



<http://enviroinfo.eu/ak-uis>

www.ak-uis.de

Umweltinformationssysteme 2018 Umweltdaten - in allen Dimensionen und zu jeder Zeit?

25. Workshop des Arbeitskreises „Umweltinformationssysteme“ der Fachgruppe „Informatik im Umweltschutz“ der Gesellschaft für Informatik (GI)

veranstaltet am Bayerischen Staatsministerium der
Finanzen, für Landesentwicklung und Heimat in Nürnberg
am 07./ 08. Juni 2018

Mit Unterstützung von



Bayerisches Landesamt für
Umwelt



Die Herausgeber übernehmen keine Gewähr für die Richtigkeit, die Genauigkeit und Vollständigkeit der Angaben sowie für die Beachtung privater Rechte Dritter. Die in den Beiträgen geäußerten Ansichten und Meinungen müssen nicht mit denen der Herausgeber übereinstimmen.

Herausgegeben von:

[Ulrike Freitag](#) *

[Frank Fuchs-Kittowski](#) **

[Friedhelm Hosenfeld](#) ***

[Andreas Abecker](#) ****

[Anja Reineke](#) *****

* [Condat AG](#), FG Semantik, Bereich Medien, 10559 Berlin, Germany

** [HTW Berlin](#), SG Umweltinformatik , 12459 Berlin, Germany

*** [DigSyLand - Institut für Digitale Systemanalyse und Landschaftsdiagnose](#), 24975 Husby, Germany

**** [Disy Informationssysteme GmbH](#), Research & Innovation Management , 76131 Karlsruhe , Germany

***** [Bayerisches Landesamt für Umwelt](#), Referat 15 „Geodateninfrastruktur“, 95030 Hof, Germany

Berlin, 4. September 2018

ISSN: 1613-0073

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	5
Beitrag A: Helmut Heller, Sonja Teschemacher	7
Internet of Things: Moderne Technik für die Umweltdatenerfassung	7
Internet of Things: Modern Technology for Environmental Data Collection	7
Beitrag B: Thomas Bartoschek, Jan Wirwahn, Mario Pesch	32
senseBox und openSenseMap: Umweltmonitoring für Jedermann	32
senseBox and openSenseMap: Environmental Monitoring for Everyone	32
Beitrag C: Stephanos Camarinopoulos, Theodora Karali, Ulrich Hussels	39
Eco-Bot Vorstellung – Chat-Bot für die Beratung von Nutzern zu individuellen Energieeffizienzmodellen.....	39
Eco-Bot Presentation – Chat-Bot for Advising Users on Individual Energy Efficiency Models.....	39
Beitrag D: Martin Wilden, Antonia van Eek, Matthias Bluhm.....	48
Sag „Hallo“ zu deiner Karte.....	48
Say “Hello“ to Your Map.....	48
Beitrag E: Jörn Kohlus, Karina Krampf.....	55
Ein Namensdienst für die Küste.....	55
A Name Service for the Coast.....	55
Beitrag F: Friedhelm Hosenfeld, Andreas Rinker, Klaus Schnack.....	68
Wasser- und Pegelportale.....	68
Water Level Portals.....	68
Beitrag G: Christian Jolk, Björn Zindler, Harro Stolpe, Roman Wössner, Andreas Abecker	83
Planning and Decision Support Tools for Integrated Water Resource Management on River Basin Level in South Africa on the Example of the Middle Olifants Sub-Basin.....	83
Beitrag H: Simon Burkard, Frank Fuchs-Kittowski, Ruben Müller, Bernd Pfützner .	110
Hochwassermanagement-Plattform für kleinere Städte und Kommunen mit Bürgerbeteiligung.....	110
Crowd Sourcing and Mobile Sensing for Flood Management in Small Catchment Areas	110
Beitrag I: Jonas Gottwalt, David Riepl, Andreas Abecker, Friederike Brauer, Thilo Fischer, Sebastian Sturm.....	128
Prototyp einer web-basierten Software-Anwendung zur Unterstützung des Water Safety Plan (WSP) Konzepts.....	128
Prototype of a Web-Based Software Application Supporting the Water Safety Plan (WSP) Concept.....	128

Beitrag J: Stefan Wiemann	139
Web-basierte Analyse und Prozessierung hydro-meteorologischer Daten im Kontext von Extremereignissen	139
Web-Based Analysis and Processing of Hydro-meteorological Data in the Context of Extreme Events	139
Beitrag K: Klaus Brand, Roland Körber	149
Einbindung von GNSS-Informationen zur Qualitätssicherung und Nachvollziehbarkeit .	149
Integration of GNSS Information for Quality Assurance and Traceability	149
Beitrag L: Armin Nefzger	159
3D-Visualisierung von Windenergieanlagen in der Landschaft – Webanwendung „3D-Analyse“	159
3D Visualization of Wind Turbines in the Landscape – the Web Application "3D-Analyse"	159
Beitrag M: Anna Aumann, Iurii Motroniuk, Ilham Mammadov, Julian Scharnagl, Klaus Schilling	178
Prototypen-Mission für die Erstellung von 3D Wolkenhöhenkarten - Kleinstsatelliten für Erdbeobachtung.....	178
Prototype Mission for the Creation of 3D Cloud Elevation Maps - Miniature Satellites for Earth Observation.....	178
Beitrag N: Stefanie Lehmann, Hans-Knud Arndt	187
Mobile Anwendung zur gestaffelten Evakuierung bei Großveranstaltungen	187
Mobile Application for Staggered Evacuation at Major Events	187
Beitrag O: Michael Klafft, Agnieszka Dudzińska-Jarmolińska, Ivana Harari, Ricardo Gacitua Bustos, Solhanlle Bonilla Duarte, Teresa Morrobel	197
A Citizen Science Approach Using Information Systems to Provide Qualitative Information on Historic Natural Disasters to Risk Communicators and the General Public.....	197
Beitrag P: Ulrich Meissen, Stefan Pfennigschmidt, Markus Hardt, Daniel Faust, Frank Fuchs-Kittowski	209
Eine Mikroservice-basierte Referenzarchitektur für interoperable, flexible und robuste Warnsysteme	209
A Microservice Based Reference Architecture for Interoperable, Flexible and Robust Warning Systems.....	209
Beitrag Q: Christine Müller	225
Eine Architektur für die Entwicklung von Umweltinformationssystemen auf Basis von mit Android-Apps aufgenommen Daten	225
An Architecture for the Development of Environmental Information Systems Based on Data Collected by Android Apps	225
Beitrag R: Frank Lemke, Rolf Walter	238
Artendatenaustausch - Standardisierung auf Grundlage von O & M.....	238
Species Data Exchange - Standardization Based On O & M.....	238

Vorwort

Am 7. und 8. Juni 2018 fand am Bayerischen Staatsministerium der Finanzen, für Landesentwicklung und Heimat in Nürnberg der 25. Workshop des Arbeitskreises Umweltinformationssysteme der Gesellschaft für Informatik „UIS 2018“ statt.

Das wichtigste Ziel der jährlich stattfindenden Tagung des Arbeitskreises ist traditionsgemäß der offene Erfahrungsaustausch zwischen Vertretern aus Verwaltung, Wirtschaft und Wissenschaft auf dem Gebiet der Umweltinformatik.

