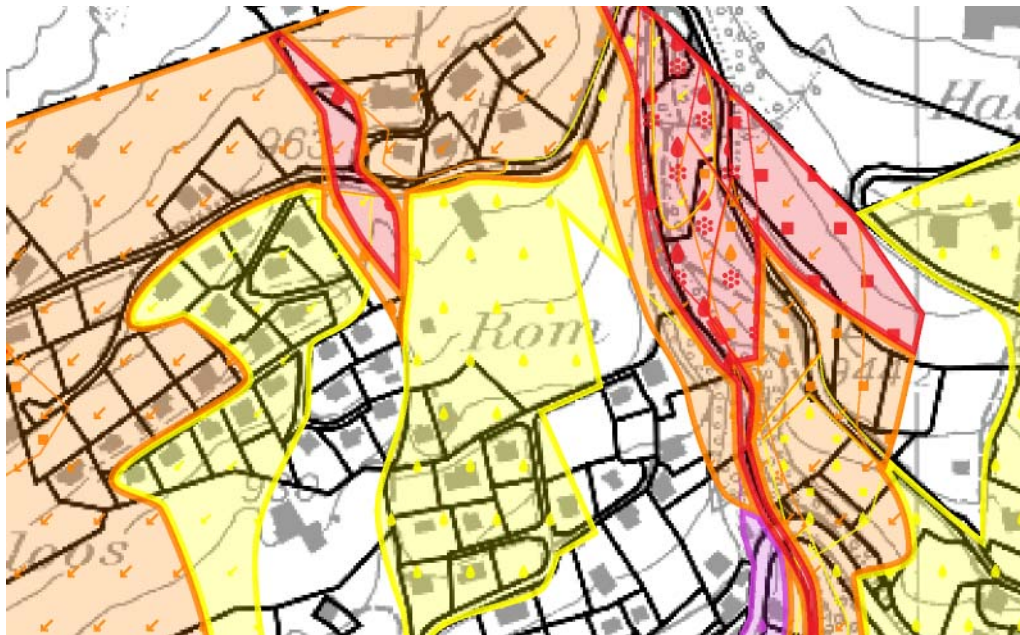


Multi-Naturgefahrenkarten

**Darstellungsmöglichkeiten untersucht
anhand der grafischen Variablen**



Bericht zur Masterprojektarbeit

Abgabedatum: 29.05.2009

Autor

Samuel Romer
Affolternstrasse 112
8050 Zürich
Tel.: +41-79-4739986
E-Mail: sromer@student.ethz.ch
Geomatik und Planung MSc
2. Semester, FS 09

Leitung

Prof. Dr. Lorenz Hurni
Dr. Christian Häberling
Institut für Kartografie IKA
ETH Zürich

Betreuerin

Melanie Kunz

*„Erst der siedelnde Mensch lässt ein natürliches
Ereignis zur Naturkatastrophe werden.“*

Glade, T. und R. Dikau (2001)

„Eine Gefahr, die man kennt, ist keine Gefahr mehr.“

Hans Joachim von Zieten (1699 - 1786)

1. Zusammenfassung

In der Schweiz sind die Kantone verpflichtet, bis 2011 für ihre Siedlungsgebiete Gefahrenkarten zu erstellen. Deren Darstellung und wiedergegebener Informationsgehalt sind allerdings nicht einheitlich geregelt, sodass sich in den bisher erhobenen Karten diverse Varianten herausgebildet haben. Am deutlichsten werden diese Unterschiede in den synoptischen Gefahrenkarten, in der bisher zumeist nur die lokal höchste Gefährdung aufgezeigt wird.

In einem ersten Teil der Arbeit werden mittels mehrerer Beispiele aus der Schweiz und dem Ausland die vielfältigen Darstellungsvarianten verglichen und auch deren Erstellung und Einsatzzweck aufgezeigt.

In der zweiten Hälfte des Berichtes wird analysiert, welche Möglichkeiten überhaupt bestehen, um Multi-Naturgefahrenkarten (synoptische Naturgefahrenkarten) kartografisch verständlich und anschaulich zu visualisieren. Dieses Vorhaben wird anhand der sechs grafischen Variablen nach Bertin systematisch aufgebaut. Für jede dieser Variablen wird geprüft, inwiefern sie sich durch ihre Änderung zur differenzierten Informationswiedergabe eignet, angewandt auf die Fläche der gefährdeten Zone sowie deren Randlinie. Welche Angaben jedoch überhaupt in die Karte einfließen sollen ist eine zentrale Frage, die wesentlichen Einfluss auf die zum Abschluss vorgeschlagene Darstellung ausübt und muss unweigerlich bereits zu Beginn der Untersuchung abschliessend beantwortet sein.

2. Inhaltsverzeichnis

1. ZUSAMMENFASSUNG	3
2. INHALTSVERZEICHNIS	4
3. EINLEITUNG	6
3.1 Aufgabenstellung.....	6
3.2 Ausgangslage.....	6
3.3 Abgrenzung.....	7
3.4 Zielsetzungen.....	7
3.5 Grundlagedaten & Arbeitsmittel	8
4. NATURGEFAHRENKARTEN.....	9
4.1 Bedeutung, Anforderungen und Ziele in der Schweiz	9
4.2 Arten von Naturgefahren	9
4.2.1 Schnee- / Eislawine.....	10
4.2.2 Hochwasser	10
4.2.3 Murgang	10
4.2.4 Hangmure.....	10
4.2.5 Rutschung.....	11
4.2.6 Steinschlag	11
4.2.7 Felssturz.....	11
4.2.8 Bergsturz	11
4.3 Erhebung und Einteilung in Gefahrenstufen	11
4.3.1 Erhebung Schweiz	11
4.3.2 Gefahrenstufen Schweiz.....	12
4.3.3 Beispiele aus dem Ausland	13
5. DARSTELLUNG VON NATURGEFAHRENKARTEN	15
5.1 Schweiz.....	15
5.2 Beispiele aus aller Welt	16
5.2.1 Provinz Bozen, Italien	16
5.2.2 Fürstentum Liechtenstein	17
5.2.3 Nordrhein-Westfalen, Deutschland	17
5.2.4 Frühere Darstellungen.....	18
6. VORSCHLÄGE FÜR NEUE DARSTELLUNG	20
6.1 Anforderungen	20
6.2 Fläche.....	21
6.2.1 Form, Grösse und Orientierung.....	21

6.2.2	Farbe.....	21
6.2.3	Helligkeit.....	22
6.2.4	Muster	22
6.3	Flächengrenze (Randlinie)	22
6.3.1	Form und Orientierung	22
6.3.2	Grösse.....	23
6.3.3	Farbe und Helligkeit	23
6.3.4	Muster	23
6.4	Zwischenfazit	24
6.5	Kombinationen von Variablen	24
6.5.1	Fläche	24
6.5.2	Flächengrenze (Randlinie).....	27
6.6	Gesamtkombinationen	28
7.	SCHLUSSFOLGERUNGEN UND AUSBLICK	31
8.	ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....	32
9.	QUELLEN	33
9.1	Literatur	33
9.2	Internetadressen	35
10.	ANHANG.....	36
10.1	Darstellung Bozen	36
10.2	Darstellung Nordrhein-Westfalen.....	37
10.3	Teilzonengrenzen Linien	38
10.4	Lösungsvorschlag	39

3. Einleitung

3.1 Aufgabenstellung

Für die kartografische Darstellung von Naturgefahren sind weltweit die unterschiedlichsten Ansätze in Gebrauch. Auch die Erfassung dieser Menschen und Sachwerte gefährdenden Prozesse geschieht auf vielfältige Art und Weise. Zusammen mit den daraus resultierenden Kartenprodukten sind dafür weltweit Beispiele zu suchen und zu erfassen.

Dieser erste Teil der Arbeit dient als Grundlage und Input für den nachfolgenden Hauptteil. In diesem werden Möglichkeiten gesucht und evaluiert, wie sich die oftmals räumlich überlagernden Naturgefahren anschaulich und eindeutig erkennbar in einer Karte darstellen lassen.

3.2 Ausgangslage

Je länger desto mehr werden sich die Menschen der Allgegenwart und zerstörerischen Wirkung von Naturgefahren bewusst. Eine Entwicklung, an der auch die Siedlungsentwicklung der vergangenen Jahrzehnte mitschuldig ist, da sie zu wenig Rücksicht auf die lokalen natürlichen Umstände nahm. Die Politik nimmt sich dieser Problematik in jüngerer Zeit verstärkt an und versucht mit verschiedenen Mitteln, darunter auch die Gefahrenkarten, Neubautätigkeiten in gefährdeten Gebieten möglichst einzuschränken und Massnahmenplanungen des Objektschutzes zu treffen (*BWW 1997*).

In der Schweiz wurde das Thema der Gefahrenkarten erstmals 1965 in Form von Lawinenzonenplänen¹ aufgegriffen. Bis zu den ersten provisorischen Richtlinien über deren Feststellung und genaueren Angaben rechtlicher Wirkungen vergingen nochmals zehn Jahre (*OFI 1975*). Eine Verpflichtung der Kantone zur Erstellung von Gefahrenkarten besteht indes erst seit 1991². Diese Karten orientieren sich an den Empfehlungen des jeweils für die Gefahrenart zuständigen Bundesamtes (*BFF 1984, BRP 1997, BWW 1997*). Genauere Vorschriften zur Gestaltung fehlen allerdings. So haben sich in jedem Kanton leicht unterschiedliche Darstellungsarten etabliert, speziell für Gebiete mit sich überlagernden Naturgefahren.

¹ Vollziehungsverordnung vom 1. Oktober 1965 zum Bundesgesetz betreffend die eidgenössische Oberaufsicht über die Forstpolizei (VV zum EPFG, FPolV, SR 921.01)

² Bundesgesetz vom 21. Juni 1991 über den Wasserbau (WBG, SR 721.100)
Bundesgesetz vom 4. Oktober 1991 über den Wald (WaG, SR 921.0)

3.3 Abgrenzung

Die verschiedenen methodischen Ansätze zur Erstellung von Naturgefahrenkarten dürfen in keinsten Weise als abschliessend betrachtet werden. Sie sollen bloss einen Überblick der gebräuchlichsten Verfahren bieten. Auch wird über sie keine Wertung vorgenommen, da die gewählte Praxis stark von den verfügbaren Ressourcen, personell, materiell und finanziell, abhängt.

Die Ausarbeitung der Darstellungsmöglichkeiten beschränkt sich auf die Themenbereiche der gravitativen Naturgefahren (Lawinen, Hochwasser, Sturz, Rutschung). Diese Abgrenzung beruht hauptsächlich darauf, dass sie für die Schweizer Gefahrenkarten verwendet werden und sich durch eine hohe Standortgebundenheit auszeichnen, was für die kartografische Wiedergabe von Vorteil ist. Auch dürfte die dadurch maximal erreichbare vierfache räumliche Überlagerung, ausser in Extremfällen, eine sinnvolle Obergrenze setzen.

3.4 Zielsetzungen

In einem ersten Teil wird auf die Anforderungen, Ziele und Bedeutung von Naturgefahrenkarten eingegangen. Dabei werden auch die verschiedenen Gefahrenarten erklärt, die in solchen Karten erfasst werden.

Die diversen Methoden zur Erstellung, die in Gebrauch sind, werden kurz beschrieben und die davon abhängigen Einsatzzwecke von Multi-Naturgefahrenkarten vorgestellt. Dabei wird ein besonderes Augenmerk auf die in der Schweiz üblichen Methoden und Anwendungen gelegt.

