

BACHELORTHESIS
Ahmad Khalidi

Big-Data-Ansätze zur Entscheidungsunterstützung im Katastrophenmanagement mit Fokus auf Überflutungsereignisse

FAKULTÄT TECHNIK UND INFORMATIK
Department Informatik

Faculty of Computer Science and Engineering
Department Computer Science

Ahmad Khalidi

Big-Data-Ansätze zur Entscheidungsunterstützung im Katastrophenmanagement mit Fokus auf Überflutungsereignisse

Bachelorarbeit eingereicht im Rahmen der Bachelorprüfung
im Studiengang Bachelor of Science Angewandte Informatik
am Department Informatik
der Fakultät Technik und Informatik
der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Betreuender Prüfer: Prof. Dr.-Ing. Marina Troppman-Frick
Zweitgutachter: Prof. Dr. Olaf Zukunft

Eingereicht am: 18. Juni 2020

Ahmad Khalidi

Thema der Arbeit

Big-Data-Ansätze zur Entscheidungsunterstützung im Katastrophenmanagement mit Fokus auf Überflutungsereignisse

Stichworte

Big-Data, Message-Broker, Apache Kafka, Geodata, Web Feature Service, Ministry, Bayes-Netzwerk

Kurzzusammenfassung

Katastrophenmanagement in Überflutungsereignissen ist eine Domain-übergreifende Disziplin. Es existieren örtliche Unterschiede in der Umsetzung, aber es lassen sich auch Ähnlichkeiten feststellen. Diese Arbeit setzt sich das Ziel die Kommunikationsstrukturen in einer Systemlandschaft von Behörden zu digitalisieren. Dazu werden Big-Data-Ansätze verwendet. Die Lageneinschätzung mit Bayes-Netzwerken, die strategische Planung mit Ministories und ein geeigneter Kommunikationsstandart mit Apache Kafka und Web Feature Service sind der Kern dieser Arbeit ...

Ahmad Khalidi

Title of Thesis

Big-data approaches for decision support in disaster management with fokus on flooding events

Keywords

Big-Data, Message-Broker, Apache Kafka, Geodata, Web Feature Service, Ministry, Bayes-Network

Abstract

Disaster management in flood events is a cross-domain disciplin. There are local differences in implementation, but similarities can also be found. This work aims to digitize

communication structures of authorities in disaster management. big-data-approaches are used for this. Situation evaluation with Bayes-Networks, strategic planning with minitories and a suitable communication standard with Apache Kafka with web feature service represent the core of this work . . .

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	vii
1 Einleitung	1
1.1 Thema/Relevanz	1
1.2 Ziel	1
1.3 Ablauf	2
2 Katastrophenmanagement für den Raum Hamburg	3
2.1 Begriffsdefinition	4
2.2 Hochwassermanagement in Deutschland	5
2.3 Hochwassermanagement für den Raum Hamburg	5
2.3.1 Nach Meldung an Feuerwehr	6
2.3.2 Nach Sturmflutwarnung durch WADI	8
2.4 Stabsaufbau HASTA	9
2.4.1 Organisationsstruktur	9
2.4.2 HASTA Messaging	12
2.4.3 HASTA Zusammenfassung	13
2.5 Hochwassermanagement in HH verallgemeinert	13
2.5.1 Politisch-administrativ	14
2.5.2 Taktisch	14
2.5.3 Operativ	14
2.5.4 Verallgemeinerung zusammengefasst	15
2.6 Katastrophenmanagement zusammengefasst	15
3 Anforderungen für die Systemlandschaft	16
3.1 Kommunikationsstrukturen	16
3.1.1 Einzelne Behörden	17
3.1.2 Zusammenarbeit von Behörden	18
3.1.3 Stäbe Allgemein	19

3.2	Systemlandschaft	20
3.3	Standart Kommunikationsarchitekturen	20
3.3.1	Service-Oriented-Architecture (SOA)	21
3.3.2	Event-Driven-Architecture (EDA)	21
3.3.3	Enterprise Service Bus (ESB)	22
3.3.4	EDA vs ESB	23
3.4	Zusammenfassung	24
4	Technische Umsetzung	25
4.1	Aktueller Stand	25
4.1.1	Situationen	25
4.1.2	Handlungsoptionen	27
4.1.3	Benutzeroberfläche	28
4.1.4	Zusammenfassung	29
4.2	Umsetzung	29
4.2.1	Kommunikation	29
4.2.2	Komponenten einordnen und vervollständigen	31
4.2.3	Vorhandene Technologien der EDA	31
4.2.4	Rollen im HASTA	33
4.3	Architekturbewertung	34
5	Zusammenfassung und Ausblick	35
	Literaturverzeichnis	37
	Selbstständigkeitserklärung	40

Abbildungsverzeichnis

2.1	Erster Angriff Abschnitt 1: vereinfachte Darstellung [3]	6
2.2	Erster Angriff Abschnitt 2: vereinfachte Darstellung [3]	6
2.3	Erster Angriff Abschnitt 3: vereinfachte Darstellung [3]	7
2.4	Organigramm des HASTA <i>Quelle</i> [4]	9
3.1	Makro - Baumstruktur Allgemeine Darstellung	17
3.2	Mikrostrukturen eines Stabes	19
3.3	Systemlandschaft	20
4.1	Bayes-Netzwerk [16]	26
4.2	Ministry [18]	27
4.3	Benutzeroberfläche	28
4.4	Sequenzdiagramm MADISMA und Indyco	31

1 Einleitung

1.1 Thema/Relevanz

Hochwasser stellt für Deutschland ein hohes Risiko dar. Mehr als 141.726km an Fließgewässern mit einem Einzugsgebiet von mehr als 10km^2 liegen in Deutschland. Alleine die Elbe unterhält in Deutschland einen Einzugsgebiet von 97.175km^2 mit einem Flächenanteil von 62,6%.

Hochwasserereignisse haben in den vergangenen Jahren Schäden in Milliardenhöhe verursacht. Für die Stadt Hamburg existieren Aufzeichnungen von Überschwemmungen mit verheerenden Ausmaßen bis in das 18. Jahrhundert zurück. So auch in den jüngsten Ereignissen, als Orkan-tief Sabine am 11.02.2020 den Fischmarkt überflutete. Die Elbe stieg 2,70 Meter über dem mittleren Hochwasser. Verletzt wurde niemand[11]. So gut ging es jedoch nicht immer aus. Im Jahr 1962 ereilte Hamburg eine Sturmflut, bei der ganze Ortsteile überflutet wurden. Insgesamt starben 315 Menschen und es kam zu erheblichen wirtschaftlichen Schäden insbesondere an der Infrastruktur und Anbauflächen. Ein Grund für den schweren Schlag ist auf mangelnde Warnung und das Versagen der Deiche zurückzuführen.

Trotz wachsender Datenmengen und verfügbaren Ressourcen arbeiten viele Behörden im Katastrophenschutz weiterhin auf Papierkarten und kommunizieren über Telefonen. Diese Arbeit setzt sich zum Ziel Katastrophenmanagement zu digitalisieren mit Hilfe moderner Big-Data-Technologien. Dies soll die Einsatzleistung erhöhen, indem Situationen schneller und übersichtlicher dargestellt werden und menschliches Fehlverhalten in der Entscheidungsfindung zu vermindern.

1.2 Ziel

Ziel der Arbeit ist es ein bestehendes System aus dem Katastrophenmanagement zu erweitern. Das System soll in der Zukunft Einsatzleitungen um Katastrophenfall unter-

stützen. Dazu soll es Informationen automatisiert bündeln und geeignet darstellen. Aus der Information soll dann ein strategische Plan des Einsatzes entstehen. Dieses System unterstützt den Anwender mit einer geeigneten Oberfläche zur Situationsdarstellung und strategischen Planung. Außerdem können weitere Systemkomponenten hinzu geschaltet werden.

Diese Arbeit beschäftigt sich zum größten Teil mit der Systemlandschaft und die Kommunikation unter den Systemkomponenten. Dazu wird eine geeignete Systemarchitektur vorgeschlagen. Außerdem werden die Schnittstellen der bereits bestehenden Komponenten genauer beschrieben.

Diese Arbeit zeigt, dass eine Infrastruktur Hilfe eines Message-Brokers sinnvoll umgesetzt werden kann. Außerdem sollten Geodaten über einen Standard, wie Web Feature Service, übertragen werden.

1.3 Ablauf

Im ersten Kapitel wird Hochwassermanagement in Deutschland und speziell in Hamburg beschrieben. Dazu wird die Hafenverteidigung durch den HASTA analysiert.

Mit dem HASTA und der Hamburger Behördenstruktur werden im darauf folgenden Kapitel die wichtigsten Eigenschaften abstrahiert. Dazu werden allgemein gültige Gesetze der Behördenführung und die konkrete Umsetzung des HASTA auf die nötigsten Eigenschaften reduziert.

Diese Eigenschaften werden im vierten Kapitel auf ein konkretes System angewandt. Mit Hilfe des Message-Brokers *Apache Kafka* wird so eine Infrastruktur implementiert. Außerdem werden zwei bestehende Komponenten in die Infrastruktur eingegliedert und konkretisiert. Diese Infrastruktur wird dann bewertet.

Im letzten Kapitel werden alle Ergebnisse zusammen gefasst und weitere Arbeitsschritte vorgeschlagen.

2 Katastrophenmanagement für den Raum Hamburg

Das Ziel dieser Arbeit ist die Infrastruktur für ein System, wie es deutsche Behörden im Hochwasserschutz verwenden können. Um Anforderungen feststellen zu können, muss zuerst ein Verständnis der Domain hergestellt werden. Im folgenden Kapitel wird dazu Katastrophenmanagement für den Raum Hamburg beschrieben.

Eine Katastrophe ist ein plötzlich eintretenden folgenschweres (Natur-) Ereignis und stellt eine Bedrohung für Mensch, Wirtschaft und Natur dar. Naturkatastrophen sind natürliche Phänomene und unvermeidbar.

Katastrophenmanagement konzentriert sich auf das Ziel das Risiko einer Katastrophe zu reduzieren. Ein Risiko ist das Produkt aus Eintrittswahrscheinlichkeit und auftretenden Schäden. Um das Risiko gering zu halten können entweder die Eintrittswahrscheinlichkeiten oder die auftretenden Schäden reduziert werden.

Die örtlichen Behörden zur Katastrophenbewältigung können sich in ihren Zuständigkeiten, Ablaufprotokollen und zugrunde liegenden Gesetzen voneinander unterscheiden. Es lassen sich jedoch prinzipielle Ähnlichkeiten zwischen jeder konkreten Umsetzung von Katastrophenmanagement fest stellen.

Weil Katastrophenmanagement komplex ist und zu viele örtliche Varianten existieren, müssen Anforderungen von konkreten Umsetzungen abgeleitet werden. Die Stadt Hamburg¹ liegt zu 100% im Einzugsgebiet der Elbe, hat hunderte Jahre Erfahrung im Hochwassermanagement und ist vergleichbar mit anderen deutschen Hochwasserschutzbehörden. In dieser Arbeit wird die Stadt Hamburg mit ihren Behörden, Organisationen und Ablauf-Protokollen repräsentativ verwendet.