Die Organisation des diesjährigen Workshops lag in den Händen von Ulrike Freitag (Sprecherin des Arbeitskreises, Condat AG), Dr. Andreas Abecker (Disy Informationssysteme GmbH), Friedhelm Hosenfeld (DigSyLand), Prof. Dr. Frank Fuchs-Kittowski (HTW Berlin) sowie Anja Reineke (LfU Bayern).

Die ausgezeichnete Betreuung der Teilnehmer vor Ort durch Anja Reineke und Franz Daffner (StMUV) sowie das Rahmenprogramm mit der Führung „Historischer Kunstbunker im Burgberg“ vom Förderverein Nürnberger Felsengänge e.V. und dem gemeinsamen Abend in der Albrecht-Dürer-Stube sorgten für eine produktive und kommunikationsfördernde Atmosphäre.

Die vielfältigen Facetten des übergreifenden Themas des Workshops „Umweltdaten - in allen Dimensionen und zu jeder Zeit?“ wurden in vielen der 20 Vorträge deutlich. An den beiden Tagen bearbeiteten die 45 Teilnehmer des Workshops ein dichtes und fachlich anspruchsvolles Programm. Es wurde zu den Anwendungsfeldern Wasser, Forst, Energiewende und Fernerkundung. Ansätze zum Notfall- und Krisenmanagement, zum Management von Hochwasser- und anderen Extremereignissen sowie zu GAZETTER-basierten Geonamensdiensten diskutiert. Die aktuellen Themen von Datenerfassung mit den modernen Technologien des Internet of Things (IoT), aber auch die Sprachsteuerung von Karten waren dabei besondere Highlights. Interessant war der Ansatz- mit den Mitteln des IoT- Umweltmonitoring für jedermann betreibbar zu machen. Dies unterstützt die Zielrichtung, Umweltbildung direkt schon in den Schulen und nicht erst in den Hochschulen erlebbar zu machen

Weitere Fachvorträge widmeten sich den Themen 3D-Visualisierung für die Planung von Windenergieanlagen, Qualitätssicherung mobil erfasster Geodaten sowie Planung eines Kleinsatelliteneinsatzes zur Erdbeobachtung. Neben Webanwendungen spielten

dabei auch mobile Anwendungen (Apps) sowohl in einigen Vorträgen wie auch in der lebendigen Diskussion eine große Rolle.

Ein Vortragsblock thematisierte technisch orientiertere Kernthemen wie Anforderungen an Software-Architekturen.

Nicht von allen Vorträgen des Workshops liegen ausgearbeitete Textfassungen vor. Die Foliensätze aller freigegebenen Vorträge der beiden Workshops stehen jedoch zum Download auf der Homepage des Arbeitskreises <http://www.ak-uis.de/> zur Verfügung.

Dort finden sich unter anderem auch Links auf die Tagungsbände der Workshops vorangegangener Jahre. Diese sind ebenfalls in dem internationalen Literaturinformationssystem ict-ensure (<https://www.iai.kit.edu/ictensure/>) „Informationssystem für Nachhaltige Umweltinformatik“ referenziert und recherchierbar.

Die Veröffentlichung dieses Berichtes im Internet erfolgt über die CEUR Workshop Proceedings unter <http://ceur-ws.org/Vol-2197>.

Friedhelm Hosenfeld, Ulrike Freitag

Sprecher des Arbeitskreises „Umweltinformationssysteme“

Beitrag A: Helmut Heller, Sonja Teschemacher

Internet of Things: Moderne Technik für die Umweltdatenerfassung

Internet of Things: Modern Technology for Environmental Data Collection

Helmut Heller¹, Sonja Teschemacher²

¹*Leibniz-Rechenzentrum (LRZ) der Bayerischen Akademie der Wissenschaften,*
heller@lrz.de

²*Lehrstuhl für Hydrologie und Flussgebietsmanagement, Technische Universität München,*
sonja.teschemacher@tum.de

Abstract

Ideally, methods for collecting environmental data should be inexpensive and easy. Technologies developed for the Internet of Things (IoT) could potentially help achieve that goal: Employing the IoT architecture, IoT devices (such as single board microcontrollers, sensors, and radio systems), and IoT software, all originally developed for the commercial market or the maker scene, seems to be a perfect fit for the environmental sciences. In this paper we investigate whether IoT technology lives up to its promise by implementing the technologies in a practical case of hydrological research for direct flow measurements and report about the pros and cons we experienced.

Zusammenfassung

An die Umweltdatenerfassung werden je nach Anwendungsfall unterschiedliche Anforderungen gestellt, wobei in den meisten Fällen eine kostengünstige, einfach zu bedienende und zuverlässige Datenerfassung, -übertragung und -speicherung wünschenswert ist. Über Technologien des Internet of Things, die ursprünglich für kommerzielle Anwendungen und die Maker Szene entwickelt wurden, können mithilfe von Einplatinencomputern und einer Vielzahl an möglichen Erweiterungen verschiedenste Parameter gemessen und zu einem Cloud-Dienst übertragen werden. Mithilfe weiterer Anwendungen können die Daten in naher Echtzeit benutzerfreundlich dargestellt sowie

Warnungen bei Auftreten besonderer Ereignisse an den Nutzer gesendet werden. Die Methodik wird anhand eines hydrologischen Beispiels zur Direktabflussmessung vorgestellt und konnte durch die Kosteneffizienz und die Erleichterung von Monitoring und Wartung des Messnetzes einen maßgeblichen Beitrag zur Datenerfassung liefern.

1 Motivation

Umweltdaten beinhalten grundsätzlich alle Daten, mit denen die Umwelt beschrieben werden kann. Ihre Erfassung ist sowohl im wissenschaftlichen Bereich als auch für Entscheidungsträger interessant. Die verschiedenen Parameter unterscheiden sich dabei in ihrer zeitlichen und räumlichen Variabilität sowie der erforderlichen Genauigkeit und Relevanz für Entscheidungen. Diese Unterschiede resultieren in verschiedenartigen Anforderungen an die Technik zur Erfassung der Daten.

Üblicherweise werden Umweltdaten mit meteorologischen Parametern wie z.B. Temperatur, Globalstrahlung, rel. Luftfeuchte, Windgeschwindigkeit, Windrichtung und Niederschlag oder mit Messwerten zur Luftqualität assoziiert. Diese Messdaten sind aufgrund der zeitlichen Variabilität der zugrundeliegenden physikalischen Prozesse selbst zeitabhängig, können jedoch räumlich überwiegend gut interpoliert werden. Ausnahme ist dabei der Niederschlag, der sowohl zeitlich als auch räumlich sehr unterschiedlich auftreten kann. Im Gegensatz dazu verändern sich Daten, die die Geologie, den Bodenaufbau oder die Bodentextur beschreiben nur über längere Zeiträume, können jedoch große räumliche Variabilitäten aufweisen. Die zeitlichen Veränderungen sind auf Beeinflussungen durch Bodenbearbeitung oder die Phänologie der Vegetation während der Vegetationsperiode zurückzuführen.

Umweltdaten im Bereich der Hydrologie beinhalten typischerweise Wasserstände, Abflüsse oder Grundwasserstände. Je nach Anwendung bzw. Fragestellung können aber auch Schneehöhen, Bodenfeuchten oder Saugspannungen wichtige Informationen bieten. Die Daten weisen im Allgemeinen eine große räumliche und zeitliche Variabilität auf, da sie von den Landnutzungs- und Bodeneigenschaften sowie von den meteorologischen Verhältnissen beeinflusst werden. Der wichtigste Einflussfaktor ist dabei die Niederschlagsmenge, -intensität und -verteilung.

