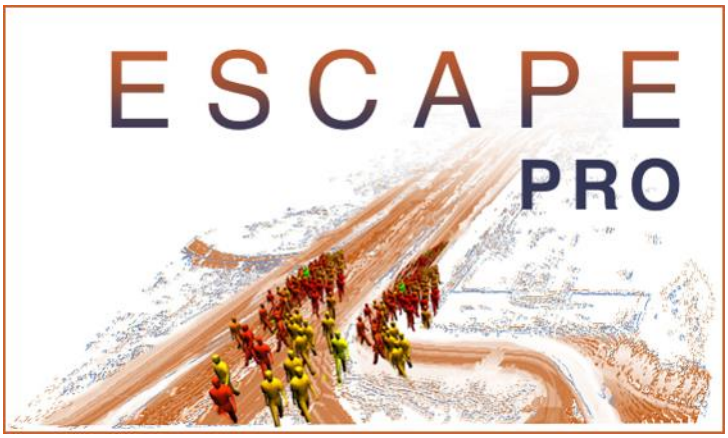


Besucherstromsimulationen bei parallelen Großveranstaltungen;
performant und anwenderorientiert

GEFÖRDERT VOM
Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Schlussbericht
Teil I: Kurzbericht

zum Teilvorhaben
„Szenarienbasierte Softwaretestung mit Anwenderfeedback;
Anwendung der Software im Einsatzplanungsprozess der UEFA EURO 2024 –
Polizeipräsidium Köln“

Förderkennzeichen: 13N16645

Laufzeit des Vorhabens: 01.06.2023 – 31.12.2024

Ausführende Stelle: Polizeidirektor Andreas Sandvoß
Polizeipräsidium Köln
Walter-Pauli-Ring 2-6, 51103 Köln
Telefon 0221/2293110
Email andreas.sandvoss@polizei.koeln.de

1. Ausgangslage

Zahlreiche, zum Teil parallel stattfindende Großveranstaltungen mit einer Vielzahl an Besucherinnen und Besuchern stellen die Veranstaltenden, die Genehmigungsbehörden und die Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (BOS) regelmäßig vor große Herausforderungen. Dabei stellt sich die Frage, wie solche Großveranstaltungen möglichst sicher bewältigt werden können und wie nicht zuletzt aufgrund einer anhaltend abstrakt hohen Gefährdung in Bezug auf terroristisch motivierte Gewalttaten die Einsatzplanung verbessert werden kann.

Im Rahmen der Einsatzplanungen waren bislang keine Personenstromsimulationen etabliert. Simulationen am Markt bieten überwiegend mikroskopische Modelle, die zwar detaillierte Ergebnisse liefern können, aber insbesondere bei großen Flächen oder parallelen Veranstaltungen an ihre Grenzen stoßen. Zudem enden Simulationen, welche durch den Veranstaltenden in Auftrag gegeben wurden, in der Regel an den Grenzen der Veranstaltungsörtlichkeit, relevante und ggf. kritische Bereiche außerhalb werden nicht dargestellt.

Im Forschungsprojekt ESCAPE (FKZ 13N16645) ist es erstmalig gelungen, makroskopische und mikroskopische Betrachtungsweisen innerhalb eines Softwaremodells zu kombinieren. Dadurch können auch großflächige Veranstaltungsbereiche mit einer hohen Personenanzahl analysiert werden. Das Modell ist in der Lage, die Entfluchtung großflächiger Bereiche effizient, unter reduziertem Rechenaufwand zu simulieren. Zudem werden kritische Bereiche automatisch erkannt und bedarfsgerecht visualisiert. Die hinzugewonnenen Informationen wie Räumungszeiten für Veranstaltungsbereiche, Räumungsverläufe, Laufwege und Wechselwirkungen bei Personenströmen stellen für die polizeiliche Lagebewertung neue sicherheitsrelevante Informationen dar.

2. Ablauf

Die Anwenderinnen und Anwender des Polizeipräsidiums (PP) Köln wurden im September 2023 in der Software „crowd:it“ geschult. Mit dem erlangten Wissen konnten sie erste eigene Testsimulationen für verschiedenen Einsatzlagen im Zuständigkeitsbereich des PP Köln erstellen. Hierunter fiel der Straßenkarneval in Köln und die Kölner Weihnachtsmärkte. Die polizeilichen Verbundpartner tauschten sich laufend über ihr Vorgehen bei der Erstellung der Simulationen sowie auftretenden Problemen aus. In einem Anwendertreffen im Januar 2024 konnten sie daher im Rahmen eines Workshops bereits detaillierte Verbesserungspotenziale zur Software ausarbeiten, welche in einem Anforderungskatalog festgehalten und für ihre Umsetzung priorisiert wurden. Die Software wurde so dauerhaft weiterentwickelt, um eine Optimierung im Hinblick auf die Bedarfe der Polizei anzustreben.