Den Hauptteil der Arbeit soll die praktische Ausarbeitung von Darstellungsmöglichkeiten ausmachen. Für die grafischen Variablen nach *Bertin (1974)* wird untersucht wie weit sie einzeln und vor allem in Kombination für die Darstellung von Multi-Naturgefahrenkarten geeignet sind. Das Ziel sollen umsetzbare Hinweise und Vorschläge sein für Darstellungsmöglichkeiten, unter dem speziellen Augenmerk, dass bei dieser synoptischen Karte jederzeit alle Stufen einer Gefahrenart mit ihrer räumlichen Ausdehnung erkennbar bleiben.

3.5 Grundlagedaten & Arbeitsmittel

Die Erarbeitung der Darstellungsvorschläge erfolgt mittels Adobe® Illustrator® CS3. Diese Grafiksoftware bekommt den Vorzug gegenüber anderen denkbaren Programmen (z. B. einem GIS) dank der einfachen Handhabung und der breiten Palette grafischer Möglichkeiten.

Die Vorschläge werden auf die Gemeinde Amden SG angewandt. Aus dem Geoportal³ der Kantone St.Gallen und beider Appenzell exportierte Naturgefahrenkarten (Massstab 1: 5000) dienen dabei als Vorlage. Als Basiskarte wird der gleichenorts einsehbarer Kantonale Übersichtsplan (Massstab 1: 10 000) verwendet.

Die Informationssuche zu aktuellen und historischen Beispielen von Multi-Naturgefahrenkarten geschieht in erster Linie über das Internet.

Der schriftliche Bericht wird auf Grund der guten Kenntnisse des Programms mit Microsoft Word festgehalten.

³ <http://www.geoportal.ch>

4. Naturgefahrenkarten

4.1 Bedeutung, Anforderungen und Ziele in der Schweiz

Die Kantone werden im *RPG (1979)*⁴ erstmals zur Erstellung von Naturgefahrenkarten angehalten. Auf welche Art und Weise dies geschehen sollte beschreiben dann zum ersten Mal die Richtlinien des *BFF, SLF (1984)* eingehender. Damit wird auch offensichtlich, dass es sich bei solchen Karten um ein Instrument der Raumplanung handelt. Gefahrenkarten sind zu verstehen als Massnahme zum Schutz des Menschen und erheblicher Sachwerte vor Naturereignissen (*WaG 1991*). Sie sind zwingend in der Nutzungsplanung zu berücksichtigen und sind daher auch mit einer entsprechen hohen Bearbeitungstiefe (parzellenscharf, Masstab 1: 2000 – 1: 10 000) zu erfassen (*ARE, BWG, BUWAL 2005*).

4.2 Arten von Naturgefahren

Je nach Quelle werden die Naturgefahren verschieden unterteilt. Die Nationale Plattform Naturgefahren (*PLANAT 2004*) handhabt dies wie folgt:

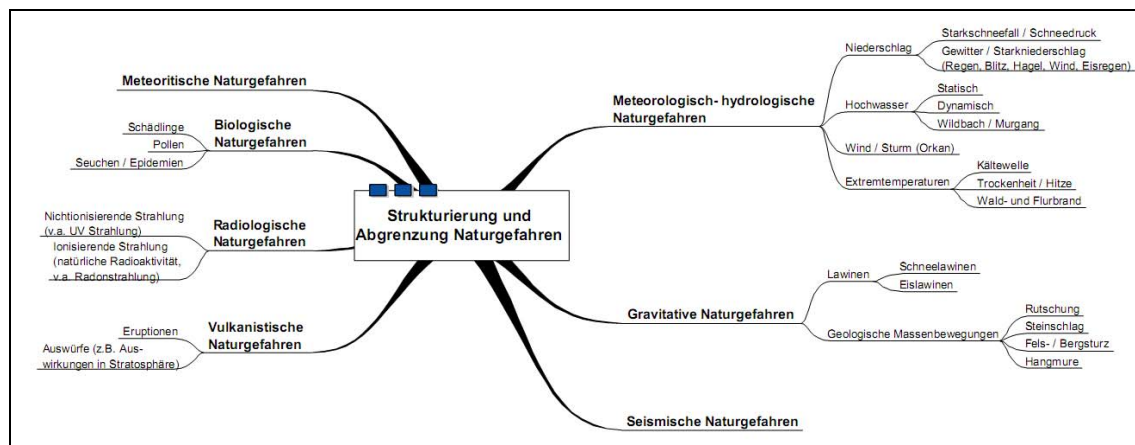


Abbildung 1: Strukturierung der Arten von Naturgefahren nach *PLANAT (2004)*

In *ARE, BWG, BUWAL (2005)* und *BUWAL (1999)* werden Hochwasser ebenfalls zu den gravitativen Naturgefahren gezählt, was auch der gängigen Praxis in Schweiz entspricht. Der Grund für die Berücksichtigung der gravitativen Gefahren in den Empfehlungen des Bundes und schlussendlich in den Naturgefahrenkarten liegt in der hohen Raumgebundenheit dieser Phänomene (*ARE, BWG, BUWAL 2005*).

⁴ Bundesgesetz vom 22.Juni 1979 über die Raumplanung (RPG, SR 700)

Die kartografische Darstellung wird meist in den folgenden vier Hauptgruppen (*BUWAL 1998*) vorgenommen:

- Lawinen
- Hochwasser / Murgang
- Rutschungen / Hangmure
- Steinschlag / Fels-, Bergsturz

Zahlreiche Kantone nehmen sinnvolle Änderungen oder Ergänzungen dieser Gruppierung vor. Beispielsweise stellt Fribourg die Murgänge in einer gesonderten Karte dar (*Freiburg 2006*) und Zug erhebt eigens Gebiete mit Seeufferrutschungen (*Zug 2006*).

Die nachfolgenden Definitionen der gravitativen Naturgefahren sind übernommen aus *BUWAL, Eidg. Forstdirektion (1998)*.

4.2.1 Schnee- / Eislawine

Plötzliche und schnelle Talwärtsbewegung von Schnee und / oder Eis und evtl. Fremdmaterial (Steine, Holz, usw.) als gleitende, fließende oder rollende Masse oder als aufgewirbelte Schneewolke an Hängen und Wänden mit einer Sturzbahn von über 50 m Länge.

4.2.2 Hochwasser

Zustand in einem Gewässer, bei dem der Wasserstand oder der Abfluss einen bestimmten (Schwellen-)Wert erreicht oder überschritten hat.

4.2.3 Murgang

Schnell fließendes Gemisch von Wasser und Feststoffen (Erde, Steine, Holz) mit einem hohen Feststoffanteil von ca. 30% bis 60%.

4.2.4 Hangmure

An steilen Hängen erfolgendes, schnelles Abfahren eines Gemisches aus Feststoffen und viel Wasser ohne Vorhandensein bzw. Ausbildung einer Gleitfläche.

4.2.5 Rutschung

Hangabwärts gerichtete, gleitende Bewegung von Hangteilen aus Fels und / oder Lockergesteinsmassen an Hängen als Ergebnis eines Scherbruches an der Grenze der bewegten Massen.

4.2.6 Steinschlag

Fallen, Springen und Rollen von isolierten Steinen ($\emptyset < 50$ cm) und Blöcken ($\emptyset > 50$ cm).

4.2.7 Felssturz

Sturz einer Felsmasse, die während des Sturzes bzw. beim Aufprall in Blöcke und Steine fraktioniert wird, wobei die Interaktionen zwischen den Komponenten keinen massgebenden Einfluss auf die Dynamik des Prozesses haben.

4.2.8 Bergsturz

Absturz sehr grosser, im ursprünglichen Felsverband mehr oder weniger kohärenter Felsmassen unter Erreichung hoher Geschwindigkeiten, wobei der Transportmechanismus durch eine starke Wechselwirkung zwischen den Komponenten („Sturzstrom“) gekennzeichnet ist.

4.3 Erhebung und Einteilung in Gefahrenstufen

4.3.1 Erhebung Schweiz

Bereits *BFF, SLF (1984)* schreibt vor: „Die Erstellung der Lawinengefahrenkarten hat ausschliesslich nach wissenschaftlichen Kriterien zu erfolgen.“ Es werden auch gleich Angaben über die zu verwendenden Grundlagen gemacht. Darunter fallen vor allem Lawinenkataster (Karte bisheriger Lawinenniedergänge), Geländebeurteilungen auf Basis von Karten und Geländebegehungen, Daten über klimatische Verhältnisse sowie Abschätzungen der Wiederkehrdauern.

Die Bedingung nach wissenschaftlichen Kriterien vorzugehen blieb im Laufe der Jahre bestehen, jedoch entwickelten sich die angewandten Methoden ständig weiter. Vor allem Simulation mittels digitalen Geländemodellen werden, wo verfügbar, neuerdings mit einbezogen (*ARE, BWG, BUWAL 2005*).

Die Kosten zur Erstellung einer Gefahrenkarte werden im Durchschnitt auf ca. 5000 CHF pro Quadratkilometer geschätzt. Diese hohen Kosten sind durchaus gerechtfertigt, da Extremereignisse, wie die Unwetter in der Schweiz von 2005, zu Schäden von über 100 000 CHF pro Quadratmeter führen können (Baumgartner, 2007).

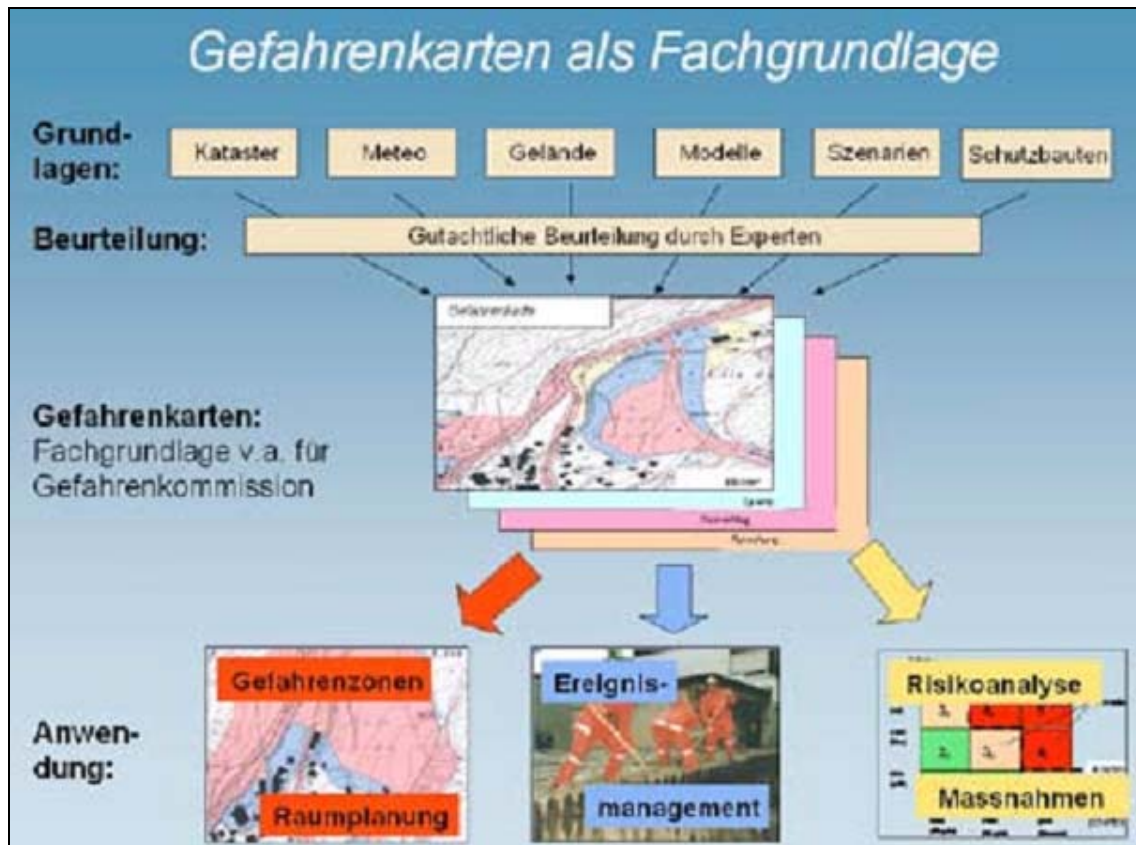


Abbildung 2: Vorgehen (Quelle: Raffl, 2007)