Daten mit einer großen räumlichen Variabilität erfordern ein möglichst dichtes Messnetz, da eine Interpolation der Daten zu großen Unsicherheiten führt. Bei kleinen

Variabilitäten ist dagegen eine geringe Anzahl an Messstationen ausreichend. Bei einer großen zeitlichen Variabilität ist dagegen unbedingt eine kontinuierliche Erfassung der Daten erforderlich, wohingegen bei langsamen Veränderungen auch eine manuelle Datenerfassung möglich ist. Insbesondere bei zeitlich variablen Daten, die kurzfristige Entscheidungen beeinflussen können, ist zudem eine automatische Datenübertragung notwendig. Aufgrund der teilweise hohen Kosten für die Datenerfassung und –übertragung ist die Erstellung eines Messnetzes üblicherweise ein Kompromiss zwischen der Messtechnik, der Dichte der Messstationen und der erforderlichen Datenmenge und –belastbarkeit. Ein Beispiel aus dem Bereich der Hydrologie wäre die Messung von Abflüssen, die aufgrund der maßgeblichen Beeinflussung durch Niederschlagsereignisse zeitlich und räumlich sehr variabel auftreten können und damit oft eine schnelle Reaktion von Entscheidungsträgern oder auch Wissenschaftlern erfordern.

In den letzten Jahren entstand unter dem Schlagwort “Internet of Things” (IoT) eine neue Technik, die “Things”, also “Dinge”, über das Internet miteinander und mit zentralen Komponenten vernetzt. Diese Dinge können Aktoren sein, z.B. Lampen wie die Philips Hue Lampen [Philips 2018], oder Sensoren wie etwa Temperatursensoren, z.B. von Nest [Nest 2018]. Gerade im Bereich “Smart Home” gibt es mittlerweile viele vernetzte Lösungen, etwa von QIVICON [Qivicon 2018]. All diesen Ansätzen sind zwei Faktoren gemein: die Architektur und der Massenmarkt, der durch Massenfertigung zu stark fallenden Preisen führt.

Neben diesem kommerziellen Ansatz entwickelte sich in den letzten 5 bis 10 Jahren jedoch auch eine sehr aktive und breite Gruppe von Bastlern und Hobbyisten, die sogenannte “Maker Szene”. Diese community folgt dem open source Gedanken und teilt bereitwillig Ideen und Lösungen, was zu gegenseitiger Befruchtung und Inspiration führt und die Gemeinschaft als Ganzes unglaublich agil werden lässt. Entscheidend für das enorme Wachstum der Bewegung waren sicher zum einen das Erscheinen kleiner, einfach zu verwendender, billiger (2€ bis 35€) und sehr leistungsfähiger Einplatinencomputer für den embedded Bereich, wie 2005 Arduino und 2012 Raspberry Pi, zum anderen die Verfügbarkeit von preiswerten 3D-Druckern [Prusa 2018] für Privatpersonen. Neben den Chip-Produzenten bildete sich ein ganzes Ökosystem von Firmen, die Zusatzhardware (sog. breakout boards, shields oder hats)

anbieten, welche mit einfachsten Mitteln (teilweise sogar ohne Löten) eine enorme Erweiterung des Funktionsumfangs erlaubt.

Es ist nun naheliegend, diese aktuellen Entwicklungen aufzugreifen und aus dem Konsum- und Hobbybereich in den Bereich der Wissenschaft zu übertragen. Ihre Vorteile – preiswert durch Massenfertigung, einfach in der Anwendung, flexibel im Aufbau, vernetzt, offen, agil, vielfältig – ermöglichen erweiterte Messmethoden und dadurch die Gewinnung von neuen wissenschaftlichen Erkenntnissen.

2 Untersuchungsgebiet

Anhand eines hydrologischen Beispiels soll demonstriert werden, welche IoT-Technologien und Maker Hardware sich auf welche Weise für die Datenerfassung an abgelegenen Orten eignet.

2.1 Hintergrund und Zielstellung

Das Messgebiet wurde im Rahmen eines Projekts zur prozessbasierten Modellierung natürlicher und dezentraler Hochwasserrückhaltmaßnahmen zur Analyse der ereignis- und gebietsabhängigen Wirksamkeit aufgebaut [Teschemacher et al. 2015]. Eine der Maßnahmen ist die Änderung der Landnutzung und Bewirtschaftung, deren zu erwartende Wirksamkeit jedoch in bisherigen Studien eine große Heterogenität aufweist [DWA 2015]. Gründe hierfür sind einerseits gebiets- und ereignisabhängige Unterschiede, andererseits die unterschiedliche Abbildung der Prozesse von Abflussbildung und Konzentration in den verwendeten hydrologischen Modellen.

Ziel des Messkonzepts ist die Untersuchung der landnutzungsabhängigen Unterschiede von Bodenaufbau und bodenhydraulischen Parametern sowie deren Einfluss auf die Prozesse der Abflussbildung und -konzentration. Dazu sollen die Abflusskomponenten sowie die vorherrschenden Rahmenbedingungen landnutzungs- und ereignisabhängig erhoben werden. Neben der Verbesserung des Prozessverständnisses sollen aus den Messergebnissen Erkenntnisse zum Einfluss von Landnutzungs- und Bewirtschaftungsänderungen auf den Hochwasserabfluss und damit auf die Wirksamkeit dezentraler Hochwasserschutzmaßnahmen gewonnen werden. Zudem werden die Daten für die Parametrisierung, die Kalibrierung und die Validierung des hydrologischen Modells WaSiM verwendet [Schulla 2017], um dessen Eignung für die Szenarienrechnung zu analysieren.

2.2 Gebietscharakteristik

Das Untersuchungsgebiet liegt im Einzugsgebiet der Glonn (Pegel Odelzhausen), das sich am südlichen Rand des Tertiärhügellandes zwischen Augsburg und München befindet (Abbildung 1). Das betrachtete Teilgebiet, das drei Messflächen mit unterschiedlicher Landnutzung beinhaltet, hat eine Größe von ca. 1 km². Geologisch befindet es sich am südlichen Rand der oberen Süßwassermolasse [BGL 1996]. Die Bodenverteilung ist vergleichsweise homogen und besteht überwiegend aus Braunerde mit lehmiger Deckschicht [LfU 2015].

