Abschlussbericht

Teilvorhaben **FAW-PSY: Gestaltung von Fluchtwegen, Alarmen und Warnungen aus Perspektive der Human Factors-Psychologie**

im Verbundprojekt

„Organisationsübergreifende Gefahrenabwehr zum Schutz von Menschen und kritischen Infrastrukturen durch optimierte Prävention und Reaktion (OrGaMIR^{PLUS})“

Zuwendungsempfänger:
Friedrich-Schiller-Universität Jena
Philosophische Fakultät
FG Interkulturelle Wirtschaftskommunikation
Professur Interkulturelle Kommunikation

Förderkennzeichen:
13N11525

Laufzeit
01.04.2011-30.06.2013

1. Aufgabenstellung

Im Verbundprojekt OrGaMIR^{PLUS} lag das Kerninteresse in der **Zusammenführung** von Erkenntnissen aus **der Human Factors-Forschung und Psychologie** in die Methoden zur **dynamischen Fluchtwegslenkung** und der **nachgelagerten Aktorik** sowie der Berücksichtigung **klimatologischer Zusammenhänge in komplexen Stationen** bei Ausbreitungsprognose und Fluchtwegslenkung. Die bisherigen Erkenntnisse und technischen Lösungen zur schnellen und gefahrlosen Entfluchtung von unterirdischen Bahnhöfen sollten durch die Berücksichtigung menschlicher Faktoren (Fluchtverhalten; Gestaltung von Warnungen und Alarmen; Fluchtwegslenkung) optimiert werden. Auf dieser Basis sollte Aktorik gezielt angesteuert werden und geeignete Warnungen sogar individuell für jede Person ermöglicht werden. Zum anderen sollten die Erkenntnisse aus OrGaMIR, insbesondere auch der Tunnelklimatologie, auch auf komplexe Kreuzungsbahnhöfe übertragen und für andere Infrastrukturen nutzbar gemacht werden.

Die Universität Jena (Teilprojekt 5) verfolgte das Ziel, die für das **Fluchtverhalten relevanten menschlichen Faktoren** durch empirische Erhebungen unter realitätsnahen Bedingungen zu ermitteln, daraus Aussagen über psychologische Aspekte bei der **Gestaltung von Fluchtwegen** abzuleiten und zusätzlich die Erkenntnisse in ingenieurwissenschaftliche Methoden der **Entfluchtungsberechnung** einzubringen. Zur Überprüfung von Ergebnissen herkömmlicher Entfluchtungsberechnungen sollte vor allem Verhalten bei beschriebenen **realen Situationen oder in Feldversuchen** untersucht werden.

Darüber sollte untersucht werden, wie **Alarme und Warnungen** für die Fluchtwegslenkung insbesondere im Hinblick auf die Diversität der Nutzer in großstädtischen U-Bahnen gestaltet sein müssen. Das Hauptaugenmerk lag auf visuellen Warnungen sowie Durchsagen und anderen akustischen Warnungen. Beiden genannten Aspekten lag das Ziel zugrunde, eine Übertragbarkeit der Ergebnisse nicht nur für andere U-Bahnen, sondern für andere Anwendungs-

felder wie z.B. Großveranstaltungen sicher zu stellen und damit einen weitreichenderen Nutzen zu bewirken.

2. Voraussetzungen für die Durchführung des Vorhabens

Im Vorläuferprojekt OrGaMIR hatte sich gezeigt, dass einerseits die Berücksichtigung von menschlichen Faktoren und andererseits die Einbindung von Aktorik zur Fluchtwegslenkung in das System ORGAMIR eine notwendige, jedoch komplexe Aufgabe ist, die nur im interdisziplinären Verbund erfüllt werden kann.

Das Forschungsvorhaben „**Gestaltung von Fluchtwegen, Alarmen und Warnungen aus Perspektive der Human Factors-Psychologie (FAW-Psy)**“ wurde als Teil des Verbundprojekts „OrGaMIR^{PLUS}“ im Rahmen des Programms „Forschung für die zivile Sicherheit“ des Bundesministeriums für Bildung und Forschung durchgeführt. Es wurde als **Universitätsprojekt** in enger Verzahnung mit den **Partnern aus anderen Forschungseinrichtungen, der Wirtschaft und den Anwendungspartnern** gestaltet.

Durch personelle Kontinuität bei den ProjektmitarbeiterInnen konnten die Erfahrungen und Erkenntnisse sowie die Arbeitsbeziehungen zu den Verbundpartnern aus dem Vorgängerprojekt OrGaMIR genutzt werden.

3. Planung und Ablauf

FSU war als Projektpartner vorrangig im Arbeitspaket 1 „**Dynamische Fluchtwegslenkung**“ eingebunden. Dabei waren die folgenden Aufgaben vorgesehen:

1.1	Laborversuche
1.2	Feldversuch Hermannplatz
1.3	Feldversuche Alexanderplatz
1.4	Berechnungsmethoden
1.5	Aktorik
1.6	Generalisierung der Ergebnisse
1.7	Ergebnisverwertung
1.8	Übertragung

Tabelle 1: Für FAW-Psy relevante Arbeitspakete in OrGaMIR^{PLUS}.

Die zeitliche Planung des Projekts ist aus Abbildung 1 zu entnehmen. Aufgrund umfangreicher empirischer Vorarbeiten wurde vorgesehen, das AP 1 Dynamische Fluchtwegslenkung mit 1.5 Stellen über die gesamte Projektlaufzeit zu bearbeiten. Die ursprüngliche Planung ist aus der Abbildung ersichtlich. Abweichungen von diesem Plan ergaben sich zum einen hinsichtlich der Laufzeit und zum andere hinsichtlich der Reihenfolge und Gewichtung der Arbeitspakte.

Verbundprojekt: Organisationsübergreifende Gefahrenabwehr zum Schutz von Menschen und kritischen Infrastrukturen durch optimierte Prävention und Reaktion, Projekterweiterung (ORGAMIRPLUS)
Teilprojekt FAW-Psy (FSU-Jena)

Arbeitspaket 1: dynamische Fluchtwegslenkung	Personen-monate	Projekt-monat
Aufgaben:		
1.1 Laborversuche		
1.1 Literaturrecherche zu Alarmen und Warnungen	1	1
1.1 Design und Versuchsplanungen Aktorik	2	2
1.1 Laborversuche	2	3
1.1 Auswertung	2	4-5
1.2 Feldversuche Hermannplatz		
1.2 Design und Planung der Feldversuche Hermannplatz	1	6
1.2 Organisation von Feldversuchen	1	7
1.2 Entfluchtungsversuche Hermannplatz	2	8
1.2 Auswertung	4	9-10
1.3 Feldversuche Alexanderplatz		
1.3 Design und Planung der Feldversuche Alexanderplatz	2	11
1.3 Organisation von Feldversuchen	1	12
1.3 Entfluchtungsversuche Alexanderplatz	2	13
1.3 Auswertung	4	14-15
1.4 Berechnungsmethoden		
1.4 Übertragung psychologischer Anforderungen in Konzeption der Methode	1	16
1.6 Generalisierung der Ergebnisse		
1.6 Generalisierung der Ergebnisse	3	16-17
1.7 Ergebnisverwertung		
1.7 Verbesserung von Brandschutzkonzepten	1	23
1.7 Verbesserung von Notfallkonzepten	1	24
1.8 Übertragung		
1.8 Identifikation von Übertragungsbereichen	1	18
1.8 Aufstellung von Kriterien und Auswahl eines Bereichs	1	19
1.8 Design und Planung im Übertragungsbereich	1	20
1.8 Organisation von Feldversuchen	1	21
1.8 Durchführung Entfluchtungsversuche	1	22
1.8 Auswertung	1	23-24
Gesamt:	**36**	

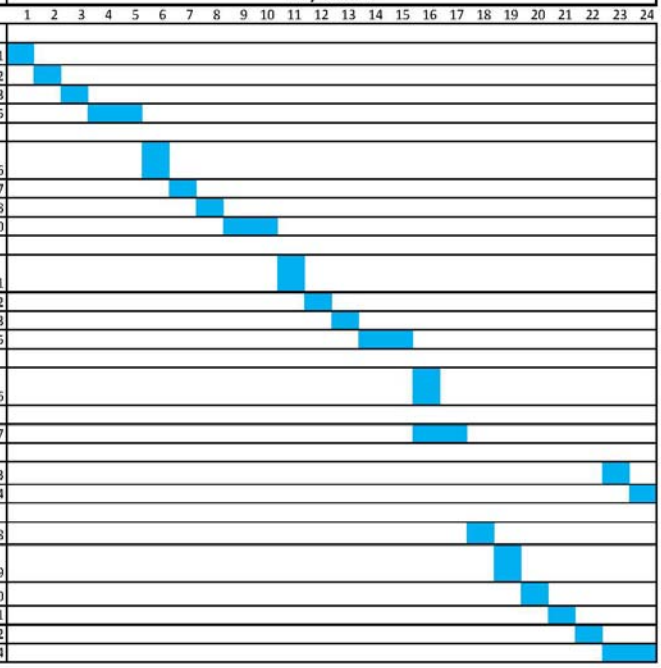


Abbildung 1: Projektplanung für das Teilprojekt FWA-Psy.

Zum Projektstart (1.4.20011) hatte eine Projektmitarbeiterin eine Vertretungsprofessur inne, ihre Einstellung verzögerte sich dadurch bis Oktober 2011. Durch die unten aufgeführten Verschiebungen der zeitlichen Planung wurde eine kostenneutrale Verlängerung um drei Monate bis 30.6.2013 nötig.

Das Arbeitspaket 1.1 und 1.2 wurden im Wesentlichen plangemäß im ersten Projektjahr abgeschlossen. Erste Publikationen wurden veröffentlicht.

Arbeitspaket 1.3 wurde bis Projektende fortgeführt, da die Feldstudie durch Abläufe beim Anwendungspartner erst im Spätherst 2013 (Monat 19) durchgeführt werden konnte. Die Auswertungen und die Erstellung einer Diplomarbeit wurden entsprechend erst zum Projektabschluss fertiggestellt, aber noch nicht publiziert.

Das Arbeitspaket 1.4, in dem nur ein Personalmonat eingeplant war, wurde deutlich ausgeweitet, da sich zeigte, dass der Bereich deutlich wichtiger und weniger erforscht war als angenommen. Die Tätigkeiten in diesem Arbeitspaket dauerten bei Projektende noch an und werden in weitere Forschungsanträge münden.

Die AP 1.6. bis 1.8 wurden teils bereits im ersten Projektjahr begonnen, da Kooperationsgelegenheiten und –anfragen genutzt wurden. Weiterhin wurde im AP 1.6 eine Umplanung nötig, da die Notwendigkeit von realen Verhaltensdaten im Projektverlauf deutlich wurde. Da der ÖPNV-Partner eine unangekündigte Räumung einer Station jedoch nicht ermöglichen konnte, wurde ersatzweise im AP 1.8 „Übertragbarkeit auf andere Infrastrukturen“ eine zusätzliche Feldstudie durchgeführt. Hier konnte an einer Universität im April 2013 eine unangekündigte Räumungsübung wissenschaftlich beobachtet werden. Die Auswertungen, die der Universität bereits zu Verfügung gestellt wurden, dauerten bis Projektende.

Insgesamt wurden **bei veränderter zeitlicher Reihenfolge und Gewichtung alle Arbeitsaufgaben erfolgreich bearbeitet**.

4. Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde

Für die Recherchen zu Projektbeginn und fortlaufend wurden die Fachdatenbanken, v.a. PsycLIT, PSYIndex, PubMed, die Datenbanken der Universität Jena sowie des BMBF sowie Zeitungen und Interressourcen genutzt. Der wissenschaftliche Stand zu den Themen

a) Berücksichtigung menschlicher Faktoren in Flucht- und Evakuierungssituationen,
b) Betrachtung von Möglichkeiten zur (dynamischen) Fluchtwegslenkung von Menschen (auch unter Berücksichtigung von Simulationen),
c) Aktorik für Alarme und Warnungen im ÖPNV

stellte sich zu Projektbeginn so dar, dass es kaum spezifische Literatur oder Erfahrungen gab, die den Autoren zugänglich waren. Im Folgenden werden eigene Vorerkenntnisse aus OrGaMIR benannt sowie der wissenschaftliche und technische Stand, an den angeknüpft wurde:

Vorerkenntnisse aus OrGaMIR

- Recherchen, Analysen und Ergebnisse aus der Diplomarbeit von Laura Künzer zu „**Dynamische Fluchtwegslenkung in U-Bahnsystemen - Anforderungen aus psychologischer Sicht**“, die im Rahmen von OrGaMIR entstand. Diese enthält erste Betrachtungen zu visueller und optischer Aktorik. Außerdem war hier eine erste begrenzte Literaturanalyse auf dem damaligen Stand erfolgt. In der Arbeit wurden erste Anforderungen an dynamische Fluchtwegslenkung aus psychologischer Sicht definiert. Hieran konnte im Rahmen der Entfluchtungsversuche in OrGaMIR^{PLUS} angeknüpft werden.
- **Fahrgastbefragung**: Im Verlauf von OrGaMIR wurde rund 160 Fahrgäste zur ihren Kenntnissen über die Bedeutung von Warn- und Hinweisschildern im Bereich von U-Bahnen interviewt. Dabei zeigte sich, dass für die Bedeutungserschließung der vorgelegten Piktogramme deren Farbgebung als bedeutsam angesehen wurde.
- In ersten Versuchen zur Interpretation der Bedeutung von **Farben im Sicherheitskontext** zeigten sich Übereinstimmungen und Diskrepanzen in der Interpretation verschiedener Farben. Erste Recherchen zu Farbwahrnehmung weisen zudem auf mögliche kulturbedingte Differenzen in der Interpretation hin. Diese Studien wurden in OrGaMIR^{PLUS} auch im Kulturvergleich weitergeführt und vertieft.
- In OrGaMIR waren von FSU in Kooperation mit dem Partner Ruhr- Universität Bochum drei **Feldversuche zur Entfluchtung** in unterschiedlichen, nicht komplexen U-Bahnhöfen und Tunneln der BVG durchgeführt worden, um die Relevanz von Human Factors für die Selbstrettungsphase einschätzen zu können. Die Ergebnisse ließen den Schluss zu, dass die jeweiligen baulichen Besonderheiten (Länge von Treppen und Fahrtreppen, Entfernungen bis zum Notausstieg im Tunnel, etc.), personenbezogene Faktoren (Alter, physische Fitness), soziale Aspekte (Identifikation mit anderen Fliehenden), aber auch weitere äußere Faktoren (Jahreszeit, Gepäck, Kleidung, etc.) die Entfluchtungszeit unterschiedlich stark beeinflussen. Dies konnte auch in der Beobachtung einer Übung der BVG (Juli 2010) mit einem N >1.000 bestätigt werden. Die Beobachtungen wiesen auf ähnliche Phänomene wie bei kleinen Personenzahlen bei der Entfluchtung hin.

Zu a) Berücksichtigung menschlicher Faktoren in Flucht- und Evakuierungssituationen

Zu den **Bewegungen von Menschenmassen bzw. Fußgängerströmen** bestehen hochdifferenzierte Modelle aus der Verkehrsforschung und der Soziologie (z.B. Weidmann, 1993; Schadschneider, Klingsch, Klüpfel, Kretz, Rogsch, Seyfried, 2008; Arbeitsgruppe M. Schreckenberg in Duisburg, z.B. Waldau, Gattermann, Knoflacher & Schreckenberg, 2006; Arbeitsgruppe D. Helbing in Zürich, z.B. Helbing, 2004) – diese Arbeiten allerdings sind simulationstechnisch ausgerichtet. Häufig wird in der Analyse von Fußgängerströmen jedoch vernachlässig, dass ‚normale' Fußgängerströme nicht per se mit dem Verhalten von Fußgängern in Evakuierungssituationen gleichgesetzt werden können. Des Weiteren werden in den ingenieurwissenschaftlich üblichen Methoden zur Berechnung von Entfluchtungsdynamiken menschliche Faktoren und individuell variierende Verhaltensmuster nur unzureichend berücksichtigt (z.B. Predtetschenski & Milinski, 1971; Schadschneider et al., 2008). Durch Modellierungen, z.B. Agenten-basierten Modellierungen, werden Veränderungen der Entfluchtungszeit von Menschenmengen als Ganzes unter verschiedenen Bedingungen (variierende Personenquantitäten oder Umweltzustände) berechnet oder simuliert.

Das **Verhalten und die Psychologie von größeren Menschenmengen** (z.B. Fahrgästen oder Besuchern öffentlicher Gebäude) ist Thema der Massenpsychologie (z.B. Mawson, 2005; Brudermann, 2010) in der nicht nur die Menschenmasse als Ganzes, sondern auch die von Individuen als Teil der Masse betrachtet werden. Die wissenschaftliche Forschung der Massenpsychologie steckt, im Gegensatz zu anderen Teilbereichen der Psychologie und insbesondere in Bezug auf Evakuierungssituationen, jedoch noch in den Kinderschuhen (Brudermann, 2010) – immer wieder werden alte Forschungsarbeiten ohne valide Gültigkeit zur Erklärung von massenpsychologischen Phänomenen zitiert, z.B. Le Bon 1898; Allport 1933 (Reicher, 2008). Die systematische Analyse von Menschenmassen in Evakuierungssituationen aus sozialpsychologischer, kognitionspsychologischer und Human Factors Sicht ist bislang nicht unternommen worden.

Um das **Handeln von Menschen** in Evakuierungssituationen besser verstehen, erklären und auch positiv beeinflussen zu können, müssen individuelle, gruppenspezifische und kulturelle Faktoren sowie Verhaltens- und Entscheidungsmuster erforscht werden. Individuelle physiologische Konstitution wie z.B. Gewicht; Alter, Motive, z.B. das basale Motiv der Selbstrettung und das Motiv anderen Personen bei der Evakuierung zu helfen; Affiliationsmotive; aber auch Emotionen (z.B. Stress, Angst bis hin zu Panik) sowie Wissen, Erfahrung und Kommunikation können in Evakuierungssituationen wichtige Faktoren darstellen (Mawson, 2005; Künzer, 2009). Neuere Forschungsarbeiten geben Hinweise darauf, dass aus sozialpsychologischer Perspektive das Anschlussmotiv in Gruppen mit sozialer Identität eine Rolle spielen kann (Drury & Cocking, 2007). Es ist davon auszugehen, dass viele Nutzer einer U-Bahn zu einer Gruppe gehören, die miteinander in Verbindung stehen z.B. Familien, Fußballfans, o.ä. Andernfalls gehören sie zu einer Gruppe, die sich gar nicht kennen (‚psychological crowd' im Gegensatz zu ‚aggregate', Drury & Cocking, 2007). Die Art der sozialen Beziehung, in denen die Flüchtenden zueinander stehen, kann einen beeinflussenden Faktor für gezeigtes (Flucht-)Verhalten spielen (Tubbs & Meacham, 2007). Zu den Auswirkungen dieser sozialpsychologischen Faktoren gab es im deutschsprachigen Raum bis dato keine Empirie.

Ob die Bildung von Heuristiken eine Rolle bei Evakuierungssituationen spielen können, z.B. im Sinne von Verhaltensroutinen, die dazu führen, dass Menschen dazu tendieren, eher gewohnte Aus- bzw. Eingänge zu verwenden und in Evakuierungssituationen weitere Ausgänge

vernachlässigen (Helbing, 2004), und diese durch Problemlöseprozesse wie einer funktionalen Fixierung erklärt werden können, ist bisher ungeklärt.
Die Interaktion menschlicher Faktoren auf Ebene des Individuum und der Gruppe ist jedoch nicht geklärt.

Zu (b) Betrachtung von Möglichkeiten zur (dynamischen) Fluchtwegslenkung von Menschen (auch unter Berücksichtigung von Simulationen)

In bisherigen **Simulationen** zur Verbesserung der Evakuierungssituationen wurden für Evakuierungsanalysen **vier relevante Subsysteme** festgelegt (nach Schadschneider et al., 2008):

1) Gestaltung des Gebäudes
2) Umwelt und deren Einfluss auf den Evakuierungsprozess, z.B. Ausgangsschilder, Oberflächenbeschaffenheit
3) Population, Verhalten von Personen auf einer strategischen, taktischen und operationalen Stufe
4) Gefahr bzw. Auslöser der Evakuierung.

Neuere Ansätze zur **Fluchtweglenkung** (z.B. Börner, 2005) sollen durch die Betrachtung von Subsystem 2 das Verhalten von Menschen (Subsystem 3) steuern; hierzu gibt es jedoch bislang noch kaum erprobte Konzepte, die eine Interaktion dieser Subsysteme analysiert. Die Forschung zu Fußgängerströmen und Entfluchtungsverhalten konnten einige Selbstorganisationseffekte von Fußgängerströmen identifizieren, wie z.B. den Herdeneffekt (Helbing, 2004; Schadschneider et al., 2008). Es ist davon auszugehen, dass Selbstorganisationseffekte sich auch in Evakuierungssituationen zeigen. Vorausgesetzt es zeigen sich diese Selbstorganisationseffekte, bleibt zu klären, wie dies (dynamische) Fluchtwegslenkungsysteme effektiver machen können und Menschen gezielt bei der Orientierung zu einem sicheren Ausgang unterstützen können.

Zu (c) Aktorik für Alarme und Warnungen

Bei der Thematik der aufgabenangemessenen und nutzerfreundlichen Informationsdarstellung verlagerte sich in OrGaMIR^{PLUS} der Fokus des Teilprojekts von den Leitstellen hin zu den Fahrgästen.

Zur **Alarmierung und Information der Fahrgäste** bei einem Notfall innerhalb eines U-Bahnsystems sollen Warnungen und Alarme näher betrachtet werden. Warnungen und Alarme nehmen vier Funktionen ein: Sie übermitteln Sicherheitsinformationen, sie sind dafür gedacht Verhalten von Menschen zu beeinflussen, sie sollen Gesundheitsprobleme, Schäden oder Unfälle reduzieren und können als Erinnerung für eine Gefahr dienen, die bereits bekannt ist (Wogalter, 2006). Zur Verbesserung der Effektivität und Benutzerfreundlichkeit von Warnungen werden in der Literatur zunehmend auch psychologische und personenbezogene Variablen betrachtet. Eigenschaften, wie Alter, Geschlecht, persönliche Fertigkeiten und Fähigkeiten aber auch die Auswirkungen von Zeitdruck und Stress wurden untersucht (Rogers, Lamson & Rousseau, 2000).

In Bezug auf **Aktorik** - insbesondere z.B. als visuelle Warnungen auf Displays - ist die kognitive Ergonomie relevant. Stress verändert die Möglichkeiten der Informationsaufnahme, da unter Stress z.B. das Wahrnehmungsfeld eingeschränkt ist, Information stark selektiert wird und neue Information kaum aufgenommen werden kann. Zur Frage der Informationspräsenta-

tion existieren bereits fundierte Arbeiten, die in neueren Publikationen zusammengefasst sind (Hollnagel, 2003; Kirlik, 2006) und für die Projektzwecke adaptiert werden können.