¹Zum aktuellen Zeitpunkt ist Hamburg auch mein Wohnsitz.

2.1 Begriffsdefinition

Hier werden Begriffe definiert, die in dieser Arbeit häufig verwendet werden und zu Missverständnissen führen können.

- *Behörde* und *Organisation* wird in dieser Arbeit als Synonym verwendet. Es soll sich dabei um eine eine staatliche oder private Dienststelle handeln, die im Katastrophenmanagement agiert. Ehrenamtliche Hilfsorganisationen haben übernehmen neben den staatlichen Behörden wichtige Aufgaben und werden explizit in die Planung einbezogen.
- *Infrastruktur* sind alle zu schützenden Objekte. Dazu zählen Gebäude, Straßen, Brücken Anlagen und weitere Gegebenheiten, die der Versorgung einer Region dienen.
- *Ressourcen* sind Mitarbeiter, Einsatzkräfte, Fahrzeuge und Schutzmaßnahmen, wie sie im Katastrophenfall eingesetzt werden können.
- *NHN* (NormalHöhenNull) ist die amtlich festgelegte Bezugsebene für das Nullniveau (Höhe über dem Meeresspiegel) in Deutschland.

Für den Schutz sogenannter Schutzgüter können folgende Maßnahmen getroffen werden[7]:

- *Vermeidung* von Neuansiedlung empfindlicher Schutzgütern in risikoreichen Gebieten.
- *Schutz* umfasst Alle Maßnahmen zum Management natürlicher Überschwemmungen und Regelungen des Wasserabflusses. Dazu gehören Dämme, Deiche, Hochwasserschutzwände, Sperrwerke oder mobile Hochwasserschutzanlagen.
- *Vorsorge* sind Maßnahmen zur Hochwasservorhersage und Hochwasserwarnung, so wie das Vorbereiten von Notfallplänen und benötigten Ressourcen im Falle einer Katastrophe.
- *Wiederherstellung/ Regeneration und Überprüfung* umfassen alle Maßnahmen zur Schadensnachsorge, zum Beispiel Aufräum- und Wiederherstellungsaktivitäten.
- *Sonstiges* sind Maßnahmen, die unter keine der anderen Kategorien eingeordnet werden können, zum Beispiel Hochwasserschutzkonzepte.

Diese Arbeit konzentriert sich darauf die auftretenden Schäden bei bereits Eintreffung von Hochwasser zu reduzieren. Nichtsdestotrotz spielen auch vorbereitende Maßnahmen (Vorsorge und Schutz) dabei eine Rolle. Sie bilden die Ressourcen und den Rahmen, in denen Hochwasserbewältigung betrieben wird.

2.2 Hochwassermanagement in Deutschland

Die Erfahrung hat gezeigt, dass ein Hochwasserereignisse unvorhergesehen eintreten können und nicht vor Ländergrenzen halt machen. Deswegen haben alle Länder im Einzugsgebiet der Elbe eine europäische Kommission einberufen, welche die Hochwasserrisiko-managementrichtlinien (HWRM-RL) festgelegt haben [3, 8, 2].

Die HWRM-RL erweitern bestehende Wasserrahmenrichtlinien um Maßnahmen, mit denen die nachteiligen Auswirkungen von Hochwasser reduziert werden. Den zuständigen Behörden der Bundesländer obliegt die Umsetzung der HWRM-RL.

Die konkrete Umsetzung kann in den Bundesländern variieren. Weil für eine detaillierte Analyse konkreter Umsetzungen in dieser Arbeit kein Platz ist, wird Hamburg als Paradebeispiel für Hochwassermanagement genommen. Die Stadt liegt 100% im Einzugsgebiet der Elbe und wird regelmäßig von Sturmfluten heimgesucht [8].

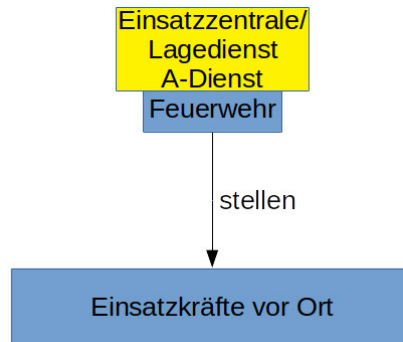
2.3 Hochwassermanagement für den Raum Hamburg

Die Stadt Hamburg hat im Zuge unterschiedlicher Reformen den Hochwasserschutz auf ein hohes Niveau getrieben. Die Umsetzung der HWRM-RL obliegt in Hamburg der Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt(BSU)[7]

Die Behörde für inneres und Sport (BIS) ist in Hamburg unter Anderem für den Katastrophenschutz zuständig [3]. Im Fall einer Katastrophe übernimmt der zentrale Katastrophendienststab (ZKD) die Gesamtleitung. Bei Bedarf übergibt dieser dann die Leitung an die Einsatzleitung der Feuerwehr, das zuständige Bezirksamt oder dem Katastrophenstab im Hafen (HASTA). Diese können aus taktischen Gründen angewiesen werden über deren Zuständigkeitsbereich hinaus tätig zu werden. In Falle von Sturmfluten übernehmen üblicherweise die regionalen Katastrophenstäbe die Leitung.

2.3.1 Nach Meldung an Feuerwehr

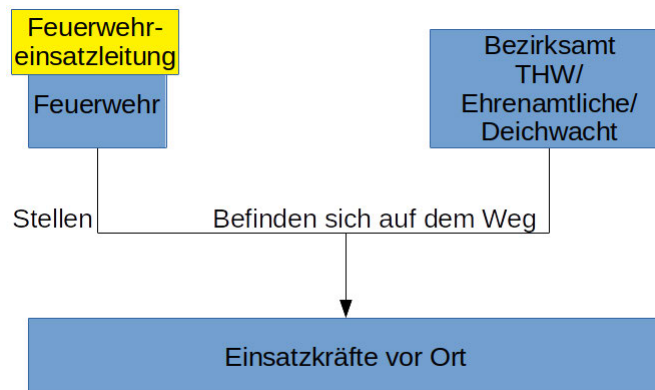
Abbildung 2.1: Erster Angriff Abschnitt 1: vereinfachte Darstellung [3]



Ein typischer Anwendungsfall besteht, wenn die Feuerwehr durch einen Notruf an den Schadensort bestellt wird. Im sogenannten *ersten Angriff Abschnitt 1* versuchen die Feuerwehrkräfte den Schaden an Schutzgüter möglichst gering zu halten. Die Feuerwehr tritt also bereits in den Einsatz, bevor sich ein Katastrophenstab bilden konnte. Sie liefern erste Informationen über die Lage in die Einsatzzentrale.

In Abbildung 2.1 sind die Einsatzkräfte der Feuerwehr und die Einsatzzentrale dargestellt. Die taktischen Maßnahmen (gelb) übernimmt die Einsatzzentrale, wohingegen die Kräfte vor Ort die operative Maßnahmen übernehmen (blau).

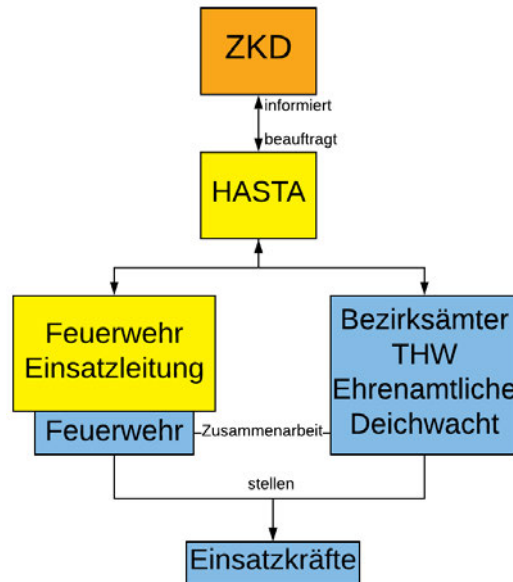
Abbildung 2.2: Erster Angriff Abschnitt 2: vereinfachte Darstellung [3]



Mit Fortschreiten der Katastrophe wird eine Feuerwehreinsatzzentrale am Schadensort eingerichtet. Außerdem werden Bezirksamter bzw. die Hamburger Port Authority (HPA) informiert und es wird ein Katastrophenstab eingerichtet. Hilfsorganisationen werden auf den Weg zur Einsatzleistung am Schadensort geschickt. Abbildung 2.2 zeigt die nun

taktische Einheit Feuerwehreinsatzzentrale (gelb) welche am Schadensort eingerichtet wurde. Im dritten und letzten Abschnitt vom ersten Angriff wurden die Katastrophen-

Abbildung 2.3: Erster Angriff Abschnitt 3: vereinfachte Darstellung [3]



stäbe eingerichtet. Die Einsatzkräfte der Bezirksämter sind vorwiegend mit der Fürsorge betroffener Bürger zum Beispiel mit der Evakuierung, Unterbringung und Versorgung zuständig. Das THW und die Deichwacht ist vorwiegend für die Deichverteidigung zuständig.

Nach Absprache mit dem BIS übernimmt der HASTA die Gesamtleitung der Abwehrmaßnahmen. Abbildung 2.3 zeigt, wie eine Verantwortungshierarchie aussehen kann. Neu hinzu-gekommen sind der ZKD und der HASTA. Der ZKD (Orange) vertritt den BIS und entscheidet auf politisch-administrativer Ebene. der HASTA leitet Feuerwehreinsatzleitung und Bezirksämter auf taktischer Ebene. Vertreter der jeweiligen Organisationen können jeder anderen Organisation unterstellt werden [4].

Sobald die Situation unter Kontrolle ist, werden auf Anweisung des ZKD die Feuerwehreinsatzleitung vom Schadensort zurückgezogen. Der HASTA übernimmt die Schadenseingrenzung und die Wiederherstellung des vorherigen Zustands[3].

2.3.2 Nach Sturmflutwarnung durch WADI

Hamburg unterhält seit 1976 einen eigenen Sturmwarndienst WADI. Bis zu 9 Stunden vor Eintreten der Sturmflut in den Hamburger Hafen können diese bereits registriert werden. Mit Hilfe von WADI können Sturmfluten präziser vorherbestimmt werden. Speziell auch die Wasserstände und Eintrittszeiten in verschiedenen Orten des Hafens werden vorhergesagt [13].

Nach dem HWRM-Plan für Hamburg existieren drei Typen von Sturmfluten [8]:

- *Häufiges Ereignisse: 4,60m NHN* spricht von einer Sturmflut, wie sie ca. alle 10 Jahre zu erwarten ist.
- *Mittleres Ereignisse: 6,60m NHN* spricht von einer Sturmflut, wie sie ca. alle 100 Jahre zu erwarten ist.
- *Seltenes Ereignisse: 7,30m NHN* spricht von einer Sturmflut, wie sie ca. alle 200 Jahre zu erwarten sind.

Bei einer Sturmflut von 4,00m NHN wird bereits die Meldestelle des HASTA informiert. Es tritt jedoch noch kein Katastrophenstab zusammen.

Ab 4,50m NHN wird ein kleiner Katastrophenstab für den Hafen eingerichtet.