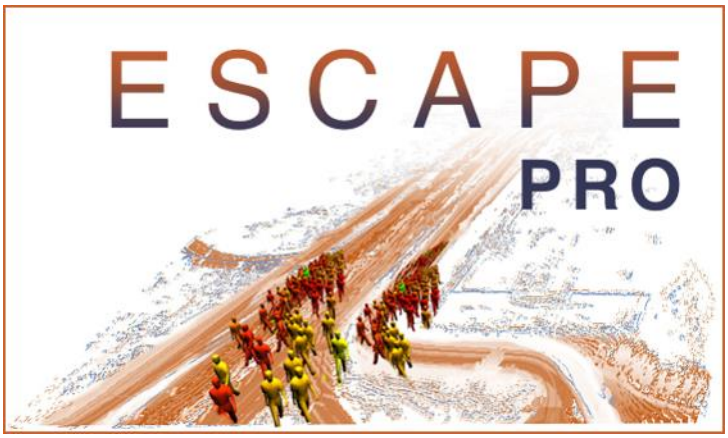
Durch die bundesweite Nutzung der Polizeien aus allen zehn Austragungsstädten der UEFA EURO 2024 erfuhr die Software einen repräsentativen „Stresstest“. Die Anwenderinnen und Anwender des PP Köln entwickelten für den Innenstadtbereich mit seinen Fanzones und für das Stadion verschiedene Einsatzszenarien und simulierten diese in der Software. Sie werteten die verschiedenen Szenarien aus und teilten die daraus resultierenden Ergebnisse wie bspw. Räumungszeit, Engstellen und freie Wege dem Planungsstab in der Vorbereitung der

Einsatzplanung mit. Zudem wurde den Polizeiführern die Ergebnisse und mögliche Szenarien vorgestellt und erläutert.

3. Wesentliche Ergebnisse

Im Rahmen des Projektes gelang es dem PP Köln, die Software bei verschiedenen realen Einsatzlagen zu testen. Die Anwenderinnen und Anwender konnten selbstständig Szenarien definieren und diese mit der Software simulieren. Dadurch konnten tiefergehende sicherheitsrelevante Informationen generiert werden, die vor allem in der Einsatzplanung der UEFA EURO 2024 Berücksichtigung fanden.

Durch das erlangte Wissen im Umgang mit der Software konnten die Anwenderinnen und Anwender Feedback zur Software in Hinblick auf Performanz und Anwenderfreundlichkeit geben, sodass die Software kontinuierlich weiterentwickelt wurde. Damit ist es gelungen, Personenstromsimulationen an den Bedarfen der Sicherheitsbehörden auszurichten, um damit eine Implementierung in die polizeiliche Einsatzplanung für Personal ohne besonderen technischen Hintergrund zu ermöglichen.



Besucherstromsimulationen bei parallelen Großveranstaltungen;
performant und anwenderorientiert

GEFÖRDERT VOM
Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Schlussbericht
Teil II: Eingehende Darstellung

zum Teilvorhaben
„Szenarienbasierte Softwaretestung mit Anwenderfeedback;
Anwendung der Software im Einsatzplanungsprozess der UEFA EURO 2024 –
Polizeipräsidium Köln“

Förderkennzeichen: 13N16645

Laufzeit des Vorhabens: 01.06.2023 – 31.12.2024

Ausführende Stelle: Polizeidirektor Andreas Sandvoß
Polizeipräsidium Köln
Walter-Pauli-Ring 2-6, 51103 Köln
Telefon 0221/2293110
Email andreas.sandvoss@polizei.koeln.de

