



UNIVERSITÄT KARLSRUHE (TH)  
INSTITUT FÜR TECHNISCHE INFORMATIK  
LEHRSTUHL FÜR INTERAKTIVE ECHTZEITSYSTEME

---

Diplomarbeit

**Berücksichtigung unsicherer Information  
bei Wahrnehmungsgrenzen  
für Lagekarten im Falle von Katastrophen**

Vorgelegt von:

cand. inform. Jutta Hild

Karlsruhe, 14. Dezember 2008

Betreut von:

Prof. Dr. Max Syrbe

Dipl.-Math. Susanne Eckel

Universität Karlsruhe (TH)

Institut für Technische Informatik

Lehrstuhl für Interaktive Echtzeitsysteme

Thema: Berücksichtigung unsicherer Information bei Wahrnehmungsgrenzen  
für Lagekarten im Falle von Katastrophen

Autor: cand. inform. Jutta Hild

Jutta Hild

Rintheimer Hauptstraße 58 b

76131 Karlsruhe

email: [unlk@stud.uni-karlsruhe.de](mailto:unlk@stud.uni-karlsruhe.de)

*Meinen Eltern,*

*ohne deren Bereitschaft, mir ein zweites Studium zu ermöglichen,  
diese Arbeit nicht zustande gekommen wäre*



Ich versichere hiermit wahrheitsgemäß, die Arbeit bis auf die dem Aufgabensteller bereits bekannte Hilfe selbständig angefertigt, alle benutzten Hilfsmittel vollständig und genau angegeben und alles kenntlich gemacht zu haben, was aus Arbeiten anderer unverändert oder mit Abänderung entnommen wurde.

Karlsruhe, den 14.12.2008

.....  
Ort, Datum

(Jutta Hild)

# Danksagung

Mein erster und besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. Max Syrbe, der diese Arbeit auf wohlwollende und zugleich herausfordernde Art und Weise mit großem Engagement begleitet hat. Ebenso danke ich Herrn Prof. Dr. Jürgen Beyerer für die Übernahme des Korreferats.

Frau Dipl.-Math. Susanne Eckel danke ich sehr für ihre engagierte Betreuung bei dieser Arbeit, deren Themenstellung interessante theoretische Aspekte verband mit praktischer Relevanz. Sie hat mich in vielen Stunden intensiver Diskussion stets hilfreich unterstützt.

Frau Monika Wilke, Herr Dr. Martin Spott und mein Ehemann haben die Arbeit mit wertvollen Hinweisen begleitet.

Meine Kinder haben weitgehend klaglos die Mutter mit der Wissenschaft geteilt, ohne ihre Fröhlichkeit zu verlieren.

Karlsruhe, Dezember 2008

Jutta Hild

# Kurzfassung

Die vorliegende Arbeit untersucht Darstellungsmöglichkeiten unsicherer Information in Lagekarten im Falle von Katastrophen. Die hier erarbeiteten Darstellungsvorschläge sollen die zeitkritische, unter hoher psychischer Belastung erfolgende Arbeit im Führungsstab bestmöglich unterstützen, indem sie die Unterscheidung von sicherer und unsicherer Information in der Darstellung der aktuellen Schadenlage auf der Lagekarte optimieren.

Als wissenschaftliche Basis dieser Arbeit wird der Stand der Forschung auf zwei Gebieten beschrieben: Als Erstes wird der Stand der Forschung bezüglich der Darstellung – in erster Linie der Visualisierung – unsicherer Information anhand intensiver Literaturrecherche festgestellt. Das Ergebnis ist eine hierarchisch geordnete Kategorisierung der gefundenen Darstellungstechniken mit nachfolgender, aus der Literaturrecherche gewonnener Bewertungen der jeweiligen Tauglichkeit. Als Zweites wird der Stand der Forschung festgestellt zu für die Arbeit relevanten Begriffen aus der Anthropotechnik, die als theoretische Bewertungskriterien der Güte der Darstellungstechniken herangezogen werden: Zum einen werden wissenschaftliche Erkenntnisse zur Auffälligkeit von Kodierungen zusammengefasst, zum anderen wird der Aspekt Wahrnehmungsgrenzen menschlicher Informationsaufnahme und -verarbeitung beleuchtet, genauer die beschränkte Kapazität des Kurzzeitgedächtnisses.

Um eine fundierte Verankerung der Arbeit in der Praxis zu gewährleisten, wird darüber hinaus der Stand der Technik bei der Darstellung unsicherer Information in Lagekarten im Falle von Katastrophen festgestellt. Dies geschieht anhand von Fachliteratur zur Führungsstruktur im Feuerwehrwesen und beim Technischen Hilfswerk (THW) sowie durch direkte Befragung von Experten beider Organisationen mit langjähriger Erfahrung bei der Mitarbeit in Führungsstäben. Die Befragungsberichte sind im Anhang dieser Arbeit aufgeführt.

Auf der Grundlage der gewonnenen Erkenntnisse wird für ein beispielhaftes Katastrophenszenario eine beispielhafte Lagekarte erstellt, die den zuvor befragten Experten vorgelegt und von diesen für gut und realistisch befunden wurde. Anhand dieser Lagekarten-

---

visualisierung erfolgt sodann der zentrale Teil der Arbeit: die Analyse der Möglichkeiten der Darstellung unsicherer Information in Lagekarten sowie die Erarbeitung geeigneter Darstellungsvorschläge.

Erstes Ergebnis der Untersuchung ist, dass bei der Darstellung auf der Lagekarte aufgrund der Spezifika des Anwendungsgebietes Katastropheneinsatz Unsicherheit nur binär angezeigt werden kann: Eine Information ist sicher oder sie ist unsicher, es gibt keine Abstufungen dazwischen. Zweites Ergebnis sind Darstellungsvorschläge für die Kodierung binär angezeigter Unsicherheit. Drei Darstellungsvorschläge erweisen sich als gut geeignet: Zum Ersten die nach Stand der Technik übliche Darstellung, die unsichere Information mithilfe eines zugefügten Fragezeichens markiert, in der Arbeit als „Fragezeichen-Technik“ bezeichnet; zum Zweiten eine Variante der visuellen Darstellungsvariablen Größe, die die Unsicherheit einer Information dadurch anzeigt, dass entsprechenden Symbole mit schmalerer Linienbreite gezeichnet werden als solche, die sichere Information kodieren; zum Dritten eine Variante der visuellen Darstellungsvariablen Muster, die Symbole, die unsichere Information kodieren, mit gestrichelter Linie zeichnet.

Um eine Rangliste der Güte für die drei für gut befundenen Darstellungsvorschläge, die „Fragezeichen-Technik“, die Technik „schmale Linienbreite“ und die Technik „Strichlung“, zu bestimmen, erfolgt eine experimentelle Evaluation. Diese wird mit insgesamt acht Probanden durchgeführt, zwei davon sind Experten der Berufsfeuerwehr.

Als Grundlage wird ein Java-Programm geschrieben, das Lagekarten mit unterschiedlichen Darstellungen für unsichere Information generieren kann. Die Güte der Kodierungen wird anhand einer Erkennungsaufgabe bestimmt, indem die Erkennungsleistung der Probanden für jede Kodierung erfasst wird. Die Aufgabe besteht in der Bestimmung der Anzahl sicherer und unsicherer Informationen auf einer Lagekarte. Für jeden der drei Kodierungsvorschläge wird eine Lagekarte entworfen, die sich im Darstellungsumfang ähneln, aber dennoch keine Rückschlüsse auf den zu bestimmenden Informationsumfang der anderen zulassen.

Die Auswertung der Testläufe hat als Ergebnis, dass die beiden neuen Vorschläge, voran die Technik „Strichlung“, gefolgt von der Technik „schmale Linienbreite“ zu besseren Erkennungsleistungen im Sinne der gestellten Aufgabe führen als die „Fragezeichen-Technik“.

# Inhaltsverzeichnis

<b>Kurzfassung</b>	<b>vii</b>
<b>Inhaltsverzeichnis</b>	<b>ix</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>xiii</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>xv</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1 Motivation . . . . .	1
1.2 Aufgabenstellung . . . . .	2
1.3 Aufbau der Arbeit . . . . .	2
<b>2 Visualisierung unsicherer Information</b>	<b>5</b>
2.1 Die Begriffe Information, Unsicherheit und Visualisierung . . . . .	5
2.1.1 Information und Unsicherheit . . . . .	5
2.1.2 Visualisierung von Information . . . . .	6
2.2 Stand der Forschung: Visualisierung von Unsicherheit . . . . .	7
2.2.1 Techniken zur Visualisierung von Unsicherheit . . . . .	8
2.2.2 Bewertung der Techniken . . . . .	22
2.3 Anthropotechnische Erkenntnisse zur Gestaltung von Benutzungsoberflächen	28
2.3.1 Auffälligkeit . . . . .	29
2.3.2 Wahrnehmungsgrenzen: Die beschränkte Kapazität des Kurzzeit- gedächtnisses . . . . .	32
2.4 Erkenntnisse dieses Kapitels für Visualisierungsvorschläge . . . . .	36
<b>3 Lagekarten bei Katastropheneinsätzen</b>	<b>37</b>
3.1 Katastrophe . . . . .	37
3.1.1 Definition und Zuständigkeiten . . . . .	37

3.1.2	Das Führungssystem von Feuerwehr beziehungsweise THW im Falle von Katastrophen . . . . .	38
3.2	Lagekarte . . . . .	41
3.2.1	Definition und Ziel der Lagekarte im Einsatz . . . . .	41
3.2.2	Stand der Technik: Darstellungsmedien, verwendetes Kartenmaterial und Arbeitsabläufe bei der Lagekartendarstellung . . . . .	44
3.2.3	Zukünftige Entwicklungsmöglichkeiten bei der Lagekartendarstellung	48
<b>4</b>	<b>Darstellung eines Katastrophenszenarios unter besonderer Berücksichtigung unsicherer Information</b>	<b>52</b>
4.1	Abbildung eines beispielhaften Katastrophenszenarios als Lagekarte . . . . .	52
4.1.1	Abgrenzung des Katastrophenszenarios und Festlegung seines Schadenumfangs . . . . .	52
4.1.2	Abbildung des Katastrophenszenarios in eine Lagekarte . . . . .	55
4.2	Unsichere Information und ihre binäre Darstellung in der Lagekarte . . . . .	58
4.2.1	Ursachen für Unsicherheit der in Meldungen übermittelten Information . . . . .	58
4.2.2	Die Darstellung von Unsicherheit nach Stand der Technik . . . . .	60
4.2.3	Beschränkung der Repräsentation der Unsicherheit auf zwei Stufen (d.h. binär) . . . . .	61
4.2.4	Bewertung der Darstellung von Unsicherheit mit der Fragezeichen-Technik . . . . .	62
4.3	Verbesserungsvorschläge für die binäre Darstellung unsicherer Information in Lagekarten . . . . .	65
4.3.1	Verbesserungsansatz 1: Erhöhung der Auffälligkeit der Fragezeichen-Technik . . . . .	68
4.3.2	Verbesserungsansatz 2: Reduzierung der Informationsdichte . . . . .	71
4.4	Erweiterungsmöglichkeit: Anzeige von Ortsunsicherheit . . . . .	77
<b>5</b>	<b>Visualisierung der Lagekarte am Digitalen Lagetisch</b>	<b>79</b>
5.1	Implementierung einer Lagekartenvisualisierung . . . . .	79
5.1.1	Programm . . . . .	79
5.1.2	Daten . . . . .	80
5.2	Lagekartendarstellung auf dem Digitalen Lagetisch . . . . .	83

<b>6</b>	<b>Evaluation durch Experiment</b>	<b>86</b>
6.1	Charakteristika des Experiments . . . . .	86
6.1.1	Art der Aufgabe und Leistungsmessung . . . . .	86
6.1.2	Erstellung der Testszenarien . . . . .	87
6.1.3	Durchführung des Experiments . . . . .	91
6.2	Ergebnisse des Experiments . . . . .	94
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>97</b>
7.1	Zusammenfassung . . . . .	97
7.2	Ausblick . . . . .	98
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>100</b>
<b>A</b>	<b>Besuchsbericht Feuerwehr Karlsruhe (16.06.2008)</b>	<b>110</b>
<b>B</b>	<b>Besuchsbericht THW Karlsruhe (09.09.2008) und THW Neuenbürg- Arnbach (28.09.2008)</b>	<b>115</b>
<b>C</b>	<b>Erhobene Daten</b>	<b>124</b>



# Abbildungsverzeichnis

2.1	In der Literatur verwendete Techniken zur Visualisierung von Unsicherheit, in Klammern die Verwendungshäufigkeit . . . . .	9
2.2	Position als Parameter zur Darstellung von Unsicherheit [Griethe u. Schumann (2006)] . . . . .	11
2.3	Größe als Parameter zur Darstellung von Unsicherheit [Charaniya u. a. (2002)] . . . . .	11
2.4	Helligkeit bzw. Richtung als Parameter zur Darstellung von Unsicherheit [Aipperspach (2008)] in Erweiterung von [MacEachren (1992)] . . . . .	12
2.5	Muster als Parameter zur Darstellung von Unsicherheit [MacEachren (1992)] . . . . .	13
2.6	Muster als Parameter zur Darstellung von Unsicherheit [Djurcilov u. a. (2002)] . . . . .	13
2.7	Farbe als Parameter zur Darstellung von Unsicherheit [Fauerbach u. a. (1996)] . . . . .	14
2.8	Farbe als Parameter zur Darstellung von Unsicherheit [Grewe u. a. (2007)] .	15
2.9	Form als Parameter zur Darstellung von Unsicherheit [Pang (2001)] . . . .	15
2.10	Sättigung als Parameter zur Darstellung von Unsicherheit [Pfautz u. a. (2006)] . . . . .	16
2.11	Unschärfe (Verschwommenheit) als Parameter zur Darstellung von Unsicherheit [MacEachren (1992)] . . . . .	17
2.12	Unschärfe (Auflösung) als Parameter zur Darstellung von Unsicherheit [Bisantz u. a. (1999)] . . . . .	17
2.13	Hinzufügen einer längenvariierteren Glyphen zur Darstellung von Unsicherheit [Pang u. a. (1997)] . . . . .	18
2.14	Kodierung der Unsicherheit in der Auslenkung der Amplitude der Gitterlinien [Cedilnik u. Rheingans (2000)] . . . . .	19

2.15	Repräsentation von Information und zugehöriger Unsicherheit als Gegenüberstellung [MacEachren (1992)] . . . . .	19
2.16	Animation zur Kodierung von Unsicherheit [Brown (2004)] . . . . .	21
2.17	Rechte Seite: Schwellenwert-Technik [Howard u. MacEachren (1996)] . . . . .	22
2.18	Stufenmodell des Wahrnehmens nach Charwat, ergänzt durch Geisler [Geisler (2006)] . . . . .	30
2.19	Der Model Human Processor nach Card, Moran und Newell [Card u. a. (1983)]	33
3.1	Beispiele taktischer Zeichen zur Kodierung von Schäden und Gefahren . . . . .	42
3.2	Oben: Vorschlag für den Aufbau einer Lagekarte. Unten: Beispiel einer Lagekarte in einer Führungsstelle im Einsatz. [THW-DV 1-101 (2006)] . . . . .	43
3.3	Aufbau einer Lagekarte nach [Ferch u. Meloumis (2005)] . . . . .	44
3.4	Der Digitale Lagetisch mit Fovea-Tablett . . . . .	49
4.1	Lagekarte zum Szenario für den südlichen Landkreis Karlsruhe, Maßstab ca. 1:50.000 . . . . .	56
4.2	Visualisierung unsicherer Information nach Stand der Technik: Fragezeichen-Technik . . . . .	65
4.3	Verbesserungsvorschlag „schmale Linienbreite“ . . . . .	76
4.4	Verbesserungsvorschlag „Strichelung“ . . . . .	76
5.1	Programmübersicht mit UML-Klassendiagramm . . . . .	81
5.2	Hintergrundkarte: südlicher Landkreis Karlsruhe, Maßstab ca. 1:50000 . . . . .	82
5.3	CSV-Dateiformat der Konfigurationsdateien für Szenarien . . . . .	83
6.1	Szenario 1: „Fragezeichen-Technik“ . . . . .	88
6.2	Szenario 2: „Strichelung“ . . . . .	88
6.3	Szenario 3: schmale Linienbreite . . . . .	89
6.4	Zur Unterstützung des Zählvorgangs eingesetzter Handzähler . . . . .	91
6.5	Abbildung zur Einführung in das Experiment . . . . .	92
B.1	THW-Vorschlag 1 zur Darstellung einer Schadenlage . . . . .	121
B.2	THW-Vorschlag 2 zur Darstellung einer Schadenlage . . . . .	122
B.3	THW-Vorschlag 3 zur Darstellung einer Schadenlage . . . . .	122
B.4	THW-Vorschlag 4 zur Darstellung einer Schadenlage . . . . .	123
B.5	THW-Vorschlag 5 zur Darstellung einer Schadenlage . . . . .	123

# Tabellenverzeichnis

2.1	Ergebnisse der Teststudien zum Vergleich von Techniken zur Visualisierung von Unsicherheit . . . . .	23
4.1	Ausprägungen einsatzrelevanter Information des Katastrophenszenarios aus Abbildung 4.1: Merkmalsträger, Merkmale und Merkmalsausprägungen . .	57
4.2	Vorschlag möglicher Kategorien von Unsicherheit [Thomson u. a. (2005)] . .	59
6.1	Ergebnisse des Experiments zum Vergleich von Techniken zur Visualisierung von Unsicherheit. Details zur Berechnung unter Anwendung der in Abschnitt 6.1.1 vorgestellten Formel finden sich in Anhang C. . . . .	95
C.1	Erhobene Daten und Leistungsermittlung Proband 1 . . . . .	124
C.2	Erhobene Daten und Leistungsermittlung Proband 2 . . . . .	124
C.3	Erhobene Daten und Leistungsermittlung Proband 3 . . . . .	125
C.4	Erhobene Daten und Leistungsermittlung Proband 4 . . . . .	125
C.5	Erhobene Daten und Leistungsermittlung Proband 5 . . . . .	125
C.6	Erhobene Daten und Leistungsermittlung Proband 6 . . . . .	125
C.7	Erhobene Daten und Leistungsermittlung Proband 7 . . . . .	126
C.8	Erhobene Daten und Leistungsermittlung Proband 8 . . . . .	126



# 1 Einleitung

## 1.1 Motivation

Bei Naturkatastrophen sind die für die Schadenbekämpfung zuständigen Einsatzkräfte weit über das sonst in der täglichen Praxis gewohnte Maß hinaus gefordert. Um auch im Falle solcher geographisch weit ausgedehnter Schadenereignisse die erforderlichen Einsatzmaßnahmen schnell und effizient durchführen zu können, etablieren die für die Schadenbekämpfung zuständigen Organisationen wie Feuerwehr und Technisches Hilfswerk (THW) besondere Führungsstrukturen, sogenannte Führungsstäbe.

Diese nutzen zur Unterstützung ihrer Arbeit spezielle Führungsmittel. Als zentrales Führungsmittel gilt die Lagekarte, da sie als einziges Hilfsmittel die aktuelle Lage vollständig als Übersicht mit geographischem Bezug präsentiert. Sie erfasst dabei alle einsatzrelevanten Informationen, die über Meldungen von außen eingehen, mithilfe taktischer Zeichen zur Schaden- und Gefahrenkodierung. Die Lagekarte dient dem Führungsstab als wichtige optische Hilfe zur Entscheidungsunterstützung während des Katastropheneinsatzes.

Besonders zu Beginn eines Einsatzes, in der sogenannten Chaosphase, ist Information häufig nur lückenhaft vorhanden. Das hat zur Folge, dass Informationen vorliegen können, die unsicherheitsbehaftet sind. Für die Einsatzplanung ist es wichtig, zwischen sicheren und unsicheren Informationen zu unterscheiden. Beispielsweise bei der Personalplanung für den Einsatz erfordern unsichere Informationen andere Maßnahmen als sichere: Während bei sicheren Informationen unmittelbar Einsatzkräfte mit der Schadenbekämpfung beauftragt werden können, muss bei unsicheren Informationen zuvor bzw. zusätzlich Personal für die genauere Erkundung und Schadenfeststellung vorgesehen werden. Auch bei der Wegeplanung für die Anfahrt zum Schadengebiet ist die Berücksichtigung unsicherer Informationen wichtig, da diese die Wahl der Route maßgeblich beeinflussen.

Die Dienstvorschriften von Feuerwehr [FwDV100 (2003)] und THW [THW-DV 1-101

(2006)] schreiben daher explizit vor, dass unsichere Informationen in der Lagekarte als solche zu kennzeichnen sind. Die taktischen Zeichen sehen entsprechend vor, sichere und unsichere Information unterschiedlich zu kodieren. Allerdings sind die Darstellungsmöglichkeiten für unsichere Information in Lagekarten bislang nur elementar umgesetzt. Die korrekte Erkennung dargestellter Informationen als sicher bzw. unsicher ist jedoch eine wichtige Voraussetzung für angemessene Entscheidungen bei der Einsatzplanung, wie erwähnt z. B. bei Personal- oder Wegeplanung. Da die Mitglieder des Führungsstabs bei der Durchführung eines Katastropheneinsatzes unter hohem Zeitdruck und hoher psychischer Belastung stehen, ist es wünschenswert, eine Darstellung unsicherer Information zu verwenden, die gut unterscheidbar ist von der Darstellung sicherer Information, damit die korrekte Erkennung keine unnötig hohe zusätzliche Belastung bei der Stabarbeit ist.

### 1.2 Aufgabenstellung

Im Rahmen dieser Diplomarbeit soll ein Konzept zur Darstellung unsicherer Information in Lagekarten erarbeitet werden. Die Erarbeitung möglicher Darstellungstechniken soll anhand einer Lagekarte für ein beispielhaftes Katastrophenszenario erfolgen. Dabei sind als theoretische Grundlage verwandte Forschungsarbeiten zur Darstellung unsicherer Information im Allgemeinen sowie relevante anthropotechnische Gesichtspunkte wie Auffälligkeit von Kodierungen und menschliche Wahrnehmungsgrenzen bei der Informationsaufnahme und -verarbeitung zu berücksichtigen. Daneben ist die praktische Handhabbarkeit einer Darstellung in der praktischen Anwendung, z. B. bei der Feuerwehr oder dem THW, zu überprüfen. In Ergänzung der theoretischen Untersuchung sollen die vielversprechendsten Darstellungstechniken in einer Teststudie experimentell evaluiert werden. Die experimentelle Evaluation soll am Digitalen Lagetisch des Fraunhofer IITB Karlsruhe durchgeführt werden.

### 1.3 Aufbau der Arbeit

Der erste Teil der Arbeit liefert die theoretischen (Kapitel 2) und praktischen (Kapitel 3) Grundlagen für die spätere Untersuchung von Darstellungsmöglichkeiten unsicherer Information auf Lagekarten in den Kapiteln 4 bis 6. Dazu wird – nach einer kurzen Beschreibung grundlegender Begriffe wie Information, Unsicherheit und Visualisierung – zuerst

ausführlich der Stand der Forschung der Unsicherheitsdarstellung ermittelt (Abschnitt 2.2). Als zweite wissenschaftliche Grundlage werden die Begriffe Auffälligkeit von Kodierungen sowie Wahrnehmungsgrenzen des Menschen bezogen auf die begrenzte Kapazität des Kurzzeitgedächtnisses erläutert (Abschnitt 2.3). Für die Dokumentation des Standes der Forschung werden zahlreiche Fachveröffentlichungen berücksichtigt, Übersichtsartikel wie auch Arbeiten zu bestimmten Einzelanwendungen. Diese unterschiedlichen Darstellungstechniken werden in Abschnitt 2.2 kategorisiert und übersichtlich hierarchisch geordnet zusammengefasst (Abbildung 2.1). Im Anschluss erfolgt eine ebenfalls an Fachveröffentlichungen angelehnte Bewertung der Tauglichkeit der einzelnen Techniken für die Darstellung von Unsicherheit.

Als praktische Grundlage wird der Stand der Technik der Darstellung unsicherer Information im Katastrophenmanagement erarbeitet (Kapitel 3). Dies erfolgt zum einen anhand einschlägiger Fachliteratur zu Feuerwehrwesen und THW. Zum anderen wird der Stand der Technik anhand direkter Befragung von Experten der beiden Organisationen überprüft. Diese konnten zu Beginn der Arbeit gewonnen werden, diese mit ihrem fachlichen Rat zu begleiten. Die Besuchsberichte zu den Befragungen sind als Anhänge A und B in die Arbeit aufgenommen. Die Feuerwehrleute stellten sich darüber hinaus für die experimentelle Evaluation zur Verfügung.

Die zweite Hälfte der Arbeit sucht nach angemessenen Möglichkeiten für die Darstellung von Unsicherheit in Lagekarten. Kapitel 4 beginnt mit der Analyse und Bewertung einer beispielhaften Lagekartenvisualisierung mit Darstellung von Unsicherheit nach Stand der Technik. Die anwendungsspezifisch als notwendig erkannte und begründete Beschränkung der Darstellung von Unsicherheit auf die binäre Form – eine Information ist entweder sicher oder unsicher, es gibt keine Abstufungen dazwischen – bildet die Grundlage für die Suche nach Darstellungsalternativen. Unter Zuhilfenahme der Zusammenfassung möglicher Darstellungstechniken als Baumstruktur aus Kapitel 2 (Abbildung 2.1) werden zunächst diejenigen Techniken ausgeschlossen, die aufgrund der Anwendungsspezifika von vornherein nicht verwendet werden können. Die übrigen Darstellungstechniken werden dann auf ihre Tauglichkeit anhand allgemeiner Visualisierungsgrundsätze und menschlicher Wahrnehmungsgrenzen überprüft. Verbesserungsansatz 1 hält grundsätzlich am Stand der Technik fest, sucht jedoch nach Möglichkeiten, die Darstellung auffälliger zu machen; Verbesserungsansatz 2 untersucht Darstellungen, die nach den Erkenntnissen des 3-Prozessor-3-Speichermodells bezüglich der Belastung des Kurzzeitgedächtnisses dem Stand der Technik überlegen sind. Zusätzliche Überlegungen gehen über die nach Stand der Technik erfasste

unsichere Information hinaus und beschreiben kurz denkbare Erweiterungsmöglichkeiten zur Visualisierung zweidimensionaler unsicherer Information.

In Weiterführung der theoretischen Ergebnisse aus Kapitel 4 werden die vielversprechendsten Vorschläge in einem Experiment evaluiert. Kapitel 5 und 6 beschreiben die praktische Evaluierung. Kapitel 5 beschreibt dabei zum einen die Implementierung einer Lagekartenvisualisierung am Computer. Zum anderen nimmt das Kapitel eine in Abschnitt 3.2.3 vorgestellte technische Möglichkeit zur Weiterentwicklung der Lagekartenvisualisierung auf: Beschrieben wird der Digitale Lagetisch, der als Darstellungsoberfläche für das in Kapitel 6 beschriebene Experiment verwendet wird. Das Experiment testet die Güte der in Kapitel 4 zur Visualisierung von Unsicherheit vorgeschlagenen Darstellungstechniken anhand einer Aufgabe, bei der sichere und unsichere Informationen auf einer Lagekarte erkannt werden sollen. Insgesamt acht Probanden, zwei davon Experten (Feuerwehrleute) bestimmen unter Zeitdruck die jeweilige Anzahl dargestellter Informationen. Über die erbrachte Leistung wird die beste Visualisierungstechnik ermittelt.

Kapitel 7 beschließt diese Arbeit. Die Zusammenfassung zeigt nochmals die wichtigsten Ideen und Erkenntnisse auf. Der Ausblick beschreibt mit Blick auf Pfade, die sich im Laufe dieser Arbeit erkennen ließen, aber in dieser Arbeit nicht weiter verfolgt wurden, wie die Darstellung unsicherer Information im Katastrophenmanagement zukünftig erweitert werden könnte.

## 2 Visualisierung unsicherer Information

### 2.1 Die Begriffe Information, Unsicherheit und Visualisierung

#### 2.1.1 Information und Unsicherheit

Der Begriff *Information* (lat. *informare*: Gestalt geben) ist bislang nicht präzise definiert. Goos (1995) bemerkt zu Beginn seines Buches, dass Grundbegriffe der Informatik wie Nachricht oder Information nicht definiert, sondern nur erläutert werden können. Der Lexikon-Eintrag in [Duden Informatik (2006)] formuliert: „Information entsteht, wenn ein Mensch oder ein nach außen wirksames System Daten aufnimmt und geeignet interpretiert.“ Eine Information besteht aus den Teilen Syntax, Semantik und Pragmatik. Die Syntax beschreibt die „zulässige Struktur der Bausteine, aus denen sich die Information zusammensetzt“, die Semantik beschreibt die „Bedeutung der Information“, die Pragmatik „den Zweck der Information und die erhofften Handlungen“. Eingeschränkt auf die Betrachtung des Begriffs Information im Zusammenhang mit dem Begriff Kommunikation wird definiert: „Information umfasst eine Nachricht zusammen mit ihrer Bedeutung für den Empfänger.“ Die Information wird gewonnen durch Interpretation der Nachricht auf der Grundlage eines Bezugssystems.

Diese Beschreibung von Information ist passend und ausreichend für diese Arbeit. Nachrichten liegen hier in zweierlei Form vor: in Form der Kartengrundlage und in Form menschlicher Mitteilungen, der Meldungen. Als Bezugssystem zur Interpretation der Nachrichten dient im Falle der Kartengrundlage die direkte Zuordnung von Kartenzeichen und Erläuterung in der Legende. Für die Meldungen ist mit einer Teilmenge der taktischen Zeichen [Mitschke (2003)] ein spezieller Zeichenvorrat zur Kodierung der Schadenlage definiert; ebenfalls in einer Art „Wörterbuch“ sind in direkter Nebeneinanderstellung Schadensymbol und Bedeutung einander zugeordnet. Die Kartengrundlage liefert als Information

den Ortsbezug für die Meldungen mit seinen geographischen Charakteristika. Die Meldungen wiederum stellen als Information den aktuellen Schadenumfang dar.

Auch der Begriff *Unsicherheit* (synonym Ungewissheit [Beyerer (1999)]) ist nicht eindeutig definiert, sondern hat viele Facetten. Der Duden (2007) beispielsweise listet für „unsicher“ vier verschiedene, jeweils nochmals unterteilte begriffliche Umschreibungen auf. Eine davon, „nicht genau wissend“, passt in den Zusammenhang mit Information und Wissen: Für Beyerer (1999) stehen die Begriffe Unsicherheit und Information „intuitiv in einem engen Zusammenhang“: der Begriff Unsicherheit drückt „das subjektive Nichtwissen eines Individuums aus“<sup>1</sup>. Umgekehrt ist ein „Maß für Information (...) die beseitigte Ungewissheit“.

Formal lässt sich Unsicherheit mit unterschiedlichen Ansätzen beschreiben. In dieser Arbeit wird die Beschreibung von Unsicherheiten als Wahrscheinlichkeiten zugrunde gelegt. Laut Eckel (2006) ist dies der bekannteste und umfassendste Ansatz zur formalen Darstellung von Unsicherheit<sup>2</sup>. Die Vorteile liegen im mathematischen Fundament: Aufbauend auf dem Axiomensystem von Kolmogorov werden Regeln zum Rechnen mit Wahrscheinlichkeiten abgeleitet.

Als Interpretation der Wahrscheinlichkeiten wird die Degree-of-Belief-Interpretation<sup>3</sup> gewählt. Dazu schreibt Eckel (2006): „In der Degree-of-Belief-Interpretation (...) bringen Wahrscheinlichkeiten das Vertrauen zum Ausdruck, welches eine Person einem Ereignis entgegenbringt.“ Die Wahrscheinlichkeit eines Ereignisses hängt damit von der subjektiven Einschätzung der jeweiligen Person ab. Dieser Ansatz passt in zweierlei Weise intuitiv zum Anwendungsbeispiel Lagekarte: Die dargestellten Informationen sind subjektive Einschätzungen der Meldenden bezüglich der Katastrophenereignisse und unterliegen zusätzlich der subjektiven Interpretation durch den Disponenten in der Leitstelle.

### 2.1.2 Visualisierung von Information

Um Information zu kommunizieren, muss diese in einer für den Menschen adäquaten Form veranschaulicht werden. Eine besonders intuitive Vermittlungsart ist eine visuelle Präsentation der Information: *Visualisierung* bezeichnet den Prozess der Erzeugung von graphi-

---

<sup>1</sup>siehe auch [Menges (1972)]

<sup>2</sup>zu weiteren wie Fuzzy-Logic, Evidenztheorie, Sicherheitsfaktoren siehe z. B. [Eckel (2006)], S. 15–20

<sup>3</sup>Eine andere Möglichkeit ist die frequentistische Interpretation, die Wahrscheinlichkeiten auf der Grundlage relativer Häufigkeiten definiert.

schen Darstellungen von Information, von Daten, Strukturen und Zusammenhängen. Ziel der Visualisierung ist die effizientere Analyse und Kommunikation der zugrunde liegenden Informationen [Schumann u. Müller (2000)].

Je nach Anwendungsgebiet der Visualisierung lassen sich Teilgebiete unterscheiden: Kartographie und Geographie veranschaulichen raumbezogene Information; die wissenschaftlich-technische Visualisierung (engl. *Scientific Visualization*) veranschaulicht Daten, die physikalische Zustände und Prozesse abbilden (z. B. gemessene Daten, Simulationsergebnisse); die Informationsvisualisierung (engl. *Information Visualization*) veranschaulicht Informationen, die nicht-physikalische Prozesse abbilden (z. B. Finanzdaten, Demographiedaten). Um eine effektive Bewertung der dargestellten Information zu erreichen, muss für jedes Anwendungsgebiet eine geeignete visuelle Repräsentationen der gegebenen Informationsmenge gewählt werden.

## 2.2 Stand der Forschung: Visualisierung von Unsicherheit

Oben wurde der enge Zusammenhang von Information und Unsicherheit zitiert. Als Konsequenz daraus ergibt sich, dass eine Visualisierung von Information *ohne* Angabe der Unsicherheit, mit der die Information behaftet ist, die Information nur unvollständig beschreibt. Soll die Visualisierung verlässliche Grundlage für Entscheidungen sein, ist es notwendig, die Information so korrekt wie möglich darzustellen, um Fehlentscheidungen zu vermeiden. Die Notwendigkeit, die Unsicherheit ebenfalls zu visualisieren, findet in der Fachliteratur breite Unterstützung (siehe z. B. [Pang (2008)], [MacEachren u. a. (2005)]). Die Vielzahl an Fachveröffentlichungen zur Einbeziehung von Unsicherheit in die Visualisierung von Informationen bestätigt das Interesse an diesem Thema.

Die Visualisierung von Unsicherheit wurde zuerst in den Bereichen Kartographie/Geographie/Geoinformationssysteme untersucht. Frühe Fachveröffentlichungen dazu sind z.B. [Beard u. a. (1991)] und [Goodchild u. a. (1994)], eine Übersicht bietet [MacEachren u. a. (2005)]. Im Bereich der wissenschaftlich-technischen Visualisierung wird Unsicherheit besonders auf den Gebieten Strömungsvisualisierung (Simulationen in Ozeanographie [Djurcilov u. a. (2002)], Meteorologie [Fauerbach u. a. (1996)]) und Volumenvisualisierung berücksichtigt. Auf dem Gebiet der Informationsvisualisierung berücksichtigen Vorschläge zur Entscheidungsunterstützung Unsicherheit bei ihrer Darstellung, z. B. [Bisantz u. a. (1999)], [Pfautz u. a. (2007)], [Grewe u. a. (2007)]. Griethe u. Schumann (2005, 2006) machen Vor-

schläge zur Anzeige von Unsicherheit bei Strukturvisualisierung (z. B. Personalstruktur eines Unternehmens, Struktur eines Wertpapier-Portfolios).

Leider besteht trotz der langen und intensiven Untersuchung möglicher Techniken zur Visualisierung von Unsicherheit nur geringe Übereinstimmung über die am besten geeignete Repräsentationstechnik. MacEachren u. a. (2005) bemerken, dass viele der sehr unterschiedlichen Vorschläge wahrscheinlich gutes Potential besitzen, bemängeln aber, dass nur wenige empirisch untermauert sind. Auch Griethe u. Schumann (2006) und Pang (2008) kritisieren, dass Studien zur Gebrauchstauglichkeit unterschiedlicher Techniken in zu geringer Zahl durchgeführt wurden, als dass sie als Richtlinien für die Wahl der Visualisierungstechnik dienen könnten.

Um eine Grundlage für die Wahl der Visualisierungstechniken für das Katastrophenszenario dieser Arbeit zu erhalten, stellen die nächsten Abschnitte die in Fachveröffentlichungen zur Visualisierung von Unsicherheit vorgeschlagenen Techniken vor (Abschnitt 2.2.1) und bewerten ihre Tauglichkeit (Abschnitt 2.2.2). Abschnitt 2.3 erweitert diese Grundlage um Erkenntnisse aus der Anthropotechnik; betrachtet wird die Eigenschaft *Auffälligkeit* von Informationsdarstellungstechniken und der Aspekt der *Wahrnehmungsgrenzen* bei der Informationsaufnahme durch den Menschen.

### 2.2.1 Techniken zur Visualisierung von Unsicherheit

Die Vorschläge für Techniken zur Visualisierung von Unsicherheit sind zahlreich, siehe z. B. [MacEachren (1992)], [Goodchild u. a. (1994)], [MacEachren u. a. (2005)], [Griethe u. Schumann (2006)], [Pang (2008)]. In Anlehnung an diese Veröffentlichungen werden die Techniken als Übersicht in Abbildung 2.1 hierarchisch strukturiert und kategorisiert zusammengestellt. Im Folgenden werden die einzelnen Techniken in der Reihenfolge der Blätter des Baumes von links nach rechts kurz erläutert und mit Bildbeispielen vorgestellt.

Die meisten Techniken stellen die Unsicherheit *direkt* dar: Der Darstellung der Information ist unmittelbar anzusehen, ob sie unsicherheitsbehaftet ist, in vielen Fällen kann auch der Grad der Unsicherheit abgelesen werden. Die direkt darstellenden Techniken werden weiter eingeteilt in *statische* und *dynamische* danach, ob sie den Parameter Zeit zur Kodierung der Unsicherheit benutzen oder nicht. Die statischen Techniken lassen sich weiter danach unterscheiden, ob sie Information und Unsicherheit gleichzeitig – *bivariat* – darstellen oder in *getrennten* Visualisierungen nebeneinander. Die bivariaten Techniken sind nochmals un-

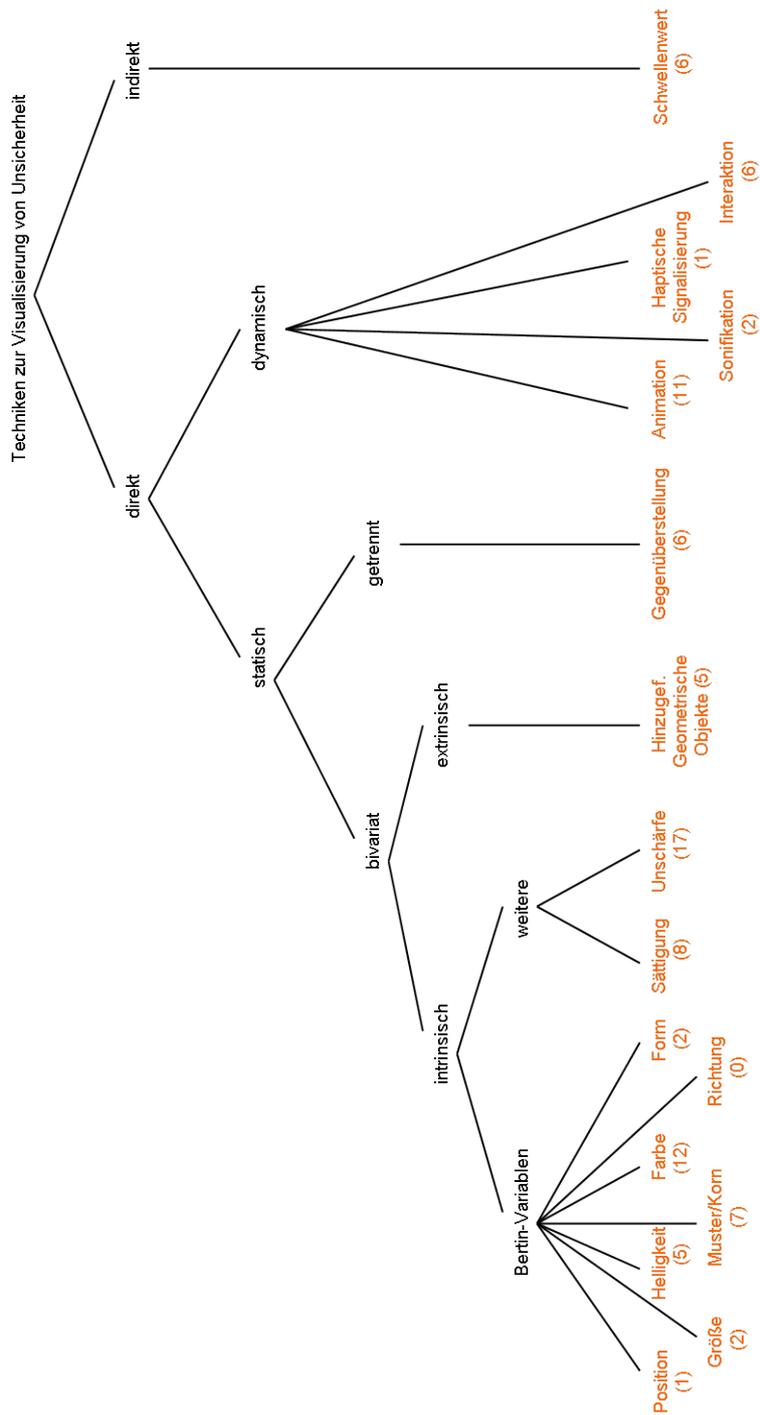


Abbildung 2.1: In der Literatur verwendete Techniken zur Visualisierung von Unsicherheit, in Klammern die Verwendungshäufigkeit

terteilbar in *intrinsische*, wo die Unsicherheit mit Manipulation der Darstellungsparameter des Informationsträgers (Zeichens) selbst erfolgt und *extrinsische*, bei denen zusätzliche Markierungen am Informationsträger (Zeichen) die Unsicherheit visualisieren.