Die Stufen einer **Warnung**, die die individuelle Bewertung und daraus folgende Verhaltensweisen beeinflussen sind: hear (attend) – understand – believe – personalize – decide and response (comply) (Fitzpatrick & Mileti, 1994). Für eine eindringliche Warnung von Nutzern eines U-Bahnsystems müssen alle Stufen der (Gefahr-)Warnung beachtet werden. Endet die Beurteilung einer Warnung auf einer der ersten vier Stufen, z.B. durch das Nicht-Verstehen des Inhalts bei einem ausländischen Fahrgast, wird auch weniger wahrscheinlich eine erwünschte Reaktion, sogenanntes compliance behavior (Parsons, Seminara & Wogalter, 2002), erfolgen. Daher sollte neben Modalität, Qualität und Quantität der Warnungen auch auf die verschiedenen Nutzermerkmale eingegangen werden.

Die hervorstechendsten Alarme sollten nach bisherigen Erkenntnissen immer akustisch präsentiert werden, da diese omnidirektional sind und die Aufmerksamkeit erregen. Durch die Veränderung von Parametern, wie beispielsweise die systematische Veränderung der Art eines Alarmtons, der Lautstärke oder der Klangfarbe, kann die Dringlichkeit einer akustischen Warnung für den Hörer maßgeblich verändert werden (Edworthy & Adams, 1996; Malter & Guski, 2001), wobei gesprochene Warnungen das Verhalten der Hörer am stärksten und am zuverlässigsten beeinflussen können. Optische Warnungen, in Form von Leuchten, Beschriftungen, Schildern, Kennzeichnungen und digitale Anzeigen sind die am besten erforschten Warnungsmodalität und sollten zusätzlich zu akustischen Warnungen präsentiert werden. Parameter wie verwendeten Symbole und Piktogramme, der Aufbau und die Platzierung, die verwendete Schrift, die farbliche Gestaltung und der Wortlaut wurden in den letzten Jahren in unterschiedlichen Kontexten untersucht. Zusammenfassung der Ergebnisse findet sich bei Parsons et. al (1999), Rogers et al. (2000), Wogalter, Conzola und Smith-Jackson (2002) sowie Wogalter (2006). Die Beeinflussung von Menschen in Evakuierungssituationen aus komplexen U-Bahnsystemen durch optische Warnungen stellt jedoch einen noch wenig betrachteten Forschungsbereich dar.

Die empirische Basis für die Gestaltung von Alarmen und Warnungen in Evakuierungssituationen ist insgesamt als noch unbefriedigend zu werten. Zudem müssen die relevanten Merkmale von akustischen und optischen Warnungen für die Projektzwecke noch spezifiziert werden.

Quellen

- Börner, L. (2005). Dynamische Fluchtweglenkung. *Bundesbaublatt, 54 (4)*, 24-27.
- Brudermann, T. (2010). *Massenpsychologie*. Wien: Springer.
- Drury, J. & Cocking, C. (2007). The mass psychology of disasters and emergency evacuations: A research report and implications for practice. Brighton, UK: University of Sussex
- Edworthy, J. & Adams, A. (1996). *Warning design: A research prospective*. London/ Bristol, PA: Taylor & Francis.
- Fitzpatrick, C. & Mileti, D. S. (1994). Public risk communication. In R. R. Dynes & K. J. Tierney (Hrsg.), *Disasters, collective behaviour, and social organisation* (S. 71-84). Newark: University of Delaware press.
- Helbing, D. (2004). Sicherheit in Fußgängermengen bei Massenveranstaltungen. In W. Freyer & S. Groß (Hrsg.), *Sicherheit in Tourismus und Verkehr - Schutz vor Risiken und Krisen* (S. 253-288). Dresden: FIT-Verlag.
- Hollnagel, E. (Ed.) (2003). *Handbook of cognitive task design*. Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Kirlik, A. (Ed.) (2006). Adaptive perspectives on human-technology interaction: Methods and models for human-computer interaction and cognitive engineering. New York: Oxford University Press.

- Künzer, L. (2009). *Dynamische Fluchtwegslenkung - Anforderungen aus psychologischer Sicht.* Unveröffentlichte Diplomarbeit, Universität Regensburg.
- Mawson, A. R. (2005). Understanding mass panic and other collective responses to threat and disaster. *Psychiatry, 68 (2)*, 95-113.
- Malter, B. & Guski, R. (2001). *Gestaltung von Gefahrensignalen*. Berlin/Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin.
- Parsons, S.O., Seminara, J.L. & Wogalter, M.S. (1999). A summary of warning research. *Ergonomics in Design,7*(1), 21-31.
- Predtetschenski, W. M. & Milinski, A. I. (1971). *Personenströme in Gebäuden*. Köln-Braunsfeld: Verlagsgesellschaft Rudolf Müller.
- Reicher, S. (2008). The psychology of crowd dynamics. In M. A. Hogg & R. S. Tindale (Hrsg.), *Blackwell Handbook of Social Psychology: Group Processes* (S. 182-208). Oxford, UK: Blackwell Publishers Ltd.
- Rogers, W. A., Lamson, N. & Rousseau, G.K. (2000). Warning research: An integrative perspective. *Human Factors, 42*(1), 102-139.
- Schadschneider, A., Klingsch, W., Klüpfel, H., Kretz, T., Rogsch, C. & Seyfried, A. (2008). Evacuation dynamics: Empirical results, modeling and applications. In B. Meyers (Hrsg.), *Encyclopedia of Complexity and System Science* (S. 57): Springer.
- Tubbs, J. S. & Meacham, B. J. (2007). Egress design solutions: A guide to evacuation and crowd management planning. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.
- Waldau, N., Gattermann, P. Knoflacher, H. & Schreckenberg, P. (Eds.) (2006). *Pedestrian and Evacuation Dynamics '05*. Heidelberg: Springer.
- Weidmann, U. (1993). Transporttechnik der Fußgänger: Transporttechnische Eigenschaften des Fußgängerverkehrs (Literaturauswertung). Zürich: Institut für Verkehrsplanung, Transporttechnik, Strassen- und Eisenbahnbau
- Wogalter, M. S. (ed.) (2006). *Handbook of warnings*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Wogalter, M. S., Conzola, V.C. & Smith-Jackson, T.L. (2002). Research-based guidelines for warning design and evaluation. *Applied Ergonomics, 33*(3), 219-230.

5. Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Die Feldversuche in AP 1.3 und 1.6 wurden in **enger Abstimmung mit den Forschungspartnern** Universität Paderborn sowie Ruhr-Universität Bochum beim Anwendungspartner BVG durchgeführt. Die Konzepte zur Modellierung von Verhalten in Evakuierungssituationen wurden und werden in Zusammenarbeit mit Universität Paderborn erarbeitet. Somit arbeitete FSU direkt mit der Mehrheit der Partner im Konsortium zusammen.

Kooperationen mit externen Stellen bestanden insbesondere mit dem VDI, an dessen Richtlinienausschuss VDI 4062 „Evakuierung“ eine Projektmitarbeiterin zu den Themen Alarmierung und Maßnahmen für besondere Personengruppen, besondere Personengruppen und psychologischen Aspekten beteiligt ist. Außerdem wurde eine Kooperation mit dem Studiengang „Sicherheitsmanagement“ an der FH Furtwangen eingegangen, in deren Rahmen Studierende der FH unter Betreuung durch eine Projektmitarbeiterin Studienarbeiten zu Projektthemen anfertigten.

II Eingehende Darstellung

1. Verwendung der Zuwendung und erzielte Ergebnisse

Die Zuwendung wurde **gemäß dem Arbeitsplan** (siehe I.3) und der **Aufstellung** unter II.2 verwendet. Im Wesentlichen umfasste die Förderung Personalstellen für wissenschaftliche Angestellte, Reisemittel, Gelder für Hilfskräfte sowie Sachmittel.

Im Folgenden werden wesentliche Ergebnisse - nach Arbeitsbereich differenziert – kurz skizziert. Die Ziele gemäß Projektantrag werden vorangestellt. Für Details der Ergebnisse wird auf die jeweiligen Publikationen verwiesen. Alle Publikationen sind unter II.6 genannt und als Anhang (CD) beigefügt.

1.1 Projektziele gemäß Projektplan

Das Kerninteresse des Verbundprojekts lag in der Zusammenführung von Einzelergebnissen aus den Bereichen der **menschlichen Faktoren** in die **Methoden zur dynamischen Fluchtwegslenkung und der nachgelagerten Aktorik** sowie der Berücksichtigung klimatologischer Zusammenhänge in komplexen Stationen bei Ausbreitungsprognose und Fluchtwegslenkung. Des Weiteren wurde das Ziel verfolgt, Forschungsergebnisse möglichst **breit nutzbar** zu machen. Besonderes Augenmerk lag daher auf der **Generalisierung** der Ergebnisse wie der **Übertragbarkeit** auf Fluchtwegsplanung bei Großveranstaltungen (menschlicher Faktor/Methoden), der Effektklassifizierung für unterschiedliche Gebäudegeometrien (Klimatologie/Prognose) zur Verbesserung von Brandschutz- und Notfallkonzepten.

Aus diesen übergeordneten Zielen leiteten sich **Ziele für das Teilprojekt** ab: Ziel des Teilprojekt FAW-Psy war es, die Sicherheit in U-Bahnen und vergleichbaren technischen Systemen zu erhöhen, indem Fluchtwege und Fluchtwegslenkung optimiert werden. Dazu sollten technische Lösungen unter Berücksichtigung menschlicher Faktoren (Fluchtverhalten; Gestaltung von Warnungen und Alarmen; Fluchtwegslenkung) zur schnelleren Entfluchtung von Bahnhöfen beitragen und so die Sicherheit der Fahrgäste erhöhen. Relevanter Faktor für die Sicherheit ist hier ist die Verkürzung der Zeit, die zur Entfluchtung benötigt wird. Dazu dient die genauere Bestimmung relevanter Humanfaktoren in Evakuierungssituationen, die optimierte Gestaltung von Alarmen und Warnungen für die dynamische Fluchtwegslenkung in der OrGaMIR-Aktorik sowie die Integration psychologischer und ingenieurwissenschaftlicher Erkenntnisse bei der Berechnung von Fluchtwegen.

In Evakuierungssituationen relevante Humanfaktoren

Neben der allen Menschen gemeinsamen basalen Motivation des Selbstschutzes spielen in Evakuierungssituationen verschiedene andere Faktoren eine Rolle für das konkret gezeigte Verhalten. Zu nennen sind hier beispielsweise die individuelle Physiologie und Konstitution, Motivation (z.B. Anschlussmotivation; Neugier), Wissen und Erfahrung (z.B. Vertrautheit mit der Umgebung). Die Interaktion dieser Faktoren und ihre Gewichtung in verschiedenen Evakuierungssituationen sind unbekannt.

Ziel des Teilprojekt FAW-Psy war es deshalb, in empirischen Labor- und Feldstudien diese menschlichen Faktoren zu identifizieren und wo möglich zu quantifizieren. Daraus sollten

Aussagen über psychologische Aspekte bei der Gestaltung von Fluchtwegen und bei der Lenkung in Evakuierungssituationen abgeleitet werden.

Gestaltung von Alarmen und Warnungen für die dynamische Fluchtwegslenkung

Wenn Menschen in einer Gefahrensituation in einer U-Bahn schnell und ruhig die Station verlassen sollen, müssen sie mit geeigneten visuellen und akustischen Hinweisen gelenkt werden. Aus den Analysen im OrGaMIR- Projekt ergab sich, dass Alarme und Warnungen in U-Bahnen meist ohne wissenschaftliche Grundlagen gestaltet werden, und insbesondere die Diversität der Passagiere hinsichtlich Verstehen und Reaktion nicht immer systematisch berücksichtigen.

Ziel des Teilprojekt FAW-Psy war es deshalb, empirisch gesicherte Hinweise für die Berücksichtigung von physiologischen und kulturellen Unterschieden der Passagiere bei der Gestaltung von visuellen und akustischen Warnungen und Alarmen zu geben.

