



**Stadt Dortmund**  
**- Institut für Feuerwehr –und Rettungstechnologie -**  
Max-von-der-Grün-Platz 5  
44137 Dortmund

## **Abschlussbericht**

### **Anchors**

**Verbundname:** UAV-Assisted Ad Hoc Networks for Crisis Management and Hostile Environment Sensing

**Teilvorhaben:** Ausarbeitung eines Szenarienformats zur Validierung der entwicklungstechnischen Ziele und Umsetzung in ein Einsatzkonzept

Förderkennzeichen:

13N12203

Zuwendungsempfänger:

Stadt Dortmund

- Der Oberbürgermeister -

Feuerwehr Dortmund

Steinstraße 25

44122 Dortmund

Gesamtlaufzeit:

01.05.2012-31.10.2015



Sicherheit (Verteilungsebene)	Projektträger
Ablieferung lt. Projektplan	30.04.2016
Dokumentname	Schlussbericht
Typ	<i>Report</i>
Status & Version	1.0
Seitenzahl	51
Für Aufgabe verantwortlich	Institut für Feuerwehr- und Rettungstechnologie der Feuerwehr Dortmund
Autor(en)	Philipp Brauer, Feuerwehr Dortmund – IFR Sylvia Pratzler-Wanczura, Feuerwehr Dortmund - IFR
Unter Mitarbeit von	Martin Goetzke, Feuerwehr Dortmund – IFR Hauke Speth, Feuerwehr Dortmund – IFR Marco Allendorf, Feuerwehr Dortmund – IFR
Keywords	<i>Bericht</i>
Kurzbeschreibung (zur Verbreitung)	Dieses Dokument umfasst die Ergebnisse des Forschungsprojektes ANCHORS Forschungsbericht mit kurzer Beschreibung gefördert durch das Bun- desministerium für Bildung und Forschung (BMBF) als auch durch die französische Agence National de la Recherche (ANR).



## Inhaltsverzeichnis

<b>I</b>	<b>Kurzdarstellung .....</b>	<b>5</b>
1	Ausgangslage/ Aufgabenstellung .....	5
2	Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde .....	8
3	Planung und Ablauf des Vorhabens .....	11
4	Wissenschaftlicher und technischer Stand .....	12
5	Zusammenarbeit mit anderen Stellen .....	14
6	AP 1 Szenario- und Architekturdefinition .....	16
6.1	AP 1 Szenariodefinition .....	16
6.2	Gesamtsystem und Architektur-/Systemanforderungen .....	19
7	AP 6 Integration des Gesamtsystems incl. Einzelkomponenten .....	26
7.1	Integration.....	26
7.2	Benutzerschnittstellen und Visualisierung .....	33
7.3	Systemintegration/ Interoperabilität .....	35
7.4	Validierung und Demonstration .....	37
8	Wichtige Positionen des Zahlenmäßigen Nachweises.....	47
9	Notwendigkeit und Angemessenheit der Arbeit .....	47
10	Voraussichtlicher Nutzen.....	48
11	Bekanntgewordener Fortschritt an anderer Stelle .....	50
12	Veröffentlichungen .....	50
13	Literaturverzeichnis .....	51

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Charakteristik des Szenarios (Quelle: eigene Darstellung) .....	7
Abb. 2:	Messnetz BfS und Lage der Messstationen um das Stadtgebiet von Dortmund (Quelle: eigene Darstellung nach BfS) .....	9
Abb. 3:	Struktur und Rollenverteilung (Quelle: projektinterne Darstellung) .....	11
Abb. 4:	Stufenkonzept im Bevölkerungsschutz (Quelle: eigene Darstellung nach BBK).....	21
Abb. 5:	Verteilung der ATF Standorte und mögliche, zeitliche Einsatzabfolge der ATF beim Einsatz in CBRNE Lagen inklusive geplanter Zeitansatz (Quelle: BBK) .....	21
Abb. 6:	Schutzstufen der Analytischen Task Force (ATF) (Quelle: ATF) .....	22
Abb. 7:	UGV (Model Jaguar) des Anchors-Systems (Quelle: eigene Darstellung).....	27
Abb. 8:	Die UAV mit Sensor (links) (Quelle: Ascending) und Ladevorrichtung (rechts) (Quelle: KHG) .....	27
Abb. 9:	Landemarker und schematische Landeerkennung (Quelle: RWTH Aachen) .....	28
Abb. 10:	MTS in der Ausbaustufe für den Early Demonstrator (links) (Quelle: KHG), Landeanflug der UAV auf die MTS (rechts) (Quelle: eigene Darstellung).....	29
Abb. 11:	Sensor (links) und Sensor an dem Final Demonstrator (rechts) (Quelle: Mirion).....	30
Abb. 12:	MTS mit eingeklappten Landeplattformen (Quelle: SGE).....	30
Abb. 13:	MTS mit aufgeklappten UAV Plattformen und UAVs (Quelle: eigene Darstellung).....	31
Abb. 14:	Ablaufplan zum Dekontaminationsprozess (Quelle: Hartwig, 2013) .....	32



---

Abb. 15: Schematische Darstellung des Dekontaminationsmoduls mit Peripherie (Quelle: Hartwig, 2013) .....	33
Abb. 16: Mobiles Mission Control Center (Quelle: RWTH Aachen) .....	34
Abb. 17: Benutzeroberfläche UAV Operator (links) und Anzeigebildschirm UAV Health Management (rechts) .....	34
Abb. 18: Visuelle Darstellung der Sensordaten und der Flugroute (Quelle: Mirion) .....	35
Abb. 19: Farbskalierung der visualisierten Strahlenbelastung der Benutzeroberfläche (Quelle: eigene Darstellung) .....	35
Abb. 20: Einbindung des Anchors-Konzeptes in die Strukturen des Bevölkerungsschutzes / der Gefahrenabwehr (Quelle: eigene Darstellung) .....	36
Abb. 21: Vorstellbares Konzept einer Stationierung (Quelle: eigene Darstellung) .....	36
Abb. 22: Auszug aus der Genehmigung zur Nutzung des Strahler (Quelle: eigene Darstellung) .....	38
Abb. 23: Vernetzung Unbemannter Flug- und Bodensysteme im Fernerkundungseinsatz (Quelle: eigene Darstellung nach TU Dortmund) .....	39
Abb. 24: Lagebesprechung (links) und Einweisung der Einsatzkräfte (rechts) (Quelle: Uwe Grützner) .....	40
Abb. 25: Lokalisierung der Übung (Quelle: eigene Darstellung nach Googlemaps).....	40
Abb. 26: Übungsraum auf der ThyssenKrupp Steel AG und Aufbau des Szenarios (Quelle: eigene Darstellung) .....	41
Abb. 27: Beginn des Aufbaus während der Übung (Quelle: eigene Darstellung) .....	42
Abb. 28: Einsatzablauf – Entwurf nach AAO Dortmund TH_ABC3 (Quelle: eigene Darstellung) .....	43
Abb. 29: Reaktionsplanung (Quelle: eigene Darstellung) .....	44
Abb. 30: Nutzungsarten in dem Umgebung des TKS Geländes (Quelle: eigene Darstellung auf Grundlagen von Google-Maps).....	45
Abb. 31: 3D Flughöhendarstellung (links) und 3D Darstellung der Erkundungsgebiete einer UAV (rechts) (Quelle: TU Dortmund) .....	47



# I Kurzdarstellung

## 1 Ausgangslage/ Aufgabenstellung

### Problemstellung

Der Reaktorunfall von Fukushima hat aufgezeigt, dass Einsatzkräfte für die Bewältigung eines solchen Unglücksfalls nur unzureichend ausgerüstet sind. Diese Unzulänglichkeiten waren der Ausgangspunkt für das Projekt ANCHORS. Besonders die Kontamination großer Flächen mit radioaktiven Materialien bei einer gleichzeitigen hohen Gefährdung von Einsatzkräften bei der Lageerkundung sowie der -bewältigung waren mit den derzeitigen Mitteln kaum beherschbar (vgl. Website Bundesamt für Strahlenschutz<sup>1</sup>). Ein generelles Problem stellt gegenwärtig die Verfügbarkeit von notwendigen Hilfsmitteln wie Messgeräten mit der Möglichkeit zur Fernerkundung dar, die eine Lagebeurteilung mit minimierter Gefährdung der Einsatzkräfte ermöglichen. Die umfangreiche Erkundung und Lagefeststellung ist jedoch zentraler Baustein, um geeignete Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung und der Einsatzkräfte abzuleiten. In Fukushima traten Umstände ein, die mit den herkömmlichen Mitteln der nichtpolizeilichen Gefahrenabwehr nicht zu bewältigen waren (Strahlungsstärken außerhalb des messbaren Bereiches) (vgl. Website Landeszentrale für politische Bildung Baden-Württemberg<sup>2</sup>). Auch wenn das Ereignis in Japan stattgefunden hat, lassen sich die Erkenntnisse, auf die zuständigen Organe der Gefahrenabwehr (Fokus: Feuerwehren) in Deutschland sehr gut übertragen – die Kerntechnik wird auch in Deutschland eingesetzt und die Ausstattung der Kräfte der Gefahrenabwehr sind vergleichbar. Aufgrund der Nutzung von handgehaltenen oder fahrbaren Messgeräten, die nur eine mündliche oder schriftliche Messwertweitergabe zulassen, sind bei einem Reaktorunfall Einsatzkräfte bei der Lageerkundung und Messung sehr hoher Strahlung ausgesetzt. Eine solche Gefährdung ist nach den geltenden deutschen Vorschriften der nichtpolizeilichen Gefahrenabwehr auszuschließen (vgl. FwDV 500). Eine umfangreiche und schnelle Lageerkundung ist darüber hinaus von zentraler Bedeutung, um die Bevölkerung in den potentiellen Ausbreitungsgebieten rechtzeitig zu warnen und/ oder zu evakuieren, sowie Einsatzkräfte vor den Gefahren der Strahlung zu schützen. Dies ist aber mit den herkömmlichen Mitteln nicht in ausreichendem Maße möglich.

Ausgelöst durch diesen Vorfall entstand die Idee, ein System zu entwickeln, welches die Feuerwehren – bzw weiter gefasst die Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (BOS) – in die Lage versetzt, Schadenslagen, in denen radioaktive Substanzen austreten, so zu erkunden, dass keine unnötige Gefährdung von Einsatzkräften erfolgt und schützende Maßnahmen, durch die Bereitstellung von fundierten Lageinformationen, schneller eingeleitet werden können.

<sup>1</sup> Verfügbar unter: [http://www.bfs.de/DE/themen/kt/unfaelle/fukushima/fukushima\\_node.html](http://www.bfs.de/DE/themen/kt/unfaelle/fukushima/fukushima_node.html), zugegriffen am 22.03.2016

<sup>2</sup> Verfügbar unter: <https://www.lpb-bw.de/atomkatastrophe.html>, zugegriffen am 21.03.2016



## Vorstellbare Szenarien

Ausgehend von dem oben beschriebenen Vorfall und der sich daraus ergebenden Problemstellung wurden mögliche und realistische Szenarien identifiziert, welche in dem genannten Themenfeld für die Einsatzkräfte schwer handhabbar sind und entsprechend bei einer Konzeptentwicklung berücksichtigt werden müssen. Es war hier im Besonderen darauf zu achten, dass eine Unterscheidung zwischen einem Szenario für die theoretische Elaboration des Systemkonzeptes und einem demonstrierbaren Szenario für die spätere praktische Erprobung des Systems gemacht wurde. Die Gründe dafür lagen in der Erkenntnis, dass eine umfängliche Demonstration des angestrebten Konzeptes aufgrund immer auftretender Übungskünstlichkeiten nur bedingt umsetzbar sein würde.

Aus diesem Grund wurde eine Liste unterschiedlicher, potenzieller Szenarien erarbeitet und in zwei Kategorien unterteilt: natur- und anthropogenbedingte Szenarien.

### Nukleare Unfälle:

- Unfall in einem Atomkraftwerk
- Flugzeugabsturz in ein Atomkraftwerk
- Belüftungsunfall in einem Atomkraftwerk
- Transportunfall mit einer radioaktiven Strahlenquelle (Zugunglück mit Castorbehälter; Beschädigung eines Behälters mit radioaktivem Müll)
- Terroranschlag mit radioaktivem Material/ Nukleare Waffentechnik
- Nuklearer Unfall ausgelöst durch den Einsatz von Prüfstrahlern bei der Materialprüfung

### Naturbedingte Großschadensereignisse:

- Flutereignis
- Erdbeben/ Tsunami
- Vulkanausbruch
- Waldbrand
- Lawine/ Erdbeben

Um ein passendes Szenario sowohl für die Entwicklung des Systems als auch für eine spätere Demonstration zu finden, war es notwendig, zunächst die Anforderungen, die an das System aus Endanwendersicht gestellt wurden, zu definieren. Dies beinhaltete eine genaue Betrachtung von Problemstellungen des Führungsvorganges und Einsatzverläufen, wie sie bei vergleichbaren Lagen aufgetreten waren. Es stellte sich heraus, dass insbesondere drei Charakteristika viele der analysierten Szenarien kennzeichneten:

- Begrenzte Erreichbarkeit des Schadengebietes (z. B. durch zerstörte Infrastruktur oder unpassierbare Gebiete in Folge von Hochwasser),
- unterbrochene Kommunikation und

- ein enorm hohes Gefahrenpotential für die eingesetzten Einsatzkräfte (vgl. **Abb. 1**).

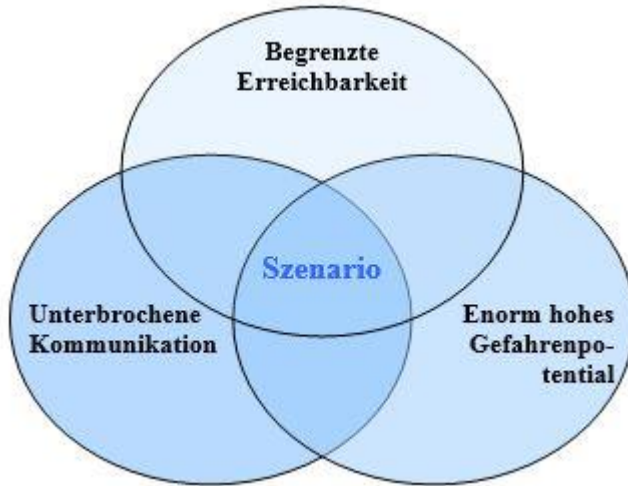


Abb. 1: Charakteristik des Szenarios (Quelle: eigene Darstellung)

Das für das Projekt ANCHORS in Betracht zu ziehende Szenario musste, um die Anforderungen zu erfüllen, alle drei definierten Eigenschaften besitzen bzw. die genannten Problemstellungen darstellen können.

### Skizze des Lösungsansatzes

Unter Betrachtung der Problematiken, die bei dem Reaktorunfall von Fukushima aufgetreten waren, verstärkte sich die Erkenntnis, dass unter Betrachtung aller Teilaspekte eine kombinierte Lageerkundung aus der Luft und vom Boden die größten Vorteile bieten würde. Aus diesem Grund stand die Entwicklung eines luft- und bodengebundenen Systems im Fokus, welches zum einen eine schnelle Lageerkundung und Generierung von umfangreichen Messdaten ermöglicht. Die generellen Anforderungen an das System ergaben sich aus der Charakteristik einer Einsatzlage: Das System musste für alle Widrigkeiten, die bei einer solchen Großschadenlage auftreten können, entsprechend gerüstet sein (u. a. schwere Zugänglichkeit, Gefährdung der Bevölkerung und der Einsatzkräfte bspw. im Bereich von CBRNE-Gefahren etc.). Es durfte kein Einsatzpersonal binden, da die Personalressourcen in Großlagen ohnehin immer sehr beansprucht werden und es in der Regel ein Ausschlusskriterium für eine reale System Einführung ist, dies mit fest erforderlichem neuen Personal zu verbinden. Die Erkundung des Einsatzgebietes sollte dementsprechend weitestgehend autonom stattfinden und mit einer leichten Bedienbarkeit des Systems realisiert werden können. Erkundungsergebnisse sollten übersichtlich und leicht verständlich sein, um den Schulungsaufwand so gering wie möglich zu halten.

Bislang wurden luftgebundene Systeme, auch als UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) bezeichnet, weitgehend nur für militärische und polizeiliche Erkundungsaufträge verwendet. In der jüngeren Vergangenheit sind erste Versuche zur Anwendung für Poli-





zeibehörden dokumentiert (UAV im Einsatz bei der Landespolizei Sachsen in Deutschland, um eine Demonstration zu beobachten<sup>3</sup>). Im Rahmen der nichtpolizeilichen Gefahrenabwehr sind UAV-Systeme flächendeckend und integral noch nicht eingeführt. Die Nutzung von UAVs stellt jedoch aufgrund des damit verbundenen Mehrwertes einen großen Fortschritt gegenüber herkömmlichen Lösungswegen zur Lageerkundung dar. Im Wissen der technischen Möglichkeiten, die ein fliegendes System mit sich bringt, und der sich daraus ergebenden Vorteile für die schnelle Informationsgewinnung sollte das System auf dieser Technik aufgebaut und weiter entwickelt werden.

Im Rahmen des ANCHORS-Projektes hat die Feuerwehr Dortmund (FDDO) während der gesamten Projekt-Laufzeit die Rolle des aktiven und gestaltenden Endanwenders übernommen. Neben der gestaltenden und steuernden Funktion als Koordinator des deutschen Projektkonsortiums war die FDDO in allen Projektphasen ein aktiver Partner von der Spezifikation der Anwendungsfälle über die Bedarfsanalyse bis zum Praxistest (inkl. einer kontinuierlichen Validierung der Ergebnisse als auch ihrer Integration in eine Demonstration aus praxis- und einsatzrelevanter Sicht) (vgl. hierzu die Ausführungen in den weiteren Abschnitten).

## 2 Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde

Bisher sind Feuerwehreinsatzkräfte flächendeckend nur mit einem Minimalstandard für eine großflächige ad-hoc-Messung von ionisierender Strahlung ausgestattet. Dabei wird ausschließlich von Menschengemessen, so dass Messungen nur bis zu einer bestimmten Grenze der Dosisleistung (maximale Körperdosis von 250 mSv<sup>4</sup>) möglich sind, um die vorgehenden Einsatzkräfte nicht zu gefährden. Die Feuerwehren verfügen flächendeckend lediglich über Kontaminationsnachweisgeräte zur Messung von  $\alpha$ - und  $\beta$ -Strahlung sowie Dosisleistungsmessgeräte zur Messung von  $\gamma$ -Strahlung. Darüber hinaus werden für den persönlichen Schutz Dosisleistungswarner und Dosismessgeräte verwendet. Spezialtechnik zur A-Messung wird bei den Feuerwehren bei den sieben Analytischen Task Forces [ATF] vorgehalten (Struktur siehe unten). Aufgrund des erforderlichen Personaleinsatzes zum Messen stellt der Strahlenschutz Einsatz häufig ein Dilemma dar, bei dem eine Abwägung notwendig ist, ob der Zweck (z. B. eine Messung) eine höhere Priorität hat als die mögliche Gesundheitsgefährdung der Einsatzkräfte. Darüber hinaus kann die Feuerwehr auf Messdaten des Messnetzes des Bundesamtes für Strahlenschutz (BfS) zurückgreifen. Diese Stationen sind zwar großflächig über das Land verteilt, eignen sich aber nicht für eine höher aufgelöste Messung im Umfeld eines Ereignisses – am Beispiel des Referenzraumes Dortmund, in dessen Stadtgebiet sich keine einzige dieser Messstellen befindet wird deutlich, dass Lageentwicklungen in unmittelbarem Umfeld von Schadensereignissen mit diesem Messnetz alleine nicht darstellbar sind (vgl. **Abb. 2**).