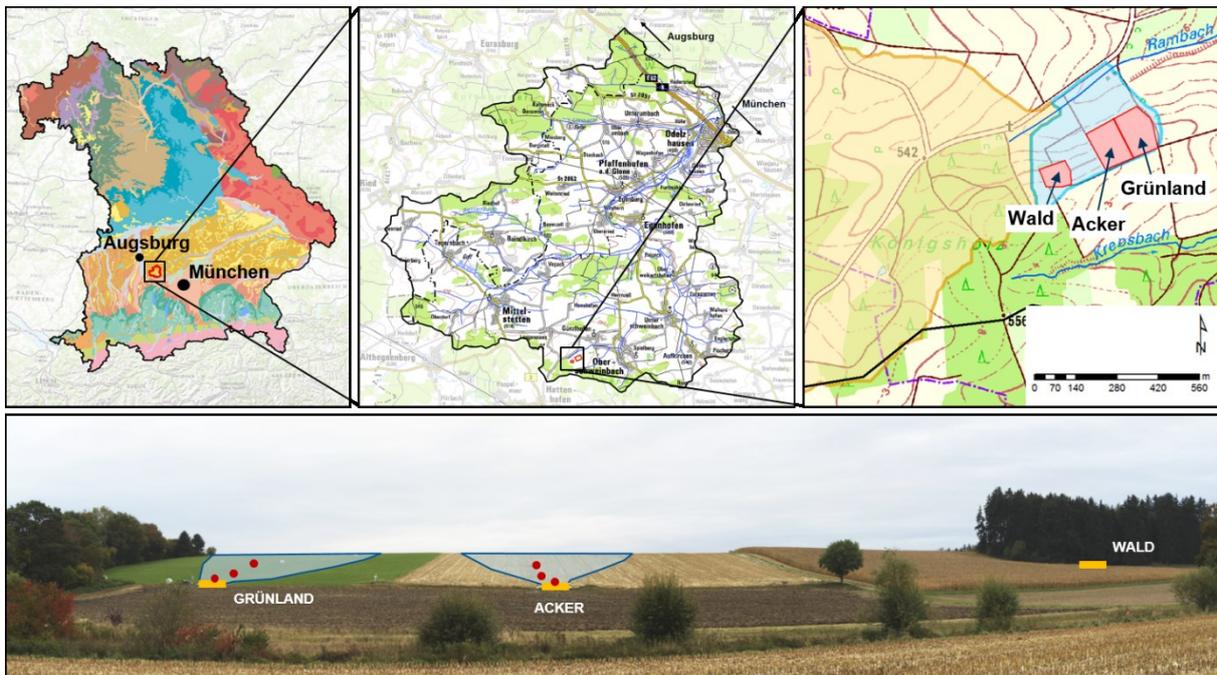


Abbildung 1: Lage und Ansicht des Untersuchungsgebiets; oben: Lage des Untersuchungsgebiets in Bayern und Anordnung der Messflächen im Untersuchungsgebiet; unten: Ansicht des Messhangs mit Grabenstandorten, Bodenparameter-Messstandorte und Akkumulationsflächen.

Der in nord-östlicher Richtung ausgerichtete Messhang beinhaltet eine Acker-, eine Grünland- und eine Waldfläche, die land- bzw. forstwirtschaftlich genutzt werden. Die Hangneigung liegt im Mittel bei 6,5° (Acker), 6,7° (Grünland) und 10,6° (Wald). Die Grünlandfläche wird als Mähwiese genutzt und entsprechend ca. zweimal pro Vegetationsperiode gemäht. Die Ackerfläche wird konventionell durch Pflugeinsatz bewirtschaftet. Die ausgewachsenen Bäume der Waldfläche bestehen hauptsächlich aus Fichten, im Jungwald überwiegen Laubbäume.

2.3 Messkonzept

Das Messkonzept beinhaltet verschiedene Parameter, die räumlich und zeitlich aufgelöst erfasst werden und zueinander in Beziehung gesetzt werden können (Abbildung 2). Die Speicherung der Daten erfolgt über getrennte Datenlogger.

2.3.1 Messaufbau

Der meteorologische Input des Systems wird über zwei *Davis Vantage 2 Pro* [Davis, 2018] Kompaktwetterstationen aufgezeichnet, von denen sich eine auf der Freifläche am Acker und eine im Wald befindet. Die gemessenen Parameter beinhalten die Lufttemperatur, die relative Luftfeuchte, die Globalstrahlung und den Niederschlag. Aufgrund der kleinen Gebietsgröße und den dementsprechend zum Teil schnellen Abflussreaktionen, werden die Daten minütlich aufgezeichnet.

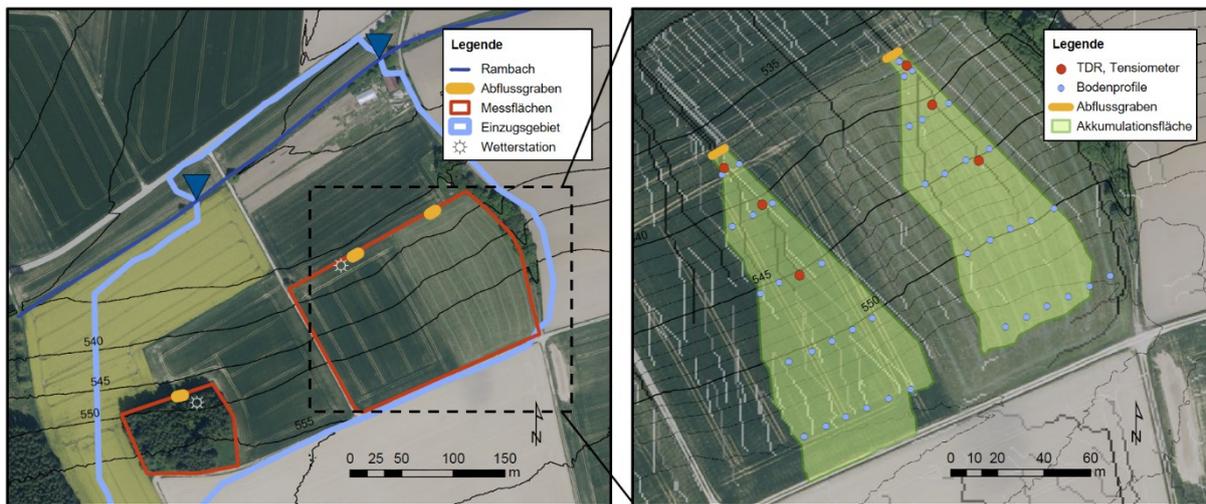


Abbildung 2: Komponenten des Messkonzepts und Positionierung im Messhang.

Der laterale Wasserfluss wird am Hangfuß der Felder unterteilt in Oberflächenabfluss und Zwischenabfluss durch den Aushub von Messgräben und der Installation von Wehren, Ultraschallsensoren und Kippzählern erfasst (Abbildung 3). In jedem Graben wird der Zwischenabfluss mit sechs Kippzählern in zwei Ebenen und drei Segmenten getrennt gemessen, um die horizontale und vertikale Heterogenität bestimmen zu können. Während Abflussereignissen sammelt sich das Wasser in den Gräben und muss herausgepumpt werden. Am angrenzenden Bach wird zudem der Gesamtabfluss des Messhangs über Wehre bilanziert.

Um die Rahmenbedingungen der Abflussereignisse beschreiben zu können, werden an verschiedenen Standorten oberhalb der Gräben Tiefenprofile von Bodenfeuchte

und Saugspannung gemessen. Diese dienen als Information für den Wassergehalt im Boden und den vertikalen Wasserfluss. Zudem wird die Bodenfeuchte der Bereiche am Grabenrand erfasst, um eine direkte Korrelation zu den jeweiligen Abflüssen herstellen zu können.