### **Intrinsische Techniken: Freie graphische Variable**

Grundlage für viele Vorschläge zur Visualisierung von Unsicherheit sind die vom Kartographen Jacques Bertin definierten „Visuellen Variablen“. In „Sémiologie graphique“ (dt. Graphische Semiologie [Bertin (1974)]), einem Standardwerk zur graphischen Theorie und Visualisierung, zeigt er, dass ein Kartenzeichen aus den *Positionsvariablen*  $x$  und  $y$  und den gestalterischen Variablen *Größe*, *Helligkeit*, *Farbe*, *Muster/Korn*, *Richtung/Orientierung* und *Form* zusammengesetzt werden kann<sup>4</sup>. Wenn nicht alle Variablen gleichzeitig für die Kodierung der Information benutzt werden, können diejenigen, die frei bleiben, zur Kodierung der Unsicherheit verwendet werden.

Ein Beispiel, das Unsicherheit durch die *Position* kodiert, findet sich in [Griethe u. Schumann (2006)], siehe Abbildung 2.2. Es stammt aus dem Bereich Informationsvisualisierung, dargestellt ist die Struktur eines Unternehmens und seiner Subunternehmen. Die Knoten bilden die Unternehmensteile ab, die Kanten die Beziehung Unternehmensteil/Subunternehmensteil. Der rote Kreis markiert eine unsichere Stelle in der Struktur: Die Kante des Subunternehmens mit zweifelhafter Zugehörigkeit wird in der Position zwischen zwei möglichen Elternknoten platziert.

Ein Beispiel für die Verwendung des Parameters *Größe* zeigt Abbildung 2.3: Die Ortsunsicherheit eines mobilen Objekts wird in Form einer Menge sogenannter Aufenthaltswahrscheinlichkeits-„Klumpen“ visualisiert. Je höher die Wahrscheinlichkeit, desto größer der Klumpen.

Die *Helligkeit* variiert zur Kodierung von Unsicherheit Aipperspach (2008) in einer Erweiterung eines Vorschlags von MacEachren (1992) (Abbildung 2.4 links). Dargestellte Information ist der Bodenbedeckungstyp, hier „Nadelwald“ als Tannen-Piktogramm. Je unsicherer die Klassifikation „Nadelwald“, desto heller das Piktogramm.

Die Variable *Muster* (frz. texture), in der Literatur auch mit *Korn* oder *Textur* bezeichnet,

---

<sup>4</sup>Diese Variablen sind nicht nur Grundlage der Visualisierung in der Kartographie. Auch grundlegende Bücher zur rechnergestützten Visualisierung, z. B. [Schumann u. Müller (2000)] (siehe dort Kapitel 5: Grundlegende Techniken) erläutern ihre Darstellungstechniken anhand dieser Variablen.

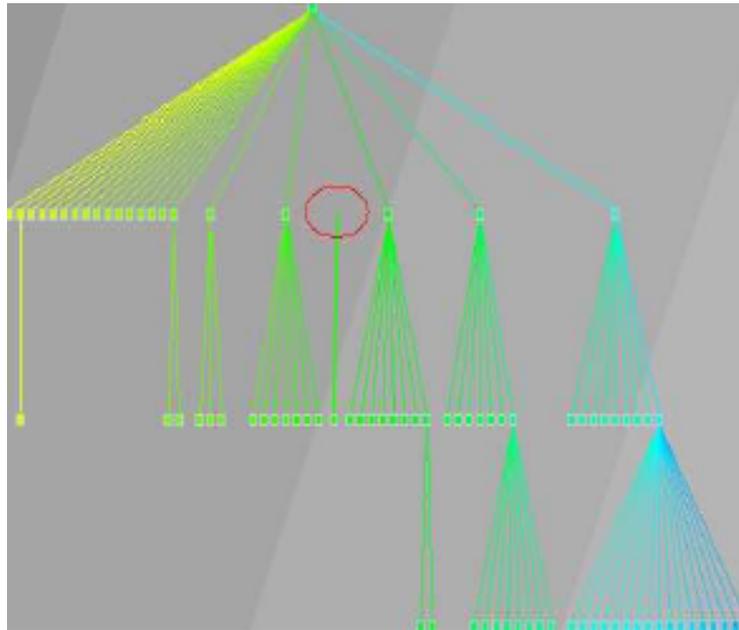


Abbildung 2.2: Position als Parameter zur Darstellung von Unsicherheit  
[Griethe u. Schumann (2006)]



Abbildung 2.3: Größe als Parameter zur Darstellung von Unsicherheit  
[Charaniya u. a. (2002)]

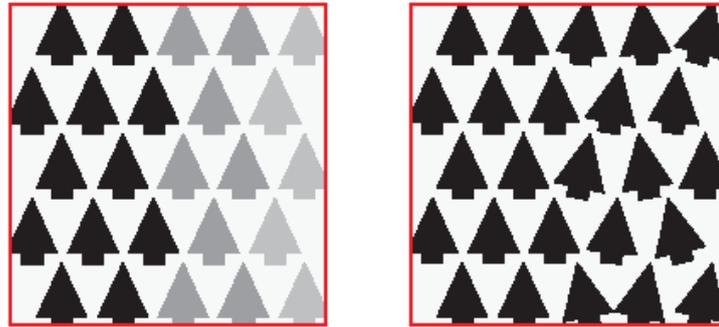


Abbildung 2.4: Helligkeit bzw. Richtung als Parameter zur Darstellung von Unsicherheit [Aipperspach (2008)] in Erweiterung von [MacEachren (1992)]

definiert Bertin als „die Menge (Anzahl) der unterscheidbaren Flecken innerhalb einer Einheitsfläche bei konstantem Helligkeitswert“. Die Variation reicht vom Muster „unendlich“, bei dem die Einzelelemente so klein und zahlreich sind, dass sie nicht unterscheidbar sind, bis zu Grobmustern, die die Grenze bilden, jenseits der ein Einzelelement nicht mehr als Punkt sondern als eigenständiges flächenhaftes Objekt wahrgenommen wird. Muster oder Texturen lassen sich klassifizieren bezüglich ihrer Größe, ihres Kontrastes, ihrer Gerichtetheit, Linienartigkeit, Regelmäßigkeit und Rauigkeit [Schumann u. Müller (2000)]. Diese Kriterien sind die Variablen, die zur Kodierung von Information verfügbar sind und damit auch zur Kodierung von Unsicherheit variiert werden können. Ein Beispiel für die Verwendung der Variablen zeigt Abbildung 2.5: Die Information „Gesundheitsrisiko in einem bestimmten Ort“ (Rasterpunkt) ist kodiert als Helligkeitsabstufung, die Unsicherheit in Form eines linienartigen, gerichteten, regelmäßigen überlagerten Musters (je unsicherer, desto größer die Schraffur). Abbildung 2.6 verwendet ein Muster, das in Kontrast und Rauigkeit variiert. Die Information, der mittlere Salzgehalt von Meerwasser, ist durch Farbe kodiert. Je unsicherer eine Angabe, desto größer ist der Kontrast, umso stärker und rauher ist das Muster in diesem Bereich.

Kodierung von Unsicherheit mittels *Farbe* zeigt Abbildung 2.7, eine Anwendung aus der Meteorologie: Darzustellende Information sind modellberechnete Isobaren (dunkelblaue Linien) über Nordamerika (schwarze Grenzlinien). Die Unsicherheit der Berechnung wird angezeigt mithilfe einer zweipoligen Farbskala mit verschiedenen Farbtönen (von blau = sichere Vorhersage über weiß nach rot = unsichere Vorhersage). Ein ähnliches Farbschema verwenden Howard u. MacEachren (1996) in Abbildung 2.17, links, zur Unsicherheitskodierung.

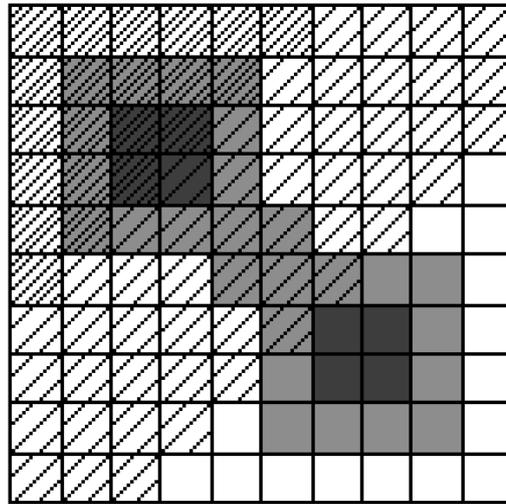


Abbildung 2.5: Muster als Parameter zur Darstellung von Unsicherheit  
[MacEachren (1992)]

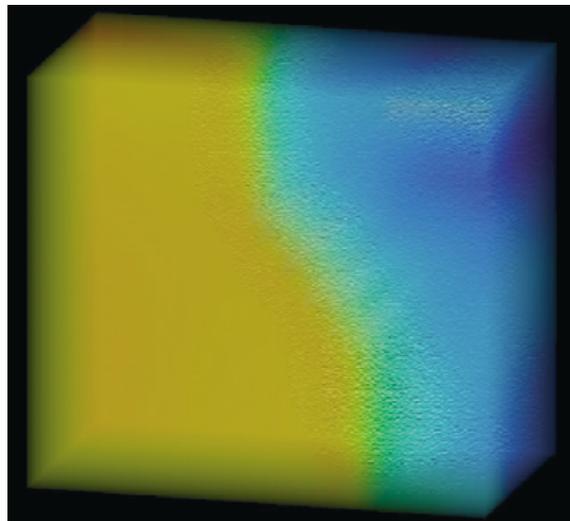


Abbildung 2.6: Muster als Parameter zur Darstellung von Unsicherheit  
[Djurcilov u. a. (2002)]

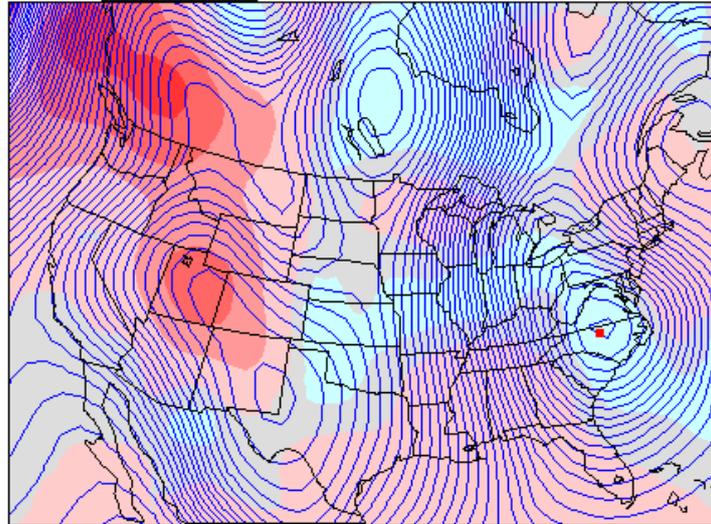


Abbildung 2.7: Farbe als Parameter zur Darstellung von Unsicherheit  
[Fauerbach u. a. (1996)]

Auch Grewe u. a. (2007) (Abbildung 2.8), eine der wenigen Veröffentlichungen aus dem Bereich Katastrophenmanagement, die die Darstellung von Unsicherheit berücksichtigten, kodieren Unsicherheit mit Farbtonvariation. Betrachtete Information ist eine Kombination aus Merkmalen zur „Versorgungsbedürftigkeit“ (Gesundheit, Gefahrlosigkeit der Umgebung) einer Person. Das Farbschema verwendet eine einpolige Farbskala mit einem Farbrichtungsbereich von rot nach gelb, die die Ordnung der unterschiedlichen Grade an Unsicherheit intuitiv unterstützt (siehe z. B. [Monmonier (1996)], dort Kapitel 11).

Unsicherheitskodierung durch Änderung der *Richtung* zeigt Aipperspach (2008), Abbildung 2.4, rechts. Hier steht in unsicheren Bereichen das Piktogramm schräg.

Die Variable *Form* verwenden Pang (2001) und Wittenbrink u. a. (1996). Abbildung 2.9<sup>5</sup> zeigt die Umsetzung: Dargestellt werden Windrichtung und -stärke, ursprünglich durch Pfeile. In der Abbildung wird die Pfeilform zur Glyphe, die gleichzeitig Windrichtung, Windstärke und Unsicherheit kodiert. Die Unsicherheit in der Windrichtung wird dabei durch die Breite – den Bereich möglicher Richtungen an dieser Stelle – des Glyphenkopfs dargestellt.

---

<sup>5</sup>Die Abbildung stammt aus [MacEachren u. a. (2005)], da die Abbildung dort in wesentlich besserer Auflösung abgebildet ist als in den beschaffbaren Versionen der Originalveröffentlichung.

Uncertainty Range	ICON
No Uncertainty – RED	
Some Uncertainty – LIGHT ORANGE	
Significant Uncertainty – ORANGE YELLOW	
Very Much Uncertain - YELLOW	

Abbildung 2.8: Farbe als Parameter zur Darstellung von Unsicherheit [Grewe u. a. (2007)]

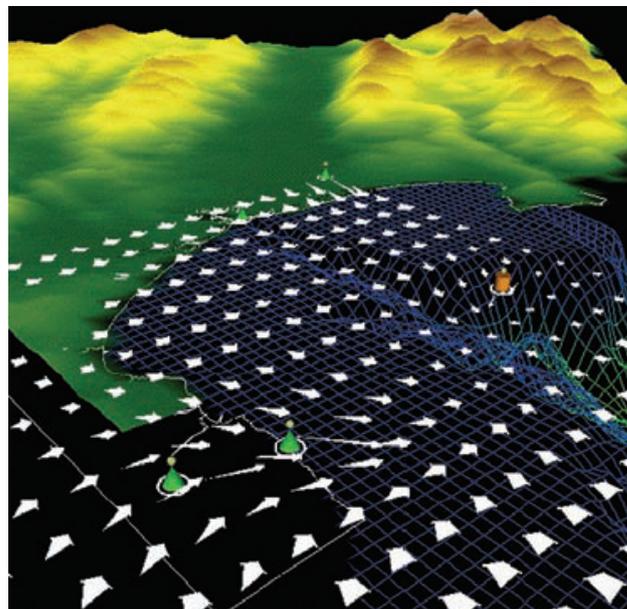


Abbildung 2.9: Form als Parameter zur Darstellung von Unsicherheit [Pang (2001)]

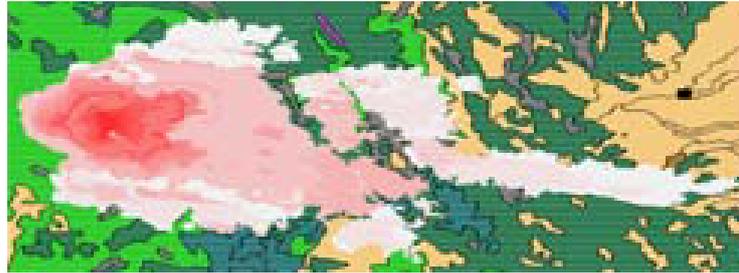


Abbildung 2.10: Sättigung als Parameter zur Darstellung von Unsicherheit  
[Pfautz u. a. (2006)]

Erweiterungen der Bertinschen Variablen-Menge sind *Sättigung* und *Unschärfe*. *Sättigung* verwenden z. B. Pfautz u. a. (2006), Abbildung 2.10. Dargestellte Information ist die simulierte Ausbreitung eines Waldbrandes. Je größer der angenommene mittlere Fehler der Berechnung, desto ungesättigter die Farbgebung.

Die Idee hinter dem Begriff *Unschärfe* zur Visualisierung von Unsicherheit ist, dass die zugrundeliegende Information „vernebelt“ dargestellt wird. Zur praktischen Umsetzung werden Variationsmöglichkeiten der Variablen Muster/Textur und Farbe verwendet. MacEachren (1992) schlägt als Techniken Variationen in Verschwommenheit (Konturschärfe bzw. Klarheit der Füllung ausreichend großer Symbole), Auflösung und Transparenz vor. Die beiden erstgenannten sind klassifizierbar als Texturveränderungen bezüglich Kontrast; Variation der Auflösung entspricht Texturveränderung bezüglich Größe. Transparenz wird erreicht durch Verrechnung des Farbwertes des überlagerten „Nebelschleiers“ mit dem Farbwert des Hintergrundes. Beispiele zeigen Abbildung 2.11, links Bodenbedeckungstyp sicher, rechts unsicher (Unschärfe durch Kontrastverringerung der Kontur) und Abbildung 2.12 mit der Unsicherheit der Aussage „freundlich-feindlich“; je unschärfer das Piktogramm, desto unsicherer die Aussage (Unschärfe durch variierende Größe der Auflösung).

### **Extrinsische Techniken: Hinzufügen geometrischer Objekte**

Eine andere Möglichkeit ist, die Unsicherheit mithilfe zusätzlicher Objekte anzuzeigen. Hinzugefügt werden können beispielsweise Glyphen (Abbildung 2.13), Markierungen, Fehlerbalken oder überlagerte Gitter (Abbildung 2.14). Abbildung 2.13 bringt ein Beispiel aus dem Bereich Oberflächenvisualisierung: Linien-Glyphen zeigen die Differenz der Oberflächenberechnung zwischen zwei unterschiedlichen Interpolationsalgorithmen. Je länger

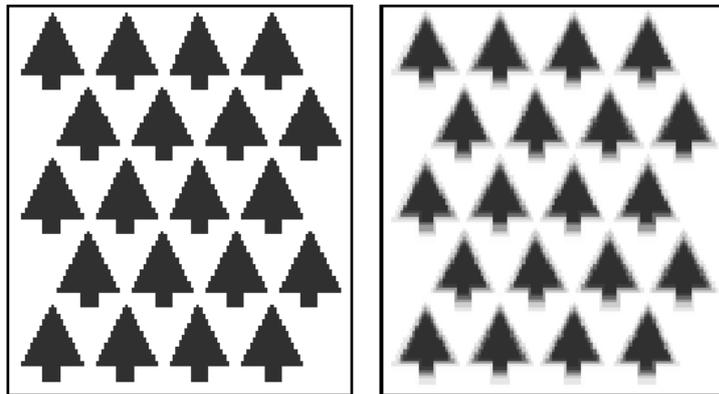


Abbildung 2.11: Unschärfe (Verschwommenheit) als Parameter zur Darstellung von Unsicherheit [MacEachren (1992)]



Abbildung 2.12: Unschärfe (Auflösung) als Parameter zur Darstellung von Unsicherheit [Bisantz u. a. (1999)]

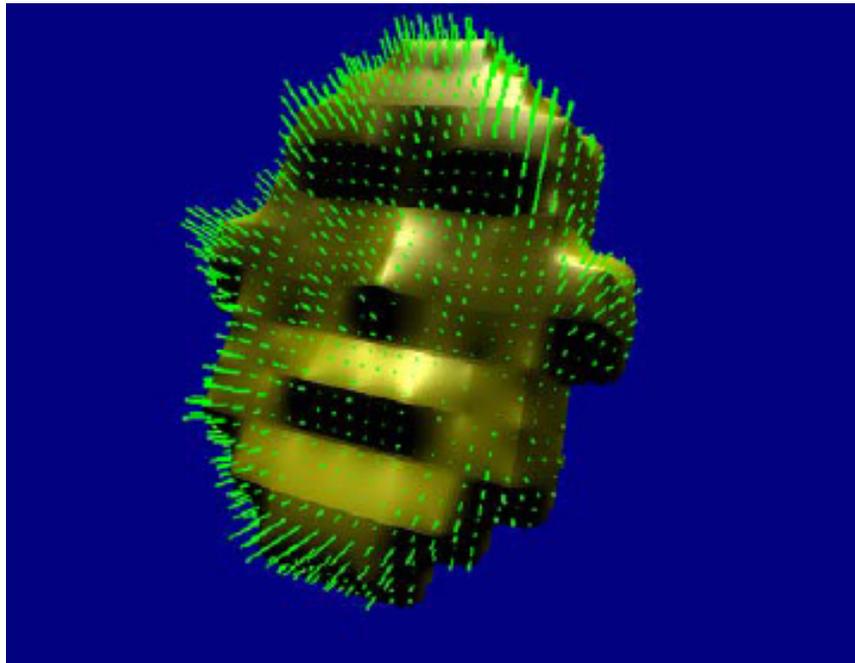


Abbildung 2.13: Hinzufügen einer längenvariierteren Glyphen zur Darstellung von Unsicherheit [Pang u. a. (1997)]

die Glyphen, desto größer die Differenz in der Berechnung (und implizit desto unsicherer die Korrektheit der Berechnung an dieser Stelle). Abbildung 2.14 stellt als Information in Farbe codiert die gemessene Ozonkonzentration dar. Die Unsicherheit der Messung wird über ein überlagertes Gitter dargestellt, dessen Gitterlinien variiert werden: Je größer die Modulation der Amplitude desto größer die Unsicherheit der Messwerte in diesem Bereich.

### Weitere statische Technik: Gegenüberstellung

Im Unterschied zu den bivariaten Techniken zweiteilt die Technik *Gegenüberstellung* die Gesamtdarstellung in Informationsdarstellung und Unsicherheitsdarstellung. Abbildung 2.15 verwendet für die Darstellung von Information (statistische Daten bezüglich des Gesundheitsrisikos, linke Seite) und Unsicherheit der Erhebung (rechts) den Parameter Helligkeit; es gilt jeweils dunkel = hohes Risiko/hohe Unsicherheit, hell = niedriges Risiko/niedrige Unsicherheit.

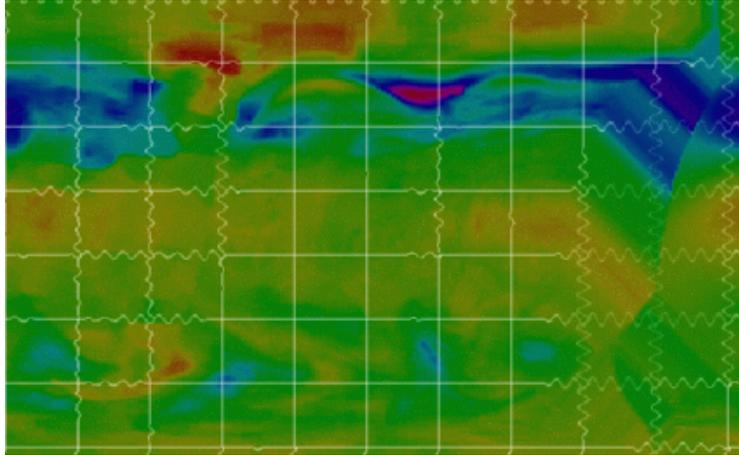


Abbildung 2.14: Kodierung der Unsicherheit in der Auslenkung der Amplitude der Gitterlinien [Cedilnik u. Rheingans (2000)]

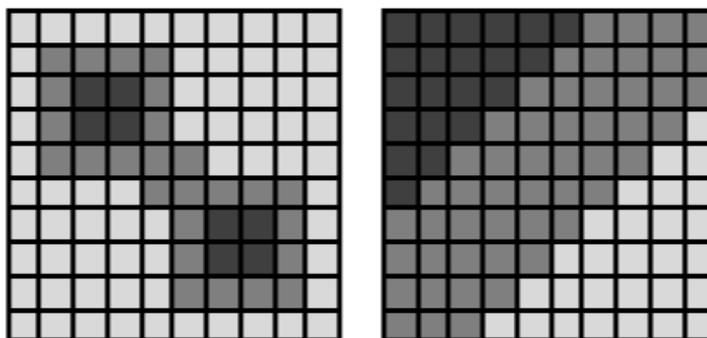


Abbildung 2.15: Repräsentation von Information und zugehöriger Unsicherheit als Gegenüberstellung [MacEachren (1992)]

### Animation

mithilfe von Animation wird die Kodierung der Unsicherheit in die Zeitachse gelegt: Die Visualisierung der Information wird kontinuierlich je nach Unsicherheitsgrad verändert. Ebenso wie die oben vorgestellten statischen Techniken ist Animation eine visuelle Anzeigetechnik. Kodierungsmöglichkeiten sind beispielsweise Blinken oder Flackern unsicherer Bereiche in unterschiedlicher Frequenz, Oszillation zwischen möglichen Zuständen, Geschwindigkeit oder Ausdehnung von Bewegungen und Bewegungsunschärfe [Pang u. a. (1997)], [Griethe u. Schumann (2006)].

Anwendungen aus der Kartographie bringt z. B. Fisher (1994): Ein Beispiel ist die Animation einer Punktdichtekarte, die den Wildbestand in bestimmten Gebieten (Polygonen) darstellt. Die traditionelle Karte druckt die geschätzte Anzahl vorkommender Wildtiere als Punkte in jedes Polygon; der Betrachter muss wissen, dass die Lokation der Punkte zufällig gewählt ist und nicht die genauen Aufenthaltsorte der Tiere markiert. In der Animation wird dieses Wissen dem Betrachter explizit vermittelt. Die Punkte wechseln innerhalb ihres Polygons ihre Position ähnlich wie die nicht ortsfesten Wildtiere, dem Betrachter wird so die Dynamik der Verteilung der Wildtiere aufgezeigt.

In einem anderen Beispiel betrachtet Fisher die Fernerkundung zur Erstellung thematischer Karten zur Landbedeckung. Dazu wird jedem Pixel der Aufnahme ein bestimmter Landbedeckungstyp zugeordnet. Der zugeordnete Landbedeckungstyp ist allerdings nur mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit korrekt. Traditionelle Abbildungen hinterlegen zur Darstellung des Grades an Unsicherheit ein Graustufenbild, das für jedes Pixel die Unsicherheit kodiert. Fishers Animationsvorschlag zeigt dagegen die Menge aller für ein bestimmtes Pixel wahrscheinlichen Landbedeckungstypen nacheinander an. Die Häufigkeit der Auswahl eines der Elemente aus dieser Menge geschieht proportional zur Größe der Wahrscheinlichkeit, mit der dieser Landbedeckungstyp für das Pixel zutrifft. Das Gesamtbild ist in sicheren Bereichen stabil.

Brown (2004) betrachtet die Unsicherheit in der Form einer 3-D-Landschaft. Zwei Visualisierungsvorschläge zeigen eine in der Form unveränderliche Landschaft, deren unsichere Bereiche in unterschiedlichen Farben oder unterschiedlicher Helligkeit flackern. Der dritte Vorschlag variiert die Form der Landschaft: In unsicheren Bereichen induziert der jeweilige Scheitelpunkt ein Schwingen zwischen minimaler und maximaler Auslenkung des Bereichs. Abbildung 2.16 zeigt zwei Einzelbilder dieser Animation, die unter

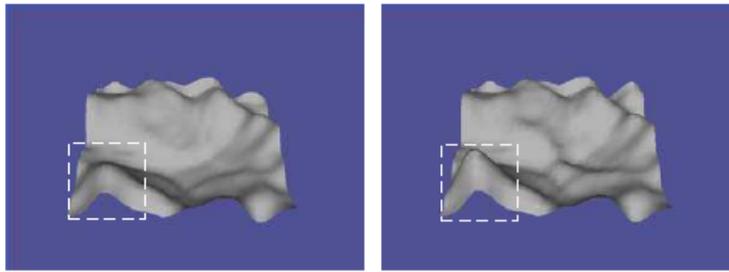


Abbildung 2.16: Animation zur Kodierung von Unsicherheit [Brown (2004)]

<http://sky.fit.qut.edu.au/~brown8/uncertvis/uncertvis.html> aufrufbar ist.

### **Ansprechen anderer menschlicher Sinne:**

#### **Sonifikation, haptische Signalisierung**

Neben visuellen Signalen kann die Unsicherheit auch über akustische oder haptische Signale kommuniziert werden. *Sonifikation* bezeichnet die klangliche Repräsentation von Daten. Veränderbare Parameter sind z. B. Tonhöhe (Frequenz), Lautstärke (Signalamplitude), Klangfarbe (Obertonreichtum), Tonlänge oder Rhythmus. Ein Beispiel für die Verwendung von Sonifikation zur Anzeige von Unsicherheit liefert Fisher (1994) für das unter *Animation* bereits beschriebene Anwendungsgebiet Fernerkundung: Messungen zur Klassifikation von Landbedeckungstypen bestimmen pixelweise je einen Landbedeckungstyp; da die Messungen ungenau sein können, ist auch die Zuordnung von Landbedeckungstyp zu Pixel unsicherheitsbehaftet. Fisher schlägt vor, dass die Unsicherheit in der Zuordnung für jedes Pixel „abgehört“ werden kann: Beispielsweise kann ein hoher Ton erklingen, wenn das Pixel unsichere Information anzeigt, ein tiefer bei sicherer Information. Welches Pixel erklingt, wird zuvor durch Interaktion ausgewählt.

*Haptische Signalisierung* in Form von Vibration wurde in [Bisantz u. a. (2002)] untersucht.

#### **Interaktion**

Bei dieser Technik steuert der Nutzer, ob und von welchem Bereich Angaben zur Unsicherheit der Information angezeigt werden. Die Unsicherheit selbst muss in einer der übrigen Techniken kodiert sein. Meist wird Interaktion bei Anwendungen verwendet, deren Visualisierung eine sehr hohe Informationsdichte generieren. Unsicherheit kann dann

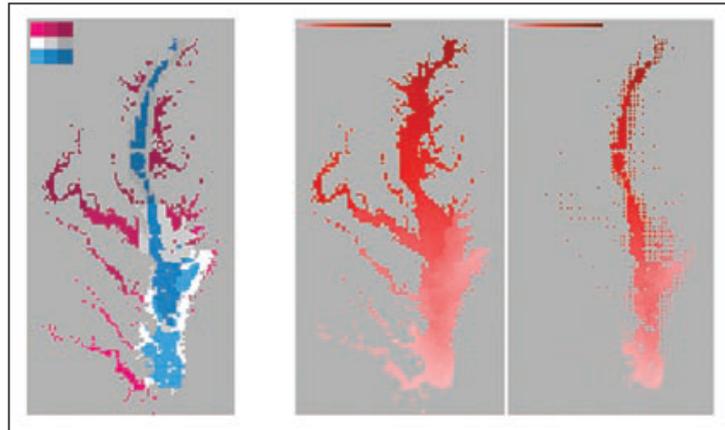


Abbildung 2.17: Rechte Seite: Schwellenwert-Technik [Howard u. MacEachren (1996)]

als Zusatzinformation für bestimmte Bereiche über Interaktion abgefragt werden, siehe z. B. [Cliburn u. a. (2002)], [Van der Wel u. a. (1998)].

### Schwellenwert

Im Unterschied zu den direkten Techniken zeigt die Technik Schwellenwert die Unsicherheit *indirekt*. Bereits vor der Darstellung auf der Benutzungsoberfläche wird festgelegt, welche Information visualisiert wird. Ein Beispiel zeigt Abbildung 2.17 rechts: Die darzustellende Information besteht aus (gemessenen bzw. interpolierten) Daten zu Stickstoffkonzentrationen im Wasser. Die Höhe der Konzentration spiegelt sich in der Helligkeit: je dunkler der Bereich, desto höher die Konzentration. Die Unsicherheit der Daten wird indirekt angezeigt: Die linke Hälfte zeigt alle Daten, die rechte nur Daten ab einem bestimmten Grad an Sicherheit. In diesem Beispiel ist die Schwellenwert-Technik kombiniert mit der Technik der Gegenüberstellung.

### 2.2.2 Bewertung der Techniken

Die Bewertung der oben vorgestellten prinzipiellen Möglichkeiten zur Darstellung von Unsicherheit orientiert sich in erster Linie an Bewertungen von Autoren in Grundlagenartikeln zur Darstellung von Unsicherheit. Darüberhinaus wird die Verwendungshäufigkeit dokumentiert (vgl. Abbildung 2.1), da viele Autoren die Wahl ihrer Technik nicht begründen. Teststudien zu den Visualisierungsvorschlägen liegen leider nur in geringer Zahl vor, einige

Techniken wurden gar nicht getestet, einige weitere nur in einer einzigen Studie. Trotzdem werden die Ergebnisse vorgestellt (Tabelle 2.1) und die wenigen verwertbaren Aussagen berücksichtigt. Denn laut Harrower (2003), der die meisten der hier aufgezählten Tests untersucht hat, zeigen diese immerhin, dass die Aussagekraft von Visualisierungen höher ist, wenn sie Unsicherheit berücksichtigen. Die Versuchspersonen haben dann mehr Vertrauen in die Verlässlichkeit der Visualisierung und erledigen die gestellte Aufgabe mit höherer Geschwindigkeit sowie größerer Genauigkeit.

Die Bewertungen der Visualisierungstechniken werden im Folgenden in derselben Reihenfolge gegeben, in der sie oben vorgestellt wurden.

Veröffentlichung	Rangliste 1 - 2 - ... der getesteten Techniken
[Schweizer u. Goodchild (1992)]	Helligkeit, Farbe – Sättigung
[MacEachren u. a. (1998)]	Muster – Gegenüberstellung – Sättigung
[Drecki (2002)]	Glyphgröße – Opazität – Animation(Blinken) – 3-D-Glaubwürdigkeitsoberflächen – Sättigung
[Edwards u. Nelson (2001)]	Helligkeit – textuelle Beschreibung, Diagramm in der Legende
[Leitner u. Buttenfield (2000)]	Helligkeit – Auflösung – Sättigung
[Aerts u. a. (2003)]	Helligkeit – Animation
[Evans (1997)]	Sättigung, Animation (Umschalten zwischen allen und nur sicheren Daten) – Schwellenwert
[Bisantz u. a. (2006)]	Sättigung, Transparenz, Helligkeit – Farbe

Tabelle 2.1: Ergebnisse der Teststudien zum Vergleich von Techniken zur Visualisierung von Unsicherheit

*Position:* Zu finden war nur das Beispiel in Abbildung 2.2, bei dem die Unsicherheit durch die Variable Position kodiert wird. Es wurden keine Bewertungen der Güte der Kodierung oder Tests gefunden.

*Größe:* Diese Variable wird ebenfalls selten verwendet. Vorteilhaft an dieser Variablen ist, dass Größenverhältnisse genau darstellbar sind. Auch Abstufungen von Unsicherheitsbehaftung können vom Betrachter gut kodiert und dekodiert werden. Die Verwendung von Größe wurde nur einmal getestet, sie schnitt dabei am besten unter immerhin fünf Techniken ab.

*Helligkeit*: In einer Rangliste der Verwendungshäufigkeit der Techniken belegt diese Variable einen Mittelplatz. Die Bewertung der Anwendbarkeit ist durchweg positiv. Als vorteilhaft gilt die logische innere Ordnung der Variable (Abstufung von dunkel nach hell), was sie besonders geeignet macht für die Anwendung bei metrischen Merkmalen [MacEachren (1992)]. Goodchild u. a. (1994) halten Helligkeit für mit am besten geeignet zur Darstellung von Unsicherheit. Sie führen als besonderen Vorteil an, dass bei nicht zu vielen Abstufungen eine Kalibrierung und Bewertung des Grades dargestellter Unsicherheit leicht möglich ist. Auch Blenkinsop u. a. (2000) bewerten Helligkeit als gut geeignet. Pang (2008) empfiehlt Helligkeit eher als Farbe. Die positive Einschätzung wird durch Tests untermauert – Helligkeit ist neben Sättigung die einzige Variable, die in aussagekräftiger Häufigkeit getestet wurde: Bei insgesamt fünf Teststudien schnitt Helligkeit stets besser ab als alle jeweils im Vergleich getesteten Visualisierungsvorschläge.

*Muster/Korn*: Diese Variable gehört zu den häufig verwendeten. Goodchild u. a. (1994) halten sie für mit am besten geeignet: Eine grobkörnigere Darstellung, die „visuelles Rauschen“ erzeugt, kann als Metapher für verrauschte Daten gelten (vgl. auch Bemerkungen zu *Unschärfe*). Der einzige Test bewertet Muster als beste von drei Techniken.

*Farbe*: Farbe wird mit am häufigsten verwendet zur Visualisierung von Unsicherheit. Besonders wenn mit der Unsicherheit eine Interpretation als Gefahr verknüpft ist, liegt die „Ampelcodierung“ rot(Gefahr) – gelb(Warnung) – grün(keine Gefahr) für unsicher – fünfzigfünfzig – sicher nahe. Verwendet wird sie beispielsweise von Masalonis u. a. (2004) und Lefevre u. a. (2005). Für Pang (2008) ist vorteilhaft, dass über Farbcodierung eine Angabe des dargestellten Grades an Unsicherheit leicht kalibrierbar und beurteilbar ist. Nachteilig ist, dass Farbe einer der Hauptparameter zur Darstellung von Information ist; wenn Information und Unsicherheit der Information gleichzeitig dargestellt werden sollen, müsste die Information auf einen weniger prominenten Parameter abgebildet werden. Riveiro (2007) bewertet Bertin (1974) folgend Farbe als nicht geeignet zur Kodierung von Unsicherheit. Da Farbe keine implizite Ordnung besitzt, sei sie schlecht geeignet zur Darstellung von geordneten Sachverhalten wie verschiedenen Unsicherheitsgraden. Durch sorgfältige Überlegungen (z. B. bezüglich der Wahl der Farbskala oder der Beschränkung der Anzahl verwendeter Farben) lässt sich dieser Nachteil entschärfen [Monmonier (1996)]. Eine für jedermann einfach dekodierbare Farbskala muss zudem die Farbwahrnehmung

von Farbenblinden berücksichtigen. Die spärlichen Tests setzen die widersprüchliche Bewertung fort. Farbe ist einmal der am besten, einmal der am schlechtesten abschneidende Visualisierungsvorschlag.

*Richtung/Orientierung:* Bei den Recherchen für diese Arbeit wurde keine Anwendung gefunden, die diese Variable verwendet. Der Vorschlag in Abbildung 2.4 entsprang theoretischen Überlegungen des dort genannten Autors, ein mögliches Visualisierungsbeispiel zu konstruieren.

*Form:* Auch die Variable *Form* wird kaum verwendet, es fand sich ebenfalls keine Veröffentlichung mit einer Bewertung sowie kein Test.

*Sättigung:* Oft verwendet und positiv bewertet, jedoch schlecht bei Tests: Von MacEachren (1992) wird Sättigung als logischste Variable für die Visualisierung von Unsicherheit bezeichnet. Als Kodierung schlägt er die Zuordnung von Sicherheit zu klaren Farbtönen, von Unsicherheit zu ungesättigten (grauen) Farbtönen vor. Auch Goodchild u. a. (1994) und Pang (2008) halten Sättigung für mit am besten geeignet. Gegenteilig sind die Ergebnisse der getesteten Vorschläge: Die Durchführung der Aufgaben gelang mit Kodierung der Unsicherheit durch Sättigung bis auf einmal stets schlechter als mit allen anderen jeweils im Vergleich getesteten Techniken. Drecki (2002) beschreibt sogar, dass das Testergebnis der subjektiven Bewertung der Probanden zuwiderlief, die eine Vorliebe für eine Darstellung mithilfe von Sättigung geäußert hatten.

*Unschärfe:* Die unterschiedlichen Ausprägungen von Unschärfe – Verschwommenheit, Transparenz, Auflösung – werden insgesamt sehr häufig verwendet. MacEachren (1992) mutmaßt, dass Unschärfe die ideale Technik sei, um Unsicherheit darzustellen. Auch Pang (2008) beschreibt Unschärfe als „wahrscheinlich intuitivste und am häufigsten verwendete Technik“, er hält sie für die „wahrscheinlich beste bei zweidimensionalen, räumlichen Domänen“. Nachteilig sieht er, dass geringfügige Änderungen im Unsicherheitsgrad nicht darstellbar sind, da das Auge Variationen im Unschärfegrad schlecht unterscheiden kann. Pang hält zudem Transparenz für schlechter geeignet als Rauschmuster, da sie für jedes einzelne Pixel eingerechnet werden muss und die unterliegende Information also komplett überdeckt. Rauschmuster müssen dagegen nicht für alle Pixel aufgetragen werden, was eine nur teilweise Verdeckung der unterliegenden Information verursacht. Riveiro (2007) weist darauf hin, dass die Wahrnehmung sehr unscharfer (d. h. grobkörniger) Bilder schwierig ist.

Liegt der Anwendung eine Karte zugrunde, sind so Fehlinterpretationen möglich: Unschärfe wird eher mit schlechter Wiedergabe der Karte assoziiert statt mit Unsicherheit der dargestellten Information.

*Hinzufügen zusätzlicher geometrischer Objekte:* Die einzelnen Spielarten dieser Technik werden jeweils selten verwendet. Das *Diagramm* ist zwar naheliegend, weil es eine häufig verwendete Technik bei der Darstellung von quantitativen Daten allgemein ist. Im Test schneidet es aber schlechter ab als die meisten gegengetesteten Techniken.

Der Vorteil von *Glyphen* ist die Darstellbarkeit von mehreren Informationskomponenten gleichzeitig. Dies kann jedoch schnell zum Nachteil werden, wenn zu viel Information dargestellt wird: Die Glyphen werden schwer dekodierbar, was zu Verwirrung führen kann [Pang (2001)], [Pang (2008)]. Cliburn u. a. (2002) beschreiben in diesem Zusammenhang eine generelle Unzufriedenheit ihrer Probanden mit der gleichzeitigen Darstellung von Daten und Unsicherheit durch Glyphen. Slocum u. a. (2003) differenzieren dieses negative Bild etwas: Laut ihrer Untersuchung bevorzugen Naturwissenschaftler zur Anzeige der Unsicherheit die Glyphgröße, Entscheider die Variable Farbe.

Die Überlagerung der untersuchten Domäne mit einem *Gitter* hat den Nachteil, dass das Gitter – wie jede Textur – Information überdecken kann [Pang (2008)].