<sup>3</sup> Vgl. hierzu: Website microdrones; verfügbar unter <https://www.microdrones.com/de/anwendungen/anwendungsgebiete/sicherheit/>, zugegriffen am 25.04.2016

<sup>4</sup> Vgl. hierzu: FwDV 500 „Einheiten im ABC-Einsatz“ Stand August 2004



Des Weiteren ist die zusätzlich zum stationären Messnetz vorgehaltene mobile, unbemannte Messleittechnik des BfS bis heute nicht in der Lage, Messdaten verschiedener Messsysteme automatisiert zu übertragen, zusammenzufassen und darzustellen (u. a. Problem der Kompatibilität<sup>5</sup>). Zwar existieren hierzu bereits erste Ansätze in diversen Forschungsaktivitäten und -projekten, diese sind aber noch nicht soweit ausgereift, dass die Integration der Ergebnisse in das tägliche Geschäft der Katastrophenschutzbehörden in der nächsten Zeit absehbar und realistisch ist<sup>6</sup>. Dies erscheint aus Anwendersicht jedoch notwendig, denn während in (hoch-)verstrahlten kerntechnischen Anlagen selbst i. d. R. die Kerntechnische Hilfsdienst GmbH (KHG) als seitens der Energiewirtschaft vorgehaltene Hilfsorganisation tätig werden würde, obliegt den Feuerwehren der Einsatz außerhalb der Anlagen. Eine einheitliche Lagebewertung und -darstellung, welche die Anforderungen der beteiligten Akteure erfüllt, ist daher notwendig.

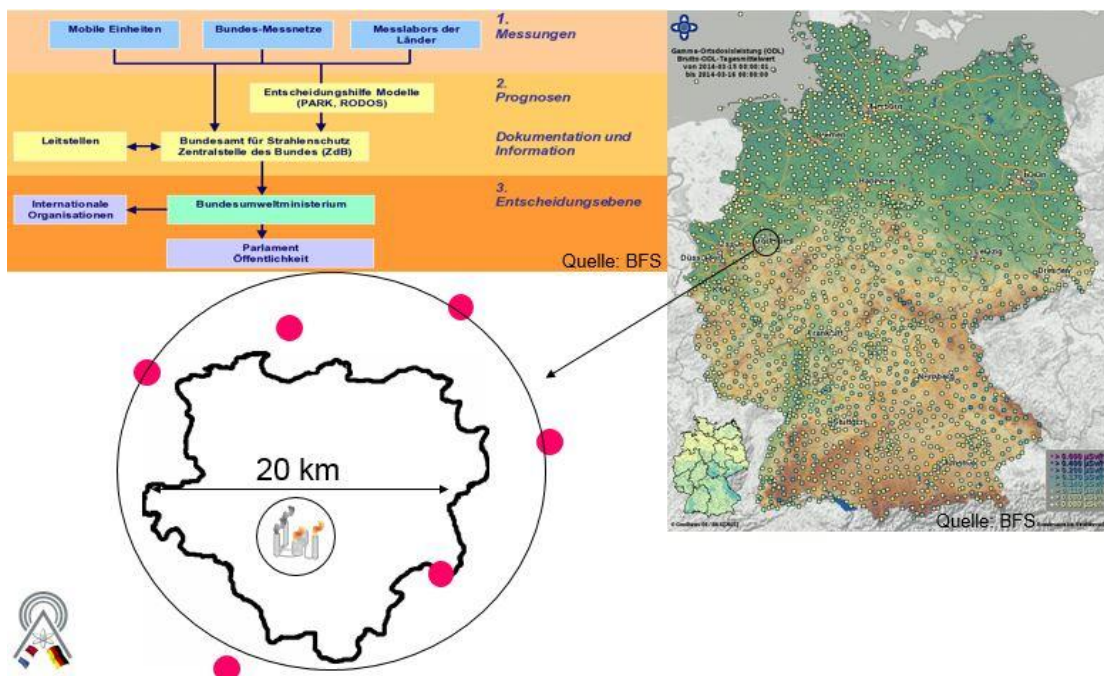


Abb. 2: Messnetz BfS und Lage der Messstationen um das Stadtgebiet von Dortmund  
(Quelle: eigene Darstellung nach BfS)

Die derzeit verfügbaren Messsysteme im Bereich der allgemeinen Gefahrenabwehr, mit denen kontinuierlich Messdaten über ein größeres Areal schnell und präzise erfasst werden könnten, sind ABC-Erkundungskraftwagen, wie sie z. B. vom Land oder vom Bund zur Verfügung gestellt werden. Diese Fahrzeuge verfügen jedoch weder über adäquaten ABC-Schutz noch über eine technische Unterstützung zur Datenübertragung. Daher ist derzeit weder eine Messung innerhalb kontaminierter Bereiche noch eine Übertragung der Messdaten in Echtzeit möglich. Eine zeitgerechte zentrale Auswertung der Messwerte wird dadurch erschwert. Luftgebundene Erkundungen sind

<sup>5</sup> Vgl. hierzu: <http://www.bfs.de/DE/themen/ion/notfallschutz/messnetz/international/international.html>; zugegriffen am 26.04.2016

<sup>6</sup> Vgl. hierzu: [http://www.bfs.de/DE/aktuell/ausschreibungen/forschung/forschung\\_node.html](http://www.bfs.de/DE/aktuell/ausschreibungen/forschung/forschung_node.html); zugegriffen am 26.04.2016



derzeit im Bereich der allgemeinen Gefahrenabwehr aufgrund der nur punktuell vorhandenen Ausstattung und der nur bedingt möglich. Eine Anforderung von Hubschraubern mit entsprechendem Equipment stellt derzeit die einzige — Alternative dar. Dabei ist die Anwendung von Hubschraubern aufgrund ihrer Größe und der rotorbedingten Turbulenzen auch nur bis zu einer bestimmten Flughöhe sinnvoll möglich, so dass sie für die Erkundung eines kleineren Bereiches i. d. R. ausscheiden.

In diesem Zusammenhang stellte daher die Entwicklung kleiner und leichter Fluggeräte als Trägereinheiten (bspw. für Sensorik) eine technische und wissenschaftliche Herausforderung des Projektes dar. Mit Hilfe von mobilen Messgeräten mit breitbandigem Messbereich, hinreichender Messgenauigkeit, ausreichender Reichweite und einfacher Handhabung im Einsatzfall sollte eine Basis für die Lageerkundung geschaffen werden, die bspw. bei technischen Großunfällen entsprechende – auf die Situation angepasste – Handlungen und Entscheidungen zulässt. Die Steuerung der UAV und auch die Wechselwirkungen zu bspw. bodengebundenen Systemen – auch als UGVs (*Unmanned Ground Vehicles*) bezeichnet – sollten für Anwender einfach und ohne besonderen Trainingsaufwand möglich gemacht werden. Dies ist von besonderer Bedeutung für bspw. Handlungen unter Stress im Rahmen einer Einsatzlage. Durch automatische Routenplanung sollten weite Teile des Messeinsatzes automatisiert durchgeführt werden können. In diesem Zusammenhang konnte auf die Ergebnisse und Erfahrungen aus bereits durchgeführten Projekten wie AirShield aufgebaut werden, bei dem luftgebundene Erkundungen für den Bereich der Gefahrstoffdetektion erprobt wurden. Aufbauend auf den in dem AirShield-Projekt gesammelten Erfahrungen der Vernetzung von UAVs untereinander war im Rahmen des ANCHORS-Projektes angestrebt, nicht nur die Vernetzung von UAVs / UGVs zu optimieren, sondern auch die Reichweite und die Übertragungssicherheit der Messdaten zu steigern. Des Weiteren erforderte der Einsatz des UAV/UGV-Systems die Möglichkeit einer autonomen Wiederaufladung der Akkus, um auf diese Art und Weise den Aktionsradius als auch die gesamte Einsatzdauer des Systems zu erhöhen. Der Einsatz eines luft- und bodengestützten Schwarmes erlaubte gleichzeitig eine schnelle und umfassende Erkundung auch weitreichender (u.a. kontaminierter) Bereiche.

Mit diesem Projekt wurden somit Lösungen für die im Vorfeld genannten technisch-konzeptionellen Lücken in der effektiven Bewältigung von Großschadensereignissen präsentiert.

Das Besondere dabei war die enge Kooperation von Forschung, Industrie und Endanwendern in jeder Projektphase, um die an der Praxis orientierte Ausrichtung entlang der späteren Einsatzszenarien zu gewährleisten (vgl. hierzu **Abb. 3**). Durch diese ganzheitliche Innovationskette wurde eine spätere Verwertbarkeit sichergestellt, die zur Erhöhung der Sicherheit und somit auch zum volkswirtschaftlichen Nutzen beitragen kann.

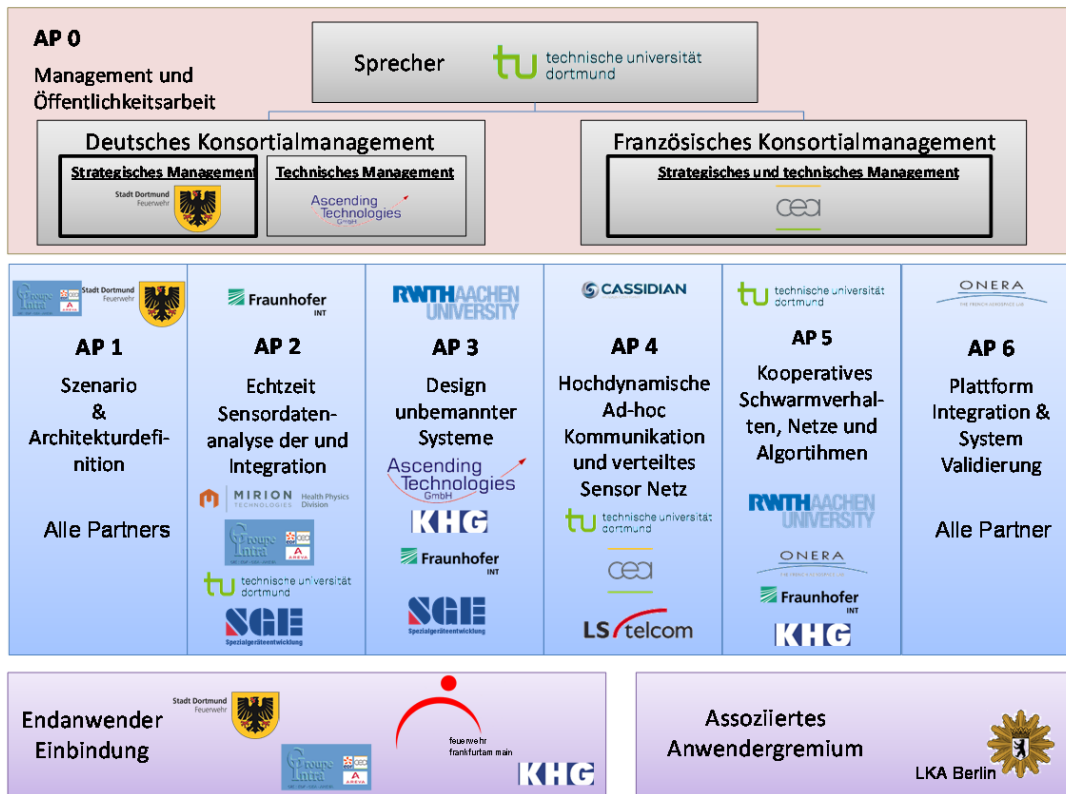


Abb. 3: Struktur und Rollenverteilung (Quelle: projektinterne Darstellung)

Auch vor dem Hintergrund des Sicherheitsforschungsprogramms der EU stehen die in ANCHORS aufgegriffenen Aspekte im Einklang zu den förderpolitischen Zielen, da der Schutz der Bürgerinnen und Bürger deutlich erhöht wird.

### 3 Planung und Ablauf des Vorhabens

Um die Realisierung der Ziele im Rahmen des auf drei Jahre ausgelegten deutsch-französischen ANCHORS-Projektes zu gewährleisten, war es unabdingbar, für die durchzuführenden Tests eine an den durch die Endanwender definierten Szenarien orientierte entsprechende Hard- und Software zu entwickeln, die den seitens sowohl der Wissenschaft als auch insb. seitens der (Einsatz-)Praxis definierten Anforderungen gerecht werden konnte. Um einen entsprechenden Einfluss auf die Entwicklungen und Vermeidung von semi-optimalen Praxislösungen Rechnung zu tragen, wurden die Ergebnisse in einem zweistufigen Prozess gestaltet: Early- und Final- Demonstrator. Der Early-Demonstrator, eine grundlegende Rohversion des angestrebten Projektergebnisses mit Fokus auf einzelne Systemkomponenten, sollte zur Mitte des Projektes (Projektmonat 18) erstellt werden und dazu dienen, den bis dahin generierten Entwicklungsstand der Komponenten (u.a. Sensor, UAV, UGV, Landeplattform, Mission Control Centre, entwickelte Software) praktisch erproben und bewerten zu können. Dies war vor allem vor dem Hintergrund der gewünschten, späteren Praxistauglichkeit des Gesamtsystems ein unverzichtbarer Zwischenschritt. Aufgrund der Verzögerung mit dem Projektstart fand eine marginale Verzögerung der Fertigstellung einzelner Aufga-



ben im Rahmen der Unterarbeitspakete statt. Diese war für die Erreichung des Meilensteins und der dort definierten Ziele aber nicht hinderlich. Darüber hinaus gab es Verzögerungen im Bereich der Fertigstellung der UAVs, der Anschaffung der UGVs und des Mission Control Centers (MCC), da sich die Anforderungen an diese Teilkomponenten während der Projektlaufzeit aufgrund verschiedener Änderungen in den Anforderungen an diese Systeme geändert hatten (vgl. hierzu die Ausführungen in den Berichten der jeweiligen Partner).

Die Summe der oben genannten Verzögerungen führte dazu, dass der ursprüngliche zeitliche Rahmen des Projektes nicht eingehalten werden konnte, da sich somit die Arbeiten in aufeinander aufbauenden Arbeitspaketen verzögerte. Daher wurde das Projekt um ein weiteres halbes Jahr kostenneutral verlängert.

Die gewonnenen Erkenntnisse aus den Tests mit dem Early-Demonstrator flossen umgehend in die weiteren Entwicklungen und Anschaffungsplanungen ein und trugen zur praxisnahen Verbesserung des Gesamtsystems, unter Berücksichtigung der Fortschritte im Projekt als auch der damit verbundenen Konkretisierung der Szenarien und Verfeinerung der Anforderungen, entscheidend bei. Der Final-Demonstrator stellte das Projektergebnis mit allumfassender Funktionalität als Gesamtsystem mit Wechselwirkung der einzelnen im Early Demonstrator getesteten Komponenten dar. Die Praxistauglichkeit und Einsatzfähigkeit des Final-Demonstrator wurde im Rahmen einer Großübung der Feuerwehr Dortmund unter Feldbedingungen und in Echtzeit getestet (vgl. hierzu die Ausführungen des Kap. 5).

#### **4 Wissenschaftlicher und technischer Stand**

UAV Systeme werden, wie bereits erwähnt, derzeit nur sehr begrenzt in der täglichen Gefahrenabwehr eingesetzt. Das liegt zum einen an der zeitlich beschränkten Einsetzbarkeit (nur bei Tageslicht), zum anderen an den rechtlichen Restriktionen für die Nutzung von UAVs in der nichtpolizeilichen Gefahrenabwehr, sowie derzeit technischen Grenzen (Datenschutz, Flug über Menschenmengen, Flugsicherheit, Kollisionsvermeidung, Nachtflugtauglichkeit, Akkulebensdauer).

UGV-Systeme sind u. a. als „LUF 60“ (Löschunterstützungsfahrzeug, Träger von Großlüftern) derzeit bei wenigen Feuerwehren, so z. B. in Hannover und in Hamburg, im operativen Einsatz. Bei ihnen wird eine herkömmliche Steuerung verwendet, die einen Operator pro UGV dauerhaft und kontinuierlich bindet. Darüber hinaus sind diese Systeme sehr groß, beschränkt in der Fortbewegung aufgrund der niedrigen Fahrgeschwindigkeit und von schwerer Gesamtmasse, so dass sie eines tragfähigen Untergrundes sowie breiter Fahrwege bedürfen.

Bisher sind Feuerwehreinsatzkräfte nur mit einem Minimalstandard für eine großflächige ad-hoc-Messung von ionisierender Strahlung ausgestattet. Dabei wird ausschließlich bodengebunden und mit Personaleinsatz gemessen, so dass Messungen nur bis zu einer bestimmten Grenze der Dosisleistung möglich sind. Der Gefahrenbereich im Strahlenschutz Einsatz wird durch den Grenzwert einer Dosisleistung von 25  $\mu\text{Sv/h}$  festgelegt (vgl. FwDV 500). Einsatzkräfte, die in den Gefahrenbereich vorge-



hen, unterliegen der Strahlenschutzüberwachung und müssen entsprechend nach Einsatzlage, ausgestattet sein (Schutzanzug, Atemschutz und Messgeräte etc.). Diese vorgehenden Kräfte werden i. d. R. einer erhöhten Dosisleistung ausgesetzt. In der FwDV 500 werden die folgenden Dosisrichtwerte vorgegeben, die sich am Einsatzziel orientieren und das Einsatzrisiko in ein vertretbares Verhältnis zum Einsatzerfolg setzen:

- 15 mSv/Einsatz - Zum Schutz von Sachwerten,
- 100 mSv/Einsatz pro Jahr - Zur Abwehr von Gefahren für Menschen und zur Verhinderung von erheblicher Schadensausbreitung
- 250 mSv/Einsatz pro Leben - Zur Rettung von Menschenleben.

Ausnahmen sind in begründeten Fällen möglich, müssen aber durch den Einsatzleiter angeordnet werden (vgl. hierzu FwDV 500, Einheiten im ABC-Einsatz).

Durch den Einsatz unbemannter, mobiler und teilautonomer Messtechnik in Kombination aus Boden- und Lufteinheiten (UGV/UAV) wird die Feuerwehr in Einsatzgebiete vordringen können, die ihr bisher verwehrt waren oder nur mit unverhältnismäßig großem zeitlichen Aufwand erfasst werden konnten – Zeit, die meist zu Lasten der Rettung von Mensch und Gut geht. Der Nutzen des Systems besteht für die Feuerwehren einsatztaktisch in drei wesentlichen Punkten:

### **Detektion / Messung**

Die Dynamik des Systems erlaubt die rasche und detaillierte Messdatenerfassung in Echtzeit. Der Einsatzleitung sind somit Informationen an die Hand gegeben, die zu einer dreidimensionalen Lageerstellung aufbereitet werden könnten, die sich wiederum zu Ausbreitungsberechnungen unter Einbeziehung des Mikroklimas weiterentwickeln und aus denen sich gezielte Maßnahmen zum Schutz der Zivilbevölkerung ableiten ließen. Aufgrund des autonomen, intelligenten Schwarmverhaltens ist die Handhabbarkeit des Systems übersichtlich. Ein Aspekt in diesem Zusammenhang ist die Entwicklung einer leistungsfähigen Messleitkomponente, die diese Messwerte und Informationen anderer Organisationen und Führungsstrukturen, wie z.B. KHG und BfS zusammenführt. Die Robustheit in Bezug auf starke ionisierende Strahlung macht dabei auch die taktische Variante des Eindringens in stark kontaminierte Bereiche möglich, welche der Gefahrenabwehr heute aufgrund fehlender Schutzmaßnahmen nicht möglich ist.