Integration psychologischer und ingenieurwissenschaftlicher Erkenntnisse

Die aktuell verwendeten Methoden der Berechnung von Fluchtwegen behandeln Menschen zumeist als gleichförmige Menge. Individuelle Besonderheiten und das Verhalten in Gruppen werden vernachlässigt. Ziel des Teilprojekt FAW-Psy war es deshalb, die im Projekt gewonnenen Erkenntnisse dem TP 1 (UPB) so zur Verfügung zu stellen, dass eine Integration der Humanfaktoren in die Berechnungsmethoden für Fluchtwege möglich ist.

Übertragbarkeit

Alle im Teilprojekt gewonnenen Erkenntnisse sollten auf ihre Übertragbarkeit auf andere komplexe öffentliche Infrastruktur wie z.B. Großveranstaltungen geprüft werden.

1.2 AP 1.1 Literaturanalyse/ Laborversuche

Literaturanalyse

Die Literaturanalyse fokussierte auf Identifikation und Bewertung von relevanter Literatur in Bezug auf **Alarme und Warnungen für Evakuierungen**. Ein Schwerpunkt lag dabei auf der Gestaltung von akustischen und optischen Warnungen im Anwendungskontext von U-Bahnhöfen und anderen unterirdischen Anlagen sowie Bahnhöfen. Im Rahmen **kulturvergleichender Analysen**, auch durch Muttersprachler, wurde festgestellt, dass die Warnungsforschung – auch international – wenig konkrete Beiträge zur Gestaltung von Durchsagen liefert; insbesondere zum Anwendungskontext Durchsagen für Evakuierung fehlen Ergebnisse.

Im Rahmen der Theoriearbeit zu Human Factors wurde Literatur zu „**Entscheiden**“ im Hinblick auf die Anwendbarkeit in Evakierungssituationen untersucht und als Überblick publiziert (Hofinger, Künzer & Zinke, in Druck). Dabei wurde auch ein Überblick über die aktuelle Literatur zu neuronalen Grundlagen des Entscheidens erstellt; diese erweist sich als zu abstrakt und kleinteilig für die Anwendung im Projektkontext.

Weiterhin wurden in Recherchen die **Affordanzen von Fluchtwegen** sowie die Auswirkungen **architektonischer Besonderheiten** und **Beschilderungen** untersucht. Durch die Lehrtätigkeit einer Projektmitarbeiterin an der Universität Regensburg konnte eine kulturverglei-

chende Untersuchung in arabischen Ländern mit Fokus auf Dokumentation von Fluchtwegs-Beschilderung durchgeführt werden.

Ein weiterer Schwerpunkt der Literaturanalyse lag auf der Darstellung der projektrelevanten **Forschungslandschaft**, in der die wesentlichen Forschergruppen mit ihren Methoden und Ergebnissen im Überblick zusammengefasst wurden. Aufgrund dieser Analyse wurden Kontakte zu benachbarten Projekten der Sicherheitsforschung aufgenommen, z.B. BaSiGo, BeseCu, HERMES, SPIDER.

Laborversuche

Die Versuche aus dem Vorgängerprojekt OrGaMIR zur Wirkung von **Farben im Kontext von Gefahr** wurden im internationalen Vergleich mit koreanischen und russischen Probanden fortgeführt. Die Ergebnisse fließen in die Dissertation einer Projektmitarbeiterin (Fertigstellung 2013) ein.

Eine Studie zu **deutschsprachigen Signalwörtern** wurde im Rahmen einer Diplomarbeit untersucht (Tina Zink: Deutsche Signalwörter in Warnungen, 2012), bei der Pedestrian and Evacuation Dynamics vorgestellt und publiziert (Künzer, Hofinger& Zink, im Druck). Die Studie war unterteilt in Experiment 1: Der semantische Einfluss optisch präsentierter Signalwörter auf deren Dringlichkeit im Kontext eines U-Bahn-Systems“ und Expertiment 2: „Akustisch präsentierte Signalwörter als Teil einer vollständigen Warndurchsage im Kontext eines U-Bahn-Systems“. Ein wichtiges Ergebnis war, dass einerseits Signalwörtern hinsichtlich Dringlichkeit und Wichtigkeit abgestuft wahrgenommen werden, dass es aber für keine eindeutige Reihenfolge für die mittlere Ausprägungen dieser Dimensionen gibt. Achtung, Vorsicht und Hinweis sollten entsprechend eher nicht für Warndurchsagen zur Evakuierung verwendet werden. Zudem wurden verschiedenen emotionale Tönungen in Durchsagen untersucht und die Wirkung von Signalwörtern, die in vollständige Durchsagen eingebettet sind.

Diese Studie wurde im **Kulturvergleich USA** erweitert; dazu diente ein Forschungsaufenthalt im Herbst 2012 einer Projektmitarbeiterin in Jacksonville, der nicht vollständig mit Projektmitteln bestritten werden konnte, aber von der Human Factors and Ergonomics Society, Europe Chapter, mit einem Reisestipendium gefördert wurde. Im Kulturvergleich zeigten sich Ähnlichkeiten, aber auch deutliche Unterschiede zwischen deutschen und US-amerikanischen Probanden: letztere bewerteten bei ähnlicher Reihenfolge alle untersuchten Signalwörter stärker; die Reihenfolgen scheinen jedoch ähnlich zu sein. Signalwörter lassen sich bei beiden Ländern nicht immer in einer eindeutigen Rangfolge darstellen. Signalworte, Kontext und Aussprache beeinflussen die Wahrnehmung einer Durchsage gleichermaßen; Durchsagen mit dringlicherer Aussprache werden dringlicher eingeschätzt, aber in den USA werden diese als glaubwürdiger eingeschätzt als in Deutschland. Information über die Art der Gefahr und die Konsequenzen der Nichtbeachtung der Warnung machen eine Durchsage glaubwürdiger. Die internationale Publikation dieser Studie ist geplant für 2014.

An der TU Dortmund wurden im Juli 2011 im Rahmen eines Seminars zu „Fluchtwege, Alarme und Warnungen aus psychologischer Perspektive“ **Versuche mit Studierenden** zu Gehgeschwindigkeiten, Verhalten an Engstellen, Gruppenverhalten etc. durchgeführt. Dabei wurden auch simulierte Behinderungen miteinbezogen. Ergebnisse zeigten hier unter anderem, dass selbst im Laborversuch ohne reale Gefährdung Drängeln sowie Hilfeverhalten (gegenüber den Personen mit simulierten Behinderungen) auftraten. Auch in diesem Versuch

wurden Fluchtwegstüren übersehen und es traten die aus der Literatur bekannten Stauungen an Türen auf.

1.3 AP 1.2 Feldversuch Hermannplatz

In Fortführung der Vorstudien aus OrGaMIR wurde im Dezember 2011 eine Feldstudie an der Station Hermannplatz durchgeführt.

Der Fokus des Feldversuchs lag auf dem **Verhalten von Kleingruppen in Evakuierungssituationen** unter Berücksichtigung der Kohäsion. Es nahmen 76 Personen, zumeist Studierende teil. Gemessen wurden in mehreren Einzelversuchen (im Gleisbett, im Tunnel, auf Treppen, auf Fahrtreppen, auf dem Bahnsteig) Geh- und Laufzeiten, Verhalten wurde mit Videoaufzeichnungen erhoben. Alle Probanden wurden im Nachgang in Interviews befragt.

In den Auswertungen wurden u.a. die Auswirkungen von **Gruppengröße** auf das Evakuierungsverhalten und das subjektive **Zugehörigkeitsgefühl** mittels Videoanalysen untersucht. Die subjektive Gruppenzugehörigkeit förderte gegenseitige Unterstützung, hemmte aber teils den Personenfluss: Probanden warten auf Andere, blieben als Gruppe zusammen und unterstützen sich, was stellenweise zu einer Verlangsamung führte.

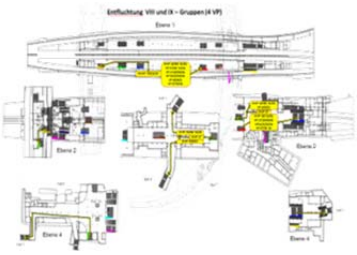
Die Probanden nutzen **nicht die gesamte Fluchtwegsbreite**, was den Ergebnissen der Literatur entspricht.

Beispiele für **Hilfeverhalten und Egoismus** wurden, auch zu Lehrzwecken, auf den Videos identifiziert. Fahrgäste mit **Beeinträchtigungen** fragten um Hilfe an Fahrtreppen, Treppen und im Gleisbett, jedoch nicht auf dem Bahnsteig. D.h. wenn die wenn Umgebung besondere Anforderungen stellt, wird auf soziale Strategien (Hilfe) zurückgegriffen.

1.4 AP 1.3 Feldversuche Alexanderplatz

Im AP 1.3 wurden zwei Feldversuche am Alexanderplatz durchgeführt, im Mai und im Oktober 2012. Es sollten dabei einerseits die **Orientierung in Evakuierungssituationen** unter realitätsnahen Bedingungen in einem komplexen Umsteige-U-Bahnhof empirisch erfasst werden. Andererseits sollte die **Wirksamkeit verschiedener Aktoriken** untersucht werden. Im Mai 2012 war der Fokus der Untersuchungen die Orientierung in komplexen Infrastrukturen (U-Bahnhof Alexanderplatz). Im Oktober wurde in Kooperation mit dem Partner Universität Paderborn vorrangig der Einsatz von Aktorik bei der Fluchtwegslenkung untersucht. Zudem wurde das Orientierungsverhalten von Kleingruppen erfasst und eine erneute **Fahrgastbefragung** durchgeführt, außerdem fand ein Versuch mit einer Großgruppe auf der **Fahrttreppe** statt, um dem Partner BVG Daten für die Berechnung nötiger Fahrtreppenbreiten liefern zu können.

Entscheiden und Orientierung



Im Mai 2012 wurde das Verhalten von N=19 **Einzelpersonen** untersucht, die einzeln von einer definierten Stelle der untersten Bahnsteigebene einen Weg an die Oberfläche suchen mussten. Teils waren die Probanden ortskundig, teils nicht. Ihre Wegwahlen wurden mit Video aufgenommen. Zusätzlich wurden sie zum

„lauten Denken“ angehalten (Diktiergerät). Im Anschluss wurde sie mittels Fragebögen und Interviews nachbefragt.

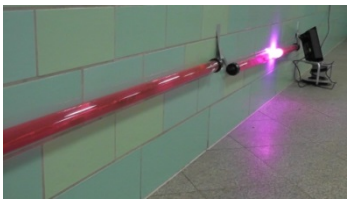
Im Oktober 2012 wurde die Datenbasis um das Verhalten von **Kleingruppen** erweitert; hier wurde auch die Kommunikation untereinander erfasst. Es nahmen 39 Probanden in 11 Kleingruppen teil.

Die Wegwahlen wurden grafisch ausgewertet, dabei zeigte sich eine Präferenz für wenige Wege trotz fehlender Ortskenntnis und Komplexität der Station. Bei der Orientierung ließen sich deutlich **unterscheidbaren Strategien** beschreiben: ortsunkundige Personen wählen eher den nächstgelegenen sichtbaren Ausgang; Ortskundige suchten gezielt den „günstigsten“ Weg in Zielrichtung, wählten z.B. bewusst einen weniger frequentierten Ausgang.

Die **Gruppen** stimmten sich über Entscheidungen nur teilweise ab; das führte zu Verlangsamung. Wenn eine Person in der Gruppe angab, den Weg zu kennen, wurde dieser ohne Diskussion gefolgt. In den Gruppen wurde wenig gesprochen; gesprochen wurde v.a. am Anfang, um herauszufinden, wer die Gruppe führen würde. Wenn eine Person die Führung übernommen hatte, blieb diese Person richtungsweisend bis an die Oberfläche.

Angegebenen **Gründe für die gewählten Wege** umfassten, die Orientierung an der Gruppe, Folgen der Beschilderung, eine generelle Tendenz für Aufwärtsbewegungen; bekannter kürzester Weg, Wahrnehmen von Luftbewegungen, eine Präferenz für Treppen statt Fahrtreppen im Notfall.