Inhalt

1. Überblick der im Teilvorhaben durchgeführten Arbeiten 3
2. Detaillierte Beschreibung der durchgeführten Arbeiten 3
   2.1. AP 1: Anforderungsanalyse und Projektdefinition 3
   2.2. AP 2: Datenakquisition und Validierung 4
   2.3. AP 3: Schulung 4
   2.4. AP 4: Durchführung eigener Simulationen durch die Verbundpartner 4
   2.5. AP 5: Weiterentwicklung der Software 4
   2.6. AP 6: „Stresstest“ UEFA EURO 2024 5
   2.7. AP 7: Begleitende Evaluation der Simulationen der UEFA EURO 2024 5
   2.8. AP 8: Disseminierung 6
3. Voraussichtlicher Nutzen/Verwertbarkeit des Ergebnisses im Sinne des Verwertungsplans 6
   3.1. Wissenschaftlicher und/oder technischer Nutzen 7
   3.2. Wissenschaftliche und wirtschaftliche Anschlussfähigkeit 7
4. Veröffentlichungen der Ergebnisse 7
   4.1. Konferenzbeiträge ..... **Fehler! Textmarke nicht definiert.**
   4.2. Rundfunk-Beiträge ..... **Fehler! Textmarke nicht definiert.**
   4.3. Zeitungsartikel ..... **Fehler! Textmarke nicht definiert.**
   4.4. Veröffentlichungen ..... **Fehler! Textmarke nicht definiert.**
5. Sonstiges 8
   5.1. Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises 8
   5.2. Während der Durchführung des Vorhabens bekannt gewordene Fortschritte auf dem Gebiet bei anderen Stellen 8

1. Überblick der im Teilvorhaben durchgeführten Arbeiten

Der Projektzeitraum erstreckte sich vom 01.06.2023 bis zum 31.12.2024. Alle Ziele im Teilvorhaben konnten erreicht werden und sind der Tabelle zu entnehmen. Eine eingehende Darstellung der Ergebnisse erfolgt in den nachfolgenden Abschnitten.

Tabelle 1: Übersicht über Arbeitspakete

Arbeitspakete		
1	Anforderungsanalyse und Projektdefinition	Projektmonat 01-11
2	Datenakquisition und Validierung	Projektmonat 01-10
3	Schulung	Projektmonat 01-10
4	Durchführung eigener Simulationen durch die Verbundpartner	Projektmonat 03-08
5	Weiterentwicklung der Software	Projektmonat 01-19
6	Stresstest UEFA EURO 2024	Projektmonat 05-14
7	Begleitende Evaluation der Stresstest-Simulationen der UEFA EURO 2024	Projektmonat 07-19
8	Disseminierung	Projektmonat 14-19

2. Detaillierte Beschreibung der durchgeführten Arbeiten

2.1. AP 1: Anforderungsanalyse und Projektdefinition

Das AP 1 umfasste die Pakete Datenbeschaffung (AP 1.1), Beschaffung der IT-Infrastruktur (AP 1.2) und die Entwicklung eines Zeitplans für die UEFA EURO 2024 (AP 1.3).
Die zur Anwenderschulung und zum Stresstest UEFA EURO 2024 erforderlichen Daten wurden definiert und beschafft. Die Geländekarten wurden durch die Stadt Köln als assoziierter Partner ohne Kosten zur Verfügung gestellt. Die Aufarbeitung der vorhandenen Kartenmaterialien wurde im Rahmen eines Dienstleistungsauftrags ausgeschrieben und nach Bewertung an den Bieter mit dem wirtschaftlich günstigsten Angebot vergeben. Durch Ausschreibung und Vergabe waren die Ausgaben deutlich geringer als im Teilvorhaben kalkuliert.
Die Kartenbeschaffung und -aufarbeitung für die in den AP 4 und 6 beschriebenen Pakete verlief identisch. Insgesamt wurden drei Szenarien im PP Köln definiert und anschließend beschafft und aufarbeitet.
Zur Durchführung von Schulungen wurde ein Hochleistungsrechner beschafft. Die Anforderungen (Arbeitsspeicher und -leistung) wurden vorab definiert. Anhand einer Marktschau wurde ein entsprechender Rechner beschafft. Die tatsächlichen Kosten entsprachen in etwa der Kalkulation. In Abweichung zur Vorhabenbeschreibung arbeitete das PP Köln mit einer Vollversion der Software crowd:it. Hierdurch entstanden jedoch keine Zusatzkosten.
Ein Zeitplan für die Durchführung der Schulung und Simulationen wurde bereits bei der Kick-off-Veranstaltung im Juni 2023 erstellt und anschließend nur noch minimal angepasst. Für das PP Köln wurden vier Anwender in der Bedienung der Software geschult, sodass eigenständig Szenarien entwickelt und angepasst werden konnten.

2.2. AP 2: Datenakquisition und Validierung

Das AP 2 umfasste das Paket Datenbeschaffung und intelligente Videoauswertung (AP 2.1). Das Fraunhofer IOSB hat im Zuständigkeitsbereich des PP Köln keine Messkampagne durchgeführt.