### **Variabilität und Skalierbarkeit**

Durch den Einsatz von Kameras können optische Informationen zur Einschätzung der Lage gewonnen werden (s. Projekt NIFTi). Können die UAV / UGV anstatt mit radiologischen Messsystemen alternativ mit anderen Sensoren ausgestattet werden (s. Projekt AirShield), eröffnet sich ein großes Einsatzspektrum neben dem Strahlenunfall.

Ein skalierbarer Systemansatz ermöglicht dabei auch den Einsatz einzelner Systemkomponenten bei kleineren Lagen, so z.B. den Einsatz einer einzigen UAV zur Erkun-





dung bei Brandeinsätzen, ohne dass das Komplettsystem eingesetzt werden muss. Durch diese Anwendungsoptionen steigt die Einsatzhäufigkeit, was die Handlungssicherheit des Personals bei der Systembedienung erhöht.

## **Kommunikation**

Großschadensereignisse binden viele unterschiedliche Kräfte, die miteinander kommunizieren müssen. Wenn technische und/oder topografische Faktoren die Kommunikation erschweren, sind ad-hoc Lösungen, wie sie im Projekt ANCHORS angestrebt werden, ein weiterer Schlüssel zu einer effektiven Einsatzbewältigung.

Ungeachtet allen technisch denkbaren Fortschritts durfte die derzeitige rechtliche Lage in Deutschland nicht außer Acht gelassen werden. Hier bestehen nach wie vor weitgehende Beschränkungen, was den behördlichen Einsatz von UAV-Systemen angeht. So besteht z. B. keine generelle Genehmigung zum Einsatz dieser Systeme in der nichtpolizeilichen Gefahrenabwehr. Aus diesem Grund ist im Rahmen des Projektes ANCHORS ein Rechtsgutachten in Auftrag gegeben worden, welches sich mit zentralen Fragen und Möglichkeiten der rechtssicheren Nutzung von UAV-Systemen befasste (vgl. hierzu die Ausführungen des im Rahmen des Projektes durchgeführten Rechtsgutachtens).

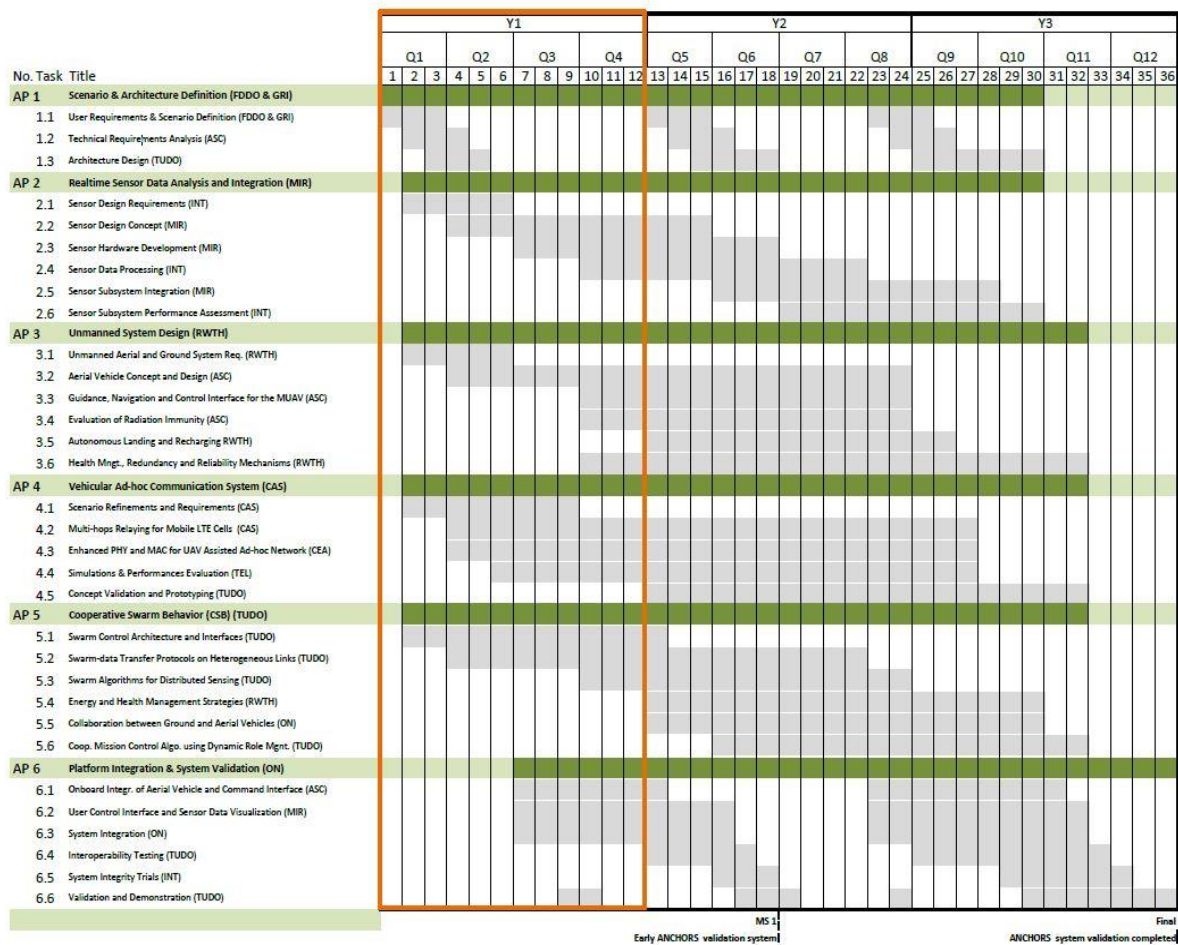
## **5 Zusammenarbeit mit anderen Stellen**

Das Projekt war in verschiedene Arbeitspakete (AP) aufgeteilt, die in einzelne Tasks untergliedert wurden. Die verschiedenen, identifizierten Arbeitsschritte innerhalb des Projektes spiegelten sich themenbezogen in den einzelnen Tasks wieder. Die Projektpartner waren nach ihrer jeweiligen Expertise auf die APs aufgeteilt und arbeiteten in den einzelnen Tasks in unterschiedlichen Zusammensetzungen zusammen (Tab. 1).

Grundlage zur Entwicklung eines effektiven Systems, das erfolgreich die Prozesse in den Zielgruppen unterstützen kann, war für die Feuerwehr Dortmund eine detaillierte Analyse der Prozesse und Rahmenbedingungen. Auf der Grundlage der Analyse sind die grundlegenden Benutzeranforderungen zusammengestellt und in enger Zusammenarbeit zwischen der Feuerwehr Dortmund und den ANCHORS-Projektpartnern erhoben worden. Neben den Informationsinhalten wurden ebenfalls Anforderungen bezüglich der Praxistauglichkeit zusammengestellt. Zudem erfolgte zusammen mit den Forschungs- und Entwicklungspartnern eine spezifische Anforderungsanalyse zur Mikrosystem- und Kommunikationstechnik sowie zur UAV- und UGV Plattform.



# ANCHORS



Tab. 1: Zeitlicher Verlauf des Projektes (Quelle: Feuerwehr Dortmund)

Die Validierung des Gesamtsystems erfolgte u. a. bei der Feuerwehr Dortmund. Die Feuerwehr Dortmund erarbeitete Testszenarien, in denen die einzelnen Funktionalitäten des Systems erprobt werden konnten. Die praktischen Tests sind stets von allen beteiligten Projektpartnern (Wissenschaft, Industrie, Endanwender) begleitet worden. Diesbezüglich plante und führte die Feuerwehr Dortmund Übungen durch, in denen der Systembetrieb unter realitätsnahen Randbedingungen evaluiert werden konnte. Daran anschließend standen die beteiligten Einsatzkräfte den Mitarbeitern der Evaluatoren zur Aufnahme von Feedback, Anregungen, Kritik und Verbesserungsvorschlägen zur Verfügung. In weiteren Übungen konnten implementierte Weiterentwicklungen des „Early Demonstrators“ getestet werden, so dass sich ein iterativer Entwicklungsprozess ergab, dessen Ergebnisse dann in die Entwicklung des „Final Demonstrators“ einfließen.

Die partnerschaftliche Zusammenarbeit mit Dritten wurde aktiv verfolgt, um die Verbreitung der Forschungsergebnisse oder der Erhöhung der Verwertungschancen zu fördern und einen Beitrag zur Zielerreichung zu leisten. Insbesondere die Zusammenarbeit mit dem BfS, dem LKA Berlin und der Feuerwehr Frankfurt als Endanwendern





der öffentlichen Hand sowie der KHG als privatrechtlichem Endanwender war durch einen regen Austausch und intensive Kooperation ausgeprägt.

Hervorzuheben ist die Rolle des Landeskriminalamtes (LKA) Berlin, das sich als assoziiertes Partner am Projekt beteiligt hat. Das LKA Berlin unterhält einen der deutschlandweit sieben Standorte der ATF und ist als einziger polizeilich getragener ATF-Standort somit auf diesem Gebiet ein Unikum. Darüber hinaus repräsentiert das LKA Berlin als einziger Endanwender innerhalb des Konsortiums ein Organ der polizeilichen Gefahrenabwehr, für dessen Handeln in entsprechenden Gefahrenlagen des ABC-Schutzes somit andere Vorschriften gelten als die bereits erwähnten für die nichtpolizeiliche Gefahrenabwehr z. B. der Feuerwehren. Es bot sich somit die Möglichkeit, die auftretenden und im Projekt definierten Fragestellungen bzw. Problematiken aus zwei Blickwinkeln zu betrachten, was einen enormen Mehrwert für das Projekt bedeutete und die Ergebnisse so auch für die polizeiliche Gefahrenabwehr potentiell nutzbar machte (Vermeidung von zusätzlicher Vorhaltung von Systemen/ Organisationsübergreifende Operabilität und Kompatibilität).

Des Weiteren fand eine informelle Zusammenarbeit mit der Vereinigung zur Förderung des deutschen Brandschutzes (vfdb) statt, welche einerseits im Rahmen der Anforderungsanalyse, andererseits zur Diskussion von Zwischen- und Endergebnissen beitrug.

## **6 AP 1 Szenario- und Architekturdefinition**

In folgenden Abschnitten wird auf die jeweilige Arbeit und Ergebnisse des Arbeitspaketes eingegangen.

### **6.1 AP 1 Szenariodefinition**

Im Rahmen dieser Aufgabe wurden detaillierte Beschreibungen des Einsatzszenarios bzw. eines Referenzvorfalles und der sich hieraus ergebenden Einsatzrandbedingungen erstellt. Hierzu zählen Krisenvorlauf, Einsatzprozesse und Methoden, geografische Dimension und Dauer der Einsatzlage sowie infrastrukturelle Gegebenheiten. Daraus ergaben sich Benutzeranforderungen an das System hinsichtlich Leistungsumfang, Formfaktoren, Bedienbarkeit etc.

Im Fokus der Aufgabe der Feuerwehr Dortmund stand sowohl die Identifikation der Nutzeranforderungen als auch die anwenderorientierte Szenariodefinition. Die Realisierung dieses Ziels erfolgte in drei Phasen, welche das AP 1 charakterisierten und die Struktur des AP 1 beeinflussten. Hierzu wurde in der ersten Phase eine Analyse der bisherigen bekannten Schadensfälle durchgeführt, aus der konkrete Probleme identifiziert wurden. Diese wurden mit den Nutzeranforderungen verschnitten, um auf diese Art und Weise ein erstes Set von relevanten Szenarien zu definieren.

Die definierten Szenarien und Anforderungen wurden in der zweiten Phase konkretisiert, indem reale Lösungsalternativen bewertet und mit der Nutzerdefinition abgeglichen wurden. Eine besondere Rolle übernimmt hierbei die Berücksichtigung des taktisch-operativen Aspektes, welche eine große Auswirkung auf die Szenariodefinition



hatte. In der dritten Phase wurde ein konkretes Einsatzkonzept für ein definiertes Szenario erstellt, welches auch maßgeblich für die Abschlussübung verwendet wurde.

Die Methoden, die zur Erstellung des Übungsszenarios angewendet wurden, waren vielfältig. Schwerpunktmäßig wurde in der einschlägigen Feuerwehr-Fachliteratur und den archivierten Aufzeichnungen der Feuerwehr Dortmund recherchiert und reale Schadensereignisse aus der Vergangenheit ausgewertet. Hier wurden die aufgetretenen, für das Projekt potentiell relevanten Probleme herausgefiltert. Es fanden Interviews mit Kollegen der Einsatzabteilung statt, die Aufschluss darüber geben sollten, welche nicht dokumentierten Erfahrungen in vergleichbaren Einsatzlagen gemacht worden sind. Auch gab es schon erste Erkenntnisse, die – im Vorgriff auf die später erfolgte Definition der Endnutzeranforderungen – festgehalten wurden. Die sich real ergebenden Fragestellungen wurden dann in konkrete Fragen formuliert, an denen sich die Anforderungen für das Szenario ableiten ließen (Informationen über das Gelände, betroffene Personengruppen, Ressourcen und den Schadenort):

- Wie sieht die Erreichbarkeit des Schadenobjektes/ -ortes aus (offenes Gelände, Gebäude, ebenes Gelände, ...)?
- Existiert ein Einsatzplan? Das würde einen effektiveren Zugang zum Übungsgelände ermöglichen.
- Welche Optionen der Zugänglichkeit sind gegeben (Fahrwege/ Aufstellflächen)?
- Gibt es Gefahrstoffe, die auf dem Gelände oder in einem Gebäude gelagert werden (Labor, Transportgut, ...)?
- Wie ist das Gelände bebaut / aufgeteilt, sind Aufstellflächen vorhanden etc.?
- Wie ist die Struktur des Geländes (gibt es Hindernisse wie Bäume oder Container)?
- Ist kritische Infrastruktur betroffen (Krankenhäuser, Wohngebiete, Gefahrgutlager)?
- Wie viele Menschen könnten in der Umgebung/ im Gebäude betroffen sein?
- Wie müssen die Absperrgrenzen dimensioniert sein (Gefahrenbereich, Absperrbereich)?
- Ist das Gebäude evakuiert?

Neben den Hauptinformationen über das Schadengebiet bzw. den Schadenort, ist die Zeit, zu der das Schadenereignis eintritt, ein sehr relevanter Faktor:

- Welche Jahreszeit ist zur Zeit des Ereignisses (relevant für die Bestimmung relevanter Wetterbedingungen)?
- Welche Tageszeit ist zur Zeit des Ereignisses (Verhalten/ Aufmerksamkeit der Bevölkerung, Lichtverhältnisse, Erreichbarkeit bestimmter Spezialeinheiten z.B. Dekontaminationseinheiten)?
- Können UAVs/ UGVs bei Dunkelheit benutzt werden (Nachtflug/ Nachtfahrtauglichkeit)?

Konkrete Fragestellungen zum Wetter:



- Wie lange sind Einsatzkräfte im Dienst zu halten (Kälte, Arbeitsschutz)?
- Sind Ausrüstungsgegenstände nur bei bestimmten Wetterverhältnissen einsetzbar (Gefahr durch einfrieren)?
- Wie sind die Windverhältnisse (Geschwindigkeit, Richtung/ mögliche Ausbreitung der Gefahr)?
- Wie sind die Sichtverhältnisse (Nebel, starker Regen)?
- Ist der Einsatz von UAVs/ UGVs bei den Wetterverhältnissen möglich?

Im nächsten Schritt wurden Fragen zur Risikobeschreibung im Schadenfall aufgeführt:

- Was ist passiert? / Was könnte passieren?
- Betroffene Menschen (Menge, Ort, Verletzungsmuster)?
- Wieviel radioaktives Material wurde freigesetzt, Art der radioaktiven Quelle (offen oder geschlossenes Material, welches Nuklid)?
- Wie stark ist die Strahlung (Dosisleistung)?
- Wie ist die Strahlenquelle klassifiziert?
- Wie sieht das primäre Einsatzziel aus (Menschenrettung, Rettung von Sachwerten)?
- Welche Schutzmaßnahmen müssen für die Einsatzkräfte getroffen werden (Schutzausrüstung, vorhandene Deckung)?
- Was ist der Auslöser / Grund des Vorfalls / Unfalls?
- Liegen bereits umfangreiche Erkundungsergebnisse vor, die für den Einsatz wichtig sind?
- Welche Ausdehnung hat die Schadenstelle (Festlegung des Gefahren- und Absperrbereiches)?
- Wie weit ist der Aufbau einer Verletztensammelstelle eines Versorgungs-/ Behandlungsplatzes fortgeschritten?
- In wie weit ist medizinische Versorgung erforderlich?
- In welchem Umfang sind medizinische Hilfsmittel erforderlich?
- Welche Transportkapazitäten müssen bereitgestellt werden?
- Welche Informationsquellen stehen zur Verfügung (Feuerwehrpläne, Datenblätter, Fachberater, ...)?
- Sind Experten oder Kontaktpersonen vor Ort?
- In wie weit ist Kommunikationsinfrastruktur vor Ort sichergestellt?
- Wie lange wird die Einsatzabwicklung voraussichtlich dauern (Dauer der Messungen, Einsatzstellenlogistik, Unterstützung, ...)?

Abschließend wurden noch Fragen zu den Strukturen/ Ressourcen/ taktischen Fragen der originären Gefahrenabwehr erarbeitet:

- Welche operativen Einheiten sind alarmiert (Feuerwehr, Rettungsdienst, Polizei, ...)?
- Wann werden die Einheiten am Einsatzort eintreffen?



- Was wären die taktisch sinnvollen Aufstellflächen/ Bereitstellungsräume?
- Wo wird die Einsatzleitung positioniert?
- Wie viele Transportkapazitäten sind verfügbar?
- Wo befinden sich Spezialgeräte (für die Strahlenbehandlung)?
- Welche Spezialeinheiten (SE) werden benötigt (SE-ABC, SE-Dekon, SE-Messen, SE-Versorgung, Pressesprecher, Fachberater)?
- Wie kann die Einsatzstellenlogistik sichergestellt werden (Nachschub, Austausch von Personal und Fahrzeugen)?

Aus den oben beschriebenen Fragestellungen erarbeitete die Feuerwehr Dortmund zusammen mit den anderen Projektpartnern einen Handlungsrahmen für ein Szenario.

Wie zuvor beschrieben, basiert das Projekt auf der Unterscheidung des theoretischen Szenarios für die Entwicklung des Systems und der Demonstration, in der die erarbeiteten Ergebnisse am Ende des Projektes vorgestellt und erprobt werden sollten. Darauf basierend beschreibt der folgende Teil zum einen das theoretische Szenario für das Systemkonzept und zum anderen die praktische Implementierung des Systemkonzeptes.

## **Beschreibung der Einsatzlage**

Nach dem erfolgreichen Meilenstein entstand die Idee, das ANCHORS-System im Rahmen einer Großübung der Feuerwehr Dortmund zu testen. Da dieses System (bislang) keinen Bestandteil der Alarm- und Ausrückeordnung darstellt, ist es auch noch nicht in die operativen Strukturen der Feuerwehr Dortmund eingebunden. Nach ersten Überlegungen entwickelte sich die Idee, zwei zusammenhängende Szenarien derart miteinander zu verknüpfen, dass diese auf einen kausalen Zusammenhang eines einzigen auslösenden Ereignisses zurückzuführen sind. Die Übung wurde in einer Art ausgelegt, die es dem ANCHORS-System ermöglichte, in einem realistischen CBRN-Einsatz zu operieren, wie dies auch bei einem realen Einsatz konzeptionell vorgesehen wäre. So konnte das Forschungsprojekt ANCHORS aktiv in den Übungsbetrieb der Feuerwehr eingebracht werden und die Einsatzleitung bei der Erkundung und darauf aufbauenden Entscheidungsfindung unterstützen.