Aktorik



Als „Aktorik“ wird die **handlungsbeeinflussende Schnittstelle des Systems** (hier OrGaMIR) zu den Nutzern (von der Räumung betroffenen Fahrgästen) verstanden. Die Aktorik sollte in den Versuchen das Verhalten (Wegwahl) **beeinflussen**; dabei muss sie **intuitiv verständlich** sein. Also mögliche Aktoriken wurden identifiziert: Lenkung durch Licht/ Symbole, Durchsagen, durch Brailleschrift oder Gerüche. Im Projektrahmen wurden in enger Abstimmung der Versuche untersucht: individuelle optische und akustische Aktorik durch die Universität Paderborn und ortsgebundene optische Aktorik („Lauflichter“) durch die FSU.

Es wurden **drei Teilversuche** durchgeführt, um **Intuitive Verständlichkeit, Lenkungswirkung und die Wirkung verschiedener Farben** zu erfassen. Die Ergebnisse fließen in einer Diplomarbeit ein (A. Steigenberger: Dynamische Fluchtwegslenkung, Fertigstellung 2013).

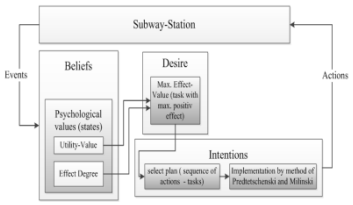
Es nahmen insgesamt 44 Probanden teil, davon im Teilversuch Aktorik 1: 39 Probanden, im Teilversuch Aktorik 2: 41 Probanden, im Teilversuch Aktorik 3: 29 Probanden. Die Probanden waren zumeist Studierende vier Berliner Hochschulen sowie 12 Berufstätige.

Die drei Versuchsteile umfassten Grünes Lauflicht mit der Wahl zwischen zwei gleichwertigen Wegen, Grünes Lauflicht mit der Wahl zwischen kürzerem Weg ohne Aktorik und längerem Weg mit Aktorik sowie Rotes Lauflicht, Wahl zwischen zwei gleichwertigen Wegen. Die Probanden wurden an den Startpunkt gebracht, ohne Sicht auf Aktorik und erhielten dieselbe Instruktion wie bei den Orientierungsversuchen. Es fand eine verdeckte Beobachtung der Wegwahlen statt; alle Probanden wurden mit Kurzinterviews nachbefragt.

In den Auswertungen zeigte sich dass die Aktorik **überwiegend, aber nicht für alle Probanden ohne Lernen verständlich** war. Etwa ein Sechstel der Personen gab nach dem ersten Teilversuch an, das Lauflicht überhaupt nicht bewusst wahrgenommen zu haben. Die Laufrichtung wurde nicht durchgehend erkannt. Es trat während der Versuchsreihe ein Lerneffekt ein, bei Teilversuch 3 hatten alle Probanden das Licht wahrgenommen. Angegebene **Gründe für die Wegwahl** umfassten das Blinken/ Licht, Wahl des näheren Ausgangs, Wissen über kürzeren Weg, anderen Personen folgen, Vermeidung von Fahrtreppe (geradeaus), grundsätzlich bevorzugte Richtung, Information auf Schildern. Das heißt, einige Probanden nahmen das Licht und die Richtungsaufforderung wahr, entscheiden sich aber bewusst dagegen, ihr zu befolgen.

Die Ergebnisse legen nahe, dass **Lauflichter als Aktorik in der dynamischen Fluchtwegslenkung nützlich** sein können. Die Verständlichkeit ist allerdings nicht frei von **Lernprozessen** und deutlich **erfahrungsabhängig**. Die erkannte Wegweisung wird oft, aber nicht unbedingt befolgt; v.a. Ortskenntnis oder ein starkes anderes Ziel können Befolgung verhindern.

1.5 AP 1.4 Berechnungsmethoden



Ziel des Arbeitspakets war es, **psychologische Aspekte in ingenieurwissenschaftliche Methoden** zur Entfluchtungsberechnung zu integrieren. Die ingenieurwissenschaftlichen Aspekte dieses Arbeitspakets werden im Schlussbericht des Partner UPB, der in diesem AP die Führung hatte, dargestellt. Zunächst wurde Kontakt zu Forschern im Bereich der Fußgänger- und Entfluchtungssimulation zur Eruierung gemeinsamer Fragestellungen aufgenommen. Aus diesen Kontakten ergaben sich bereits Ideen für weitere Verbundanträge. Es zeigte sich, dass sowohl aus Sicht der Ingenieurwissenschaften wie aus Sicht der Psychologie keine der gängigen, bereits publizierten **Modellierungen** befriedigende Lösungen für die Integration der Humanfaktoren bietet, dass aber die **Relevanz** durchgängig wahrgenommen wird.

Für die Umsetzung im Projekt wurde das AP 1.4. in enger Kooperation mit dem Partner Universität Paderborn bearbeitet. Es wurde die Entscheidung getroffen, für die Modellierung den Ansatz der **Personenstromberechnung** nach Predtetschenski und Milinski mit einem **kombinierten Ansatz aus dem Belief, Desire, Intention Model und der Culture Affected Behaviour Language** zusammenzuführen und zu erweitern.

Zustände und Aufgaben der Agenten wurden von FSU Jena anhand von Erkenntnissen beschrieben. Übergreifende Aufgaben der Agenten in einer Evakuierungssituation sind z.B. Wahrnehmung des Alarms, Unterbrechen der aktuellen Handlung, Bewegung im Raum, Orientierung, Vermeidung subjektiver Gefahren, Entscheiden für einen Weg etc. Für jede Aufgabe wurden mögliche **States** und **Randbedingungen** aufgrund der Erkenntnisse aus der psychologischen Fachliteratur der internationalen Fluchtforschung sowie den eigenen empirischen Ergebnissen beschrieben. Aufbauend darauf wurden verschiedenen **Cluster** von „Fahrgästen definiert. Ergänzend wurde eine Analyse der verfügbaren Daten zu **U-Bahnunfällen** durchgeführt, um Verhaltensaspekte aus Realereignissen zu gewinnen.

Erste Ergebnisse wurden bereits publiziert (Schäfer, Künzer & Zinke, im Druck). Die Arbeiten an diesem Arbeitspaket dauern aber aufgrund der komplexen Fragestellung zu Projektende noch an; eine Folgeförderung wird angestrebt.

1.6 AP 1.5 Aktorik

Hier hatte FSU laut Projektplan keine eigenen Anteile. Aufgrund der engen Zusammenarbeit mit den Projektpartnern war FSU aber an der Erstellung des Designs für Feld- und Laborversuche des Partners Universität Paderborn sowie an der Erstellung der Versuchspersonenunterlagen beteiligt.

1.7 AP 1.6 Generalisierung der Ergebnisse

In diesem Arbeitspaket wurden Fragestellungen für die Infrastruktur U-Bahn auf weitere Notfallszenarien und **weitere U-Bahnhöfe generalisiert**. Die Übertragbarkeit der Aktorik in verschiedenen **kulturellen Kontexten** sollte berücksichtigt werden.

In diesem Arbeitspaket wurden folgende Untersuchungen wurden durchgeführt:

Beobachtung Evakuierungsübung Eisenbahntunnel

Im September 2011 konnte durch Beobachtung einer Entfluchtungsübung am neuen **Flughafenbahnhof BerlinBrandenburgInternational** Erkenntnisse zum Verhalten in Tunneln in anderen unterirdischen Bahnanlagen gewonnen werden.

Feldstudie in der U-Bahn Newcastle (GB)

Im Januar 2012 wurde in Kooperation mit Prof. Brian Agnew und dem Partner Ruhr-Universität Bochum ein Feldversuch in der U-Bahn-Station „Monument“ in **Newcastle** upon Tyne (GB) durchgeführt; Fokus waren hier Zeitmessungen auf unterschiedlichen baulichen Elementen (Fahrtreppen, stillstehende Fahrtreppen, Treppen, Bahnsteige, Gänge), sowie Entscheidungsprozesse unter Unsicherheit, z.B. bei blockierten Wegen (Absperrung von Gängen).

Durch den Ausfall der englischen Versuchsteilnehmer konnte diese Studie nicht kulturvergleichend durchgeführt werden. Teilnehmende waren N=11 Studierende der Ruhr-Universität Bochum, die mit den Projektfragestellungen und der Station vertraut waren. Das Verhalten wurde mit Videos aufgenommen, alle Probanden wurden mit Fragebogen und Interviews nachbefragt.

Ein wichtiges Ergebnis war, dass trotz Ortskenntnis bei Blockade ausgewiesener und bekannter Fluchtwege **zeitweise vollkommene Orientierungslosigkeit** auftrat und es **Probleme bei der Umorientierung** gab, die zu Verzögerungen im Minutenbereich führten. Dieses Ergebnis betont die Wichtigkeit der **Fluchtwegslenkung**, die Orientierung erleichtert.

1.8 AP 1.7 Ergebnisverwertung

In diesem Arbeitspaket sollten vorrangig Vorschläge zur Verbesserung von Brandschutzkonzepten und Notfallkonzepten für die Infrastruktur U-Bahn erarbeitet werden. Dem **Anwendungspartner BVG** wurden von FSU Jena ab Januar 2012 **wiederholt Hinweise zur Planung** der Treppenbreiten für Fluchtwege aufgrund der gewonnenen Daten.

Im Teilprojekt FAW- Psy wurde dieses Arbeitspaket aufgrund verschiedener **Kooperationsanfragen** ausgeweitet auf die Verwertung vorhandener Ergebnisse in Gremien und Lehre:

Eine Projektmitarbeiterin führte im Sommersemester 2011 an der **TU Dortmund** und im Wintersemester 2011/ 12 an der **Universität Regensburg** ein Seminar bzw. Hauptseminar „Fluchtwege, Alarme, Warnungen aus psychologischer Perspektive“ durch. An der TU Dortmund wurde dies ergänzt durch Laborversuche (siehe Kap. 1.2); aus dem Seminar an der Universität Regensburg konnte ein Diplomand gewonnen werden.

Eine Projektmitarbeiterin wurde als Dozentin für den **Zertifikatslehrgang „Fachplanung und Leitung Besuchersicherheit“** an der FH Köln im Modul „menschliches Verhalten und Kommunikation“ (ab 10/2013) angefragt.

Das Projektteam nahm überdies komplett an der **Expertenbefragung** des Schweizer Projekts zu **Großräumigen Evakuierungen** teil (dokumentiert in Kowald et al, 2012. Soziales Verhalten in grossräumigen Evakuierungsereignissen: Ergebnisse einer Expertenbefragung).

Die Ergebnisse aus FAW-Psy fließen seit 2012 fortlaufen in die Erstellung der neuen VDI-Richtlinie „Evakuierung“ ein. Eine Projektmitarbeiterin nimmt auch nach der Projektlaufzeit am **VDI-Richtlinienausschuss 4062 „Evakuierung**“ mit dem Fokus auf Alarmierung und Maßnahmen für besondere Personengruppen teil.

1.9 AP 1.8 Übertragung auf andere Infrastrukturen

Die Projektfragestellungen sollten in diesem Arbeitspaket auch für andere Infrastrukturen untersucht werden. Für eine ausgewählte Infrastruktur sollte ein Entfluchtungsversuch geplant und durchgeführt werden. Im Teilprojekt FAW-Psy konnten hier zahlreiche Ergebnisse generiert werden:

Einblicke in weitere Infrastrukturen

Im Rahmen einer Kooperation mit dem **Studiengang Sicherheitsmanagement der FH Furtwangen** wurde zur Übertragung auf die Infrastruktur „Schule“ in Kooperation mit Studierenden ein Flyer als „**Handreichung für Lehrkräfte an Schulen**“ erstellt, die über Fluchtwege und das richtige Verhalten aufklärt. Eine erste Evaluation der Handreichung fand statt.