*Gegenüberstellung:* Diese Technik wird weniger oft verwendet. Meist kommt sie zum Einsatz, wenn unterschiedliche Informationsverarbeitung oder Dateninterpretation unterschiedliche Ergebnisse generieren wie zum Beispiel beim Vergleich der Visualisierungsergebnisse unterschiedlicher Berechnungsalgorithmen zur Volumenvisualisierung. Wird hingegen die Unsicherheit in einer einzelnen Berechnung untersucht, ist eine Darstellung mithilfe von Gegenüberstellung nicht gut: Edwards u. Nelson (2001) und Fisher (1994) halten integrierte Anzeigen für besser als separate, da diese sowohl in der Wahrnehmung als auch kognitiv (mentales Überlagern von Unsicherheitsvisualisierung und Informationsvisualisierung) mehr Arbeit bedeuten. Der einzige Test bewertet Gegenüberstellung schlechter als Muster, aber immerhin besser als Sättigung. Vorteil von Gegenüberstellung ist die Reduzierung der Informationsdichte.

*Animation:* Diese Technik wird sehr häufig verwendet. Vorteilhaft im Vergleich zu den intrinsischen Techniken ist, dass die gesamte Menge möglicher Merkmalsausprägungen eines Merkmals mit den jeweiligen Eintrittswahrscheinlichkeiten angezeigt wer-

den kann. Ein Beispiel dafür ist der Vorschlag zur Visualisierung von Landbedeckungskarten von Fisher (1994), der jedes Pixel flackern lässt in den möglichen Bedeckungskategorien. Extrinsische Techniken wie Kreis- oder Balken-Diagramme können dies zwar ebenfalls, jedoch um den Preis der Verdeckung anderer Teile der Anzeige. Außerdem wird die Informationskodierung nicht gestört: Die Farben, in denen die Pixel leuchten, sind nicht durch veränderte Sättigung oder eingerechnete Transparenz verfälscht.

Im Beispiel der Wildbestandsdarstellung liegt der Zugewinn darin, dass durch die animierte Karte dem Betrachter die korrekte Karteninterpretation vermittelt wird, die ihm bei der traditionellen Karte nur durch Vorwissen gelingt.

Auch bei Brown (2004) ist der Gewinn deutlich: Während das Flackern der unsicheren Bereiche in Farbe oder Helligkeit den Unsicherheitsgrad in der Berechnung der 3-D-Landschaft an einer bestimmten Stelle veranschaulichen kann, gibt die Animation darüber hinaus einen plastischen Eindruck des Betrages an Unsicherheit.

In Tests schnitt Animation allerdings nur mittelmäßig ab. Dies mag daran liegen, dass die Bewegung auf dem Bildschirm die Anzeige unruhig macht, was den Betrachter belastet und auf die Dauer ermüden lässt (siehe Abschnitt 2.3).

*Sonifikation:* Diese Technik ist vor allem hilfreich bei der Betrachtung von Zeitreihendaten und gilt bei sehr großen Datenmengen als gewinnbringend in Kombination mit Visualisierung [Schumann u. Müller (2000)]. Als vorteilhaft gilt die Entlastung des oftmals sehr überlasteten visuellen Informationskanals. Zur Darstellung von Unsicherheit wird Sonifikation kaum verwendet. In der Literatur fanden sich nur die drei Veröffentlichungen [Fisher (1994)], [Lodha u. a. (1996)] und [Lodha u. a. (1997)]. Lodha u. a. (1996), die Sonifikation in Kombination mit visuellen Techniken zur Darstellung von Unsicherheit in Volumen- und Oberflächenvisualisierungen anwenden, finden allerdings ein interessantes Ergebnis: Es konnten geringfügige Änderungen im Unsicherheitsgrad durch Sonifikation „gehört“ werden, wo sie nicht sichtbar waren. Vergleichstests mit anderen Techniken bezüglich der Güte der Kodierung werden nirgends erwähnt.

*Haptische Signalisierung:* Diese Technik wird ebenfalls kaum eingesetzt. Vorteilhaft ist, dass wie bei der Sonifikation der visuelle Informationskanal entlastet wird. Nachteilig im Vergleich zu visuellen Techniken ist, dass der Nutzer zur Erfassung der Unsicherheit zusätzliche Aktionen, z. B. das Berühren des Bildschirms, durchführen muss. Außerdem erfordert die Informationsverarbeitung haptischer – wie auch akustischer

– Reize mehr Zeit, da sie sequentiell erfolgt, während visuelle Information praktisch gleichzeitig für das gesamte Bild auf einmal aufgenommen wird. Es wurden keine Tests zur haptischen Signalisierung gefunden.

*Interaktion:* Interaktion ist eine Standardtechnik zur Bedienung von Benutzungsoberflächen durch den Menschen. Sie dient zur Steuerung der Mensch-Computer-Kommunikation und unterstützt den Menschen dabei, seine Aufgabe effizient zu erledigen. Bei der Visualisierung von Unsicherheit wird Interaktion mäßig oft eingesetzt. Sie hat Vorteile, wenn große Informationsmengen dargestellt werden müssen, bei denen eine zusätzliche Anzeige von Unsicherheit zur visuellen Informationsüberflutung des Betrachters führen würde. Cliburn u. a. (2002) stellen, weil die Darstellung mittels Glyphen zu überladen ist, ein Interaktionstool zur Verfügung, mit dem bestimmte Regionen anklickbar sind, zu denen dann eine Untermenge von Unsicherheitsmaßen angezeigt wird (s. o. unter *Glyphe*). Goodchild u. a. (1994) machen ebenfalls Vorschläge, Unsicherheit über Anklick-Funktion bereitzustellen, beispielsweise über Dialogboxen, statistische Diagramme, Tabellen mit Information zur Abstammung der Daten (mit Hinweisen auf z. B. Datum, Maßstab, Darstellungsalgorithmen). Zu dieser Technik lagen keine vergleichenden Tests vor.

*Schwellenwert:* Diese Technik wird ebenfalls mäßig oft verwendet. Ihr Vorteil besteht in der Reduzierung der Informationsdichte. Sie kommt immer in Kombination mit anderen Techniken vor, in Abbildung 2.17 z. B. mit Gegenüberstellung. Nachteilig ist, dass die Unsicherheit nicht vollständig angezeigt wird. Der einzige Test bewertet diese Technik als die schlechteste von dreien.

### 2.3 Anthropotechnische Erkenntnisse zur Gestaltung von Benutzungsoberflächen

Der letzte Abschnitt hat mit dem Stand der Forschung zur Visualisierung von Unsicherheit die technischen Möglichkeiten, Unsicherheit darzustellen, als Bezugsrahmen für die Visualisierungsvorschläge dieser Arbeit zusammengestellt. Dieser Abschnitt beschäftigt sich damit, wie Eigenschaften und Bedürfnisse des Menschen zu berücksichtigen sind, damit eine möglichst effektive Darstellung gefunden werden kann.

Die Berücksichtigung der Eigenschaften und Bedürfnisse des Menschen bei der Gestal-

tung von Mensch-Maschine-Schnittstellen ist Thema des Forschungszweiges *Anthropotechnik*. Diese steht danach, Gestaltungsrichtlinien zu formulieren, die Mensch und Maschine bestmöglich zusammenwirken lassen. Eine prägnante Übersicht über diesen Forschungszweig bringen Syrbe u. Beyerer (2007), an die sich dieser Abschnitt anlehnt.

Es werden im folgenden zwei Aspekte beleuchtet, die die Aufnahme von Information durch den Menschen beeinflussen: die Phänomene *Auffälligkeit* und *Wahrnehmungsgrenzen*. Sie bilden die Eckpunkte der Informationsaufnahmefähigkeit des Menschen: Ohne ein Mindestmaß an Auffälligkeit, der „Eigenschaft von Objekten, sich gegenüber ihrer Umgebung abzuheben und deshalb bevorzugt entdeckt ( $\rightarrow$  Wahrnehmung) zu werden“ [Charwat (1994)], dringt ein Sinnesreiz nicht als Information ins Bewusstsein. Dies kann andererseits auch dann geschehen, wenn ein Zuviel an Auffälligkeit vorhanden ist: Die Aufnahmekapazität des Gedächtnisses, die Wahrnehmungsgrenze, wird überschritten und ein Objekt kann trotz seiner Auffälligkeit nicht wahrgenommen werden.

### 2.3.1 Auffälligkeit

Damit ein Sinnesreiz als Information erfassbar wird, müssen im Gehirn des Betrachters verschiedene Vorgänge der Informationsaufnahme und Informationsverarbeitung ablaufen (Abbildung 2.18). Damit ein Reiz aufgenommen wird, muss er die Reizschwelle überschreiten. Je auffälliger der Reiz ist, den der Informationsträger übermittelt, desto besser gelingt die Informationsaufnahme (empfangen/entdecken – empfinden/unterscheiden – erkennen – interpretieren). Die Auffälligkeit eines Reizes hängt dabei immer von der Auffälligkeit der Reize in seiner Umgebung ab. Das Maß der Auffälligkeit eines Objektes wird zum einen bestimmt durch seine Attribute: Eigenschaften, in denen das Objekt variieren kann und trotzdem zweifelsfrei als solches erkannt wird. Von den von Charwat (1994) aufgezählten Attributen sind folgende geeignet, Auffälligkeit zu bewirken:

- *Farbe*, wobei die Farbwirkung durch die drei voneinander unabhängigen Faktoren Farbton (Wellenlänge des Lichts), Sättigung (Maß für Buntheit) und Helligkeit (Leuchtdichte) bestimmt wird.
- *Blinken*: zyklischer Wechsel von Leuchtdichte oder Farbe.
- *Kontrast*
- *Schraffur, Schattierung bei Flächen*

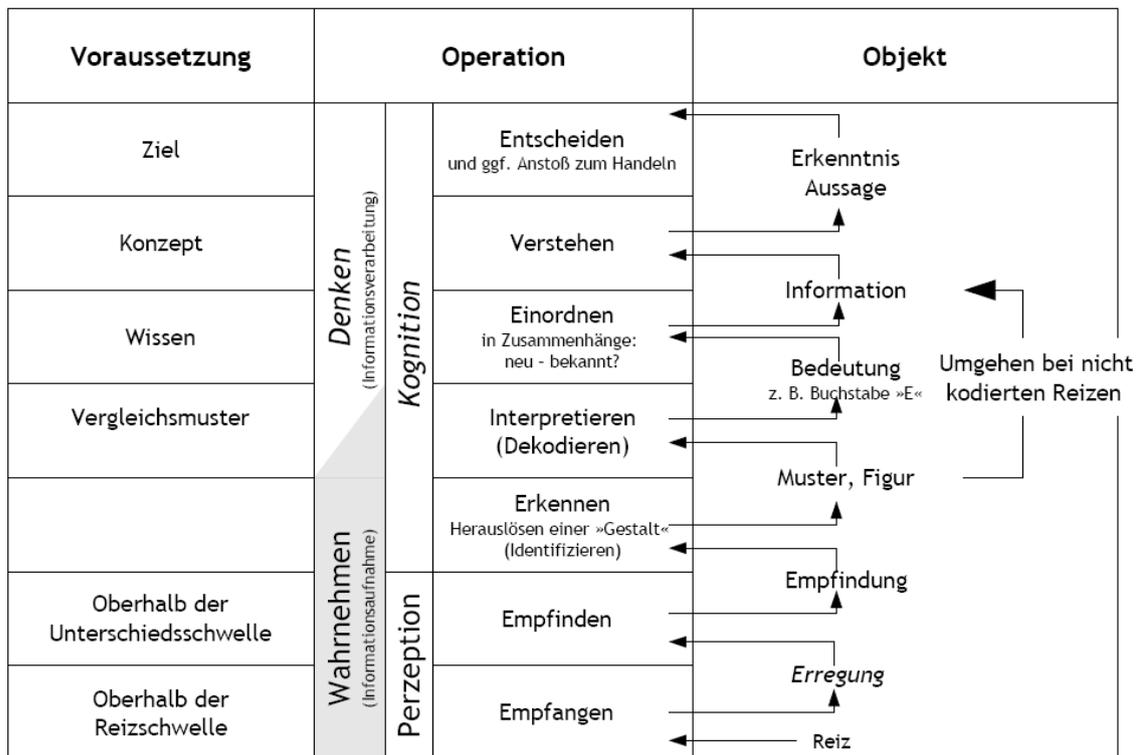


Abbildung 2.18: Stufenmodell des Wahrnehmens nach Charwat, ergänzt durch Geisler [Geisler (2006)]

- *Stärke*, strichliert, punktiert bei Linien
- *Größe, Neigung*, Typen bei Schriften
- *sichtbar/unsichtbar*

Diese Attributmenge entspricht teilweise den in Abschnitt 2.2.1 beschriebenen visuellen Variablen (Größe, Muster, Helligkeit, Farbe, Richtung).

Weitere Einflussgrößen, die die Auffälligkeit eines Objekts bestimmen, sind

- die Fläche bzw. Intensität des zu entdeckenden Objekts,
- der Grad der Änderung,
- die Zahl gleichzeitig vorhandener Objekte und deren Auffälligkeit,
- sowie der Hintergrund (Kontrast bzw. Geräusch).

Die Rangfolge auffälliger Signale beginnt mit dem akustischen Signal als auffälligstem Signal, gefolgt vom veränderlichen optischen Signal (Intensitäts- und/oder Ortsänderung), Leuchtdichte<sup>6</sup> und Chrominanz (Farbton+Sättigung), siehe [Charwat (1994)]. Für die oben vorgestellten Visualisierungstechniken bedeutet dies, dass am meisten Auffälligkeit für eine Darstellung von Unsicherheit mit Sonifikation erreicht werden kann, gefolgt von Animation, Helligkeit und Farbe/Sättigung.

Wie die Auffälligkeit eines Reizes in Abhängigkeit der Umgebungsreize gemessen werden kann, zeigen Syrbe u. Beyerer (2007)<sup>7</sup> auf: Die Formel

$$F(x, y) := \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} (f(x, y) - f(x - \xi, y - \eta))^2 g(\xi, \eta) d\xi d\eta$$

definiert ein Kontrastmaß, bei dem  $F(x, y)$  „eine optische Auffälligkeit [definiert], die auf die lokale Intensität  $f$  zurückgeführt wird“. Für jeden Ort  $(x, y)$  wird seine Intensität  $f(x, y)$  mit der Intensität jedes anderen Ortes im Blickfeld verglichen und aufsummiert (Bildung des Integrals über die quadratische Abweichung). Die Gewichtsfunktion  $g$  – positiv und monoton mit  $\|(\xi, \eta)\|$  fallend – sorgt dafür, dass die Intensitätswerte naheliegender Orte stärker in die Berechnung eingehen als weiter entfernte. Syrbe u. Beyerer (2007) betrachten beispielhaft die Information der Szene „Zeiger vor Skala“. Betrachteter Auffälligkeitspara-

---

<sup>6</sup>Leuchtdichte: Objektbezogene Größe, die im Auge des Betrachters die subjektive Empfindung der Helligkeit hervorruft.

<sup>7</sup>nach [Geiser (1973)]

meter für die Intensität ist in diesem Beispiel das Attribut (die visuelle Variable) *Helligkeit*.

### 2.3.2 Wahrnehmungsgrenzen: Die beschränkte Kapazität des Kurzzeitgedächtnisses

Das Stufenmodell des Wahrnehmens (Abbildung 2.18) beschreibt Informationsaufnahme und -verarbeitung qualitativ. Der Begriff *Wahrnehmungsgrenzen* bezieht sich auf die begrenzte Leistungsfähigkeit der menschlichen Informationsaufnahme und -verarbeitung, die quantitativ mithilfe von Kenngrößen wie Gedächtnis-Kapazität oder Halbwertszeit des Verfalls der gespeicherten Information dargestellt werden kann. Eine anschauliche Zusammenfassung der menschlichen Wahrnehmungsgrenzen stellen Card u. a. (1983) in ihrem systemtheoretischen Modell des Menschen dar, dem *Model Human Processor*, kurz MHP (Abbildung 2.19). Das Modell beschreibt vereinfacht die Wirkungsweise des menschlichen Gehirns gemäß Erkenntnissen aus der kognitiven Psychologie, soweit sie zur Betrachtung und zum Verständnis der Mensch-Computer-Interaktion notwendig ist.

Es unterscheidet drei Subsysteme, das *sensorische System*, das *kognitive System* und das *motorische System*, bestehend aus verschiedenen Speichern und Prozessoren<sup>8</sup>, deren Charakteristika mithilfe von Kenngrößen beschrieben werden. Betrachtete Speicherparameter sind

- Speicherkapazität  $\mu$  in Anzahl Zeichen,
- Halbwertszeit des Verfalls eines Zeichens  $\delta$  in ms,
- Hauptkodierungstyp  $\kappa$  (physikalisch, akustisch, visuell, semantisch),

betrachteter Prozessor-Parameter ist

- die Zyklus- oder Verarbeitungszeit<sup>9</sup> (engl. cycle time)  $\tau$  in ms.

Während die Prozessoren der Subsysteme unabhängig voneinander operieren, sind die Speicher ineinander geschachtelt.

---

<sup>8</sup>Die Begriffe wurden gewählt in Anlehnung an die Informatik, wo ein informationsverarbeitendes System auf System-Ebene mit den Begriffen Speicher und Prozessor, deren Parametern und Verbindungen untereinander beschrieben wird.

<sup>9</sup>Der Speicherparameter Zugriffszeit ist in diesem Modell der Prozessor-Verarbeitungszeit zugeschlagen.

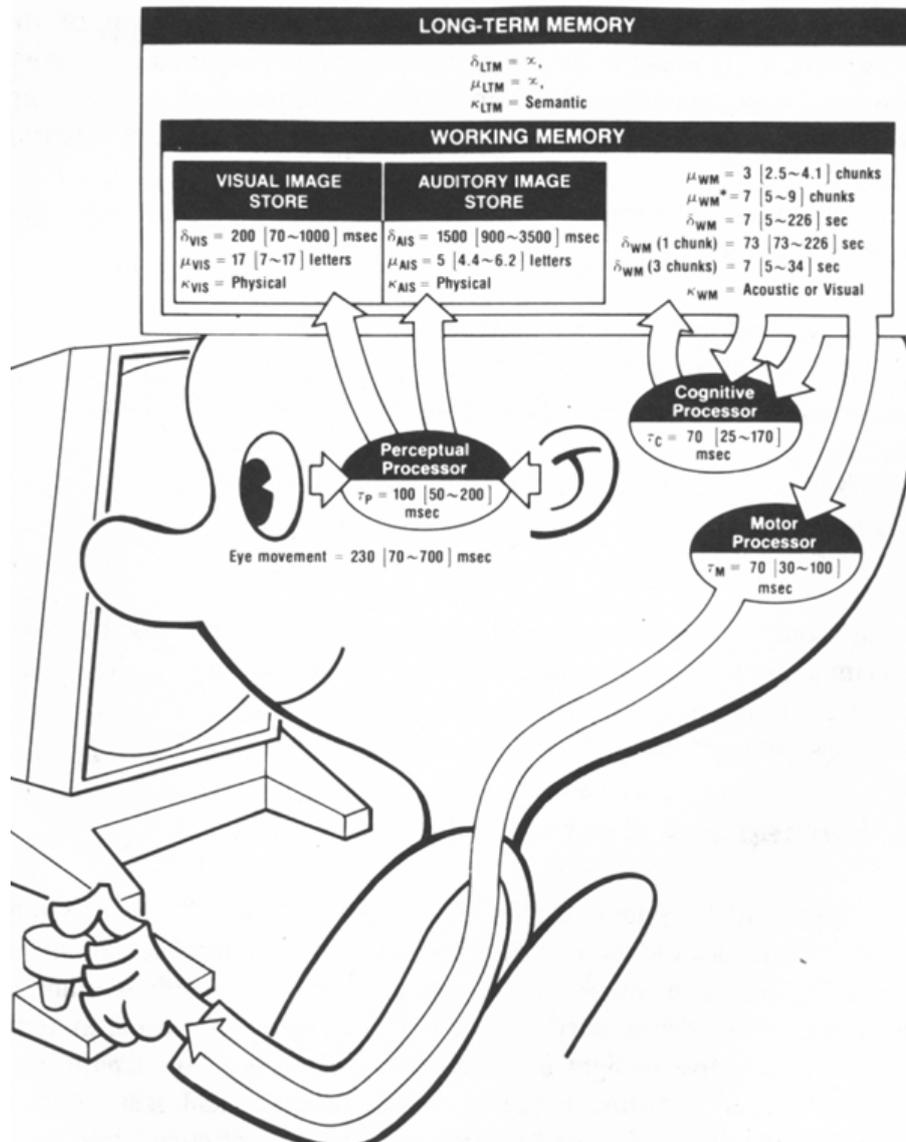


Abbildung 2.19: Der Model Human Processor (systemtheoretisches Modell des Menschen) nach Card, Moran und Newell [Card u. a. (1983)]

### Das sensorische System

Die Informationsaufnahme und -verarbeitung beginnt im sensorischen System, das die Sinnesreize aus der physikalischen Welt über die Sinnesorgane (Sensoren) als Eingabeströme empfängt. Für jedes Sinnesorgan existiert ein Sinnesgedächtnis als Pufferspeicher, das die Reizinformation solange physikalisch (nicht-symbolisch) vorhält, bis sie symbolisch kodiert ist und an das kognitive System weitergegeben wird.

Im MHP-Modell (Abbildung 2.19) sind die für die Mensch-Computer-Interaktion wichtigsten Sinnesgedächtnisse berücksichtigt: das visuelle (visual image store) und das auditive (auditive image store). Es fällt auf, dass die Halbwertszeit des visuellen Sinnesgedächtnisses mit  $\delta_{VIS} = 200[70; 1000]ms$  deutlich kleiner ist als die des auditiven mit  $\delta_{AIS} = 1500[900; 3500]ms$ . Dieser Unterschied ist dadurch erklärbar, dass akustische Signale über die Zeit interpretiert werden müssen. Umgekehrt verfügt das visuelle Gedächtnis über größere Kapazität ( $\mu_{VIS} = 17[7; 17]$  Zeichen) als das auditive ( $\mu_{AIS} = 5[4, 4; 6.2]$  Zeichen). Für die Darstellung von Unsicherheit bedeutet dies, dass eine Erfassung visueller Kodierungen schneller erfolgt als die Erfassung akustischer Kodierungen (Sonifikation).

Die Sinnesgedächtnisse werden über den Sensorprozessor (perceptual processor) mit Information beliefert; seine Verarbeitungszeit beträgt  $\tau_P = 100[50; 200]ms$ . Sie verhält sich invers zur Reizintensität. Wenn Unsicherheit also beispielsweise in unterschiedlichen Graden von Helligkeit kodiert wird (je heller desto unsicherer), erhöht die geringere Reizintensität unsicherer Elemente die Verarbeitungszeit im sensorischen Prozessor. Der Kartenleser benötigt mehr Zeit zur Dekodierung des Zeichens.

### Das kognitive System

Das kognitive System, genauer sein „Arbeitsspeicher“, das Kurzzeitgedächtnis (working memory), übernimmt die symbolisch kodierte Information aus den Sinnesgedächtnissen und verknüpft sie mit zuvor im Langzeitgedächtnis (long-term memory) gespeicherten Informationen. d so lange wiederholt, bis entschieden ist, welche Aktion des motorischen Systems ausgelöst werden soll.

Das Langzeitgedächtnis umfasst die gesamte im Gehirn eines Menschen (biochemisch) gespeicherte Information, das MHP schreibt ihm demzufolge unbegrenzte Kapazität und unendlich lange Halbwertszeit des Informationsverfalls zu.

Das Kurzzeitgedächtnis umfasst die in einem Augenblick betrachtete Information, „die Dinge und Objekte, mit denen wir uns gerade im Geiste beschäftigen“ [Dahm (2006)] . Es ist Teil des Langzeitgedächtnisses, da es stets aus der Untermenge augenblicklich (bioelektrisch) aktivierter Teile des Langzeitgedächtnisses besteht. Dadurch stellt es den Kontext zur Verfügung, in dem die von den Sinnesgedächtnissen gelieferte Information betrachtet wird. Diese wird dann je nach Sinnesgedächtnis, aus dem sie kommt,  $\kappa_{WM}$  = akustisch oder visuell kodiert. Die Kapazität wird nicht mehr in Einzelzeichen, sondern in *Chunks* (engl. für „Klumpen“) angegeben.

Ein Chunk umfasst idealerweise mehr Information als ein Zeichen: Der Informationsgehalt eines Chunks wird größer, „wenn das Aufgenommene mit den Gedächtnisinhalten und dem durch Übung erworbenen Können gut übereinstimmt“ [Charwat (1994)] oder wenn die dargestellten Elemente in Beziehung zueinander stehen. Als ein Beispiel führt Charwat die variable Chunkgröße bei der Erfassung von Buchstaben als Einzelzeichen bzw. als Wort an. Bei der Buchstabenfolge NXCT umfasst ein Chunk einen Buchstaben; um die Information komplett zu speichern, werden demzufolge vier Chunks benötigt. Die Buchstabenfolge BAUM kann bei Lesefähigkeit der Person als ein Wort gespeichert werden: ein Chunk entspricht jetzt einem Wort; zur kompletten Speicherung der Information ist nur dieser eine Chunk notwendig.

Die variable Chunkgröße ist ein großer Vorteil, denn die Kapazität des Kurzzeitgedächtnisses ist sehr klein in Anbetracht seiner zentralen Stellung – das Kurzzeitgedächtnis erhält Eingaben aus allen drei Speichern und generiert Ausgaben in zwei der drei Prozessoren: Unter Zuhilfenahme des Langzeitgedächtnisses sind maximal  $\mu_{WM} = 7[5; 9]$  Chunks gleichzeitig speicherbar. Syrbe u. Beyerer (2007) bezeichnen das Kurzzeitgedächtnis als „Engpass der Kognition“.

Um möglichst viel Information gleichzeitig speichern zu können, muss eine Kodierung die Chunkbildung fördern. Dies kann zum Beispiel dadurch gelingen, dass eine Anknüpfung an vorhandene Elemente im Langzeitgedächtnis ermöglicht wird, indem die Kodierung dem Nutzer geläufige Metaphern verwendet.

#### **Das motorische System**

Das motorische System generiert die Ausgabeströme in die physikalische Welt, indem es die Effektoren des Menschen zu Aktionen veranlasst. Diese werden durch Anweisun-

gen aus dem Kurzzeitgedächtnis ausgelöst. Die Verarbeitungszeit entspricht mit  $\tau_M = 70[30; 100]ms$  etwa der der anderen Prozessoren.

## 2.4 Erkenntnisse dieses Kapitels für Visualisierungsvorschläge

Um eine geeignete Darstellung von Unsicherheit für die Anwendung dieser Arbeit zu finden, werden folgende Aspekte berücksichtigt werden:

- Die Auswahl der vorzuschlagenden Visualisierungstechniken wird sich am Stand der Forschung zur Visualisierung von Unsicherheit orientieren.
- Die Darstellung der Unsicherheit muss einerseits auffällig sein, um leicht entdeckt zu werden; sie soll andererseits nicht die Darstellung der Information dominieren oder stören.
- Der Kontext der Anwendung „Durchführung eines Katastropheneinsatzes“ bringt eine hohe psychische Belastung mit sich. Die Arbeit an der Lagekarte ist zwar eine wichtige, aber nicht einzige Aufgabe. Daher soll die Kodierung der Unsicherheit mit möglichst geringer Belastung des Kurzzeitgedächtnisses erfolgen: Gesucht wird eine Kodierung in möglichst wenigen Zeichen, die Chunkbildung fördert, den Kartenleser nicht ermüdet und das Unterscheiden der Darstellung von sicherer und unsicherer Information metaphorisch unterstützt.

Zuerst wird in den nächsten beiden Kapiteln das Anwendungsbeispiel eingeführt. Kapitel 3 beschreibt die Lagekarte im Katastrophenfall gemäß Dienstvorschriften der Anwender und bringt Beispiele für die Ausprägungen von Lagekarten im praktischen Gebrauch bei Feuerwehr und THW. Der erste Teil von Kapitel 4 stellt das Katastrophenszenario mit Lagekarte vor. Danach wird der Stand der Technik bei der Darstellung unsicherer Information in Lagekarten beschrieben und analysiert. Darauf aufbauend wird im dritten Teil nach Verbesserungsmöglichkeiten für die Unsicherheitsdarstellungen gesucht.

## 3 Lagekarten bei Katastropheneinsätzen

In diesem Kapitel werden die Begriffe *Katastrophe* und *Lagekarte* abgegrenzt. Danach wird der Stand der Technik bei der Verwendung von Lagekarten am Beispiel von Feuerwehr und THW erläutert. Den Abschluss bildet ein Abschnitt zu möglichen Erweiterungen und Verbesserungen bei der Lagedarstellung.

### 3.1 Katastrophe

#### 3.1.1 Definition und Zuständigkeiten

Für den Begriff *Katastrophe* existiert keine einheitliche Definition [Geier u. a. (2005)]. Das Programm ISDR (International Strategy for Disaster Reduction) der Vereinten Nationen zur Bekämpfung von Naturkatastrophen<sup>1</sup> formuliert folgende weit gefasste Definition:

„Disaster: A serious disruption of the functioning of a community or a society causing widespread human, material, economic or environmental losses which exceed the ability of the affected community or society to cope using its own resources.“[UNISDRb (2008)]  
Übersetzt: Schwerwiegende Störung der Funktionsfähigkeit einer Gemeinschaft oder Gesellschaft, die weitreichende humane, materielle, ökonomische oder die Umwelt betreffende Verluste verursacht, die die Fähigkeit der betroffenen Gemeinschaft oder Gesellschaft übersteigt, diese aus eigener Kraft zu bewältigen.

In der Bundesrepublik Deutschland ist der Katastrophenschutz auf Bundes- und Länderebene gesetzlich geregelt. Das Zivilschutzgesetz des Bundes umfasst die Bekämpfung von Folgen gesellschaftlicher Katastrophen wie Kriegsereignissen. Der Katastrophenschutz zur

---

<sup>1</sup>„Mission: The ISDR aims at building disaster resilient communities by promoting increased awareness of the importance of disaster reduction as an integral component of sustainable development, with the goal of reducing human, social, economic and environmental losses due to natural hazards and related technological and environmental disasters.“[UNISDRa (2008)]

Bekämpfung von Naturkatastrophen ist in Ländergesetzen geregelt, die auch die gesetzliche Definition des Begriffes Katastrophe vornehmen. Das Landeskatastrophenschutzgesetz Baden-Württemberg formuliert:

„Katastrophe im Sinne dieses Gesetzes ist ein Geschehen, das Leben oder Gesundheit zahlreicher Menschen oder Tiere, die Umwelt, erhebliche Sachwerte oder die lebensnotwendige Versorgung der Bevölkerung in so ungewöhnlichem Ausmaß gefährdet oder schädigt, dass es geboten erscheint, ein zu seiner Abwehr und Bekämpfung erforderliches Zusammenwirken von Behörden, Stellen und Organisationen unter die einheitliche Leitung der Katastrophenschutzbehörde zu stellen.“ [§1(2) LKatSG (1999)]

Für die (nicht-polizeiliche) Gefahrenabwehr sind auf lokaler Ebene zuerst die kommunalen Feuerwehren zuständig. Unterstützt werden sie von den kommunalen Rettungsdiensten, der Länderpolizei und dem Bundesamt Technisches Hilfswerk<sup>2</sup>. Das „Lexikon der Feuerwehr“ [Prendke (2005)] definiert den Begriff Katastrophe auf Grundlage des oben zitierten Landeskatastrophenschutzgesetzes und führt als Beispiele für eine Katastrophe an: Viele Verletzte nach einem Flugzeugabsturz; einsturzgefährdete Gebäude nach einem Erdbeben; verschmutztes, ungenießbares Trinkwasser. Mit welchen organisatorischen Maßnahmen solche Katastrophenereignisse beseitigt werden, beschreibt der nächste Abschnitt am Beispiel von Feuerwehr und THW. Da die Einsatzleitung bei einer Katastrophe eher bei der Feuerwehr als beim THW liegt, orientieren sich die Ausführungen an Feuerwehrschriften und werden von THW-Schriften ergänzt.

#### 3.1.2 Das Führungssystem von Feuerwehr beziehungsweise THW im Falle von Katastrophen

Damit die Feuerwehr ihrer Aufgabe als Organisation zur Bekämpfung von Gefahren auch bei Großschadenereignissen gerecht werden kann, wurde in der „Feuerwehr-Dienstvorschrift 100: Führung und Leitung im Einsatz“, kurz FwDV100 [FwDV100 (2003)], ein Führungssystem für die Feuerwehr schriftlich fixiert.

Der Feuerwehreinsatz ist dort wie folgt beschrieben: „Die Feuerwehr hat bei ihren Einsätzen die Aufgabe, auf der Basis meist lückenhafter Information, eine oder gleichzeitig mehrere Gefahren zu bekämpfen.“ Hierbei sind die Zuständigkeiten aufgeteilt zwischen der *Einsatzleitung* (operativ-taktische Komponente), die „alle Maßnahmen zur Abwehr der Gefahren

---

<sup>2</sup>In besonderen Fällen greifen auch die Bundespolizei und die Bundeswehr in den Katastrophenschutz ein.

und zur Begrenzung der Schäden zu veranlassen“ hat, und den zur Durchführung der Maßnahmen benötigten *Einsatzkräften* (Mannschaften und Geräte als technisch-taktische Komponente).

Mit der Schadensgröße wächst sowohl die Anzahl benötigter Einsatzkräfte als auch die Anzahl benötigter Mitglieder in der Einsatzleitung. Das Führungssystem der Feuerwehr trägt dem Rechnung, indem es für die Führungsorganisation folgende vier Führungsstufen vorsieht:

- Führungsstufe A („Führen ohne Führungseinheit“): Täglicher Feuerwehreinsatz am Standort
- Führungsstufe B („Führen mit örtlichen Führungseinheiten“): Täglicher Feuerwehreinsatz am Standort
- Führungsstufe C („Führen mit einer Führungsgruppe“): Außergewöhnliche Schadenereignisse
- Führungsstufe D („Führen mit einer Führungsgruppe bzw. mit einem Führungsstab“): Extremsituationen/Katastrophen

Im Katastrophenfall (Führungsstufe D) sind Art und Größe des Einsatzes so umfangreich, dass dem Einsatzleiter ein Führungsstab zur Seite gestellt wird. Mitglieder sind der Leiter des Stabes, Führungsassistenten für die Sachgebiete S1 bis S6 (S1: Personal/Innerer Dienst; S2: Lage (s. u.); S3: Einsatz; S4: Versorgung; S5: Presse- und Medienarbeit; S6: Informations- und Kommunikationswesen) sowie Fachberater und Verbindungspersonen zu anderen Organisationen (THW, Sanitätsdienste).

Wenn das Schadenausmaß die Bekämpfungsmöglichkeiten der Feuerwehr übersteigt, leistet das THW Unterstützung. Meist werden dem THW dabei separate Einsatzabschnitte zugeteilt. Das THW kennt ebenfalls die Unterteilung in vier Führungsstufen. Bei entsprechend großem Schaden richtet das THW für die Schadenbeseitigung einen eigenen Führungsstab ein, der ähnlich besetzt ist wie der der Feuerwehr (vgl. dazu [THW-DV 1-101 (2006)]). Insbesondere die Aufteilung der Sachgebiete ist praktisch identisch<sup>3</sup>.

---

<sup>3</sup>Sachgebiet S5 fehlt beim THW.

#### Sachgebiet S2 - Lage

Das Sachgebiet S2 ist für diese Arbeit von besonderem Interesse, weil es die Arbeit an der Lagekarte (siehe Abschnitt 3.2) beinhaltet. Allgemein ist S2 zuständig für die Bearbeitung der sogenannten *Lage*: „Lage ist die Beschreibung der bei einem Schadenereignis bestehenden Situation“ [Prendke (2005)]. Im Einzelnen gehören dazu:

- *Allgemeine Lage*: Örtliche Verhältnisse, Wetter, Tages-/Jahreszeit, Verkehrssituation
- *Gefahren-/Schadenlage*: Art, Ursache, Umfang des Schadens sowie voraussichtliche Entwicklung
- *Schadenabwehr*: Zahl und Art der Einsatzkräfte, Versorgungslage, Fernmeldelage

Die dabei zu erledigenden Aufgaben sind:

- Lagefeststellung (Beschaffen, Auswerten, Bewerten von Informationen)
- *Lagedarstellung*
  - Führen einer *Lagekarte* (siehe Abschnitt 3.2)
  - Führen von Einsatzübersichten (Beschreiben der Gefahrenlage; Darstellen von Anzahl, Art und Umfang der Schäden; Darstellen der Einsatzabschnitte und -schwerpunkte; Darstellen der eingesetzten, bereitgestellten, noch erforderlichen Einsatzmittel und -kräfte)
  - Vorbereiten von Lagebesprechungen und Lagemeldungen
- Information (Unterrichten vorgesetzter, nachgeordneter, anderer Stellen sowie der Bevölkerung)
- Einsatzdokumentation (Führen des Einsatztagebuchs, Sicherstellen aller Informationsträger, Erstellen des Abschlussberichts)

Um dem Aufgabenumfang gerecht zu werden, sind für die Führungsstufe D besondere Führungsmittel vorgesehen, unter anderem die *Lagekarte*, die im nächsten Abschnitt eingeführt wird.

## 3.2 Lagekarte

### 3.2.1 Definition und Ziel der Lagekarte im Einsatz

Bei Einsätzen infolge von Schadenereignissen spielt die georäumliche Orientierung eine wichtige Rolle. Hierzu setzen Feuerwehr und THW Karten ein, sogenannte *Lagekarten*. Die FwDV100 (2003), Anlage 5 „Einsatzunterlagen und Übersichten zur Dokumentation und Lagedarstellungen“ definiert den Begriff *Lagekarte* folgendermaßen:

„Die Lagekarte ist das verkleinerte Abbild der örtlichen Verhältnisse an der Einsatzstelle mit der Darstellung aller wesentlichen Maßnahmen zur Abwehr und Beseitigung der vorhandenen Gefahren und Schäden.

In der Lagekarte sind die ausgewerteten Ergebnisse der Lagefeststellung laufend einzutragen.

Insbesondere sind darzustellen:

- die örtlichen Verhältnisse
- das Schadengebiet und/oder der Gefahrenbereich
- die Gefahren
- die Einsatzkräfte und Einsatzmittel
- Einsatzabschnitte und Einsatzschwerpunkte
- Bereitstellungsräume und Sammelstellen

Dabei sind die taktischen Zeichen und graphischen Symbole zu verwenden.“

Die Lagekarte besteht also aus zwei Komponenten: der Kartengrundlage mit Karte<sup>4</sup> und Kartenzeichen sowie taktischen Zeichen als zusätzlichem Zeichenvorrat zur Darstellung der einsatzrelevanten Informationen. Empfehlungen für die Wahl des zu verwendenden Kartenmaterials (Kartentypen, Koordinatensysteme und Maßstäbe) geben die FwDV100 (2003) und die THW-DV 1-101 (2006). Die taktischen Zeichen wurden von der Ständigen Konferenz für Katastrophenvorsorge und Katastrophenschutz unter Beteiligung des Deutschen Feuerwehrverbandes, der Hilfsorganisationen und des THW vereinheitlicht und in der Dienstvorschrift 102 geregelt [Mitschke (2003)]. Die für die Feuerwehr relevante Teilmenge ist in der FwDV100 (2003) als Anlage 6 enthalten. Abbildung 3.1 zeigt eine Auswahl von taktischen Zeichen zur Kodierung von Schäden und Gefahren.

---

<sup>4</sup>Definition *Karte* [Bollmann u. Koch (2001)]: „Eine Karte ist eine grundrissbezogene graphische Repräsentation georäumlichen Wissens auf der Basis kartografischer Abbildungsbedingungen.“

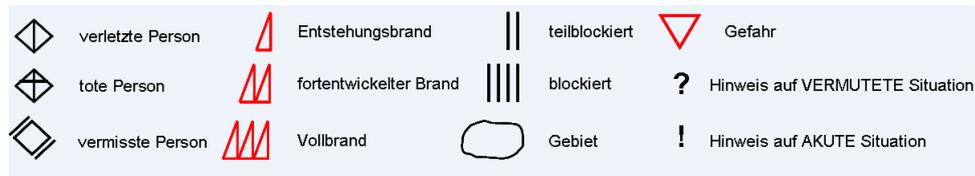


Abbildung 3.1: Beispiele taktischer Zeichen zur Kodierung von Schäden und Gefahren

Der Begriff Lagekarte kommt in der Fachliteratur auch in der erweiterten Bedeutung für die gesamte Lagedarstellung vor. In [THW-DV 1-101 (2006)] wird die Lagekarte als „Informationsboard mit Karten, Übersichten, systematischen Darstellungen und Memo“ beschrieben, Abbildung 3.2 zeigt ein systematisches und ein praktisches Beispiel.

Ferch u. Meloumis (2005) geben den Aufbau einer Feuerwehr-Lagekarte als große Tafel mit dreiteiligem Aufbau vor (Abbildung 3.3). Die oben gemäß [FwDV100 (2003)] zitierte Definition umfasst hier die rechte Seite der Gesamtdarstellung, die Übersichten. Laut Aussagen von Fachleuten von THW und Feuerwehr wird in der Praxis unter der Lagekarte normalerweise die Übersichtskarte verstanden (vgl. Anhang B). In dieser Arbeit wird der Begriff *Lagekarte* ebenfalls im Sinne einer geographischen *Übersichtskarte* verwendet.

#### Ziel der Lagekarte im Einsatz

Bei den Führungsstufen A und B ist die Lagekarte als Hilfsmittel gar nicht vorgesehen, da der Schadenumfang so überschaubar ist, dass zur Bekämpfung Gebäudepläne und von Hand angefertigte Skizzen ausreichen. Bei den Führungsstufen C und besonders D gilt die Lagekarte hingegen als zentrales Führungsmittel im Führungsvorgang.