4.3.2 Gefahrenstufen Schweiz

Die Gefährdungssituation wird in einer Gefahrenkarte durch fünf Gefahrenstufen wiedergegeben ARE, BWG, BUWAL (2005):

- Rot: erhebliche Gefährdung
- Blau: mittlere Gefährdung
- Gelb: geringe Gefährdung
- Gelb-weiss schräg gestreift: Restgefährdung
- Weiss: keine oder vernachlässigbare Gefährdung

Die Einteilung einer untersuchten Fläche in die Gefahrenstufen erfolgt mittels Intensitäts-Wahrscheinlichkeits-Diagramm:

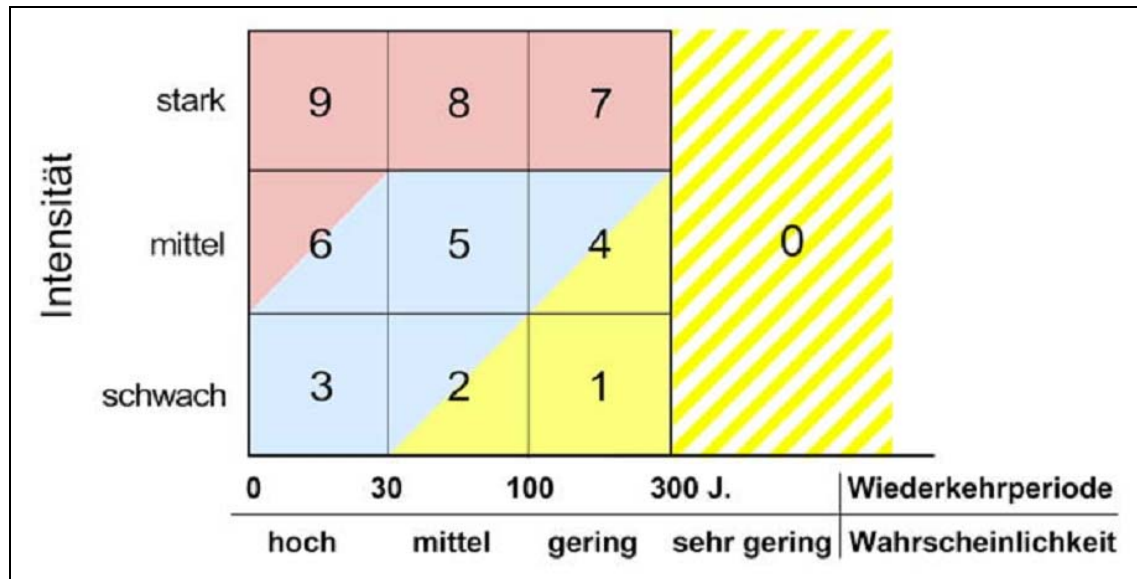


Abbildung 3: Gefahrenstufendiagramm (Quelle: Zug, 2006)

Die genaue Unterteilung dieses Diagramms variiert in manchen Kantonen in Abhängigkeit der Gefahrenart. Beispiele sind zu finden in *Freiburg (2006)* oder auch *Luzern (2008)*.

In den jeweiligen Bau- und Zonenreglementen wird auch von Verbotsbereich (rot, weitgehendes Bauverbot), Gebotsbereich (blau, Baubewilligung mit Auflagen) und Hinweisbereich (gelb / gelb-weiss gestreift, Bauempfehlungen) gesprochen. Näheres ist unter anderen *ARE, BWG, BUWAL (2005)* oder *BRP, BWW, BUWAL (1997)* zu entnehmen.

4.3.3 Beispiele aus dem Ausland

Die Schweiz hat eine Vorreiterfunktion in Sachen Naturgefahrenkartierung. In vielen Ländern fehlt es bereits an den wichtigsten Grundlagen (Kataster, Gesetze u. a.) um Naturgefahrenkarten überhaupt eine ähnliche Wirkung wie in der Schweiz zukommen lassen zu können. Die wenigen Staaten, die hingegen solche Karten bereits in Gebrauch haben oder daran sind sie zu erstellen, adaptieren gerne die eidgenössische Praxis. So erwähnt die norditalienische Provinz Bozen in ihren „Richtlinien zur Erstellung der Gefahrenzonenpläne und zur Klassifizierung des spezifischen Risikos“ (*Bozen, 2008*) wörtlich: „Grundlage für die Erstellung des Gefahrenzonenplanes (GZP, Phasen I und II) ist die sogenannte „Schweizer Methode“, veröffentlicht vom BUWAL, 1998/1999: Methoden zur Analyse und Bewertung von Naturgefahren.“ Im deutschen Freistaat Sachsen wurden die Hochwassergefahrenkarten sogar unter Schweizer Mithilfe erstellt (*Müller, 2006*).

Einen ganz anderen Ansatz mussten beispielsweise *Bartel und Muller (2007)* wählen, um Risikokarten (grosse Ähnlichkeit mit Naturgefahrenkarten) für das Horn von Afrika zu erstellen, da für diese Länder kaum verwertbare Grundlagen existierten. Ihr Ziel war zur Priorisierung der Katastrophenhilfe die Regionen mit der höchsten Risikoexposition herauszufinden. Dafür werteten sie SPOT-Satellitenbilder, Daten zur Bevölkerungsdichte sowie jeweilige thematische Messreihen (Flut, Dürre, Erdbeben, Heuschreckenschwärme) aus und verschnitten sie zu Karten mit einer Auflösung von 1° auf 1° (d.h. bis zu 111 km Kantenlänge).

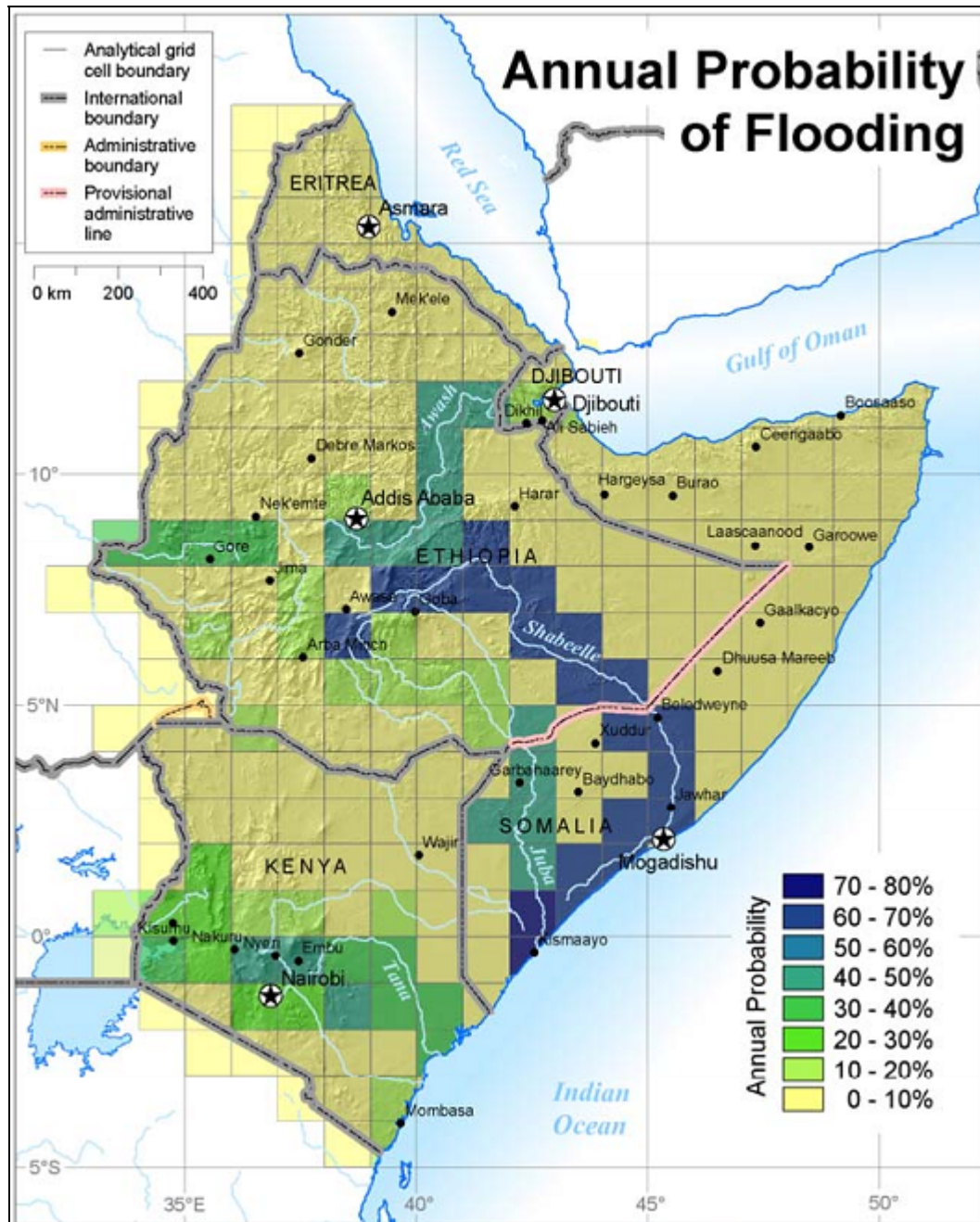


Abbildung 4: Hochwasserwahrscheinlichkeit Horn von Afrika (Quelle: Bartel, P. und J. Muller, 2007)

5. Darstellung von Naturgefahrenkarten

5.1 Schweiz

In der Schweiz wurde es auf Bundesstufe bisher verpasst, genauere einheitliche Vorgaben zur Darstellung von Naturgefahrenkarten zu erlassen. Die bereits erwähnten Empfehlungen (BFF, SLF, 1984; BRP, BWB, BUWAL, 1997; BWB, BRP, BUWAL, 1997) sind sich zwar über die zu verwendenden Farbtöne Gelb, Blau und Rot einig, spezifizieren diese allerdings nicht genauer. So hat jeder Kanton eine eigene Darstellung in Gebrauch.