Ab 5,00m NHN dann der Große [4].

Der ZKD unterteilt Sturmfluten in Wasserstandstufen:

- *Wasserstandstufe 0* ab 3,50m NHN
- *Wasserstandstufe 1* ab 5,00m NHN
- *Wasserstandstufe 2* ab 5,50m NHN
- *Wasserstandstufe 3* ab 6,50m NHN
- *Wasserstandstufe 4* ab 7,30m NHN

Bei der Deichwacht werden ab Wasserstandstufe 2 der Deichwart und weitere Einsatzkräfte in Alarmbereitschaft versetzt [6].

2.4 Stabsaufbau HASTA

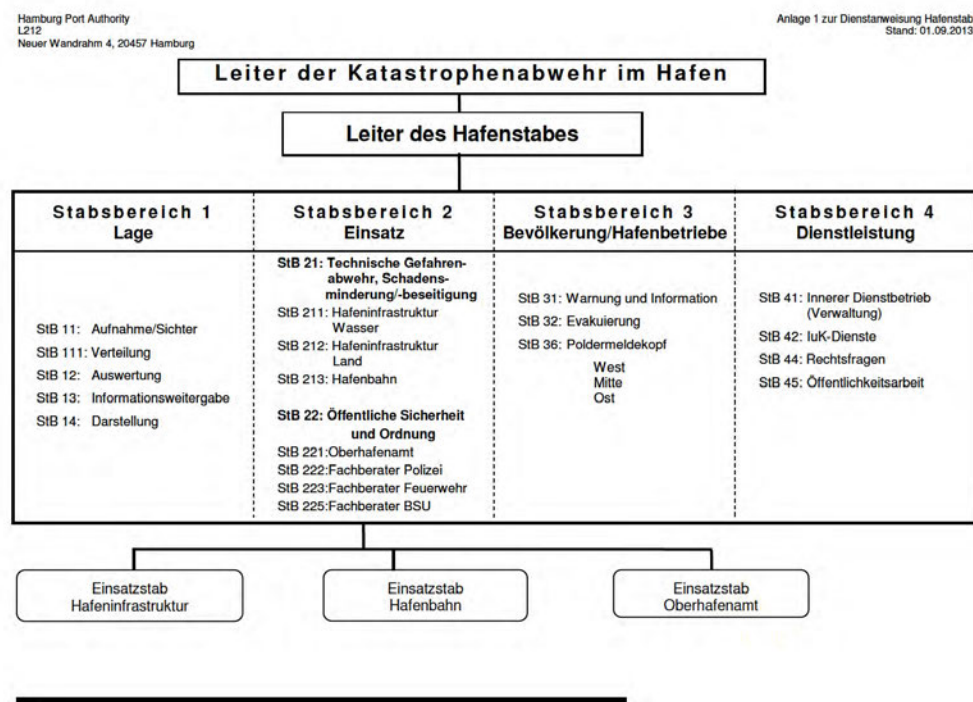
Der HASTA ist in Hamburg für die Hochwasserverteidigung im Hafen zuständig. In dieser Hinsicht ist er mit den regionalen Katastrophenstäben der Bezirke vergleichbar. Die Zuständigkeit des HASTA ist im Normalfall auf den Hafen beschränkt [3].

In folgenden Abschnitten sind die wichtigsten Elemente, internen Strukturen, Kommunikationswege und Vorgaben des HASTA beschrieben.

2.4.1 Organisationsstruktur

Der HASTA [4] besteht aus dem/der Leiter/in der Katastrophenabwehr Hafen, der/dem Leiter/in des Hafenstabes, den vier Stabsbereichen: Lage, Einsatz, Bevölkerung/Hafenbetriebe und Dienstleistung und den den jeweiligen Einsatzstäben.

Abbildung 2.4: Organigramm des HASTA *Quelle*[4]



In Abbildung 2.4 ist das Organigramm des HASTA dargestellt. Der Stab setzt sich aus

mehreren Stabsbereichen (StB) zusammen. Jeder StB ist verantwortlich für eine Menge an zusammenhängenden Aufgabenbereichen. Im folgenden sind diese genauer beschrieben.

Leiter/in der Katastrophenabwehr im Hafen (LKH)

Der LKH ist in der Regel der Geschäftsführer der Hamburger Port Authority oder sein/ihr Vertreter. Er entscheidet unter Anderem über den Zusammentritt des HASTA, Auslösen und Lenken der Abwehrmaßnahmen und das Entsenden eines entscheidungsbefugten Vertreters in die Gesamteinsatzleitung der Feuerwehr.

Leiter/in der HASTA (LH)

Der LH ist dem LKH direkt unterstellt und setzt dessen Entscheidungen um, leitet den Stab und unterstützt den LKH durch Hinzuziehung der Stabsbereichsleiter/in (StBL) mit Entscheidungsmöglichkeiten. Konkrete Aufgaben sind unter Anderem:

- *Koordinierung der Arbeitsabläufe* im Stab
- *Ausarbeiten von Entscheidungsmöglichkeiten* für den Leiter der Katastrophenabwehr im Hafen
- *Herbeiführen grundsätzlicher Entscheidungen* des Leiters der Katastrophenabwehr
- *Vollzug der Anordnungen* des Leiters der Katastrophenabwehr
- *Überwachung des Vollzuges und der Dokumentation der Einsatzmaßnahmen*
- *Genehmigung und Weiterleitung von Meldungen* über StB 1/StB 11 - Informationsweitergabe
- *Verfassen von Abschlussberichten* nach Einsätzen

LH übernimmt vereinfacht ausgedrückt die administrativen Aufgaben des LKH und vermittelt zwischen LKH und den StBL.

Die Aufgaben der StB sind im Folgenden beschrieben.

StB Allgemein

Jeder StB wird durch einen StBL geführt. Sie sind direkt dem LH unterstellt, koordinieren und setzen die Aufgaben um und haben eng mit den anderen StBs zusammen zu arbeiten. Die StBs sind wiederum in Teilbereiche aufgeteilt.

StB 1 -Lage-

In dieser StB werden alle einkommenden und internen Nachrichten ausgewertet. Die daraus entstehenden Informationen stellen den aktuellen Zustand und Prognosen dar. Die wichtigsten Aufgaben des StB Lage sind

- *Aufnahme/Sichter* (StB 11): Aufnehmen, Erfassen und Sichten aller eingehenden Meldungen. Außerdem Festlegung des Verteilers.
- *Auswertung* (StB 12): Aufbereiten und Auswerten von aller Ereignisse und Meldungen.
- *Informationsweitergabe* (StB 13): Weiterleitung aller internen Informationen und Schnittstelle nach Außen.
- *Darstellung* (StB 14): Ermittlung, Darstellung der Katastrophen- und Schadenslage, sowie Unterrichtung bei wichtigen Ereignissen. Diese Aufgabe wird vom Stabsbereichsleiter übernommen.

Der StBL übernimmt zu den allgemeinen Pflichten die Aufgaben des StB14 (Darstellung).

StB 2 -Einsatz

Der StB 2 ist für die taktische Planung und Ausführung zuständig. Er setzt sich aus dem StBL, Vertretern interner Einsatzstäbe und externer Fachberater des Oberhafenamts, der Polizei, der Feuerwehr und der BSU zusammen. Der StBL erarbeitet strategische Konzepte und Koordiniert nachgeordnete Stäbe hinsichtlich ihrer unterschiedlichen Aufgaben. Die nachgeordneten Stäbe sind dem StBL 2 unterteilt und sorgen für die Umsetzung, sowie detaillierter Erarbeitung der Abwehrmaßnahmen.

StB 3 - Bevölkerung / Hafenbetriebe

StB 3 ist für die Öffentlichkeitsarbeit zuständig, Dazu gehören Information der Bevölkerung über die Katastrophenlage, Mitteilen über Verhaltensmaßnahmen und Lösungsmöglichkeiten bezüglich Evakuierung in Abstimmung mit dem ZKD. Außerdem organisiert er die Hafenspolder.

Dem StBL neben seinen allgemeinen Tätigkeiten die Aufgaben des StB 42 - Öffentlichkeitsarbeit war.

StB 4 - Dienstleistung

Der StB 4 ist für den innerlichen Dienstbetrieb zuständig. Er stellt die die Sicherung des inneren Betriebs, die Stabslogistik, den Kurierdienst, die Finanzen, das Personalwesen und die Registrierung aller Ein- und Ausgänge mit Geheimhaltungsgrad VS - vertraulich. Der StBL übernimmt neben seinen allgemeinen Tätigkeiten die Aufgaben des innerlichen Dienstbetriebs.

2.4.2 HASTA Messaging

Meldungen innerhalb des HASTA werden grundsätzlich beim Ein- und Ausgang schriftlich erfasst. Dazu wird ein Formulkopf verwendet. Dieser ist dabei folgendermaßen auszufüllen:

- *Stabsbereich* der eigene Stabsbereich
- *Datum/Uhrzeit* Der Zeitpunkt bei ein- bzw. ausgehender Nachricht
- *an* der gewünschte Adressat
- *von* der Verfasser der Meldung
- *Fernmittel* ankreuzen des verwendeten Fernmittels
- *Dringlichkeits-Vermerk* Bei Bedarf können Meldungen mit dem Dringlichkeits-Vermerk *SOFORT* versehen werden.

Als Inhalte von Meldungen sollen klare und präzise Darstellungen verwendet werden. Jede Meldung ist zu unterschreiben und im Original dem StB 11 (Sichter) übergeben. Eine Kopie behält der StB 1 für die Auswertung und Darstellung. Eine Kopie verbleibt im eigenen StB.

2.4.3 HASTA Zusammenfassung

Anhand des HASTAS können Eigenschaften eines Katastrophenstabes oder Einsatzleitung analysiert werden. Er arbeitet in einer Hierarchie, bei der jeder Entscheidungsinstanz durch einen Leiter vertreten wird. Die StBs übernehmen eigene Aufgabenbereiche und untergliedern diese wiederum in eigene Zuständigkeiten.

Neben den Maßnahmen des Katastrophenmanagements, unterhält der HASTA interne Mechanismen zur Administration. Meldungen sind einheitlich strukturiert und laufen über einen zentralen Verteiler [4].

2.5 Hochwassermanagement in HH verallgemeinert

Hamburg organisiert seine Elemente nach dem Bürokratieansatz. Dieser ist folgendermaßen definiert [1]:

- Unpersönlichkeit
- eindeutige Arbeitsteilung und Zuständigkeiten
- Amtshierarchie mit Weisungs- und Kontrollbefugnissen bzw. Gehorsams- und Berichtspflichten
- Regelgebundenheit und Standardisierung
- aktenkundige Kommunikation
- Amtsführung durch Experten bzw. Fachleute

2.5.1 Politisch-administrativ

Die oberste Befehlsgewalt übernimmt in Hamburg der zentrale Katastrophenstab, ZKD. Dieser Stab ist laufend von allen wichtigen Entscheidungen und Situationen zu unterrichten und übernimmt die alleinige Befehlsgewalt über alle Hamburger Behörden. Der ZKD benötigen weniger detailliert, als wichtige allgemeine Informationen, auf Basis derer sie großräumige und schwerwiegende Entscheidungen treffen [3].