Der Führungsvorgang, ein „zielgerichteter, immer wiederkehrender, in sich geschlossener Denk- und Handlungsablauf, den der Einsatzleiter ständig gedanklich durchlaufen muss“ [Prendke (2005)], ist von der FwDV100 (2003) als Kreismodell vorgegeben mit den Teilen

1. Lagefeststellung,
2. Planung (Beurteilung und Beschluss),
3. Befehlsgebung.

Die Lagekarte findet ihre Bestimmung im Führungsvorgang bei der Lagefeststellung als „Mittel zur Lageerfassung und Lagedarstellung“ [FwDV100 (2003)]. Sie dient als Grund-

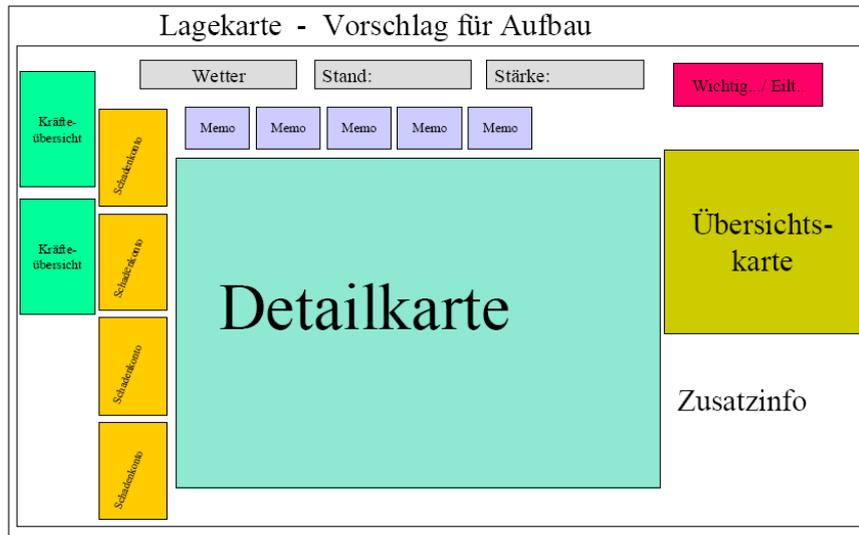


Abbildung 3.2: Oben: Vorschlag für den Aufbau einer Lagekarte.

Unten: Beispiel einer Lagekarte in einer Führungsstelle im Einsatz.

[THW-DV 1-101 (2006)]

Stellen/Plätze	Schadenkonten	Übersichten
Bereitstellungsräume		Landkreiskarte
Sammelstellen	Einsatzabschnitte	Stadtpläne
Versorgungsstellen	Einsatzschwerpunkte	Ortspläne
Landeplätze		
Unterkünfte		Pläne von Betrieben

Abbildung 3.3: Aufbau einer Lagekarte nach [Ferch u. Meloumis (2005)]

lage für die Planung des Einsatzes und ist damit „zentrales Führungsmittel jedes Stabes“ [THW-DV 1-101 (2006)].

Wichtigstes Ziel der Lagekarte ist die „optische Hilfe zur Entscheidungsunterstützung während des Einsatzes“ (vgl. Anhang A). Sie hat außerdem große Bedeutung bei längeren Einsätzen für die Übergabe an nachfolgende Einheiten, da sie als einziges Führungsmittel die aktuelle Lage als Übersicht darstellt. Bei Pressekonferenzen ist die Lagekarte Grundlage für die Presseinformationen, da die aktuelle Lage oft anhand der Lagekarte erläutert wird. Bei der Feuerwehr dient die Lagekarte auch zur Dokumentation des Einsatzes.

#### 3.2.2 Stand der Technik: Darstellungsmedien, verwendetes

##### Kartenmaterial und Arbeitsabläufe bei der Lagekartendarstellung

###### Darstellungsmedien

Die traditionelle Lagekarte ist eine *Papierkarte*. Sie wird mit Hilfe von Magneten an einer magnetischen Wandtafel befestigt. Zur Eintragung der Schäden und Gefahren existieren zwei alternative Techniken. Bei der ersten wird eine Folie, die aufgerollt am oberen Rand der Wandtafel befestigt ist, über die Karte gezogen und die taktischen Zeichen von Hand mit Permanentstift eingezeichnet. Bei der zweiten Technik werden Magnetplättchen (Feuerwehr) oder laminierte, in Magnetrahmen geschobene Papierschilder (THW) mit aufgedruckten taktischen Zeichen auf der Karte platziert (siehe Abbildung 3.2). Die Vorteile der Verwendung von Papierkarten liegen in ihrer langjährigen Erprobtheit und der damit verbundenen Automatisierung der Arbeitsabläufe bei der Lagekartenführung. Die Darstellung ist zudem robust gegen Störungen: Der Permanentstift ist nur mit Spiri-

tus entfernbar, die Magnetplättchen haften stark genug, um bei Erschütterungen nicht zu verrutschen. Die Verwendung von Papierkarten ist Stand der Technik sowohl beim THW als auch bei der Feuerwehr (Anhang A bzw. B).

Die technisch fortgeschrittenere Lagekarte verwendet Computertechnik zur Darstellung. Kartengrundlage ist eine *digitale Karte*, die von DVD (z. B. topologische Karten von Landesvermessungsämtern) oder aus dem Internet geladen wird. In der Anwendung der Feuerwehr Karlsruhe sind die taktischen Zeichen als Bilder (z. B. im jpeg-Format) hinterlegt, über eine Leiste auswählbar und mit der Maus platzierbar. Alternativ können die taktischen Zeichen mit einem Spezialstift direkt auf den Bildschirm gezeichnet werden.

Die Vorteile digitaler Lagekarten sind folgende:

- Schnelle Verfügbarkeit jedes beliebigen Einsatzgebiets:

Da jeder Feuerwehr und jedem THW-Ortsverband ein bestimmtes (kommunales oder betriebsbezogenes) Einsatzgebiet zugeordnet ist, wird nur dieser Zuständigkeitsbereich als Papierkarte vorgehalten. Bei Einsätzen im Rahmen der Nachbarschaftshilfe für andere Feuerwehren oder THW-Ortsverbände müssen diese die unterstützenden Kollegen mit Kartenmaterial versorgen. Digitale Karten sind hingegen bei Internetzugriff für jedes beliebige Gebiet beschaffbar.

Ein weiterer, für die zeitkritische Arbeit der Feuerwehr besonders wichtiger Vorteil ist, dass die Karte des Einsatzgebiets sofort geladen werden kann. Auf diese Weise kann die Lagekarte bereits bei der Anfahrt zum Einsatzort für die Einsatzplanung genutzt werden und nicht erst am Einsatzort.

- Anpassung des Maßstabs an die Größe des Schadengebiets:

Papierkarten liegen nur in wenigen, festen Maßstäben vor (1:50.000, 1:25.000, 1:5.000 (Deutsche Grundkarte), Ortspläne (z. B. 1:8.500)). Die digitale Karte kann genau angepasst an die Größe des Schadengebietes angezeigt werden.

- Taktische Zeichen:

Die digital gespeicherten taktischen Zeichen können passend zum Kartenmaßstab skaliert werden.

- Dokumentation:

Bei der Feuerwehr wird empfohlen, die Papierkarte in regelmäßigen Abständen abzufotografieren [Ferch u. Meloumis (2005)]. Bei der digitalen Karte ist neben regelmäßigen Screenshots eine automatische Aufzeichnung – softwaregesteuert in festem

Zeitraaster oder bei jeder Änderung – denkbar.

Die Verwendung digitaler Karten wird laut Aussage eines Beamten der Feuerwehr Karlsruhe derjenigen von Papierkarten vorgezogen. Aufgrund der benötigten technischen Ausstattung ist sie Stand der Technik nur bei entsprechend ausgerüsteten Berufsfeuerwehren. Beim THW ist die Verwendung digitaler Karten nicht Stand der Technik. Im Einsatz werden dort digitale Karten nur benutzt, um die benötigten geographischen Bereiche auszudrucken, die dann an die Magnetwand geheftet werden. Das THW Karlsruhe setzt digitale Karten nur zur Vorbereitung von Übungen ein (siehe Anhang B).

#### **Verwendetes Kartenmaterial**

Eine Befragung bei der Berufsfeuerwehr Karlsruhe (siehe Anhang A) hat ergeben, dass dort als Grundlage für die Lagedarstellung viel unterschiedliches Kartenmaterial eingesetzt wird. Der bei der Feuerwehr Karlsruhe für die Führungsstufe D als Sitz des Führungsstabs vorgesehene Einsatzleitwagen (ELW2) verfügt neben der Magnetwand für Papierlagekarten über eine großflächige Smartboard-Anzeige, auf der mit digitalen Karten gearbeitet wird. Das von der Feuerwehr verwendete Kartenmaterial umfasst:

- Digital: Webstadtplan Karlsruhe, Google Maps (mit Internetzugriff), Top50 und Top25 (DVD des Landesvermessungsamtes Baden-Württemberg)
- Papier: TK50 des Landkreises Karlsruhe, ADAC-Straßenatlas, im Falle von Unterstützungsleistungen (im Rahmen der Nachbarschaftshilfe) für andere Feuerwehren deren Ortspläne

Das THW verwendet:

- Papier: Papierkarten des Zuständigkeitsbereichs des jeweiligen Ortsverbands im Maßstab 1:25.000, 1:50.000, bisweilen 1:100.000 sowie Stadtpläne; bei untergeordneten Unterstützungsleistungen Kartenmaterial der leitenden Organisation (z. B. der Feuerwehr); bei Auslandseinsätzen Karten der Bundeswehr (problemlos erhältlich, da das THW ebenfalls Bundesbehörde ist)
- Digital: Top50 (DVD des Landesvermessungsamtes)

## Darstellung einer Meldung als taktisches Zeichen in der Lagekarte

Der klassische Handlungsablauf vom Eingang einer Schadenmeldung durch eine Privatperson<sup>5</sup> in der Leitstelle bis zur Darstellung der Meldung als (Menge von) taktischen Zeichen in der Lagekarte ist wie folgt (siehe Anhang A):

1. **Die Meldung geht in der Leitstelle ein:** Eine Privatperson meldet einen oder mehrere beobachtete Schäden oder Gefahren.
2. **Die Meldung wird interpretiert:** Der Disponent in der Leitstelle erfragt relevante Information bezüglich der Schäden und Gefahren. Von Interesse sind beispielsweise betroffene Personen (Anzahl, Zustand), Passierbarkeit von Straßen, Gefahrstoffe (Austrittsort, Menge, Windrichtung). Er gibt diese Informationen weiter an den für die Lagedarstellung zuständigen Sachgebietsleiter S2 (vgl. Abschnitt 3.1.2). Dazu notiert er den Schadenumfang in Form von Klartextformulierungen auf einem speziellen Meldungsformular.
3. **Die Meldung wird zum Zeichen in der Karte:** Die in der Meldung übermittelte Information wird mit passenden taktischen Zeichen kodiert und in der Lagekarte zusammen mit der Meldungsnummer am Schadenort platziert. Unsichere Informationen müssen deutlich gekennzeichnet werden; denn zu ihrer Abarbeitung muss neben Einsatzkräften zur Schadenbekämpfung Personal zur Erkundung der Lage eingeplant werden. Zur Kennzeichnung ist ein spezielles taktisches Zeichen vorgesehen, ein Fragezeichen „?“, das dem taktischen Zeichen, das den Schaden kodiert, vorangestellt wird. Bei flächenhaften Ereignissen wie z. B. einer Schadstoffkeule wird die Unsicherheit bezüglich der Ausbreitungsfläche nicht direkt angezeigt. Stattdessen wird mithilfe spezieller Berechnungssoftware die Ausbreitungsfläche des Gefahrstoffs ermittelt und in der Lagekarte idealisiert angezeigt: Die Keule wird stets größer angegeben als sie ist.
4. **Lesen der Lagekarte:** Ausschließlich durch Mitglieder des Führungsstabs.

---

<sup>5</sup>Der Begriff *Meldung* wird streng genommen nur für Mitteilungen von Einsatzkräften verwendet. Meldet eine Privatperson einen Schaden, so fällt dies unter den Begriff *Einsatzanforderung* oder schlicht *Mitteilung* [THW-DV 1-101 (2006)]. Da aber jede Einsatzanforderung/Mitteilung inhaltlich auch Meldung einer Einsatzkraft sein könnte, ist es zulässig, den Begriff *Meldung* für alle Mitteilungen unabhängig vom Absender zu benutzen (siehe Anhang B).

Neben Anrufen von Bürgern als Informationsquellen zur aktuellen Lage kommen Meldungen auch durch die Polizei bei der Leitstelle an. Darüber hinaus ist die Berücksichtigung aktueller Informationen aus den Medien (Radio-, Fernsehsendungen; Internetberichte) möglich. Die Lage wird im Verlauf des Einsatzes bei Bedarf wiederholt durch Einsatzkräfte erkundet und gemeldet. Nach Rücksprache mit der Einsatzleitung wird die Lagekarte entsprechend ergänzt bzw. aktualisiert.

Neben der möglichst ortsgenauen Platzierung der taktischen Zeichen direkt in die Karte sind andere Arten der Lagedarstellung möglich. Die THW-DV 1-101 (2006) macht einige Alternativvorschläge (siehe Anhang B).

#### **3.2.3 Zukünftige Entwicklungsmöglichkeiten bei der Lagekartendarstellung**

Der im letzten Abschnitt beschriebene Stand der Technik bei der Lagekartendarstellung ist in langen Jahren erprobt und verfeinert worden. Dieser Abschnitt zeigt an Forschungsprojekten aus der Computer- und Sensortechnik Möglichkeiten auf, wie der technische Fortschritt zusätzlich gewinnbringend für die Stabsarbeit, insbesondere bei der Lageerfassung und -darstellung genutzt werden könnte.

##### **Verbesserte Darstellung: Der Digitale Lagetisch**

Hat die Verwendung digitaler Karten schon deutliche Vorteile gegenüber Papierkarten (siehe Abschnitt 3.2.2), so können die Möglichkeiten der Lagekartendarstellung weiter verbessert werden, indem zur Darstellung speziell angepasste Hard- und Software verwendet werden. Gewöhnliche Bildschirme sind aufgrund ihrer Abmessungen wenig geeignet, von mehreren Personen gleichzeitig genutzt zu werden. Wünschenswert wäre ein großer Monitor, der mehreren Stabsmitgliedern gleichzeitig zugänglich ist.

Diese Möglichkeit bietet der Digitale Lagetisch mit Fovea-Tablett [Peinsipp-Byma u. a. (2007)], dargestellt in Abbildung 3.4. Er ist konzipiert als Arbeitsplatz für ein Team von Experten zur gemeinsamen Analyse der Sicherheitslage und Planung von Sicherheitsmaßnahmen in einer größeren geographischen Region. Er ist ausgestattet mit zwei großen Monitoren: einer horizontalen Darstellungsfläche (Tischdisplay) zur Übersichtsdarstellung einer Szene und einer vertikalen Darstellungsfläche (Tafeldisplay) zur Darstellung von



Abbildung 3.4: Der Digitale Lagetisch mit Fovea-Tablett

Zusatzinformation. Das Fovea-Tablett bietet eine lagerichtige, lokal hochaufgelöste Darstellung des Szenenausschnitts und dient zur Interaktion mit Tisch- und Tafeldisplay. Es erlaubt die präzise Auswahl ergänzender Information, die zuvor in einzelnen Geländepunkten hinterlegt wird, und veranlasst deren Anzeige auf dem Tafel-Display.

Eingesetzt bei der Lagekartendarstellung, würde die Lagekarte auf dem Tischdisplay angezeigt. An den Stellen, an denen taktische Zeichen platziert sind, könnte Detailinformation zur Meldung hinterlegt werden – im einfachsten Falle die auf dem Meldungsformular notierte Klartextformulierung der Meldung, aber auch Zusatzinformation, die bisher aus Platzmangel neben der Karte gesammelt werden muss. Jedes Stabsmitglied könnte über sein Fovea-Tablett die für sich relevante Information selektieren und auf dem Tafeldisplay darstellen.

In dieser Arbeit wird der Digitale Lagetisch zur Anzeige der Lagekarte verwendet (siehe auch Kapitel 5).

### **Sensorgestützte Meldung**

Nach Stand der Technik werden ausschließlich Meldungen menschlicher Informationsquellen berücksichtigt (siehe Anhang B). Zwar werden z. B. bei sich ausbreitenden Gefahrstoffen Messungen durchgeführt, die Schadenmeldung erfolgt jedoch nicht direkt durch das

Messgerät, sondern durch die Einsatzkräfte. Stattdessen könnten auch technische Geräte mit Hilfe ihrer Sensoren die Gefahr detektieren und eine Meldung auslösen. Dies kann von großem Vorteil sein, wenn der Sensor die Gefahr frühzeitig und genau erkennt. Im Folgenden sind zwei Forschungsprojekte kurz beschrieben.

Bei Waldbränden beispielsweise ist eine Erkennung des Brandes bereits bei der Entstehung entscheidend für eine erfolgreiche Bekämpfung. Während ein Waldbrand von Spaziergängern bei ungünstiger Windrichtung nicht bemerkt wird, erfasst eine entsprechend platzierte Kamera bereits schwache Rauchentwicklung. Zudem ist die Meldung durch eine Person (Nichtfachmann) aufgrund fehlender Sachkenntnis ungenau. Die Kamera bildet den aktuellen Zustand des Brandes ab und liefert eine bessere Interpretationsgrundlage für die Einsatzplanung. Ein Projekt, das sich mit Waldbrandbekämpfung befasst, beschreiben [Neuer Weg in Hemer (2007)] und [Uni Paderborn: Eingreiftruppe Waldbrände (2008)]<sup>6</sup>: Ziel ist ein umfassendes Gesamtsystem zur Bekämpfung von Waldbränden, das sich unbemannter Drohnen zur kontinuierlichen Aufklärung und Überwachung der Brände bedient. Dazu soll auf den Drohnen neben Kamera-, Video- und Sensorsystemen (Wärmebild, Rauch- und Gasmelder) auch ein Radarsystem installiert werden, das selbst durch dicken Rauch hindurch eingeschlossene Personen orten kann. Die Aufklärung erfolgt in zwei Stufen. Auf Überwachungstürmen sind großflächig Kameras installiert, die die brandverdächtige Stelle registrieren. Bei nicht eindeutiger Identifizierung wird eine Drohne dorthin gesteuert, um detailliertere Bilder zu liefern. „Die Bilder werden immer an die Einsatzzentrale übertragen und von dort direkt zum Führungsfahrzeug des Löschtrupps und in die Löschfahrzeuge übermittelt.“ [Neuer Weg in Hemer (2007)]

Im Rahmen des Forschungsprojekts AMFIS (Aufklärung und Überwachung mit Miniatur-Fluggeräten im Sensorverbund) des Fraunhofer IITB wird eine „mobile generische Bodenk Kontrollstation zur Aufklärung und Überwachung mittels Luft-, Land- und Wasserfahrzeugen im Verbund mit Sensornetzwerken“ entwickelt [AMFIS (2008)]. Aufgaben des Systems sind unter anderem die Auswertung und Analyse von Sensordaten und die Kommunikation mit einer Leitzentrale, verbunden mit automatischer Alarmauslösung und teilautomatischer Meldungserstellung. Das Produktblatt nennt als mögliches Anwendungsszenario auch das Katastrophenmanagement. Als Aufgabe ist das Lokalisieren vermisster Personen denkbar.

---

<sup>6</sup>Da das Projekt erst im Januar 2008 gestartet ist, liegen noch keine Fachveröffentlichungen dazu vor.

### **Kartographische Verbesserungen**

Bei der Befragung der Feuerwehr Karlsruhe (siehe Anhang A) wurde zu Protokoll gegeben, dass die Feuerwehr Karlsruhe bevorzugt digitale Karten aus dem Internet verwendet, beispielsweise von Google Maps. Neben den oben genannten Vorteilen besteht ein weiterer darin, dass diese Karten eine wesentlich geringere, für die Arbeit der Feuerwehr ausreichende Informationsdichte darstellen als beispielsweise handelsübliche topologische Karten. Auf diesem zurückhaltenderen Hintergrund sind die eingezeichneten taktischen Zeichen wesentlich besser zu erkennen. Auch Grewe u. a. (2007) reduzieren den Hintergrund ihrer Schadendarstellung auf das Wesentliche und unterlegen keine Karte, sondern ein stilisiertes Abbild der Realität.

In dieser Arbeit wird, den Ausführungen von Anhang A folgend, für die Einführung des Katastrophenszenarios im folgenden Kapitel 4 eine Karte von Google Maps als Kartengrundlage verwendet. Die Arbeit orientiert sich aber am Stand der Technik nicht nur bei der Feuerwehr, sondern auch beim THW. Da das THW keine stilisierten (Internet-) Karten als Kartengrundlage für Lagekarten im Falle von Katastrophen benutzt, wird für die experimentelle Evaluation in Kapitel 6 eine topographische Karte als Kartengrundlage verwendet (siehe auch Abschnitt 5.1.2).

## **4 Darstellung eines Katastrophenszenarios unter besonderer Berücksichtigung unsicherer Information**

Dieses Kapitel untersucht die Darstellungsmöglichkeiten unsicherer Information in Lagekarten. Grundlage ist eine beispielhafte Lagekartendarstellung, die an einem beispielhaften Katastrophenszenario entwickelt wird. Abschnitt 4.1 führt das Katastrophenszenario ein und bildet die Schadenlage in eine Lagekarte ab. Abschnitt 4.2 analysiert das Katastrophenszenario bezüglich des Auftretens von unsicherer Information und sinnvoller Darstellungsmöglichkeiten von Unsicherheit. Abschnitt 4.3 sucht nach Möglichkeiten einer verbesserten Darstellung von Unsicherheit auf der Grundlage der in Kapitel 2 vorgestellten Techniken unter Berücksichtigung der Aspekte Auffälligkeit von Kodierungen und Wahrnehmungsgrenzen menschlicher Informationsaufnahme und -verarbeitung. Der kurze Abschnitt 4.4 skizziert, wie eine Visualisierung zweidimensionaler unsicherer Information aussehen könnte.

### **4.1 Abbildung eines beispielhaften Katastrophenszenarios als Lagekarte**

#### **4.1.1 Abgrenzung des Katastrophenszenarios und Festlegung seines Schadenumfangs**

Um der Führungsstufe D (Extremsituationen/Katastrophen) mit entsprechender Verwendung einer Lagekarte zu entsprechen, siehe Kapitel 3, wird ein flächenhaftes Schadenereignis gewählt: orkanartiger Sturm aus westlicher Richtung über Südwest-Deutschland.

Stürme gehören in die Kategorie Naturkatastrophen aus atmosphärischen Extremereignissen. Laut [Geier u. a. (2005)] stehen Stürme „sowohl bei der Zahl der Schadenereignisse und der Opfer als auch bei den volkswirtschaftlichen und den versicherten Schäden mit Abstand an erster Stelle“.

Betrachtet wird ein Ausschnitt des südlichen Landkreises Karlsruhe<sup>1</sup>. Um ein möglichst realitätsnahes Katastrophenszenario zu erstellen, wurde neben Literaturrecherchen auch die Feuerwehr Karlsruhe befragt. Auch aus Sicht des praxiserfahrenen Experten haben Stürme hohe Eintrittswahrscheinlichkeit, wobei das Spektrum realistischer Vorkommnisse innerhalb eines Schadenfalls breit ist (siehe Anhang A). Diese Tatsache lässt großen Spielraum für die Konstruktion eines beispielhaften Katastrophenszenarios.

Der Schadenumfang wird so groß gewählt, dass er der Definition des Begriffes *Katastrophe* des §1(2) LKatSG Baden-Württemberg aus Abschnitt 3.1.1 gerecht wird. Im Hinblick darauf, dass für die Untersuchung der Lagekartenvisualisierung eine ausreichende Anzahl unterschiedlicher taktischer Zeichen zur Verfügung steht, werden innerhalb des Sturmszenarios unterschiedliche Schaden- und Gefahrentypen ausgewählt und passende Meldungen dazu erdacht. Folgende Schäden und Gefahren werden dargestellt:

1. **Gefahrgutunfall** auf Höhe Gewerbegebiet Ettlingen West (Meldungen **1, 2**):

Durch starke Windböen gerät ein LKW ins Schleudern und kippt um. Ein nachfolgender Gefahrguttransporter kann nicht ausweichen. Durch den Aufprall wird die Hülle des Transporters so stark beschädigt, dass der Gefahrstoff austritt und beide Unfallfahrzeuge Feuer fangen. Die Fahrbahn ist blockiert, es gibt Tote und Verletzte.

2. **Blockierte Fahrwege:**

a) Umgestürzte Bäume blockieren eine Schienenstrecke, woraufhin ein gut besetzter **S-Bahn-Zug entgleist** (Meldung **3**).

b) Umgestürzte Bäume blockieren Straßen und Wege (Meldungen **4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 17**).

3. **Vermisste Personen** (Meldungen **5, 15**)

Die zugehörigen Meldungen würden im Einzelnen (auf speziellen Meldungsformularen

---

<sup>1</sup>Dass ein solches Szenario tatsächlich realistisch ist für diese Region, zeigt das Beispiel des Orkans „Lothar“, der 1999 mit bis zu 259 km/h über Süddeutschland hinwegfegte und im Flachland um Karlsruhe bis zu 151 km/h erreichte [Axer u. a. (2005)]. Er forderte in Baden-Württemberg und Bayern 15 Todesopfer und verursachte Gesamtschäden in Höhe von 1,640 Mrd. Euro [Geier u. a. (2005)].

durch den Leitstellendisponenten handschriftlich formuliert, siehe Abschnitt 3.2.2) etwa lauten:

**Meldung 1:** Unbeteiligter PKW-Fahrer: Unfall von zwei LKWs (Stückgut bzw. Gefahrgut) auf der Autobahn mit

- Totalblockierung der Fahrbahn
- beide LKWs brennen
- geschätzt zehn Tote, 30 Verletzte
- Gasaustritt aus einem der LKWs

**Meldung 2:** Anwohner (Rheinstraße) meldet beißenden Geruch in der Luft

**Meldung 3:** S-Bahn-Passagier: Bäume auf der Zugstrecke, in Folge

- Schienen totalblockiert
- Gut besetzte S-Bahn entgleist, geschätzt max. 50 Verletzte, unbekannt Anzahl Tote
- Rauchentwicklung

**Meldung 4:** Fahrer aus Richtung Sulzfeld: Bäume auf der Straße, Teilblockierung

**Meldung 5:** Polizei: Fahrzeug mit fünf Personen vermisst zwischen Ettlingenweier und Schluttenbach

**Meldung 6:** Fahrer aus Richtung Schluttenbach: Straße wahrscheinlich totalblockiert

**Meldung 7:** Fahrer aus Richtung Schöllbronn: Straße totalblockiert

**Meldung 8:** Fahrer aus Richtung Spessart: Straße für normale PKW totalblockiert, Hilferufe von drei Personen von jenseits der Blockierung

**Meldung 9:** Fahrer aus Richtung Waldbronn: Straße schwierig befahrbar

**Meldung 10:** Fahrer aus Richtung Neurod: Straße wahrscheinlich schwierig befahrbar

**Meldung 11:** Fahrer aus Richtung Spielberg: Straße schwierig befahrbar

**Meldung 12:** Fahrer aus Richtung Schöllbronn: Straße blockiert

**Meldung 13:** Fahrer aus Richtung Schöllbronn: Straße vor Abzweig nach Völkersbach schwierig befahrbar (vgl. Meldung 12), Straße nach Abzweig nach Völkersbach befahrbar

(vgl. Meldung 16)

**Meldung 14:** Fahrer aus Richtung Fischweier: Bäume quer über der Fahrbahn

**Meldung 15:** Polizei: Fahrzeug mit zwei Personen vermisst zwischen Schöllbronn und Fischweier

**Meldung 16:** Fahrer aus Richtung Völkersbach: Straße schwierig befahrbar

**Meldung 17:** Fahrer aus Richtung Burbach: Bäume quer über der Fahrbahn

Das Szenario wurde kritisch betrachtet und für realistisch befunden von Herrn Brandamtman Bertram von der Feuerwehr Karlsruhe.

#### 4.1.2 Abbildung des Katastrophenszenarios in eine Lagekarte

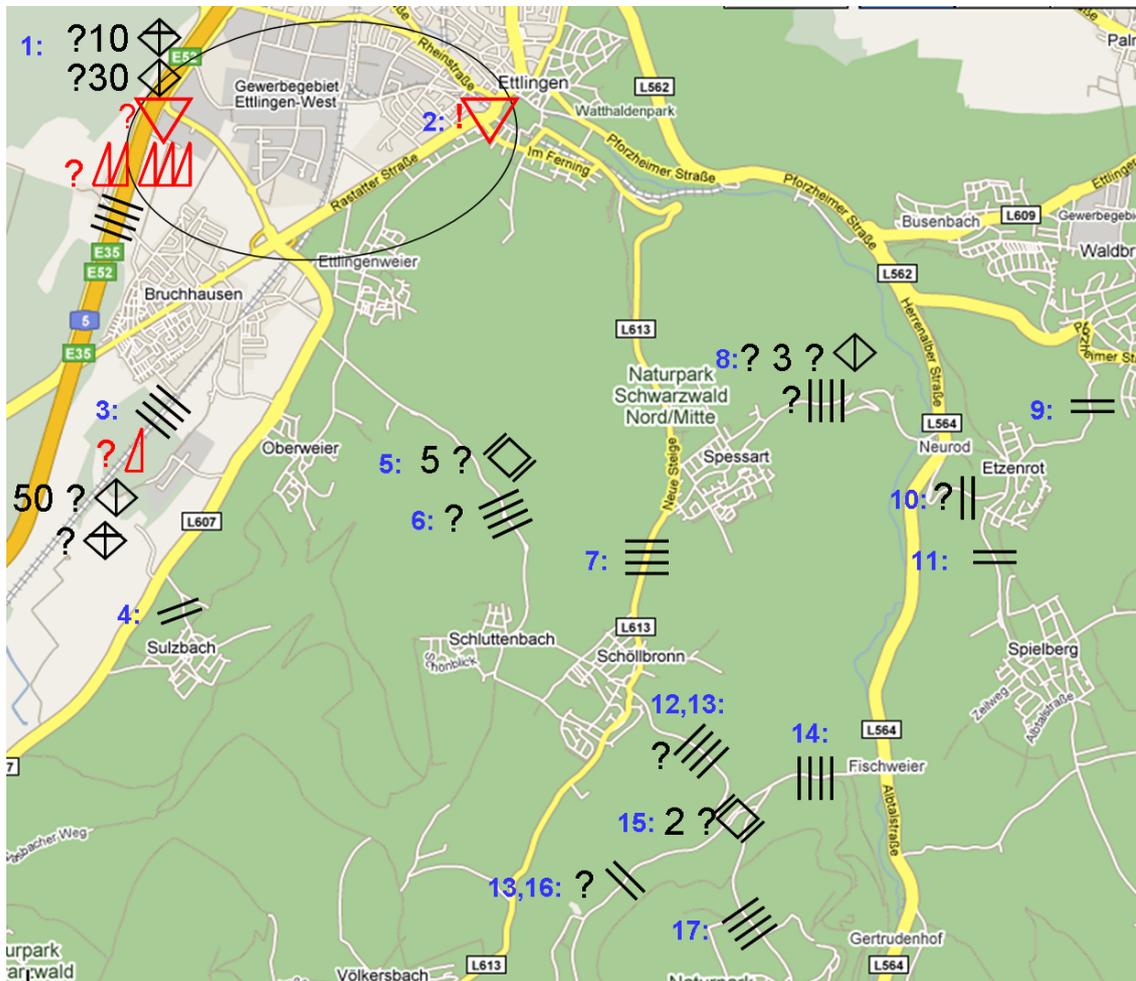
Die Visualisierung des oben beschriebenen Szenarios als Lagekarte ist in Abbildung 4.1 beispielhaft umgesetzt. Die Darstellung ist gedacht für den Führungsstab, der, zuständig für die strategische Planung des Einsatzes, eine Übersicht über das gesamte Schadengebiet führt. Die Schäden und Gefahren sind mit Hilfe taktischer Zeichen kodiert und mit georäumlichem Bezug eingezeichnet. Die Visualisierung wurde erstellt unter Zuhilfenahme von Anhang A und Herrn Brandamtman Bertram zur Kritik vorgelegt, der sie als sehr gut und realistisch bewertete. Mitarbeiter des THW konnten die Lagekarte gut lesen (vgl. Anhang B).

Als Kartengrundlage dient aufgrund der Ausdehnung des Schadengebiets eine Karte im Maßstab 1:50.000, den auch die FwDV100 (2003) für großflächige Schadengebiete empfiehlt. Die Darstellung verwendet die laut Anhang A bevorzugte Kartenart, eine Karte aus dem Internet von Google Maps (Maßstab ca. 1:50.000).

Die einsatzrelevante Information einer Meldung umfasst Angaben zu einem oder mehreren Schäden oder Gefahren, die mithilfe taktischer Zeichen in der Karte abgebildet werden; unsichere Information wird mithilfe eines Fragezeichens „?“ markiert – Abschnitt 4.2 wird diese Technik, Unsicherheit zu kodieren, ausführlich behandeln.

Die Menge möglicher Schäden und Gefahren ist kategorisiert nach den Typen Personenschaden, Gebäudeschaden, Fahrbahnschaden, Wasserschaden, Feuerschaden und allgemeine Gefahr, z.B. durch gefährliche Stoffe, Mineralöl, Radioaktivität, Explosivstoffe, elektrische Energie, Wassereinbruch, Explosion. Jedem dieser Schadentypen kann ein Merkmals-

#### 4 Darstellung eines Katastrophenszenarios unter besonderer Berücksichtigung unsicherer Information



Taktische Zeichen:

	verletzte Person		Entstehungsbrand		teilblockiert		Gefahr
	tote Person		fortentwickelter Brand		blockiert		Hinweis auf VERMUTETE Situation
	vermisste Person		Vollbrand		Gebiet		Hinweis auf AKUTE Situation

Zusatzzeichen:

**2, 3, ... :** Kardinalität des Schadenereignisses      **1, 2, ... :** Meldungsnummer

Abbildung 4.1: Lagekarte zum Szenario für den südlichen Landkreis Karlsruhe, Maßstab ca. 1:50.000

#### 4.1 Abbildung eines beispielhaften Katastrophenszenarios als Lagekarte

träger zugeordnet werden: betroffene Person, betroffenes Gebäude, betroffene Fahrbahn, überschwemmtes Gebiet, Brand bzw. Gefahr. Für jeden dieser Merkmalsträger sind bestimmte Merkmale von Interesse, zum Beispiel bei einer Personen ihr Zustand oder bei einem Brand dessen Größe (Kategorie). Die einsatzrelevante Information liegt letztlich als Merkmalsausprägung vor, etwa „verletzte Person“ oder „Teilbrand“ etc. . Die Merkmalsausprägungen sind durch eine Teilmenge des Zeichenvorrats der taktischen Zeichen symbolisiert.

Im Szenario dieser Arbeit treten als Merkmalsträger auf: betroffene Person, betroffener Fahrweg, Brand und Gefahr. Tabelle 4.1 stellt die vorkommenden Merkmalsträger mit ihren Merkmalen und deren Merkmalsausprägungen zusammen. Zur Kodierung in der Lagekarte werden die taktischen Zeichen nach FwDV100 (2003) verwendet, die Bedeutung der verwendeten Zeichen ist in der Legende zu Abbildung 4.1 erklärt. Um die Zuordnung der Klartext-Meldungen zu den entsprechenden taktischen Zeichen zu erleichtern, ist jeder kodierten Meldung eine eindeutige Ziffer hinzugefügt. Dies ist gängige Praxis bei der Lagekartendarstellung.

Merkmalsträger	Merkmal	Merkmalsausprägung
betroffene Person(en)	Zustand	verletzt, tot, vermisst
	Anzahl	Zahl
	Position	x,y-Koordinate
Brand	Brandkategorie	Entstehungs-, Teil-, Vollbrand
	Anzahl	Zahl
	Position	x,y-Koordinate
betroffener Fahrweg	Befahrbarkeit	teillblockiert, blockiert
	Position	x,y-Koordinate
Gefahr	Art der Gefahr	gefährlicher Stoff, Radioaktivität, Explosivstoff etc.
	Ausgangsposition	x,y-Koordinate
	Ausdehnung	2-D-Bereich

Tabelle 4.1: Ausprägungen einsatzrelevanter Information des Katastrophenszenarios aus Abbildung 4.1: Merkmalsträger, Merkmale und Merkmalsausprägungen

Die Platzierung der taktischen Zeichen in die Karte erfolgt prinzipiell ortsgenau. In der praktischen Anwendung kann dies nur ungefähr geschehen, denn damit die taktischen

Zeichen schnell und eindeutig erkannt werden können, müssen sie sich deutlich vom Kartenhintergrund abheben. Da die Farbgebung der taktischen Zeichen sich mit der der Kartenzeichen überschneidet, können die taktischen Zeichen ihre Auffälligkeit nur dadurch erhalten, dass ihre Größe die der übrigen punkthaften Kartenzeichen übersteigt. Bei kleinem Kartenmaßstab wird ein taktisches Zeichen also stets deutlich über die angegebenen Koordinaten hinausragen. Umfasst eine Meldung mehrere Schäden oder Gefahren, kann nur eine(r) ortsgenau eingezeichnet werden<sup>2</sup>. Die Zeichen für die übrigen werden angemessen in die Nähe gruppiert – meist zeilenweise untereinander (z. B. Meldungen 1, 3, 8) – so dass das Auge eine eindeutige Gruppierung nach Meldungen vornehmen kann.

## 4.2 Unsichere Information und ihre binäre Darstellung in der Lagekarte

Die Lagekarte visualisiert mit georäumlichem Bezug die Informationen in den Meldungen, die aufgrund der Katastrophe bei der Feuerwehr eingehen. Die von der Kartengrundlage gelieferte georäumliche Information wird als sicher angenommen. Als potentiell unsicher angenommen werden die Informationen, die in den Meldungen transportiert werden. Dies ist notwendig, weil sichere und unsichere Informationen unterschiedliche Maßnahmen bei der Zuteilung der Einsatzkräfte erfordern. Wie bereits in der Einleitung (Kapitel 1) erwähnt, kann bei sicherer Information sofort die Aktivierung der erforderlichen Einsatzkräfte zur Schadenbeseitigung erfolgen, während im Falle unsicherer Information der Führungsstab zuvor bzw. zusätzlich fachmännische Erkundungsarbeit durch eigens damit beauftragte Erkunder durchführen lassen muss.

### 4.2.1 Ursachen für Unsicherheit der in Meldungen übermittelten Information

Unsicherheit in der Information einer Meldung kann aus verschiedenen Gründen gegeben sein. Tabelle 4.2 stellt eine Typologie möglicher Kategorien von Unsicherheit vor. Sie wurde von Thomson u. a. (2005) für den Anwendungsbereich Aufklärung erstellt. Da der Anwendungsbereich dieser Arbeit ebenfalls Aufklärungscharakter hat – Aufklärung der

---

<sup>2</sup>Um dieses Problem zu umgehen, zeichnen alternative Lagekartendarstellungen die taktischen Zeichen am Kartenrand ein und ziehen eine Linie vom Zeichen zur Koordinate. Diese Darstellungsart wird in dieser Arbeit jedoch nicht verwendet.

Lage nach einer Katastrophe – lässt sich die Typologie als Bezugsrahmen für eine kurze Erläuterung der Unsicherheit in den Meldungsinhalten heranziehen.

Kategorie	Definition
Ungenauigkeit/Fehler	Differenz zwischen Beobachtung und Realität
Präzision	Exaktheit der Messung
Vollständigkeit	Ausmaß, in dem die Information umfassend ist
Konsistenz	Ausmaß, in dem Informationskomponenten übereinstimmen
Abstammung	Kanal, durch den die Information geflossen ist
Aktualität	Zeitliche Abstände zwischen Auftreten des Ereignisses, seiner Erfassung und der Verwertung der Information
Glaubwürdigkeit	Zuverlässigkeit der Informationsquelle
Subjektivität	Umfang inbegriffener Interpretation oder Beurteilung
Wechselbeziehung	Unabhängigkeit der Informationsquelle von anderer Information

Tabelle 4.2: Vorschlag möglicher Kategorien von Unsicherheit [Thomson u. a. (2005)]

Wenn die Meldungsinhalte aus direkten Beobachtungen von Personen resultieren, besteht die Unsicherheit vor allem aufgrund von Subjektivität, Unvollständigkeit und Ungenauigkeit, besonders wenn Laien melden. Dies gilt für Meldungen bezüglich der Blockierung von Fahrwegen (Meldungen 6, 8, 10, 12, 13, 16) ebenso wie für die Einschätzung der Anzahl einer größeren Menge Verletzter oder die Angabe der Kategorie eines Brandes (Meldungen 1, 3), wobei mit Höhe des Stresspegels des Melders auch die Glaubwürdigkeit seiner Aussage als unsicherer zu bewerten ist. Unsicherheit aufgrund von Inkonsistenz besteht bei sich widersprechenden Informationen (Meldungen 12/13, 13/16). Bei Aussagen über nicht direkt gemachte Beobachtungen, wie im Falle der Vermisstenmeldungen (Meldungen 5, 15), entsteht die Unsicherheit aus der fehlenden Aktualität und der daraus zwangsläufig resultierenden Ungenauigkeit und Unvollständigkeit.

Thomson u. a. (2005) machen zudem Vorschläge zur Berechnung der unterschiedlichen Unsicherheitstypen mit Hilfe statistischer Maßzahlen. Diese Überlegungen werden in dieser Arbeit nicht weiter berücksichtigt, da hier in erster Linie eine binäre Anzeige von Unsicherheit erfolgt (siehe dazu Abschnitt 4.2.3). Zur Berechnung der in Abschnitt 4.4 betrachteten Unsicherheit, die vom Parameter Zeit abhängt, könnten jedoch die Vorschläge zur Berechnung des Unsicherheitstyps „Aktualität“ herangezogen werden.