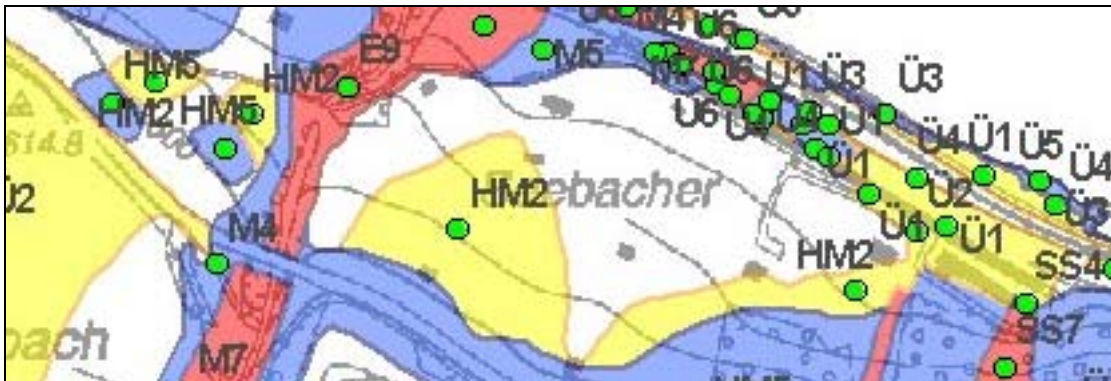


Abbildung 5: Kanton Bern (Quelle: www.apps.be.ch/geoportal/gdp)

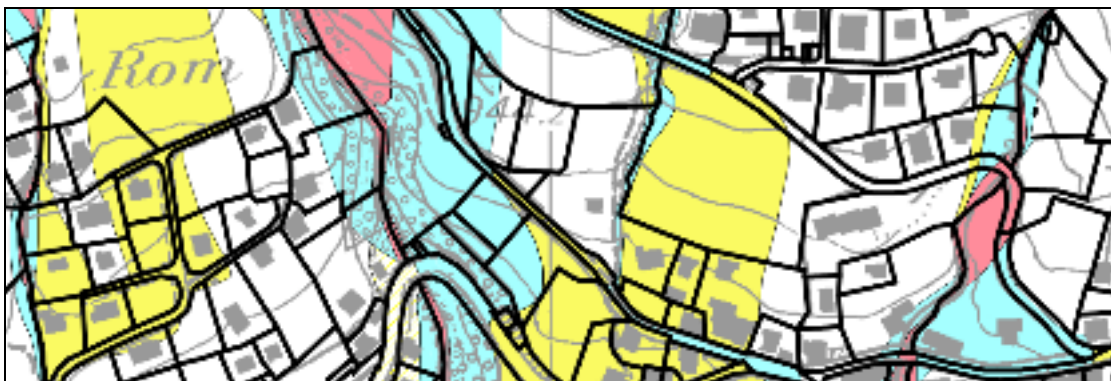


Abbildung 6: Kanton St. Gallen (Quelle: geoportal.ch)

Die beiden Abbildungen synoptischer Gefahrenkarten (Maststab 1: 5000) stammen aus dem Geoportal der jeweiligen Kantone. Augenfälligster Unterschied sind die grünen Punkte mit ihren Labels in der Berner Version, Gmd. Leissigen (Abbildung 5). Sie geben nähere Auskunft über die Gefahrenart und deren Einteilung im Gefahrenstufendiagramm (Abbildung 3). Das Bild zeigt aber auch ganz gut, dass die Darstellung schnell zu räumlichen Konflikten führen kann. Im Geoportal kann diese Label- und Punktebene erfreulicherweise auch ausgeschaltet werden.

Zum Vergleich dazu enthält die Karte des Kantons St.Gallen, Gmd. Amden (Abbildung 6), keine weitergehenden Information als die minimal nötige Ausweisung der lokal höchsten Gefahrenstufe. Auch werden im Ostschweizer Kanton weniger kräftige Farben verwendet.

5.2 Beispiele aus aller Welt

5.2.1 Provinz Bozen, Italien

Trotz gleicher Grundlagen (Kapitel 4.3.3) gehen die Norditaliener noch einen Schritt weiter als die Schweiz. Durch ein Linienmuster unterscheiden sie die verschiedenen Gefahrenarten. Die Abgrenzung der Gefahrenstufen geschieht analog zum Schweizer Vorgehen, allerdings werden andere Namen gewählt (mittel (Bozen) entspricht bspw. gering (CH)). Zusätzlich werden auch die Gebiete gekennzeichnet, die zwar untersucht wurden, jedoch eine zu geringe Gefährdung aufweisen als dass sie in die relevanten Stufen eingeteilt werden könnten. In der Schweiz wird dafür der Erhebungsperimeter mit einer Randlinie gekennzeichnet und teilweise werden solche Flächen auch als Restgefährdung ausgeschieden.











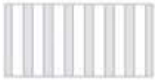

GEFAHRENSTUFE LIVELLO DI PERICOLOSITÀ	GEFAHRENART TIPO DI PERICOLO		
	Massen- bewegungen Frane	Wassergefahren Pericoli idraulici	Lawinen Valanghe
H4 Sehr hoch / Molto elevato			
H3 Hoch / Elevato			
H2 Mittel / Medio			
Untersucht und nicht (H4-H2) gefährlich Esaminato e non pericoloso (H4-H2)			

Abbildung 7: Darstellung Provinz Bozen (Quelle: Bozen, 2008)

5.2.2 Fürstentum Liechtenstein



Eine äusserst farbenfrohe synoptische Naturgefahrenkarte findet sich im Fürstentum Liechtenstein (Abbildung 9⁵). Im Siedlungs- und Industriegebiet wird eine mit der Schweiz vergleichbare Darstellung gewählt (Abbildung 8⁵). Des Weiteren werden mit jeweils eigener Farbgebung auch diverse Stufen für Landwirtschafts- sowie Berggebiete unterschieden (AWNL, 2006). Dies ermöglicht eine aussagekräftige flächendeckende Informationswiedergabe, führt aber auch dazu, dass die Karte vor allem farblich zu überladen wirkt.

Abbildung 8: Legende FL (Quelle: llv.li)

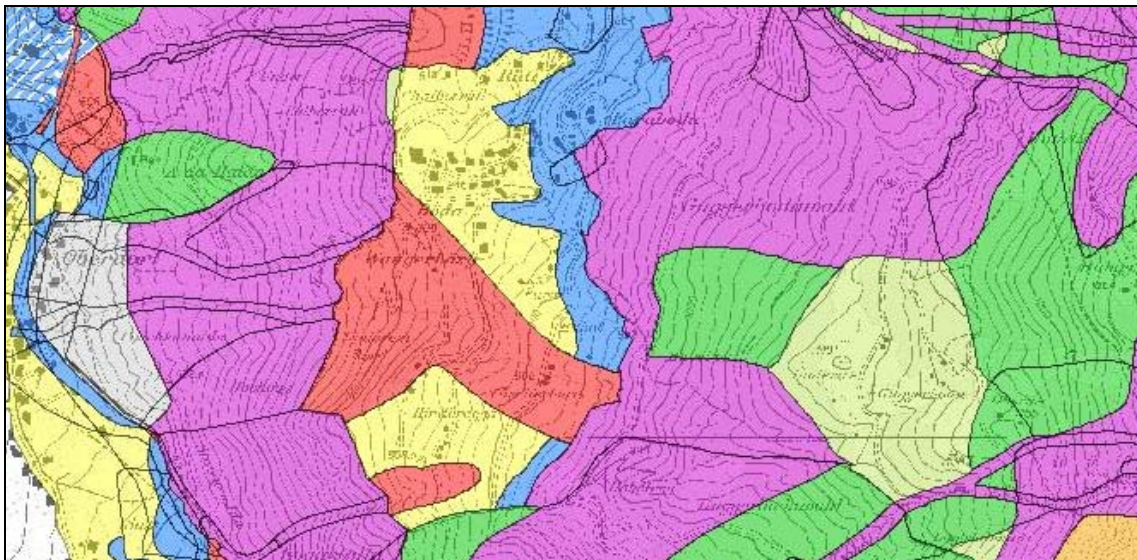


Abbildung 9: Synoptische Naturgefahrenkarte FL (Quelle: llv.li)

5.2.3 Nordrhein-Westfalen, Deutschland

Von der „Schweizer Methode“ der Darstellung weicht beispielsweise Nordrhein-Westfalen ab (MUNLV, 2003). Hier werden sowohl die Wiederkehrintervalle als auch die Intensitäts-

⁵ Geodateninfrastruktur Fürstentum Liechtenstein, Naturgefahrenkarte
<http://geodaten.llv.li/geoshop/naturgefahren/naturgefahren.html>

bemessung anders abgegrenzt (Abbildung 10). Für die genaue Farbwiedergabe bestehen einheitliche Vorschriften (Anhang 10.2). Das Bundesland verfügt allerdings nur über diese Gefahrenkarten für Hochwasser und daher nicht Multi-Naturgefahrenkarten.

Abstufung der Wassertiefe	Ereignis (siehe Abschnitt 1.2)			Pot. ÜSG
	< HQ ₁₀₀	HQ ₁₀₀	EHQ	
0 – 50 cm				
51 – 100 cm				
101 – 200 cm				
201 – 300 cm				
301 – 400 cm				
> 400 cm				

Abbildung 10: Überflutungsflächen NRW (Quelle: MUNLV, 2003)

5.2.4 Frühere Darstellungen

Nicht nur in der Schweiz sondern weltweit werden schon seit Jahrzehnten teils erhebliche Anstrengungen unternommen, um Naturgefahren kartografisch zu erfassen. Die Lesbarkeit der Karten war anfangs allerdings noch nicht allzu hoch, da zur Reproduktion zumeist keine Farben verwendet wurden. Auch waren es oftmals keine Gefahrenkarten im heutigen Sinne, sondern nur Kataster bisheriger Ereignisse oder davon abgeleitete Wahrscheinlichkeitsdarstellungen wie in Abbildung 11 (Kanakobu, T. und S. Tanioka, 1980).

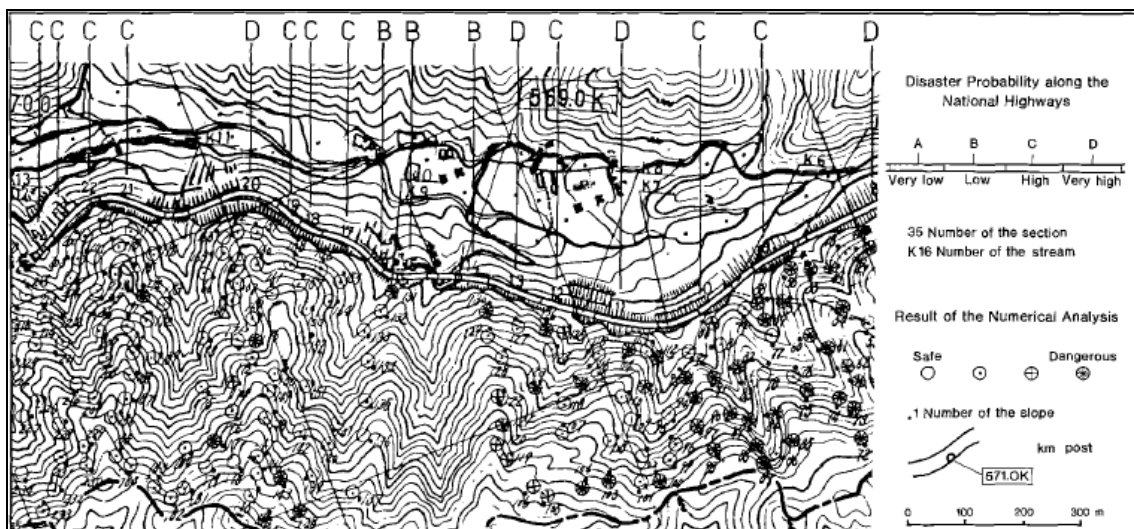


Abbildung 11: Eintrittswahrscheinlichkeit Japan um 1971 (Quelle: Kanakubo und Tanioka, 1980)

Eine sehr interessante Darstellungsmöglichkeit einer Multi-Naturgefahrenkarte zeigt Abbildung 12 aus *OAS (1990)*. Hier werden gleich sechs Gefahrenarten gemeinsam visualisiert. Für grössere Massstäbe ist dieses Beispiel nicht geeignet, da ohne das Kartenbild völlig zu überladen keine annähernd planerisch nutzbare Genauigkeit erreicht werden kann. Für den groben Überblick scheint es jedoch den Zweck zu erfüllen.