Der Aufbau eines Katastrophenstabes ist am Beispiel Hamburger Hafenstabes (HASTA) in Abschnitt 2.4 beschrieben.

2.5.2 Taktisch

Behörden der, die am Schadensort und der Umgebung die Leitung übernehmen gehören zu den taktischen Elementen. Sie verwalten Ressourcen, wie Einsatzkräfte, Infrastruktur, Abwehrmaßnahmen und Informationen².

Taktische Elemente arbeiten in der Regel eng miteinander zusammen. Außerdem verfügen die jeweiligen Behörden Fachpersonal und spezielle Aufgabenbereiche. In Hamburg ist die Feuerwehr für die Bekämpfung am Schadensort zuständig. Die Bezirksämter sind mehr für die Deichwacht und Schutz der Einwohner zuständig.

2.5.3 Operativ

Behörden auf operativer Ebene stellen Einsatzkräfte. Einsatzkräfte werden konkrete Aufgaben zugewiesen. Das Technische Hilfswerk (THW) übernimmt unter Anderem folgende Aufgaben:

- *Beobachtung und Erkundung* von drohenden oder eintretenden Hochwasser-Ereignissen
- *Ortung und Rettung* von Menschen und Tieren
- *Übersetzen, Transportieren* von Personen und Versorgungsgütern
- *Sandsack-Verbau* (Füllen, Transportieren, Verbauen in unterschiedlichen Formen)
- *Freiräumen* von Zu- und Abfahrtswegen

²Seit der HWRM-RL verwaltet jeder Bundesstaat sogenannte Überschwemmungskarten, die detailliert Gebiete und deren Risiken beschreiben.

Dazu arbeiten sie eng mit anderen Behörden zusammen [3, 5].

2.5.4 Verallgemeinerung zusammengefasst

In Hamburg befinden sich mehrere Behörden im Kampf mit Hochwasser. Der Zuständigkeitsbereich einer Behörde ist durch Geographie, Anwendungsgebiet und Abstraktionsgrad politisch-administrativ, taktisch oder operativ definiert. Behörden auf gleicher Ebene arbeiten eng miteinander zusammen.

Die Befehlsgewalt liegt bei einer zentralen Entität, in Hamburg beim ZKD. Die Aufgabe von taktischen Elementen besteht im Ressourcenmanagement und der Ausarbeitung von Strategien zur Bewältigung ihrer Ziele. Die Aufgabe der operativen Elemente besteht im Umsetzen von konkreter Bewältigungsstrategien.

2.6 Katastrophenmanagement zusammengefasst

Katastrophen sind unvermeidbar. So auch Hochwasser an der Elbe und Deutschland liegt zu mehr als 60% im Elbe-Einzugsgebiet. Weil Hochwasser ein komplexes und überregionales Problem ist, hat eine EU-Kommission Richtlinien verabschiedet, welche die örtlichen Organisationen unterstützen sollen.

Die Stadt Hamburg bietet mit einer modernen Hochwasserschutzanlage und Warnmeldesystem eine Wissensbasis, mit der Hochwassermanagement im Allgemeinen beschrieben werden kann: *Verschiedene Organisationen arbeiten in einer hierarchischen Struktur miteinander um in einer Gefahrensituation angemessen und schnell reagieren zu können.*

Im Folgenden werden einzelne Elemente des Hochwassermanagements in Hamburg detailliert analysiert. Die extrahierten Teilanforderungen bilden die Grundlage für die Infrastruktur.

3 Anforderungen für die Systemlandschaft

Bisher wurde in Abschnitt 2 Hochwassermanagement in Hamburg beschrieben. In dieser Arbeit soll jedoch ein allgemein-gültiges Verständnis für Katastrophenmanagement entstehen. Jede Nation, Bundesland und Behörde weist eigene Kommunikationsstrukturen auf. Deswegen wird in diesem Kapitel von konkreten Dynamiken und Behörden abstrahiert.

Abschnitt 2.5 beschreibt stellvertretende Behörden in Hamburg und ihre Zuständigkeiten. Die Analyse zeigt, dass sich alle Elemente des Systems in einer hierarchischen Struktur befinden. In dieser Struktur arbeiten Organisationen auf gleicher Ebene eng zusammen. Elemente höherer Ebenen befehlen Elemente unterliegender Ebene in ihrem Zuständigkeitsbereich. Ein Zuständigkeitsbereich ist durch geographische Abrenzung, Art der Katastrophe oder dem Abstraktionsgrad *politische-administrativ*, *taktisch* oder *operativ* definiert.

3.1 Kommunikationsstrukturen

In Abschnitt 2.5 wurde gezeigt, wie die Kommunikationsstrukturen des Hamburger Katastrophenmanagements aussieht. Außerdem wurde in 2.4.3 ein detaillierter Einblick des HASTA vorgestellt. Im Folgenden werden diese beiden Analysen zusammengefasst und in technische Entitäten und deren Interaktion umgesetzt.

Es wird angenommen, dass sich jedes Element, jede Behörde in einer hierarchischen Struktur befindet. Diese werden durch einen Verantwortlichen repräsentiert. Außerdem besteht jedes Element aus einzelnen Teilabschnitten, welche in sich geschachtelt eigenständige Elemente beinhalten können. Diese Kommunikationsstruktur kann durch eine Baumstruktur dargestellt werden.

Im Folgenden Abschnitt werden Anforderungen an Elemente im Katastrophenmanagement analysiert.

3.1.1 Einzelne Behörden

Der ZKD leitet Hamburgers Hochwassermanagement zentral. Das und die hierarchische Struktur ist durch einen Baum modellierbar. Jedes Element in dem Baum kann beliebig viele Kinderknoten führen. Es existiert genau ein Wurzelknoten. Der Fluss an Informationen läuft von unten nach oben durch Situationsmeldung und von oben nach unten durch Anweisungen und Situationsmeldungen.

Jeder Knoten auf einer Entscheidungsebene wird durch eine Leitung repräsentiert. Ab-

Abbildung 3.1: Makro - Baumstruktur Allgemeine Darstellung

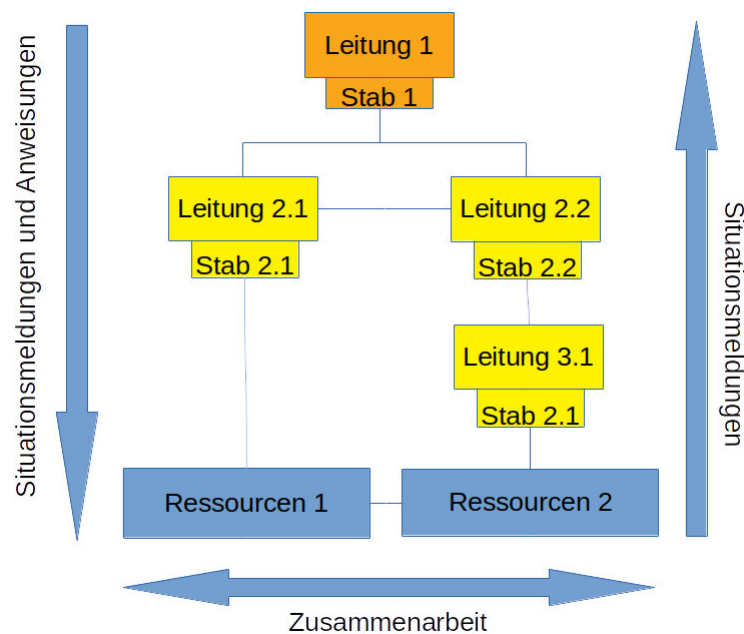


Abbildung 3.1 zeigt, wie so eine Baumstruktur aussehen kann. Die Knoten in Orange repräsentiert die oberste Leitung und übernimmt politisch-administrative Aufgaben.

Die gelben Knoten sind taktische Elemente, welche entweder eigene Ressourcen zur Hochwasserbewältigung führen oder wiederum andere taktische Elemente leiten.

Bei den Ressourcen handelt es sich um Einsatzkräfte, Informationsquellen, Abwehrmaßnahmen.

Die Elemente Verbindungen unter den Elementen gleicher Ebenen stellt die enge Zusammenarbeit dar. Die Linien über die Ebenen hinaus und die Pfeile links und rechts stellen den Informationsfluss dar.

3.1.2 Zusammenarbeit von Behörden

Elemente müssen sich in die Makrostruktur eingliedern, um Teil des Katastrophenmanagements sein zu können. Die Eigenschaften jedes einzelnen Elements lassen sich so auf wenige grundlegende Funktionen bestimmen. Die wichtigsten Eigenschaften jedes Elements ist folglich:

- Jedes Element muss für einen Aufgabenbereich zuständig sein. Ohne ein eindeutiges Ziel können Elemente nicht handeln (*Bestimmung*).
- Wenn ein Element keine Möglichkeit der Kommunikation besitzt, dann kann es keine Anweisungen entgegen nehmen oder Informationen liefern. Dementsprechend muss jedes Element die Möglichkeit besitzen zu kommunizieren (*Kommunikation*).
- Elemente sollen in ihrem Aufgabenbereich Entscheidungen tätigen oder diese umsetzen. In diesem Sinne muss jedes Element Mechanismen besitzen Handlungen auszuführen und die entsprechenden verantwortlichen darüber zu informieren (*Handlungsmöglichkeiten*).
- Jedes Element muss in der Lage sein die eigenen Ressourcen zu verwalten. Nur so können auf taktischer und politisch-administrativer Ebene Entscheidungen getroffen werden (*Ressourcen verwalten*).
- Um zu verhindern, dass unrechtmäßige Informationen zwischen Elementen fließen, muss jedes Element über dessen Zuständigkeit bescheid wissen und Mechanismen unterstützen, die einen unrechtmäßigen Zugriff verhindern (*Zuständigkeiten*).

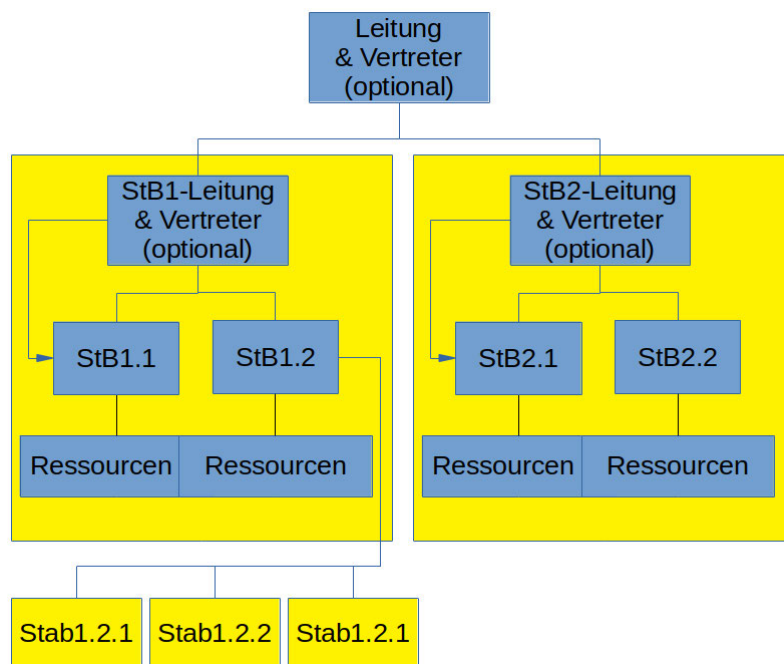
Für Elemente in leitender Position kommen weitere Anforderungen hinzu.