2.3. AP 3: Schulung

Das AP 3 umfasste das Paket Schulung.
Nach Entwicklung eines Schulungskonzeptes durch das PP Stuttgart mit der DHPol sowie der Fa. accu:rate GmbH wurden die vier Anwendenden im PP Köln im September 2023 in der Simulationssoftware beschult. Die Anwendenden kamen aus den Fachbereichen Führungsstelle der Direktion Gefahrenabwehr/Einsatz und Ständiger Stab der Direktion Besonderen Aufgaben. Die Schulung fand in der Fachhochschule für öffentliche Verwaltung in Köln statt und konnte ohne Anreise- und Mietkosten genutzt werden.
Nach Abschluss der Schulungen und der ersten eigenständigen Erstellung von Simulationen im Rahmen der entwickelten Testszenarien war ein selbstständiges Arbeiten in der Software möglich. Genauere und kompliziertere Aufarbeitungen waren jedoch nur mit Unterstützungsleistungen durch die Fa. accu:rate GmbH möglich. Zur Optimierung der Ergebnisse waren der enge Austausch mit der Fa. accu:rate und den weiteren Verbundpartnern und assoziierten Parten im Rahmen von regelmäßigen Videokonferenzen erforderlich.

2.4. AP 4: Durchführung eigener Simulationen durch die Verbundpartner

Das AP 4 umfasste die Pakete Erste Simulation anhand von polizeilichen Einsatzlagen (AP 4.1) und Arbeitstreffen zum Anwenderfeedback (AP 4.3).
Um die Software im Realbetrieb zu testen, wurden geeignete Veranstaltungen im Zuständigkeitsbereich des PP Köln ausgewählt (Sessioneröffnung Karneval, Weihnachtsmärkte und Veranstaltungen zur UEFA EURO 2024), beschafft, aufgearbeitet und simuliert.
Im Oktober 2023 fand in Berlin ein erstes Arbeitstreffen der Verbundpartner mit allen Anwendenden statt. Hier wurde sich zum bisherigen Vorgehen bei der Erstellung der Simulationen, aber auch zu aufgetretenen Problemen ausgetauscht. Zudem wurde ein Muster für die Dokumentation im Rahmen der Simulationserstellung erarbeitet.
Im Januar 2024 fand ein Nutzerfeedbacktreffen in der DHPol in Münster statt, bei dem die Software weiter optimiert wurde.

2.5. AP 5: Weiterentwicklung der Software

Das AP 5 umfasste das Paket Verbesserung der Nutzerschnittstelle nach den Bedarfen der Polizei (AP 5.2).
Die bereits vorhandene Software wurde in seiner Leistungsfähigkeit verbessert und an die polizeilichen Belange angepasst. Hierbei stand das PP Köln im regelmäßigen Austausch mit der Fa. accu:rate. Eigenständiges Arbeiten mit der Software war durch regelmäßiges Nutzen und Anpassungen in der Software hierbei einfacher als noch unmittelbar nach der Schulung.

2.6. AP 6: „Stresstest“ UEFA EURO 2024

Das AP 6 umfasste das Paket Simulation der Szenarien durch die Verbundpartner (AP 6.2). Die erforderlichen Daten des Cologne Stadiums wurden beschafft und aufgearbeitet. Unter Einbeziehung des Polizeiführers und Planungsstableiters wurden Szenarien im Stadion entwickelt und festgelegt. Diese wurden eigenständig unter Mitwirken durch die Fa. accu:rate simuliert. Zudem wurden in die Entwicklung der Szenarien die Stadt Köln sowie die Feuerwehr Köln als assoziierte Partner mit eingebunden. Die Szenarien und die daraus resultierenden Ergebnisse wurden im o.a. Personenkreis vorgestellt und erläutert, sodass sich die Entscheidungsträger auf mögliche Räumungen, Sperrungen und Engstellen vorbereiten konnten.

2.7. AP 7: Begleitende Evaluation der Simulationen der UEFA EURO 2024

Das AP 7 umfasste das Paket Nutzerworkshop – Mehrwert der Software (AP 7.5).
Im September 2024 fand in Münster der Nutzerworkshop zum Mehrwert der Software statt.
Im Rahmen des Treffens wurden die Ergebnisse der Evaluation vorgestellt, diskutiert und in Workshops noch weiter konkretisiert.