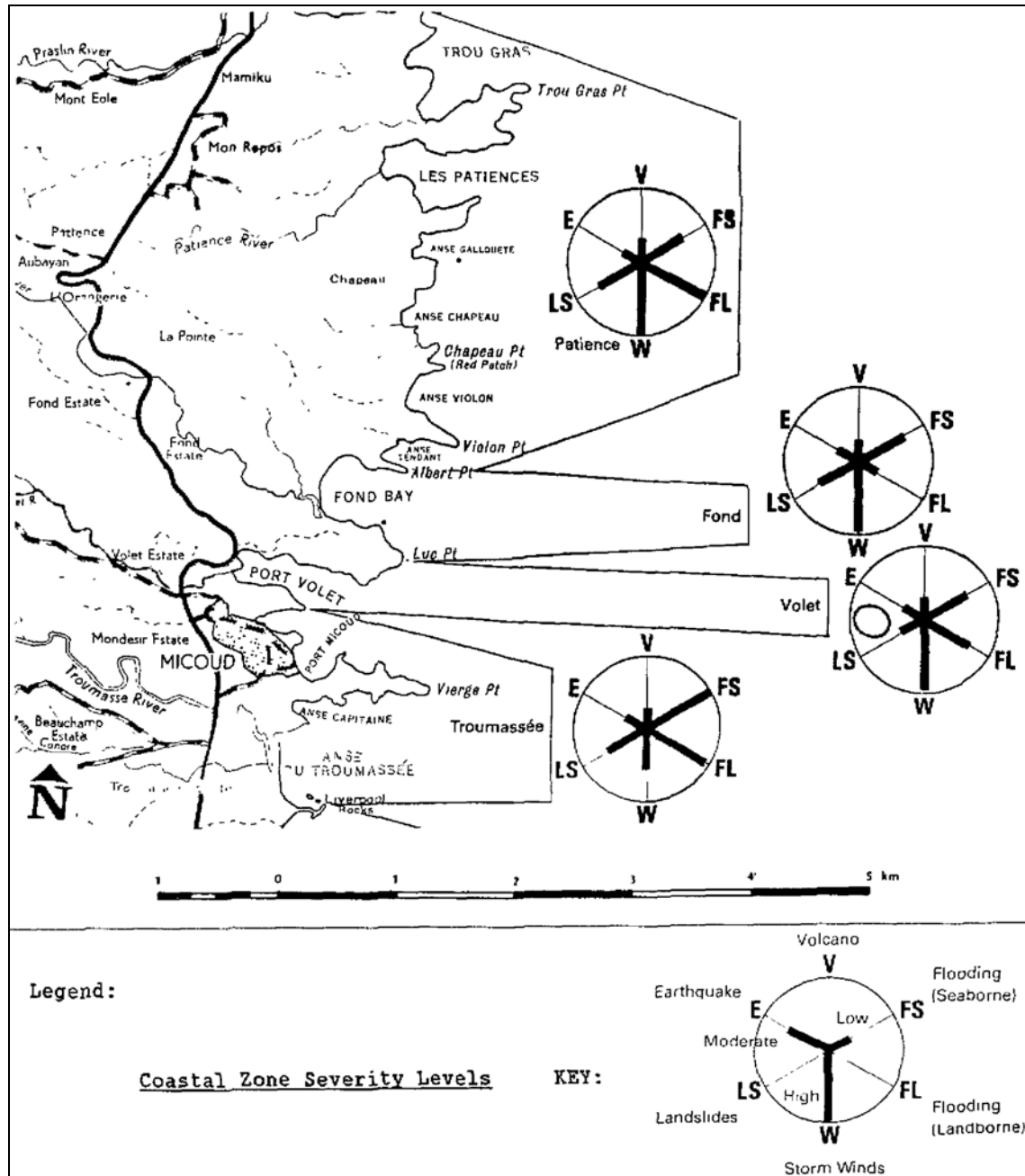


Abbildung 12: Multiple Hazard Map, Saint Lucia (Quelle: OAS, 1990)

6. Vorschläge für neue Darstellung

6.1 Anforderungen

Wünschenswert ist eine Darstellung mittels, für den Benutzer, intuitiv erfassbarer synoptischer Karte (Priorität: erhebliche – mittlere – geringe – Restgefährdung), in der die untergeordneten Flächen dennoch erkennbar sind und jederzeit auch die zugehörige Gefahrenart. Auch sollten höchstens geringe Unterschiede auftreten zwischen der Darstellung einer Gefahr in der individuellen und der synoptischen Karte. Dies damit sich der Nutzer nicht zu fest umgewöhnen muss und keine Verwechslungsgefahr mit verwandten Kartendarstellungen (Intensitäts-, Risiko-, Schutzdefizit-, Ereigniskarte, u.a.) zustande kommt. Ein ständiges Problem der kartographischen Wiedergabe von Naturgefahren ist deren oftmals geringe Flächenbreite (vor allem bei Flusseinschnitten). Solche Gebiete sollten ebenfalls leicht erkennbar sein.

In dieser Arbeit werden zwar nur vier bestimmte Gefahrenarten berücksichtigt, dessen ungeachtet sollen zumindest Kombinationen vierer beliebiger Themen realisierbar sein. Ideal wäre eine Möglichkeit zur Überlagerung beliebig vieler Gefahrenarten, so dass diesbezüglich immer Eindeutigkeit besteht und eine Gruppierung wie in Kapitel 4.2 erwähnt keinesfalls mehr nötig wäre. Auch muss die hinterlegte Basiskarte immer ersichtlich sein, da sonst Unklarheiten zur genauen Zonengrenze entstehen können.

An der in der Schweiz üblichen Abstufung bezüglich Grenzen der Wiederkehrperioden von 30, 100 und 300 Jahren sowie den Intensitätsstufen (Kapitel 4.3.2) wird nicht gerüttelt.

Die Erarbeitung von Darstellungsmöglichkeiten erfolgt digital. Dies hat zur Folge, dass weitere Variablen realisierbar wären als die einst von *Bertin (1974)* für analoge Karten definierten. Für die vorliegende Arbeit werden allerdings nur die sechs grafischen Variablen nach *Bertin (1974)* (Abbildung 13) verwendet, da die Vorschläge idealerweise auch für gedruckte Karten praktikabel sein sollen.

Grafische Variable	Abbildung
Form (shape)	
Farbe (color)	
Grösse (size)	
Orientierung (Richtung, Rotation) (orientation, rotation)	
Muster (Körnung, Füllung, Abstand) (texture, grain, spacing)	
Helligkeit (Tonwert) (value)	

Abbildung 13: Grafische Variablen
(Quelle: Schnabel, 2007)

6.2 Fläche

Möglichkeiten zur Darstellung von Multi-Naturgefahrenkarten durch Änderung *einer* grafischen Variablen der Fläche (keine Randlinie).

6.2.1 Form, Grösse und Orientierung

Auf Gefahrenkarten werden Zonen wiedergegeben, die in ihrer Form, Grösse und Lage (d.h. Orientierung für Flächendarstellungen) festgesetzt sind. Diese drei Variablen sind demzufolge nicht veränderbar um eine Unterscheidung der gefährdeten Flächen vornehmen zu können.

6.2.2 Farbe

Eine Unterscheidung der Zonen mittels Farbe wird bereits in den gebräuchlichen Darstellungen für den Gefährdungsgrad gemacht. Die von der Schweiz verwendete Kombination von Gelb / Blau / Rot ist sicherlich diskussionswürdig. Vor allem das Blau sorgt immer wieder für Verwirrung, da die Farbe schnell mit Wasser in Verbindung gebracht wird und nicht mit einer mittleren Gefahrenstufe (DEZA, 2005).

Nur die grafische Variable Farbe einzubeziehen zur Darstellung der hier beachteten vier Gefahrenarten mit jeweils drei Abstufungen (Restgefährdung einmal ausser Acht gelassen) wäre allerdings falsch. Bereits ohne Flächenüberschneidungen ergäbe dies zwölf (4 Arten * 3 Stufen) benötigte Farben zur Unterscheidung. Alle denkbaren Kombinationsarten wären spätestens zu viel des Guten.

Abbildung 14 zeigt eine eigene Darstellung einer synoptischen Naturgefahrenkarte von Amden unter Verwendung von elf verschiedenen Ausgangsfarben. Die Überlagerungen und die so entstehenden weiteren Farben schränken die Lesefreundlichkeit extrem ein.



Abbildung 14: Flächenfarben (Hintergrundkarte: geoportal.ch / AV-Daten Kt. SG)

6.2.3 Helligkeit

Helligkeit darf nicht mit Transparenz oder Farbsättigung verwechselt werden sondern ist „das Verhältnis zwischen den Schwarz- und den Weiss-Anteilen auf einer vorgegebenen Fläche“ (Bertin, 1967, S. 81). Gleichenorts wird auch darauf hingewiesen, dass für die Helligkeit nicht mehr als sechs bis sieben Abstufungen vorgenommen werden sollten, Weiss und Schwarz mit einbezogen. Dies macht deutlich, dass auch diese Variable keineswegs ausreichend um die gesamte geforderte Thematik sinnvoll darzustellen.

Erschwerend kommt noch hinzu, dass beispielsweise bei der Farbe Rot die für Gefahrenkarten erwünschte Warnwirkung abnimmt, wenn ein zu hoher Schwarz- oder Weissanteil besteht. Auch werden die gefährdeten Flächen einer Gefahrenkarten üblicherweise mit einem gewissen Grad an Transparenz reproduziert, um die Informationen der Hintergrundkarte nicht zu verlieren. Durch diese Transparenz werden Unterschiede in der Helligkeit noch schlechter wahrgenommen. Infolgedessen ist die Variable Helligkeit eher ungeeignet als Unterscheidungsmerkmal für die hier gewünschten Zwecke.



6.2.4 Muster

Mit einem einzelnen Muster allein sind die Darstellungsmöglichkeiten ebenfalls äusserst beschränkt, da die grafischen Variablen des benutzten Musters unverändert zu bleiben haben.

6.3 Flächengrenze (Randlinie)

Möglichkeiten zur Darstellung von Multi-Naturgefahrenkarten durch Änderung *einer* grafischen Variablen der Randlinie (keine Flächenfüllung).

6.3.1 Form und Orientierung

Diese beiden Variablen sind auch für die Zonengrenzen unveränderbar, da deren Verlauf jederzeit statisch ist.

6.3.2 Grösse

Die Länge der Linie ist vorgegeben, nicht aber deren Breite. Für eine Karte einer einzelnen Naturgefahr reicht, durch Variation der Linienbreite, die Variable Grösse aus. Sobald allerdings eine zweite Gefahrenart mit einfließt, kann es zu gemeinsamen Grenzen kommen, wodurch eine Linie überdeckt wird und deswegen eine gewünschte Information verloren geht.

6.3.3 Farbe und Helligkeit

Auch hier bestehen keine Probleme, solange nur eine Gefahrenart wiederzugeben ist. Wie schon für die Fläche (Kapitel 6.2.2) wird eine eindeutige, rasch auffassbare Darstellung bei kombinierten Themen schnell unmöglich.

6.3.4 Muster

Das Verwenden eines einzigen Muster führt auch hier zu keinem nützlichen Ergebnis. Im Vergleich zum flächigen Gebrauch (Kapitel 6.2.4) entstehen noch weitere Einschränkungen: durch die Parzellenschärfe der Karte sollte zumindest der äussere Rand des Linienmusters durchgehend sein, da ansonsten, insbesondere bei einem unruhiger Verlauf, Unklarheiten (Abbildung 15, links) auftreten können. Auch soll die Ausrichtung der Linie so gewählt werden, dass sich das Muster vom äusseren Rand nach innen orientiert (Abbildung 15, mitte) und nicht gleichermassen auf beide Seiten (Abbildung 15, rechts). Damit kommt es zu keiner Musterüberlappung zweier aneinander grenzender Gebiete.