- Jedes leitende Element muss in der Lage sein auf Basis von Informationen Entscheidungen zu treffen. Diese Entscheidungen müssen formalisierbar sein (*Entscheidungsfindung*).
- Jedes entscheidende Element muss dessen Aufgabenbereich auf dessen Kindknoten vollständig aufteilen. So kann sichergestellt, dass die vorgeschriebenen Sicherheitsmaßnahmen der obersten Leitung auf alle Elemente des Systems verteilt werden und kein Aufgabenbereich verloren geht (*Aufgabenverteilung*).
- Entscheidungen und Meldungen müssen nachvollziehbar verwaltet werden, denn sonst ist die eindeutige Kette an Verantwortlichkeit gestört (*Nachvollziehbarkeit*).

3.1.3 Stäbe Allgemein

Unsere Definition eines Stabes ist direkt aus der Beschreibung des HASTA abgeleitet. Wie auch in der Zusammenarbeit von Behörden ist für die interne Struktur von Stäben eine Baumstruktur angebracht. Die Wurzel des Baums repräsentiert dabei die Leitung. Subbäume sind wiederum als Stäbe mit Leitung zu interpretieren. Abbildung 3.1 zeigt,

Abbildung 3.2: Mikrostrukturen eines Stabes



wie eine allgemeine Baumstruktur für Stäbe aussehen kann. Die Wurzel des Baums repräsentiert die Leitung. Einer Leitung können wiederum Stabsbereiche unterstellt sein (gelb). Jeder weitere Stabsbereich hat wiederum eine Leitung und ist in Teilbereiche aufgeteilt. Die Teilbereiche arbeiten zum Teil auf den selben Ressourcen. Es muss allerdings weiterhin eine eindeutige Befehlshierarchie vorliegen.

Stabsbereiche können die Aufgaben von anderen Stabsbereichen übernehmen (Pfeil von StB1 zu StB2).

Der Leiter eines Stabes kann auch Teilbereiche eigenen Stabsbereich übernehmen.

Stabsbereiche können Ressourcen verwalten oder weitere Stäbe.

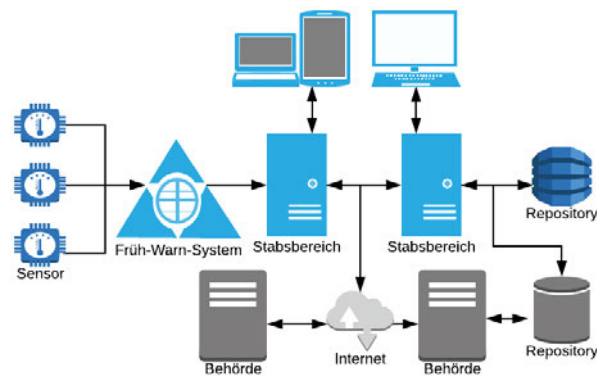
Die Leiter der Stabsbereiche haben eng zusammen zu arbeiten.

3.2 Systemlandschaft

Die heterogene Systemlandschaft wird geprägt durch Organisationen, mobile Geräte (Handy, Laptop, etc.), Sensoren, öffentliches Netz (Internet, Telefon) und Früh-Warn-Systeme. Diese arbeiten in einer komplexen Struktur mehr oder weniger miteinander zusammen.

Abbildung 3.3 zeigt eine mögliche Systemlandschaft. Sensoren und mobilen Geräten

Abbildung 3.3: Systemlandschaft



bilden den größten Anteil an Systemelementen. Sie sind mit den zuständigen Behörden, Stäben und Früh-Warn-Systemen verbunden.

Es können beliebig viele Behörden und Stäbe untereinander verbunden sein. Für jeden Bereich, jede Abteilung der Behörden und Stäbe können eigenständige Server und Repositories laufen. Repositories können von mehreren Clients verwendet werden. Die Kommunikation unter Clients und Servern läuft zum Großteil über das Internet.

3.3 Standard Kommunikationsarchitekturen

Die komplexe und heterogene Systemlandschaft kann durch eine standardisierte Kommunikation vereinfacht und produktiver gemacht werden. Dazu werden im Folgenden Architekturen vorgeschlagen, die eine standardisierte Kommunikation in einer komplexen Systemlandschaft erlauben.

3.3.1 Service-Oriented-Architecture (SOA)

In einer schnell wachsenden und heterogenen Wirtschaft hat sich in Mitte der 2000er Jahre die Architektur SOA integriert. In SOA stehen Services im Mittelpunkt. Ein Service ist eine in eigenständige abgeschlossene Funktionalität. Web-Services bilden eine Implementationsmöglichkeit ab.

Jeder Services bietet einheitliche Schnittstellen über *Service-Providern* an. Diese können von *Service-Requestors* zugegriffen werden. Informationen über verfügbare Services werden vom *Service-Locator* bereit gestellt. Service-Broker können ggf. Anfragen auf Provider verteilen. In SOA bestimmt der Consumer den Informations- und Ausführungsfluss [14, 9, 12]

3.3.2 Event-Driven-Architecture (EDA)

SOA integriert bereits Funktionalitäten als eigenständige Services und schafft damit eine modulare Infrastruktur. Mit EDA werden Services noch stärker voneinander entkoppelt [14, 17].

Dazu wird von dem herrkömmlichen Request-/Response-Schema-Schema abgesehen. Services (Publisher) senden ihre Nachrichten (Events) auf Channels, welche von Services (Consumer) abgehört werden.

In EDA beschreiben *Events* innere und äußere Unternehmensereignisse, die ein Problem, eine Möglichkeit, einen Schwellwert oder Abweichung implizieren können. Innerhalb ihres Contexts sind Events außerdem gleich strukturiert und tragen neben dem eigentlich auftretenden Event auch Beschreibungen über Zeitpunkt, Eventtyp, Event-Hersteller, fachliche Informationen, die den Consumer vielleicht interessieren könnten. So braucht der Consumer keine weitere Kontaktaufnahme mit dem Publisher[10].

Consumer können wiederum Events auslösen, die wiederum von Services verarbeitet werden. Dieses asynchrone und entkoppelte Aneinanderkettung von Events erlaubt langlebige Eventströme, die von beliebig vielen *sinks* (Senken) verwendet werden können[14].

Ein großer Unterschied zu SOA ist, dass in EDA der Empfänger der Nachricht den Informations- und Ausführungsfluss bestimmt [14]. Dies entkoppelt Consumer und Producer noch stärker voneinander. Grundlage ist einzig ein einheitliches Event-Messaging-Format.

Eine typische EDA-Implementierung besteht aus folgenden Punkten [3, 10]:

- *Event Metadata* sind Spezifikation der Nachrichten und event processing rules.

- *Event Processing* ist die konkrete Verarbeitung von Events in Services.
- *Event Tooling* sind Werkzeuge zum Erstellen konkreter Event Metadata und Processing Instanzen.
- *Enterprise Integration* beschreibt den Kern eines EDA, mit Transport-Channels, Verbreitungsmethodiken und standartisierten Event (Pre-)Processing tool, wie Filter, Transformationen und Routes.
- *Source and Targets* sind die Ressourcen der Anwendung, mit Services, Repositories und Nutzern.

3.3.3 Enterprise Service Bus (ESB)

In EDA sind nicht nur die Infrastruktur-Komponenten an Event-Messaging angepasst. Auch auf Business-Ebene verarbeiten die Services Events und Messages statt Requests/Responses. Diese Anforderung kann für ältere bereits bestehende Systeme ein Problem sein. Um Kosten zu sparen, jedoch nicht auf moderne Kommunikation verzichten zu müssen, kann ESB geeignete Lösungen bieten.

ESB ist ein Architektur-Muster welches Business-Integration vereinfachen soll. Dazu vereint es Service-Oriantation und Event-Driven Architektur durch geeignete Abstraktion und schafft so eine dynamische und anpassungsfähige Infrastruktur [14].

Folgende Fähigkeiten sind häufig Teil eines ESB:

- *Inovocation* Servies wie in SOA zu beauftragen,
- *Routing* Transportwege von Nachrichten zu beeinflussen,
- *Mediation* Übersetzung und Transformation von Nachrichten zwischen Services,
- *Security* Verschlüsselung und Authentifikation,
- *Management* Administration und Monitoring-Zugang,
- *Complex Event Processing* Kommunikation über Event-Messaging und
- *Integration Tooling* Deployment- und Test-Tools.

[15]

3.3.4 EDA vs ESB

Für die Infrastruktur wurden bereits in Kapitel 2 und 3 Anforderungen gesammelt. Wichtige Punkte waren die dynamische Kommunikationsstrukturen, die Austauschbarkeit und Integrierung von Modulen, die eindeutige Zuständigkeit so wie ein einheitliches Nachrichtenformat.

Die Frage, auf welchem Kommunikations-Protokoll die Architektur aufgebaut werden soll, wird hier dadurch bestimmt, wie sehr das Protokoll die Kommunikation auf Business-Ebene widerspiegeln. In dieser Arbeit wird davon ausgegangen, dass ein Event-Driven-Nachrichtenformat deutlich Realitäts-näher ist als das Request/Response-Protokoll. Automatisierte Sturmflutwarndienste wie WADI in Abschnitt 2.3.2 und das Nachrichtenformat des HASTA in Abschnitt 2.4.2 können auf Business-Ebene mit Event-Messaging abgebildet werden. Das Informieren des Stabsleiter durch Stabsbereichsleiter über die aktuelle Situation, die Zusammenarbeit unter den Stabsbereichen, ist direkt in asynchronen direkten Nachrichten umsetzbar. Ein Request/Response-Protokoll wirkt dabei eher fehl am Platz. Zum Beispiel wäre es in einer realen Einsatzsituation ungewöhnlich, wenn alle Informations- und Anweisungsflüsse in einer perfekten sequenziellen Reihenfolge abgearbeitet werden.

Das Request-/Response-Protokoll impliziert einen Service-Orientierten Ansatz. In diesem bestimmt der Requestor den Informationsfluss des Providers (siehe Abschnitt 3.3.1). Im Beispielszenario, ein Stabsbereichsleiter (Requestor) übergibt den Stabsleiter(Provider) Informationen, wäre der Stabsbereichsleiter für den folgenden Informationsfluss zuständig und nicht der Vorgesetzte Stabsleiter.

Dieser Widerspruch und die vorherigen Argumente beweisen, dass ein Event-Driven das realitätsnähere Protokoll ist. Weiterhin ist noch zu klären, durch welche Architektur, EDA oder ESB diese umzusetzen ist, da beide Event-Driven arbeiten können.