2.3.2 Messnetz und Datenlogger

Die drei Messflächen liegen zwar am gleichen Messhang, sind allerdings räumlich so weit voneinander entfernt, dass eine gemeinsame Datenerfassung nicht möglich war. Zudem ermöglicht die getrennte Aufzeichnung eine bessere Validierung der Daten und eine verringerte Wahrscheinlichkeit größerer Datenverluste. An allen drei Standorten wird der Niederschlag erfasst, der als Vergleichsgröße der erfassten Daten betrachtet werden kann. Bei einer Übereinstimmung dieser Messungen kann daher von grundsätzlich funktionierenden Datenloggern ausgegangen werden.

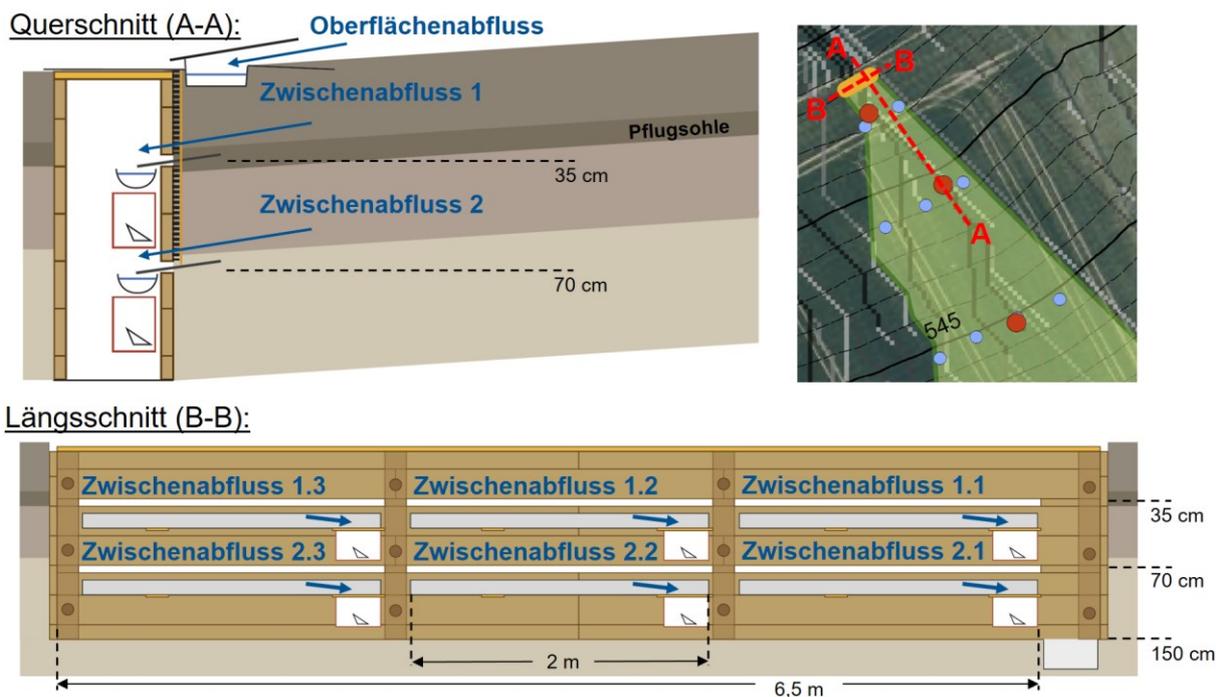


Abbildung 3: Aufbau und Instrumentierung der Gräben zur Messung der Zwischenabflüsse und des Oberflächenabflusses.

Die Erfassung der Wasserstände des Rambachs sowie die Bodenfeuchtemessungen in den Gräben erfolgt in separaten Datenloggern an den entsprechenden Standorten. Die Bodenfeuchte- und Saugspannungsdaten oberhalb der Gräben werden an zwei Standorten (Wald, Acker+Wiese) erfasst. Die genannten Daten werden jeweils lokal erfasst und müssen vor Ort ausgelesen werden. Kriterien für das Ausleseintervall sind

die Speicherkapazität des Loggers sowie die Notwendigkeit der Überprüfung der Datenvollständigkeit und -qualität.

Der Oberflächenabfluss (1 Ultraschallsensor + 1 Temperatursensor) und die Zwischenabflüsse (6 Kippwaagen) in den Gräben werden pro Landnutzung jeweils mit einem *Raspberry Pi* aufgezeichnet. Zudem wird der Wasserstand im Graben über einen Ultraschallsensor erfasst und die Daten der Wetterstation gespeichert. Die meteorologischen Rahmenbedingungen und die Messung eines möglichen Grabeneinstaus sind für das Monitoring und die Wartung des Gebiets von großer Bedeutung, da nur bei ausreichendem Niederschlag und entsprechenden Vorbedingungen ein Abfluss erfolgt bzw. bei Ausfall der Pumpen und einem daraus folgenden Anstieg des Wasserspiegels eine schnelle Wartung erforderlich ist. In diesem Fall ist daher ein regelmäßiges Ausleseintervall der Daten nicht ausreichend, um kontinuierliche Daten gewährleisten zu können.

2.4 Anforderungen an die Datenerfassung und -übertragung

Aus dem Messaufbau, den zu messenden Parametern und den benötigten Informationen für das Monitoring und die Wartung des Messgebiets lassen sich folgende Anforderungen ableiten:

- Erfassung von 19 bis 51 Messwerten je Messstation in regelmäßigen, meist minütlichen Intervallen und Speicherung der Daten auf einem internen Datenspeicher mit ausreichender Größe,
- kontinuierliche Übertragung in naher Echtzeit, um eine schnelle Wartung bei Problemen gewährleisten zu können (eine Verzögerung von wenigen Minuten ist tolerabel),
- Darstellung der Daten in einem intuitiv und schnell zu erfassenden Format, ebenfalls in naher Echtzeit,
- rechtzeitige automatisierte Warnung bei Fehlfunktionen, wie etwa bei Volllaufen des Grabens durch Ausfall einer Pumpe oder bei Absinken der Batteriespannung,
- automatische Information bei Auftreten eines interessanten Ereignisses, zum Beispiel einem Niederschlagsereignis, das einen bestimmten, vorgegebenen Schwellwert überschreitet,

- Zuverlässigkeit des Datenloggers um Datenverlust und häufige Besuche vermeiden zu können,
- hohe Flexibilität, um auf sich ändernde Anforderungen während des Messzeitraums reagieren zu können,
- Finanzierbarkeit.

Durch die Umsetzung einer kostengünstigen Selbstbaulösung konnte der Umfang des im Rahmen der Projektmittel möglichen Messaufbaus deutlich vergrößert werden. Folglich wurde eine Kombination verschiedener Methoden ermöglicht, die eine Betrachtung verschiedener Gesichtspunkte und damit ein besseres Prozessverständnis zulässt [Bachmair & Weiler 2014; Bracken et al. 2013].

Das auf einem Raspberry Pi basierende Loggersystem wurde seit Messbeginn kontinuierlich weiterentwickelt und berücksichtigt den Einsatz von Internet-of-Things-Technologien. Die verwendeten Methoden sowie deren Umsetzung im Messgebiet werden in den folgenden beiden Abschnitten vorgestellt.

3 Methoden: IoT als „enabling technology“

3.1 Internet of Things

Das “Internet of Things” (IoT) ist eine neue Technik, die “Things”, also “Dinge”, über das Internet miteinander und mit zentralen Komponenten vernetzt. Abbildung 4 zeigt bekannte Beispiele aus dem smart home Bereich (obere Reihe) sowie dem Fitnessbereich (untere Reihe). Das gemeinsame Merkmal all dieser Produkte ist informationstechnisch die Architektur, die in Abbildung 5 dargestellt ist, aber auch die Massenfertigung, die die Preise stark fallen lässt.