Es wurde eine Analyse verfügbarer **Beschreibungen realer Evakuierungen in Hotels, Krankenhäusern und auf Schiffen** durchgeführt, um Aufschlüsse über Verhalten in realen Situationen zu erhalten. Hier wurden Internetquellen und Zeitschriften einbezogen, da die wissenschaftliche Literatur nur wenige Ereignisse bearbeitet hat.

Im Juli 2012 vor Ort Einblick in die Notfallplanung einer **Großveranstaltung** („das Fest“, Karlsruhe) gewonnen werden. Dies führte zu einer gemeinsamen Beantragung eines Forschungsprojekts im Frühjahr 2013.

Weiterhin wurde in Kooperation mit der Firma Hannich Sicherheit Plus im August 2012 eine **unangekündigte Räumungsübung eines Bankgebäudes** beobachtet.

Während der Projektlaufzeit wurde in Kooperation mit einem süddeutschen **Krankenhaus** (im Neubau) eine Feldstudie „**unangekündigter Feueralarm während des Probebetriebs**“ mit wissenschaftlicher Beobachtung geplant. Aufgrund von Bauverzögerungen konnte diese Studie nicht durchgeführt werden. Die Krankenhausleitung äußerte allerdings Interesse daran, die Kooperation auf Auftragsbasis nach Projektabschluss fortzuführen.

Eine **kulturvergleichende Studie zu Farben und Warnschildern**, insbesondere Notausgangsschildern, im arabischen Raum wurde in Kooperation mit Kai Plankermann (Doktorand Universität Regensburg) begonnen. Diese soll in eine gemeinsame Publikation münden.

Feldversuch „Plattformtagung“, Berlin-Spandau 2011

Im Rahmen einer Tagung des Vereins „Plattform Menschen in komplexen Arbeitswelten“ e.V. im Mai 2011 in Berlin-Spandau konnten die ProjektmitarbeiterInnen als Mitorganisatoren der **Tagung** in Absprache mit der Feuerwehr einen **unangekündigten Räumungsalarm** veranlassen. Zum Zeitpunkt der Räumung befanden sich ca.60 Personen im Tagungssaal. Die Beobachtungen zeigten, dass auch **Sicherheitsexperten** das aus der Literatur und Fallanalysen bekannte Verhalten zeigen. Beispielsweise zögerten die Anwesenden lange ehe sie begannen, den Raum zu verlassen; sie sichten nach Information und orientierten sich an Führungspersonen wie der Tagungsleitung. Es wurden von 6 möglichen Ausgängen vorrangig die beiden genutzt, die auch als Eingänge dienten.

Feldstudie Begleitung einer unangekündigten Räumungsübung an einer Universität

Durch Kontakte zu Sicherheitsbeauftragten ergab sich die Möglichkeit, eine **unangekündigte Räumungsübung** im April 2013 an einer **Universität** wissenschaftlich zu begleiten. Es wurde ein Gebäude ausgewählt, in dem sich ein Hörsaal, Seminarräumen und eine Büro-Etage befand. Das Gebäude war zum Zeitpunkt der Übung mit ca. 250 Personen besetzt.

Es konnten folgende **Daten** erhoben werden: Videodokumentation, Beobachtung und Personenzählung an allen Ausgängen durch 11 ProjektmitarbeiterInnen und Hilfskräfte, Fragebogen an alle aus dem Gebäude kommenden Personen ausgegeben. Alle Befragten erhielten ein Informationsblatt zur Räumungsübung und das Angebot einer Information vor Ort.

Es konnten Fragebogendaten von N= 186 Personen erhoben werden, davon wurden n=165 für die Auswertung einbezogen. Der Fragebogen wurde von Studierenden, DozentInnen und Personen, die in den Büros arbeiten beantwortet.

Ein wichtiges Ergebnis war, dass der **Feuer- /Räumungsalarm nicht durchgängig** bekannt war: Etwa ein Viertel der Befragten gab an, den Alarm nicht als solchen erkannt zu haben. Der Ton der nur in den Gängen ertönte, nicht in den Lehrräumen, wurde häufig für ein Handyklingeln, einen Autoalarm, oder andern Lärm gehalten.

Neben der fehlenden Kenntnis des Alarmtons und damit der Fehlinterpretation des Alarms fiel auf, dass nur sehr wenige Befragte angaben, besorgt gewesen zu sein; d.h. der Alarm wurde **nicht mit realer Gefahr in Verbindung** gebracht. Dies entspricht dem verbreiteten cry wolf-Phänomen: Durch häufige Fehl und Übungsalarme werden Alarme nicht mehr ernst genommen wodurch im Brandfall wertvolle Zeit verloren geht.

Weiterhin äußerten fast zwei Drittel der Befragten, dass sie bei Verrauchung trotzdem durch die Eingangshalle gelaufen wären. Dieses Ergebnis spiegelt das beobachtete Verhalten bei realen Bränden (**durch Rauch laufen**) und weist auf fehlendes Wissen bezüglich des richtigen Verhaltens bei Bränden hin.

Die Ergebnisse der Räumungsübung wurden der Universitätsleitung bei einer Sitzung des Arbeitssicherheitsausschusses im Juli 2013 vorgestellt und werden zu organisatorischen Veränderungen sowie Informationen für alle Universitätsangehörige führen.

2. Verwendung der Zuwendung: Zahlenmäßiger Nachweis

Zur Erfüllung der Aufgaben im Projekt (vgl. I.3) umfasste die Zuwendung im wesentlichen Mittel für Personalstellen, für wissenschaftliche Angestellte, Hilfskräfte, Sachmittel und Reisemittel. Über die ursprünglich geplante Projektlaufzeit hinaus, wurde das Teilprojekt von April bis Juni 2013 zuwendungsneutral verlängert. Dafür erforderliche Umwidmungen bzw. Verwendung von Mitteln zum Ausgleich von Mehr- und Minderausgaben zwischen den Kostenarten gemäß Finanzierungsplan wurden bewilligt.

Insgesamt wurden während der Projektlaufzeit folgende Mittel verausgabt:

- für wissenschaftliche Angestellte: 179.266,36€
- für sonstige Beschäftigungsentgelte/ Hilfskräfte: 13.377,35€
- für Gegenstände bis 410€: 1.397,51€
- für sonstige und allgemeine Verwaltungsausgaben: 5.262,13€
- für Dienstreisen (In- und Ausland): 15.229,93€
- für Gegenstände über 410€: 2.766,72€

Darüber hinaus erhielt die FSU für sonstige projektbezogenen Kosten eine Projektpauschale in Höhe von 21.730,00€. Damit entspricht die Summe der Gesamtausgaben der Gesamtzuwendung in Höhe von 239.030,00€ (incl. Projektpauschale).

Während der Projektlaufzeit wurden die jährlichen Ausgaben nach Art und Höhe in den Zwischenberichten fortlaufend begründet. Alle Detailbuchungen zu jeder der vorangehend aufgelisteten Summen nach Kostenarten sind aus den beigefügten Beleglisten ersichtlich, die vom Finanzdezernat der FSU erstellt wurden. Weiterhin beigefügt ist eine Erklärung zur zweckentsprechenden Verwendung der Projektpauschale bestätigt durch das Finanzdezernat sowie eine Personalkostenübersicht zum Schlussverwendungsnachweis, erstellt durch das Personaldezernat der FSU.

3. Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Das Bundesinteresse an einer Finanzierung des Vorhabens ergab sich aus der Ausschreibung„Schutz von Verkehrsinfrastrukturen“ im Rahmen des Programms "**Forschung für die zivile Sicherheit**" des Bundesministeriums für Bildung und Forschung.

Mit dem Programm „Forschung für die zivile Sicherheit“ strebt die Bundesregierung den Zugewinn an **Sicherheit, Wirtschaftlichkeit und Akzeptanz** an. Der Bezug des Vorhabens zu den förderpolitischen Zielen ist durch die unmittelbare Auswirkung auf die Sicherheit der Nutzer in kritischen Infrastrukturen gegeben. Die erfolgreiche Umsetzung des Vorhabens kann zu einer verbesserten Fluchtwegsgestaltung und entsprechend effektiverer Selbstrettung führen. Die Relevanz der Thematik von OrGaMIR^{PLUS} wurde z.B. durch Anschläge am 29. März 2010 in der Moskauer U-Bahn oder Ereignisse wie dem Düsseldorfer U-Bahn Brand am 8. Mai 2009 oder die Räumung einer Station in der U-Bahn Köln im Vollbetrieb am 17.10.2012 verdeutlicht.

Im Teilvorhaben FAW-Psy wurde hauptsächlich die Dimensionen **Zugewinn an Sicherheit** adressiert. Die **Verkürzung der Entfluchtungszeit** von U-Bahnhöfen durch Berücksichtigung von psychologisch relevanten Faktoren für die dynamische Fluchtwegslenkung (AP 1)

verringert für die Fahrgäste die Dauer, der sie einer Gefahr in unterirdischen Verkehrsanlagen ausgesetzt sind. Darüber hinaus ist das Verständnis von menschlichen Faktoren bei der Modellierung von Entfluchtungen relevant, da zunehmend Modellierung Grundlage der Fluchtwegsplanung ist.

Der Hauptnutzen des beantragten Projekts liegt in der Verkürzung der Zeit, die zur Entfluchtung benötigt wird, wenn die Projektergebnisse vertieft und umgesetzt werden. Dazu dient die genauere Bestimmung **relevanter Humanfaktoren in Evakuierungssituationen**, die optimierte Gestaltung von Alarmen und Warnungen für die dynamische Fluchtwegslenkung in der OrGaMIR-Aktorik sowie die Integration psychologischer und ingenieurwissenschaftlicher Erkenntnisse bei der Berechnung von Fluchtwegen

Das Teilprojekt „Gestaltung von Fluchtwegen, Alarmen und Warnungen aus Perspektive der Human Factors-Psychologie (FAW-Psy)“ wurde als **universitäres Forschungsprojekt** auf Ausgabenbasis (AZA) gefördert. Als solches führte es bereits zu einer Anzahl von Publikationen und Vorträgen (siehe unter 6). Aus dem Projekt wurde eine Promotion begonnen sowie zwei Diplomarbeiten fertiggestellt.

Die Projektaufgaben konnten **sämtlich nur durch die BMBF-Förderung** geleistet werden. Die notwendigen Mittel zur Realisierung des Vorhabens ergeben sich aus dem Arbeitsplan, den Arbeitspaketbeschreibungen und der Vorhabenbeschreibung. Die Zuwendung ermöglichte die technisch/wissenschaftliche Bearbeitung einer sehr aktuellen Thematik im Bereich des zivilen Katastrophenschutz, welches auch in zukunftsträchtigen Innovationsthemen des Informations-/Wissens- wie auch Kooperationsmanagements angesiedelt ist

Die durchgeführten Analysen wurden und werden **publiziert** (siehe unter 6) und somit ÖPNV-Anwendern, Katastrophenschützern und der Human-Factors- sowie Modellierungsforschung **zugänglich gemacht**.

4. Voraussichtlicher Nutzen /Verwertbarkeit der Ergebnisse

Das Themengebiet „Gestaltung von Fluchtwegen, Alarmen und Warnungen aus Perspektive der Human Factors-Psychologie“ ist anschlussfähig an etliche **aktuelle Forschungs- und Anwendungsfelder**. Beispielsweise wurde bereits von einem Krankenhaus Interesse an einer Kooperation über das Projektende hinaus bekundet; hier sollen bei einem Neubauvorhaben die Fluchtwegslenkung durch Feldversuche im Probebetrieb optimiert werden.