Als Ergebnis aus den verschiedenen simulierten Szenarien sind gemeinsam folgende Punkte identifiziert worden, die einen Mehrwert in der polizeilichen Einsatzplanung darstellen:

1. In den Simulationen können **Sperrungen und Räumungssituationen szenarienbasiert** analysiert werden. Durch die Sperrung verschiedener Ausgänge verändert sich der Räumungsverlauf, was sich auch auf die Räumungszeit und auf mögliche Engstellen auswirkt. Dies zu testen ist virtuell möglich. Auch können polizeiliche Maßnahmen konkreter vorgedacht und Räume sowie Zeitansätze zur Kräfteverlagerung identifiziert werden. Dies ermöglicht eine schnellere Intervention im Krisenfall.
2. Bei der Analyse der Räumungssituationen kann auch das **Umfeld** der Veranstaltungsfläche berücksichtigt werden. Dessen Betrachtung wird von Sicherheits- und Räumungskonzepten in der Regel ausgeklammert.
3. Bei der Betrachtung eines Räumungsszenarios können unterschiedliche Varianten einem **Vergleich** unterzogen werden, um die schnellstmögliche Variante identifizieren zu können.
4. Räumungskonzepte können **mit und ohne Berücksichtigung des Öffentlichen Personennahverkehrs** analysiert werden. Blockabfertigungen an ÖPNV-Haltestellen können beispielsweise auf die Geschwindigkeit des Personenabflusses Einfluss nehmen.
5. Bei der Simulation eines Fanwalks können wertvolle Erkenntnisse zum **zeitlichen und räumlichen Verlauf** gewonnen werden.
6. Personenstromsimulationen liefern wissenschaftlich fundierte Erkenntnisse. Die Ergebnisse dienen daher der **Untermauerung von Argumenten** gegenüber Gesprächspartnerinnen und -partnern im Genehmigungsprozess. Die Möglichkeit, die Räumungsverläufe und einzelne Auswertungen grafisch darzustellen, verdeutlicht die Argumente.
7. Die Befassung mit Crowd Management vor dem Hintergrund von Personenstromsimulationen erweitert nicht nur die **polizeiliche Betrachtung von Veranstaltungen**, sondern auch die **polizeitaktische Planung**. Die Anwenderinnen und Anwender heben

insbesondere hervor, dass sie ein tiefergehendes Verständnis für den Einsatzraum, für Räumungsszenarien und Personenströme erfahren haben.

8. Neben der Simulation von Fanwalks sind weitere **prozessorientierte Anwendungsfelder** im Bereich Versammlungslagen und der Simulation von Einlassszenarien identifiziert worden. Dies erhöht die Anzahl möglicher zu simulierender Veranstaltungen.

Zur Erstellung eines Katalogs zur Leistungsfähigkeit, zu Systemvoraussetzungen, zum Personalbedarf und zu Anwendungsmöglichkeiten wurden im Laufe des Projekts Rahmenbedingungen für eine optimale Nutzung der Software herausgearbeitet. Dazu dienten vor allem die Ergebnisse der Evaluation der Testszenarien und des Stresstests und der darauffolgende intensive Austausch aller Projektpartnerinnen und -partner im Rahmen des Nutzerworkshops im September 2024.
Im sogenannten „Anwenderkatalog“ wurden die Rahmenbedingungen festgehalten. Der Aufbau dieses Anwenderkatalogs erfolgte anhand dreier möglicher Implementierungsmodelle, welche im Rahmen des AP 8 erarbeitet wurden.

2.8. AP 8: Disseminierung

Das AP 8 umfasste das Paket Disseminierung – Überführung in den Betrieb (AP 8).
Im Austausch mit den Anwenderinnen und Anwendern der polizeilichen Verbund- und assoziierten Partner wurden drei Modelle entwickelt, wie basierend auf den Erfahrungen im Projekt eine Implementierung bei den Polizeien erfolgen könnte. Diese wurden in der Ausgestaltung des Anwenderkatalogs (AP 7.4) berücksichtigt.