In der Architektur steht als zentrale Komponente eine Cloud-Instanz, die die Daten der Sensoren entgegennimmt, speichert, auswertet und Aktionen auslöst. Diese Komponente ist always-on und durch die Nutzung von Cloud-Services sowohl hochverfügbar als auch ohne eigene Hardware zu betreiben. Diese Cloud-Instanz wird typischerweise vom Hersteller (z.B. Nest, Philips, Qivicon) als Software-as-a-Service für die Kunden betrieben. Die Kunden müssen sich um nichts kümmern, registrieren ihre Sensoren und Aktoren einmalig bei der Cloud-Instanz und kommunizieren über einen Web-Browser ausschließlich mit der Cloud-Instanz. Dort legen sie über ein

graphisches Interface auch Regeln fest, unter welchen Bedingungen welche Aktion ausgelöst werden soll.



Abbildung 4: Kommerzielle Beispiele für den Einsatz von IoT.
 Obere Reihe: smart home devices (Nest Thermostat [Nest, 2018], Philips Hue Lampe [Philips, 2018], Qivicon Heizungssteuerung [Qivicon, 2018]), untere Reihe: Fitnessprodukte (Jawbone UP-Band, Withings Körperanalyzer [Withings 2018], Xiaomi Amazfit smart watch [Amazfit 2018]).

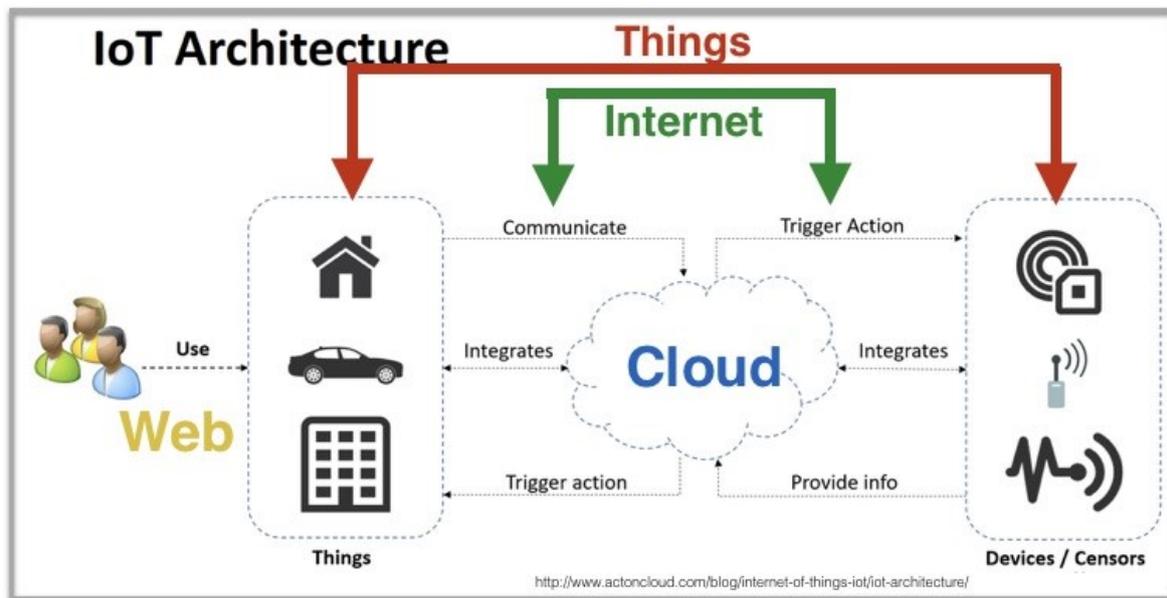


Abbildung 5: IoT Architektur.

Damit die Dinge (Things) ihre Daten in die Cloud liefern können, bedarf es einer Datenanbindung, die heutzutage über das nahezu überall verfügbare Internet realisiert wird. Dank fortschreitender Miniaturisierung und aufgrund des Drucks des Massenmarkts fertigen Chip-Schmieden heute spezialisierte IoT-Chips, wie den ESP8266 [Espressif, 2018], die sich mit einigen wenigen externen Bauteilen zu einem kompletten Modul (z.B: ESP-01 [EBay, 2018]) ergänzen lassen und das für unter 2€ eine 32bit CPU, 1 MByte Flash Speicher, WiFi, eine serielle Schnittstelle und 4 Input/Output Pins (GPIO) bietet [Frings, 2018].

Im IoT kommunizieren nun nicht nur Sensoren und Aktoren mit ihrer zugehörigen Cloud-Instanz, sondern diese kann zur Entscheidungsfindung über das Internet auch mit anderen Cloud-Instanzen, sogenannten Cloud-Services, kommunizieren (und auch selbst solche Services für andere Maschinen bereitstellen). So kann die Cloud-Instanz für ein Smart Home etwa prognostizierte Wetterdaten für den Standort des Hauses von anderen Cloud-Services abrufen [Lewis, 2016], um eine vorausschauende Temperatursteuerung zu realisieren. Erst diese Verknüpfung von vielen Cloud-Services ist die Grundlage für die enorme Leistungsfähigkeit des IoT, das im Grunde genommen nichts anderes ist als Datenaustausch zwischen Maschinen über das Internet.

3.2 Cloud Computing

Cloud Computing nimmt einen zentralen Platz in der IoT Architektur ein, aber was ist das eigentlich genau? Beim Cloud Computing stellt ein Cloud-Anbieter wie Amazon oder Google oder auch das Leibniz-Rechenzentrum (LRZ) eine Infrastruktur für virtuelle Maschinen bereit. Das heisst, dass der Kunde auf der Hardware des Cloud-Anbieters virtuelle Maschinen, also virtuelle Computer, die sich verhalten, wie ein realer Computer, z.B. ein Linux-Server, starten kann. Im vorliegenden IoT-Fall macht das der IoT-Hersteller, also Withings oder Nest. Auf dem virtuellen Server läuft nun ein mandantenfähiges (d.h. es kann mehrere voneinander isolierte Benutzer bedienen) Programm, das die Daten der IoT Sensoren entgegen nimmt, in einem für jeden Benutzer separaten Bereich speichert, auswertet, darstellt und mit dem Benutzer aber auch anderen IoT oder Cloud-Services kommuniziert. Da hier dem Benutzer ein laufendes Applikationsprogramm zur Verfügung gestellt wird, spricht man von Software-as-a-Service (SaaS).

Gerade im IoT-Bereich, wo mit einer hohen Zahl (im Bereich von Millionen) von Geräten gearbeitet wird, die darüber hinaus auch noch stark fluktuieren kann, da die IoT-Sensoren ja nicht kontinuierlich senden, kommt noch ein anderer Vorteil der Cloud zum tragen: ihre Elastizität. Darunter versteht man, dass bei plötzlich steigender Arbeitslast ohne große Verzögerung automatisch weitere virtuelle Cloud-Maschinen gestartet werden können, die sich die Last teilen. So kann auch bei stark schwankenden Lastprofilen eine temporäre Überlast der Cloud-Instanz vermieden werden. Geht die Last zurück, so werden die zusätzlichen Instanzen wieder

abgeschaltet. Der IoT-Hersteller muss also keine eigene Hardware, die für den Spitzenlastfall dimensioniert ist, anschaffen und in Bereitschaft halten, sondern er kauft vom Cloud-Provider stets genau die benötigte Rechenleistung ein.