Die Grundlage für Entscheidung einer Architektur bildet die Technologie mit den wenigsten Aufwand. Weil EDA nur Event-Driven umsetzt, ESB auch Service-Orientierung unterstützt, kann davon ausgegangen werden, dass EDA-Lösungen weniger komplex und einfacher einzusetzen sind. Die zu beantwortende Frage ist also, ob EDA allen Anforderungen genügt. Diese Frage wurde bereits mit der Entscheidung zu Event-Driven bestätigt.

Sollte die Infrastruktur in ein bereits bestehendes System eingesetzt werden, welches (zum Teil) Event-driven nicht unterstützen kann, dann wäre die Umstellung auf ein ESB sinn-

voll. Eine Umstellung sollte für einen konkreten Fall jedoch auf Seiten von Event-Driven keine schwerwiegende Arbeit bedeuten, sollten die Services durch geeignete Modularität, wie das des Protoypen, von der vorhandenen Infrastruktur entkoppelt sein.

3.4 Zusammenfassung

Kapitel 3 zeigt, dass wie die Idee *Stab* als Abstraktion von organisierenden Elementen aufgefasst werden kann. Ein Stab ist für unsere Begriffe eine sich selbst organisierende Ressource. Ein Stab intern in Stabsbereiche aufgeteilt werden. Diese übernehmen Teilbereiche der Gesamtaufgaben. Der wichtigste Bereich in dieser Arbeit ist das der Kommunikation.

Es liegt also nahe, einen Stabsbereich einschließlich für die Kommunikation zu verwenden. Weil dadurch jedes Element eines Stabes gezwungen ist mit diesem zu interagieren, folgen daraus Anforderungen: jedes Element muss mit dem StB Kommunikation interagieren. Jedes Element kann kommunizieren.

Event-Driven-Architecture ist eine geeignete Architektur für das Zusammenspiel beliebig vieler Systeme. EDA ist Anwendungsunabhängig, skaliert vertikal und unterstützt Rollenzuweisungen und zentrale Nachrichtenverwaltung. Damit können alle Anforderungen an Behörden und deren Zusammenarbeiten umgesetzt werden.

4 Technische Umsetzung

Bisher stellt diese Arbeit eine allgemeine Beschreibung einer Systemlandschaft im Katastrophenmanagement dar. Im laufenden Projekt *INDYCO* soll eine solche Systemlandschaft umgesetzt werden. Dabei ist zu beachten, dass diese konkrete Umsetzung noch nicht von den Vorteilen einer standardisierten Kommunikationsarchitektur profitieren kann, weil das aktuelle System nur aus wenigen Komponenten besteht und diese nur direkt miteinander kommunizieren müssen. Eine standardisierte Kommunikation wird jedoch in zukünftigen Arbeiten mit mehreren Akteuren deutliche Vorteile mit sich bringen. Zuerst wird der allgemeine Ablauf und die wichtigsten Systemkomponenten beschrieben. Danach werden noch offene Fragestellungen und zu definierende Abläufe festgestellt und bearbeitet. Im darauf Folgenden Schritt wird das System mit den erarbeiteten Konzepten erweitert und getestet.

4.1 Aktueller Stand

Das hier beschriebene System soll in alpinen Regionen in zum Beispiel Überflutungseignissen eingesetzt werden. Dazu bündelt es Informationen, stellt diese übersichtlich dar und schlägt Handlungsoptionen vor. Das System kann grob in die zwei Komponenten *MADISMA* und *Workflow-Engine* (WE) eingeteilt werden. Die WE wurde von uns aufgesetzt, die *MADISMA*-Komponente von einem Team aus Österreich. Diese sind auch die Stakeholder des Projekts.

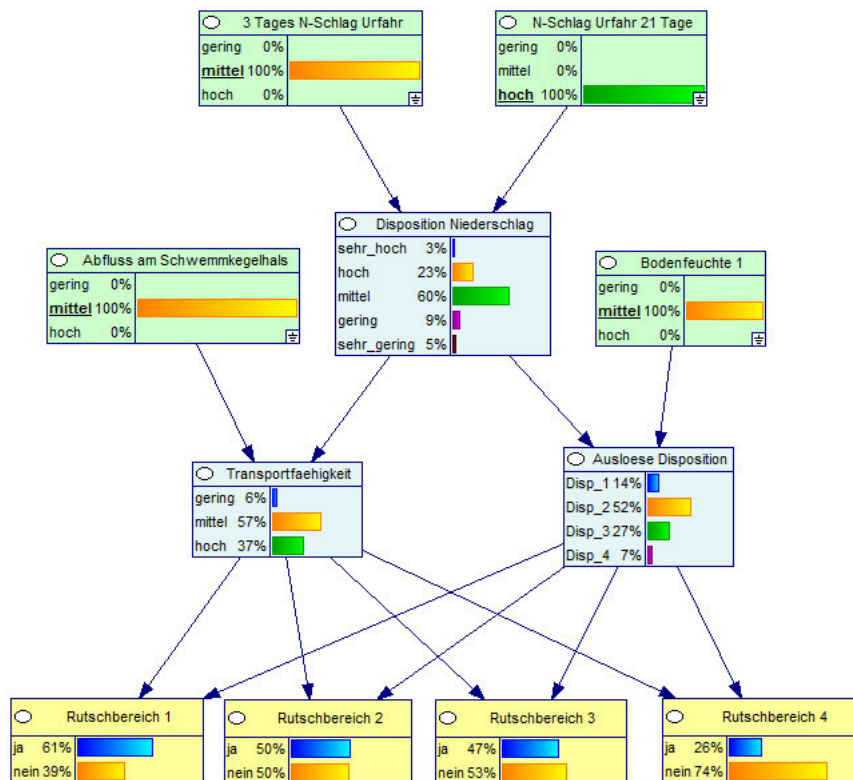
4.1.1 Situationen

Eine Situation ist nach unserer Auffassung die Bündelung und ggf. Interpretation von Information. Sie kann zum Beispiel eine Lageneinschätzung oder eine Überschwemmungsprognose sein. Die Situation ist die Grundlage, auf der ein Operator Entscheidungen

tätigt. Nach diesem Masstab ist das Erstellen der Situation von großer Bedeutung im Katastrophenmanagement.

In der *MADISMA*-Komponente¹ können Experten die Daten von Sensorwerten, Risikokarten, Infrastrukturen, Schutzmaßnahmen und weiteren Einflussfaktoren zusammen fassen. Dies geschieht mit Hilfe von Bayes-Netzwerken.

Abbildung 4.1: Bayes-Netzwerk [16]



Diese Netzwerke prognostizieren auf Basis reinkommender Daten die wahrscheinlichsten Ereignisse. Diese Prognose bildet in Kombination mit einem Anteil der Inputdaten die momentane *Situation*. Diese Situation wird dann einer dynamischen Workflow-Engine übergeben.

¹MADISMA wird von der PRISMA solutions EDV-Dienstleistungen GmbH entwickelt und durch Gelder des Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft mbH (FFG) gefördert

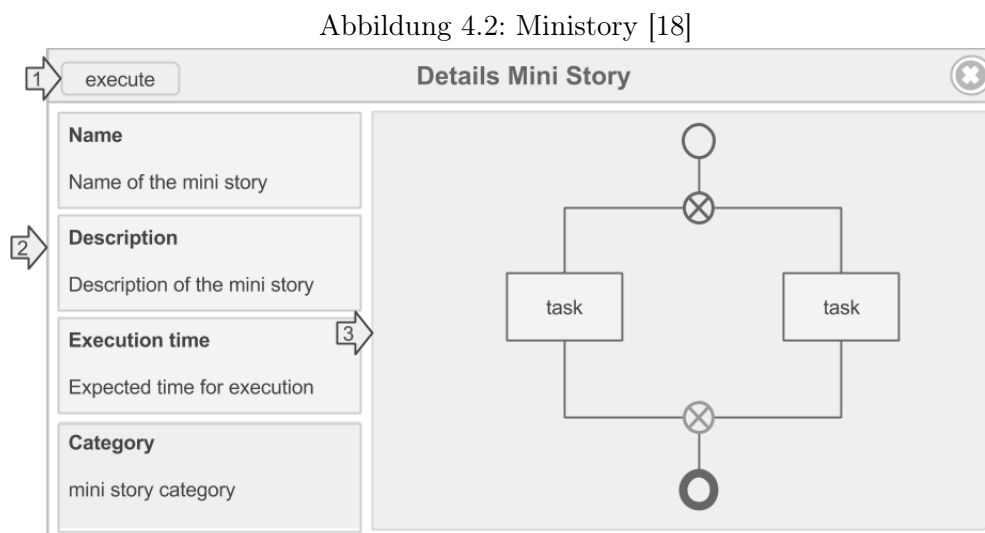
4.1.2 Handlungsoptionen

In der Dissertation von Troppman-Frick [18] wird die Architektur der dynamischen Workflow-Engine (WE) beschrieben. Diese basiert zum Teil auf dem Projekt INDYCO² und behandelt das Modellieren und Empfehlen von Handlungsoptionen.

WE verwaltet *generische Graphen*. Ein generischer Graph ist ein gerichteter Graph mit *Ministories* als Knoten. Ministories stellen die Handlungsoptionen dar. Jede Ministry besteht aus zusammenhängenden Handlungsschritten (*Tasks*) die in einer BPMN zusammengefasst sind.

Generische Graphen beschreiben somit Reihenfolgen von Handlungsschritten, welche optimal für Teilmengen möglicher Situationen anwendbar sind. Der Benutzer schiekt im Katastrophenfall Ministories in die Ausführung (execute) und baut damit einen Graph auf. Dieser Graph repräsentiert die Strategie des Einsatzes.

Abbildung 4.2 zeigt, wie eine Ministry aussehen kann. Sie besteht aus Elementen ei-



nes BPMN, wie *und-/oder-Verknüpfungen*, *Start*, *Ende* und *Tasks* als Knoten. Außerdem können Ministories Kategorien zugeordnet werden, um einen Zusammenhang zu Situationen herstellen zu können. In der Abbildung nicht sichtbar, sind die Eigenschaften *Status* und *Verortung* von Ministories.

Eine Ministry kann den Status *geplant*, *aktiv* und *abgeschlossen* einnehmen. Außerdem

²Indyco(Integrated Dynamic Decision Support System Component for Disaster Management Systems) wurde von mehreren Österreichischen Partnern und unter anderem von der Universität zu Kiel umgesetzt und vom transnationalen EraSME-Förderprogramm gefördert <https://www.scch.at/de/das-news/projekt-indyco>

können einzelne Tasks verortet werden. *Verortung* ist die Verknüpfung vom Ministry und Koordinate, Objekt oder Infrastruktur, an oder oder bei der die Task ausgeführt werden soll. Wenn zum Beispiel die Task *Wasserstand einholen* modelliert, dann kann mit der Verortung der Wasserstand an einer bestimmten Position oder eines bestimmten Pegels gemeint sein.