### 4.2.2 Die Darstellung von Unsicherheit nach Stand der Technik

Die große Anzahl von Schäden und Gefahren in der Lagekarte (Abbildung 4.1), die mit Fragezeichen versehen sind, entspricht vor allem kurz nach einem Katastrophenereignis durchaus der Realität. In dieser sogenannten „Chaosphase“ herrscht weitgehende Unklarheit bezüglich der Schadenlage, die Anzahl unsicherheitsbehafteter Informationen ist sehr hoch. Aber auch im Verlauf eines Einsatzes kann sich die Lage verändern und unsicherer werden.

In Tabelle 4.1 wurde die darzustellende Information des Katastrophenszenarios als Merkmale und Merkmalsausprägungen zusammengestellt. Unsicherheit kann demzufolge für genau diese Merkmale und Merkmalsausprägungen vorliegen. Zusammengefasst nach Skalenniveau interessieren:

- Qualitative Merkmale: Zustand von Personen, Kategorie eines Brandes, Befahrbarkeit eines Fahrweges, Art einer Gefahr
- Quantitative Merkmale: Anzahl betroffener Personen, Anzahl Brände; Position eines Schadens; Ausdehnung einer Gefahr

Die qualitativen Merkmale werden direkt kodiert mithilfe taktischer Zeichen. Empfohlene und auch im oben vorgestellten Szenario verwendete Farbgebung der Zeichen ist schwarz für Personen und Schäden an Fahrwegen, rot für Brände und allgemeine Gefahren. Ist eine Merkmalsausprägung unsicherheitsbehaftet, so wird dies dargestellt durch ein Fragezeichen „?“<sup>3</sup>, das dem taktischen Zeichen für die Merkmalsausprägung in derselben Farbe direkt links vorangestellt wird. Ein in Zeichen kodierter Schaden folgt insofern der im Deutschen gewöhnlichen Leserichtung von links nach rechts. Mehrere in einer Meldung zu kodierende Schäden werden häufig „in Zeilen“ untereinander notiert, um die Gruppierung<sup>3</sup> nach Meldung zu unterstützen (siehe Abschnitt 4.1.2).

Die quantitativen Merkmale werden unterschiedlich abgebildet. Die Darstellung von Kar-

---

<sup>3</sup>Zur Erklärung von Gruppierungsprinzipien lassen sich die in den 1920er Jahren von den Gestaltpsychologen um Wertheimer formulierten *Gestaltprinzipien* heranziehen. Sie postulieren, dass „das visuelle System Teile nach sogenannten Gruppierungsgesetzen zu Ganzheiten zusammenfasse“ [Rock u. Palmer (1991)]. Hier greifen die Gestaltprinzipien der Nähe (Notation der Zeichen eines mehrere Informationen (d. h. Merkmalsausprägung plus Kardinalität) umfassenden Schadens mit kleinen Abständen, Notation mehrerer einer Meldung zugehöriger Schäden in Zeilen untereinander), Gestaltprinzip der Ähnlichkeit (Angleichen von „?“ und Merkmalsausprägung). Für eine Zusammenfassung der Gestaltprinzipien für die Visualisierung siehe z. B. [Ware (2005)], [Schumann u. Müller (2000)].

dinalitäten, hier der Anzahl betroffener Personen bzw. der Anzahl Brände, erfolgt wie die der qualitativen Merkmale durch direkte Abbildung auf ein passendes Zeichen: Die Anzahl wird mit der entsprechenden Zahl kodiert, die links neben dem zugeordneten taktischen Zeichen notiert wird. Besteht Unsicherheit über die Anzahl, so wird der Zahl – ebenso wie bei den qualitativen Merkmalen – ein Fragezeichen „?“ vorangestellt. Die Position eines Schadens wird nur ungefähr ortsgenau abgebildet (siehe Bemerkungen hierzu in Abschnitt 4.1.2). Besteht Unsicherheit bezüglich der genauen Position, wie beispielsweise im Falle vermisster Personen (Meldungen 5, 15), so wird das taktische Zeichen für „vermisste Person“ an einen für die Positionsangabe repräsentativen Ort in der Karte gesetzt: Bei Meldung 5 sind Anfangspunkt (Ettlingenweier) und Endpunkt (Schluttentbach) der Autofahrt bekannt, es wird davon ausgegangen, dass die vermissten Personen sich auf der Strecke dazwischen befinden. Das taktische Zeichen wird in diesem Fall in die Mitte zwischen Anfangs- und Endpunkt gesetzt.

Die Ausdehnung einer Gefahr wird stets idealisiert angegeben, im Zweifelsfalle größer als angenommen. Für eine vermutete Schadstoffkeule wird die Begrenzungslinie der maximal angenommenen Ausbreitung eingezeichnet. Eine solche Begrenzungslinie ist im oben vorgestellten Szenario (Abbildung 4.1) beispielhaft für Meldung 1 und 2 als Ellipse eingezeichnet: Der Gefahrgutunfall aus Meldung 1 wird als Ausgangsposition der Gefahr angenommen, Meldung 2 als Angabe der möglichen Ausdehnung des Gefahrstoffs.

### 4.2.3 Beschränkung der Repräsentation der Unsicherheit auf zwei Stufen (d.h. binär)

Explizit angezeigt wird Unsicherheit in der Lagekarte also nur für die oben genannten qualitativen Merkmale sowie für das quantitative Merkmal Anzahl mit Hilfe eines dem unsicheren Meldungsbestandteil vorangestellten Fragezeichens „?“. Das Fragezeichen ist fester Bestandteil des Zeichenvorrats der taktischen Zeichen. Diese Art der Unsicherheitskodierung fällt unter die extrinsischen Techniken (vgl. Abbildung 2.1): Das Fragezeichen „?“ wird als „geometrisches Objekt im weiteren Sinne“ hinzugefügt und dient als Markierung für „unsicher“. Die Anzeige von Unsicherheit erfolgt also binär, es gibt nur sichere und unsichere Schäden; die Unsicherheit wird nicht weiter anhand eines „Grades an Unsicherheit“ spezifiziert. Diese Art der Darstellung von Unsicherheit wird im Folgenden stets mit dem Begriff **Fragezeichen-Technik**, kurz **„?-Technik**, bezeichnet werden.

Die binäre Anzeige von Unsicherheit ist angemessen bei der Anwendung Katastropheneinsatz aus mehreren Gründen. Wie bereits mehrfach erwähnt liegen die Meldungen in Form von Mitteilungen von Personen vor. Um für eine Meldung einen Grad an Unsicherheit für die enthaltene Information angeben zu können, müssen Informationsgehalt und -güte der Meldung anhand einer Messgröße bestimmt werden. Im Falle verbaler Daten müsste über die Messgröße „Sprachgebrauch“ verbalen Ausdrücken ein numerischer Wert zugeordnet werden.

Nach Jungermann u. a. (2005) wurden mögliche Zuordnungen in zahlreichen Experimenten untersucht; ein Beispiel nimmt eine äquidistante Verteilung auf einer Skala von 0.0 (= nie/unmöglich/unsicher) bis 1.0 (= immer/sicher) vor. Studien belegen jedoch Probleme bei solchen Zuordnungen, zuvorderst die Tatsache, dass unterschiedliche Personen die gleichen Ausdrücke höchst unterschiedlich interpretieren. Die verbalen Ausdrücke stellen also keine festen Messgrößen dar, denn ihr Bedeutungsinhalt variiert von Person zu Person. Worte ermöglichen demnach anders als Messgrößen technischer Geräte keine eindeutige Klassifizierung. Ein weiteres Ergebnis der Studien ist, dass die verwendeten verbalen Ausdrücke unterschiedlich breite Wahrscheinlichkeitsbereiche abdecken. Es ist also grundsätzlich schwierig, Unsicherheit verbal abzustufen.

Erschwerend kommt bei der Anwendung Katastropheneinsatz hinzu, dass alle Beteiligten, sowohl die Meldungsgeber als auch die Einsatzkräfte, unter hoher psychischer Belastung stehen. Unter Zeitdruck und psychisch äußerst angespannt wäre die Fehlerrate beim Finden des Begriffs für einen bestimmten Unsicherheitsgrad mit Sicherheit zusätzlich erhöht. Zudem sind von der Meldung bis zur entsprechenden kodierten Darstellung als Kartenzeichen mindestens drei Personen beteiligt: die meldende Person, der Fernmelder/Disponent der Feuerwehr sowie der zuständige Lagekarten-Sachbearbeiter S2. Der Unsicherheitsgrad würde im schlechtesten Fall also dreimal fehlinterpretiert. Dies ist auf keinen Fall akzeptabel, besonders nicht bei einer sicherheitskritischen Anwendung.

#### **4.2.4 Bewertung der Darstellung von Unsicherheit mit der Fragezeichen-Technik**

Vorteilhaft an der Verwendung des Fragezeichens „?“ zur Anzeige von Unsicherheit ist die bereits im Schulalter erlernte und somit festverankerte Zuordnung von „Fragezeichen“ und „Beseitigung einer Wissenslücke“. Das Fragezeichen dient der Kodierung der Satzart

Fragesatz in der Verschriftung von Sprache. Ein Fragesatz formuliert eine Frage, von deren Antwort darauf sich der Fragende die Beseitigung der Wissenslücke erhofft. In der Lagekarte dieser Arbeit wird Sprache in Form von Meldungen verschriftet; wo ein Fragezeichen steht, ist ebenfalls eine Wissenslücke zu beseitigen. Einfach ist auch die Änderung der Darstellung einer unsicheren in eine sichere Meldung (und umgekehrt): Ist die Wissenslücke beseitigt, wird einfach das „?“ entfernt.

Ein weiterer Vorteil liegt in der einfachen praktischen Handhabbarkeit der Technik: Ein einziges zusätzliches Zeichen genügt, um für jedes beliebige andere Zeichen dessen Unsicherheit anzuzeigen. Bei der Verwendung von Papierkarten und Magnetplättchen zur Lagekartendarstellung werden „?-Plättchen in ausreichender Anzahl vorgehalten. Bei Kartendarstellung am Computer ist das „?“ wie alle taktischen Zeichen über eine Liste selektierbar. Wird von Hand mit einem Stift auf den Monitor gezeichnet, so ist das Fragezeichen aufgrund der in frühem Alter erlernten Anwendung für den Schreiber einfach notierbar und für die Leser einfach erkennbar und dekodierbar. Die Technik ist in langjähriger Praxis erprobt und wird als gut und ausreichend empfunden (siehe Anhang A).

Auf der anderen Seite führt die einfache Integrierbarkeit in den Schreib- bzw. Lesefluss dazu, dass das „?“ aus der Gesamtkodierung eines Schadens aufgrund angepasster Größe und Farbparameter (vgl. Abschnitt 4.2.2) nicht herausragt. Es ist nicht auffällig. Sichere und unsichere Informationen leiten jedoch unterschiedliche Maßnahmen ein: Bei sicheren erfolgt sofort die Aktivierung der erforderlichen technisch-taktischen Einsatzkräfte, bei unsicheren muss der Führungsstab zuvor fachmännische Erkundungsarbeit durchführen lassen. Auffälligere Unterscheidbarkeit sicherer und unsicherer Informationen würde auf einen Blick erfassen lassen, an wie vielen Stellen Erkunder eingesetzt werden müssen und wo sofort mit der Schadenbeseitigung begonnen werden kann. Der erste Ansatz zur Verbesserung der Darstellung von Unsicherheit (Abschnitt 4.3.1) sucht deshalb nach Möglichkeiten, die „?-Technik auffälliger zu machen.

Ein weiterer hinterfragenswerter Aspekt der „?-Technik ist, dass Information und Unsicherheit getrennt dargestellt werden. Der eingangs in Abschnitt 2.1.1 zitierte „intuitive enge Zusammenhang“ von Information und Unsicherheit würde durch eine integrierte Darstellung von Information und Unsicherheit besser abgebildet. Die Aufspaltung der Darstellung in zwei Zeichen bedeutet zudem eine Belastung des Kurzzeitgedächtnisses von zwei Chunks: Es sind zwei Zeichen zu dekodieren und zu verknüpfen. Eine integrierte

Darstellung käme mit nur einem Chunk aus. Weiterhin verdeckt jedes zusätzliche Zeichen ein wenig vom Kartenhintergrund. Wenngleich bei einer Karte im Maßstab von 1:50.000 keine Detaildarstellung zu erwarten ist, deren Verdeckung zu Fehlentscheidungen führt, so macht doch jedes zusätzliche Zeichen die Darstellung unübersichtlicher. Der zweite Ansatz zur Verbesserung der Darstellung von Unsicherheit (Abschnitt 4.3.2) sucht nach Möglichkeiten, die Informationsdichte auf der Karte dadurch zu verringern, dass Information und zugeordnete Unsicherheit in einem einzigen statt mithilfe zweier Zeichen dargestellt werden.

Ein weiterer Nachteil der „?“-Technik ist, dass das „?“ nur eindimensionalen Merkmalen zugeordnet werden kann. Für die aktuelle Praxis der binären Darstellung von Unsicherheit ist dies ausreichend (vgl. Abschnitt 4.2.2). Wenn die Anzeige von Unsicherheit zukünftig auch auf zweidimensionale Merkmale (Ausbreitung einer Schadstoffkeule, Aufenthaltswahrscheinlichkeit einer vermissten Person) ausgedehnt werden soll, ist eine Darstellung mit der „?“-Technik nicht möglich (vgl. Abschnitt 4.4).

Fazit: Aufgrund der festen Verankerung der „?“-Technik in der praktischen Nutzung bei der Lagekartendarstellung, ihrer einfachen Handhabbarkeit sowie der intuitiv erfassbaren, weil erlernten Verknüpfung von Fragezeichen „?“ und Unsicherheit im Sinne von Unwissen, ist sie gut geeignet, Unsicherheit darzustellen. Die „?“-Technik wird daher bei der experimentellen Evaluation in Kapitel 6 getestet werden. Abbildung 4.2 zeigt vor dem Hintergrund der für die experimentelle Evaluation verwendeten topologischen Karte<sup>4</sup> den vollständigen Zeichenvorrat, der in dieser Arbeit für die Kodierung mit dieser Technik erforderlich ist: Die wichtigsten sind die taktischen Zeichen für die Kodierung der Merkmalsausprägungen, die Ziffern zur Kodierung ihrer Kardinalität und das „?“ zur Markierung von Unsicherheitsbehaftung einer Merkmalsausprägung. Hinzu kommt ein Sonderzeichen („!“) zur Markierung von Merkmalsausprägungen, die akute, also gewissermaßen „besonders sichere“ Situationen beschreiben; meist handelt es sich um eine akute Gefahr. Blaue Ziffern dienen zur Darstellung der Meldungsnummern.

Im nächsten Abschnitt werden Alternativen zur „?“-Technik gesucht, die nicht mit deren Nachteilen mangelnder Auffälligkeit sowie getrennter Darstellung von Information und Unsicherheit in zwei Zeichen behaftet sind. Sie sollen, wenn möglich, Unsicherheit ähnlich intuitiv kommunizieren wie das „?“.

---

<sup>4</sup>Eine Begründung für die Wahl dieser Karte als Kartengrundlage für die Lagekarte wird in Abschnitt 5.1.2 gegeben.

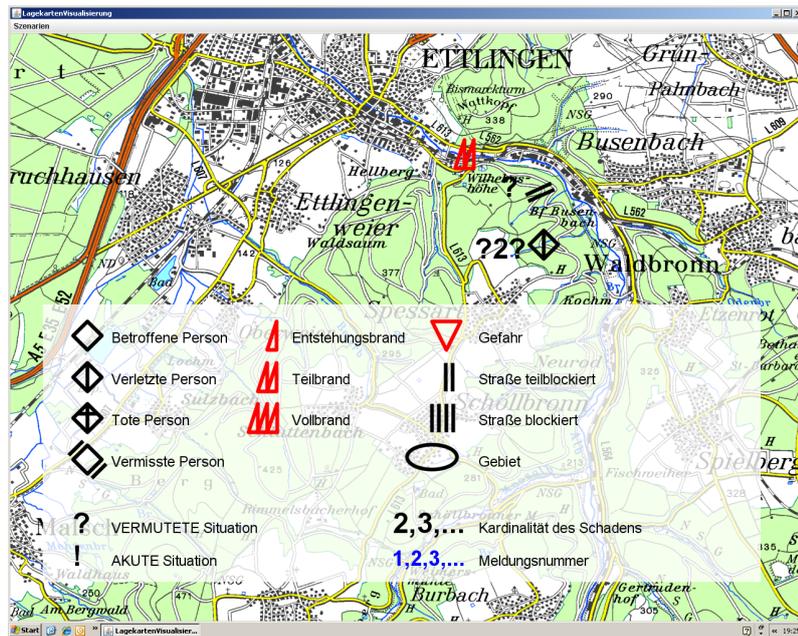


Abbildung 4.2: Visualisierung unsicherer Information  
nach Stand der Technik: Fragezeichen-Technik

### 4.3 Verbesserungsvorschläge für die binäre Darstellung unsicherer Information in Lagekarten

Die Vorschläge, die für die Darstellung unsicherer Information in Lagekarten in diesem Abschnitt vorgestellt werden, orientieren sich an den in Abschnitt 2.2 zusammengestellten Techniken. Zunächst werden stichpunktartig Techniken betrachtet, die aufgrund der Charakteristika der Arbeitsaufgabe nicht verwendet werden können. In den Abschnitten 4.3.1 und 4.3.2 werden Verbesserungsvorschläge für die binäre Darstellung von Unsicherheit der qualitativen Merkmale sowie des quantitativen Merkmals Anzahl erarbeitet.

*Extrinsische Techniken:* Der Stand der Technik verwendet mit dem hinzugefügten „?“ eine extrinsische Technik, deren Vorteile aufgrund der Entlehnung aus dem Schriftgebrauch oben bereits beschrieben wurden. Da die Anzeige von Unsicherheit nur binär erfolgen kann, würde eine alternative extrinsische Technik eine andere Art Markierung vorschlagen. Diese hätte allerdings nicht den intuitiven Bezug zwischen Unsicherheit und impliziter (erlernter) Bedeutung des Fragezeichens. Argumentierend, dass das „?“ zu groß ist und zu viel der Hintergrundkarte verdeckt, müsste

eine solche Markierung kleiner sein als „?“ . Es ist aber fraglich, ob sie dann auffällig genug wäre, um vom Betrachter sicher erkannt zu werden und sichere von unsicherer Information leicht unterscheidbar zu machen.

*Gegenüberstellung:* Gegenüberstellung würde bedeuten, dass Information und Unsicherheit nicht nur als getrennte Zeichen, sondern in getrennten Lagekartendarstellungen angezeigt würden. Diese Trennung ist jedoch nicht erwünscht, da die Lagekarte die Lage als gesamte abbilden soll, denn die Anzeige von Unsicherheit ist im Anwendungsfall Lagekarte nicht nur eine zusätzliche Information, die die Analyse von Daten erleichtern oder bereichern soll. Vielmehr weisen unsichere Angaben darauf hin, dass an dieser Stelle spezielle Zuteilungen bei der Einsatzkräfteplanung erforderlich sind. Eine Visualisierung mit Gegenüberstellung verhindert, dass die Lage auf einen Blick als ganze erfasst werden kann. Dies wäre ein Rückschritt im Vergleich zum Fragezeichen-Technik.

*Sonifikation:* In Kapitel 2 bereits als Randmethode bewertet, ist Sonifikation auch für dieses Anwendungsgebiet nicht geeignet, wenngleich ihre Verwendung als Vorteile hohe Auffälligkeit des Signals sowie die Entlastung des visuellen Informationskanals verspricht. Ein Problem besteht darin, dass akustische Signale naturgegeben alle Anwesenden in einem bestimmten Umkreis erreichen, egal ob diese sich explizit dem Signal zuwenden oder nicht. Die sehr kommunikationsintensive Arbeit des Führungsstabes – sowohl untereinander als auch über Funk oder Telefon nach außen – macht eine weitere Geräuschquelle nicht wünschenswert.

Ein weiteres Problem ergibt sich aufgrund dessen, dass auf einer Lagekarte alle relevanten Meldungen stets gleichzeitig dargestellt werden<sup>5</sup>. Würden beispielsweise unsichere Informationen mit einem hohen Ton kodiert, sichere mit einem tiefen, so könnte allenfalls abgehört werden, welcher Ton häufiger verstärkt wird und lauter erklingt, ob also mehr unsichere oder mehr sichere Informationen vorliegen. Für eine individuelle akustische Erfassung der Informationen müsste jeder einzelnen bei Platzierung auf der Lagekarte ein eindeutiger Tonparameter zugeordnet werden, beispielsweise eine eindeutig von allen anderen unterscheidbare Frequenz oder eine bestimmte Klangfarbe. Der Hörer müsste in der Lage sein, sich die Zuordnung zu merken und eine Differenzierung jeder Einzelinformation aus dem Klanggebilde vorzunehmen.

---

<sup>5</sup>Im Gegensatz dazu konnte bei [Fisher (1994)] die Unsicherheit pixelweise abgefragt werden (siehe Abschnitt 2.2.1).

Selbst einen überdurchschnittlich musikalischen Anwender würde dies stark von der eigentlichen Aufgabe der Einsatzplanung ablenken.

Das dritte Argument gegen eine Verwendung von Sonifikation bei der Anwendung Lagekarte ergibt sich aus der Forderung aus Abschnitt 2.4, dass die Darstellung der Unsicherheit nicht die Darstellung der Information dominieren solle. Da die Information visuell (taktische Zeichen) kodiert wird, visuelle Signale aber weniger auffällig sind als akustische, sollte die Unsicherheit nicht akustisch kodiert werden.

*Haptische Signalisierung:* Diese ebenfalls kaum in der Praxis verwendete Technik ist für die Lagekartendarstellung nicht geeignet. Abgesehen davon, dass ein spezieller Bildschirm vorhanden sein muss, ist nachteilig, dass die Dekodierung der Information wie bei der Sonifikation über der Zeit erfolgen muss. Zudem können nicht alle Informationen auf einmal erfasst werden, wie dies bei visuellen Techniken der Fall ist.

*Interaktion:* Interaktion ist eine ausgezeichnete Technik, um die Informationsdichte auf einer Anzeige gering zu halten. Sie von vornherein bei der Lagekartendarstellung vorzusehen, ist allerdings nicht angemessen. Interaktion bei der Lagekartendarstellung würde bedeuten, dass zwar die Informationen aller Meldungen auf einer Lagekarte notiert wären, jedoch ohne Unterscheidung zwischen sicheren und unsicheren. Der Anwender müsste, um diese Information zu erhalten, beispielsweise mit der Maus auf ein taktisches Zeichen zeigen und bekäme dann die Auskunft „Information sicher/unsicher“ angezeigt. Der Blick auf eine solche interaktive Lagekarte vermittelt weniger Information als der auf eine Lagekarte, die die Unsicherheit bei der Darstellung mit berücksichtigt. Abschnitt 4.4, der Darstellungen von Unsicherheit jenseits der binären Darstellung betrachtet, wird jedoch auf diese Technik zurückkommen.

*Schwellenwert:* Die Umsetzung der Schwellenwerttechnik im Falle nur binärer Darstellung von Unsicherheit würde als Schwellenwert nur „sicher“ verwenden können, d. h. alle unsicheren Informationen würden nicht mehr angezeigt. In diesem Falle wäre – wie bei der Technik Gegenüberstellung – die Erfassung der Lage auf einen Blick nicht möglich. Ohnehin wird die Informationsdichte bei der Lagekartendarstellung bei entsprechend großer Anzahl Meldungen bereits durch eine Art „Schwellenwert“ reduziert. Allerdings erfolgt die Klassifikation der Meldungen in solche, die in der Lagekarte angezeigt werden und in solche, die auf einem Stapel daneben gesammelt werden, nicht anhand der Unsicherheitsbehaftung. Hier interessiert vielmehr

die Wichtigkeit oder Dringlichkeit der Meldung bezogen auf bereits eingetretene oder zu erwartende Schäden: Verletzte Personen zu retten hat höhere Priorität als blockierte Fahrwege zu räumen. Eine zweite Anwendung der Schwellenwert-Technik für den Aspekt Sicherheit/Unsicherheit würde den Überblick über die gesamte Anzahl zu bearbeitender Meldungen unnötig verkomplizieren.

#### 4.3.1 Verbesserungsansatz 1: Erhöhung der Auffälligkeit der Fragezeichen-Technik

Einer der Kritikpunkte bei der Bewertung der Darstellung von Unsicherheit nach Stand der Technik mit vorangestelltem Fragezeichen „?“ war deren geringe Auffälligkeit. Zur Verbesserung der Fragezeichen-Technik wird daher untersucht, ob und wie das Fragezeichen auffälliger gemacht werden kann. In diesem Falle würde die Unsicherheit redundant dargestellt: durch das Fragezeichen selbst und durch einen zusätzlichen Parameter. Wiederum stichpunktartig wird die Tauglichkeit der noch übrigen Visualisierungstechniken analysiert: intrinsische Techniken sowie Animation.

*Position:* Diese Technik ist ungeeignet aus folgendem Grund: Jeder Schaden ist gemeinsam mit den erforderlichen Zusatzzeichen (Fragezeichen für Unsicherheit, Zahl für Kardinalität) auf einer Grundlinie notiert. Die Zusammengehörigkeit der Zeichen ergibt sich aus der Anwendung verschiedener Gestaltprinzipien (siehe auch Abschnitt 4.2.2 Fußnote), wie dem Gesetz der Nähe (die Zeichen sind mit geringen Abständen notiert) und dem Gesetz der Ähnlichkeit (gleiche Farbe). Um das Fragezeichen im Wortsinne „herausragen“ zu lassen, könnte man seine Position im Vergleich zu den übrigen Bestandteilen der Schadenkodierung verändern, beispielsweise nach oben verschieben. Dies würde jedoch den Zusammenhang der Zeichen, der durch die Notation auf einer Grundlinie sowie durch das Gesetz der Nähe gegeben ist, sehr stören. Der Lesefluss wäre erschwert.

Umfasst eine Meldung mehrere Schäden und Gefahren, die gewöhnlich untereinander notiert werden, so müssten im Falle einer vertikalen Verschiebung des Fragezeichens die Schadentypen mit größeren vertikalen Abständen notiert werden. Dies würde die Gruppierbarkeit der Schadentypen als zur selben Meldung gehörend erschweren. Die verringerte Kompaktheit der Darstellung würde bei vielen auf der Karte eingezeichneten Meldungen die Darstellung insgesamt sehr unübersichtlich und strukturlos

machen.

*Größe:* Das Fragezeichen im Vergleich zu den übrigen Zeichen größer zu machen, macht es sicher auffällig. Im Gegensatz zu einer „herausragenden Position“ wird zwar weniger der Zusammenhang innerhalb einer Schadendarstellung gestört. Jedoch stört die unterschiedliche Größe die oberste Gruppierungsebene „Schaden“; denn um bemerkbar zu sein, muss der Größenunterschied zwischen Fragezeichen und Schadenzeichen deutlich sein. Dann besteht aber die Gefahr, dass das Gestaltprinzip der Ähnlichkeit das der Nähe dominiert und das Auge zuerst nach „?“ gruppiert statt nach Schaden, besonders wenn viele unsichere Meldungen auf der Lagekarte dargestellt sind. Die Darstellung der Unsicherheit dominiert die Darstellung der Information, was nicht erwünscht ist.

*Helligkeit, Sättigung, Transparenz:* Die taktischen Zeichen verwenden als Farbparameter maximale Helligkeit, maximale Sättigung und minimale Transparenz. Änderungen wären nur als Verringerung der Helligkeit oder Sättigung sowie Erhöhung der Transparenz möglich, was das Fragezeichen nicht auffälliger, sondern im Gegenteil unauffälliger machen würde.

*Muster/Korn, Unschärfe:* Die taktischen Zeichen werden ohne sichtbares Muster (entsprechend einem Muster „unendlich“, siehe Abschnitt 2.2) notiert. Ein Zeichen mit grobkörnigerem Muster oder mit weicher gezeichneten (unscharfen) Kanten würde an Kontrast im Vergleich zum Kartenhintergrund abnehmen, seine Auffälligkeit wäre herabgesetzt.

*Farbe:* Vorteilhaft an der Variablen Farbe ist der im Vergleich zu Helligkeits-, Sättigungs- oder Transparenzveränderungen bessere Kontrast zur Hintergrundkarte. Allerdings unterliegt die Anwendung einer Reihe Einschränkungen, da diese Variable schon für die Darstellung der Hintergrundkarte sowie für die Kodierung der taktischen Zeichen verwendet wird. Bis auf violett sind alle Farben des Spektrums als Füllfarben für die taktischen Zeichen zur Darstellung der Einsatzkräfte zugeordnet, um die Einheiten nach Organisationszugehörigkeit unterscheiden zu können<sup>6</sup>. Auch wenn eine Lagekartendarstellung ausschließlich die Schadenlage darstellt, so ist die Farbzuordnung bei den Fachkräften gleichwohl mental verankert.

---

<sup>6</sup>Zuordnungen: Feuerwehr rot; THW blau; Hilfsorganisationen weiß; Einrichtungen der Führung gelb; Polizei grün; sonstige Einrichtungen der Gefahrenabwehr (Behörden, Ämter, beauftragte Firmen etc.) orange

Auch die Zeichen zur Darstellung von Schäden werden in unterschiedlichen Farben gezeichnet: schwarz für Personen, Fahrwege und Gebäude, rot für Brände und allgemeine Gefahren, blau für Wasserschäden. Um die Zusammengehörigkeit aller Zeichen zur Kodierung eines Schadens zu unterstreichen, gleichen sich Zusatzzeichen wie Zahlen (für die Anzahl) und auch das Fragezeichen farblich an. Ein Violettfärben des Fragezeichens würde dieses Gestaltprinzip der Ähnlichkeit (nach Farbe) aller Zeichen eines Schadens aushebeln.

*Richtung:* Ein gekipptes Fragezeichen verlässt die Notationslinie der Schadendarstellung. Dadurch wird der Lesefluss gebremst. Die auf diese Weise erreichte größere Auffälligkeit der Fragezeichen stört mehr als sie nutzt.

*Form:* Wenn die Form des Fragezeichens verändert wird, darf dies nur so geschehen, dass das Fragezeichen noch als solches erkennbar bleibt. Naheliegend wäre ein Kursivstellen, das für den Leser aufgrund der Anwendung beim Setzen von Text intuitiv mit der Idee erhöhter Auffälligkeit verknüpft ist. Allerdings stellt sich die Frage nach dem angemessenen Verhältnis zwischen kursiven und nichtkursiven Zeichen. In einem gewöhnlichen Text dominieren bei weitem die nichtkursiv gesetzten Wörter. Bei der geringen Anzahl Zeichen, die einen Schaden kodieren, wäre das Verhältnis 1:1 bei unsicheren Schäden und 1:2, wenn zusätzlich eine Kardinalitätsangabe erfolgt.

*Animation:* Animation ist eine gute Technik, um Auffälligkeit zu erreichen. Da sie aber laut Charwat (1994) auffälliger ist als nicht veränderliche visuelle Darstellungen (vgl. Abbildung 2.3.1), würde das animierte Fragezeichen auffälliger dargestellt als das (unveränderliche) Zeichen der Merkmalsausprägung, dem es zugeordnet ist. Die Unsicherheit wäre also auffälliger kodiert als die zugehörige Information, was in Abschnitt 2.4 bei der Festlegung der Kriterien, die die zu findenden Kodierungsvorschläge erfüllen sollten, als nicht wünschenswert beschrieben wurde. Zudem würde der Darstellung durch die gemeinsame Bewegung aller Fragezeichen eine zusätzliche Gruppierungsebene gemäß dem Gestaltprinzip des gemeinsamen Schicksals hinzugefügt. Ähnlich wie bei der Variablen Größe bereits beschrieben, würde das Auge zuerst nach „?“ statt nach Schadenzeichen gruppieren und die Gruppierungsebene „Schaden“ als oberste Gruppierungsebene ablösen. Dies würde beim Lesen der Lagekarte stören.

Fazit: Die Möglichkeiten, das Fragezeichen auffälliger zu machen, sind nicht überzeugend. Dies liegt vor allem daran, dass die Fragezeichen-Technik Information und Unsicherheit in

unterschiedlichen Zeichen kodiert. Eine auffälliger Darstellung des Fragezeichens führt daher eher dazu, dass die Unsicherheitdarstellung die Informationsdarstellung dominiert, als dazu, dass sichere und unsichere Schadeninformationen besser voneinander unterscheidbar sind. Unter dem Gesichtspunkt der Handhabbarkeit im Vergleich zum Stand der Technik wären die Möglichkeiten gleichwertig gewesen: Das Fragezeichen wäre in veränderter äußerer Form Teil des Zeichenvorrats der taktischen Zeichen.

#### 4.3.2 Verbesserungsansatz 2: Reduzierung der Informationsdichte

Dieser Abschnitt sucht nach einer Darstellung der Unsicherheit, bei der ihre Anzeige in die Darstellung der Information, der Merkmalsausprägung, integriert ist. Dann kann das „?“ wegfallen und die Informationsdichte auf der Lagekarte ist reduziert. Pro kodierter Merkmalsausprägung muss dann nur noch ein Zeichen dekodiert werden, was das Kurzzeitgedächtnis nur mit einem Chunk statt mit wie zuvor zwei Chunks belastet. Als Möglichkeiten werden wieder die intrinsischen Techniken sowie Animation untersucht.

*Position:* Diese Variable ist nicht geeignet. Da das Fragezeichen nicht mehr notiert wird, stehen viele taktische Zeichen alleine; sie in der Position zu verändern, wäre irreführend, da die Verschiebung keinen Bezugspunkt hat. Bei Schäden, deren Anzahl notiert wird, ist Positionsänderung ungeeignet aus den Gründen, die bereits im letzten Abschnitt zu Position formuliert wurden.

*Größe:* Als Metapher für eine Kodierung von sicheren und unsicheren Merkmalsausprägungen mit der Variablen Größe kann die Idee gelten, dass unsicherheitsbehaftete Merkmalsausprägungen „weniger existent“ sind als sichere und daher zurückhaltender im Raum dargestellt werden als diese. Diese Umsetzung dieser Metapher ist dadurch gegeben, dass ein kleineres Zeichen naturgemäß aus weniger Pixeln besteht.

Die Variable Größe bietet zwei Möglichkeiten der Kodierung an. Die naheliegendste ist, unterschiedliche Zeichengrößen für sichere und unsichere Merkmalsausprägungen zu verwenden: unsichere Angaben werden deutlich kleiner eingezeichnet als sichere. Allerdings muss sichergestellt sein, dass die kleinen Zeichen den übrigen Kartenzeichen nicht zu ähnlich werden. Andererseits dürfen die großen Zeichen eine gewisse Obergrenze an Größe nicht überschreiten, da sonst z. B. eine Fahrbahnblockierung nicht mehr eindeutig genau einer Fahrbahn zugeordnet werden kann. Weiterer Nachteil ist, dass in der Kartographie die Größe von Zeichen häufig mit einer Men-

genangabe verknüpft ist. Die Zuordnung Größe–(Un-)Sicherheit müsste als weitere Verknüpfungsmöglichkeit neu gelernt werden.

Eine zweite Möglichkeit, sichere und unsichere Zeichen über die Variable Größe unterscheidbar zu machen, ist die Variation der Linienbreite. Sichere und unsichere Zeichen werden gleich groß dargestellt, unsichere jedoch mit deutlich schmalere Linie – weniger existent mit weniger Pixeln – gezeichnet als sichere. Vorteilhaft ist zudem, dass an der ursprünglichen Kodierung der Zeichen nichts verändert wird: Farbe, Opazität und Form bleiben unverändert, so dass das Gedächtnis sich keine neue, zusätzliche Belegung dieser Variablen merken muss. Die unsicheren Zeichen sind unmittelbar als bekannte taktische Zeichen erkennbar. Zu beachten ist, dass die Linienbreite der unsicheren Informationen groß genug bleibt, um auf dem Kartenhintergrund ausreichend kontrastreich zu wirken und genügend auffällig zu sein. Diese Technik wird in der experimentellen Evaluation getestet werden (Kapitel 6) und im Folgenden stets als mit dem Begriff **schmale Linienbreite** bezeichnet.

*Helligkeit, Sättigung, Transparenz:* Im letzten Abschnitt wurden geringere Helligkeit oder Sättigung sowie erhöhte Transparenz aufgrund der damit verbundenen geringeren Auffälligkeit des Fragezeichens bereits als nicht gut geeignet bewertet. Bei der jetzt betrachteten Technik der intrinsischen Darstellung von Unsicherheit kann mit geringerer Auffälligkeit eines Schadenzeichens selbst die Metapher des „weniger sicher im Sinne von weniger deutlich Vorhandenseins“ verknüpft werden. Jedoch bestehen Nachteile. Zum Einen wird durch alle drei Techniken der Kontrast eines Zeichens zur Hintergrundkarte verringert, wodurch es schlechter vom Hintergrund unterscheidbar ist. Bei starker Verringerung der Helligkeit/Sättigung bzw. Erhöhung der Transparenz ist der Unterschied zwischen Zeichen zur Kodierung sicherer bzw. unsicherer Information gut erkennbar; der Kontrast des unsicheren Zeichens zum Hintergrund ist jedoch sehr schlecht deshalb, weil Karten viele helle Bereiche enthalten. Bei schwacher Verringerung bzw. Erhöhung ist der Kontrast zum Hintergrund zwar deutlicher. Aber die Unterscheidung von Zeichen für sichere Information und solchen für unsichere Information ist schwierig, bei Blick von der Seite auf die Bildfläche ist eine Unterscheidung womöglich überhaupt nicht mehr möglich.

Außerdem wird das Kurzzeitgedächtnis zusätzlich belastet, weil drei neue „Farben“ zur Kodierung hinzukommen: Die Kodierung der Schadentypen verwendet die Farben schwarz, rot und blau (siehe Abschnitt 4.3.1); für alle drei Farben käme eine

hellere/ungesättigtere/transparentere Variante für die Darstellung unsicherer Informationen hinzu. Helligkeit, Sättigung und Transparenz sind also insgesamt schlecht geeignet als Darstellungsvariablen.

*Muster/Korn, Unschärfe:* Ähnlich wie bei Helligkeit, Sättigung und Transparenz lässt sich für diese Variablen die Metapher von „unsicher“ und „unscharf“ günstig heranziehen. Im letzten Abschnitt wurde jedoch bereits bemerkt, dass ein gröberes Muster oder eine unscharfe Kontur eines Zeichens dieses vor dem Kartenhintergrund schlecht hervortreten lassen.

Gut möglich ist allerdings eine Variation der Variablen Muster, die die Strichart verändert. Eine unterbrochene, gestrichelte Linie ist deutlich unterscheidbar von einer durchgezogenen. Sind die Lücken zwischen den Strichen nur klein, so ist das gestrichelte Zeichen dem ursprünglichen Zeichen leicht zuzuordnen. Bei der Wahl des Strichmusters ist darauf zu achten, dass das Muster grob genug ist, um sich von Punktstrukturen wie Ortschaften mit einzeln dargestellten Gebäuden zu unterscheiden. Ein großer Vorteil dieses Vorschlages ist, dass wie beim Vorschlag zur Variation der Strichbreite die Variablen der ursprünglichen Kodierung der Information (Farbe, Opazität, Form) unverändert bleiben. Dieser Vorschlag wird ebenfalls in der experimentellen Evaluation getestet werden (Kapitel 6). Er wird im Folgenden stets mit dem Begriff „**Strichelung**“ bezeichnet.

*Farbe:* Dass diese Variable bei der Lagekartendarstellung schon mehrfach belegt ist, wurde bereits im letzten Abschnitt erläutert. Einzige Möglichkeit wäre eine Violettfärbung der Zeichen, die unsichere Information kodieren. Ein violette Zeichen hebt sich vor einem detaillierten Kartenhintergrund vergleichsweise gut ab, da violett in der Gestaltung des Kartenhintergrundes kaum vorkommt. Zu bedenken ist allerdings, dass eine ausschließliche Kodierung der Unsicherheit über die Variable Farbe problematisch sein kann, wenn Farbfehlsichtige die Lagekarte lesen; etwa bei einem Brand zu unterscheiden, ob er rot oder violett gezeichnet wurde, kann fehlschlagen. Zudem sind die Farben violett und schwarz bei schlechteren Lichtverhältnissen allgemein nicht gut unterscheidbar. Für den Fall, dass die Lagekarte als Handreichung für technisch-taktische Einheiten vor Ort ausgedruckt wird, geht die Unterscheidung sicher/unsicher verloren, wenn, wie meist der Fall, nur Schwarz-Weiß-Drucker zur Verfügung stehen.

Ein weiterer Nachteil ist, dass durch eine Violettfärbung der Zeichen zur Darstellung

unsicherer Information die Redundanz der Informationskodierung zerstört wird: Die schwarz, rot bzw. blau gefärbten Schadenzeichen würden sich nur noch anhand ihrer Form unterscheiden lassen. Das Kurzzeitgedächtnis würde zusätzlich belastet um die Zuordnung violett-unsicher.

*Richtung:* Diese Variable kann nicht verwendet werden, da sie bereits belegt ist: Die Zeichen für Fahrwegblockierungen, „blockiert“ und „teilblockiert“, werden stets senkrecht zum Fahrweg eingezeichnet. Diese gleichsam bildliche Darstellung der Blockierung unterstützt die Zuordnung zum betroffenen Fahrweg.

*Form:* Wie im vorigen Abschnitt bereits erläutert, bietet sich eine leichte Verzerrung des Zeichens an, eine Art Kursivstellen. Dies ist intuitiv verknüpft mit der Idee erhöhter Auffälligkeit und lässt der Meldung ihre Gruppierungsstruktur (keine Verletzung von Gestaltprinzipien). Das oben als ungünstig beschriebene Verhältnis zwischen kursiven und nicht-kursiven Zeichen ist hier etwas günstiger, da der Vergleich sicherer und unsicherer Zeichen auf einer anderen Ebene geschieht. Oben hatte sich das kursive Fragezeichen nur gegenüber den anderen Zeichen unterschieden. Jetzt unterscheiden sich kursive und nicht-kursive Merkmalsausprägungen, der Vergleich findet also innerhalb derselben Domäne statt.