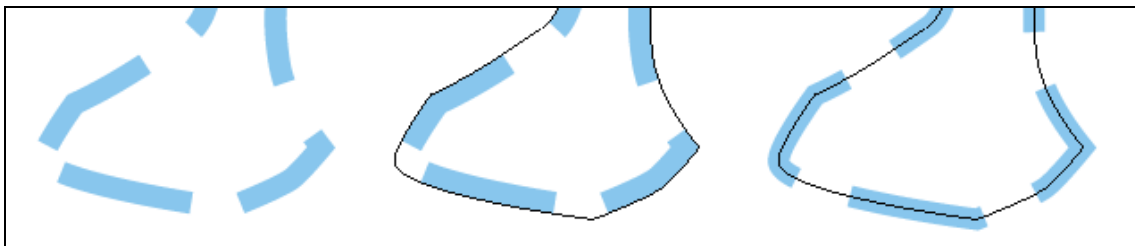


Abbildung 15: unsicheres Linienmuster

6.4 Zwischenfazit

Die veränderbaren grafischen Variablen halten sich für die Darstellung von Multi-Naturgefahrenkarten in Grenzen. Es ist auch offensichtlich, dass Änderungen an einer einzelnen Variable keinesfalls ausreichend sind.

Zufriedenstellende Lösungsmöglichkeiten können folglich nur durch Variablenkombinationen erzielt werden.

6.5 Kombinationen von Variablen

6.5.1 Fläche

Möglichkeiten zur Darstellung von Multi-Naturgefahrenkarten durch Änderung *mehrerer* grafischer Variablen der Fläche (keine Randlinie).

Farbe

Die Verwendung unterschiedlicher Farben ist auf das Nötigste zu beschränken. Wohin der Gebrauch einer grösseren Anzahl klar differenzierender Farbtöne führt, zeigt sich am Liechtensteiner Beispiel (Abbildung 9). In Abbildung 14 wird ersichtlich, dass auch mit nur drei Ausgangsfarben (eine je Gefahrenstufe) und deren leichter Änderung für die einzelnen Gefahrenarten kein brauchbares Ergebnis zustande kommt. Die jetzige Handhabung mit der Farbe, abhängig einzig von der Gefahrenstufe, scheint die beste Lösung zu sein, reicht jedoch nicht um gleichzeitig auch die Gefahrenart wiederzugeben.

Die Wahl der in der Schweiz verwendeten Farben ist, wie bereits angetönt, verbesserungsfähig. Nebst der erwähnten Problematik von Blau, kann auch die Darstellung der Gebiete mit Restgefährdung zu einem falschen Schluss führen. Aufgefüllte gelbe Flächen geringer Gefährdung stehen derzeit für geringe bis mittlere Wahrscheinlichkeit und schwache bis maximal mittlere Intensität. Die gelb-gestreifte Restgefährdung lässt beim ungeübten Betrachter, durch Namens- und Farbgebung der Gefahrenstufe, möglicherweise eine inkorrekte Folgerung entstehen: Restgefährdung bezüglich Wahrscheinlichkeit und Intensität weniger gravierend als Flächen mit geringer Gefährdung. Dies stimmt allerdings nicht, da die Restgefährdung zwar für sehr geringe Wahrscheinlichkeit steht, gleichzeitig aber auch für hohe Intensität (*BRP, BWW, BUWAL, 1997*).

Aus all den oben erwähnten Gründen empfiehlt sich die Farbwahl der mittleren und Restgefährdung, wie sie in der Schweiz aktuell angewandt wird, abzuändern.

Gesetzt als eigentliche Warnfarbe ist Rot für erheblich gefährdete Flächen. Zu keinerlei Unklarheiten führt auch das Gelb der geringen Gefahrenstufe, das daher auch nicht geändert werden sollte, wenn nicht unbedingt nötig. Für die dazwischenliegende mittlere Stufe kommt demnach auch vorzugsweise eine Farbe in Frage, die nach der gültigen Farbenlehre mitten zwischen Rot und Gelb zu finden ist: Orange.

Die Restgefährdung kann getrost mit einer eigenen Farbe gekennzeichnet werden, da sie durch die gebotene restriktive Ausscheidung (*BRP, BWW, BUWAL, 1997*) nur selten zur Anwendung kommen sollte und damit auch das Kartenbild insgesamt höchstens geringfügig beeinflusst. Um im rötlichen Farbraum zu bleiben, wird dafür ein Violett bevorzugt.

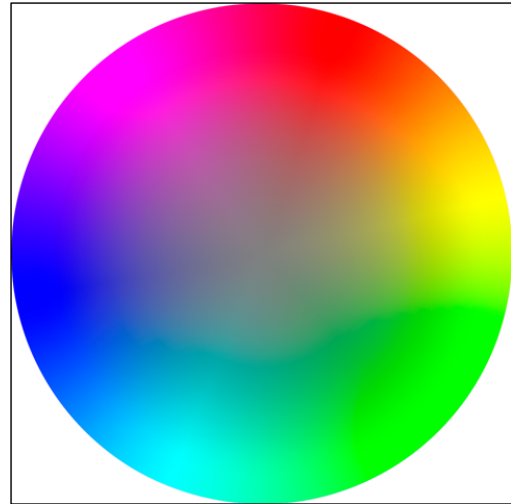


Abbildung 16: Farbkreis
(Quelle: commons.wikimedia.org)

Helligkeit

Auf die Verwendung der Variable Helligkeit als Unterscheidungsmerkmal in Multi-Naturgefahrenkarten ist nach Möglichkeit zu verzichten (vgl. dazu Kapitel 6.2.3).

Werden beispielsweise mittels Helligkeit die Gefahrenstufen differenziert und als Ausgangsfarbe ein Rot erheblich gefährdeter Flächen gewählt, so muss für die mittlere und geringe Gefährdung noch je ein helleres Rot zur Anwendung kommen, sowie ein frei wählbares Rot für die Restgefährdung. Diese Darstellung ist freilich realisierbar, lässt sich aber schlechter auseinanderhalten als der Gebrauch unterschiedlicher Farben.

Wird hingegen die Gefahrenart mit der Helligkeit in Abhängigkeit gebracht, so stellt sich unmissverständlich die Frage nach der Darstellung der Gefahrenstufen (nur noch Farbe oder Muster für die Fläche zur Auswahl). Aus nachfolgend (Unterkapitel Muster) dargelegten Gründen der vollständigen Flächenfüllung kommt dafür allerdings nur die Farbe tatsächlich in die Endauswahl. Zufriedenstellend ist jedoch auch diese Lösung nicht, da sie bei mehreren aufeinandertreffenden Themen erneut zu einem farblich überladenen Bild führt.

Muster

Um die Sichtbarkeit untergeordneter Ebenen bei Zonenüberlagerungen gewährleisten zu können, darf ein Muster nicht zu flächenfüllend sein. Somit bleiben von den drei „Implantationen“ nach *Bertin (1974, S. 87)*, flächen-, linien- und punkthaft, nur noch letztere beide übrig.

Auch hier muss zuerst wieder entschieden werden, ob damit die Gefahrenarten oder -stufen dargestellt werden sollen. Bekommen die Stufen den Vorzug, müssen, nach den bisherigen Erkenntnissen der vorliegenden Arbeit, die Arten mittels der Variable Farben auseinander gehalten werden und umgekehrt. Die aktuelle, weltweite Praxis zu ändern, dass die Farbe die Gefährdung wiedergibt, würde allerdings kaum Sinn machen. Die Farbe kann des Weiteren entweder auf das Muster (Linien- oder Punktfüllung), die Fläche oder beide angewandt werden.

Kombinationen von Muster und Farbe sind aber nur brauchbar, wenn die Farbe zumindest die gesamte Fläche ausfüllt. Ansonsten offenbart sich erneut das bereits in Abbildung 15 dargestellte Problem der unsicheren Flächengrenzen durch die Lücken im Muster.

Verbleibt noch die Wahl zwischen linien- oder punkthafter Implantation. Die Provinz Bozen (Kapitel 5.2.1) verwendet beispielsweise ein Linienmuster, das in seiner Orientierung variiert. Dabei darf jedoch nicht vergessen werden, dass sie sich gesetzlich (Bozen, 2008) auf drei verschiedenen Gefahrenarten (eigentlich Gefahrengruppen) beschränkt. Je nach Linienbreite und -abstand führt aber auch dies bereits zu Unklarheiten oder schlimmstenfalls vollständiger Flächenfüllung bei nur dreifacher Überlagerung. Die Repräsentation einer vierten oder gar noch mehrerer Gefahrenarten wird somit rasch unmöglich.

Ein punkthaftes Muster (Symbole) bietet demgegenüber einige Vorteile. Die Anordnung und Körnung, Wiederholrate pro Flächeneinheit (Schnabel, 2007), des Musters kann so gewählt werden, dass genügend grosse Abstände zwischen den einzelnen Symbolen entstehen, die keinesfalls zu Symbolüberschneidungen führen. Demzufolge ist das Muster geeignet, um selbst bei synoptischen Karten jederzeit alle Gefahrenarten darstellen zu können.

Es bietet sich auch an, für jede Gefahrenart ein eigenes Symbol zu gebrauchen, welches idealerweise sogar durch seine Form einen Bezug zur Thematik einbringen kann, wie exemplarisch in Abbildung 17 für Wassergefahren aufgezeigt.



Abbildung 17: Symbolvarianten für Wassergefahren

Die Variablen Grösse, Farbe und Helligkeit können zusätzlich noch im Muster verwendet werden, einzeln oder auch in Kombinationen, um die Aussagekraft für die Thematik Gefahrenstufen zu stärken (Abbildung 18).

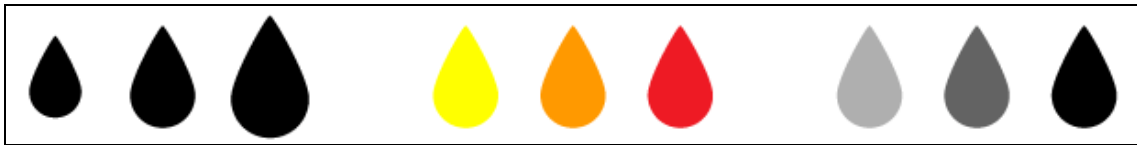


Abbildung 18: Unterstützende Mustervariablen

6.5.2 Flächengrenze (Randlinie)

Möglichkeiten zur Darstellung von Multi-Naturgefahrenkarten durch Änderung *mehrerer* grafischer Variablen der Randlinie (keine Flächenfüllung).

Es bestehen Möglichkeiten eine synoptische Naturgefahrenkarte, mit den eingangs definierten Anforderung (Kapitel 6.1), ausschliesslich durch Gebrauch von Variationen der Randlinien zu entwerfen. Durch Änderungen des Musters und der Farbe, abhängig von der Gefahrenart resp. der Einteilung im Gefahrenstufendiagramm, optional bleibt noch der Einbezug der Linienbreite, können grundsätzlich beliebig viele Arten repräsentiert werden.

Eine denkbare Lösung zeigt Abbildung 19. Hier wird für jede Gefahrenart ein eigenes Linienmuster verwendet. Um die in Kapitel 6.3.4 formulierte Forderung nach Durchgängigkeit der äussersten Randlinie zu erfüllen, bietet sich die hier aufgezeigte „Symbolisierung nach innen“ an, die im Beispiel so gewählt wurde, dass problemlos noch eine vierte Gefahrenart mit derselben Randlinie überlagert werden könnte. Im Allgemeinen empfiehlt es sich bei dieser Art der Darstellung die Abstände der Mustersymbole so zu setzen, dass bei einer maximal möglichen Überlagerung aller Gefahrenarten selbst in der synoptischen Gefahrenkarte keine Verdeckungen unter den Mustersymbolen entstehen. Die Farbgebung richtet sich nach der Gefährdung.



Abbildung 19: Randliniensymbolisierung

Bei Darstellungsversuchen mit einfachen Linienvarianten zeigt sich jedoch, dass die alleinige Verwendung von Randlinien, in welcher Ausprägung auch immer, nur zu ungenügen-

den Ergebnissen bezüglich der visuellen Erfassbarkeit durch den Betrachter führt (Abbildung 20, gesamter Perimeter Anhang 10.3).