## **6.2 Gesamtsystem und Architektur-/Systemanforderungen**

Seitens der Endanwender bzw. in dem konkreten Fall der Feuerwehr Dortmund wurden sowohl Nutzer- als auch Leistungsanforderungen an das ANCHORS-Gesamtsystem als auch die einzelnen Komponenten gestellt. Neben generellen Anforderungen an die technische Ausstattung stand auch die Berücksichtigung der konzeptionell-organisatorischen Einbindung in bestehende Strukturen.

Zu den zu Beginn des Projektes definierten Nutzeranforderungen an das ANCHORS-System gehörte zunächst die generelle Skalierbarkeit des Systems. Es sollte so ausgestaltet sein, dass die einzelnen Teilkomponenten – in Hinblick auf die spätere Verwertbarkeit im Einsatz – bei verschiedenen BOS-Einheiten stationiert und so für kleinere Einsatzlagen unabhängig von dem Gesamtsystem genutzt werden können (z. B.



einzelne UAV zur Lageerkundung bei weitläufigen Einsatzstellen). Folglich sollten alle UAVs identisch, sowohl mit Kameras als auch mit einem radiologischen Sensor, ausgestattet werden. Das erhöht die Einsatzhäufigkeit des Teilsystems und somit die Expertise, die die Einsatzkräfte mit dem System sammeln können. Das System sollte sich im Aufbau gut in die bestehenden Einsatzstrukturen der Feuerwehr eingliedern lassen (bspw. als eigene taktische Einheit). Eine leichte Bedienbarkeit, um den Schulungsaufwand so gering wie möglich zu halten und eine leicht verständliche Darstellung der Messergebnisse sollten ebenfalls Eigenschaften dieses Systems sein, dessen Nutzungsakzeptanz sich so deutlich steigern ließ. Ein hoher Personalaufwand für die Bedienung des Gesamtsystems sollte ebenfalls vermieden werden, da die Ressource „Personal“ an großen Einsatzstellen ohnehin oftmals ausgereizt ist. Verlässlichkeit der Messergebnisse und zuverlässige Datenkommunikation waren ebenfalls zentrale Gesichtspunkte unter denen das System entwickelt wurde. Zuletzt sollte das Gesamtsystem über gute Transporteigenschaften verfügen, damit es regional und überregional, mit den zu Verfügung stehenden Mitteln, transportiert werden konnte (bspw. auf Anhänger verlastbar).

Zu den Leistungsanforderungen zählte die Beständigkeit des Systems gegen Witterungsverhältnisse (UAV, UGV und die Trägerplattform sollten bei einem durchschnittlichen Niederschlagsereignis in Deutschland einsetzbar sein und in 95 % aller Wetterverhältnisse operieren können). Das UAV sollte mit einer maximalen Geschwindigkeit von 10 m/s fliegen können, um auch noch gegen stärkere Brisen oder böigen Wind anzukommen. Darüber hinaus sollte es während des Fluges kontinuierlich nach Bedarf Messungen durchführen können und Livebilder liefern. Die Bildübertragung sollte in Echtzeit stattfinden, um die Navigation des UAV und UGV per Kamera zu ermöglichen. Gleiches galt für die Bildübertragung des mobilen Trägersystems. Es sollte eine stabile, autonome Funkverbindung zum operierenden System geben, die mit Hilfe einer LTE-Basisstation sichergestellt wurde. Die Frequenzbereiche für die Datenkommunikation des ANCHORS-Systems durften die Kommunikationswege der BOS nicht stören (Funk). Abschließend musste sich das System in die überörtlichen Konzepte der Gefahrenabwehr eingliedern lassen (ATF-System/ Angliederung an die verschiedenen Schutz-/ Alarmstufen) (vgl. **Abb. 4** und **Abb. 5**).

Die Analytische Task Force (ATF) am Standort in Dortmund ist eine von sieben Bundesweit stationierten Spezialeinheiten zur Abwehr von ABC-Gefahrenlagen mit spezieller Messtechnik. Die ATF kommt dort zum Einsatz, wo die kommunal verfügbare Feuerwehr-Messtechnik an ihre Grenzen stößt (vgl. **Abb. 4**). Die ATF-Standorte können bei CBRN-Lagen von jedem Einsatzleiter, der den Bedarf nach besonderer Unterstützung feststellt, angefordert werden. Der Einzugsradius der ATFs beträgt konzeptgemäß ca. 200 km um den jeweiligen Standort der ATF (vgl. **Abb. 5**) und kann innerhalb von etwa drei Stunden nach Alarmierung Hilfe leisten (vgl. Website BBK<sup>7</sup>). Die Bedienung von Geräten für die Analytik von Gefahrstoffen bedarf eines großen techni-

---

<sup>7</sup> Online verfügbar unter: [http://www.bbk.bund.de/DE/AufgabenundAusstattung/CBRNSchutz/TaskForce/taskforce\\_node.html](http://www.bbk.bund.de/DE/AufgabenundAusstattung/CBRNSchutz/TaskForce/taskforce_node.html);  
zugegriffen am 24.03.2016



schen Sachverstandes, der durch geschultes Fachpersonal von Berufs- und Freiwilliger Feuerwehr sowie externer Fachberater vorgehalten wird.



Abb. 4: Stufenkonzept im Bevölkerungsschutz (Quelle: eigene Darstellung nach BBK)

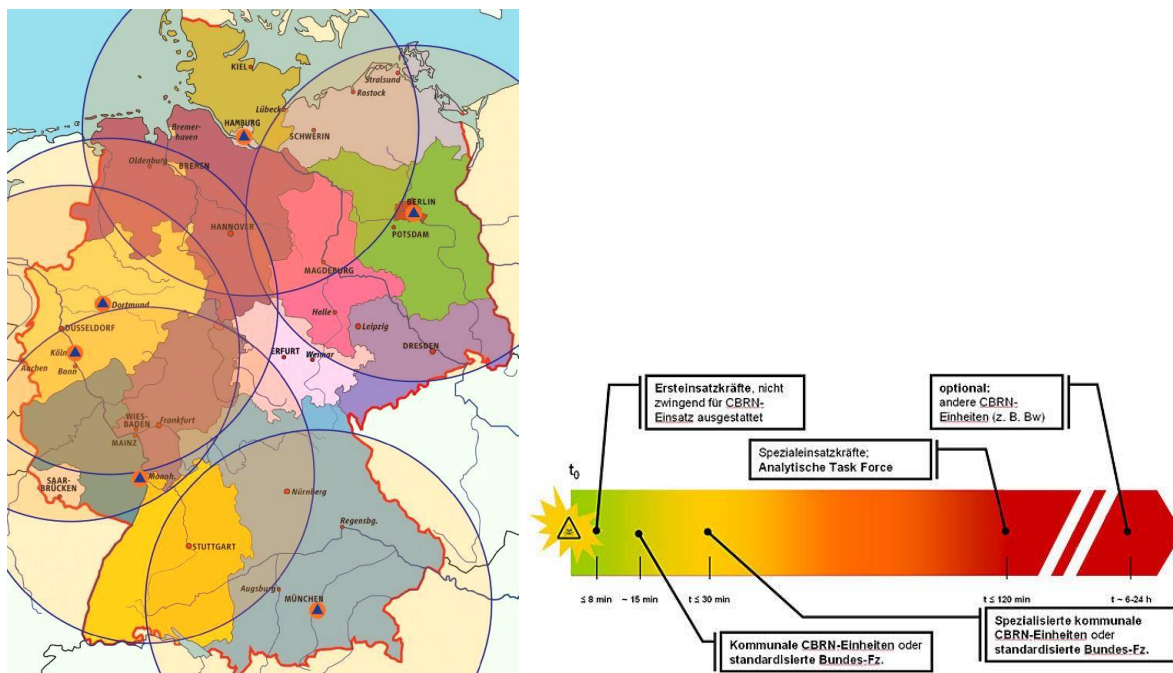
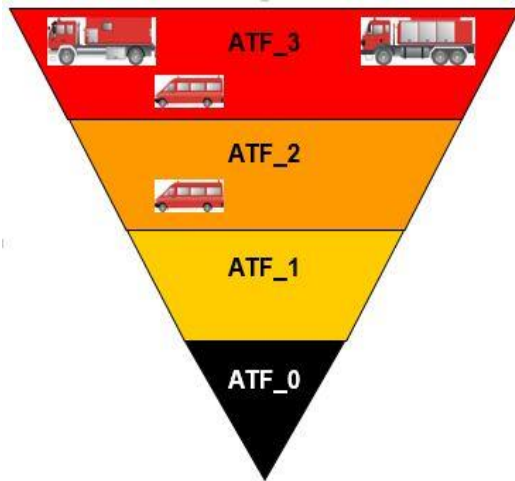


Abb. 5: Verteilung der ATF Standorte und mögliche, zeitliche Einsatzabfolge der ATF beim Einsatz in CBRNE Lagen inklusive geplanter Zeitanatz (Quelle: BBK<sup>8</sup>)

Die ATF bietet den anfordernden Gemeinden vier Schutzstufen an, die je nach Ereignisfall angefordert werden können. Mit der bundesweiten Installation der ATF Standorte sollte vermieden werden, dass sich jede Kommunen für sich mit hohen Ausgaben

<sup>8</sup> [http://www.bbk.bund.de/DE/AufgabenundAusstattung/CBRNSchutz/TaskForce/taskforce\\_node.html](http://www.bbk.bund.de/DE/AufgabenundAusstattung/CBRNSchutz/TaskForce/taskforce_node.html)

für Spezialgeräte und Personal, auf eventuell auftretende ABC Einsatzlagen vorbereiten muss.



Vier Alarmstufen → ATF ist auf Einsatzgröße skalierbar

- **ATF Alarm Stufe -3-**  
→ Entsendung der kompletten ATF, wie oben  
+ Probennahme
- **ATF Alarm Stufe -2-**  
→ Unterstützung vor Ort, Ausbreitungsüberwachung,  
Analyse vorhandener Proben
- **ATF Alarm Stufe -1-**  
→ umfassende Beratung, Bewertung von Messergebnissen  
externer ATF's Messleitung
- **ATF Alarm Stufe -0-**  
→ erste Kontaktaufnahme, Lage-erfassung,  
Erstmaßnahmen

Abb. 6: Schutzstufen der Analytischen Task Force (ATF) (Quelle: ATF)

Unter Berücksichtigung der bestehenden Strukturen des Katastrophenschutzes (siehe zuvor) und der daraus resultierenden Erfahrungen bzw. Entwicklungen im Rahmen des Projektes ANCHORS definierte die Feuerwehr Dortmund die folgenden Anforderungen an das System (unterteilt in unterschiedliche Entwicklungsstufen, d. h. den Early Demonstrator / Meilenstein und Final Demonstrator), welche nicht nur einen Bezug zur Nutzbarkeit vorweisen mussten, sondern auch die Ziele der Feuerwehr Dortmund spiegelten.

### Status zum Meilenstein

Der Status zum Meilenstein / Early Demonstrator ist nachfolgend in Klammern dargestellt:

#### Health Management

Der Bereich des Health Managements war insoweit sehr prioritär zu sehen, da dieses die Einsatzfähigkeit des Systems sicherstellen sollte. D. h. die Komponenten sollten für einen entsprechenden Einsatz in einer Form gestaltet werden, die einem mehrmaligen Einsatz ermöglichte und somit die Nutzzeit des Systems erweiterte.

- Entwurf einer Dekontaminationsplattform für die Sensorik, um im Einsatz auf verlässliche und genaue Daten zurückgreifen zu können, ohne dass sie durch eine vorhergehende Kontamination verfälscht werden (durchgeführt)





- Automatische Aufladung (Entwurf einer Aufladepattform und -technik), um den Personaleinsatz auf ein Minimum zu reduzieren und die Einsatzkräfte aus Gefahrenbereichen fernzuhalten (durchgeführt)
- Überprüfung der „Immunität“ (Radiologie, Elektromagnetik) zur Sicherstellung der Funktionsfähigkeit des Systems auch in schwierigen Einsatzlagen mit Störquellen (durchgeführt)
- Automatische Landung und Aufladung, um den Personaleinsatz auf ein Minimum zu reduzieren, die Einsatzzeit zu verlängern und die Einsatzkräfte aus Gefahrenbereichen fernzuhalten (durchgeführt)

### UAV

- Payload, um die UAV als Trägerplattform für die Sensorik zu verwenden (durchgeführt)
- Grundlegende Wetterkonditionen, d. h. 95 %ige Einsatzbereitschaft, gemessen am zentral europäischen Jahresdurchschnitt, um das System bei unterschiedlichen Witterung in den Einsatz bringen zu können (durchgeführt)
- Flugzeit ca. 20 min, um die Einsatzzeit der UAVs auf ein Maß zu bringen, welches eine Erkundung und einen Messauftrag ermöglicht (durchgeführt)

### UGV

Eine UGV wurde von der Feuerwehr Dortmund aufgrund des fehlenden Fortnutzungspotenzials nicht angeschafft, die Erprobungen fanden mit den UGVs der TU Dortmund statt.

- Geländegängigkeit, da viele Einsätze durch eine Untergrundbeschaffenheit charakterisiert sind, die durch bspw. Trümmer oder andere Hindernisse gekennzeichnet ist (durchgeführt)
- Akkulaufzeit mind. 2 Stunden inkl. Möglichkeit zur Aufladung an dem MTS, um den Personaleinsatz auf ein Minimum zu reduzieren, die Einsatzzeit zu verlängern und die Einsatzkräfte aus Gefahrenbereichen fernzuhalten (durchgeführt)
- Automatische Navigation zum MTS, um den Personaleinsatz auf ein Minimum zu reduzieren (durchgeführt)

### Kommunikation / Visualisierung

- Übertragung der Information im System (Datenfluss, Qualität) in Realzeit, um die entsprechenden Daten an die Einsatzleitung zu übermitteln, die dann an die Situation angepasste Maßnahmen einleiten kann (durchgeführt)



## Sensor

- Entwurf eines Sensors (durchgeführt)
- Definierter Messbereich für die Dosisleistung: 0,1  $\mu\text{Sv/h}$  bis 10  $\text{Sv/h}$ , Auflösung: 0,01  $\mu\text{Sv/h}$ , Temperaturbereich: -30 °C bis 50 °C, um die Einsatzfähigkeit und Messungen bei / von unterschiedlicher Dosisleistung zu ermöglichen (durchgeführt)

Diese Anforderungen definieren sehr stark den geplanten Einsatz des ANCHORS-Systems im Rahmen des vorgesehenen Szenarios und ermöglichen darüber hinaus eine Übertragbarkeit der Anwendung auf andere Szenarien mit einem ausgedehnten Einzugsgebiet, bspw. Hochwasser, Vulkanausbrüche, allgemeine Industrieunfälle etc., gestörter Kommunikationsinfrastruktur und großen Gefahrenpotenzial für die Einsatzkräfte (vgl. hierzu die Charakteristika, welche derartige Einsätze definiert).

## Status zum Projektende

In der zweiten Hälfte des Projektes fand nicht nur die Optimierung der bereits für die Evaluation des Early Demonstrators definierten Systemkomponenten und ihrer Komposition / Integration in ein Gesamtsystem statt, sondern auch eine Verschneidung und Übersetzung entsprechend der Fähigkeiten mit dem anvisierten Einsatzkonzept.

## Health management

- Umsetzung und Erprobung der Dekontaminationsplattform für den Sensor (funktionsfähig)
- Umsetzung und Erprobung der automatischen Aufladung der UAVs (funktionsfähig)
- Umsetzung und Erprobung der Resilienz der Komponenten gegenüber radiologischer und elektromagnetischer Strahlung (ausreichende Unempfindlichkeit wurde bewiesen)
- Umsetzung und Erprobung des autonomen Landens und Ladens (bis zum Projektende nicht in vollem Umfang, bezogen auf reale Einsatzbedingungen, funktionsfähig)

## UAV

- Partielle Umsetzung der Möglichkeit in durchschnittlich vorkommenden Wetterbedingungen zu fliegen (Wind bis zu einer Stärke von 8m/s, Sprühregen und leichter Nebel sind, seitens des Systems, händelbar)
- Umsetzung und Erprobung der Anforderungen an die Flugzeit (Flugzeit 15 min)



## UGV

- Erprobung der Geländefähigkeit der UGVs (unwegsames Gelände kann nicht befahren werden, UGV ist nur bedingt wartfähig)
- Partielle Umsetzung und Erprobung der Steuerung und Navigation der UGVs via Kamera (die Steuerung des UGV ist mit Hilfe der Kamera möglich, eine Orientierung oder Erkundung des Schadensortes aber nur bedingt möglich, da die Kamera eine Feste Blickrichtung hat und nicht schwenkbar ist)
- Umsetzung und Erprobung der Akkulaufzeit von zwei Stunden inklusive der Option des Wiederaufladens auf dem Mobilen-Träger-System (funktionsfähig)
- Umsetzung und Erprobung der autonomen Navigation zurück zur Basisstation wurde für die UGVs (Waypoint-Navigation ist funktionsfähig)

## Systemzusammenstellung

- Von der ursprünglichen Anforderungen von zwei UAVs auf dem Mobilen-Träger-System wurden vier UAVs realisiert, die sowohl die Relais- als auch die Erkundungsfunktionen (Kamera, Sensor) übernehmen können (Schwarmflug nur bedingt funktionsfähig)
- Installation der Dekontaminationsplattform auf dem Mobilen Trägersystem (funktionsfähig)

## Kommunikation/Visualisierung

- Umsetzung und Erprobung des Informationstransfers innerhalb des Systems (funktionsfähig)
- Erprobung der Echtzeit-Datenübertragung (je nach Datenvolumen keine Echtzeitübertragung möglich, z. B. Videostream)
- Umsetzung und Erprobung der Kameraauflösungsverstellung (funktionsfähig)
- Umsetzung und Erprobung der Darstellung der Mess- und Navigationsdaten in Anlehnung an die vorhandenen Darstellungsweisen, die in der Feuerwehr üblich sind (funktional)
- Umsetzung und Erprobung der manuellen Rutenplanung (funktionsfähig)

## Sensor

- Entwicklung und Erprobung des Sensors zur Detektion radioaktiver Nuklide (funktionsfähig)
- Der Messbereich und Messabstand des Sensors war für die Szenario gerechte Erprobung ausreichend (funktionsfähig)
- Dekontaminierbarkeit des Sensors (funktionsfähig)



## 7 AP 6 Integration des Gesamtsystems incl. Einzelkomponenten

. Die Integration der Einzelkomponenten zu einem Gesamtsystem fand in diesem Arbeitspaket statt. Hierbei mussten Probleme der Stromversorgung, der mechanischen Integration sowie der Softwareintegration gelöst werden. Die Zuständigkeiten der Feuerwehr Dortmund lagen hier bei der Überprüfung der funktionalen Kompatibilität und Praxistauglichkeit der technischen Lösungen des ANCHORS Projektes mit den Standards der Feuerwehr als auch einer Überprüfung der Überführung in bestehende, eigene Systeme.