Problematisch ist bei dieser Variablen aber (ähnlich wie bei der Variablen Richtung) die Darstellung der Zeichen für die Blockierung von Fahrwegen. Dadurch dass die Blockierungszeichen stets senkrecht zum Fahrweg stehen, können die Balken rotierter und kursiver Blockierungszeichen in dieselbe Richtung weisen. Die Unterscheidung von sicheren (rotierten) und unsicheren (kursiven) Zeichen könnte dann nur anhand der geometrischen Figur erfolgen, die das Zeichen umgibt: Rotierte Zeichen sind umgeben von einem Rechteck, kursive von einem Parallelogramm. Die Ähnlichkeit bleibt aber so groß, dass häufige Fehlinterpretationen zu befürchten sind.

*Animation:* In diesem Fall, wo Unsicherheit und Information im selben Zeichen kodiert werden, ist Animation eher anwendbar als im vorigen Abschnitt. Während oben durch Animation die Unsicherheit von der zugeordneten Information separat gruppiert worden wäre, nimmt die Animation hier eine Gruppierung in unsichere und sichere Schäden vor. Es ist aber unter Umständen schwierig, eine Form der Animation zu finden, die so zurückhaltend ist, dass sie nicht auf die Dauer für den direkten Betrachter ermüdend und für Stabsmitglieder in der Peripherie der Lagekarte, die gar nicht an ihr arbeiten, störend wirkt.

Fazit: Auch für die Reduzierung der Informationsdichte bieten sich nur wenige Techniken an. Zwar wird grundsätzlich durch den Verzicht auf das „?“ die Lagekarte insgesamt übersichtlicher. Als schwierig umzusetzen erweist sich jedoch, die Zeichen genügend kontrastreich vor dem Kartenhintergrund hervortreten zu lassen. Techniken, die in Kapitel 2 als günstig beschrieben wurden, weil sie die Metapher von „unsicher“ intuitiv unterstützen, wie z. B. Transparenz oder Unschärfe (Abbildung 2.11), oder die in Tests am besten bewertete Variable Helligkeit (Abbildung 2.4), sind für eine Darstellung auf einem detaillierten Kartenhintergrund schlecht geeignet. Die einzige die Farbgebung betreffende Variable, die ausreichenden Kontrast zum Kartenhintergrund verspricht, ist der Farbton; er ist aber aus anderen Gründen ungeeignet für die Kodierung von Unsicherheit.

Bezüglich der Handhabbarkeit haben alle intrinsischen Techniken den Nachteil, dass für die praktische Anwendung die komplette Teilmenge der taktischen Zeichen zur Schaden- und Gefahrenkodierung in zweifacher Ausführung vorgehalten werden muss, einmal in der sicheren, einmal in der unsicheren Version. Dies gilt sowohl für die Arbeit mit Magnetplättchen als auch für die Arbeit am Computer. Angesichts der überschaubaren Menge an Schadenzeichen (insgesamt 27 [Mitschke (2003)]; häufig verwendet 15 [FwDV100 (2003)]) wäre dies aber möglich.

Animation hat bezüglich Handhabbarkeit den Vorteil, dass keine Zusatzzeichen zur Darstellung der Unsicherheit notwendig sind, das Zeichen wird abwechselnd angezeigt oder nicht. Eine schwerwiegende Einschränkung ist allerdings, dass Animation bei Papierkarten nicht eingesetzt werden kann. Da Papierkarten nach wie vor sehr häufig zur Darstellung von Lagekarten verwendet werden, ist zweifelhaft, ob es sinnvoll ist, zwei Darstellungstechniken nebeneinander zu verwenden: die „?“-Technik bei Papierkarten, Animation bei digitalen Karten am Computer. Daher wird in dieser Arbeit darauf verzichtet, Animation als Darstellungstechnik mit in die Teststudie aufzunehmen.

Aus der Untersuchung in diesem Abschnitt bleiben zwei vielversprechende Darstellungen zur Kodierung von Unsicherheit übrig: die Variante der Variablen Größe in der Ausprägung als schmale Linienbreite, dargestellt in Abbildung 4.3, und die Variante der Variablen Muster in der Ausprägung „Strichelung“, dargestellt in Abbildung 4.4. Der Zeichenvorrat umfasst jetzt alle Merkmalsausprägungen sowie die Ziffern zur Kodierung der Kardinalität zweimal, mit je einem Zeichen für die sichere und einem für die unsichere Information. Das Fragezeichen fällt weg. Akute Situation und Meldungsnummern werden gleich dargestellt wie zuvor bei der Fragezeichen-Technik in Abbildung 4.2.

#### 4 Darstellung eines Katastrophenszenarios unter besonderer Berücksichtigung unsicherer Information

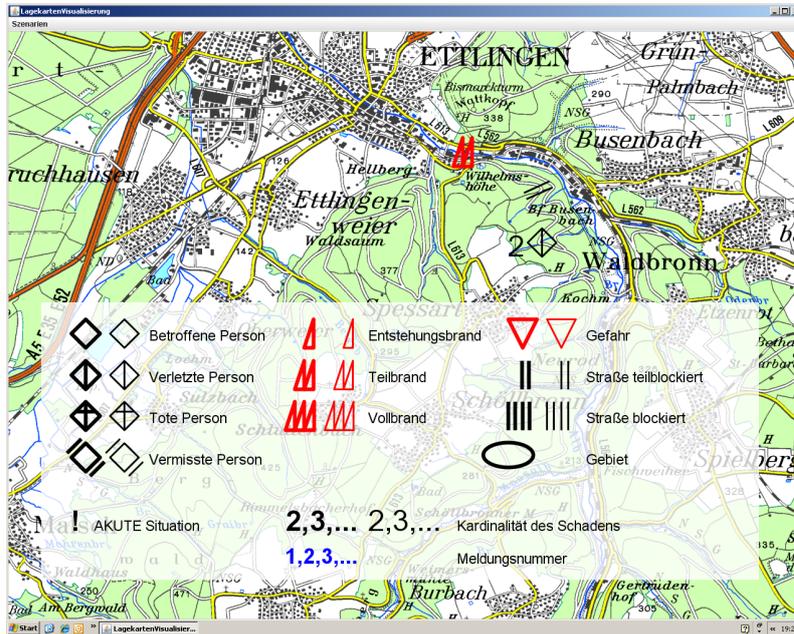


Abbildung 4.3: Verbesserungsvorschlag „schmale Linienbreite“

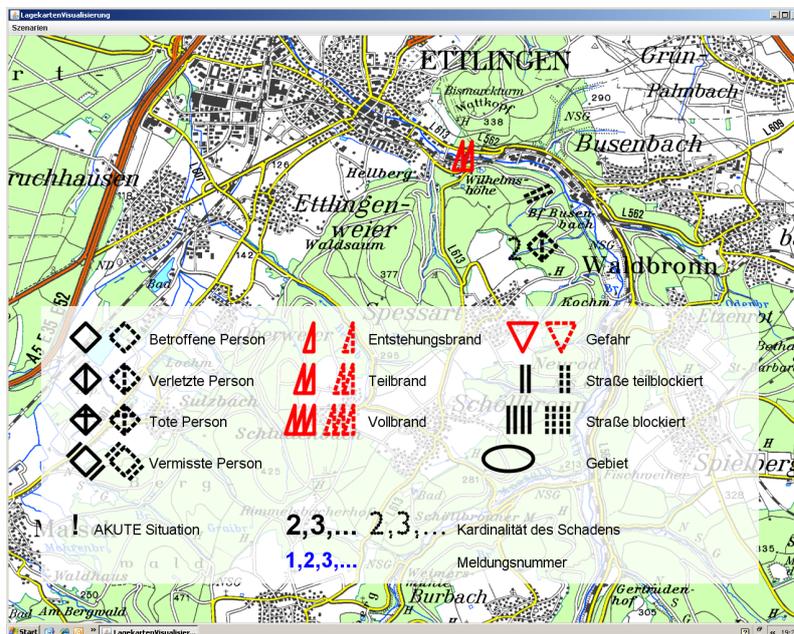


Abbildung 4.4: Verbesserungsvorschlag „Strichelung“

Der große Vorteil dieser beiden Vorschläge besteht darin, dass die Variablen, in denen die Information (Merkmalsausprägung) kodiert ist – Farbe, Opazität, Form (sowie Richtung bei Fahrwegblockierungen) – nicht verändert werden. Die erlernte Kodierung wird also nicht gestört, sondern auf einer anderen Ebene mithilfe einer anderen Variablen erweitert. In Kapitel 6 wird in einer experimentellen Evaluation anhand einer Erkennungsaufgabe geprüft, wie gut diese Unsicherheitskodierungen im Vergleich zur Fragezeichen-Technik abschneiden. Speziell ist von Interesse, ob für die beiden neuen Vorschläge, die das Kurzzeitgedächtnis mit nur einem Chunk pro zu erkennender unsicherer Information belasten, bessere Ergebnisse bei der Erkennungsleistung erbracht werden als mit der Fragezeichen-Technik, bei der das Kurzzeitgedächtnis bei unsicherer Information stets zwei Zeichen dekodieren muss und damit mit zwei Chunks belastet wird.

## 4.4 Erweiterungsmöglichkeit: Anzeige von Ortsunsicherheit

In Abschnitt 4.2.2 wurde beschrieben, dass Unsicherheit bezüglich der genauen Position eines Schadens oder einer Gefahr bei dynamischen Objekten wie einer vermissten Person oder einer Schadstoffwolke nur idealisiert als maximal möglicher Radius angegeben wird. Die Befragungen bei Feuerwehr und THW ergaben (Anhang A bzw. B), dass dies für eine Lagekarte im Stabsraum ausreichend ist. Eine flächige Anzeige, die je nach seit Meldungseingang vergangener Zeit große Bereiche der Karte überlagern würde, ist hier nicht wünschenswert.

Allerdings wurde in Erwägung gezogen, dass eine solche Anzeige temporär hilfreich sein könnte, etwa wenn bei einer Vermisstensuche die Einsatzkräfte vor Ort keine Berechnungsmöglichkeit für den wahrscheinlichen Aufenthaltsort haben. In diesem Fall könnte an der Lagekarte im Stabsraum die Berechnung durchgeführt und die Ergebnisse über Funk mitgeteilt werden. Die Anzeige der Aufenthaltswahrscheinlichkeit würde nur nach expliziter Auswahl, beispielsweise in einem Menü „Berechne Ortsunsicherheit“ durch Interaktion erfolgen und nach Übermittlung der neuen Daten an die Einsatzkräfte wieder gelöscht.

Aufgrund der zurückhaltend bewerteten Nützlichkeit einer solchen Erweiterung der Visualisierung von Unsicherheit wird eine mögliche Umsetzung im Folgenden nur kurz skizziert.

### **Darstellung der zweidimensionalen Aufenthaltswahrscheinlichkeit am Beispiel einer vermissten Person**

Da der Bezug zur Karte gewahrt bleiben soll, muss eine Technik verwendet werden, die die Kartengrundlage möglichst unverdeckt lässt. In Frage kommen daher nur die Techniken Muster (Punktmuster, vgl. Abbildung 2.6), Unschärfe in der Ausprägung als Transparenz oder Größe in Form von „Wahrscheinlichkeitsklumpen“ nach Charaniya u. a. (2002), vgl. Abbildung 2.3.

Da bei einer solchen Darstellung in Abhängigkeit des Faktors Zeit unterschiedlichen Orten unterschiedlich große Aufenthaltswahrscheinlichkeiten zugeordnet sind, treten hier im Gegensatz zu den eindimensionalen Merkmalen aus Abschnitt 4.2.2 verschiedene Unsicherheitsgrade auf. Die Technik muss also in der Lage sein, Abstufungen anzuzeigen. Dies ist prinzipiell bei allen drei Techniken möglich. Soll die Technik, mit der die Unsicherheit dargestellt wird, für ein- und zweidimensionale Merkmale dieselbe sein, so bliebe nur die Möglichkeit, die neuen Vorschläge „schmale Linienbreite“ und „Strichelung“ zweidimensional umzusetzen. Dies könnte beispielsweise geschehen, indem die Schadstoffkeule die Ausbreitung mit mehreren Isolinien für unterschiedliche Unsicherheitsgrade darstellt. Bei Variation der Linienbreite würden die Isolinien mit zunehmender Unsicherheit (z. B. größerem Abstand von der Austrittsstelle) schmaler gezeichnet. Bei Anwendung der Technik „Strichelung“ könnten beispielsweise die Lücken zwischen den Strichen mit zunehmender Unsicherheit größer werden. Wie eine gute Kodierung aussähe, müsste im Einzelnen genauer überlegt werden und ist nicht Gegenstand dieser Arbeit.

# 5 Visualisierung der Lagekarte am Digitalen Lagetisch

## 5.1 Implementierung einer Lagekartenvisualisierung

Die Vorzüge digitaler Karten im Vergleich zu Papierkarten wurden von den Feuerwehrleuten deutlich beschrieben (vgl. Abschnitt 3.2.2 bzw. Anhang A) und auch die grundsätzlich skeptisch bezüglich digitaler Lagekarten eingestellten THW-Mitglieder äußerten Ideen für zukünftige Anwendungen digitaler Lagekarten. Orientiert an der Einschätzung, dass zukünftig vermehrt digitale Lagekarten statt Papierlagekarten verwendet werden, wird die experimentelle Evaluation der in Kapitel 4 gefundenen, gut geeigneten Darstellungstechniken in Kapitel 6 anhand digitaler Lagekarten erfolgen. Dafür wird eine Lagekartenvisualisierung implementiert. Die Struktur des Programms und die verwendeten Daten werden in diesem Abschnitt beschrieben. Der implementierungstechnisch wünschenswerten Trennung von Programmlogik und Daten folgend, ist der Abschnitt in zwei entsprechende Unterabschnitte gegliedert.

### 5.1.1 Programm

Das Programm ist in der Sprache Java (Version 1.6.0\_05) geschrieben. Es wurde mithilfe der Entwicklungsumgebung Eclipse (Ganymed) entwickelt und getestet.

Um die Anforderungen der experimentellen Evaluation erfüllen zu können, muss das Programm Lagekartenvisualisierungen generieren können. Dazu muss als erstes eine beliebige Karte geladen und als Hintergrundkarte angezeigt werden. Danach werden die zu kodierenden Meldungen des jeweiligen Szenarios in die Karte eingebracht: Die taktischen Zeichen zur Schaden- und Gefahrendarstellung werden mithilfe vordefinierter Java2D-

Zeichenroutinen direkt auf den Bildschirm gezeichnet<sup>1</sup>. Zahlen zur Darstellung der Kardinalität eines Schadens sowie der Meldungsnummern werden mithilfe im System verfügbarer Fonts dargestellt (hier Arial).

Das Programm ist mithilfe von sechs eigenen Java-Klassen implementiert, die in Abbildung 5.1 als UML-Klassendiagramm mit Angabe ihrer wichtigsten Attribute und Methoden dargestellt sind. Angelehnt an das Architekturmuster Model-View-Controller („Datenmodell-Sicht-Steuerung“, zur Erläuterung siehe z. B. [Moellenboeck (1998)]) wird das Datenmodell implementiert von den Klassen `Szenario`, `Schaden` und `Meldung`, die Sicht von den Klassen `LagekartenGUI`, `LagekartenAnzeige` und `DarstellParam`. Die Steuerung liegt bei der Klasse `LagekartenGUI`.

Die Main-Klasse ist die Klasse `LagekartenGUI`. Selbst eine Ausprägung der Java-Klasse `JFrame`, legt sie alle Elemente der Präsentation für die darzustellende Lagekarte fest. Außerdem ermöglicht sie die Auswahl möglicher Szenarien über ein Menü.

Das Neuzeichnen einer Lagekarte übernimmt die Klasse `LagekartenAnzeige`, die alle im `Szenario`-Objekt enthaltenen Schäden mit entsprechenden, in der Klasse `Schaden` definierten Zeichenmethoden auf die Karte zeichnet. Die Visualisierungstechnik für die unsicheren Informationen spezifiziert die Klasse `DarstellParam`.

### 5.1.2 Daten

Das Programm verwendet Daten in zweierlei Form: eine Karte im Bildformat sowie Konfigurationsdateien für die Szenarien.

Als Hintergrundkarte wurde die in Abbildung 5.2 dargestellte topographische Karte vom Landesvermessungsamt Baden-Württemberg gekauft. Sie umfasst den Ausschnitt des südlichen Landkreises Karlsruhe, der als Kartengrundlage für das in Kapitel 4.1 eingeführte Katastrophenszenario verwendet wurde. Die Karte ist eine farbige Kombination der Digitalen Topografischen Karte 1:100.000 (DTK100)<sup>2</sup> mit einer Auflösung von 508 dpi. Kombinier-

---

<sup>1</sup>Alternativ hätten die taktischen Zeichen als Dateien im Bildformat beschafft werden können. Die Veränderung der Darstellungsparameter (Farbparameter, Größe, Linienbreite, Strichelung) wäre dann aber schwieriger geworden. Mit der direkten Zeichnung auf den Bildschirm sind die Darstellungsparameter unmittelbar im Programmcode zugänglich. Aufgrund ihrer einfachen geometrischen Struktur sind die Schaden- und Gefahrenzeichen einfach mit Java2D-Routinen darstellbar.

<sup>2</sup>Es wurde eine Karte im Maßstab 1:100.000 beschafft, die für die Verwendung als Kartengrundlage so gezoomt wurde, dass sie einem Maßstab von ca. 1:50.000 entspricht. Diese Karte wurde stellvertretend

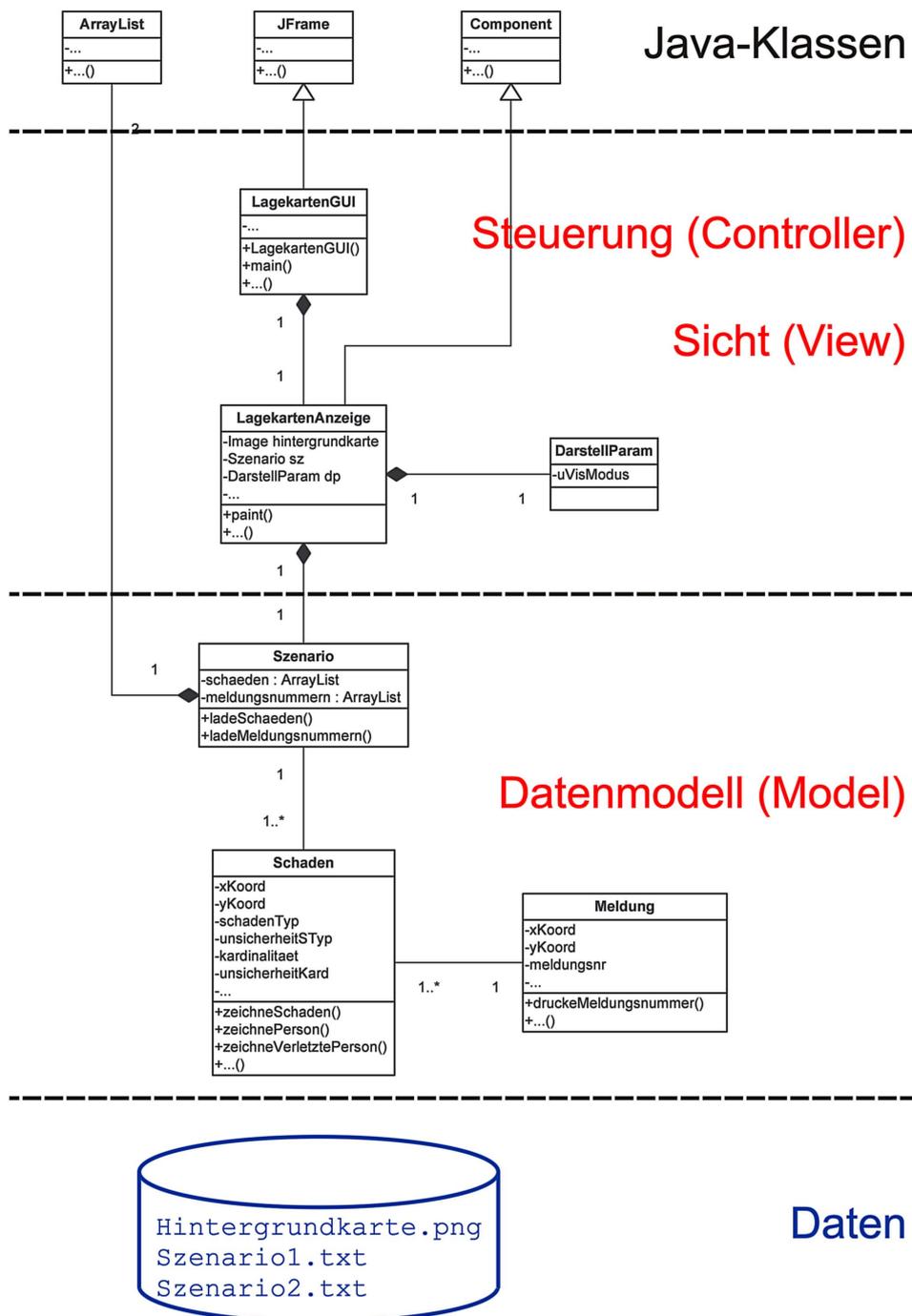


Abbildung 5.1: Programmübersicht mit UML-Klassendiagramm

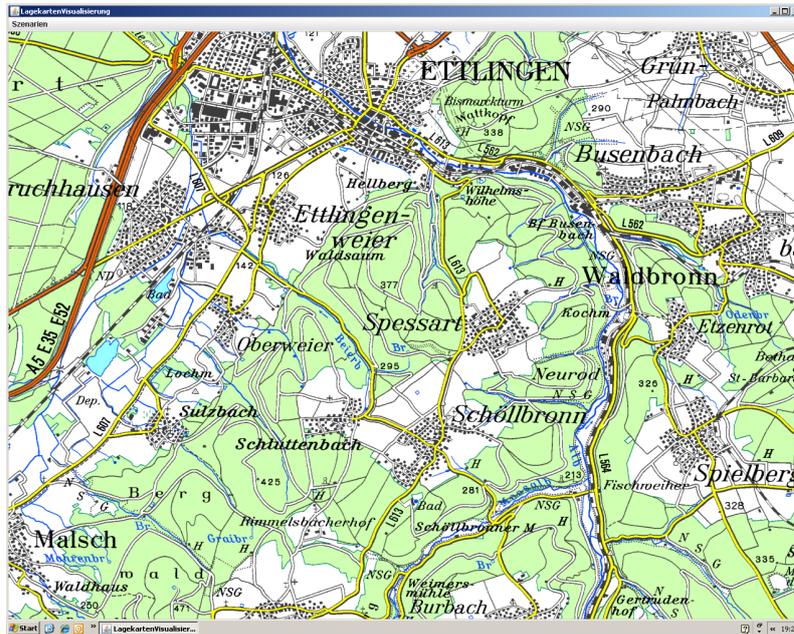


Abbildung 5.2: Hintergrundkarte: südlicher Landkreis Karlsruhe, Maßstab ca. 1:50000

te Inhaltsebenen sind Wald, Gewässerfläche, Vegetation, Straßendecker Regionalverkehr, Straßendecker Fernverkehr, Grundriss, Schrift sowie eine Kombination aus Gewässerkontur und Gewässerschrift.

Die Wahl fiel auf eine Karte dieser Art aus folgendem Grund: Die experimentelle Evaluation soll als Hintergrundkarte einen Kartentypus verwenden, der nach Stand der Technik sowohl bei der Feuerwehr als auch beim THW bekannt ist. Da das THW grundsätzlich nicht mit digitalen Karten arbeitet wie dies die Feuerwehr bei entsprechender Möglichkeit tut, kann der Kartenausschnitt aus GoogleMaps, der für die Konstruktion des Katastrophenszenarios in Kapitel 4, Abbildung 4.1 hinterlegt wurde, nicht verwendet werden. Topographische Karten sind den THW-Mitarbeitern jedoch bekannt, sowohl als Papierkarten als auch in Form ausgedruckter digitaler Karten von DVD.

Die Daten der Szenarien werden als Konfigurationsdateien im CSV<sup>3</sup>-Format erfasst, einem Dateiformat zur Speicherung einfach strukturierter Datensätze. Jedes Szenario benötigt

---

für die zahlreichen Ausprägungen (vgl. Anhang A) digitaler Karten gewählt, weil sie in der Detailliertheit ihrer Darstellung zwischen einer wenig detaillierten Internetkarte, bspw. von Google Maps, und einer sehr detailreichen topographischen Karte mit Maßstab 1:50.000 liegt, was als guter Kompromiss angesehen wurde.

<sup>3</sup>CSV steht für comma-separated values.

```
# Position (x, y)
# Schaden (Typ, Typ-Unsicherheit, Kardinalität, Kard.-Unsicherheit)
# Beschreibung (MeldungsNr, Schadenklartext)
#-----
# Meldung1:
135; 115;1;0;5;0;1;Verletzte Person;
140;140;7;1;1;1;1;Straße teilblockiert;
155;200;10;0;1;0;1;Gefahr;
215;180;9;1;1;1;1;BetroffenesGebiet(Schadstoffkeule);
# Meldung2:
735;165;1;1;6;0;2;Verletzte Person;
735;210;5;1;2;1;2;Teilbrand;
745;255;4;0;1;1;2;Entstehungsbrand;
...
```

Abbildung 5.3: CSV-Dateiformat der Konfigurationsdateien für Szenarien

zwei Konfigurationsdateien, eine für die darzustellenden Schäden und Gefahren, die zweite für die ebenfalls auf der Lagekarte dargestellten Meldungsnummern. Das Format eines Schadens bzw. einer Gefahr umfasst folgende Angaben (vgl. Klasse **Schaden** in Abbildung 5.1): seine bzw. ihre Koordinaten; den Schadentyp (Merkmalsausprägung, d. h. das kodierende taktische Zeichen); dessen Unsicherheit (unsicher ja oder nein); die Kardinalität des Schadentyps; deren Unsicherheit; die Meldungsnummer, der der Schaden zugeordnet ist; die Klartextbezeichnung der Merkmalsausprägung.

Die Legenden zu den Visualisierungsvorschlägen (Abbildungen 4.2, 4.3, 4.4, ) sind ebenfalls als Konfigurationsdateien erfasst.

## 5.2 Lagekartendarstellung auf dem Digitalen Lagetisch

Der Digitale Lagetisch wurde bereits in Abschnitt 3.2.3 kurz vorgestellt. Laut [Peinsipp-Byma u. a. (2007)] ist er konzipiert, einem Team von Experten zu ermöglichen, „gemeinsam die Sicherheitslage in einer größeren geographischen Region (Szene) zu analysieren und Sicherheitsmaßnahmen zu planen“. Ein Beispiel für einen Anwendungsbereich ist die Einsatzplanung und -überwachung in Katastrophenfällen in der Ausprägung, wie sie in Kapitel 3 für die Stabsarbeit bei Feuerwehr und THW vorgestellt wurde. Der Digitale Lagetisch wurde bereits von Experten der Berufsfeuerwehr für einen möglichen Einsatz

bewertet [Bader u. a. (2008)].

Der Digitale Lagetisch verfügt über drei verschiedene Anzeigeflächen mit unterschiedlichen Darstellungsaufgaben:

- ein horizontales Tischdisplay für die Übersichtsdarstellung mit einer Bildschirmgröße von 118 cm x 88,5 cm (60 Zoll Bildschirmdiagonale),
- Fovea-Tablets für die Darstellung hochauflöser Detailsichten mit einer Bildschirmgröße von 24,5 cm x 18,4 cm (12 Zoll Bildschirmdiagonale),
- ein vertikales Tafeldisplay zur Darstellung von Zusatzinformation mit einer Bildschirmgröße von 97 cm x 55,5 cm (46 Zoll Bildschirmdiagonale)

Da der Betrachtungsgegenstand dieser Arbeit, die Lagekarte, eine Übersichtsdarstellung ist, wird sie auf der Tischanzeige dargestellt. Die beiden übrigen Anzeigeflächen werden in dieser Arbeit nicht genutzt. Verwendungsmöglichkeiten in Weiterführung dieser Arbeit werden im Ausblick (Abschnitt 7.2) kurz skizziert.

### **Nutzung des Lagetisches als Anzeigefläche für eine Lagekarte in einem Stabsraum**

Eingesetzt in den mobilen Stabsräumen der für diese Arbeit befragten Organisationen Feuerwehr und THW könnte der Digitale Lagetisch an die Stelle folgender Darstellungsf lächen treten:

- Feuerwehr: In Anhang A wird zu Beginn stichpunktartig die Ausstattung eines Sitzungsraumes für einen Führungsstab am Beispiel des ELW 2 beschrieben. Bezüglich der Funktionalität „Lagekartenpräsentation“ könnte der Digitale Lagetisch dort die Smartboard-Anzeige ersetzen.
- THW: Eingesetzt beim THW im in Anhang B beschriebenen „Führungs- und Lageanhänger“ würde der Lagetisch dieselbe Funktion wie die Magnetwand übernehmen, nämlich Anzeigefläche für die Lagekarte sein. Die Abmessungen des Tischdisplays entsprechen etwa der Größe der Magnetwand.

Neben dem Einsatz in mobilen Stabsräumen ist selbstverständlich auch ein Einsatz in festen Stabsräumen denkbar. Aufgrund der Größe des Lagetisches ist dort seine Funktionalität, ein Arbeitsplatz für *mehrere* Personen zu sein, sogar noch besser nutzbar als in

den in ihrer räumlichen Größe eingeschränkteren mobilen Stabsräumen.

Um die bei der Befragung seitens der THW-Mitarbeiter geforderte Ausfallsicherheit des Lagetisches zu gewährleisten, wäre denkbar, sämtliche Hard- und Software-Komponenten des Lagetisches doppelt vorzuhalten. Dieser sehr kostspieligen Lösung steht eine pragmatische Strategie gegenüber, die auch die Berufsfeuerwehr Karlsruhe bevorzugt: Solange die Computerunterstützung funktioniert, werden ihre Vorteile genutzt (vgl. Anhang A); bei Systemausfall wird auf die traditionelle Weise mit Papierkarten weitergearbeitet.

### **Nutzung des Lagetisches bei der experimentellen Evaluation dieser Arbeit**

Für die experimentelle Evaluation in dieser Arbeit wird, wie bereits erwähnt, nur das Tischdisplay eingesetzt. Es dient als Darstellungsfläche für die Lagekarte. Dazu wird das im vorigen Abschnitt beschriebene Programm zur Lagekartenvisualisierung auf dem Lagetisch gestartet und die Ausgabe auf den Primärmonitor (Tisch) gelenkt.

Im Vergleich zu einem gewöhnlichen Computerbildschirm (z. B. mit einer Abmessung von 19 oder 20 Zoll) lässt sich die Lagekarte nun nicht mehr auf einen Blick erfassen. Das Erfassen der taktischen Zeichen, die die Schadenlage in der Karte kodieren, erfordert jetzt neben der Detektion und Erkennung eines Zeichens durch das Auge auch unterstützende Kopfbewegungen. Die zu erfüllende Aufgabe des Experiments wird sein, die dargestellten Informationen zu zählen (genaue Aufgabenbeschreibung siehe Abschnitt 6.1). In Vorexperimenten fiel auf, dass die Orientierung auf der Karte und die Entscheidung, welche Zeichen bzw. Informationen bereits bei der Zählung berücksichtigt wurden, auf dem Lagetisch deutlich schwieriger sind als auf dem 19-Zoll-Bildschirm, an dem das Lagekartenvisualisierungsprogramm entwickelt wurde. Auf diesem konnte die Zählaufgabe, die im Experiment unter Zeitdruck zu erledigen sein wird, mehrfach in knapp 20 Sekunden flüssig durchgeführt werden. Auf dem Lagetisch kam es hingegen zu Verzögerungen und Stocken und deutlich längeren Bearbeitungszeiten.

In der experimentellen Evaluation, die im nächsten Kapitel beschrieben wird, werden ausschließlich die bereits in Kapitel 4 positiv bewerteten Visualisierungsvorschläge für unsichere Information berücksichtigt: die nach Stand der Technik übliche Darstellung mit vorangestelltem Fragezeichen („?“-Technik), die Technik „schmale Linienbreite“ sowie die Technik „Strichelung“.

## 6 Evaluation durch Experiment

Bei der theoretischen Evaluation der Visualisierungsmöglichkeiten für unsichere Information auf einer Lagekarte in Kapitel 4 wurden zur üblichen Darstellung von Unsicherheit nach Stand der Technik, der „Fragezeichen-Technik“, zwei alternative Visualisierungsvorschläge hinzugefügt. Die eine, die Technik „schmale Linienbreite“, verwendet eine Variante der Variablen Größe, indem sie unsichere Informationen mit schmalere Linienbreite zeichnet. Die andere, die Technik „Strichelung“, verwendet eine Variante der Variablen Muster, indem sie unsichere Informationen mit unterbrochener Linie zeichnet.

Um die Güte der drei Visualisierungsvorschläge empirisch zu ermitteln, wird eine experimentelle Evaluation durchgeführt. Das Experiment ermittelt die Belastung des Kurzzeitgedächtnisses für jeden der drei Kodierungsvorschläge separat mithilfe einer Erkennungsaufgabe; es besteht somit aus drei Telexperimenten. Je weniger das Kurzzeitgedächtnis von der Erkennung der taktischen Zeichen als sichere oder unsichere Information beansprucht wird, desto schneller kann es die Zählauflage erledigen und desto besser ist der Kodierungsvorschlag. Abschnitt 6.1 beschreibt die Charakteristika (Aufgabenstellung, Aufbau und Ablauf) des Experiments, Abschnitt 6.2 die Ergebnisse.

### 6.1 Charakteristika des Experiments

#### 6.1.1 Art der Aufgabe und Leistungsmessung

Die Güte der Visualisierungsvorschläge wird in je einem Telexperiment für jeden Vorschlag mit Hilfe einer Erkennungsaufgabe getestet. Die Aufgabe ist eine Zählauflage. Die Erfüllung der Aufgabe besteht darin, auf einer Lagekarte die Anzahl dargestellter sicherer bzw. unsicherer Schaden- und Gefahreninformationen korrekt zu bestimmen. Um auf die Güte der Kodierung rückzuschließen, wird die Erkennungsleistung der Probanden mithilfe eines Leistungsmaßes gemäß der Definition von Leistung aus [Syrbe u. Beyerer

(2007)] gemessen. Menschliche Leistung ist dort definiert als „erfüllter Aufgabenumfang pro Zeit(einheit) bzw. vollständiger Aufgabenumfang gemindert um den nicht oder fehlerhaft erfüllten Aufgabenumfang pro Zeit(einheit), jeweils gemessen mit der Menge der gewichteten Teil-(Elementar)aufgaben“.

In diesem Experiment besteht die Aufgabe A für jedes Telexperiment aus der Erfüllung der beiden Teilaufgaben  $A_1$  „Zähle sichere Informationen“ und  $A_2$  „Zähle unsichere Informationen“. Für den erfüllten Aufgabenumfang  $E$  eines Telexperiments gilt also  $E = E_1 + E_2$ . Die erfüllten Teilaufgabenumfänge  $E_i$  berechnen sich aus

$$E_i = V_i - F_i - N_i$$

mit  $V_i$ : Anzahl zu erkennender Informationen („Vollständiger Aufgabenumfang“),  $F_i$ : Anzahl falsch<sup>1</sup> erkannter Informationen,  $N_i$ : Anzahl nicht erfasster Informationen.

Die Leistung  $L$  für ein Telexperiment berechnet sich demzufolge als

$$L = \frac{E_1 + E_2}{T} = \frac{(V_1 + V_2) - (F_1 + F_2) - (N_1 + N_2)}{T}$$

mit  $T$ : Zeitbedarf für ein Telexperiment.

### 6.1.2 Erstellung der Testszenarien

Für das Experiment wird pro Visualisierungsvorschlag je eine Lagekarte mit Schadenszenario entworfen. Das Szenario des ersten Telexperiments, das unsichere Informationen mit der Fragezeichen-Technik abbildet (Szenario 1 in Abbildung 6.1), entspricht praktisch<sup>2</sup> dem Szenario, das in Kapitel 4 der beispielhaften Lagekartenvisualisierung zugrunde lag (Abbildung 4.1). Die Szenarien des zweiten und dritten Telexperiments, die die Vorschläge „Strichelung“ (Szenario 2 in Abbildung 6.2) bzw. schmale Linienbreite (Szenario 3 in Abbildung 6.3) abbilden, sind in Anlehnung an Szenario 1 konstruiert<sup>3</sup>.

<sup>1</sup>Hier werden „zu viel“ erkannte Informationen erfasst: Wenn bei eingezeichneten 15 sicheren Informationen 17 erkannt wurden, so ist die Anzahl falsch erkannter Informationen gleich zwei.

<sup>2</sup>Einzig die Meldungsnummern 6 und 9 wurden getauscht, um den Probanden des Experiments nicht vorzutäuschen, dass die Meldungsnummern als Richtschnur beim Zählen der Informationen verwendet werden können.

<sup>3</sup>Auf genaue Klartextmeldungen analog der Beschreibung des Szenarios aus Kapitel 4, Abschnitt 4.1.1, wird hier verzichtet. Da sich die Schäden und Gefahren der drei Szenarien gleichen, sind entsprechende Klartextformulierungen leicht hinzudenkbar.

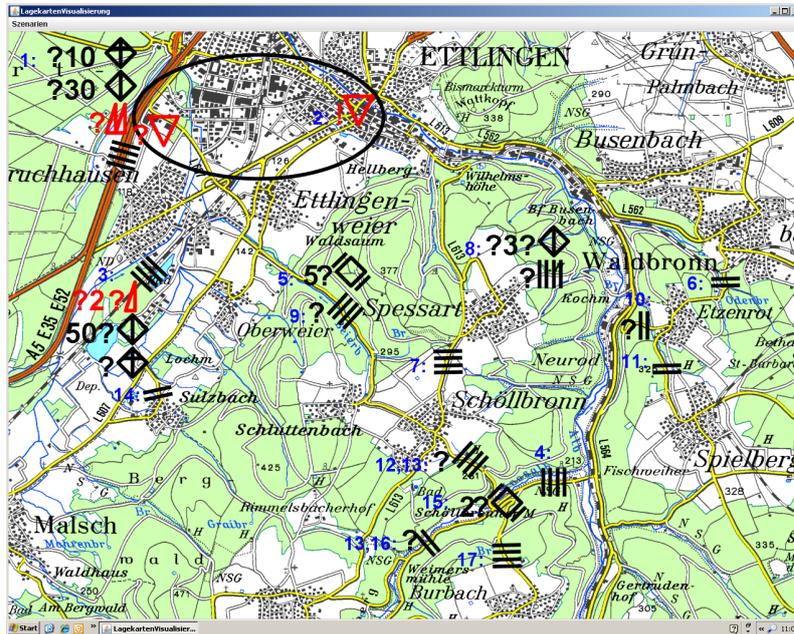


Abbildung 6.1: Szenario 1: „Fragezeichen-Technik“

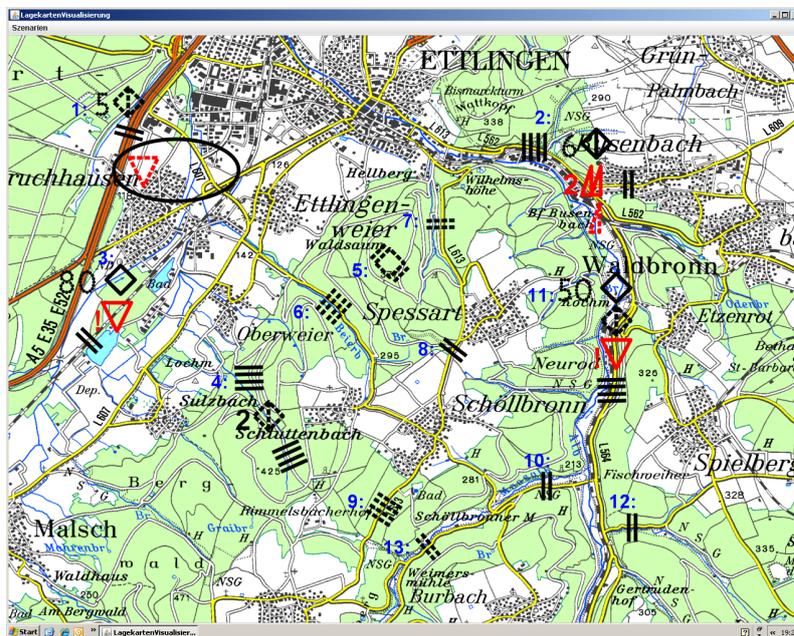


Abbildung 6.2: Szenario 2: „Strichelung“

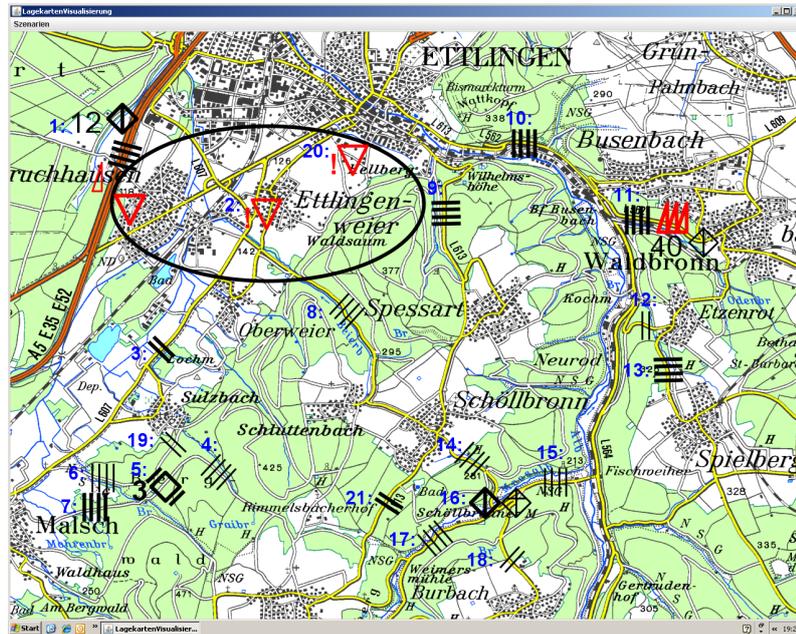


Abbildung 6.3: Szenario 3: schmale Linienbreite

Wichtige Aspekte bei der Gestaltung der Szenarien sind

- die Wahl derselben Karte als Kartengrundlage: Um sicherzustellen, dass die Erkennung der Zeichen auf allen drei Lagekarten ähnlich schwierig ist, dient als Hintergrundkarte dreimal dieselbe Karte. Bei verschiedenen Hintergrundkarten hätten diese darauf untersucht werden müssen, ob sie alle vergleichbares „Hintergrundrauschen“ erzeugen.
- ein ähnlicher Schwierigkeitsgrad der Erkennbarkeit des gesamten Schadenumfangs der Szenarien durch
  - Wahl fast derselben Anzahl dargestellter Informationen: Die drei Szenarien umfassen fast dieselbe Gesamtanzahl Schäden und Gefahren (Szenario 1: 32, Szenario 2: 33; Szenario 3: 31). Dadurch soll gewährleistet sein, dass die benötigte Zeit zur Erkennung aller Zeichen bei jedem Telexperiment praktisch gleich lang ist.
  - Wahl ähnlicher Schäden und Gefahren: Jedes Szenario enthält Zeichen aller in Tabelle 4.1 angegebenen Schadenkategorien. Im Einzelnen sind dies je eine Schadstoffkeule mit Gefahrenzeichen sowie ein oder zwei Brände (der Anteil ro-

ter Zeichen umfasst jeweils etwa 1/6 der Gesamtanzahl dargestellter taktischer Zeichen), mehrere Personenschäden sowie mehrere Blockierungen von Fahrwegen. Außerdem enthält jedes Szenario drei bis vier Meldungen, die mehrere Schäden umfassen.