Abbildung 20: Teilszonengrenzen Linien Ausschnitt

Das Kartenbild wirkt vorwiegend bei grossen Flächen leer und ein rasches Erkennen der Gefährdung an einer beliebig gewählten Koordinate ist oftmals nicht gewährleistet. So ist beispielsweise im grün eingerahmten Bereich in keinsten Weise intuitiv zu erkennen, dass es sich dabei um eine vierfache Überlagerung handelt.

6.6 Gesamtkombinationen

Möglichkeiten zur Darstellung von Multi-Naturgefahrenkarten durch Änderung *mehrerer* grafischer Variablen der Fläche und der Randlinie.

Multi-Naturgefahrenkarten, wie sie bisher zur Anwendung kommen, werden allermeist hinsichtlich ihres Aussagegehalts aufs Nötigste reduziert: Gefahrenzone und höchste Gefährdung innerhalb dieser. Dafür reicht es aus, die Flächenfarbe zu verändern (Abbildung 6 und Abbildung 9). In Kapitel 6.1 wurden Wünsche und Forderungen für eine neue Darstellung formuliert, die weit über diese Praxis hinausgehen. Bis hierhin wurde nun aufgezeigt, dass diese resultierende Informationszunahme nicht mehr zufriedenstellend alleine durch Darstellungsvarianten grafischer Variablen, entweder in der Fläche oder aber in der Randlinie, zu verarbeiten ist.

Nur eine kombinierte Berücksichtigung von Fläche und Randlinie kann damit zur Problemlösung führen. Wobei bezüglich der geeigneten grafischen Variablen der Kandidatenkreis schon stark eingeschränkt wurde. Dieser umfasst nur noch die Farbe, das Muster sowie für die Randlinie zusätzlich noch die Grösse (Linienbreite).

In Kapitel 6.5.1 wurde festgestellt, dass die Farbe, auf die Fläche angewandt, am ehesten zur Darstellung der Gefahrenstufen zu taugen scheint. Somit fällt aber auch gleich die Farbe der Randlinie als weiteres Unterscheidungsmerkmal weg, da dies eine mehrfach erwähnte, unerwünschte Farbüberladung der Karte ergeben würde.

Bleiben noch Muster und Linienbreite übrig.

Die Repräsentation der Gefahrenart muss folglich mit dem Muster bewerkstelligt werden, da die Linienbreite dafür bereits in Kapitel 6.3.2 ausgeschlossen werden konnte. Die Entscheidung, ob die Fläche oder die Randlinie das Muster beinhalten sollte (eine Kombination ist unnötig), fällt zu Gunsten der Fläche aus. Dies hauptsächlich mit der Überlegung, dass dadurch, gerade in grösseren gefährdeten Gebieten, die Gefahrenart rascher erfasst werden kann. Gemäss den Erkenntnissen aus Kapitel 6.5.1 ist das Muster selbst punkthaft mit Symbolen zu erstellen.

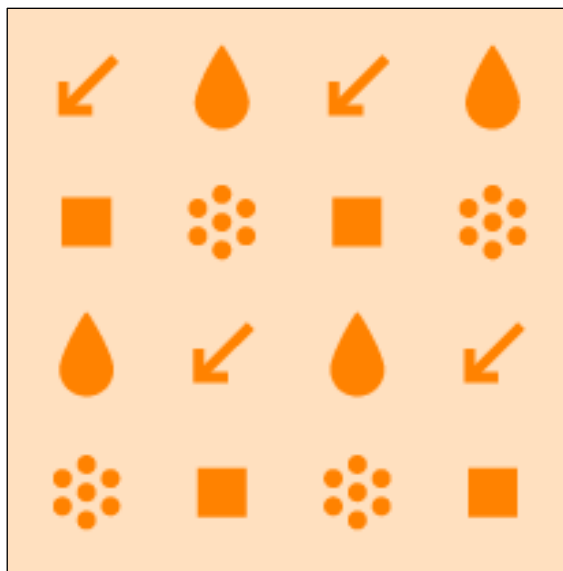


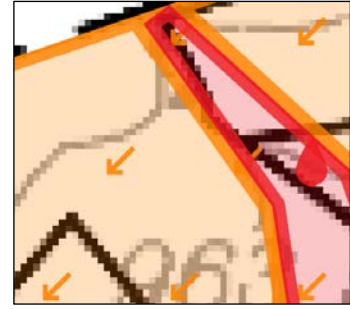
Abbildung 21: Muster bei vier Gefahrenarten

Auch ist damit die Aussagekraft der Gefährdung zumindest farblich zu unterstützen, da die Symbole (gleiches gilt übrigens für die Randlinien), blieben sie Schwarz-Weiss, im Zusammenspiel mit einer zu meist als Hintergrund genutzten Pixelkarte zu Unklarheiten führen. Ebenfalls würden schwarze „Flecken“ (resp. weitere Linien) die Homogenität des Gesamtbildes beeinträchtigen. Die Abbildung 21 zeigt eine mögliche Aufteilung der Mustersymbole (stark vergrössert) bei vier gleichzeitig dargestellten Gefahrenarten.

Auch eine leichte Variation der Symbolgrösse (Abbildung 18, links)(nicht der Körnung!) darf fraglos ins Muster mit einfließen.

Werden nun aber Gebietsfläche, Muster und auch die Randlinie mit derselben Farbe und ohne störende Teile in Schwarz dargestellt, ist deren Unterscheidung unmöglich. Dank der Transparenz, die zwangsläufig gebraucht werden muss, da in den Gefahrgebieten ansonsten die Hintergrundkarte verdeckt wird, kann auch diese Komplikation elegant gelöst werden. Die Transparenz der Fläche muss höher sein als die der Randlinie, damit die Abgrenzung klarer zur Geltung kommt. Wird auch das Muster mit einer geringeren

Transparenz versehen als die Fläche, kann diese in der Fläche sehr hoch ausfallen, weil somit bereits in der Randlinie und im Muster beinahe ausreichend Farbe vorhanden ist. Für einen hervorragenden visuellen Eindruck der gefährdeten Gebiete reicht aber diese sehr hohe Transparenz der Flächenfarbe aus und sollte deshalb auch auf diese Art und Weise vorgenommen werden.



**Abbildung 22: Flächen-
transparenz von 75%**

Die beiden wichtigsten Forderungen, Erkennbarkeit von Gefahrenstufe und -art, sind für die synoptische Karte hiermit aber erst teilweise erfüllt, da in den Bereichen mit Überschneidung die untergeordnete Flächenfarbe nicht sichtbar sein darf (ansonsten entstehen neue Farben). Als Ersatz dafür können Muster und Randlinie bestens dienen. Als einziges Erkennungsmerkmal der Gefahrenart muss das Muster sowieso ständig sichtbar sein. Dank der Farbfüllung ist damit gleichzeitig aber auch die zugehörige Gefährdung angegeben. Zusammen mit der Randlinie reicht dies aus um jederzeit selbst untergeordnete Gefahrengebiete kenntlich zu machen. Werden dabei innerhalb eben dieser Gebiete die darunter querenden Randlinien sehr dünn gezeichnet, stören sie auch die Wahrnehmung der höchsten synoptischen Stufe nur äusserst geringfügig (Anhang 10.4).

7. Schlussfolgerungen und Ausblick

Es existieren durchaus kartografisch zufriedenstellende Möglichkeiten die Darstellung von Multi-Naturgefahrenkarten zu verbessern. Nicht nur hinsichtlich der Verständlichkeit für den Benutzer, sondern auch bezüglich des Informationsgehaltes. Welche Informationen aber überhaupt wiedergegeben werden sollen, ist die zentrale Frage, die es vor der Produktion solcher Karten zwingend und abschliessend zu beantworten gilt. So sind die in der vorliegenden Arbeit mit einbezogenen Gefahrenarten lange nicht für alle Anwendungen der Karte erforderlich.

Für eine Umsetzung der erarbeiteten Vorschläge in der Praxis, müssten diverse Spezifikationen noch eingehender untersucht und verbindlicher festgehalten werden. Dazu gehören Transparenz und Farbwerte für den Druck resp. die digitale Darstellung, Symbolgrößen, Körnung der Muster und einige mehr. Auch wäre zu prüfen, inwiefern die verwendete Basiskarte die Darstellung beeinflusst. Selbst zu diesen Basiskarten wären eventuell Richtlinien zu erlassen.

Aus kartografischer Sicht interessant wäre auch noch eine Weiterführung der vorliegenden Arbeit zu Themen der Darstellung von Unsicherheiten oder Auswirkungen von durchgeführten Schutzmassnahmen.

8. Abbildungsverzeichnis

Titelbild.....	1
Abbildung 1: Strukturierung der Arten von Naturgefahren nach <i>PLANAT (2004)</i>	9
Abbildung 2: Vorgehen (Quelle: Raffl, 2007).....	12
Abbildung 3: Gefahrenstufendiagramm (Quelle: Zug, 2006)	13
Abbildung 4: Hochwasserwahrscheinlichkeit Horn von Afrika (Quelle: Bartel, P. und J. Muller, 2007).....	14
Abbildung 5: Kanton Bern (Quelle: www.apps.be.ch/geoportal/gdp).....	15
Abbildung 6: Kanton St. Gallen (Quelle: geoportal.ch).....	15
Abbildung 7: Darstellung Provinz Bozen (Quelle: Bozen, 2008).....	16
Abbildung 8: Legende FL (Quelle: lv.li)	17
Abbildung 9: Synoptische Naturgefahrenkarte FL (Quelle: lv.li)	17
Abbildung 10: Überflutungsflächen NRW (Quelle: MUNLV, 2003)	18
Abbildung 11: Eintrittswahrscheinlichkeit Japan um 1971 (Quelle: Kanakubo und Tanioka, 1980).....	18
Abbildung 12: Multiple Hazard Map, Saint Lucia (Quelle: OAS, 1990).....	19
Abbildung 13: Grafische Variablen (Quelle: Schnabel, 2007).....	20
Abbildung 14: Flächenfarben (Hintergrundkarte: geoportal.ch / AV-Daten Kt. SG)	21
Abbildung 15: unsicheres Linienmuster	23
Abbildung 16: Farbkreis (Quelle: commons.wikimedia.org)	25
Abbildung 17: Symbolvarianten für Wassergefahren	26
Abbildung 18: Unterstützende Mustervariablen.....	27
Abbildung 19: Randliniensymbolisierung	27
Abbildung 20: Teilzonengrenzen Linien Ausschnitt.....	28
Abbildung 21: Muster bei vier Gefahrenarten	29
Abbildung 22: Flächentransparenz von 75%	30

9. Quellen

9.1 Literatur

- ARE, BWG, BUWAL (2005): Empfehlung – Raumplanung und Naturgefahren, Bundesamt für Raumentwicklung, Bundesamt für Wasser und Geologie, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft.
- AWNL (2006): Umgang mit Naturgefahren, Amt für Wald, Natur und Landschaft des Fürstentums Liechtenstein.
- Bartel, P. und J. Muller (2007): Horn of Africa Natural Hazard Probability and Risk Analysis. U.S. Department of State – Humanitarian Information Unit.
- Baumgartner, H. (2007): Fachleute erfassen alle Risikogebiete, Umwelt, 2/07, 14-17.
- Bertin, J. (1974): Graphische Semiologie, 2. Auflage, Berlin / New York: Walter de Gruyter, 430 S., ISBN 3-11-003660-6.
- BFF, SLF (1984): Richtlinien zur Berücksichtigung der Lawinengefahr bei raumwirksamen Tätigkeiten, Bundesamt für Forstwesen, Eidg. Institut für Schnee- und Lawinenforschung.
- Bozen (2008): Richtlinien zur Erstellung der Gefahrenzonenpläne (GZP) und zur Klassifizierung des spezifischen Risikos (KSR), Autonome Provinz Bozen, Beschluss der Landesregierung vom 28. Juli 2008.
- BRP, BWB, BUWAL (1997): Empfehlungen 1997 – Berücksichtigung der Massenbewegungsgefahren bei raumwirksamen Tätigkeiten, Bundesamt für Raumplanung, Bundesamt für Wasserwirtschaft und Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft.
- BUWAL (1998): Methoden zur Analyse und Bewertung von Naturgefahren, Umwelt-Materialien Nr. 85, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft.
- BUWAL (1999): Risikoanalyse bei gravitativen Naturgefahren – Methode, Umwelt-Materialien Nr. 107/I, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft.
- BUWAL, Eidg. Forstdirektion (1998): Begriffsdefinitionen zu den Themen: Geomorphologie, Naturgefahren, Forstwesen, Sicherheit, Risiko – Arbeitspapier, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Eidgenössische Forstdirektion.
- BWB, BRP, BUWAL (1997): Empfehlungen 1997 – Berücksichtigung der Hochwassergefahren bei raumwirksamen Tätigkeiten, Bundesamt für Wasserwirtschaft, Bundesamt für Raumplanung und Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft.