Ähnlich einer kommerziellen public Cloud wie der von Amazon, Google oder Microsoft bietet das LRZ eine private Cloud [LRZ, 2018] nur für Wissenschaftler an. Gründe, die für ihre Benutzung sprechen sind (i) diese Cloud ist für Münchner Wissenschaftler kostenlos, (ii) das LRZ bietet kostenlose Unterstützung bei der Benutzung der LRZ Cloud und (iii) es bleiben die Daten garantiert in Deutschland, da sie in einem rein deutschen Rechenzentrum ohne ausländische Abhängigkeiten gespeichert und verarbeitet werden. Der Datenschutz ist somit gewährleistet, da fremde Mächte, wie z.B. US-Behörden, keinen Zugriff auf diese Daten erhalten.

3.3 Maker Szene

Während vor 20 oder 30 Jahren "Bastler" mit dem Lötkolben Schaltungen aus Einzelteilen (Transistor, Widerstand, Kondensator, Spule, ...) zusammenbauten, verwenden heutzutage die sogenannten *Maker* fertige Module, die sich oft durch einfaches Zusammenstecken zu völlig neuen Maschinen kombinieren lassen. Dabei sind auf den Modulen oft Millionen von Transistorfunktionen integriert, die ungleich mehr Möglichkeiten bieten, als dies noch vor 10 Jahren denkbar war. Ein Mikrocomputer mit eingebautem WiFi access point, wie z.B. der oben genannte ESP-01 [EBay, 2018] wird durch Aufstecken eines digitalen DS18B20 Temperatursensors zu einer mobilen Temperaturmessstelle und kann durch Ergänzen mit anderen Sensoren einfach und preiswert zu einer drahtlosen Wetterstation erweitert werden.

Die früheren Bastler waren oft Einzelkämpfer, die heutigen Maker sind über das Internet vernetzt und bilden so eine Gemeinschaft, die dem open source Gedanken folgt und bereitwillig Ideen und Lösungen teilt, was zu gegenseitiger Befruchtung und Inspiration führt und die Gemeinschaft als ganzes unglaublich agil werden lässt. Viele YouTube Kanäle liefern Ideen und Wissen frei Haus [Spiess 2018; GreatScott! 2018; Make 2018; TPAI 2018] und auf den einschlägigen Webseiten [instructables 2018; Hackster 2018] der Maker Szene finden sich viele weitere Anregungen. Auch Zeitschriften, z.B. die deutsche "Make:" [Make Magazin, 2018], die im Heise-Verlag erscheint, liefern regelmäßig Anregungen für neue Einsatzmöglichkeiten der IoT-Technologie.

Da diese Maker als Gruppe auch eine gewisse Marktmacht darstellen, hat sich gerade im Elektronikbereich ein ganzes Ökosystem von Firmen gebildet [Adafruit, 2018; Sparkfun, 2018; element14, 2018], die Zusatzhardware (sog. breakout boards, shields oder hats) anbieten, welche teilweise sogar nur durch Zusammenstecken eine enorme Erweiterung des Funktionsumfangs erlauben. So gibt es von diesen Firmen Sensoren für Temperatur, Luftdruck, relative Luftfeuchte, Helligkeit, Wasserstand, Abstand (Ultraschall) oder passive Bewegungsmelder (PIR) auf breakout boards, die einfach durch Aufstecken eingebunden werden können.

Die Gemeinschaft der Maker trifft sich regelmäßig auf Messen, sogenannten Maker Faires [Maker 2018] zum Ideenaustausch. Dort werden die eigenen Projekte der Gemeinschaft vorgestellt. Diese Treffen sind unglaublich motivierend und inspirierend und stellen das offline Pendant zur online community dar.

3.4 Einplatinencomputer

Entscheidend für das enorme Wachstum der Bewegung war sicher das Erscheinen kleiner, einfach zu verwendender, billiger und sehr leistungsfähiger Einplatinencomputer für den embedded Bereich, wie 2005 Arduino und 2012 Raspberry Pi [RaspberryPi 2018]. Diese Computer erlauben erst die Anbindung der Sensoren, welche nur ein analoges oder digitales elektrisches Signal liefern, an das Internet und damit die Umsetzung der IoT-Architektur.

Die Einplatinencomputer unterscheiden sich durch ihre individuelle Funktionalität, die sich im jeweiligen Preis (2 € bis 35 €) widerspiegelt. Während ein Arduino beispielsweise analoge Eingänge bietet, kann auf einem Raspberry Pi ein voll funktionstüchtiges Linux-Betriebssystem installiert werden, auf dem mehrere Programme parallel ausgeführt werden können. Das Betriebssystem und die USB-Schnittstellen ermöglichen insbesondere die einfache Einbindung zusätzlicher Produkte, wie beispielsweise einen UMTS-Stick zur Herstellung einer Internetverbindung. Je nach Anwendungsfall und –erfordernissen können verschiedene Systeme miteinander verbunden werden, um so die jeweiligen Vorteile nutzen zu können. Sollte an einer Messstelle UMTS nicht vorhanden sein, so kann auch eine LoRa [Cytron, 2018] Funkstrecke zwischengeschaltet werden, mit der bei Sichtverbindung bis zu 40 km überbrückt werden können.

3.5 3D Druck

Mit 3D-Druckern lassen sich nicht nur angepasste Gehäuse der genau richtigen Größe und Form einfach ausdrucken, sondern es können auch funktionale Bauteile hergestellt werden. Das *additive manufacturing*, bei dem das Baumaterial Schicht für Schicht (FDM: Fused Deposition Modeling) aufgetragen wird, erlaubt zudem das Einbetten von elektronischen Bauteilen (z.B. Magnetfeldsensoren) im Druckteil. Wichtig ist auch der schnelle *turn around*: innerhalb weniger Stunden steht ein physisches 3D-Objekt zur Verfügung. Oft müssen anschließend noch Korrekturen durchgeführt werden, bis nach einigen Iterationen ein einsatzfähiges Teil vorhanden ist. Werden größere Stückzahlen gebraucht, so kann die Druckbeschreibung (das sogenannte STL file) anschließend per Internet zu einem Dienstleister übertragen werden, der dann in wenigen Wochen die Teile fertigt.

4 Anwendung von IoT in den Umweltwissenschaften

Das vorliegende Anforderungsprofil auf dem hydrologischen Messgebiet legt eine Lösung durch Übertragung der IoT Architektur auf den Wissenschaftsbereich und Verwendung von IoT Baugruppen nahe. Anhand dieses Beispiels möchten wir demonstrieren, welche IoT Technologien und Maker Hardware sich auf welche Weise für hydrologische Messungen an abgelegenen Orten (Stichwort "off-grid") eignet, um ansonsten nicht durchführbare Messungen zu ermöglichen. In einem ersten Schritt wurde die IoT Architektur aus Abbildung 5 auf die Gegebenheiten des Wissenschaftsbereichs angepasst. Abbildung 6 zeigt die modifizierte IoT Architektur.