### 7.1 Integration

Der Early Demonstrator war der erste richtungsweisende Funktionstest zur Mitte des Projektes. Hier wurden die einzelnen Teilkomponenten (UGV, UAV, Trägerplattform und Sensor), die bisher weitestgehend unabhängig voneinander entwickelt und erprobt worden waren, zusammengeführt. Der Early Demonstrator war ein wichtiger und notwendiger Schritt, um die weiter erforderlichen Entwicklungsschritte, hin zu einem funktionalen Gesamtsystem definieren zu können. Nicht umsetzbare Anforderungen wurden bei der Integration des Early Demonstrators erkannt und Änderungsvorschläge erarbeitet und im weiteren Verlauf des Projektes umgesetzt (z. B. Dekontaminierbarkeit des Sensors).

### UGV

Die im Projekt verwendeten UGV wurden nach eingehender Marktanalyse von einem externen Hersteller (Dr Robot, Model „Jaguar“ mit Kettenantrieb und Frontflippern, vgl. **Abb. 7**) zugekauft. Vergleichbare oder besser einzusetzende Modelle von anderen Herstellern überschritten den im Projektantrag kalkulierten Kostenrahmen und entsprachen auch nicht einem sinnvollen Kosten-Nutzen-Verhältnis. Das ausgewählte UGV bietet mit den Frontflippern die geforderte Wendigkeit und ist in der Lage, Bordsteine, Schienen und Treppen zu überwinden (Vorteile gegenüber Radgetriebenen Systemen). Nachteil dieses Modells ist seine nur geringe Wadfähigkeit und die sehr eingeschränkte Übersicht mit der eingebauten Frontkamera, über die das UGV auch manövriert werden kann. Ein Vorteil dieses Systems – der aber auch parallel als Nachteil gesehen wird – ist seine geringe Bauhöhe, die zwar zum einen das Fahren unter Fahrzeugen ermöglicht, leicht zu verladen auf der anderen Seite auf ebenen Fahrstrecken angewiesen ist. Das UGV ist in der Lage, in die vorgesehene Transportplattform auf der MTS zu fahren, wo es außerdem über die oben liegenden Ladkontakte geladen werden kann.



Abb. 7: UGV (Model Jaguar) des Anchors-Systems (Quelle: eigene Darstellung)

## UAV

Das UAV ist im Rahmen des Projektes auf der Basis eines kleineren Vorgängers (Falcon 8) neu entwickelt worden (**Abb. 8**). Hier kam es vor allem auf die anforderungsgerechte Umsetzung an. D. h. das UAV musste in der Lage sein, den zu entwickelnden Sensor und ein Kamerasystem zu tragen. Es sollte über eine Flugzeit von 20 bis 30 Minuten verfügen und in 95 % der in Mitteleuropa herrschenden Wetterbedingungen eingesetzt werden können (Regen-/ Windverhältnisse). Leider konnte die vollständige Wetterfestigkeit der UAV bis zum Ende des Projektes vom Projektpartner und Hersteller (Ascending Technologies) aufgrund von technischer Probleme nicht umgesetzt werden. Darüber hinaus sollte die Möglichkeit bestehen, das UAV automatisch laden zu können. Das wurde dadurch erreicht, dass Ladekontakte am hinteren Landegestell vorgesehen wurden, die im gelandeten Zustand auf der MTS von einer Ladeklammer kontaktiert wurden (**Abb. 8**). Die Ladeklammer diente zudem als Transportsicherung der UAV für die Fahrt der MTS mit abgeklappten Landeplattformen. Die UAV besaß die Möglichkeit autonom auf dem MTS zu starten und zu landen, die Orientierung der UAV erfolgte über eine optische Landesteuerung mit Referenzflächen zur Positionsbestimmung (**Abb. 9**).



Abb. 8: Die UAV mit Sensor (links) (Quelle: Ascending) und Ladevorrichtung (rechts) (Quelle: KHG)

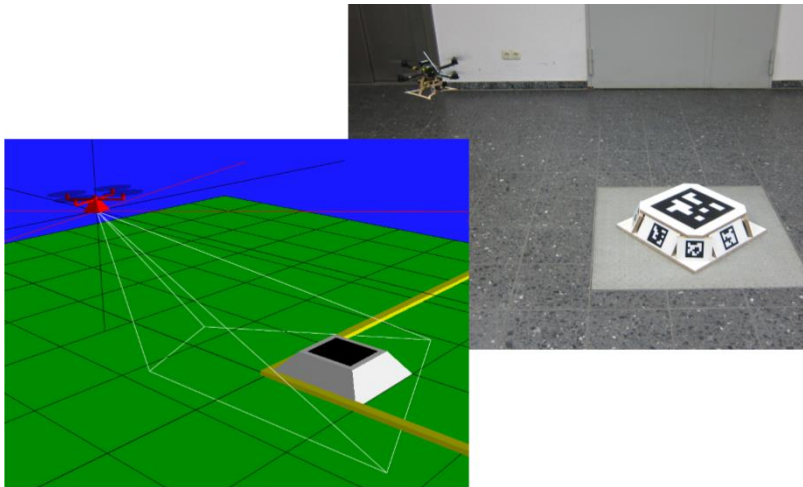


Abb. 9: Landmarker und schematische Landeerkennung (Quelle: RWTH Aachen)

### Mobiles Trägersystem (MTS)

Das MTS ist ein Kernstück des operativen Teils des ANCHORS-Systems. Es basiert auf einer kettengetriebenen Trägerplattform mit elektrischen Antrieb der Kerntechnischen Hilfsdienst AG (KHG) (vgl. **Abb. 10** – Ausbaustufe zum Meilenstein). Auf der Trägerplattform wurden im Laufe der zweiten Projekthälfte die einzelnen Komponenten, nach den definierten Anforderungen, integriert. Die Plattform bekam eine autonome Stromversorgung in Form eines dieselgetriebenen Stromerzeugers sowie einen Druckluftkompressor zur Versorgung der pneumatischen Komponenten. Es wurde ein Trägergestell für die Aufnahme der drehbaren Landeplattformen installiert. Optische und GPS-Sensoren zur Steuerung, Orientierung des MTS sowie Überwachung der UAV/UGV-Aktivitäten wurden implementiert. Eine Dekontaminationsplattform zu Sensordekontamination wurde ebenfalls installiert. Für deren Ver- und Entsorgung von und mit Dekontaminationsflüssigkeit wurde an das MTS ein Anhänger mit Flüssigkeitstanks angebaut. Der Anhänger diente gleichzeitig für die Aufnahme der UGV-Lade- und Transportplattformen.



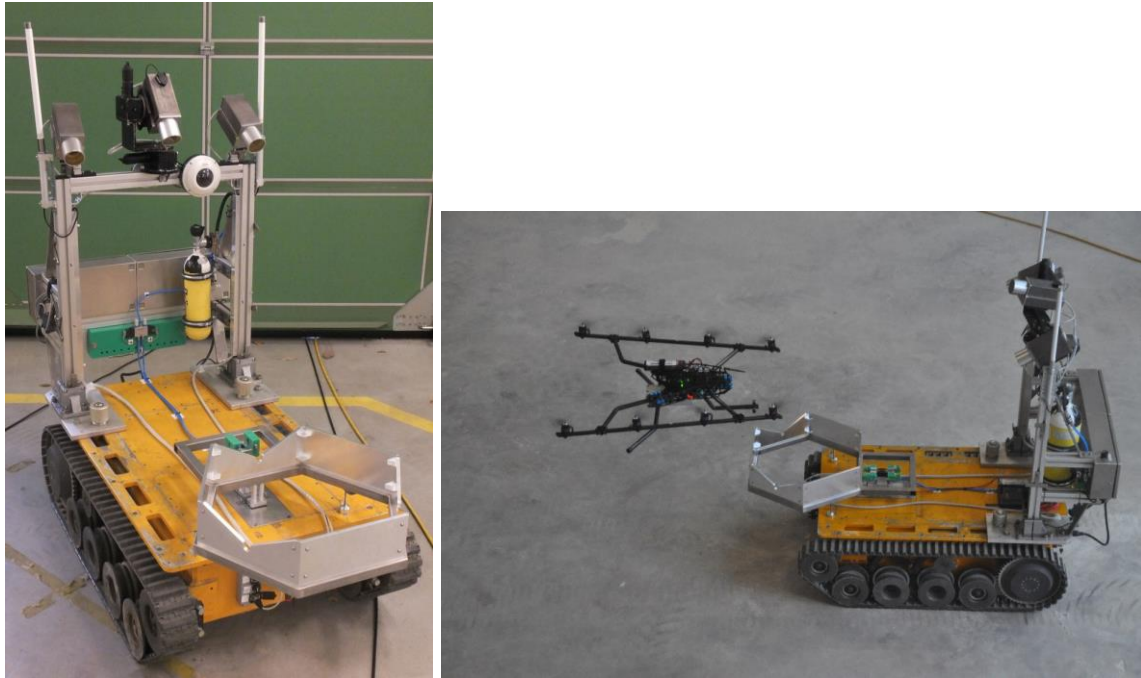


Abb. 10: MTS in der Ausbaustufe für den Early Demonstrator (links) (Quelle: KHG), Landeanflug der UAV auf die MTS (rechts) (Quelle: eigene Darstellung)

## Sensor

Der radiologische Sensor wurde von der Firma MIRION entwickelt. Er bot nicht nur die Möglichkeit radioaktive Strahlung (Dosisleistung) zu detektieren, sondern ermöglichte gleichzeitig eine Nuklididentifikation. Die Herausforderung lag darin, den Sensor einerseits so leicht zu gestalten (600g), dass er von der UAV getragen werden konnte, ihn aber gleichzeitig so robust zu machen, dass er dekontaminierbar war. Dazu wurde der Sensor in ein Polymergehäuse verkapselt (vgl. **Abb. 11**).



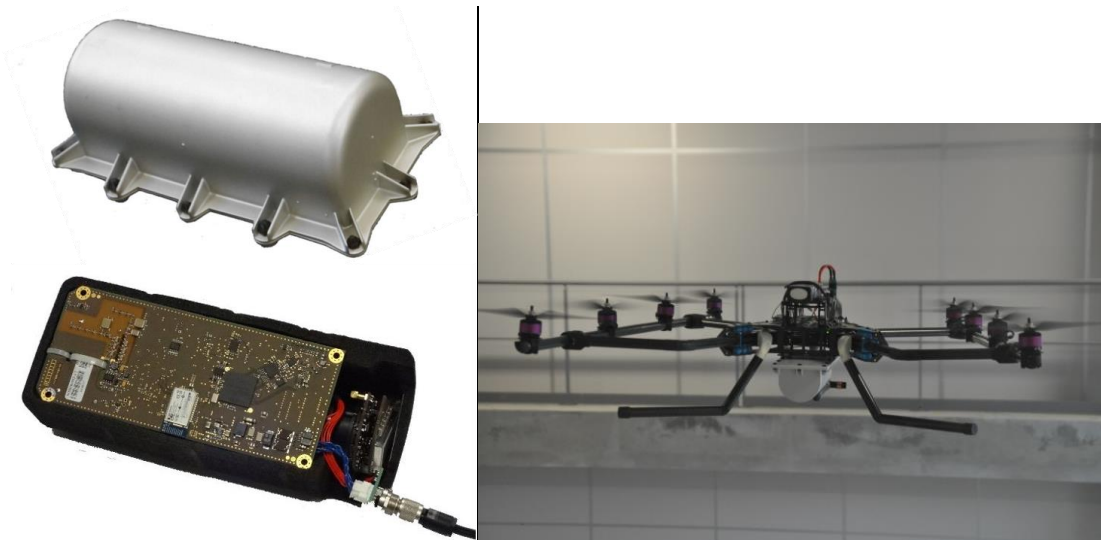


Abb. 11: Sensor (links) und Sensor an dem Final Demonstrator (rechts) (Quelle: Mirion)

Im Gegensatz zu dem Early Demonstrator stellt der Final Demonstrator das „fertige“ Gesamtsystem dar. Er beinhaltet alle an die Anforderungen orientierten und genannten Entwicklungen, wurde in die Einsatzabwicklung im Rahmen einer Großübung eingebaut und eingehend getestet. Die **Abb. 12** zeigt das Gesamtsystem in seiner letzten Ausbaustufe. Die Landeplattformen des MTS konnten für den Transport und die Fahrt pneumatisch eingeklappt werden, um den notwendigen Platzbedarf – insbesondere bei dem Transport – auf das Minimum zu reduzieren (**Abb. 12**).

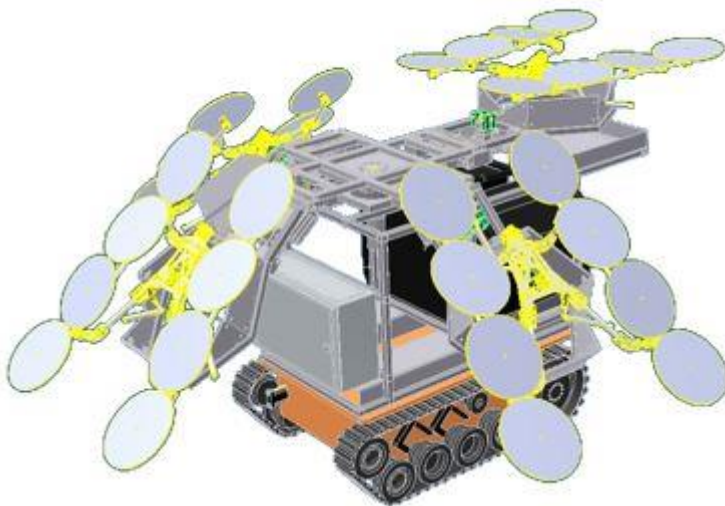


Abb. 12: MTS mit eingeklappten Landeplattformen (Quelle: SGE)



Abb. 13: MTS mit aufgeklappten UAV Plattformen und UAVs (Quelle: eigene Darstellung)

## Dekontamination

Es war ursprünglich angedacht, das ANCHORS-System so auszulegen, dass eine Dekontamination des gesamten UAVs möglich gewesen wäre. Dies ließ sich einerseits aus technischen Gründen nicht vollständig umsetzen, da diese Komponente aufgrund ihrer relativ offenen Bauweise zu komplex ist, sodass eine vollständige Dekontamination nur sehr bedingt möglich wäre und für den vorliegenden Fall vor allem deswegen nicht praktikabel gewesen ist, weil eine technische Feststellung der tatsächlichen Kontaminationsfreiheit nicht möglich gewesen wäre. Wie eine derartige Dekontamination in Bezug auf eine UAV – unter Laborbedingungen – durchführbar wäre, wurde im Zusammenhang des Projektes und im Rahmen einer Masterarbeit bei der Feuerwehr Dortmund untersucht. Nachfolgend wird sichtbar, wie ein möglicher konzeptioneller Ablaufplan zum Dekontaminationsprozess durchzuführen ist (vgl. **Abb. 14**). Neben dem konzeptionellen Aufbau, wurde auch eine schematische Darstellung des Dekontaminationsmoduls mit Peripherie erörtert (vgl. **Abb. 14**).

Die Masterthesis stellt heraus, dass die untersuchten UAVs nach dem aktuellen Stand der Technik nicht die notwendigen Voraussetzungen erfüllen, um einen Dekontaminationsprozess, wie er in der Arbeit entwickelt wurde, zu durchlaufen. Die Ergebnisse der Analysen und der Recherchen zeigten, dass sowohl die Gehäuse als auch die Oberflächenbeschaffenheit der UAVs, hinsichtlich ihrer Beständigkeit gegen die gängigen Dekontaminationsflüssigkeiten, angepasst werden müssen (vgl. hierzu Hartwig 2013).

Die Ergebnisse, zur Wahl der Materialien oder Dekontaminationsflüssigkeiten, flossen umgehend in die weiteren Entwicklungen ein.

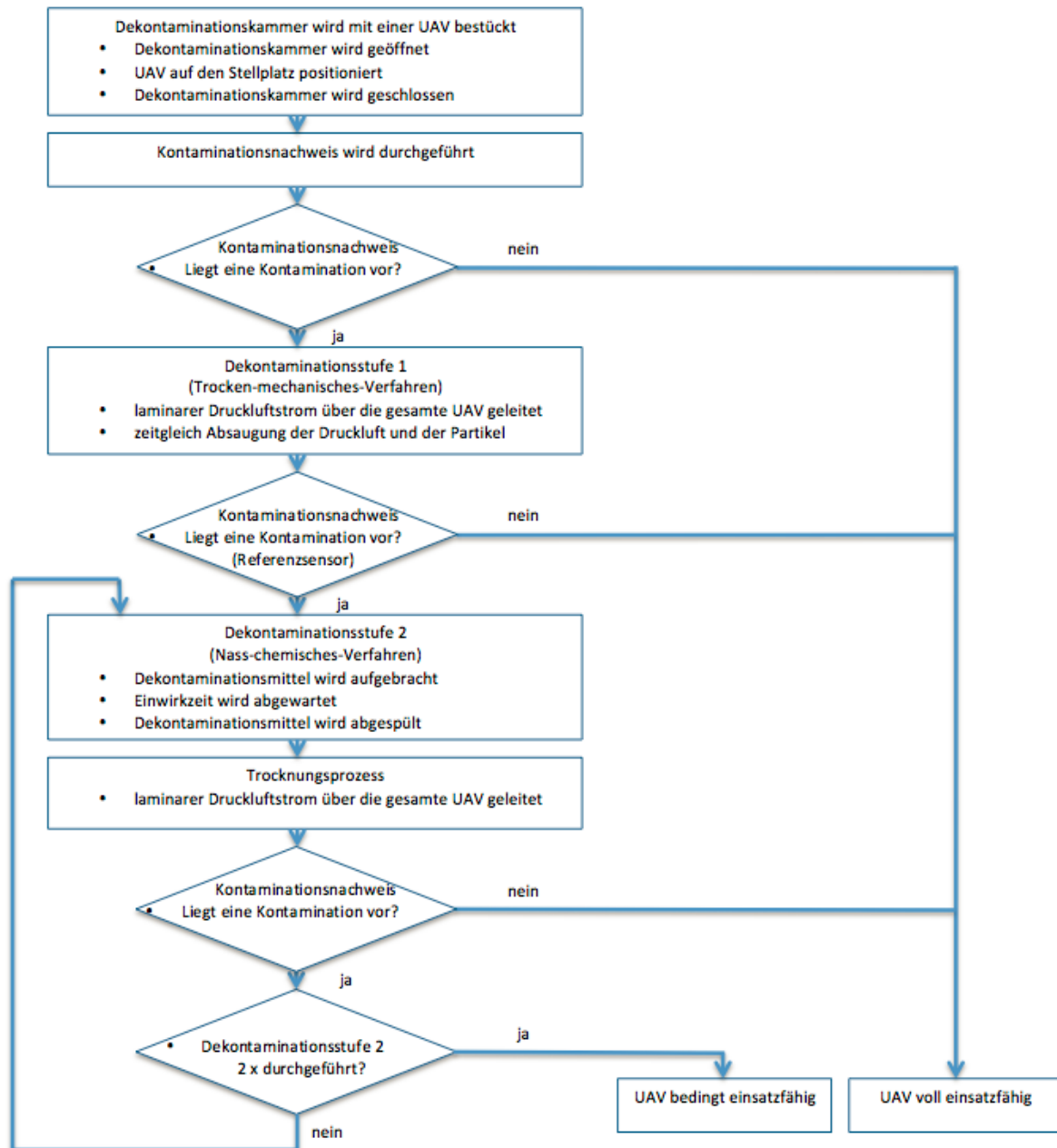
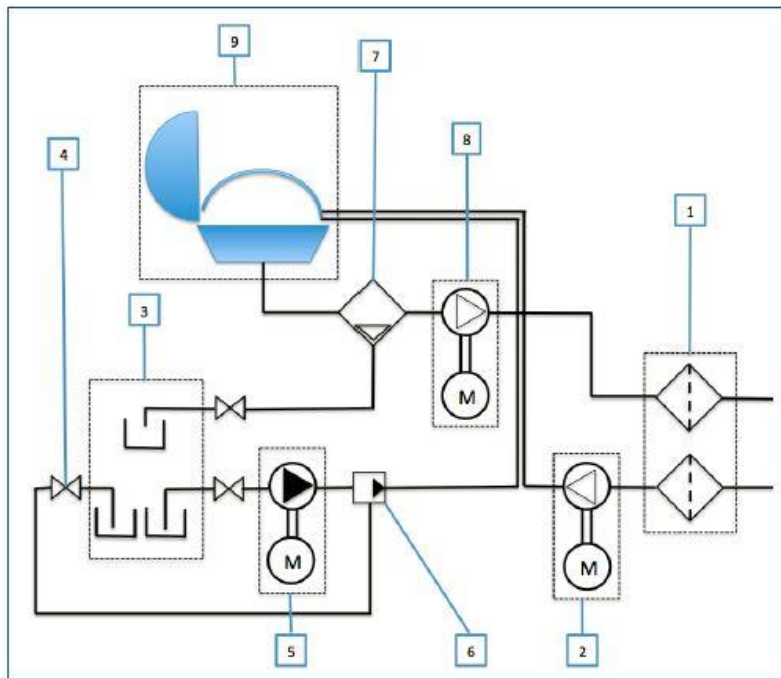


Abb. 14: Ablaufplan zum Dekontaminationsprozess (Quelle: Hartwig, 2013)



1. HEPA-Filter
2. Kompressor mit Elektromotorantrieb und Speicherkessel
3. Betriebsmitteltank
4. Absperrarmatur
5. Förderpumpe mit Elektromotorantrieb
6. Injektor-Zumischer
7. Wasserabscheider
8. Sauger mit Elektromotorantrieb
9. Dekontaminationskammer

Abb. 15: Schematische Darstellung des Dekontaminationsmoduls mit Peripherie (Quelle: Hartwig, 2013)

Da eine äußere Kontamination des Sensors durch z. B. radioaktive Stäube aber ein großes potentiell Problem für die Generierung verlässlicher Sensordaten bedeutete, da die Messwerte durch diese Kontamination des Sensors mit radioaktivem Material verfälscht würden, wurde der Fokus auf die Dekontaminationsfähigkeit des Sensors gelegt. Dazu wurde auf dem MTS eine Nass-Dekontaminationsplattform installiert, die in der Lage war, den Sensor vollständig zu dekontaminieren. Seitens der Messtechnik vorgenommene Anpassungen waren die Kapselung des Sensors in ein wasserdichtes Gehäuse.