Das Verhältnis sicherer zu unsicheren Informationen ist jeweils unterschiedlich (Szenario 1: 15 sichere, 17 unsichere; Szenario 2: 19 sichere, 14 unsichere; Szenario 3: 17 sichere, 14 unsichere), damit nicht von der Anzahl unsicherer Meldungen des ersten Szenarios auf die der anderen geschlossen werden kann.

- die Glaubwürdigkeit der dargestellten Schäden und Gefahren: Das zugrundeliegende Schadenereignis „Orkan“ (vgl. Kapitel 4.1.1) lässt viel Spielraum für Vorkommnisse, die zu Unfällen mit Schadstoffaustritt und zu Blockaden durch umgestürzte Bäume mit daraus resultierenden Fahrwegblockierungen, abgerissenen Oberleitungen und Brandentwicklung führen können. Bei den Fahrwegblockierungen werden allerdings in erster Linie Meldungen zu infrastrukturell wichtigen Fahrwegen berücksichtigt. Blockaden kleinerer Straßen werden nur dargestellt, wenn sie in unmittelbarem Zusammenhang mit einer Personensuche stehen (z. B. Szenario 3 in Abbildung 6.3 mit den Meldungen 4, 6, 7, 19) oder eine Ortschaft vollständig von der Außenwelt abgeschnitten zu werden droht (z. B. Szenario 1 in Abbildung 6.1 mit den Meldungen 6, 10, 11). Dies entspricht der Lagekartenführung in der Praxis, bei der ebenfalls immer gewährleistet werden muss, dass die Lagekarte nur die wichtigsten Meldungen darstellt, um die Darstellungsdichte nicht zu hoch und in Folge unübersichtlich werden zu lassen.

Größere Schäden wie Unfälle mit Schadstoffaustritt, Bränden oder zahlreichen betroffenen Personen befinden sich nicht an den Rändern der Karte. Da sie im Zentrum der Aufmerksamkeit bei der Schadenbekämpfung stehen, würde als Kartengrundlage für die Lagekarte ein anderer geographischer Kartenausschnitt gewählt, der die Anfahrtswege zum Schadenort ebenfalls abbildet.

Da die Anzahl Informationen, die auf dieser Kartengrundlage platzierbar sind, durch die Glaubwürdigkeit der Schäden und Gefahren beschränkt ist, kommen einige Schadenorte mehrmals vor. Insofern ist nicht auszuschließen, dass im Laufe des Experiments ein Lerneffekt bezüglich der Orte auftritt, an denen Schäden erwartet werden. Da insgesamt nur drei Erkennungsaufgaben zu bewältigen sind, sollte sich der Lerneffekt allerdings in Grenzen halten.



Abbildung 6.4: Zur Unterstützung des Zählvorgangs eingesetzter Handzähler

### 6.1.3 Durchführung des Experiments

Das Experiment wird am Digitalen Lagetisch (siehe Kapitel 5) durchgeführt. Für die Durchführung wird von den drei vorhandenen Benutzungsoberflächen Tischdisplay, Tafeldisplay und Fovea-Tablett nur das Tischdisplay als Darstellungsoberfläche für die Lagekarte verwendet. Weitere Hilfsmittel beim Experiment sind zwei Handzähler (siehe Abbildung 6.4) – je einer zum Zählen der sicheren bzw. der unsicheren Informationen –, die den Probanden beim Zählvorgang unterstützen und ihn von der Mühe des Merkens der aktuell gezählten Anzahl entlasten sollen.

Der Ablauf des Experiments ist sieht nacheinander vor eine Einführung, gefolgt von den drei Telexperimenten und einer abschließenden kurzen Befragung zu subjektiven Einschätzungen bezüglich der Güte der Kodierungen.

Im Einzelnen ist der Ablauf des Experiments wie folgt:

1. Erläuterung des groben Ablaufs des Experiments mit
  - kurzer Beschreibung des Themas der Diplomarbeit, Erläuterung wichtiger Begriffe und Beschreibung der zu erfüllenden Aufgabe
  - Durchführung der drei Telexperimente mit kurzen Entspannungspausen von ca. vier Minuten bei leiser Musik<sup>4</sup>)

---

<sup>4</sup>Die Pausen sollen dem Probanden ermöglichen, das nachfolgende Telexperiment innerlichen neu zu beginnen. Die Musik soll den Probanden entspannen und verhindern, dass er einen Brückenschlag zwischen zwei aufeinander folgenden Telexperimenten vornimmt.

## Experiment zur Darstellung unsicherer Information in Lagekarten bei Katastrophen



Abbildung 6.5: Abbildung zur Einführung in das Experiment

- Kurze Erfragung subjektiver Einschätzungen zum Experiment
2. Danach wird dem Probanden anhand von Abbildung 6.5 eine kurze Erläuterung des Begriffes Lagekarte<sup>5</sup> gegeben sowie die Notwendigkeit der unterschiedlichen Darstellung von sicheren und unsicheren Schadenmeldungen aufgezeigt. Danach wird die Aufgabe beschrieben als Erkennungsaufgabe, bei der sichere und unsichere Informationen anhand von Kartenzeichen gezählt werden sollen. Es wird dem Probanden Gelegenheit gegeben, sich mit der Handhabung der Handzähler vertraut zu machen.
  3. Um dem Probanden die Lagekartendarstellung Schritt für Schritt näherzubringen, wird als zweites Bild die Hintergrundkarte der drei Teilerperimente vorgestellt (Abbildung 5.2).
  4. Teilerperiment 1 (4.–6.): Es folgt anhand von Abbildung 4.2 eine Einführung in den Zeichenvorrat, der für Teilerperiment 1 verwendet wird. Dem Probanden wird die

---

Das abgespielte Musikstück ist der 2. Satz aus dem Klavierkonzert in B-Dur, KV 450 von W. A. Mozart in einer Aufnahme mit Alfred Brendel, Klavier und der Academy of St.Martin-in-the-Fields unter Leitung von Sir Neville Marriner (PHILIPS 1995). Die Wahl fiel auf dieses Werk aufgrund seines ruhigen, gemessenen Tempos. Zudem gehört es zu den unbekannteren Werken Mozarts, was ausschließen sollte (und dies auch tat), dass einer der Probanden es kennt und deshalb so sehr hinhört, dass er mehr abgelenkt als entspannt wird.

<sup>5</sup>Bei den Experten unter den Probanden entfällt diese Erläuterung.

Kodierung sowohl sicherer als auch unsicherer Schadeninformationen erläutert. Anhand von vier beispielhaft in die Karte gesetzten Informationen wird der Proband mit der Kodierung vertraut gemacht. Außerdem ergehen folgende Anweisungen bezüglich des Zeichenvorrats:

- Als akut markierte Informationen sind zu den sicheren zu zählen.
- Unsicherheit wird bezüglich der Merkmalsausprägung eines Schadens bzw. einer Gefahr und bezüglich seiner Kardinalität berücksichtigt.
- Meldungsnummern sind nicht mitzuzählen.
- Taktische Zeichen zur Schadenkodierung sind auf der gesamten Karte verteilt, nicht jedoch an den äußersten Rändern.

Wenn seitens des Probanden danach keine Fragen bestehen, ergehen folgende Anweisungen zum Ablauf des Teilperiments:

- Der Proband wird aufgefordert, sich zu entscheiden, ob er zuerst die sicheren oder zuerst die unsicheren Informationen zählen wird.
  - Der Proband wird deutlich darauf hingewiesen, dass seine Leistung gemessen wird, d. h. dass er die Klassifizierung der Informationen als sicher oder unsicher so schnell wie möglich erledigen und zählen soll.
  - Festlegung des Beginns der Messung: Die Uhr läuft, sobald das Szenario auf dem Lagetisch erscheint.
  - Markierung des Endes der Messung: Sobald der Proband mit der Zählung fertig ist, rufe er laut und deutlich „Fertig!“.
5. Teilexperiment 1 startet nach dem langsam deklamierten Satz „Dann–geht–es–jetzt–LOS!“. Abbildung 6.1 wird angezeigt, der Proband zählt und markiert das Ende von Teilexperiment 1.
  6. Pause bei leiser Musik.
  7. Teilexperiment 2 (7.–9.): Es folgt anhand von Abbildung 4.4 eine Einführung in den Zeichenvorrat, der für Teilexperiment 2 verwendet wird. Danach folgen dieselben Erläuterungen und Anweisungen, die unter Punkt 4 beschrieben wurden.
  8. Teilexperiment 2 startet nach dem langsam deklamierten Satz „Dann–geht–es–jetzt–

- LOS!“ Abbildung 6.2 wird angezeigt, der Proband zählt und markiert das Ende von Telexperiment 2.
9. Pause bei leiser Musik.
  10. Es folgt anhand von Abbildung 4.3 eine Einführung in den Zeichenvorrat, der für Telexperiment 3 verwendet wird. Danach folgen dieselben Erläuterungen und Anweisungen, die unter Punkt 4 beschrieben wurden.
  11. Telexperiment 3 startet nach dem langsam deklamierten Satz „Dann–geht–es–jetzt–LOS!“ Abbildung 6.3 wird angezeigt, der Proband zählt und markiert das Ende von Telexperiment 3.
  12. Nach Dank an den Probanden folgt eine kurze Nachbesprechung. Der Proband wird um eine subjektive Bewertung gebeten, welche der Kodierungen für ihn am leichtesten zu erfassen waren.

### 6.2 Ergebnisse des Experiments

Die Experimente wurden an drei aufeinanderfolgenden Tagen im IITB am digitalen Lagetisch durchgeführt. Es wurden acht Probanden gewonnen, sechs studentische Laien ohne Kenntnisse bezüglich Lagekarten und taktischen Zeichen sowie zwei Experten (Feuerwehrleute der Berufsfeuerwehr Karlsruhe)<sup>6</sup>. Die detaillierten Datensätze der erhobenen Daten sind in Anhang C zusammengestellt. Die Ergebnisse der Leistungsmessung sind in Tabelle 6.1 zusammengefasst; die jeweils beste Leistung jedes Probanden ist fett gedruckt, möglicherweise fehlerhafte Messungen sind in Klammern gesetzt. Die Experten sind als Probanden 7 und 8 erfasst. Die Leistungsmessung für Proband 2 (graue Schrift) musste leider aus der Bewertung genommen werden, da beim zweiten Telexperiment zeitverlustreiche Irritationen auftraten<sup>7</sup>; die Ergebnisse sind der Vollständigkeit halber mit aufgeführt.

Aus der Tabelle ist deutlich ersichtlich, dass der Visualisierungsvorschlag 2 „Strichelung“ am besten abschneidet. Obwohl bei Telexperiment 2 das Szenario mit 33 Informationen

---

<sup>6</sup>Die beiden Experten waren männlich, von den Laien waren zwei männlich und vier weiblich.

<sup>7</sup>Es kam beim Drücken des Handzählers, genauer beim Wechsel zum Drücken des zweiten Handzählers, zu Irritationen und infolgedessen zu Zeitverzögerungen. Da in der Formel zur Leistungsberechnung die für die Erkennung benötigte Zeit sehr stark zu Buche schlägt, würde bereits eine Verringerung des Zeitbedarfs um ca. sechs Sekunden dieselbe Leistung ergeben wie für Telexperiment 1. Die Irritation hat mit hoher Wahrscheinlichkeit zu einem Zeitverlust von mehr als sechs Sekunden geführt.

Proband	Leistung		
	Teilexp1 („?“)	Teilexp2 (Strichelung)	Teilexp3 (Linienbreite)
1	0,738	<b>1,107</b>	1,055
2	0,358	(0,333)	<b>0,377</b>
3	0,889	1,273	<b>1,667</b>
4	0,333	<b>0,732</b>	0,476
5	0,329	<b>0,482</b>	0,385
6	0,531	<b>0,906</b>	0,647
7	0,373	<b>0,732</b>	0,475
8	0,565	0,625	<b>0,642</b>
Mittelwert	0.537	<b>0,837</b>	0,764

Tabelle 6.1: Ergebnisse des Experiments zum Vergleich von Techniken zur Visualisierung von Unsicherheit. Details zur Berechnung unter Anwendung der in Abschnitt 6.1.1 vorgestellten Formel finden sich in Anhang C.

die meisten Informationen darstellt (Szenario 1: 32; Szenario 3: 31) und die Erkennung der unsicheren Informationen durch die leichte Variation der Darstellung von Schadenzeichen und Zahlen (Kardinalität)<sup>8</sup> erschwert ist, konnten fünf Probanden mit dieser Kodierung die höchste Leistung erzielen. Bei vier der fünf Probanden bestätigte die subjektive Einschätzung das Testergebnis. Zweimal wurde mit der „Strichelung“ die zweitbeste Leistung erbracht, wobei Proband 8 die Darstellung der Zahlen als schlecht erkennbar bemängelte.

Die im Durchschnitt zweitbeste Erkennungsleistung wurde mit Visualisierungsvorschlag 3 „schmale Linienbreite“ erbracht: Zweimal ergab sich die beste Leistung, fünfmal die zweitbeste. Die beiden Probanden 3 und 8, die mit der „schmalen Linienbreite“ die höchste Erkennungsleistung erzielten, hatten sich bei der Vorstellung der Kodierung anhand der Legende skeptisch geäußert, dass die Linienbreite gut unterscheidbar sein würde. Beide gaben unmittelbar im Anschluss an das Experiment an, dass sie überrascht gewesen seien, dass die Unterscheidung so einfach möglich war. Außerdem hatten sie sich nach eigener Aussage aufgrund ihrer Skepsis die Linienbreite besonders intensiv einzuprägen

<sup>8</sup>Da kein freier, gestrichelter Font beschaffbar war, musste auf einen möglichst guten Font zurückgegriffen werden. Die Wahl fiel auf den frei verfügbaren Font „BEADC....TTF“, weil dieser die Gestalt der Zahlen am „rundesten“ wiedergibt.

versucht; sie hatten sich also Zeit genommen, die Linienbreite zu erlernen. Die subjektive Einschätzung passt in diesen Fällen zum Ergebnis der Leistungsmessung.

Am schlechtesten schneidet Visualisierungsvorschlag 1, die „?“-Technik ab. Jeder der sieben Teilnehmer erzielte mit dieser Technik die schlechteste Leistung. Sicher muss hier die Reihenfolge der Vorstellung der Visualisierungsvorschläge berücksichtigt werden. Besonders für die Laien unter den Probanden ist von einem Lerneffekt beim Lesen der Lagekarte auszugehen. Auffallend ist aber andererseits, dass auch keiner der Experten mit Vorschlag 1 die beste Leistung erbracht hat, obwohl sie in jahrelanger Praxis fest im Langzeitgedächtnis verankert ist. Die Ergebnisse der Leistungsmessung spiegeln auch hier die subjektive Einschätzung der Probanden wieder. Vier der Probanden hatten diese Darstellung als die am schwierigsten zu dekodierende bewertet, zwei hatten sie immerhin an die zweite Stelle gerückt (hinter die „Strichelung“).

Insofern bestätigen die experimentellen Ergebnisse die Annahme aus Kapitel 4, dass die Chunkgröße von 2 der ?-Technik im Gegensatz zur Chunkgröße von 1 der beiden intrinsischen Techniken das Kurzzeitgedächtnis mehr belastet und zu geringerer Erkennungsleistung führt. Die höhere Leistung der Technik „Strichelung“ im Vergleich zur Technik „schmale Linienbreite“ kann durch zwei Ursachen begründet werden. Zum einen ist die Gesamtfläche eines gestrichelt gezeichneten Schadenzeichens größer als die eines schmal gezeichneten<sup>9</sup>, das gestrichelte Zeichen hebt sich also auffälliger vom Hintergrund ab (zu den Parametern, die in 2.3.1 als geeignet beschrieben wurden, Auffälligkeit zu bewirken, gehört auch die Fläche). Zum anderen ist der Unterschied der Kodierung sicherer und unsicherer Informationen unmittelbar an jedem einzelnen Zeichen ersichtlich. Bei der „schmalen Linienbreite“ hatten einige Probanden geäußert, dass bei Gruppen von Zeichen, die unsichere und sichere enthalten, aufgrund der Möglichkeit des direkten Vergleichs der Linienbreite die Klassifikation leicht möglich sei. Bei Einzelzeichen hatten diese Probanden zur Sicherheit einen Vergleich mit umliegenden Zeichen vorgenommen, was den Zeitbedarf für die Erkennung etwas erhöht.

---

<sup>9</sup>Am Beispiel des Zeichens für Teilblockierung (zwei parallele Striche): Bei einer Zeichenhöhe von 46 Pixeln ergibt sich für ein **sicheres Zeichen**, gezeichnet mit einer **Linienbreite von 6 Pixeln** eine **Gesamtpixelanzahl von 276** Pixeln, für ein **unsicheres Zeichen**, gezeichnet mit einer **Linienbreite von 3 Pixeln** eine **Gesamtpixelanzahl von 138** Pixeln, für ein **gestricheltes Zeichen**, gezeichnet mit einer Linienbreite von 6 Pixeln und dem verwendeten Muster (abwechselnd 9 Pixel darstellen, 3 Pixel auslassen) eine **Gesamtpixelanzahl von 216** Pixeln.

# 7 Zusammenfassung und Ausblick

## 7.1 Zusammenfassung

Diese Arbeit hat die Darstellung unsicherer Information in Lagekarten bei Katastrophen behandelt. Dazu wurde zuerst der Stand der Forschung bei der Darstellung unsicherer Information ausführlich dokumentiert und sowohl begrifflich als auch inhaltlich hierarchisch kategorisiert. Außerdem wurden das Charakteristikum Auffälligkeit von Kodierungen sowie Erkenntnisse aus der Anthropotechnik bezüglich Wahrnehmungsgrenzen des Menschen mit Fokus auf die beschränkte Kapazität des Kurzzeitgedächtnisses beschrieben. Als zweite Grundlage wurde der Stand der Technik bei der Darstellung unsicherer Information auf Lagekarten durch Literaturrecherche, und besonders durch Befragung von Experten der Berufsfeuerwehr und des Technischen Hilfswerks (THW) erhoben.

Auf dieser Grundlage wurde ein beispielhaftes Katastrophenszenario konstruiert und eine entsprechende Lagekarte erstellt. An diesem Lagekartenbeispiel wurde der Stand der Technik, die „Fragezeichen-Technik“, bei der Darstellung unsicherer Information in Lagekarten analysiert und kritisch beleuchtet. Dabei ergab sich, dass im Falle menschlicher Meldungsgeber eine Anzeige, ob eine Information unsicherheitsbehaftet ist oder nicht, nur binär sinnvoll ist: Eine Information ist entweder sicher oder unsicher; es werden keine Abstufungen dazwischen berücksichtigt. Unter Berücksichtigung der Aspekte Auffälligkeit von Kodierungen und menschlichen Wahrnehmungsgrenzen wurde nach weiteren Möglichkeiten gesucht, unsichere Information in Lagekarten darzustellen. Dabei kristallisierten sich zwei gute Alternativen heraus: Die eine zeichnet unsichere Informationen mit schmalerer Linienbreite als sichere (Technik „schmale Linienbreite“), die zweite zeichnet unsichere Informationen gestrichelt (Technik „Strichelung“).

Diese beiden Vorschläge wurden zusammen mit dem Stand der Technik in einer experimentellen Evaluation getestet. Dabei war auf beispielhaften Lagekartenvisualisierungen für jeden Visualisierungsvorschlag die Anzahl sicherer und unsicherer Informationen zu be-

stimmen. Als Ergebnis war der Vorschlag „Strichelung“ derjenige, bei dem die Probanden im Durchschnitt die beste Erkennungsleistung erbrachten. Im Durchschnitt die zweitbeste Erkennung erfolgte mit der Technik „schmale Linienbreite“. Die längste Erkennungszeit benötigten die Probanden mit der „Fragezeichen-Technik“. Ein interessantes, durchaus überraschendes Ergebnis ist, dass auch die beiden Experten die Aufgabe nicht mit der ihnen aus der Praxis vertrauten Fragezeichen-Technik am besten erledigen konnten. Das Ergebnis der Teststudie belegt damit, dass diese Technik durch die Verwendung von zwei zu dekodierenden und zu verknüpfenden Zeichen das Kurzzeitgedächtnis mehr belastet und damit die Durchführung der Zählaufgabe mehr Zeit in Anspruch nimmt als bei den beiden anderen Techniken, die nur ein Zeichen und damit nur einen Chunk im Kurzzeitgedächtnis belegen. Bezüglich der Handhabbarkeit im täglichen Gebrauch ist allerdings der Stand der Technik im Vorteil.

### 7.2 Ausblick

Im folgenden werden kurz Ideen zur experimentellen Evaluation der Arbeit, zur veränderten Angabe von Unsicherheit bei sensorgestützten Meldungen sowie zu einer umfassenderen Nutzung der Möglichkeiten des Digitalen Lagetisches skizziert.

Die *experimentelle Evaluation* ließe sich durch eine Vergrößerung ihrer Datenbasis auf ein breiteres Fundament stellen. Wenngleich die Tendenz der Ergebnisse der Leistungsmessung deutlich sichtbar ist, könnten zur Untermauerung der Testergebnisse noch weitere Probanden getestet werden. Zu überlegen ist auch, inwieweit ein Feilen am Ablauf des Experiments sich günstig auf die Repräsentativität der Ergebnisse auswirken würde. Beispielsweise lässt sich der Lerneffekt nicht eliminieren; möglicherweise ist es aber sinnvoll, ihn bereits dem ersten Teilexperiment zu Gute kommen zu lassen, indem ein weiteres Teilexperiment, bei dem nur sichere Informationen zu zählen sind, dem ersten vorgeschaltet wird. Auf diese Weise würde das Erkennen taktischer Zeichen auf der Karte zumindest für sichere Information trainiert sowie der Umgang mit dem Handzähler geübt.

In Abschnitt 3.2.3 wurden unter anderem Forschungsprojekte vorgestellt, bei denen statt Personen technische Geräte mithilfe ihrer Sensoren Schäden und Gefahren detektieren und eine *sensorgestützte Meldung* generieren. Da im Falle von Sensoren Messgrößen zur Bestimmung der Unsicherheit der Sensorwerte vorliegen, besteht hier die Möglichkeit, Unsicherheit nach unterschiedlichen Schweregraden abzustufen. Grundsätzlich gilt zwar, dass

bei Unsicherheit egal welches Grades Erkunder zum Schadenort zu entsenden sind. Im Katastrophenfall übersteigt aber die Zahl der erforderlichen Einsatzkräfte den Personalbestand der Hilfseinrichtungen unter Umständen weit. Dann muss entschieden werden, für welche unsichere Schaden- bzw. Gefahreninformation zuerst erkundet wird. Es wäre zu überlegen, ob eine abgestufte Angabe von Unsicherheit diese Entscheidung sinnvoll unterstützen kann, und wie die abgestufte Angabe im Einzelnen aussehen könnte.

Der *Digitale Lagetisch* bietet neben der verwendeten Tischanzeige noch weitere Hardware zur Informationsanzeige und -abfrage: die horizontale Tafelanzeige und das Fovea-Tablett. Es wäre überlegenswert, auf welche Weise diese in die Lagekartendarstellung einbezogen werden könnten. Ein Beispiel ist die in Abschnitt 4.4 beschriebene Darstellung zweidimensionaler Unsicherheit, deren Darstellung auf der Lagekarte nicht dauerhaft erwünscht ist. Die Anzeige einer Schadstoffausbreitung könnte erfolgen, indem der entsprechende Ausschnitt der Karte über das Fovea-Tablett ausgewählt und zusammen mit der aktuell berechneten Schadstoffkeule auf der Tafelanzeige dargestellt wird. Auf diese Weise könnten andere Stabsmitglieder ihre Arbeit an der Lagekarte ungestört fortsetzen.

Ein weiteres Beispiel wäre eine alternative Lagekartendarstellung gemäß dem Vorschlag der THW-DV 1-101 (2006), der in Abbildung B.4 zu sehen ist. Es würden dann statt aller wichtigen Schäden und Gefahren nur die Meldungsnummern auf der Karte platziert. Über das Fovea-Tablett könnte eine Nummer ausgewählt werden, für die dann auf der Tafelanzeige das zugehörige Schadenkonto angezeigt würde. In Weiterführung dieses Gedankens wäre zu überlegen, ob es nützlich wäre, die gesamte Information bezüglich einer Schadenlage und des damit befassten Einsatzes – ausgehend von Abbildung 3.2 (unten) etwa alle Notizen, die links der geographischen Karte angebracht sind – in der Datenbank des Lagetisches zu hinterlegen.

# Literaturverzeichnis

## **Aerts u. a. 2003**

AERTS, J. ; CLARKE, K. ; KEUPER, A.: Testing Popular Visualization Techniques for Representing Model Uncertainty. In: *Cartography and Geographic Information Science* 30 (2003), Nr. 3, S. 249–261

## **Aipperspach 2008**

AIPPERSPACH, R.: *Categorization an Toolkit Support for Uncertainty Visualization*. <http://vis.berkeley.edu/courses/cs294-10-sp06/wiki/images/2/21/AipperspachFinalReport.pdf>. Version: 2008, Abruf: Dezember 2008

## **AMFIS 2008**

*AMFIS: Aufklärung mit mobilen und ortsfesten Sensoren im Verbund*. Version: 2008. <http://www.iitb.fhg.de/servlet/is/18599/>, Abruf: August 2008

## **Axer u. a. 2005**

AXER, Th. ; BISTRY, Th. ; FAUST, E. ; FIETZE, St. ; MÜLLER, M. ; PRECHTL, M.: *Sturmdokumentation Deutschland 1997-2004*. Düsseldorf (u.a.) : Deutsche Rückversicherung AG, 2005

## **Bader u. a. 2008**

BADER, Th. ; MEISSNER, A. ; TSCHERNEY, R.: Digital Map Table with Fovea-Tablett: Smart Furniture for Emergency Operation Centers. In: *Proceedings of the 5th International ISCRAM Conference*. Washington, DC, USA, May 2008

## **Beard u. a. 1991**

BEARD, M. ; BUTTENFIELD, B. ; CLAPHAM, S.: *NCGIA research initiative 7: Visualization of Spatial Data Quality (Technical Paper 91-26)*. Santa Barbara, CA : National Center for Geographic Information and Analysis, 1991

## **Bertin 1974**

BERTIN, J.: *Graphische Semiologie: Diagramme, Netze, Karten*. Berlin (u.a.) : de Gruyter, 1974

**Beyerer 1999**

BEYERER, J.: *Verfahren zur quantitativen statistischen Bewertung von Zusatzwissen in der Messtechnik*. Düsseldorf : VDI Verlag GmbH, 1999

**Bisantz u. a. 2002**

BISANTZ, A. ; KESAVADAS, T. ; SCOTT, P. ; LEE, D. ; BASAPUR, S. ; BHIDE, P. ; SHARMA, C. ; ROTH, E.: *Holistic Battlespace Visualization : Advanced Concepts in Information Visualization and Cognitive Studies / Center for Multisource Information Fusion, University of Buffalo*. 2002. – Forschungsbericht

**Bisantz u. a. 2006**

BISANTZ, A. ; PFAUTZ, J. ; STONE, R. ; ROTH, E. ; THOMAS-MEYERS, G. ; FOUSE, A.: *Assessment of Display Attributes for Displaying Meta-Information on Maps*. In: *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 50th annual meeting* (2006)

**Bisantz u. a. 1999**

BISANTZ, A.M. ; FINGER, R. ; SEONG, Y. ; LLINAS, J.: *Human Performance and Data Fusion Based Decision Aids*. In: *Proceedings of the 2nd International Conference on Information Fusion* Bd. 99, 1999, S. 918–925

**Blenkinsop u. a. 2000**

BLENKINSOP, A. ; FISHER, P. ; BASTIN, L. ; WOOD, J.: *Evaluating the Perception of Uncertainty in Alternative Visualization Strategies*. In: *Cartographica* 37 (2000), Nr. 1, S. 1–13

**Bollmann u. Koch 2001**

BOLLMANN, J. (Hrsg.) ; KOCH, W.-G. (Hrsg.): *Lexikon der Kartographie und Geomatik*. Heidelberg (u.a.) : Spektrum Akademischer Verlag, 2001

**Brown 2004**

BROWN, R.: *Animated Visual Vibrations as an Uncertainty Visualization Technique*. In: *Proc. of the 2nd International Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques in Australasia and South East Asia* (2004), S. 84–89

**Card u. a. 1983**

CARD, S. ; MORAN, Th. ; NEWELL, A.: *The Psychology of Human-Computer Inter-*

*action*. Hillsdale (NJ), London : Lawrence Erlbaum Associates, Publishers, 1983

**Cedilnik u. Rheingans 2000**

CEDILNIK, A. ; RHEINGANS, P.: Procedural Annotation of Uncertain Information. In: *Proceedings of the Conference on Visualization '00* (2000), S. 77–83

**Charaniya u. a. 2002**

CHARANIYA, A. ; FAALAND, N. ; RAMALINGAM, S. ; LODHA, S. ; RIBARSKY, W. ; FAUST, N. ; WARTELL, Z. ; WASILEWSKI, T.: Real-Time Uncertainty Visualization of Mobile Objects in VGIS. In: *IEEE Visualization*. Boston, USA, 2002. – Interactive Demonstration and Poster

**Charwat 1994**

CHARWAT, H. J.: *Lexikon der Mensch-Maschine-Kommunikation*. 2. Auflage. München (u.a.) : Oldenbourg, 1994

**Cliburn u. a. 2002**

CLIBURN, D.C. ; FEDDEMA, J.J. ; MILLER, J.R. ; SLOCUM, T.A.: Design and Evaluation of a Decision Support System in a Water Balance Application. In: *Computers & Graphics* 26 (2002), Nr. 6, S. 931–949

**Dahm 2006**

DAHM, M.: *Grundlagen der Mensch-Computer-Interaktion*. München : Pearson, 2006

**Djurcilov u. a. 2002**

DJURCILOV, S. ; KIM, K. ; LERMUSIAUX, P. ; PANG, A.: Visualizing Scalar Volumetric Data with Uncertainty. In: *Computers & Graphics* 26 (2002), Nr. 2, S. 239–248

**Drecki 2002**

DRECKI, I.: Visualization of Uncertainty in Geographical Data. In: *Spatial Data Quality*. London : Taylor & Francis, 2002, S. 140–159

**Duden 2007**

*Duden Deutsches Universalwörterbuch*. 6., überarbeitete und erweiterte Auflage. Mannheim (u.a.) : Dudenverlag, 2007

**Duden Informatik 2006**

*Duden Informatik A-Z*. Mannheim (u.a.) : Dudenverlag, 2006

**Eckel 2006**

ECKEL, S.: *Einsatz des Bayes-Theorems zur Erkennungsunterstützung bei der Satellitenbilddauswertung*, Universität Karlsruhe (TH), Diplomarbeit, 2006

**Edwards u. Nelson 2001**

EDWARDS, L. ; NELSON, E.: Visualizing Data Certainty: A Case Study Using Graduated Circle Maps. In: *Cartographic Perspectives* 38 (2001), S. 719–736

**Evans 1997**

EVANS, B.: Dynamic display of spatial data-reliability : Does it benefit the user? In: *Computers & Geosciences* 23 (1997), Nr. 4, S. 409–422

**Fauerbach u. a. 1996**

FAUERBACH, E. ; EDSALL, R. ; BARNES, D. ; MACEACHREN, A.: Visualization of Uncertainty in Meteorological Forecast Models. In: *Proceedings of the International Symposium on Spatial Data Handling*. Delft, Niederlande, August 1996, S. 12–16

**Ferch u. Meloumis 2005**

FERCH, H. ; MELOUMIS, M.: *Führungsstrategie. Großschadenlagen beherrschen*. Stuttgart : Kohlhammer, 2005

**Fisher 1994**

FISHER, P.: Animation and Sound for the Visualization of Uncertain Spatial Information. In: *Visualization in Geographical Information Systems*. Hoboken : Wiley, 1994, Kapitel 19, S. 181–185

**FwDV100 2003**

*Feuerwehr-Dienstvorschrift 100. Führung und Leitung im Einsatz*. Stuttgart : Kohlhammer, 2003

**Geier u. a. 2005**

GEIER, W. ; HENSCHEL, Th. ; HIDAJAT, R.: *Problemstudie: Risiken für Deutschland*. Bad Neuerahr-Ahrweiler : Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe-Akademie für Krisenmanagement, Notfallplanung und Zivilschutz, 2005

**Geiser 1973**

GEISER, G.: *Zur Auffälligkeit optischer Muster : experimentelle und theoretische Beschreibung der Aufmerksamkeitssteuerung bei der visuellen Wahrnehmung auf der Grundlage der Detektionstheorie*. Universität Karlsruhe, 1973

**Geisler 2006**

GEISLER, J.: *Leistung des Menschen am Bildschirmarbeitsplatz: Das Kurzzeitgedächtnis als Schranke menschlicher Belastbarkeit in der Konkurrenz von Arbeitsaufgabe und Systembedienung*. Karlsruhe : Universitätsverlag, 2006

**Goodchild u. a. 1994**

GOODCHILD, M. ; BUTTENFIELD, B. ; WOOD, J.: Introduction to Visualizing Data Validity. In: *Visualization in Geographical Information Systems*. Hoboken : Wiley, 1994, Kapitel 15, S. 141–149

**Goos 1995**

GOOS, G.: *Vorlesungen über Informatik. Band 1: Grundlagen und Funktionales Programmieren*. Berlin (u.a.) : Springer, 1995

**Grewe u. a. 2007**

GREWE, L. ; KRISHNAGIRI, S. ; CRISTOBAL, J.: A Disaster Recovery System Featuring Uncertainty Visualization and Distributed Infrastructure. In: *Proceedings of SPIE* 6538 (2007), S. 65380W

**Griethe u. Schumann 2005**

GRIETHE, H. ; SCHUMANN, H.: Visualizing Uncertainty for Improved Decision Making. In: *Proceedings of the 4th International Conference on Business Informatics Research*. Skövde, Schweden, 2005

**Griethe u. Schumann 2006**

GRIETHE, H. ; SCHUMANN, H.: The Visualization of Uncertain Data: Methods and Problems. In: *Proceedings of SimVis 2006*. Magdeburg, April 2006, S. 143–156

**Harrower 2003**

HARROWER, M.: Representing Uncertainty : Does it Help People Make Better Decisions? In: *UCGIS Workshop: Geospatial Visualization and Knowledge Discovery Workshop, National Conference Center, Landsdowne, VA., (invited white paper)* (2003)

**Howard u. MacEachren 1996**

HOWARD, D. ; MACEACHREN, A.: Interface Design for Geographic Visualization: Tools for Representing Reliability. In: *Cartography and Geographic Information Systems* 23(2) (1996), S. 59–77

**Jungermann u. a. 2005**

JUNGERMANN, H. ; PFISTER, H.-R. ; FISCHER, K.: *Die Psychologie der Entscheidung*.

*Eine Einführung*. 2. Auflage. München : Elsevier, 2005

**Lefevre u. a. 2005**

LEFEVRE, R. ; PFAUTZ, J. ; JONES, K.: Weather Forecast Uncertainty Management and Display. In: *21st International Conference on Interactive Information Processing Systems (IIPS) for Meteorology, Oceanography, and Hydrology*, 2005

**Leitner u. Buttenfield 2000**

LEITNER, M. ; BUTTENFIELD, B.: Guidelines for the Display of Attribute Certainty. In: *Cartography and Geographic Information Science* 27 (2000), Nr. 1, S. 3–14

**LKatSG 1999**

*Gesetz über den Katastrophenschutz (Landeskatastrophenschutzgesetz-LKatGS)*. Ministerium des Inneren Baden-Württemberg, 1999/2006

**Lodha u. a. 1997**

LODHA, S. ; BEAHAN, J. ; HEPPE, T. ; JOSEPH, A. ; ZANE-ULMAN, B.: MUSE: A Musical Data Sonification Toolkit. In: *Proceedings of International Conference on Auditory Display (ICAD'97)* (1997)

**Lodha u. a. 1996**

LODHA, S. ; WILSON, C. ; SHEEHAN, R.: LISTEN: Sounding Uncertainty Visualization. In: *Proceedings of the 7th IEEE Visualization Conference (VIS'96)* (1996)

**MacEachren u. a. 1998**

MAC EACHREN, A. ; BREWER, C. ; PICKLE, L.: Visualizing Georeferenced Data: Representing Reliability of Health Statistics. In: *Environment and Planning A* 30 (1998), S. 1547–1561

**MacEachren u. a. 2005**

MAC EACHREN, A. ; ROBINSON, A. ; HOPPER, S. ; GARDNER, St. ; MURRAY, R. ; GAHEGAN, M. ; HETZLER, E.: Visualizing Geospatial Information Uncertainty: What We Know and What We Need to Know. In: *Cartography and Geographic Information Science* 32 (2005), Nr. 3, S. 139–161

**MacEachren 1992**

MAC EACHREN, A.M.: Visualizing uncertain information. In: *Cartographic Perspective* 13 (1992), Nr. 3, S. 10–19

**Masalonis u. a. 2004**

MASALONIS, A. ; MULGUND, S. ; SONG, L. ; WANKE, C. ; ZOBELL, S.: Using Probabilistic Demand Predictions for Traffic Flow Management Decision Support. In: *AIAA Guidance, Navigation, and Control Conference and Exhibit* (2004), S. 16–19

**Menges 1972**

MENGES, G.: *Grundriß der Statistik. Teil 1: Theorie*. Opladen : Westdeutscher Verlag, 1972

**Mitschke 2003**

MITSCHE, Th.: *Taktische Zeichen in der Gefahrenabwehr*. 4. Auflage. Edewecht : Stumpf & Kossendey, 2003

**Moellenboeck 1998**

MOELLENBOECK, H.: *Objektorientierte Programmierung in Oberon-2*. Berlin (u.a.) : Springer, 1998

**Monmonier 1996**

MONMONIER, M.: *Eins zu einer Million*. Basel (u.a.) : Birkhäuser, 1996

**Neuer Weg in Hemer 2007**

Neuer Weg in Hemer beschritten. In: *Homeland Security* (2007), Nr. 4, S. 34–36

**Pang 2001**

PANG, A.: Visualizing Uncertainty in Geo-spatial Data. In: *Proceedings of Workshop on the Intersections between Geospatial Information and Information Technology for the National Academies committee of the Computer Science and Telecommunications Board* (2001), S. 1–14

**Pang 2008**

PANG, A.: Visualizing Uncertainty in Natural Hazards. In: *Risk Assessment, Modeling and Decision Support*. Berlin (u.a.) : Springer, 2008, S. 261–293

**Pang u. a. 1997**

PANG, A. ; WITTENBRINK, C. ; LODHA, S.: Approaches to Uncertainty Visualization. In: *The Visual Computer* 13 (1997), November, S. 370–390

**Peinsipp-Byma u. a. 2007**

PEINSIPP-BYMA, E. ; ECK, R. ; BADER, Th. ; GEISLER, J.: Teamarbeit am Digitalen Lagetisch mit Fovea-Tablett. In: *MMI-Interaktiv* (2007), April, Nr. 12

**Pfautz u. a. 2006**

PFAUTZ, J. ; BISANTZ, A. ; ROTH, E. ; FOUSE, A. ; NUNES, A.: Beyond Uncertainty: Examining Meta-Information Visualization Techniques. New York, NY, USA : ACM, 2006

**Pfautz u. a. 2007**

PFAUTZ, J. ; FOUSE, A. ; FARRY, M. ; BISANTZ, A. ; ROTH, E.: Representing Meta-Information to Support C2 Decision Making. In: *Proceedings of the 12th International Command and Control Research and Technology Symposium (ICCRTS '07)*. Newport, Rhode Island, Juni 2007

**Prendke 2005**

PRENDKE, W.-D.: *Lexikon der Feuerwehr*. 3. Auflage. Stuttgart : Kohlhammer, 2005

**Riveiro 2007**

RIVEIRO, M.: Cognitive Evaluation of Uncertainty Visualization Methods for Decision Making. In: *Proceedings of the 4th symposium on Applied Perception in Graphics and Visualization, Tübingen, Germany*. New York, NY, USA : ACM Press, 2007, S. 133–133

**Rock u. Palmer 1991**

ROCK, I. ; PALMER, S.: Das Vermächtnis der Gestaltpsychologie. In: *Spektrum der Wissenschaft* (1991), Februar

**Schumann u. Müller 2000**

SCHUMANN, H. ; MÜLLER, W.: *Visualisierung. Grundlagen und allgemeine Methoden*. Berlin (u.a.) : Springer, 2000

**Schweizer u. Goodchild 1992**

SCHWEIZER, D. ; GOODCHILD, M.: Data Quality and Choropleth Maps: An Experiment with the Use of Color. In: *Proceedings, GIS/LIS '92*. San Jose, California : ACSM and ASPRS, Washington, D.C., 1992, S. 686–699

**Slocum u. a. 2003**

SLOCUM, T.A. ; CLIBURN, D.C. ; FEDDEMA, J.J. ; MILLER, J.R.: Evaluating the Usability of a Tool for Visualizing the Uncertainty of the Future Global Water Balance. In: *Cartography and Geographic Information Science* 30 (2003), Nr. 4, S. 299–317

**Syrbe u. Beyerer 2007**

SYRBE, M. ; BEYERER, J.: Mensch-Maschine-Wechselwirkungen, Anthropotechnik. In: *Hütte – Das Ingenieurwissen*. 33. Auflage. Berlin (u.a) : Springer, 2007, S. K80–K104

**Thomson u. a. 2005**

THOMSON, J. ; B.HETZLER ; MACÉACHREN, A. ; GAHEGAN, M. ; PAVEL, M.: A Typology for Visualizing Uncertainty. In: *Proc. SPIE* Bd. 5669, 2005, S. 146–157

**THW-DV 1-101 2006**

*THW-DV 1-101. Handbuch Führen im Technischen Hilfswerk*. Bonn : Bundesanstalt Technisches Hilfswerk – Leitung, 2006-2008

**Uni Paderborn: Eingreiftruppe Waldbrände 2008**

Schnelle Eingreiftruppe gegen Waldbrände. In: *Scitechs (Beilage VDI-Nachrichten Nr. 22)* (2008), Nr. 2, S. 16–17

**UNISDRa 2008**

*United Nations International Strategy for Disaster Reduction: About ISDR – Mission and objectives*. Version: 2008. [http://www.unisdr.org/eng/about\\_isdr/isdr-mission-objectives-eng.htm](http://www.unisdr.org/eng/about_isdr/isdr-mission-objectives-eng.htm), Abruf: August 2008

**UNISDRb 2008**

*United Nations International Strategy for Disaster Reduction: Library on disaster risk reduction – Terminology ISDR*. Version: 2008. <http://www.unisdr.org/eng/library/lib-terminology-eng.htm>, Abruf: Juli 2008

**Ware 2005**

WARE, C.: *Information Visualization. Perception for Design*. San Francisco : Morgan Kaufman, 2005

**Van der Wel u. a. 1998**

WEL, F.J.M. Van d. ; GAAG, L.C. Van d. ; GORTE, B.G.H.: Visual Exploration of Uncertainty in Remote-Sensing Classification. In: *Computers and Geosciences* 24 (1998), Nr. 4, S. 335–343

**Wittenbrink u. a. 1996**

WITTENBRINK, C. ; PANG, A. ; LODHA, S.: Glyphs for Visualizing Uncertainty in Vector Fields. In: *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics* 2 (1996), Nr. 3, S. 266–279

# Anhang

# A Besuchsbericht Feuerwehr Karlsruhe (16.06.2008)

Termin mit Herrn **Brandamtmann Bertram**, Beamter im gehobenen Dienst bei der **Feuerwehr Karlsruhe**, verantwortlicher Einsatzleiter im Einsatzleitwagen (ELW2), am 16.06.2008, 10:30–12:00 Uhr, Feuerwache West (Honsellstr. 3, Karlsruhe-Mühlburg).