- DEZA (2005): Vademecum – Hazard Maps and related Instruments – The Swiss System and its Application abroad, Direktion für Entwicklung und Zusammenarbeit.
- Freiburg (2006): Kartierung der Naturgefahren im voralpinen Bereich des Kantons Freiburg, Kanton Freiburg, Raumplanungs-, Umwelt- und Baudirektion, Direktion der Institutionen und der Land- und Forstwirtschaft.
- Glade, T. und R. Dikau (2001): Gravitative Massenbewegungen – vom Naturereignis zur Naturkatastrophe. Petermanns Geographische Mitteilungen 145 2001/6, 42-53.
- Kanakobu, T. und S. Tanioka (1980): Natural Hazard Mapping. GeoJournal 4.4, 333-340.
- Luzern (2008): Richtlinien zur Erstellung digitaler Gefahrenkarten, Kanton Luzern, Bau-, Umwelt- und Wirtschaftsdepartement.
- Müller, U. (2006): Nutzen-Kosten-Betrachtungen und Bewertung von Massnahmen der Hochwasserschutzkonzepte, Referat Wasserbau, Das Lebensministerium – Freistaat Sachsen.
- MUNLV (2003): Leitfaden Hochwasser-Gefahrenkarte, Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen.
- OAS (1990): Multiple hazard mapping. OAS, Department of Regional Development and Environment, Document 4886, 6-1 – 6-28.
- OFI (1975): Richtlinien zur Berücksichtigung der Lawinengefahr beim Erstellen von Bauten und bei der Verkehrs- und Siedlungsplanung, Eidg. Oberforstinspektorat, Eidg. Institut für Schnee- und Lawinenforschung.
- PLANAT (2004): Strategie Naturgefahren Schweiz, Synthesebericht, Nationale Plattform Naturgefahren.
- Raffl, U. (2007): Möglichkeiten und Grenzen des Risikomanagements, Der Vereinsgucker, Februar 2007, 24-27.
- Schnabel, O. (2007): Benutzerdefinierte Diagrammsignaturen in Karten – Konzepte, Formalisierung und Implementation, ETH Zürich, DISS. ETH Nr. 16977.
- WaG (1991): Bundesgesetz vom 4. Oktober 1991 über den Wald (Waldgesetz, SR 921.0).
- Zug (2006): Informationsblatt – Gefahrenkarten im Kanton Zug, Kanton Zug, Kantonsforstamt Zug.

9.2 Internetadressen

Geoportal der Kantone St.Gallen und beider Appenzell

<http://www.geoportal.ch/internet.aspx> (Zugriffe Mai 2009)

Geoportal des Kanton Bern, Naturgefahrenkarte

<http://www.apps.be.ch/geoportal/gdp/FrontController?project=gk5&language=de>
(Zugriffe Mai 2009)

Geodateninfrastruktur Fürstentum Liechtenstein, Naturgefahrenkarte

<http://geodaten.llv.li/geoshop/naturgefahren/naturgefahren.html> (Zugriffe Mai 2009)

Wikimedia, Farbkreis (GNU Free Documentation License)

[http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Color_circle_\(hue-sat\).png](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Color_circle_(hue-sat).png)
(Zugriff 26. Mai 2009)

10. Anhang

10.1 Darstellung Bozen

Gefahrenzonenkarte Carta delle zone di pericolo			
GEFAHRENART TIPO DI PERICOLO			
GEFAHRENSTUFE LIVELLO DI PERICOLOSITÀ	Massen- bewegungen Frane	Wassergefahren Pericoli idraulici	Lawinen Valanghe
H4 Sehr hoch / Molto elevato			
H3 Hoch / Elevato			
H2 Mittel / Medio			
Untersucht und nicht (H4-H2) gefährlich Esaminato e non pericoloso (H4-H2)			

LABEL - zur Identifizierung der Naturgefahr (Beispiel)
ETICHETTA - per la identificazione del tipo di pericolo naturale (esempio)








Prozess / Processo: _____
 Bearbeitungstiefe / Grado di studio: _____
AD4b

Gefahrenstufe nach
Kombinationsmatrix
Grado di pericolo
secondo matrice

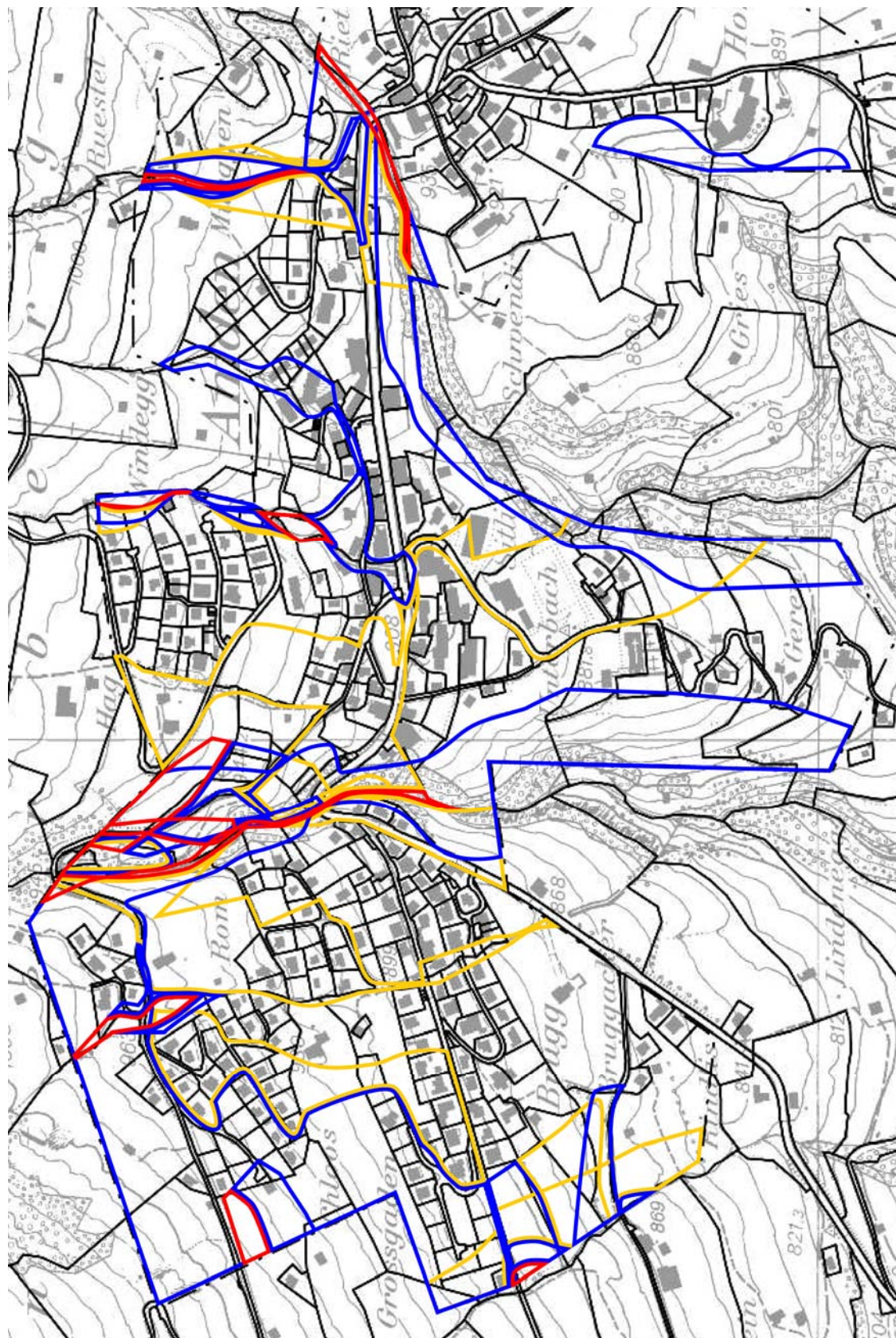
Bearbeitungstiefe für die Fläche: a - Kategorie / categoria a M/sc 1: 5000
Grado di studio per l'area: b - Kategorie / categoria b M/sc 1:10000
 c - Kategorie / categoria c

Naturgefahrenstypen Tipi di pericolo naturale	Prozesse Processi	Kurzform Codice
Massenbewegungen LX Frane LX	Sturz / crollo	LF ...landslide+fall
	Rutschung / scivolamento	LG ...landslide+gravity
	Einbruch / sprofondamento	LC ...landslide+collapse
	Hangmure / colata di versante	LD ...landslide+debris flow
Wassergefahren IX Pericoli idraulici IX	Überschwemmung / alluvione	IN ... inundation
	Übersarung / alluvione torrentizia	IS ... inundation+solid
	Vermurung /colata rapida in alveo	DF ...debris flow
	Erosion s.l. / erosione s.l.	E ... (L,D,A)... lateral,depth,areal
Lawinen AX Valanghe AX	Fliesslawine / valanga radente	AD ...avalanche – dense flow
	Staublawine / valanga nubiforme	AP ... avalanche – powder
	Gleitschnee / slittamento di neve	GS ... gliding snow
Permafrost PF Permafrost PF	versch. Ereignisse möglich	PF ... permafrost
	diversi eventi possibili	

10.2 Darstellung Nordrhein-Westfalen

Thema	Darstellungsart	Symbol	Farbe		
			RGB	ArcView	
Überflutungsflächen/-tiefen < HQ ₁₀₀	Raster	0 – 50 cm		174 217 176	87 50 218
		51 – 100 cm		141 217 145	87 90 218
		101 – 200 cm		106 217 112	87 130 218
		201 – 300 cm		71 217 79	87 170 218
		301 – 400 cm		39 217 48	87 210 218
		> 400 cm		4 217 15	87 250 218
Überflutungsflächen/-tiefen HQ ₁₀₀	Raster	0 – 50 cm		192 214 240	150 50 240
		51 – 100 cm		156 195 240	150 90 240
		101 – 200 cm		118 175 240	150 130 240
		201 – 300 cm		79 154 240	150 170 240
		301 – 400 cm		43 135 240	150 210 240
		> 400 cm		5 115 240	150 250 240
Überflutungsflächen/-tiefen EHQ	Raster	0 – 50 cm		240 170 170	0 75 240
		51 – 100 cm		232 136 136	0 105 232
		101 – 200 cm		224 105 105	0 135 224
		201 – 300 cm		217 76 76	0 165 216
		301 – 400 cm		209 50 50	0 195 208
		> 400 cm		199 24 24	0 225 200
Potenzielle Überflutungsflächen	Raster	0 – 50 cm		255 247 130	40 125 255
		51 – 100 cm		255 233 110	36 145 255
		101 – 200 cm		255 214 89	32 165 255
		201 – 300 cm		255 193 69	28 185 255
		301 – 400 cm		255 167 51	24 205 255
		> 400 cm		255 136 31	20 225 255

10.3 Teilzongrenzen Linien



10.4 Lösungsvorschlag