Das Thema ist auch im Rahmen des zunehmenden Interesses an Sicherheit bei **Großveranstaltungen** relevant. Die ProjektmitarbeiterInnen wurden bereits zweimal zum Symposium Großschadenslagen des BBK eingeladen. Eine Projektmitarbeiterin wurde als Dozentin für den Zertifikatslehrgang „Fachplanung und Leitung Besuchersicherheit“ an der FH Köln im Modul „menschliches Verhalten und Kommunikation“ (ab Herbst 2013) gewonnen.

Da in Deutschland nur wenige Sozialwissenschaftler und kaum Psychologen an der Forschung zu Fluchtwegsgestaltung und -lenkung sowie Verhalten in Evakuierungssituationen teilnehmen, ist eine Einbindung der ProjektmitarbeiterInnen in weitere **sicherheitsbezogene Forschungsprojekte** zu erwarten. Es wurden bis Projektende mehrere Verbundanträge mit bearbeitet, die unter anderem auf Erkenntnissen aus OrGaMIR^{PLUS} aufbauen sollen.

Da das Thema der menschlichen Faktoren bei der Fluchtwegslenkung und -gestaltung bislang international eher unterrepräsentiert ist, ergeben sich weitere wissenschaftliche Verwertungsmöglichkeiten in der vertieften Beschreibung der Anforderungen und Möglichkeiten. Zudem sind **wirtschaftliche Verwertungsmöglichkeiten** erwartbar, da die Analysen betreiberspezifisch sein müssen und sich hier Optionen für Beratungsaufträge ergeben. Mittelfristig könnte sich im Bereich „Aktorik bei der Fluchtwegslenkung“ ein Marktpotential ergeben. Bereits direkt nach Projektabschluss wurden die Autoren dieses Berichts auf mehrere Tagungen als Referenten zur Projektthematik eingeladen.

5. Während der Durchführung des Vorhabens bekannt gewordene Fortschritte auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen

Während der Projektlaufzeit wurde fortlaufend die wissenschaftliche Literatur zu den Themen „interorganisationale Kommunikation und Kooperation“, „Fluchtwegslenkung“ sowie „Krisenstabsausbildung und -training“ mit folgenden Datenbanken durchgeführt:

- PsychLit
- PsycInfo
- Elektronische Zeitschriftendatenbank der Thüringer Universitäts- und Landesbibliothek (THULB)
- Pubmed
- Internetrecherche

Die Thematik „menschliche Faktoren bei der Fluchtwegsplanung und -lenkung“ wurde im Projektverlauf auch von andern Stellen als relevant erkannt (z.B. EU-Projekt BeSeCu). Hier standen allerdings im Projektzeitraum keine Publikationen zur Verfügung, die den Projektablauf hätten beeinflussen können.

6. Erfolgte und geplante Veröffentlichungen

Die hier genannten Veröffentlichungen sind auf der beigefügten CD zu finden.

6.1 Veröffentlichungen

- Schäfer, C., Künzer, L. & Zinke, R. (im Druck). Integration und Modellierung von menschlichen Faktoren für die Evakuierung von U-Bahn-Systemen. *Proceedings der Informatik 2013, 43. Jahrestagung der Gesellschaft für Informatik, Koblenz, 16.-20.9.2013*.
- Hofinger, G., Künzer, L. & Zinke, R. (im Druck). Entscheiden in Fluchtsituationen. Akzeptiert zur Veröffentlichung in H. Schaub, S. Strohschneider & Heimann, R. (Hg.), *Entscheiden in kritischen Situation – Umgang mit Unbestimmtheit* (S. 3-21). Frankfurt a.M.: Verlag für Polizeiwissenschaft.
- Künzer, L., Hofinger, G. & Zink, T. (im Druck) Psychological Aspects of German Signal Words in Evacuation Warnings. *In Proceedings of the PED 2012, 6.-8.6.2012*, ETH Zürich.

- Zinke, R., Hofinger, G. & Künzer, L. (im Druck) Psychological aspects of human dynamics in underground evacuation: field experiments. *In Proceedings of the PED 2012, 6.-8.6.2012, ETH Zürich*.
- Hofinger, G., Jungnickel, V., Zinke, R. & Künzer, L. (2012). Analyse interkultureller Teamarbeit zwischen Feuerwehr- und Rettungsdienst in Integrierten Leitstellen. *Interculture Journal, Special Issue*.
- Künzer, L., Hofinger, G. & Zinke, R. (2012). Mythen der Entfluchtung. In Vereinigung zur Förderung des Deutschen Brandschutzes e.V. (Hrsg.). *Tagungsband Jahresfachtagung 2012 der Vereinigung zur Förderung des Deutschen Brandschutzes e.V.* (S. 725-735). Köln: DFS.

6.2 Vorträge und Poster auf internationalen Konferenzen

- Künzer, L. (2012). Myths and Misconceptions in Evacuations-A Human Factors Perspective. *Vortrag an der UNF*, 2.11.2012, Jacksonville (USA).
- Zinke, R., Hofinger, G. & Künzer, L. (2012). Psychological aspects of human dynamics in underground evacuation: field experiments. *Vortrag auf der Pedestrian Evacuation Dynamics-Tagung*, 6.-8.6.2012, ETH Zürich.
- Künzer, L., Hofinger, G. & Zink, T. (2012). Psychological Aspects of German Signal Words in Evacuation Warnings. *Vortrag auf der Pedestrian Evacuation Dynamics-Tagung*, 6.-8.6.2012, ETH Zürich.
- Hofinger, G., Zinke, R. & Künzer, L. (2012). Psychological requirements for crisis and emergency decision-support systems for public transport control centers. *Vortrag an der Northumbria University*, Januar 2012, Newcastle (GB).
- Künzer, L., Hofinger, G. & Zinke, R. (2012). Myths and misconceptions in evacuations. *Vortrag an der Northumbria University*, Januar 2012, Newcastle (GB).

6.3 Vorträge und Arbeitsgruppen auf nationalen Konferenzen

- Hofinger, G. (2013). Verhalten in Evakuierungssituationen. *Vortag beim Kolloquium „Psychologie und Gesellschaft“, Universität Greifswald*, 28.5.2013, Greifswald.
- Hofinger, G. (2012) Verhalten in Evakuierungssituationen. Entscheidungsprozesse und Sozialverhalten. *Vortrag auf der Herbsttagung der Schutzkommission*, 20.09.2012, Würzburg.
- Zinke, R. (2012) Flucht aus U-Bahnsystemen – Forschungsergebnisse zum Faktor Mensch. *Vortrag auf dem 13. Berliner Katastrophenschutzforum*, 13. 09. 2012, Berlin [krankheitsbedingt vorgetragen durch M. Plaß].
- Künzer, L., Hofinger, G. & Zinke R. (2012). Mythen der Entfluchtung. *Vortrag auf der Jahresfachtagung der vfdb e.V.*, 21.-23.5.2012, Köln.
- Zinke, R., Künzer, L. & Hofinger, G. (2012). Mythen der Entfluchtung. *Vortrag auf dem BusinessContinuityInstitute-Kongress*, November 2011, Hannover.
- Künzer, L. & Hofinger, G. (2011). „Raus Hier“!? Mythen der Entfluchtung. *Vortrag auf dem 2. Symposium Großveranstaltungen an der AKNZ*, 7./8. Sept 2011, Ahrweiler.
- Künzer, L., Zinke, R. & Hofinger, G. (2011). Farben im Kontext von Gefahr – Eine interkulturelle Studie zur praktischen Anwendung von Farben. 2. *Jenaer Sommer-*

Symposium Interkulturelle Forschung an deutschsprachigen Hochschulen, 02.-03. September 2011, Jena.

- Hofinger, G., Zinke, R. & Künzer, L. (2011). Entscheiden in Fluchtsituationen. *Arbeitsgruppe auf der Jahrestagung der Plattform „Menschen in komplexen Arbeitswelten“ e.V.*, Juni 2011, Berlin Spandau.

6.4 Geplante Veröffentlichungen

Die Arbeiten zur Fluchtwegslenkung werden im Zusammenhang mit den Ergebnissen aus OrGaMIR^{PLUS} in einschlägigen nationalen und internationalen Journals publiziert, Angestrebt wird eine Veröffentlichung Human Factors in Evacuation in safety science bis 2014. Die spezifisch psychologischen Ergebnisse werden aktuell von den ProjektmitarbeiterInnen zur Publikation als Buch „Menschliches Verhalten in Evakuierungssituationen“ zusammengefasst und aufbereitet.

III. Erfolgskontrollbericht

1. Beitrag des Projekts zu den förderpolitischen Zielen

Das Forschungsvorhaben „Gestaltung von Fluchtwegen, Alarmen und Warnungen aus Perspektive der Human Factors-Psychologie“ wurde als Teil des Verbundprojekts „OrGaMIR^{PLUS}“ im Rahmen des Programms "Forschung für die zivile Sicherheit" des Bundesministeriums für Bildung und Forschung durchgeführt. Mit dem Programm „Forschung für die zivile Sicherheit“ strebt die Bundesregierung den Zugewinn an Sicherheit, Wirtschaftlichkeit und Akzeptanz an.

Der Bezug des Vorhabens zu den förderpolitischen Zielen ist durch die unmittelbare Auswirkung auf die Sicherheit der Nutzer in kritischen Infrastrukturen gegeben. Die erfolgreiche Umsetzung der Vorhabensergebnisse kann zu einer verbesserten Fluchtwegsgestaltung und entsprechend effektiverer Selbstrettung führen. Die Relevanz der Thematik von OrGaMIR^{PLUS} wurde z.B. durch Anschläge am 29. März 2010 in der Moskauer U-Bahn oder Ereignisse wie dem Düsseldorfer U-Bahn Brand am 8. Mai 2009 oder die Räumung einer Station in der U-Bahn Köln im Vollbetrieb am 17.10.2012 verdeutlicht.

Im Teilvorhaben FAW-Psy wurde hauptsächlich die Dimensionen Zugewinn an Sicherheit adressiert. Die Verkürzung der Entfluchtungszeit von U-Bahnhöfen durch Berücksichtigung von psychologisch relevanten Faktoren für die dynamische Fluchtwegslenkung verringert für die Fahrgäste die Dauer, der sie einer Gefahr in unterirdischen Verkehrsanlagen ausgesetzt sind. Darüber hinaus ist das Verständnis von menschlichen Faktoren bei der Modellierung von Entfluchtungen relevant, da zunehmend Modellierung Grundlage der Fluchtwegsplanung ist.

2. Wissenschaftlich Ergebnisse des Vorhabens, erreichte Nebenergebnisse, wesentliche Erfahrungen

Für die Darstellung der wissenschaftlichen Ergebnisse wird auf den Schlussbericht (Kapitel II.1.1 bis II.1.7 sowie 3 und 6) verwiesen.

Als Nebenergebnisse sind zu nennen:

- Die Erstellung einer Methode für die Identifikation relevanter Parameter bei der Modellierung menschlichen Verhaltens
- Erkenntnisse über die Gestaltung von Alarmierungsübungen, z.B. im Rahmen einer Hospitation bei einer unangekündigten Räumung einer Bank
- Erkenntnisse über die Fluchtwegsplanung bei Festivals
- Zahlreiche Kooperationenjm mit Akteuren aus Forschung, Lehre und Bevölkerungsschutz

Wesentliche Erfahrungen

- Feldstudien mit Realdaten sind aufwendiger vorzubereiten und auszuwerten als gedacht. Besonders zu erwähnen sind der logistische und konzeptionelle Aufwand bei bedingter Planbarkeit der Rahmenbedingungen für die Datenerhebung, der Umfang an technischer Ausstattung und der große Personalbedarf für die Durchführung von Feldversuchen, ebenso wie die zeitlichen und personellen Anforderungen für die Sichtung, Verarbeitung und Verwertung der großen Datenmengen. Für Folgeprojekte sind hier deutlich mehr Ressourcen einzuplanen.