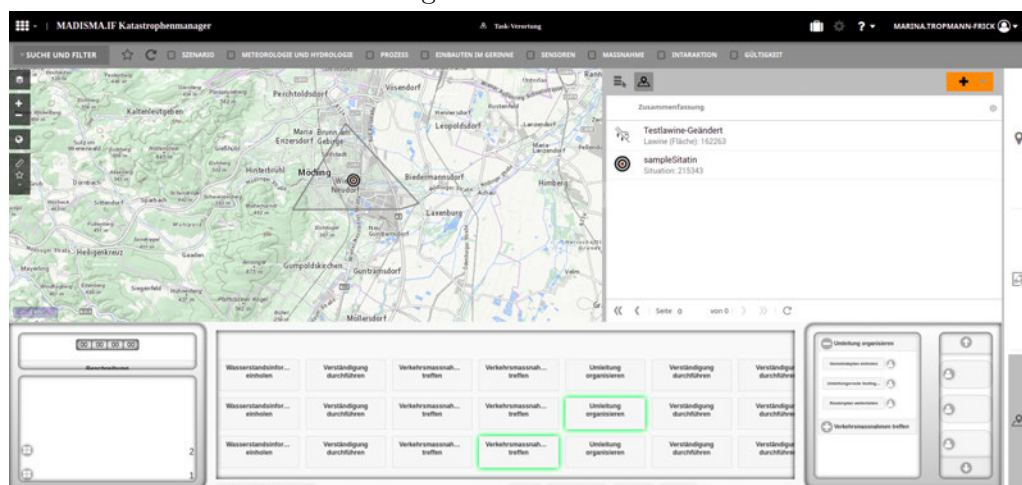
Es soll auch möglich sein, Ministories und Tasks zur Laufzeit erstellen und einbinden zu können. So kann das System auch in neuen Situationen schnell angepasst werden.

4.1.3 Benutzeroberfläche

Der Nutzer meldet sich über einen Browser auf einer Weboberfläche in das System ein. Auf einer Karte wird die aktuelle Situation dargestellt. Objekte auf der Karte beschreiben alle relevanten Infrastrukturen, oder Situationen. Durch ein Suchfeld können Ministories passend zur aktuellen Situation abgefragt werden. Diese werden in einer Liste dargestellt. Der Nutzer kann dann Objekte aus der Karte mit Tasks aus den Ministories vereinen.

Abbildung 4.3 zeigt die Benutzeroberfläche der MADISMA-Komponente mit der WE

Abbildung 4.3: Benutzeroberfläche



als IFrame. In dem oberen Abschnitt werden die Kartenobjekte dargestellt. Im unteren Abschnitt ist das IFrame der WE. In diesem werden im mittleren Hauptfenster alle Ministories dargestellt. Die Grün umrandeten Ministories in die Ausführung geschickt worden und können jetzt verortet werden. Das Fenster rechts daneben zeigt die einzelnen Tasks der jeweiligen Ministories an.

Der Benutzer kann die Objekte aus der MADISMA-Komponente durch zum Beispiel

Drag-and-Drop mit den Tasks verortet. Ministories mit verorteten Tasks werden dann in der Liste aller Ministories in der WE auftauchen.

4.1.4 Zusammenfassung

Das aktuelle System besteht aus den zwei Komponenten. Die MADISMA-Komponente, welche Daten und Informationen zusammenfasst und darstellt und der Workflow-Engine, mit der Strategien auf Basis der Situation ausgearbeitet werden. Tasks von Ministories können verortet werden. Das heißt eine Aufgabe soll auf einer konkreten Infrastruktur oder Koordinate ausgeführt werden.

4.2 Umsetzung

In diesem Abschnitt werden die in Kapitel 3 beschriebenen Konzepte und die in Abschnitt 2.4.1 beschriebene Organisationsstruktur auf den aktuellen Stand des Systems angewandt. Dazu werden die bereits bestehenden Komponenten in dem System eingeordnet. Danach werden fehlende Komponenten ergänzt. Das System wird danach beurteilt, ob es sich in dieser Form in Hamburg einsetzen lassen kann. Konkret wird hier die Schnittstelle zwischen der WE und MADISMA-Komponente beschrieben.

4.2.1 Kommunikation

Die Kommunikation von MADISMA und WE basiert auf IFrames, REST-Schnittstellen und Json. WE und MADISMA-Komponente stellen drei grundlegende Schnittstellen.

Ministories Abfragen

Diese Schnittstelle erlaubt der MADISMA-Komponente die passenden Ministories zu einer Situation abzufragen. Dabei kann es sich um bereits verortete Ministories handeln. Bei der Abfrage kann ein Filter übergeben werden. Wir gehen davon aus, dass alle Komponenten des Systems häufig mit Koordinaten-behafteten Objekten arbeiten. Die MADISMA-Komponente verwendet für die Kommunikation und Verwaltung anderer Schnittstellen bereits einen *Web Feature Service* (WFS). Deswegen haben wir uns darauf

geeinigt, dass die die lesenden und schreibenden Schnittstellen der WE nach dem WFS-Standard implementieren werden. Wir haben uns außerdem für das Filterformat *OGC* entschieden.

Ministory Verorten

Auf der MADISMA-Komponente kann ein Nutzer Ministories verorten. Dabei wird der Task einer Ministory einem konkreten Objekt aus der Karte zugeordnet. Diese Verknüpfung drückt aus, dass zum Beispiel eine bestimmte Aufgabe an einer bestimmten Position ausgeführt werden soll. Indem wir die Informationen einer Task als Properties einer Geo-Json verpacken, können wir diese im Nachhinein über die WFS-Schnittstelle filtern.

Situation Bearbeiten

Die aktuelle Situation wird von der MADISMA-Komponente an die WE übergeben. Dadurch kann die WE eine Priorisierung der Ministories vornehmen und eine Liste aller relevanten Ministories an die MADISMA-Komponente zurück liefern. Indem jeder Situation eine ID gegeben wird, können Situationen verändert oder weitere erstellt werden.

Typischer Anwendungsfall

Abbildung 4.4 zeigt einen typischen Anwendungsfall. Die MADISMA-Komponente stellt dem Nutzer die aktuelle Situation dar. Bei Bedarf fordert der Nutzer passende Ministories zu der Situation an. Die WE wird mit dem entsprechenden Query-Parameter abgefragt und die Situation wird gesetzt. Dem Benutzer werden die Ministories dargestellt. Der Benutzer kann dann Tasks der Ministories verorten. Diese werden automatisch der WE mitgeteilt. Die WE sortiert alle Ministories nach vorher definierten Regeln und stellt sie dem Benutzer dar. Dieser markiert eine Teilmenge an Ministories mit den Status *geplant*, *aktiv* oder *abgeschlossen*. Jeder dieser Updates wird der MADISMA-Komponente mitgeteilt.

Abbildung 4.4: Sequenzdiagramm MADISMA und Indyco



4.2.2 Komponenten einordnen und vervollständigen

Die im HASTA 2.4.1 beschriebenen Eigenschaften sind bereits teilweise durch das bestehende System umgesetzt. Die MADISMA-Komponente bündelt Informationen und stellt diese übersichtlich dar. Damit ist der Stb *Lage* umgesetzt. Die WE verwendet zusammengefasste Informationen um Strategien zur Katastrophenbewältigung zu erarbeiten. Der Stb *Einsatz* ist damit auch umgesetzt.

Für einen vollständigen Katastrophenstab benötigt es außerdem Komponenten zur Verwaltung interner Ressourcen, Anbieten externer Schnittstellen und Warnmeldedienste und die Möglichkeit der Rollenverteilung, Zuständigkeit und Rechtevergabe.

4.2.3 Vorhandene Technologien der EDA

Wie bereits in Abschnitt 3.3.4 beschrieben ist die Event-Driven-Architecture eine geeignete Architektur für die Umsetzung eines Expertensystems für Hochwasserereignisse. Ein Vertreter dieser Architektur ist Apache Kafka³. Kafka ist einer der meist-verwendesten Vertreter der EDA-Architektur, ist open-source und bietet standardisierte Schnittstellen mit Datenbanksystemen wie PostgreSQL oder MongoDB an. Außerdem bieten die

³Apache Kafka <https://kafka.apache.org/>

meisten gängigen Webservice-Frameworks einfache Clients zur Kommunikation mit Kafka an. In dieser Arbeit wird deswegen auf die gesamte Kommunikation über Apache Kafka-Streams vollzogen.

Im Folgenden werden die für diese Arbeit wichtigsten Eigenschaften aufgezählt.

Streams

Die Basis der gesamten Kommunikation bilden in Kafka die Streams. Publisher und Consumer melden sich an den Streams (Topics) an. Es können beliebig viele Topics erstellt werden. Topics arbeiten auf getrennten Datenströmen. Daten werden für eine vorgegebene Zeit gehalten. Topics können in partitioniert werden.

Rollen

Kafka unterscheidet die Clients in den Rollen *Publisher* (Datenquelle), *Consumer* (Datensenke) und Admin. Kafka *Connect* erlaubt eine einfache Anbindung an externe Systeme, wie Datenbanken. Dadurch können große Datenmengen schnell und einfach kopiert werden. Außerdem existieren Plattformen zum *Monitoring* und *Administration*.

Security

Eindeutige Zuständigkeiten ist eine Grundlage für dieses System. Dem entsprechend dürfen alle Clients nur mit den nötigsten Rechten ausgestattet werden. Kafka bietet SSL-Verschlüsselung an. Darauf aufbauend kann Autorisierung durch SSL/GSSAPI (Kerberos) oder SSL/PLAIN verwendet werden. Es können auch externe Kerberos-Systeme eingebunden werden. Nutzer (User) erhalten über die sogenannten *access control lists* (ACLs) die nötigen Rechte. Die für diese Arbeit wichtigen Rechte beinhalten das Lesen und Schreiben auf Topics, das Verwalten der ACLs und das Verwalten von Topics. User können außerdem zu Gruppen (groups) zusammen geschlossen werden. Groups können wie Usern Rechte zugesprochen werden.

4.2.4 Rollen im HASTA

Nach 2.4.1 und den technischen Anforderungen aus 3 besteht ein System mindestens aus den Rollen *Aufnahme/Sichter*, *Auswertung*, *Informationsweitergabe*, *Einsatz* und *Dienstleistung*. Daraus entstehen folgende ACLs:

- *Sichter* haben Leserechte auf allen Topics Schreibrechte auf dem Inputstream von *Auswertung*.
- *Auswertung* haben Leserechte auf den eigenen Inputstream und Schreibrechte auf dem Inputstream von *Einsatz*.
- *Informationsweitergabe* haben Leserechte auf dem eigenen Inputstream.
- *Einsatz* haben Leserechte auf eigenen Inputstream und Schreibrechte auf Repositories durch *Connects* und dem Inputstream *Informationsweitergabe*.
- *Dienstleistung* verwalten Rechte, Gruppen, User und Topics.

Weitere Rollen können sein:

- *Leitung* hat alle Rechte.
- *Bereichsleitung* hat alle Rechte des jeweiligen Stabsbereichs.
- *Mitarbeiter* hat maximal die Rechte des entsprechenden Bereichsleiters.
- *Informationsquellen*⁴ können auf dem Inputstream des Stb *Lage* schreiben. Jede andere Rolle kann bei Bedarf eine Informationsquelle sein.