3. Voraussichtlicher Nutzen/Verwertbarkeit des Ergebnisses im Sinne des Verwertungsplans

Die Simulationssoftware „crowd:it“ der accu:rate GmbH besitzt durch die erfolgreichen Weiterentwicklungen im Projekt den entsprechenden Reifegrad, durch nicht-technisches Personal in der Polizei angewandt zu werden. Nach entsprechender Schulung können die Anwenderinnen und Anwender weitgehend selbstständig Ergebnisse mit gehaltvollem vollzugspolizeilichem Mehrwert erarbeiten:

1. Betrachtung des Umfelds, über Grenzen des Veranstaltungsgeländes hinaus
2. Sperrungen und Räumungen szenarienbasiert analysieren
3. Vergleich unterschiedlicher Räumungsszenarien
4. Räumungskonzepte im Kontext mit dem ÖPNV analysieren
5. Erkenntnisse einer Fanwalksimulation zum zeitlichen und räumlichen Verlauf

Diese Erkenntnisse dienen auch der Untermauerung von Argumenten im Genehmigungsprozess und erweitern die polizeiliche Betrachtung von Veranstaltungen sowie die polizeitaktische Planung. Durch die Weiterentwicklung der Software ist diese auf den notwendigen Reifegrad gehoben worden, damit auch Sicherheitsbehörden damit arbeiten können. Diese können im Einsatzplanungsprozess zusätzliche Informationen liefern.

3.1. Wissenschaftlicher und/oder technischer Nutzen

Mit der Weiterentwicklung der Simulationssoftware „crowd:it“ der Firma accu:rate GmbH ist es gelungen, Personenstromsimulationen an den Bedarfen der Sicherheitsbehörden auszurichten, um damit eine Implementierung in die polizeiliche Einsatzplanung für Personal ohne besonderen technischen Hintergrund zu ermöglichen. Die Software hat sich in Sachen Praxistauglichkeit und Leistungsfähigkeit bewährt.

3.2. Wissenschaftliche und wirtschaftliche Anschlussfähigkeit

Das PP Köln verfolgt keine eigene wirtschaftliche Verwertung der Projektergebnisse.
Sofern eine Implementierung in verschiedene Polizeidienststellen erfolgt, verweist das PP Köln auf die Simulationssoftware „crowd:it“ der accu:rate GmbH. Ein Teil der in ESCAPE PRO erzielten Erkenntnisse und technischen Entwicklungen sind in die Weiterentwicklung dieser Software eingeflossen, die Fa. accu:rate GmbH wird mit diesem Produktstand entsprechend weiterarbeiten. Zu den Errungenschaften aus dem Projekt zählen insbesondere Features, die auf die Verbesserung der Nutzerschnittstelle und eine Performanceverbesserung abzielen, z. B.:

- Wände und Simulationsobjekte zeichnen, bearbeiten und kopieren
- Die Funktionalität des Simulationsszenarios über eine vereinfache Abschätzung berechnen
- Die Geometrie auf Klick vereinfachen, so dass die Berechnungszeit verkürzt wird
- Die verbesserte Verwendung makroskopischer Zonen für eine Verkürzung der Berechnungszeit

Im Rahmen der Projekttreffen wurde vonseiten der Anwenderinnen und Anwender regelmäßig die Idee einer Echtzeitsimulation aufgeworfen. Auf dem Nutzerworkshop im September 2024 wurde diese Idee gar als notwendiger nächster Schritt zur Anwendung von Personenstromsimulationen bei der Polizei identifiziert. Dazu müssten Livedaten bei einer Veranstaltung oder Versammlungslage erhoben werden, die an eine KI-Anwendung übertragen werden. Innerhalb kürzester Zeit sollte dabei das Ergebnis einer Räumung darstellbar sein.
Dieses Ziel bietet Potenzial für weitere Forschungsansätze.

4. Veröffentlichungen der Ergebnisse

Das Polizeipräsidium Stuttgart koordinierte während der gesamten Projektlaufzeit als Verbundpartner die Kommunikation der Projektziele und Zwischenergebnisse. Dies erfolgte im Wesentlichen in Form von Konferenzbeiträgen, Rundfunkbeiträgen, Zeitungsartikeln und über die eigene Projektwebseite. Das PP Köln als Verbundpartner wurde ebenfalls auf der Seite veröffentlicht. Die Beiträge, Artikel und Veröffentlichungen können entsprechend dem Schlussbericht des PP Stuttgart entnommen werden.

5. Sonstiges

5.1. Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Die Hauptkostenfaktoren lagen in den Reisekosten sowie in der Vergabe der Kartenaufbereitung. Dies war zwingend nötig, da das Kartenmaterial die Grundlage für die Simulationserstellung darstellt, die Aufbereitung beim PP Köln aber nicht selbstständig durchgeführt werden konnte. Die Ausgaben können der Anlagen entnommen werden.

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

Innerhalb des Projekts sind keine neuen Arbeiten auf dem Gebiet bei anderen Stellen bekannt geworden.