## 7.2 Benutzerschnittstellen und Visualisierung

Die Benutzerschnittstellen zum ANCHORS-System wurden im Mobilen Mission Control Center (MCC) zusammengefasst und gebündelt (**Abb. 16**). Das MCC war der zentrale Punkt des Systems, an dem alle Mess- und Bilddaten gesammelt wurden und zentraler Kommunikationsknotenpunkt des Gesamtsystems. Von hier erfolgte die Steuerung des Gesamtsystems mit all seinen Komponenten (MTS; UAVs; UGVs). Vom MCC aus wurden die Daten, während der Demonstration des Systems auf dem TKS Gelände, in den Einsatzleitwagen gespiegelt, wo sie zu den Einsatzlagebesprechungen des Einsatzleiters zur Verfügung standen und wichtige Lageinformationen liefern konnten. Personell wurde vorgesehen, das MCC mit drei Operatoren (SB) zu besetzen – einem Operator für die Steuerung der MTS, einem Operator für die Steuerung und die Überwachung der UAVs/ UGVs sowie einem System-Einsatzleiter, der die übergeordneten Einsatzziele der Gesamteinsatzleitung verfolgt und die Einsatzauftragserledigung überwacht.





Abb. 16: Mobiles Mission Control Center (Quelle: RWTH Aachen)

Im Einzelnen wurden die Bedienelemente logisch und übersichtlich aufgebaut (vgl. **Abb. 17**), dass bereits nach einer kurzen Einweisung mit der Nutzung des Systems begonnen werden konnte. Die Anzeige zum „Health Management“ (vgl. hierzu Ausführungen oben) wurde ebenfalls sinnvoll und leicht verständlich gestaltet, sodass auf den ersten Blick der Status der jeweils angewählten Teilsystems zu erkennen war (hier am Beispiel einer UAV, vgl. **Abb. 17**). Die einfache und intuitive Darstellung bietet einen großen Mehrwert für die Arbeit der Einsatzkräfte – insb. in stressigen Situationen. Da diese sich vornehmlich auf die Einsatzrelevanten und vom System generierten Daten konzentrieren können, als viel Energie in den Betrieb des Systems zu investieren.



Abb. 17: Benutzeroberfläche UAV Operator (links) und Anzeigebildschirm UAV Health Management (rechts) (Quelle: RWTH Aachen)

Eine zentrale Rolle in dem System kam der Betrachtung der Sensordaten zu. Da diese Komponente für den Einsatzfall den größten Mehrwert liefert und eine absolute Neuerung darstellt, wurde großer Wert auf die anforderungsgerechte Umsetzung entsprechend der Vorgaben der Endnutzer gelegt. Das spiegelt sich vor allem in der Darstellung der erhobenen Sensordaten wieder (vgl. **Abb. 18**).

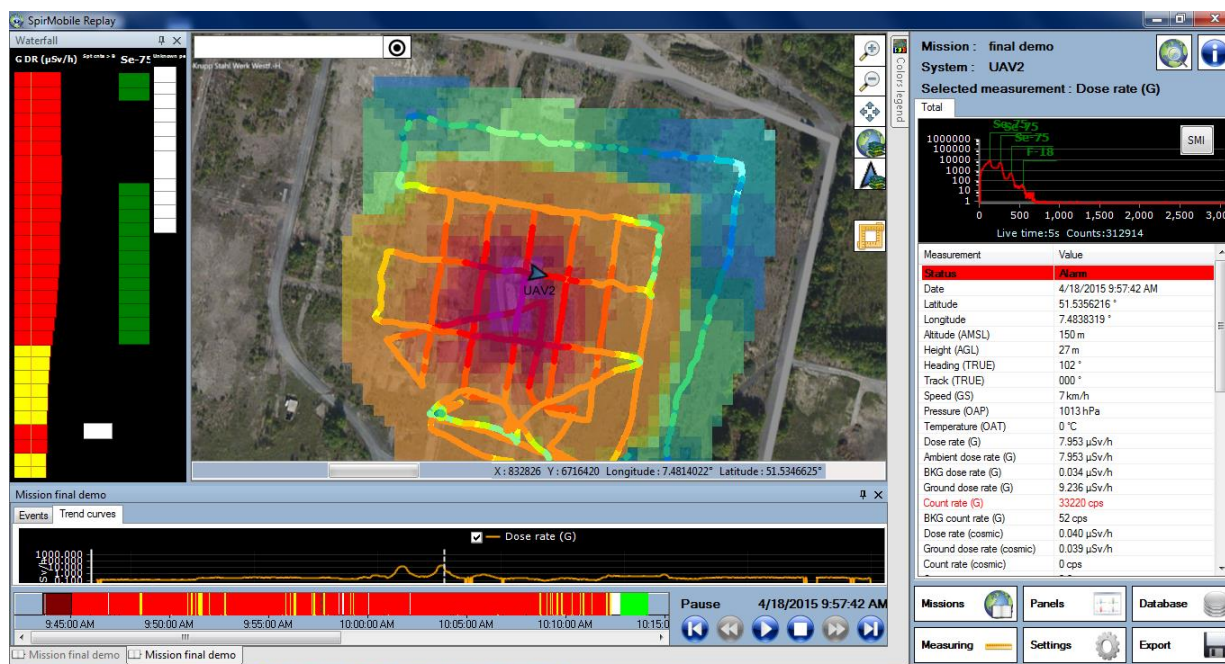


Abb. 18: Visuelle Darstellung der Sensordaten und der Flugroute (Quelle: Mirion)

Hier wurde darauf geachtet, dass die Visualisierung zu den bei der Feuerwehr üblichen Visualisierungsschemata passt (in der Leistelle/ Führungsstruktur der Feuerwehr taucht das Farbschema „Violett, Rot, Orange, Gelb, Grün“ regelmäßig auf; eine entsprechende Farbcodierung wird auch von den Messsystemen der ABC-Erkundungskraftwagen verwendet). (vgl. Abb. 19).

Keine Belastung/ Strahlung	Leichte Belastung/ Strahlung	Mäßige Belastung/ Strahlung	Starke Belastung/ Strahlung	Höchste Belastung/ Strahlung

Abb. 19: Farbskalierung der visualisierten Strahlenbelastung der Benutzeroberfläche (Quelle: eigene Darstellung)

Eine große Unterstützung für die Einsatzleitung stellt hier die Georeferenzierung der Messdaten dar, die es ermöglicht, den Gefahren- und Absperrbereich entsprechend an die Situation angepasst festzulegen. Des Weiteren wird auf diese Art und Weise eine genaue Lokalisierung der Strahlenquelle ermöglicht. Dies führt dazu, dass entsprechende Maßnahmen seitens der Feuerwehr eingeleitet werden können. Die Steuerung der UAVs und die Messdatenauswertung waren voneinander getrennte Arbeitsplätze, damit der UAV-Operator sich ganz auf seine Aufgaben konzentrieren konnte.

### 7.3 Systemintegration/ Interoperabilität

Die Einsatzoptionen, welche das Konzept ermöglicht, sind sehr breit gefächert. Es ist vorstellbar, dass das Systemkonzept in seiner finalen Ausbaustufe nicht nur als Gesamtsystem eingesetzt wird, sondern in einer skalierbaren Form ausgestaltet ist, wel-





ches es ermöglicht, dass die Einzelkomponenten (UGV / UAV, MTS) bei verschiedenen Feuerwehren bzw. kommunalen Spezialeinheiten, zur Einbindung in die tägliche Gefahrenabwehr, stationiert werden (z. B. bei der Erkundung von weitläufigen Einsatzstellen).

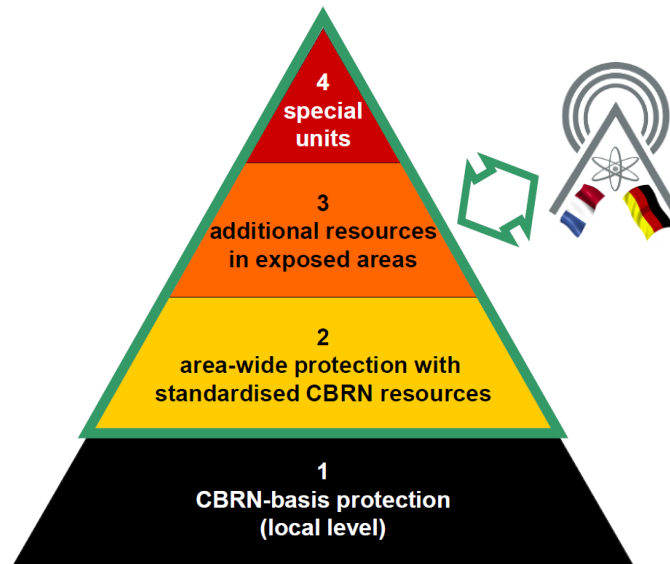


Abb. 20: Einbindung des ANCHORS-Konzeptes in die Strukturen des Bevölkerungsschutzes / der Gefahrenabwehr (Quelle: eigene Darstellung)

Im Falle einer Großschadenlage könnten die Komponenten, ähnlich dem Mechanismus der überörtlichen Hilfe der Feuerwehren, zusammengezogen und als Gesamtsystem verwendet werden (vgl. **Abb. 21**). Diese würden dann als taktische Einheit in einem Einsatz eingesetzt und einen eigenen Abschnitt bilden.

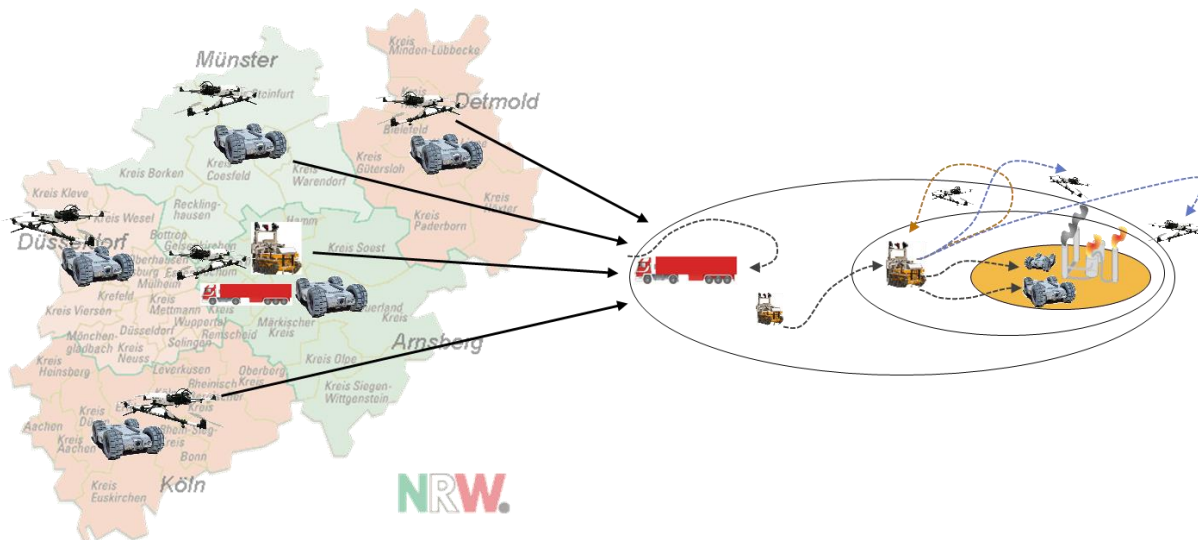


Abb. 21: Vorstellbares Konzept einer Stationierung (Quelle: eigene Darstellung)



Der Nutzen für eine kommunale Feuerwehr wäre dadurch enorm hoch, da nicht jede Gebietskörperschaft ein eigenes System anschaffen und unterhalten müsste, auch im Sinne der Kosteneffizienz. Durch die Vorhaltung in den kommunalen Feuerwehren oder anderen BOS, stünden genug Systemkomponenten zur Verfügung, um sich auf jede beliebige Größe einer Einsatzlage einstellen zu können.

#### **7.4 Validierung und Demonstration**

Die praxisorientierte Validierung des Systems stellt nicht nur die Überprüfung der erfolgreichen Erreichung / Realisierung der festgelegten Projektziele, sondern auch die Voraussetzung für eine potenzielle spätere Weiterentwicklung, Implementierung und Nutzung bei möglichen Akteuren – wie der Feuerwehr. Aus diesem Grund fanden im Laufe der Projektlaufzeit unter Beteiligung der Feuerwehr Dortmund mehrere kleinere periodische Feldtests (UGV/UAV-Testreihen zu Flug- und Fahreigenschaften / Akkulaufzeit, Bild-/ Datenlink, UAV-/Sensor Testreihen zur Widerstandsfähigkeit gegen Strahlung, Tests zur Sammlung von Sensordaten) entsprechend der definierten Szenarien sowohl bei der Feuerwehr Dortmund als auch anderen Partnern, um die Arbeitsfortschritte zu bestätigen und bei Bedarf gegebenenfalls anzupassen. Eine reale Übung und somit die Demonstration des Gesamtsystems unter realen Bedingungen eines Einsatzes schloss die Validierungsphase im Rahmen des Projektes ab.

#### **Verwendung einer aktiven Quelle**

Die Besonderheit in diesem Zusammenhang stellte die Übung des Final Demonstrators mit einer realen Strahlenquelle (Isotop  $^{75}\text{Se}$  mit einer Aktivität von 560 GBq, vgl. Abb. 22), der durch die Firma Applus zur Verfügung gestellt wurde.

Zu den Aufgaben der Feuerwehr Dortmund gehörte im Rahmen des Projektes die Ausgestaltung und Durchführung eines Test- und Erprobungsszenarios. Im Rahmen einer Einsatzgroßübung am 18.04.2015 wurde die Funktionstüchtigkeit des entwickelten Systems und der Einzelkomponenten mit allen Konsortialpartnern getestet. Der Test war in ein Unfallszenario mit Gefahrstoffen eingebettet. Zum Test gehört die Detektion einer radioaktiven Quelle.

Eine ionisierende Strahlung emittierende Substanz konnte für den beabsichtigten Funktionstest nicht simuliert werden. Daher wurde die Übung mit einer echten radioaktiven Quelle durchgeführt.

In die Projektaktivitäten waren daher zum Ausschluss jeglicher Gefährdung für die übrigen Übungsteilnehmer von Beginn der Planung an eingebunden:

- Die für das Stadtgebiet Dortmund zuständige Genehmigungsbehörde, Bezirksregierung Arnsberg, Dezernat 55.
- Das Bundesamt für Strahlenschutz, Dienststelle Berlin.
- Von der Genehmigungsbehörde ist darüber hinaus der Strahlenschutzberater des Landesinstitutes für Arbeitsgestaltung eingebunden worden.

Unter Einbindung dieser Stellen wurde die folgende Lösung erarbeitet worden:



- Ein Unternehmen aus dem unmittelbaren Dortmunder Nahbereich führte den Auftrag der Gestellung einer Strahlenquelle durch, um Transportwegestrecken auf das notwendigste Mindestmaß zu beschränken.
- Das Unternehmen war in die Ausgestaltung der Dienstleistungserbringung, der strahlenschutztechnischen Sicherheitsvorkehrungen und die Form der Genehmigung im Dialog mit der Genehmigungsbehörde einzubinden, da diese sowohl den Leistungsumfang als auch den Einkaufspreis beeinflussen.
- Der Einsatz der Strahlenquelle war auf den unbedingt erforderlichen Zeitraum beschränkt.
- Der Absperrbereich um die Quelle betrug maximal 50-60 m Radius, so dass außerhalb dieses Radius keine erhöhten Strahlungswerte mehr auftreten und die Übungsteilnehmer nicht der Strahlenschutzüberwachung unterliegen.
- Zur Leistung gehörte neben Transport und Aufstellung/Abbau der Quelle am Einsatztag auch die Betreuung des Quelleneinsatzes während der Einsatzzeit durch dafür geschultes und zugelassenes Personal.

Das von der Firma Applus RTD eingesetzte Nuklid war Se-75 mit der Aktivität am 18.04.2015: 560 GBq (15,1 Ci) im Gammamat SE NR. 1162 mit Strahler-Nr. OSB 867, Halter-Nr. C63.