Wir nehmen an, dass mit Hilfe dieser Rollen jede Kommunikationsstruktur deutscher Behörden im Katastrophenschutz umgesetzt werden können.

⁴Informationsquellen können Sensoren, Mitarbeiter oder ähnliche Artefakte sein, welche Daten zur aktuellen Lage beisteuern.

4.3 Architekturbewertung

Die hier beschriebene Architektur erlaubt das dynamische Einbinden typischer Rollen im Katastrophenmanagement. Apache Kafka bietet durch skalierbare Kommunikation und Sicherheitsprotokolle die nötige Technologie. Es hat sich heraus gestellt, dass Komponenten des Systems eine möglichst kleine Zuständigkeit und ein standardisiertes Kommunikationsprotokoll aufweisen müssen. Mit Web Feature Service (WFS) und einheitlichen Geodaten können Informationen über das gesamte System verteilt werden. Ein Ticket-Service erlaubt das Erstellen von Rollen und Erlaubten Zugriffen im Netz.

Das System, bestehend aus der MADISMA-Komponente und Workflow-Engine, könnte im Hamburger Katastrophenmanagement eingesetzt werden. Außerdem bietet es genug Freiheiten um auch in anderen deutschen Behörden im Katastrophenmanagement eingesetzt zu werden.

Ministories und ihre Tasks können für viele denkbare Handlungsoptionen erstellt werden. Mit Hilfe von Filtern kann der Benutzer gemäß seiner Zuständigkeit und der Situation nur gewünschte Ministories laden. Der Nutzer kann zur Laufzeit Tasks verorten. Die tatsächliche Anwendungsreihenfolge wird letztlich auch zur Laufzeit bestimmt. Diese Freiheiten zur Laufzeit erlauben jede vorstellbare Strategie schnell und übersichtlich zu erstellen.

Durch die standardisierten Schnittstellen von Kafka und WFS können Informationen problemlos unter Systemkomponenten ausgetauscht werden. Außerdem können weitere Komponenten in das System integriert werden.

5 Zusammenfassung und Ausblick

Diese Arbeit hatte sich das Ziel gesetzt ein System zum Katastrophenschutz zu erweitern und so die Katastrophenbewältigung in Deutschland zu unterstützen. Der HASTA wurde als Referenz für deutsche Katastrophenschutzbehörden genommen. Mit Hilfe von Anforderungsanalysen konnte das bestehende System (INDYCO) um eine geeignete Infrastruktur erweitert werden. Dazu wurden die Schnittstellen beider Systemkomponenten Workflow-Engine (WE) und MADISMA-Komponente definiert.

Diese Arbeit hat gezeigt, wie eine geeignete Infrastruktur für beliebig viele Anwendungsszenarien und Kommunikationsstrukturen verwendet werden kann. Mit Hilfe des Message-Brokers *Apache Kafka* und der darunter liegenden *Event-Driven-Architecture* kann eine Domain-nahe Systemlandschaft geschaffen werden, die den modernen technischen Anforderungen von Skalierung und Sicherheit gerecht wird. Durch Standards, wie *Web Feature Service* und Geodaten erlaubt das System einfache Eingliederung neuer Systemkomponenten.

Die Analysen des Systems haben gezeigt, dass das Projekt INDYCO in seiner aktuellen Form im Raum Hamburg umgesetzt werden könnte. Es ist davon auszugehen, dass eine automatisierte Situationsanalyse und eine Auflistung aller sinnvollen Aufgaben die Leistung im Katastrophenmanagement erhöht. Dies ist in Testszenarien heraus zu finden.

Im Projekt sehen wir vor die Kommunikation zwischen der WE und MADISMA-Komponente weiter auszubauen. Es können weitere Aufgaben formuliert werden.

- *Messages* sind die Nachrichten in der Event-Driven-Architecture. Diese sind bereits für Geodaten standardisiert. Allerdings könnten Ansätze verwendet werden, wie sie der HASTA in Abschnitt 2.4.2 verwendet.
- *Fehlende Clients* sind die Systemkomponenten gemeint, die für einen vollständigen Katastrophenstab, wie den HASTA, sinnvoll sind. So können zum Beispiel Repositories für die Ressourcen- oder Nachrichtenverwaltung angelegt werden.

- *Entkoppelung der WE und MADISMA-Komponente* könnte durch die Trennung der Benutzeroberfläche geschehen. Der HASTA unterteilt sich in Stabsbereich *Lage* und *Einsatz*. Indem sich beide eine Benutzeroberfläche teilen verschwimmen Zuständigkeiten. Außerdem ist durch die Nutzung von IFrames nicht immer ganz klar, welcher Client mit welchem spricht.

Literaturverzeichnis

- [1] : *Bürokratie*. – URL <http://www.daswirtschaftslexikon.com/d/b%C3%BCrokratie/b%C3%BCrokratie.htm>. – Zugriffsdatum: 24.02.2020
- [2] : *Nutzung von Binnengewässern*. – URL <https://www.bfn.de/infotehek/daten-fakten/nutzung-der-natur/nutzung-von-binnengewassern/ii-32-1-gesamtlaenge-fliessgewaesser-einzugsgebiet.html>. – Zugriffsdatum: 22.02.20
- [3] : *Allgemeine Richtlinie für den Katastrophenschutz*. 1993. – URL <https://fragdenstaat.de/files/foi/178041/AllgemeineRichtlinie.pdf?download>
- [4] : *Dienstanweisung für den Hafentab HASTA*. 2014. – URL https://fragdenstaat.de/files/foi/178041/Dienstanweisung_HASTA_geschwrzt.pdf?download
- [5] : *Katalog der Einsatzoptionen des THW*. 2014. – URL https://www.thw.de/SharedDocs/Downloads/DE/Hintergrund/katalog_der_einsatzoptionen.pdf?__blob=publicationFile
- [6] : *Berichte des Landesbetriebes Straßen, Brücken und Gewässer Nr. 7/2011, 2. aktualisierte Auflage 2015*. 2015. – URL <https://lsbg.hamburg.de/contentblob/4663442/039e943736d1d1cc6a1a0e10274d03f/data/anleitung-deichverteidigung-aktualisierte-auflage-2015.pdf>
- [7] : *Hintergrunddokument der Freien und Hansestadt Hamburg zum Hochwasser-risikomanagementplan der Flussgebietsgemeinschaft Elbe*. 2015. – URL <https://www.hamburg.de/contentblob/4653328/de6440a3f3b7f350f4847ae6300d7e4e/data/d-3-hintergrunddokument-hwrm-plan.pdf>

- [8] : *Hochwasserrisikomanagementplan gem. § 75 WHG bzw. Artikel 7 der Richtlinie 2007/60/EG über die Bewertung und das Management von Hochwasserrisiken für den deutschen Teil der Flussgebietseinheit Elbe.* 2015. – URL <https://www.hamburg.de/contentblob/4425290/c1edb2b308bbc70450acc70e8095a011/data/d-1-hwrm-plan-fgg-elbe-textteil.pdf>
- [9] BERBNER, R. ; GROLLIUS, T. ; REPP, N. ; HECKMANN, O. ; ORTNER, E. ; STEINMETZ, R.: *An approach for the Management of Service-oriented Architecture (SoA) based Application Systems.*, URL https://www.researchgate.net/publication/221276371_An_approach_for_the_Management_of_Service-oriented_Architecture_SoA_based_Application_Systems, 01 2005, S. 208–221
- [10] BRENDA, M. M.: *Event-Driven Architecture Overview* / Patricia Seybold Group Research Service. URL http://elementallinks.com/el-reports/EventDrivenArchitectureOverview_ElementalLinks_Feb2011.pdf, 02 2011. – Forschungsbericht. – 12 S
- [11] ELBE, FGG: *Weitere Sturmfluten im Norden erwartet.* In: *que* (2015). – URL <https://www.hamburg.de/contentblob/4425290/c1edb2b308bbc70450acc70e8095a011/data/d-1-hwrm-plan-fgg-elbe-textteil.pdf>
- [12] ENDREI, M. ; ANG, J. ; ARSANJANI, A. ; CHUA, S. ; COMTE, P. ; KROGDAHL, P. ; LUO, M. ; NEWLING, T.: *IBM: Patterns: service-oriented architecture and web services.* 01 2004. – 345 S
- [13] LEHMANN, H.: *Der Hamburger Sturmflutwarndienst - WADI* -. 2007. – URL http://www.kfki.de/files/kfki-seminare/0/2007_LEHMANN_WADI_A.pdf
- [14] MARÉCHAUX, J.: *Combining Service-Oriented Architecture and Event-Driven Architecture using an Enterprise Service Bus* / IBM. URL <https://svn.wso2.org/repos/wso2/scratch/papers/mediation/ieee/papers/SOA&EDS-using-ESB.pdf>, 05 2006. – Forschungsbericht. – 8 S
- [15] MEGE, F.: *Enterprise Service Bus* FrOSCon (Veranst.), URL https://programm.froscon.org/2007/attachments/15-falko_menge_-_enterprise_service_bus.pdf, 08 2007, S. 6

- [16] PICHLER, M. ; LEBER, D.: *Forschungsprojekt Integrated Dynamic Decision Support System Component, for Disaster Management Systems*. 2015. – URL <https://www.scch.at/de/das-projekte-details/indyco>
- [17] SCHULTE, R. ; NATIS, Y.: *Event-Driven Architecture Complements SOA* / Gartner Research. URL <https://www.bus.umich.edu/kresgepublic/journals/gartner/research/116000/116081/116081.pdf>, 07 2003. – Forschungsbericht. – 7 S
- [18] TROPFMAN-FRICK, M.: *Genericity in Process-Aware Information Systems*, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Dissertation, 2016

Erklärung zur selbstständigen Bearbeitung einer Abschlussarbeit

Gemäß der Allgemeinen Prüfungs- und Studienordnung ist zusammen mit der Abschlussarbeit eine schriftliche Erklärung abzugeben, in der der Studierende bestätigt, dass die Abschlussarbeit „– bei einer Gruppenarbeit die entsprechend gekennzeichneten Teile der Arbeit [(§ 18 Abs. 1 APSO-TI-BM bzw. § 21 Abs. 1 APSO-INGI)] – ohne fremde Hilfe selbständig verfasst und nur die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt wurden. Wörtlich oder dem Sinn nach aus anderen Werken entnommene Stellen sind unter Angabe der Quellen kenntlich zu machen.“

Quelle: § 16 Abs. 5 APSO-TI-BM bzw. § 15 Abs. 6 APSO-INGI

Erklärung zur selbstständigen Bearbeitung der Arbeit

Hiermit versichere ich,

Name: _____

Vorname: _____

dass ich die vorliegende Bachelorarbeit – bzw. bei einer Gruppenarbeit die entsprechend gekennzeichneten Teile der Arbeit – mit dem Thema:

Big-Data-Ansätze zur Entscheidungsunterstützung im Katastrophenmanagement mit Fokus auf Überflutungsereignisse

ohne fremde Hilfe selbständig verfasst und nur die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe. Wörtlich oder dem Sinn nach aus anderen Werken entnommene Stellen sind unter Angabe der Quellen kenntlich gemacht.

_____ 

Ort

Datum

Unterschrift im Original