Ort der Befragung ist der Sitzungsraum des Führungsstabs im Einsatzleitwagen.

**Besprechungsgegenstand:** Stand der Technik bei der Darstellung von Information in Lagekarten; realistische Katastrophenszenarien.

- **Ausstattung des Sitzungsraums:**

**Tisch** mit sieben Sitzplätzen für Feuerwehrbeamte.

**Schränke mit Papierkartenmaterial** des geographischen Zuständigkeitsbereichs der Feuerwehr Karlsruhe (Stadt- und Landkreis Karlsruhe).

**Smartboard** (Abmessung ca. 60 cm x 90 cm) an der Stirnseite des Tisches zur Darstellung der Lage auf digitalen Karten.

**Magnetwand** (Abmessungen ca. 100 cm x 130 cm) an der Längsseite des Tisches zur Darstellung der Lage auf Papierkarten (Anbringung mit Hilfe von Scheibenmagneten).

- **Ziel der Lagekarte:**

- Optische Hilfe zur Entscheidungsunterstützung während des Einsatzes
- Dokumentation des Einsatzes

- **Darstellung von Information auf einer Lagekarte im Einsatz:**

1. **Beschaffung der geographischen Karte des Einsatzgebiets:**

- Digitale Karten:

Bei Internetzugriffsmöglichkeit dient als Kartengrundlage im Stadtkreis so-

---

wie für weite Teile des Landkreises Karlsruhe der Web-Stadtplan der Stadt Karlsruhe (<http://geodaten.karlsruhe.de>, Maßstab 1:12.500). Für Einsätze außerhalb des Zuständigkeitsbereiches der Feuerwehr Karlsruhe (Stadt- und Landkreis Karlsruhe) werden Karten von Google Maps im benötigten Maßstab geladen. Diese enthalten alle für die Anfahrt zum Einsatzgebiet notwendigen Informationen (Straßennetz). Zur Information über Bebauung und Bewuchs des Einsatzgebietes werden zusätzlich die entsprechenden Satellitenbilder geladen. Der Einsatz digitaler Karten wird dem Einsatz von Papierkarten so sehr vorgezogen, dass bei Einsätzen in Gebieten mit schlechter UMTS-Versorgung die Karte des Einsatzgebiets zu Beginn der Anfahrt, solange gute Internetzugriffsmöglichkeit besteht, geladen wird. Für den Fall, dass kein Internetzugriff verfügbar ist, sind digitale Karten des Landesvermessungsamtes im Maßstab 1:25.000 und 1:50.000 als DVD („Top25/Top50 Baden-Württemberg“) griffbereit.

- Analoge Karten: Als analoge Karte wird eine Papierkarte des Zuständigkeitsbereiches im Maßstab 1:50.000 mitgeführt (vgl. FwDV 100, Anlage 5: „Zur Gewährleistung der Zusammenarbeit mit anderen Organisationen und Dienststellen“). Bei Einsätzen außerhalb des Zuständigkeitsbereiches ist die kommunale Feuerwehr für die Beschaffung von Ortsplänen verantwortlich. Der ADAC-Straßenatlas ist wichtiges Hilfsmittel für die Präzisierung von Informationen im Gespräch mit nicht ortskundigen (motorisierten) Informanten (Beispiel: Ein Kurgast meldet ein Vorkommnis während einer Ausflugsfahrt).

## 2. Darstellung der Lageinformation mit Hilfe taktischer Zeichen:

Zur Darstellung der einsatzrelevanten Informationen für die eigene Lage sowie für die Schadenlage dienen taktische Zeichen. Das Zeichen-Alphabet entspricht im Umfang der Feuerwehr-Dienstvorschrift 100 (FwDV 100), Anlage 6.

Für die Darstellung auf digitalen Karten sind die Zeichen als Bitmap-Dateien in die Smartboard-Software integriert. Sie werden in einer Werkzeugleiste links neben der Karte angezeigt und können durch Fingerdruck oder Mausklick selektiert, an die gewünschte Stelle in der Karte platziert und auf die passende Größe skaliert werden. Die andere Möglichkeit ist, die Zeichen auf der Karte mit einem speziellen Stift (bzw. Schwamm) einzuzeichnen bzw. zu löschen. Die taktischen Zeichen sind käuflich erwerbbar auf CD vom THW.

Für die Darstellung auf analogen Karten werden Magnetplättchen mit aufgedruckten taktische Zeichen mitgeführt, die an die entsprechende Stelle auf der Karte gesetzt werden.

• **Kartenhierarchie:**

Gewöhnlich findet eine Dreiteilung der Lagedarstellung statt, gemäß der Hierarchie der Führungsebenen der Feuerwehr (vgl. Ferch u. Meloumis (2005)):

- **Strategische Ebene:** Entwicklung und Umsetzung eines Gesamtkonzepts unter Einbeziehung aller denkbaren Lösungsmöglichkeiten. Die strategische Ebene arbeitet mit Karten im Maßstab kleiner 1:10.000, in denen vor allem die Gliederung des Schadengebietes in Einsatzabschnitte dargestellt wird. Verwendete taktische Zeichen sind demzufolge solche zur Darstellung der eigenen Lage: Mannschaftsstandorte, Fahrzeuge, wichtige Leitungsstellen (vgl. Ferch u. Meloumis (2005), S. 170).
- **Taktische Ebene:** Einsatz vorhandener Ressourcen (Mannschaft, Fahrzeuge, Gerät) zur Maximierung des Erfolgs. Die taktische Ebene arbeitet mit Karten etwa zwischen 1:5.000 und 1:1.000. Dargestellt werden einzelne Einsatzabschnitte. Geschädigte Personen werden ab einem Maßstab von 1:5.000 als taktische Zeichen dargestellt.
- **Technische Ebene:** Einsetzen von Fahrzeugen und Geräten unter Einbeziehung von Schutzmaßnahmen. Die technische Ebene arbeitet mit Plänen im Maßstab größer 1:1.000, häufiger jedoch mit Skizzen (Flipchart) und Schadenskonten (spezielles Formular, das in zwei Spalten einer Tabelle links die Schäden auflistet, rechts die verfügbaren Ressourcen zur Bekämpfung/Behebung des Schadens).
- Nachträgliche Schlussfolgerung für die DA: Da Personen dargestellt werden sollen, ist die Wahl einer Karte im Maßstab 1:5.000 angemessen.

Praktische Beispiele:

- Digitale Darstellungen zu einer Feuerwehrrübung im Stadtgebiet Karlsruhe:
  - \* Übersichtskarte vom Web-Stadtplan Karlsruhe (ca. 1: 7.500) mit von Hand (Stift) eingezeichneten Einsatzabschnitten als skizzierten Rechtecken
  - \* Detailansicht des Schlosses als Orthofoto (ca. 1: 1.000) mit taktischen Zei-

---

chen von einem Teilbrand bzw. zwei Vollbränden. In eine solche Darstellung könnte man auch Zeichen für geschädigte Personen einbringen.

- Papierkarte von Hechingen (aktuell letzter Einsatz des ELW2), mit Scheibenmagneten an der Magnettafel befestigt. Möglichkeit der Darstellung eigener Einheiten mit Hilfe vorgehaltener Magnetplättchen mit entsprechendem Aufdruck.

- **Handlungsablauf „Von der Meldung zum Kartenzeichen“:**

1. **Meldung geht in der Leitstelle ein**
2. **Meldung wird interpretiert:** Der Disponent in der Leitstelle ist geschult im Abfragen relevanter Information. Er gibt diese weiter an den Einsatzleiter. Von Interesse sind beispielsweise: Personen (Anzahl, Zustand); Passierbarkeit von Straßen; Gefahrstoffe (Austrittsort, Menge, Windrichtung). Die Berechnung der Ausbreitungskeule erfolgt mithilfe der Gefahrgutberechnungssoftware Memplex in der Leitstelle; es wird stets idealisiert gearbeitet, d. h. die Keule wird immer größer angegeben als sie ist. Anhand der Keule wird entschieden, wo Messungen durchgeführt werden (Schulen, Kindergärten).
3. **Meldung wird zu Zeichen in der Karte:** Anwendung passender taktischer Zeichen.

Besonderheiten:

- Kardinalität:
  - \* Spezielle Zeichen nur für Angabe interner Einheiten (Truppstärke)
  - \* Bei Personen Angabe der Anzahl durch Zahlwert
- Detailliertere Personeninformation (z. B. Alter, Sicherheitsstatus, Ortskenntnis): Nicht relevant für die Feuerwehr; Altersangabe interessant für den Rettungsdienst
- Fahrzeuge: keine Darstellung von Attributen wie „beschädigt“
- Unsichere Angaben:
  - \* ausschließlich mit vorangestelltem „?“
  - \* bei widersprüchlichen Angaben ist immer die schwerwiegendere darzu-

stellen

4. **Lesen der Lagekarte** (ausschließlich Mitglieder des Führungsstabs)

• **Notfall-Szenarien:**

Die nachgefragten Notfallszenarien Schadstoffaustritt, Sturm und Hochwasser haben alle eine hohe Eintrittswahrscheinlichkeit. Das Spektrum realistischer Vorkommnisse innerhalb eines Schadenfalls ist breit.

- Schadstoffaustritt: Bei Schadstoffaustritt auf dem Transportweg ist zu beachten, dass es für den Transport gefährlicher Stoffe Sicherheitsrichtlinien gibt bezüglich der Menge des Stoffes und des Transportmittels. So darf z. B. Ammoniak ab einer bestimmten Menge nicht mehr in einem LKW, sondern nur mit dem Zug transportiert werden.
- Sturm: Entwurzelung/Abbrechen von Bäumen ist außer von der Windgeschwindigkeit abhängig vom Belaubungsgrad (korreliert mit der Angriffsfläche des Windes) und von der Nässe (nasses, schweres Erdreich erleichtert Entwurzelung). So sind Sommerstürme bei starken Niederschlägen besonders gefährlich. Sturmszenarien sind in der Umgebung vor allem im Schwarzwald „interessant“.
- Hochwasser: Kleine Flüsse sind gefährlicher als große. Aktuelles Beispiel ist das Hochwasser von Hechingen (02.06.2008), wo das Flussbett des Flusses Starzel innerhalb kurzer Zeit (zwei Stunden) über die Ufer trat. Ein Hochwasser eines großen Flusses wie des Rheins hat längere Vorlaufzeiten und kann gezielter im Vorfeld bekämpft werden.

Herr Bertram erklärt sich bereit, zur Verfügung zu stehen für weitere Fragen, für eine kritische Betrachtung der vorläufigen sowie zur Evaluierung der endgültigen Visualisierungsvorschläge. Er ist bereit, zur Evaluierung ins IITB zu kommen und schlägt selbst vor, zusätzlich einen seiner Kollegen aus dem technisch-taktischen Einsatzbereich mitzubringen.

# B Besuchsbericht THW Karlsruhe (09.09.2008) und THW Neuenbürg-Arnach (28.09.2008)

Termin mit **Herrn Schultz**, Zugführer des **THW Karlsruhe** am 09.09.2008, THW Ortsverband (OV) Karlsruhe (Sudetenstr. 91); Ort der Befragung: Verwaltungsbüro der Führungsgruppe.

Befragung von **Herrn Schaaf** (Führer der Fachgruppe Führung und Kommunikation) und **Herrn Faust** (stv. Ortsbeauftragter) des **THW-Ortsverbandes Neuenbürg-Arnach** am 28.09.2008 auf der Feier zum 50-jährigen Bestehen des THW Ortsverbandes Niefern; Ort der Befragung: Führungs- und Lageanhänger („Anh. FühLa“) der aufgebauten THW Führungsstelle.

**Besprechungsgegenstand:** Stand der Technik bei der Darstellung von Information in Lagekarten.

Die Besprechung mit Herrn Schultz findet im Verwaltungsbüro des OV Karlsruhe statt. Herr Schultz weist auf eine Festveranstaltung in Niefern am 28.09.2008 hin, bei der unter anderem der mobile Stabsraum (im Sprachgebrauch „Die FüKom“) ausgestellt wird. Die Fachgruppe Führung und Kommunikation („FGr FüKom“) ist die Führungseinheit des THW in Großschadenslagen<sup>1</sup>.

Der FGr FüKom steht als zentrale Komponente der FüKomKW (Führungs- und Kommunikationskraftwagen als Fernmeldezentrale) nebst dem Führungs- und Lageanhänger (Anh. FühLa = mobiler Stabsraum) zum Aufbau einer THW-Führungsstelle zur Verfügung. Aufgebaut entspricht das etwa einem ELW2 der Feuerwehr plus großem Arbeitsraum für den Stab (vgl. ELW3). Das ausgestellte Exemplar ist das Lehrfahrzeug der Bundesschule des

---

<sup>1</sup>Bestehend aus 18 Personen: fünf Sachgebietsleiter, davon einer Leiter des Stabes; ein Fernmeldetrupp (vier Personen); drei Führungsgehilfen, davon einer für die Arbeit an der Lagekarte; weitere.

THW in Neuhausen. Der Bericht fasst die Ergebnisse beider Befragungen zusammen.

- **Ausstattung des Führungs- und Kommunikationskraftwagens („FüKomKW“) mit Führungs- und Lageanhänger („Anh. FühLa“):**

Der FüKomKW besteht aus einem LKW plus ausklappbarem Anhänger. Der LKW mit Funkeinrichtungen plus Telefonanlage dient als Kommunikationszentrale zur Abwicklung des kompletten Funk- und Telekommunikationsverkehrs (betrieben durch den Führungs- und Kommunikationstrupp der Fachgruppe FK zur Unterstützung des Stabes). Der mitgeführte Führungs- und Lageanhänger wird separat an der Seite des FüKomKW aufgestellt und dient mit einer Aufbaufläche von ca. 20 m<sup>2</sup> als mobiler Stabsraum; er ist mittels einer Durchreiche mit der Fernmeldezentrale verbunden.

In der Mitte des Sitzungsraumes steht ein größerer Tisch für den Sachgebietsleiter S3, in den vier Ecken des Raumes befinden sich die Arbeitsplätze der Sachgebietsleiter S1, S2, S4 und S6, jeweils mit eigener kleiner Magnetwand. Zur Darstellung der Lage auf Lagekarten befindet sich an der Längsseite des Anhängers – zwischen den Sachgebietsleitern S2 (Lage) und S1(Personal) – eine große Magnetwand (ca. 1,20 m mal 1,80 m) für die Anbringung von Papierkarten mit Scheibenmagneten. Die taktischen Zeichen zur Schadendarstellung werden in Kunststoffbehältern in großer Anzahl sortiert mitgeführt.

- **Der Begriff Lagekarte:**

Gemeint ist gewöhnlich die Übersichtskarte, auf der mit taktischen Zeichen die Schadenlage<sup>2</sup> dargestellt wird. Der Begriff wird daneben auch für alle insgesamt an der Magnetwand angebrachten Informationen verwendet (vgl. Prendke (2005)).

- **Ziel der Lagekarte:**

- Entscheidungsunterstützung als „zentrales Führungsinstrument jedes Stabes“
- Große Bedeutung bei längeren Einsätzen für die Übergabe an die nachfolgende Einheit
- Grundlage für Mitteilungen an die Presse: Bei Pressekonferenzen wird die Lage

---

<sup>2</sup>Die eigene Lage wird nicht auf der Übersichtskarte, sondern auf Schadenkonten und Memos dargestellt. Memos sind kurze Vermerke bezüglich Informationen zur Versorgung der eigenen Kräfte oder bezüglich nachgeordneten Sachverhalten, die zu einem späteren Zeitpunkt auf der Lagekarte eingezeichnet werden können.

---

anhand der Lagekarte erläutert.

– Keine Aufbewahrung zur Dokumentation

• **Darstellung von Information auf einer Lagekarte im Einsatz:**

Grundlage für die Auswahl von Karten und Zeichen ist die THW Dienstvorschrift 1-101 [THW-DV 1-101 (2006)].

1. **Beschaffung der geographischen Karte des Einsatzgebiets:**

– Analoge Karten:

Das THW arbeitet im Einsatz grundsätzlich mit Papierkarten, die an die Magnetwand angebracht werden. Wie bei der Feuerwehr führen die Ortsverbände Papierkarten ihres Zuständigkeitsbereichs im Maßstab 1:25.000, 1:50.000, bisweilen 1:100.000 sowie Stadtpläne mit. Bei unterstützenden Einsätzen außerhalb des Zuständigkeitsbereichs ist die leitende Organisation (z. B. die Feuerwehr) für die Beschaffung von Kartenmaterial zuständig. Bei Auslandseinsätzen kann das THW als Bundesbehörde auf Karten der Bundeswehr zurückgreifen.

– Digitale Karten:

Digitale Karten werden beim THW Karlsruhe bislang nur zur Vorbereitung von Übungen verwendet. Dabei wird der benötigte Kartenausschnitt als Screenshot von Google Maps bezogen und mit einem Bildbearbeitungsprogramm (z. B. Photoshop) bearbeitet und mit taktischen Zeichen (von CD-ROM geladen) versehen.

Im Gespräch mit Hrn. Schaan und Hrn. Faust bewerten diese die Verwendung von digitalen Karten kritisch aus folgendem Grund: Die Lagekarte vermittelt das „zentrale Bild“ der Lage, sie muss sicher sein. Wenn jemand von außen hinzukommt (z. B. bei Schichtwechsel), hat er nur dieses Bild als Übersicht über die Lage. Digitale Karten gelten als unzuverlässig, da der Computer abstürzen kann. Deshalb werden digitale Karten zwar als Top50 des Landesvermessungsamtes mitgeführt, aber nur benutzt<sup>3</sup>, um die

---

<sup>3</sup>Die Top50 des Landesvermessungsamt liefert zusätzlich zu den Karten Software, um die Karten in unterschiedlicher Art und Weise anzuzeigen. Beispielsweise sind Geländeschnitte möglich. Das THW nutzt die Karten in Verbindung mit der Software im Einsatz. Es nutzt die Karten nicht in digitaler Form als Lagekartengrundlage.

benötigten geographischen Bereiche auszudrucken, die dann als Grundlage für die Lagekarte an die Magnetwand geheftet werden.

Das Argument, dass mit Internetzugriff und Google Maps die Karte des Einsatzgebietes schneller beschaffbar wäre, greift nicht für das THW, denn das THW tritt in den meisten Einsätzen nicht als „schnelle Eingreiftruppe“ auf – dies ist Part der Feuerwehren – sondern wird von anderen Organisationen angefordert bei länger dauernden oder speziellen Einsätzen. Beispiele sind Räumaufgaben oder Beleuchtung für Einsätze, die nachts fortgeführt werden müssen.

## 2. Darstellung der Lageinformation mit Hilfe taktischer Zeichen:

Zur Darstellung der einsatzrelevanten Informationen dienen taktische Zeichen. Der Zeichenvorrat entspricht der Dienstvorschrift DV 102 „Taktische Zeichen“ der ständigen Konferenz für Katastrophenschutz und Katastrophenvorsorge (2003) (vgl. auch Mitschke (2003)). Die Zeichen werden als laminierte Papierschilder mitgeführt und in Magnetrahmen geschoben auf der Karte platziert. Eine zweite Möglichkeit ist, die Zeichen mit einem Stift auf einer Folie aufzuzeichnen, die zuvor über die Karte gezogen wurde. Dabei wird mit Permanentstift gearbeitet (nur mit Spiritus entfernbar), um sicher zu gehen, dass nichts versehentlich verwischt wird.

### • Kartenhierarchie:

Wie bei der Feuerwehr ändert sich die Lagedarstellung mit der Hierarchieebene. Je niedriger die Hierarchiestufe, desto größer sind die Maßstäbe der verwendeten Karten und Pläne und desto skizzenhafter wird die Lagedarstellung (siehe auch [THW-DV 1-101 (2006)], dort Kapitel 8, S. 21 f.).

### • Handlungsablauf „Von der Meldung zum Kartenzeichen“:

1. Meldung (Einsatzanforderung<sup>4</sup>) geht beim THW ein:

- Eine Privatperson meldet einen Schaden: Da das THW im Regelfall unterstützend wirkt bei Einsätzen, wird die Meldung an die Feuerwehrleit-

---

<sup>4</sup>Der Begriff *Meldung* wird streng genommen nur für Mitteilungen von Einsatzkräften verwendet. Meldet eine Privatperson einen Schaden, so fällt dies unter den Begriff *Einsatzanforderung*. Da aber jede Einsatzanforderung auch Meldung einer Einsatzkraft sein könnte, ist es zulässig, den Begriff *Meldung* für alle Mitteilungen unabhängig vom Absender zu benutzen (sinngemäß zitiert nach Aussage von Herrn Schultz, THW Karlsruhe).

---

stelle weitergeleitet.

- Die Feuerwehrleitstelle fordert das THW als Unterstützung an.
- Die sensorgestützte Meldung kennt das THW nicht.

## 2. **Meldung wird interpretiert:**

Dies erledigt der Disponent in der Feuerwehrleitstelle (siehe Besuchsbericht bei der Feuerwehr Karlsruhe), der den genauen oder vermuteten Schaden an das THW weitergibt.

## 3. **Meldung wird zu Zeichen in der Karte:** Kodierung der Meldung mit passenden taktischen Zeichen.

### **Berücksichtigung unsicherer Angaben:**

- In der Regel mit vorangestelltem „?“
- Herr Schaan berichtet, einmal unterschiedliche Hintergrundfarbe (grün für sichere Meldungen, rot für unsichere) verwendet zu haben, die taktischen Zeichen wurden mit einem Stift darauf gezeichnet. (Neben den Kärtchen mit aufgedruckten taktischen Zeichen führt das THW auch leere Papierquadrate von 2 cm x 2 cm in den Grundfarben mit.)
- Es wird nicht nach der Art der Unsicherheit unterschieden (z. B. Vermutung, widersprüchliche Angaben (Straße befahrbar/nicht befahrbar), unvollständige Angaben), da stets dieselbe Maßnahme ergriffen wird, die Erkundung der Lage durch einen Melder (Mitglied einer Führungsgruppe).
- Vermisste Personen: Ihre Ortsunsicherheit oder Aufenthaltswahrscheinlichkeit wird entweder als Klartextformulierung auf einem Schadenkonto beschrieben, oder sie wird auf der Detailkarte für den Untereinsatzabschnitt, dessen Einsatzkräfte mit der Suche beauftragt wurden, als maximaler Radius eingezeichnet; der Radius wird mit der Zeit geändert. Herr Schaan kann sich vorstellen, dass bei Einsatz in unzugänglichem Gelände der Führungstab an seiner Karte die neue Aufenthaltswahrscheinlichkeit für die Einsatzkräfte berechnet und an diese durchgibt.
- Verlassene Fahrzeuge werden nicht in der Lagedarstellung berücksichtigt.

## 4. **Lesen der Lagekarte:** Mitarbeiter des Zugtrupps oder der Führungsstelle.

Arbeitsabläufe an der Lagekarte zusammengefasst (Zitat Herr Schultz):

„Nach der Erkundung und der Rücksprache mit der Einsatzleitung wird die Lagekarte durch Mitarbeiter im Zugtrupp erstellt und bei Bedarf ergänzt bzw. aktualisiert.“

- Praktische Beispiele von Lagekarten:
  - Karlsruhe: Beim THW Karlsruhe ist keine Lagekarte eines Einsatzes vorhanden.
  - Niefern:
    - \* An der Magnetwand des Führungs- und Lageanhängers hängt eine Karte im Maßstab 1:50.000. In der Karte sind keine taktischen Zeichen eingezeichnet, sondern Nummern, die Einsatzabschnitten (und damit bestimmten Einsatzkräften) entsprechen. Die taktischen Zeichen befinden sich nur auf den Schadenkonten, die an der Magnettafel des S2 hängen.
    - \* Herr Schaan zeigt Lagekarten einer THW-Übungen an der Bundesschule Neuhausen auf seinem Laptop. Besonders interessant sind mehrere Lagekarten, die das verheerende Zugunglück von Eschede (1998) in unterschiedlicher Darstellung visualisieren. Wegen der Enge der Darstellung sind auch hier in der Karte nur Nummern für die Untereinsatzabschnitte angegeben, die Schäden sind daneben mit detaillierter Beschreibung auf Schadenkonten erfasst.
  - Lagekarte unseres Szenarios: Die vorgelegte Lagekarte unseres Szenarios (Abbildung 4.1) kann von den drei befragten THW-Mitarbeitern gut gelesen werden. Sie bewerten die Darstellung der Meldungen in dieser Dichte als akzeptabel, würden bei einer größeren Anzahl zu erfassender Meldungen diese eher mit Hilfe von Schadenkonten für die (Unter-)Einsatzabschnitte darstellen und auf der Lagekarte nur die entsprechenden Nummern einzeichnen (wie in den oben erwähnten Beispielen, siehe auch Abbildung B.4).

Es fällt auf, dass beim THW die Maxime, die Informationsdichte auf der Karte niedrig zu halten, sehr beachtet wird. Die oben bereits erwähnte Dienstvorschrift THW DV 1-101 (siehe dort Kapitel 4, S. 53) formuliert ausdrücklich, dass bei der Lagedarstellung „die Informationsdichte angemessen sein muss“. Sie macht fünf Vorschläge, wie dies zu erreichen ist (siehe Abbildungen B.1 bis B.5). Laut Herrn Schultz ist Beispiel 4 die am häufigsten angewandte Darstellungstechnik.

Als Idee für eine zukünftige rechnergestützte Darstellung von Lagekarten bei sehr hoher Informationsdichte wäre laut Herrn Schaan folgende Anwendung überlegenswert: Die Karte enthält nur Markierungspunkte oder Nummern, an denen Informationen zur Lage hinterlegt und bei Bedarf abgefragt werden können. Alle Kollegen besitzen PDAs; hat ein Kollege ein Schadenkonto auf seinem PDA, hinterlegt er es am entsprechenden Punkt; jeder Kollege kann sich bei Bedarf diese Information auf sein PDA kopieren.

Herr Schultz, Herr Schaan und Herr Faust erklären sich bereit bei weiteren Fragen zur Verfügung zu stehen. Herr Schultz hält es für möglich, einen THW-Mitarbeiter für die Evaluation im IITB zur Verfügung zu stellen.

**8.3.6 Möglichkeiten der Lagedarstellung**

Beispiel 1:

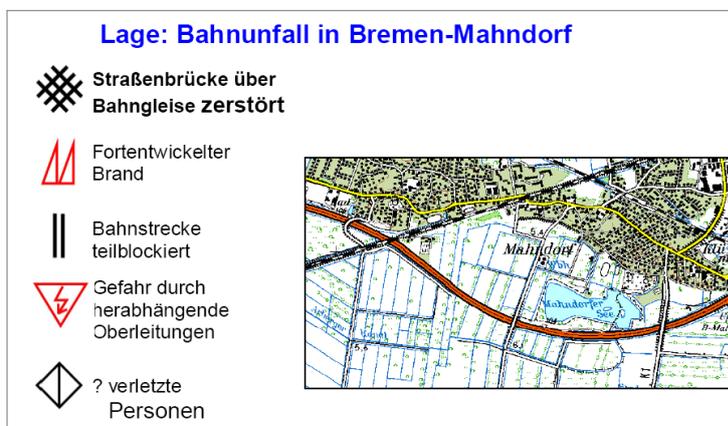


Abbildung B.1: Vorschlag 1 zur Darstellung einer Schadenlage in einer Lagekarte [THW-DV 1-101 (2006)]

Beispiel 2:

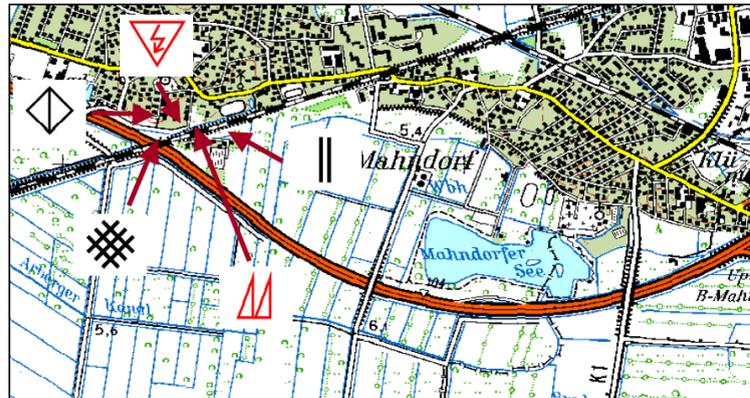


Abbildung B.2: Vorschlag 2 zur Darstellung einer Schadenlage in einer Lagekarte [THW-DV 1-101 (2006)]

Beispiel 3:

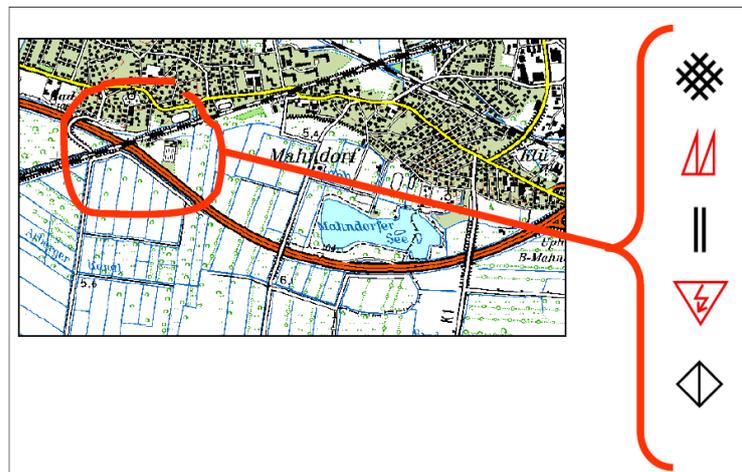


Abbildung B.3: Vorschlag 3 zur Darstellung einer Schadenlage in einer Lagekarte [THW-DV 1-101 (2006)]

Beispiel 4:

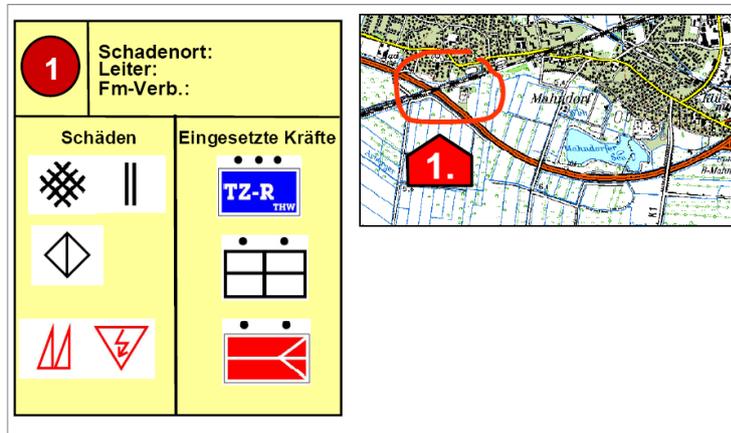


Abbildung B.4: Vorschlag 4 zur Darstellung einer Schadenlage in einer Lagekarte  
[THW-DV 1-101 (2006)]

Beispiel 5:

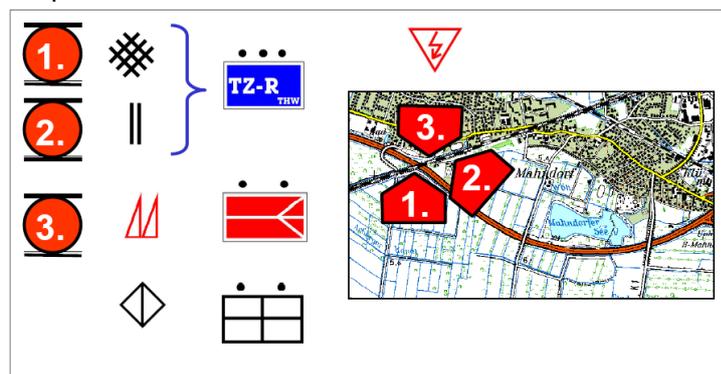


Abbildung B.5: Vorschlag 5 zur Darstellung einer Schadenlage in einer Lagekarte  
[THW-DV 1-101 (2006)]

## C Erhobene Daten

Für die experimentelle Evaluation in Kapitel 6 wurden Leistungsdaten von acht Probanden erhoben. Die Anzahl dargestellter Informationen beträgt in Teilexperiment 1 32 (15 sichere, 17 unsichere), in Teilexperiment 2 33 (19 sichere, 14 unsichere), in Teilexperiment 3 31 (17 sichere, 14 unsichere). Die Formel zur Berechnung der Leistung L ist

$$L = \frac{(V_1 + V_2) - (F_1 + F_2) - (N_1 + N_2)}{T}$$

$V_i$ : Anzahl zu erkennender Informationen („Vollständiger Aufgabenumfang“),  $F_i$ : Anzahl falsch erkannter Informationen<sup>1</sup>,  $N_i$ : Anzahl nicht erfasster Informationen,  $i \in 1, 2$ ;  
 $T$ : Zeitbedarf für ein Teilexperiment.

Proband 1	Erhobene Daten			Leistungsermittlung	
	Zeit (Sek.)	sichere	unsichere	Leistungsberechnung	Leistung ( $\frac{\text{Informationen}}{\text{Sekunde}}$ )
Teilexp1	32,5	17	11	$\frac{(32)-(2+0)-(0+6)}{32,5} = \frac{24}{32,5}$	= 0,738
Teilexp2	28	19	16	$\frac{(33)-(0+2)-(0+0)}{28} = \frac{31}{28}$	= 1,107
Teilexp3	27,5	15	14	$\frac{(31)-(0+0)-(2+0)}{27,5} = \frac{29}{27,5}$	= 1,055

Tabelle C.1: Erhobene Daten und Leistungsermittlung Proband 1

Proband 2	Erhobene Daten			Leistungsermittlung	
	Zeit (Sek.)	sichere	unsichere	Leistungsberechnung	Leistung ( $\frac{\text{Informationen}}{\text{Sekunde}}$ )
Teilexp1	81	12	17	$\frac{(32)-(0+0)-(3+0)}{81} = \frac{29}{81}$	= 0,358
Teilexp2	93	17	14	$\frac{(33)-(0+0)-(2+0)}{93} = \frac{31}{93}$	= 0,333
Teilexp3	77	16	13	$\frac{(31)-(0+0)-(1+1)}{77} = \frac{29}{77}$	= 0,377

Tabelle C.2: Erhobene Daten und Leistungsermittlung Proband 2

<sup>1</sup>Wenn wie bei Proband 1 in Teilexp1 17 sichere Informationen erkannt werden bei nur 15 tatsächlich vorhandenen, so werden zwei als falsch erkannte abgezogen.

Proband 3	Erhobene Daten			Leistungsermittlung	
	Zeit (Sek.)	sichere	unsichere	Leistungsberechnung	Leistung ( $\frac{\text{Informationen}}{\text{Sekunde}}$ )
Teilexp1	36	15	17	$\frac{(32)-(0+0)-(0+0)}{36} = \frac{32}{36}$	= 0,889
Teilexp2	22	16	12	$\frac{(33)-(0+0)-(3+2)}{22} = \frac{28}{22}$	= 1,273
Teilexp3	15	14	11	$\frac{(31)-(0+0)-(3+3)}{15} = \frac{25}{15}$	= 1,667

Tabelle C.3: Erhobene Daten und Leistungsermittlung Proband 3

Proband 4	Erhobene Daten			Leistungsermittlung	
	Zeit (Sek.)	sichere	unsichere	Leistungsberechnung	Leistung ( $\frac{\text{Informationen}}{\text{Sekunde}}$ )
Teilexp1	96	15	17	$\frac{(32)-(0+0)-(0+0)}{96} = \frac{32}{96}$	= 0,333
Teilexp2	41	18	12	$\frac{(33)-(0+0)-(1+2)}{41} = \frac{30}{41}$	= 0,732
Teilexp3	63	18	14	$\frac{(31)-(1+0)-(0+0)}{63} = \frac{30}{63}$	= 0,476

Tabelle C.4: Erhobene Daten und Leistungsermittlung Proband 4

Proband 5	Erhobene Daten			Leistungsermittlung	
	Zeit (Sek.)	sichere	unsichere	Leistungsberechnung	Leistung ( $\frac{\text{Informationen}}{\text{Sekunde}}$ )
Teilexp1	70	7	16	$\frac{(32)-(0+0)-(8+1)}{70} = \frac{23}{70}$	= 0,329
Teilexp2	56	17	10	$\frac{(33)-(0+0)-(2+4)}{56} = \frac{27}{56}$	= 0,482
Teilexp3	52	11	9	$\frac{(31)-(0+0)-(6+5)}{52} = \frac{20}{52}$	= 0,385

Tabelle C.5: Erhobene Daten und Leistungsermittlung Proband 5

Proband 6	Erhobene Daten			Leistungsermittlung	
	Zeit (Sek.)	sichere	unsichere	Leistungsberechnung	Leistung ( $\frac{\text{Informationen}}{\text{Sekunde}}$ )
Teilexp1	49	11	19	$\frac{(32)-(0+2)-(4+0)}{49} = \frac{26}{49}$	= 0,531
Teilexp2	32	16	13	$\frac{(33)-(0+0)-(3+1)}{32} = \frac{29}{32}$	= 0,906
Teilexp3	34	25	15	$\frac{(31)-(8+1)-(0+0)}{34} = \frac{22}{34}$	= 0,647

Tabelle C.6: Erhobene Daten und Leistungsermittlung Proband 6

Proband 7	Erhobene Daten			Leistungsermittlung	
	Zeit (Sek.)	sichere	unsichere	Leistungsberechnung	Leistung ( $\frac{\text{Informationen}}{\text{Sekunde}}$ )
Teilexp1	83	16	17	$\frac{(32)-(1+0)-(0+0)}{83} = \frac{31}{83}$	= 0,373
Teilexp2	41	16	14	$\frac{(33)-(0+0)-(3+0)}{41} = \frac{30}{41}$	= 0,732
Teilexp3	59	15	13	$\frac{(31)-(0+0)-(2+1)}{59} = \frac{28}{59}$	= 0,475

Tabelle C.7: Erhobene Daten und Leistungsermittlung Proband 7

Proband 8	Erhobene Daten			Leistungsermittlung	
	Zeit (Sek.)	sichere	unsichere	Leistungsberechnung	Leistung ( $\frac{\text{Informationen}}{\text{Sekunde}}$ )
Teilexp1	46	9	17	$\frac{(32)-(0+0)-(6+0)}{46} = \frac{26}{46}$	= 0,565
Teilexp2	40	14	11	$\frac{(33)-(0+0)-(5+3)}{40} = \frac{25}{40}$	= 0,625
Teilexp3	42	16	11	$\frac{(31)-(0+0)-(1+3)}{42} = \frac{27}{42}$	= 0,642

Tabelle C.8: Erhobene Daten und Leistungsermittlung Proband 8