- Die interdisziplinäre Zusammenarbeit mit UPB und RUB gestaltete sich durch die gemeinsamen Vorerfahrungen sehr produktiv und effektiv. Entscheidend war die genaue Kenntnis der Projektziele der andere Partner und die Bereitschaft, sich gegenseitig auch über die formalen Anforderungen hinaus zu beraten und zu unterstützen.
- Durch die Vielzahl von unterschiedlich gestalteten Alarmen in öffentlichen Gebäuden in Deutschland ist das Erkennen des Alarms und damit notwendigerweise die Reaktion erschwert. Hier wären auf der Grundlage von Forschungsergebnissen politische Entscheidungen nötig.
- Das Interesse an menschliche Einflussfaktoren bei der Planung und Gestaltung von Fluchtwegen bei den Anwendern ist groß. ProjektmitarbeiterInnen wurden z.B. früh im Projektverlauf in ein VDI-Richtliniengremium eingebunden sowie zu verschiedenen Arbeitskreisen eingeladen, von Journalisten interviewt etc. Im Gegensatz dazu steht die mangelnde Verfügbarkeit verlässlichen Wissens und belastbarer Daten aus der Forschung, auch international.
- Das Thema bedarf Grundlagenforschung, die im Rahmen der Sicherheitsforschung nicht zu leisten ist.

3. Fortschreibung des Verwertungsplans

Für die Fortschreibung des Verwertungsplans wird auf den Schlussbericht, Kapitel I.4 verwiesen.

Die Arbeiten zu Fluchtwegslenkung und -aktorik sowie zur Modellierung von Verhalten bei Evakuierungen sollen in weiteren Verbundprojekten fortgeführt werden; aus diesen würden sich weitere wissenschaftliche Verwertungsmöglichkeiten ergeben. Eine Entscheidung über Förderung steht zum Berichtszeitpunkt noch aus.

Es wurden Kontakte zu möglichen Partnern für weitere Forschungs- und Anwendungsprojekte im Bereich Entfluchtungen aufgenommen, z.B. zu Krankenhausbetreibern. Dieses Thema wird auch deshalb nachhaltig auf Interesse stoßen, da die Zahl und Größe von Großveranstaltungen in Deutschland stetig zunimmt. Hier wurden bereits Kontakte zu Festivalveranstaltern hergestellt und Ergebnisse des Projekts in einen Weiterbildungsstudiengang eingebracht. Da es kaum Experten zu dieser Thematik gibt, rechnen die Autoren mit weiteren Anfragen in den nächsten Jahren.

4. Arbeiten, die zu keiner Lösung geführt haben

Alle Projektziele konnten erreicht oder im Wesentlichen erreicht werden.

Es gelang jedoch nicht, die identifizierten Human Factors vollständig zu quantifizieren. Die entsprechenden Arbeiten (AP 1.4) werden nach Projektende fortgeführt.

Die Studie zum Kulturvergleich beim Verhalten in U-Bahnhöfen (AP 1.6) konnte nicht kulturvergleichend durchgeführt werden, da der Kooperationspartner Universität Newcastle keine Probanden gewinnen konnte. Dennoch wurde die Feldstudie mit deutschen Studierenden durchgeführt und lieferte Erkenntnisse zur Orientierung unter Unsicherheit.

Eine geplante Studie mit einer unangekündigten Räumung eines Krankenhausneubaus im Probebetrieb konnte aufgrund von Bauverzögerungen im Projektzeitraum nicht mehr durchgeführt werden.

5. Präsentationsmöglichkeiten

Die Ergebnisse des Teilprojekts stehen der Öffentlichkeit über Publikationen zur Verfügung und werden weiterhin auf nationalen und internationalen Konferenzen präsentiert. Alle Ergebnisse, die nicht vertraulich sind, stehen über vorhandene oder geplante Publikationen der Öffentlichkeit zur Verfügung.

6. Einhaltung der Ausgaben- und Zeitplanung

Das Teilprojekt wurde von April bis Juni 2013 zuwendungsneutral verlängert aufgrund von Verzögerungen im Verbundprojekt. Innerhalb der erweiterten Projektlaufzeit wurden die Zeitplanung und Ausgabenplanung nach Anpassungen eingehalten (siehe Schlussbericht I.3 sowie II.2.)

Berichtsblatt

1. ISBN oder ISSN geplant	2. Berichtsart (Schlussbericht oder Veröffentlichung) **Buchpublikation**
3. Titel Menschliches Verhalten in Evakuierungssituationen. Zur Gestaltung von Fluchtwegen, Alarmen und Warnungen aus Perspektive der Human Factors-Psychologie.	
4. Autor(en) [Name(n), Vorname(n)] **Hofinger, Gesine** **Künzer, Laura** **Zinke, Robert**	5. Abschlussdatum des Vorhabens **30.6.2013** 6. Veröffentlichungsdatum In Bearbeitung 7. Form der Publikation **Buch**
8. Durchführende Institution(en) (Name, Adresse) **Friedrich-Schiller-Universität Jena – PhilosophischeFakultät** **Interkulturelle Wirtschaftskommunikation – Professur Interkulturelle Kommunikation** **Herr Prof. Dr. Stefan Strohschneider** **Ernst-Abbe-Platz 8** **07743 Jena**	9. Ber. Nr. Durchführende Institution ,--- 10. Förderkennzeichen **13N11525** 11. Seitenzahl **Ca. 150**
12. Fördernde Institution (Name, Adresse) **Bundesministerium für** **Bildung und Forschung (BMBF)** **53170 Bonn**	13. Literaturangaben **> 100, geplant** 14. Tabellen **Ca. 20., geplant** 15. Abbildungen **Ca. 15, geplant**
16. Zusätzliche Angaben ---	
17. Vorgelegt bei (Titel, Ort, Datum) ---	

18. Kurzfassung

- **Motivation und Ziele**: Im Verbundprojekt OrGaMIR^{PLUS} lag das Kerninteresse in der Zusammenführung von Erkenntnissen aus der Human Factors-Forschung und Psychologie in die Methoden zur dynamischen Fluchtwegslenkung und der nachgelagerten Aktorik sowie der Berücksichtigung klimatologischer Zusammenhänge in komplexen Stationen bei Ausbreitungsprognose und Fluchtwegslenkung. Die bisherigen Erkenntnisse und technischen Lösungen zur schnellen und gefahrlosen Entfluchtung unterirdischer Bahnhöfen sollten durch die Berücksichtigung menschlicher Faktoren (Fluchtverhalten; Gestaltung von Warnungen und Alarmen; Fluchtwegslenkung) optimiert werden. Auf dieser Basis sollte Aktorik gezielt angesteuert und geeignete Warnungen sogar individuell für jede Person ermöglicht werden. Wesentliche Ziele des Teilprojekts waren die Identifikation von in Evakuierungssituationen relevanten Humanfaktoren, die Gestaltung von Alarmen und Warnungen für die dynamische Fluchtwegslenkung und die Integration psychologischer und ingenieurwissenschaftlicher Erkenntnisse.
- **Methoden**: Es wurden Literaturanalysen, Feldstudien und Laborversuche durchgeführt. Methoden der Datenerhebung umfassten Videobeobachtung, Beobachtung, Interviews, Fragebögen. Probanden bei Feldversuchen und Laborstudien wurden aufgeklärt und willigten in die Datenerhebung, -speicherung und -auswertung ein. Daten einer Beobachtung von Realverhalten in einer unangekündigten Räumungsübung wurden anonymisiert erhoben, gespeichert und verarbeitet.
- **Ergebnisse**: Bei Evakuierungen spielen individuelle und soziale menschliche Faktoren eine große Rolle. Es wurden relevante Humanfaktoren identifiziert und für eine Modellierung in Entfluchtungssimulationen vorbereitet. Für die Gestaltung von Alarmen und Durchsagen wurden deutsche und englische Signalwörter bewertet. Bei Feldversuchen wurden verschiedene Strategien der Orientierung in unterirdischen Verkehrsanlagen identifiziert. Wegweisung ist bei eingesetzter ortsgebundener Aktorik (Lauflicht) nicht immer intuitiv verständlich und wird nicht durchgängig befolgt. Kulturelle Unterschiede in der Wegweisung wurden untersucht. Beobachtungen von Realverhalten bei unangekündigten Räumungen erbrachten Defizite im Wissen und Verhalten bei Angehörigen verschiedener Berufsgruppen.
- **Schlussfolgerungen**: Menschliche Faktoren spielen eine wesentliche Rolle bei Räumungen und Evakuierungen. Vorhandene Erkenntnisse können bereits in Systemen der Fluchtwegslenkung angewendet werden. Jedoch ist zur Gestaltungen von Aktoriken vertiefende Forschung nötig.

19. Schlagwörter

Fluchtwegslenkung, Fluchtwegsgestaltung, Aktorik, Alarme, Warnungen, Durchsagen, Modellierung von Verhalten, ÖPNV, U-Bahn,

20. Verlag	21. Preis
geplant	geplant

Document Control Sheet

1. ISBN or ISSN To be confirmed	2. type of document (e.g. report, publication) **Final report**
3. title **Human bevahior in evacuation. On the design of escape routes, alarms and warnings from the perspective of human-factors-psychology**	
4. author(s) (family name, first name(s)) **Hofinger, Gesine** **Künzer, Laura** **Zinke, Robert**	5. end of project **30.6.2013** 6. publication date To be confirmed 7. form of publication Book
8. performing organization(s) (name, address) **Friedrich-Schiller-Universität Jena– PhilosophischeFakultät- Interkulturelle Wirtschafts-kommunikation – Professur Interkulturelle Kommunikation** **Herr Prof. Dr. Stefan Strohschneider** **Ernst-Abbe-Platz 8** **07743 Jena**	9. originator's report no. ----- 10. reference no. **13N11525** 11. no. of pages **Tbc (aproximately 150)**
12. sponsoring agency (name, address) Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) 53170 Bonn	13. no. of references **tbc (>100)** 14. no. of tables **tbc (approximately 20)** 15. no. of figures **tbc (approximately 15)**
16. supplementary notes ---	
17. presented at (title, place, date) To be confirmed	

18. abstract

- **Motivation and goals:** The joint research project OrGaMIR^{PLUS} aimed at integrating results from psychology and Human Factors with engineering methods for modeling evacuation and for designing actuating elements for dynamicevacuation guidance. Previous technologies regarding fast and safe evacuations from underground stations were to be optimized by integrating knowledge about human evacuation behavior, alarms and warnings, and evacuation guidance. Actuating elements should be designed in a way that would allow persons to follow the guidance intuitively during evacuation. Consequently, goals of the sub-project FAW-psy were the identification of relevant human factors, the design of alarms and warnings, and methods for integrating human factors and psychological knowledge in predominantly engineering models for evacuation.
- **Methods:** Methods used in the sub-project at the University of Jena were: analysis of literature, field studies, lab experiments, video-analysis, interviews, and questionnaires. In field and lab experiments, all participants were informed and gave their consent to the collection, storage and analysis of data. . In field observations, data were anonymized before processing.
- **Results:** In evacuations, individual and group human factors play an important role. Human factors influencing evacuation behavior and therefore the overall speed of evacuation were identified and integrated in an evacuation model. For the design of announcements, warnings and alarms, German and English signal words were tested. In field experiments, different strategies of orientation in underground stations were identified. Actuating elements in evacuation guidance (e.g., flashing-lights) are not always understood intuitively and, if understood, are neither always nor consequently followed. Cultural differences in evacuation signage were described. Observations of real behavior in unannounced evacuations showed a lack of relevant knowledge and inadequate behavior.
- **Conclusions:** Human Factors play an important role for safe and timely evacuation. Psychological knowledge can already be used for the design of evacuation routes and evacuation guidance systems. Yet, for the specific design of actuating elements, further research is needed.

19. keywords

Evacuation routes, escape routes, human behavior in emergencies, alarms, warnings, spoken announcements, public transport, actuating elements, modeling of human behavior

20. publisher	21. price
To be confirmed	To be confirmed