Strahlenschutzberechnung:

aus den Bedingungen:

Radionuklid: *Se-75*

Aktivität:  $A = 560 \text{ GBq (15,1 Ci)}$

Dosisleistungskonstante:  $\Gamma_H \text{ Nr. Se-75} = 0,072 \frac{\text{mSv} \cdot \text{m}^2}{\text{h} \cdot \text{GBq}}$  (nach DIN 54115-1:2006-01)

Abstand:  $a = 50 \text{ m}$

Seitenkegelblende für Se-75 bestehend aus Wolfram

Schwächungsgrad  $F_N = 200$

folgt für die Dosisleistung nach Gleichung

$$\begin{aligned} H_T &= \frac{\Gamma_H \cdot A}{a^2 \cdot F_N} = \frac{0,072 \cdot 560}{50^2 \cdot 200} \frac{\text{mSv} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{GBq}}{\text{h} \cdot \text{GBq} \cdot \text{m}^2} = 0,00008064 \text{ mSv/h oder} \\ &= 0,08064 \text{ } \mu\text{Sv/h} \quad \text{oder} \\ &= \mathbf{80,64 \text{ nSv/h}} \end{aligned}$$

Unter Berücksichtigung dass sich Personen aus der Bevölkerung tatsächlich 8 Stunden lang im geschwächten Nutzstrahl des Gammastrahlers aufgehalten hat, kann eine Personendosis von

$$H = H_T \cdot t = 80,64 \text{ nSv/h} \cdot 8 \text{ h} = \mathbf{645,12 \text{ nSv}} \quad \text{angerechnet werden.}$$

Abb. 22: Auszug aus der Genehmigung zur Nutzung des Strahler (Quelle: eigene Darstellung)

Das Strahlungsfeld wurde durch eine Aufsteckblende Se, Seitenkegel 60° bzw. 90° mit einer Abschirmwirkung von ca. 99,5 %,  $F_N = 200$  kegelförmig nach oben kollimiert, so dass an der Grenze des Schutzabstandes von ca. 50 m die Dosisbegrenzung von

1 mSv für Einzelpersonen der Bevölkerung selbst bei Daueraufenthalt eingehalten werden konnte.

Die folgenden Absperrmaßnahmen waren Bestandteil der Genehmigung und sind von der Feuerwehr Dortmund durchgeführt worden:

- Die Quelle ist durch ihre Lage außerhalb des eigentlichen Aktionsradius der Feuerwehrübung und fern der Besucher positioniert. Ferner sah das Absperrkonzept die Absperrung des Strahlers im Abstand von 50 m Radius vor. Vierzig Erdspieße über schwarz/gelbes Flatterband verbunden kennzeichneten diesen Bereich.
- Zusätzlich überwachten vier Personen den Bereich und hielten nicht autorisierte Personen von dem Betreten ab. Die Besucherbereiche wurden zusätzlich mit Erdspießen und Flatterband in rot/weiß gekennzeichnet.
- Aufgrund der Entfernung zur Quelle wurden für die Besucher Videoübertragung auf große Fernseher die Fortschritte in diesem Übungsteil einsehbar präsentiert. So wurde das Bedürfnis, näher am Geschehen dran zu sein, "neutralisiert".
- Bereits zwei Tage vor der Übung wurde der abzusperrende Bereich auf dem TKS Gelände ausgemessen und markiert.
- Die Absperrmaßnahmen wurden am Samstag (18.04.) früh von der Feuerwehr vor der Übung durchgeführt, so dass zu Übungsbeginn die Sperrflächen erkennbar und wirksam abgegrenzt sind.

Alle beteiligten Personen (Einsatzkräfte als auch Besucher) wurden bzgl. der an der Einsatzstelle möglichen Gefahren unterwiesen.

Die Übung orientierte sich an dem größer gefassten theoretischen Szenario, welches zu Beginn des Projektes als Ausgangspunkt definiert wurde. Die Abb. 23 zeigt noch einmal den Aufbau des Systems inkl. des anvisierten ANCHORS-Konzeptes.

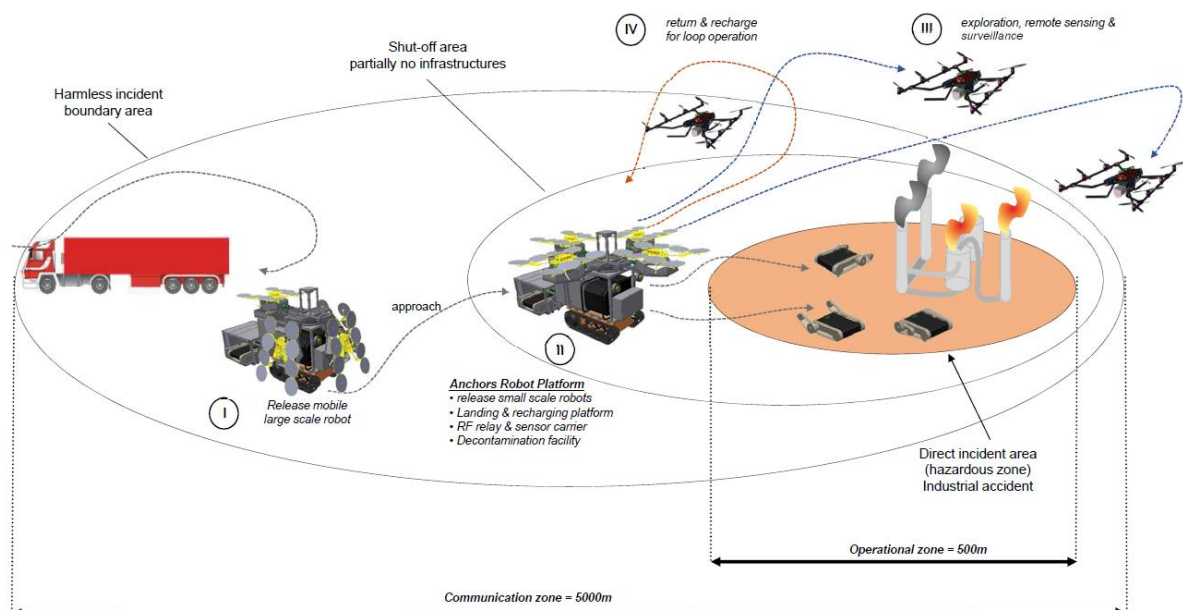


Abb. 23: Vernetzung Unbemannter Flug- und Bodensysteme im Fernerkundungseinsatz (Quelle: eigene Darstellung nach TU Dortmund)



Die Vorbereitung der gemeinsamen Übung war mit enormem personellen und zeitlichen Aufwand verbunden. Bereits mehrere Monate vor der Übung fand das „Kick-Off“ für diese Planung statt. In regelmäßigen Abständen trafen sich Vertreter des Projektes mit den zuständigen Einsatzkräften zu gemeinsamen Vorbereitungen und Planungen, um eine möglichst reibungslosen Verlauf der Übung zu garantieren. Es wurden jeweils zusätzliche Multiplikatoren zu den Meetings eingeladen, um alle übenen Themenfelder in die Thematik einzuführen und das ANCHORS-System vorzustellen. Die übenen Einsatzleiter wurden kurz vor der Übung lediglich über die technischen und taktischen Möglichkeiten des Systems unterrichtet, aber nicht über die geplante konkrete Übungslage, so dass sie zwar darüber informiert waren, welche Einsatzoptionen das System besitzt, aber selbst entscheiden mussten, inwiefern sie das System einsetzen.



Abb. 24: Lagebesprechung (links) und Einweisung der Einsatzkräfte (rechts) (Quelle: Uwe Grützner)

## Örtlichkeit

Die Übung wurde auf dem Gelände der Thyssen-Krupp-Steel Europe AG – Standort Dortmund Westfalenhütte durchgeführt.

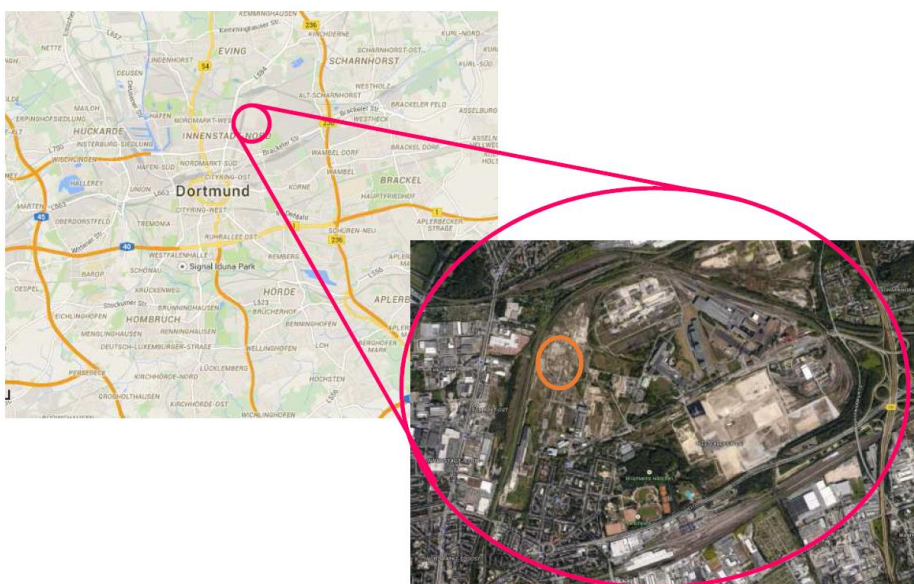


Abb. 25: Lokalisierung der Übung (Quelle: eigene Darstellung nach Googlemaps)



Hier stand eine große, brachliegende Fläche zur Verfügung. So war es problemlos möglich, die geforderten Sicherheitsabstände des Strahlers einzuhalten und vom Übungsszenario der Feuerwehr abzugrenzen. Zusätzlich ist das Gelände dauerhaft gegen unbefugten Zutritt durch den Werkschutz gesichert.

Der Übungsbestandteil, der im Rahmen des Forschungsprojektes durchgeführt wurde, wurde vollständig aus Projektmitteln finanziert. Für die angegliederte CBRN-Großübung sagte die Bezirksregierung Unterstützung zu.

Das Übungsszenario wurde modular gestaltet: An der mit Punkt (1) gekennzeichneten Kreuzung kommt es zu einem Verkehrsunfall zwischen einem Gefahrgut-LKW und einem Kleinbus. In der Folge kommt es zu einer Verpuffung bzw. Explosion, durch die auch die Fahrzeuge in Brand geraten. Es tritt ein unbekannter, ätzender Stoff aus dem LKW aus, und acht verletzte Personen werden mit dem Gefahrstoff kontaminiert (Breachreiz, Augenrötung, Verbrennungen, Polytrauma etc.) Die Gefahrstoffwolke zieht mit dem Wind Richtung Norden zum Punkt (2). An dieser Stelle werden mit einer Strahlenquelle zerstörungsfreie Werkstoffprüfungen durchgeführt. Die dort tätigen Personen müssen aufgrund der Gefahrstoffausbreitung den Arbeitsbereich fluchtartig verlassen. Dabei wird der Prüfstrahler (realer Strahler) bewegt und kann nicht mehr gesichert bzw. eingefahren werden, so dass unklar ist, welche Strahlendosisleistung in welche Richtung wirkt.



Abb. 26: Übungsraum auf der ThyssenKrupp Steel AG und Aufbau des Szenarios (Quelle: eigene Darstellung)

Das geplante Szenario wurde, nach den Maßstäben der Vorplanungen der Feuerwehr Dortmund in die Schadensklasse „Technische Hilfe im ABC Einsatz der Stufe drei“ (Alarmierungsstichwort: TH\_ABC3) kategorisiert. Um im Vorfeld eine Einschätzung des potentiellen Einsatzablaufes zu ermöglichen, wurde der zeitliche Verlauf anhand der Vorplanungen der Alarm- und Ausrückeordnung (AAO) der Feuerwehr Dortmund dargestellt (vgl. **Abb. 28**).



## ANCHORS



Abb. 27: Beginn des Aufbaus vor der Übung (Quelle: eigene Darstellung)

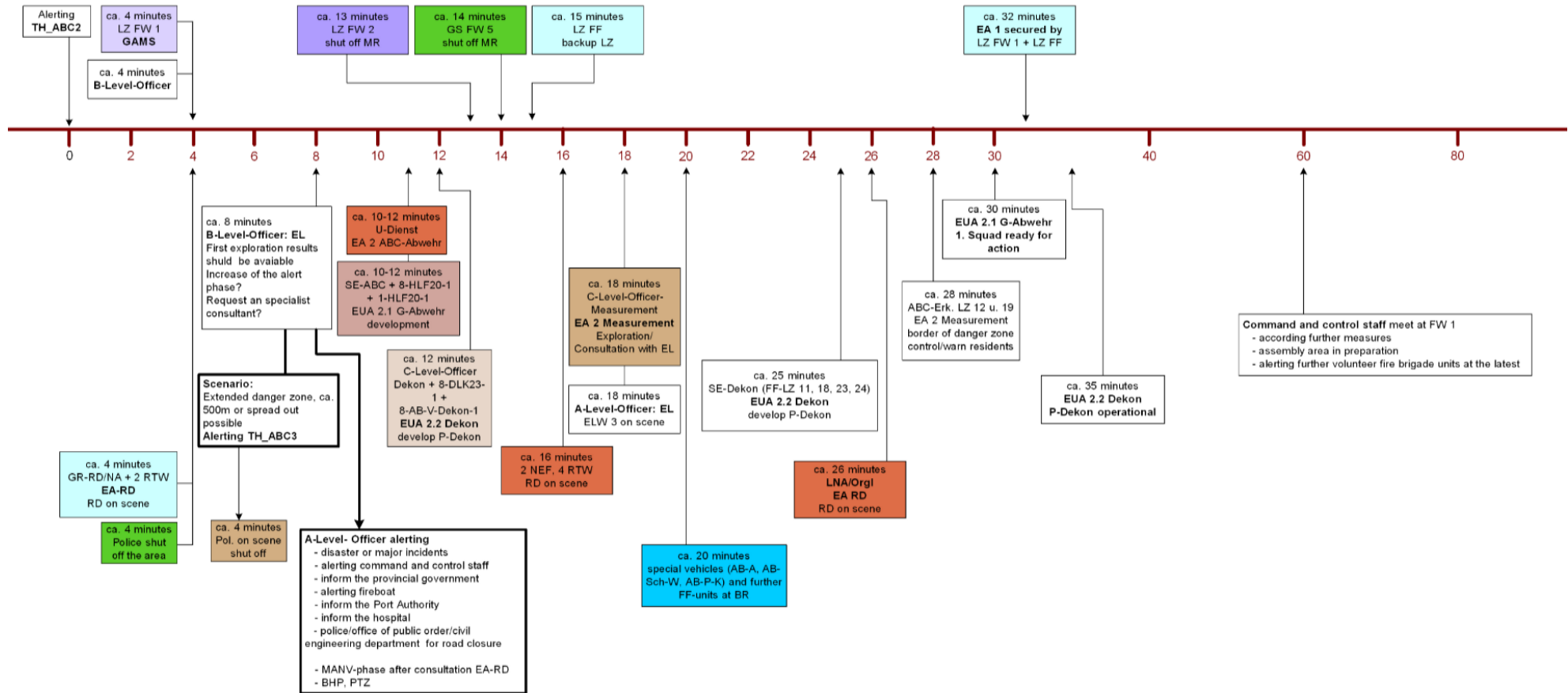


Abb. 28: Einsatzablauf – Entwurf nach AAO Dortmund TH\_ABC3 (Quelle: eigene Darstellung)

Das in der Übung verwendete Alarmierungsstichwort stellt in der Hierarchie eine Alarmierung mit sehr großem Personaleinsatz dar (86 Einsatzkräfte nach AAO Feuerwehr Dortmund). Um einen Eindruck der für dieses Alarmstichwort vorgesehenen Kräfte zu bekommen und für die Kalkulation des benötigten Platzbedarfes an der Einsatzstelle, sind diese in der unten stehenden Grafik aufgeführt (s. **Abb. 29**).

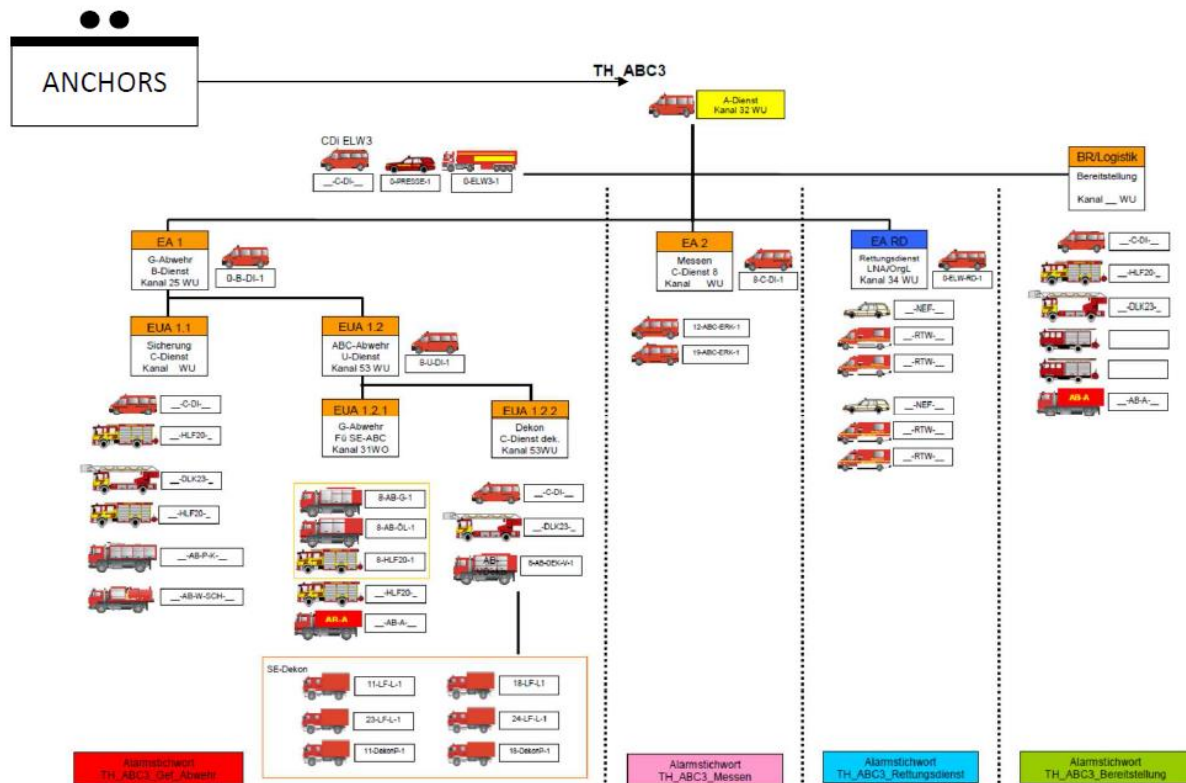


Abb. 29: Reaktionsplanung (Quelle: eigene Darstellung)

Damit eine Einordnung des Übungsgeländes in die Umgebung möglich ist und klar wird, warum sich gerade dieses Areal, bezogen auf die oben aufgeführten Fragestellungen, eignete, zeigt die folgende Grafik die umgebende Nutzung. Daraus lässt sich das mögliche Gefahrenpotential gut ableiten. Das Übungsareal liegt zwar im äußeren Nord-Osten der Stadt Dortmund, grenzt aber an wichtige Verkehrswege und große Wohngebiete (vgl. **Abb. 30**). Die fiktive Annahme einer möglichen Ausbreitung des Schadensereignisses lässt gut erahnen, welche Folgen es für die umliegenden Gebiete hätte und was dieser Umstand für die Einsatzbewältigung bedeuten würde. Bei einer Ausbreitung in südlicher Richtung würde sich die Zahl der betroffenen Bürger um ein Vielfaches erhöhen. Verkehrswege müssten gesperrt werden, was die Erreichbarkeit des Schadensgebietes deutlich erschweren würden.





Abb. 30: Nutzungsarten in dem Umgebung des TKS Geländes (Quelle: eigene Darstellung auf Grundlagen von Google-Maps)

Das Übungsszenario wurde so gewählt, dass der Schadenumfang skalierbar war, was zur flexiblen Gestaltung und Dimensionierung des ANCHORS-Systems passt.

