Storniert	0	1, Fahrer				00:00									00:00:00	-145	0	-
E10	1	Storniert	0	1, Fahrer				00:00									00:00:00	-145	0	-

Verzeichnis zur empirischen Dokumentation

Zusätzlich zu den unmittelbar im Schlussbericht publizierten Anhängen sind die Versuche über umfangreiche Ablaufbeschreibungen, Vergleichstabellen und Synopsen dokumentiert. Diese Materialien können über die BAST bei entsprechendem Forschungsinteresse angefragt werden.

Material 2-1: Einzelversuche vergleichende Videoauswertung komplett

Ablaufbeschreibung der Einzelversuche inklusive markanter Videobilder; thematisch gruppierte und vergleichende Auswertung der Handlungsabläufe (45 Seiten)

Material 2-2: Gruppenversuche vergleichende Videoauswertung komplett

Ablaufbeschreibung der Gruppenversuche inklusive markanter Videobilder; thematisch gruppierte und vergleichende Auswertung der Handlungsabläufe; Beschreibung von Teilgruppenverhalten und Leitpersonen; Zuordnung der Personenkennziffern zu standardisierten Interviews; (120 Seiten)

Material 3-3: Qualitative Interviews Analysetabelle Einzelversuche

Thematisch gegliederte Synopse der Einzelinterviews; paraphrasierte Inhalte und markante Zitate

Material 3-4: Qualitative Interviews Analysetabelle Gruppenversuche

Thematisch gegliederte Synopse der Gruppenversuche; paraphrasierte Inhalte und markante Zitate

Schriftenreihe

Berichte der Bundesanstalt für Straßen- und Verkehrswesen Unterreihe „Brücken- und Ingenieurbau“

2023

B 189: Weiterentwicklung der Nachrechnungsrichtlinie – Validierung erweiterter Nachweisformate zur Ermittlung der Schubtragfähigkeit bestehender Spannbetonbrücken

Fischer, Thoma, Hegger, Schmidt

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

B 190: Potenziale von Monitoringdaten in einem Lebenszyklusmanagement für Brücken

Morgenthal, Rau, Hallermann, Schellenberg, Martín-Sanz, Schubert, Kübler

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

B 191: Building Information Modeling (BIM) im Tunnelbau

Thewes, Vollmann, Wahl, König, Stepien, Riepe, Weißbrod

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

B 192: Optimierung und Weiterentwicklung von Handlungshilfen zur Resilienzbewertung der Verkehrsinfrastruktur

Lindström, Zulauf, Rothenfluh, Bruns, Brunner, Roth, Caminada, Graf, Dahl

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

B 193: Konzepte für das Datenmanagement der Intelligenten Brücke

Empelmann, Javidmehr, Rathgen, Hellenbrand, Ulbricht, Wagner, Kessel, Sietas

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

B 194: Möglichkeiten und Grenzen der zukünftigen Anwendung von ZfP-Verfahren an Brücken- und Tunnelbauwerken

Taffe, Vonk

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

B 195: Zukunftssicherheit der Ermüdungslastmodelle nach DIN EN 1991-2

Geißler, Kraus, Freundt, Böning

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

2024

B 196: Zukünftige Entwicklung eines Tools für ein indikatorengestütztes, verkehrsträgerübergreifendes Lebenszyklusmanagement von Infrastrukturbauwerken

Hajdin, Schiffmann, Blumenfeld, Tanasić

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

B 197: Erfahrungssammlung Monitoring für Brückenbauwerke – Dokumentation 2021

Novák, Stein, Farouk, Thomas, Reinhard, Zeller, Koster

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

B 198: Erprobung einer geothermischen Bergwassernutzung am Grenztunnel Füssen

Moormann, Kugler

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

B 199: Zuverlässigkeitsbasierte Bauwerksprüfung – Feinkonzept

Hajdin, Fastrich

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

B 200: Konzeption zur Bestimmung von Lage und Anzahl asbesthaltiger Abstandhalter in Betonbrücken – Handlungsanweisung für den Umgang mit asbesthaltigen Hilfsbauteilen in Brückenbauwerken aus Stahlbeton

Hönig, Bossemeyer, Sanio, Thome

€ 16,00

B 201: Blockhinterlegung und Verpressverfahren zur Abdichtung von Tunnelinnenschalen

Thienert, Kessler, Brummermann, Tintelnot, Matsini, Handke, Lis, Schmidt

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

B 202: 10. BAST-Tunnelsymposium

€ 19,00

2025

B 203: Experimentelle und theoretische Untersuchungen zur Querkraft- und Torsionstragfähigkeit von Betonbrücken im Bestand

Hegger, Dommès, Adam, Fischer, Lamatsch, Thoma, Maurer, Lavrentyev, Stakalies, Kerkeni, Teworte, Sharei, Stettner, Zilch(+), Tecusan

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

B 204: Erarbeitung eines Prüfverfahrens zur Feststellung der inneren Standsicherheit von Gabionen aus punktgeschweißten Drahtgittern

Heimbecher, Lengers, Thünemann

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

B 205: Einfluss des Pannenbuchtenabstands auf die Tunnelsicherheit

Mayer, Brennberger, Haack, Zimmermann

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

B 206: Erfahrungsbericht zur Innenbeschichtung nach TL-Blatt 50 an der Brücke über den Petersdorfer See

Rüters, Schröder, Windmann, Lebelt

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

B 207: Entwicklung eines leistungsorientierten Prüfregimes für Brückenseilverfüllmittel

Hübscher

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

B 208: Korrosionsschutz von Brückenseilen

Friedrich, Windmann

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

B 209: Analyse des Reaktions- und Fluchtverhaltens in Straßentunneln unter Berücksichtigung von Gruppeneffekten

Thienert, Leismann, Kaufmann, Jenki, Stuehler, Hahn-Klimroth, Oetinger, Czudnochowski, Galler, Wenighofer

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

Fachverlag NW in der Carl Ed. Schünemann KG

Zweite Schlachtpforte 7 · 28195 Bremen

Telefon (04 21) 3 69 03 - 0 · E-Mail: kontakt@schuenemann-verlag.de

Alternativ können Sie alle lieferbaren Titel auch auf unserer Website finden und bestellen.

www.schuenemann-verlag.de

Alle Berichte, die nur in digitaler Form erscheinen, können wir auf Wunsch als »Book on Demand« für Sie herstellen.



ISSN 0943-9293
ISBN 978-3-95606-853-9
<https://doi.org/10.60850/bericht-b209>

www.bast.de