Am Tor W4 des Werkes wurde ein Verfügungsraum mit Meldekopf durch den Fernmeldezug der Feuerwehr Dortmund eingerichtet und betrieben. Jeder Fahrzeugführer erhielt die Unterweisungsunterlage, mit der Anweisung seine Mannschaft entsprechend der Unterlage zu unterweisen. Unter anderem wurde auf den realen Strahler auf dem Gelände nebst der Kennzeichnung des Gefahrenbereiches hingewiesen. Anschließend wurde die Teilnahme an der Unterweisung schriftlich dokumentiert. Die Unterweisungsgrundlage befindet sich im Anhang des Schreibens.

Die Übung startete dann planmäßig um 09:15 Uhr mit den beiden Szenarien, wie sie zu Beginn bereits beschrieben wurden. Der zur Verfügung stehende Platz auf dem Übungsgelände wurde seitens der Übungsteilnehmer großzügig ausgenutzt. Dabei stellten sich die daraus folgenden langen Transportwege als problematisch heraus.

Die kontaminierten Verletzten wurden durch die ersteintreffenden Kräfte erst aus dem unmittelbaren Gefahrenbereich an eine spontane Patientenablage abgelegt. Mit dem Aufwachen der Einsatzstelle wurde ein zur Verfügung stehender Bus ebenfalls als Patientenablage genutzt. An dieser Stelle erfolgte die Sichtung und Kennzeichnung der Verletzten und danach der Transport über den Verletztendekontaminationsplatz zum Behandlungsplatz.

Diese Transportwege wurden bis zum Verletztendekontaminationsplatz durch Kräfte unter Schutzkleidung (zunächst Form 1, im weiteren Verlauf Gebläsefilteranzüge)





durchgeführt. Deutlich stellte sich heraus, dass das Tragen von Personen über weitere Strecken unter erweiterter Schutzkleidung sehr personalintensiv und mit großen Anstrengungen verbunden ist.

Die Planung von (spontanen) Patientenablagen, Not- und Verletztendekontaminationsplatz und im weiteren Verlauf auch Behandlungsplätzen sollte im Einsatzfall möglichst zeitnah und mit Bedacht erfolgen, gerade im Hinblick auf die Verwendung von möglichst kurzen Transportwegen und dem hohen Personalansatz für den Transport.

### **Einsatzabschnitt Dekontamination**

Nach aktueller Alarm- und Ausrückordnung ist der C-Dienst (Zugführer) der Feuerwache 9 – zuständig für die Abschnittsleitung Dekontamination.

Im Rahmen dieses Übungsszenarios war dieser Einsatzabschnitt besonders personalintensiv und eine enge Abstimmung mit den anderen Einsatzabschnitten war dringend erforderlich, um den Fluss der Patienten aus dem Gefahrenbereich über die Dekontaminationsplätze bis zum Behandlungsplatz zu koordinieren. An der Übung nahmen Mitglieder der DLRG als realistische Unfalldarsteller teil.

Zusätzlich zu den eingesetzten Dortmunder Kräften wurde aus dem Hochsauerlandkreis vorab eine P-Dekon 10 Einheit angefordert und auch eingesetzt. Die Einbindung der überörtlichen Kräfte in den Einsatzabschnitt Dekontamination klappte gut, wobei im Realfall der Einsatz aufgrund der Alarmierungs-, Rüst- und Anfahrtszeit nicht so rasch erfolgen hätte können.

### **Einbindung des ANCHORS-Systems**

Die Suchmethoden des Systems wurden im Rahmen der Übung in Dortmund getestet bzw. angewandt. Mit Hilfe der entwickelten Software konnten die Messergebnisse ad-hoc in einer leicht interpretierbaren Form angezeigt werden. Aufgrund ihrer Weiterleitung vom ANCHORS-Systemleitstand (MCC) in den Einsatzleitwagen der Feuerwehr flossen die Informationen sehr schnell in die Lagebeurteilung der Einsatzleitung ein. Darauf aufbauend konnten entsprechende einsatztaktische Maßnahmen festgelegt und durchgeführt werden (Festlegung von Gefahren- und Absperrbereich, Nachforderung von Spezialkräften wie ATF).

Über die Messdaten hinaus wurden im ANCHORS-Systemleitstand weitere einsatzrelevante Informationen abgebildet, die eine Lageerkundung ermöglichten (Luftbilder und Live Videostream). Ergänzend zu den Messergebnissen bzw. Flugrouten wurden Kamerabilder übertragen. Mit dem „Health-Management“ wurde die Einsatzfähigkeit der einzelnen UAVs überwacht, u. a. der Akkuladestatus, um rechtzeitig den autonomen Rückflug zur mobilen Trägerplattform einzuleiten, zu landen und nach Wiederaufladung für eine Fortführung derselben Aufgabe oder einer anderen zur Verfügung zu stehen. Die Darstellung der Flugrouten fand dreidimensional statt (vgl. **Abb. 31**). Zu seiner genauen Lokalisierung wurde der verwendete Strahler in unterschiedlichen Höhen angeflogen. In der Auswertung ergibt sich ein Strahlentrichter, dessen

Spitze auf den Quellort weist. Somit kann der Flugweg nachvollzogen werden. Dies ist insoweit interessant, da eine spätere Nachbearbeitung des Einsatzes – nicht nur in Bezug auf die Messergebnisse – möglich ist und Flugrouten rekapituliert werden (in Verbindung mit der geographischen Darstellbarkeit).

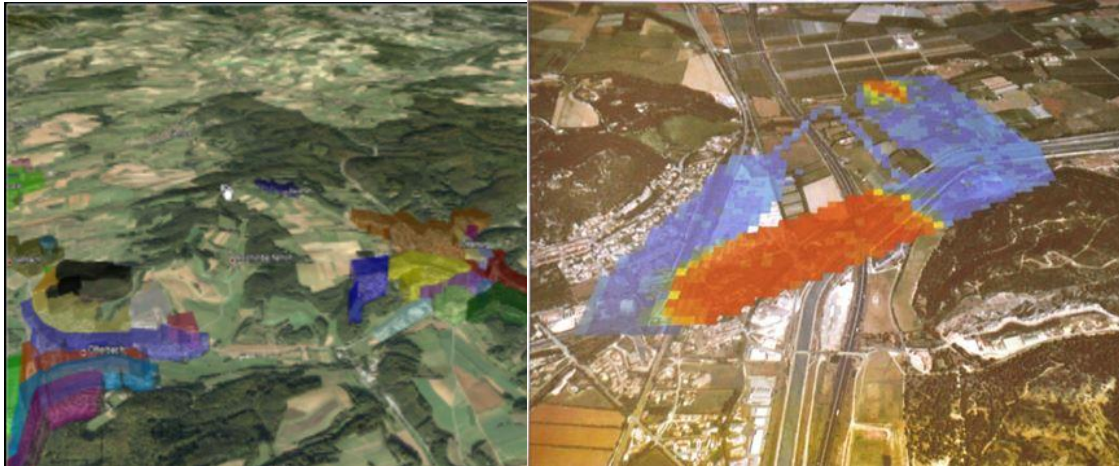


Abb. 31: 3D Flughöhendarstellung (links) und 3D Darstellung der Erkundungsgebiete einer UAV (rechts) (Quelle: TU Dortmund)

## Abschluss der Übung

Die Übungsteilnehmer wurden sukzessive nach Erledigung ihres Einsatzauftrages aus der Übung entlassen. Die Übung wurde um 15:30 Uhr nach vollständigem Rückbau beendet.

Aufgrund der dokumentierten Unterweisungen war eine personenscharfe Auflistung aller Beteiligten möglich. Als Teilnehmer nahmen – seitens der Feuerwehr – 152 Personen mit 40 Einsatzfahrzeugen an der Übung teil. Darüber hinaus waren 36 Personen als Beobachter, Schiedsrichter und Organisatoren vor Ort, so dass insgesamt 188 Teilnehmer die Übung begleitet haben.

## 8 Wichtige Positionen des Zahlenmäßigen Nachweises

vgl. hierzu die Anlage „Verwendungsnachweis für Zuwendungen auf Ausgaben-basis

## 9 Notwendigkeit und Angemessenheit der Arbeit

Die Realisierung erforderte vollkommen neuartige Verfahren, die in dieser Form bisher weder in Produkten noch in der Einsatzpraxis erprobt waren. Alternative Finanzierungsmöglichkeiten wurden seitens des Projektkonsortiums insbesondere im Hinblick auf eine Förderung durch EU-Programme geprüft. Das ANCHORS-Vorhaben war für diese jedoch entweder thematisch unpassend oder aber aufgrund der Zusammensetzung des Konsortiums mit nur auf zwei Länder gerichtetem Fokus ohne realistische Erfolgsaussichten. Das Institut für Feuerwehr- und Rettungstechnologie der



Feuerwehr Dortmund (IFR) hat einen entscheidenden Anteil an der Durchführung des ANCHORS Projektes. Die besondere Eignung ist durch die speziellen Forschungserfahrungen begründet (s.o.). Die Aufgaben der Feuerwehr Dortmund lagen in der Unterstützung der Anforderungsbeschreibung als auch der Szenariodefinition und der Validierung. Insbesondere während des Systemtests ist der Bedarf an feuerwehrtechnischem Fachwissen (Personal) sehr hoch, um möglichst viele und aussagekräftige Rückmeldungen zu erhalten. Die Forschungsarbeiten des IFR sind weder Teil des originären Dienstgeschäftes der Feuerwehr Dortmund noch der Stadt Dortmund insgesamt und können auch nicht im Nebenamt durchgeführt werden. Die Forschungsarbeiten stellen daher Sonderaufwendungen dar. Ohne eine entsprechende Zuwendung können daher die benötigten Erkenntnisse aus dem praktischen Einsatz nicht generiert und weiterverarbeitet werden. Neben den anfallenden Personalkosten sind auch zusätzliche Beschaffungen von Hardware und Software sowie ein System (UAV & UGV) zu finanzieren. Forschungsbedingte Mehraufwände können durch die Stadt Dortmund im Rahmen der hoheitlichen Tätigkeit nicht zur Verfügung gestellt werden.

## 10 Nutzen

Der Nutzen des Projektes liegt für die Feuerwehr Dortmund in der Erkenntnis, dass luftgebundene Erkundungsmethoden mit der Hilfe von UAVs gute Möglichkeiten bieten eine Einsatzlage schnell und effizient zu erfassen. Dadurch können dem Einsatzleiter zusätzliche Informationen zugänglich gemacht werden, die ihn in die Lage versetzen, fundierte Entscheidungen aufgrund umfangreicherer Erkenntnisse (Messdaten) zu treffen. Das führt im besten Falle zur schnelleren Hilfe für Betroffene und vermeidet Gefährdungen von eigenen Einsatzkräften. Speziell bei Unfällen mit radioaktiven Materialien können die Bild- und Sensordaten aus der Luft einen großen Mehrwert, in Sachen Zeitgewinn, für Einsatzkräfte und Bevölkerung bedeuten.

Wichtige Voraussetzungen für eine mögliche Umsetzung des ANCHORS Konzeptes wären die notwendige Anpassung der rechtlichen Rahmenbedingungen auf kommunaler, Landes- und Bundesebene, um die Einbindung in überörtliche Konzepte zu ermöglichen. Die rechtlichen Restriktionen zur Nutzung von UAVs in der nichtpolizeilichen Gefahrenabwehr sind im Moment noch zu „streng“, um einen sinnvollen Einsatz solcher Systeme zuzulassen. In erster Linie bedarf es dabei Änderungen in den folgenden vier Punkten:

1. Luftrechtliche Bevorrechtigung der BOS  
§ 30 des Luftverkehrsgesetzes bevorrechtigt derzeit die Polizeien sowie die Bundeswehr, so dass sie zur Erfüllung ihrer Aufgaben von einigen Vorschriften der Luftverkehrsordnung abweichen dürfen. Eine entsprechende Ausdehnung dieser Bevorrechtigung auch auf die nichtpolizeilichen BOS – mindestens aber auf die unteren Katastrophenschutzbehörden – ist erforderlich.
2. Flüge außerhalb der Sichtlinie  
§ 15 Abs. 3 der Luftverkehrsordnung schließt derzeit viele sinnvolle Einsatz-



möglichkeiten aus, denn dort wird gefordert, dass ein UAV immer in Sichtweite des Steuerers sein muss. Damit wird selbst die Erkundung hinter einer Rauchwolke oder einem komplexen Gebäude praktisch zu einem Einsatz außerhalb der Legalität. Technische Mittel sorgen allerdings heute dafür, dass diese Flüge sicher sind. Auch das Überwachen größerer Gebiete ist technisch sicher möglich, ohne dass der Steuerer eine direkte Sichtverbindung zur UAV hat.

Ein Abweichen von dieser Regelung sollte also zugelassen werden, wenn eine Gefährdung für die öffentliche Sicherheit und Ordnung nicht zu erwarten ist und ein mindestens gleiches Maß an Sicherheit durch eine technische Überwachung gewährleistet ist.

### 3. Autonomie

§ 2 der Luftverkehrsordnung fordert derzeit, dass pro UAV ein verantwortlicher Steuerer vorhanden sein muss. Dies führt dazu, dass beim Einsatz mehrerer UAV am selben Ort mehrere Steuerer aktiv sein müssen. Eine technische Überwachung oder sogar eine Schwarmsteuerung ist allerdings in der Lage, eine weitaus höhere Kollisionssicherheit zu gewährleisten als mehrere unabhängig manuell agierende Steuerer es wären. Das Luftrecht sollte zukünftig erlauben, dass ein Steuerer zeitgleich verantwortlich für mehrere UAV sein kann, wenn eine technische Überwachung einen sicheren Betrieb ermöglicht. Der autonome Einsatz eines Schwarms wäre somit verlässlich möglich.

### 4. Gesamtmasse der UAV

Um im Rahmen einer allgemeinen Aufstiegserlaubnis fliegen zu können, ist die Gesamtmasse der UAV derzeit auf maximal 5 kg beschränkt. Dieser Wert ist nicht substantiell begründet und ist willkürlich festgelegt. Ein Blick ins europäische Ausland zeigt dies auch durch die Existenz unterschiedlicher nationaler Gewichtsgrenzen auf. Für den Einsatz durch BOS sollte die Gewichtsgrenze daher angehoben werden, denn es ist i. d. R. sichergestellt, dass Einsatzstellen der BOS entsprechend abgesichert sind. Eine höhere Gesamtmasse kann einerseits die Flugzeit verlängern, da stärkere Akkupakete mitgeführt werden können. Andererseits bietet eine höhere Nutzlast auch die Möglichkeit, eine leistungsfähigere Sensorik zu tragen. Die Effizienz des Systemeinsatzes erhöht sich damit.

Der Umfang der Transporte von radioaktiven Stoffen in der BRD stellt einen Anhaltspunkt für die umfangreiche zivile und sinnvoll ausgestaltete Nutzung der Radioaktivität dar: *„Die Anwendung von radioaktiven Stoffen in vielen Bereichen des gesellschaftlichen Lebens, zum Beispiel Medizin (Diagnostik, Therapie), Technik (Durchstrahlungsprüfungen), Forschung oder Energiegewinnung (Ver- und Entsorgung von Kernkraftwerken) erfordert oftmals, diese radioaktiven Stoffe zu transportieren. Den zahlenmäßig größten Anteil an den Transporten haben radioaktive Stoffe für Mess-,*



*Forschungs- und medizinische Zwecke. Jährlich werden in Deutschland insgesamt mehr als eine halbe Million Versandstücke mit radioaktiven Stoffen transportiert.“<sup>9</sup>*

Ein umfänglicher Anteil der Transporte betrifft Versandstücke mit geringer Menge und ausgesprochen kurzen Verfallzeiten, die im medizinischen Bereich zum Einsatz kommen.<sup>10</sup>

Der Umfang des vom Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) geführten Registers hochradioaktiver Quellen ist ein weiterer Indikator für den Umfang der zivilen Nutzung und dem damit potentiell verbundenen Risiko. Von den ca. 15.000 im Register gelisteten Quellen entfallen ca. 90 % auf Kobalt 60, Cäsium 137, Iridium 192 und Selen 75. Sie werden insbesondere von Materialprüfern an unterschiedlichen Standorten eingesetzt und sind im Vergleich zu den im medizinischen Bereich eingesetzten Materialien wesentlich kritischer. Die erteilten Genehmigungen zum Umgang mit diesen Quellen erlauben häufig die Verwendung an wechselnden Standorten. Die Anzahl der Verwendungsorte der hochradioaktiven Quellen ist daher weit größer als 15.000. (vgl. ebd.)

Über die Genehmigungsverfahren und –bedingungen werden zahlreiche präventive Vorkehrungen durch konkrete Vorschriften getroffen, z.B. die Transportbehälter betreffend, um das Schadenpotential im Ereignisfall auf das geringst mögliche Maß zu reduzieren. Dennoch können Ereignisse nicht ausgeschlossen werden, die eine Lagerkundung zum Schutz der Einsatzkräfte und der Betroffenen erfordern. (vgl. ebd) Das in der Großübung am 18.04.2015 dargestellte Szenario gehört zu den denkbaren Ereignissen, dessen Bewältigung von den geschulten Anwendern nicht mehr allein beherrscht werden kann und ergänzende Ressourcen erfordert.

Die Vorhaltung eines oder mehrerer modular aufgebauter und an mehreren Standorten verteilter „ANCHORS-Systeme“ stellt insoweit einen Schritt im Rahmen der Daseinsvorsorge dar, um Ereignisse mit radioaktiven Materialien kontrollierbar zu gestalten.

## **11 Bekanntgewordener Fortschritt an anderer Stelle**

Nicht zutreffend.

## **12 Veröffentlichungen**

Das Projekt Anchors und die erzielten Ergebnisse wurden im Rahmen der folgenden Möglichkeiten vorgestellt:

---

<sup>9</sup> Website Bundesamt für Strahlenschutz; Online verfügbar unter:  
<http://www.bfs.de/DE/themen/ne/transporte/einfuehrung/einfuehrung.html>, am 15.03.2016

<sup>10</sup> Mündliche Quelle: Dr. Jens-Tarek Eiseh Telefonat v.21.03.2016





## Messen und Konferenzen

- vfdb-Jahresfachtagung Weimar 2013
- Symposium Nuklearspezifische Gefahrenabwehr (NGA) 2014
- VDI-Innovationsforum BMBF Berlin 2014
- vfdb-Jahresfachtagung Dortmund 2014
- Mirion-Kongress 2015
- Interschutz 2015 in Hannover
- International Aerospace Exhibition and Conferences (ILA Berlin) 2015
- Europäischer Polizeikongress 2016
- Symposium zur Deutsch-Niederländischen Zusammenarbeit 2016
- VDI-Innovationsforum BMBF Berlin 2016

## Print- und sonst. Medien

- Masterthesis Adrian Hartwig 2013/14 (Feuerwehr Dortmund)
- Dortmunder Tagespresse (Ruhrnachrichten, etc.) zur Abschlussübung 2015
- Beitrag für 3SatNano zum Thema Drohnen bei der Feuerwehr 2015
- Interview mit Dr. Hauke Speth Thema "Chancen zum Einsatz von UAV im zivilen Bereich" 2015
- Artikel "Invasion der flinken Flieger" Zeitschrift GEO, Ausgabe 05 / Mai 2014, Seite 73 ff
- Radiobericht DLF für Radio.912 Thema Drohen 2014
- vfdb-Merkblatt (in der Erarbeitung)

## 13 Literaturverzeichnis

Hartwig, A. (2013): Untersuchung zur Realisierung eines autonomen Dekontaminationsystems für Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) auf einem mobilen Trägersystem (MTS) unter Berücksichtigung einsatzrelevanter Faktoren; Masterthesis