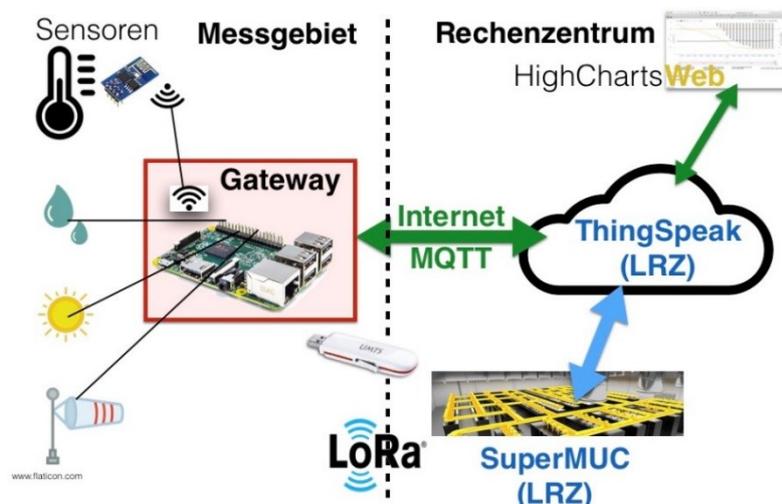


Abbildung 6: Für den Wissenschaftsbereich modifizierte IoT Architektur.

4.1 Datenerfassung und -übertragung

Auf der linken Seite befindet sich das Messgebiet mit den Umweltsensoren für Temperatur, relative Luftfeuchte, Globalstrahlung, Windstärke und -richtung, Niederschlag, Zwischenabflüssen, Oberflächenabfluss und diversen internen Parametern wie Batteriespannungen, Stromaufnahme, Ladestrom, Solarpanelspannung, Aktivität der Lenzpumpen und Wasserstand im Graben. Alle Daten laufen in einem Gateway-Rechner, hier ein Raspberry Pi Modell 2B bzw. 3B (RPI) mit Linux Betriebssystem, zusammen und werden dort lokal auf einem USB Speicherstick abgespeichert. Dieser lokale Speicher dient als Sicherung gegen Datenverlust bei längerem Ausfall der Internetanbindung und zusätzlichem Ausfall der Spannungsversorgung während keine Daten gesendet werden können. Die Sticks sind zudem durch eingebautes „wear leveling“ wesentlich haltbarer als die internen Micro-SD-Karten, die bei ständigen Schreibvorgängen mit der Zeit ermüden und so zu Ausfällen des Loggers führen. Bei erneuter Verfügbarkeit der Internetanbindung werden die bisher noch nicht übertragenen Daten automatisch nachsynchronisiert, sodass auf dem Cloud-Server ein vollständiger Datensatz vorhanden ist. Die für die Analysen besonders wichtigen meteorologischen Daten werden zudem im Datenlogger der DAVIS Wetterstation zwischengespeichert, der allerdings bei der benötigten zeitlichen Auflösung nur wenige Tage puffern kann. Diese Zwischenspeicherung läuft unabhängig vom RPI, insbesondere auch, wenn dieser mangels Strom abgeschaltet werden musste. Sobald der RPI bei genügend Batteriespannung wieder erwacht, holt er sich die zwischenzeitlich im DAVIS Datenlogger gespeicherten Daten und überträgt diese in die Cloud.

Die Anbindung an das Internet erfolgt über einen handelsüblichen UMTS Stick, der in den RPI eingesteckt werden kann. Eine PrePaid Flatrate für 2€/Monat erlaubt eine bandbreitenbegrenzte Anbindung an das Internet, die jedoch für die geringen Datenmengen völlig ausreichend ist. Allerdings erlaubt der Provider bei diesem Tarif keine *eingehenden* Internetverbindungen, sodass es nicht möglich war, sich remote auf dem RPI einzuloggen, um Änderungen an den Programmen vornehmen zu können. Diese Problematik wurde durch einen reverse ssh-Tunnel zur Cloud-Instanz mit autossh [cytopia, 2018] gelöst, der sich im Betrieb sehr bewährte. Somit ist es nun möglich, sich jederzeit und einfach remote auf dem RPI einzuloggen und sowohl Fernwartung als auch Anpassungen an den Programmen vorzunehmen.

4.2 Datenspeicherung und -darstellung

Auf der rechten Seite von Abbildung 6 ist der Teil gezeigt, der im Universitätsrechenzentrum, hier das Leibniz-Rechenzentrum in Garching bei München, abläuft. In der LRZ Compute Cloud [LRZ, 2018] installierten wir ThingSpeak [The Mathworks, 2018] als die zentrale Instanz, die über das IoT-Protokoll MQTT [MQTT 2018] die Daten von den Gateways in naher Echtzeit (die Verzögerung beträgt nur wenige Sekunden) entgegennimmt und speichert. Um die Übertragung gegen Angriffe und Manipulationen abzusichern, werden alle Daten kryptographisch verschlüsselt durch den reverse ssh-Tunnel übertragen. Um Datenverlust auch bei längerem Ausfall der Funkstrecke auszuschließen, werden alle Daten zusätzlich lokal auf dem RPI gespeichert und täglich als kompletter Datensatz nochmals in die Cloud übertragen. In der Cloud findet täglich ein automatischer backup aller Daten auf Band statt, für den das LRZ mindestens 10 Jahre Verfügbarkeit garantiert.

Da die Daten in Echtzeit in der Cloud vorliegen, können sie auch sofort angezeigt werden [Teschemacher & Heller 2018]. Wir verwendeten das Highstock Framework [Highcharts 2018], das eine interaktive live Exploration der Messdaten erlaubt. Es ist so mit einem Blick erkennbar, ob etwa eine Störung der Messeinrichtung vorliegt, die es erforderlich macht, den Fehler umgehend vor Ort zu beheben. Dies beugt dem Verlust unwiederbringlicher Messdaten sowie der nachhaltigen Beschädigung des Messaufbaus vor. Es handelt sich bei Highcharts/HighStocks um ein JavaScript Framework, das einfach auf der Webseite eingebunden werden kann. Nach Aufruf der Webseite führt der Webbrowser des Wissenschaftlers den JavaScript Code aus. Dieser Highcharts Code kann seinerseits ThingSpeak nach Daten fragen und diese von dort abholen.

Die IoT Architektur kann hier ihre Stärke ausspielen: verteilte Sensoren senden über MQTT ihre Daten verschlüsselt an einen MQTT-Broker in der Cloud. Dieser gibt die Daten an eine ThingSpeak Instanz weiter, die die Daten speichert und verwaltet. Ein Webserver liefert auf Anfrage eines Klienten ein JavaScript-Programm aus, das im Webbrowser ausgeführt wird und sich seinerseits an den ThingSpeak-Server wendet. Von dort fordert es die vom Benutzer gewünschten Daten an und stellt diese dann lokal dar. Da die Daten für den gewünschten Zeitraum nun lokal vorliegen erfolgt die Reaktion auf Benutzereingaben (etwa Ausblenden von Graphen, Verschieben des Darstellungsfensters, etc.) nahezu instantan, was das Arbeiten sehr angenehm und

effektiv macht. Dass MQTT-Broker, ThingSpeak und der Webserver alle auf der gleichen virtuellen Maschine in der Cloud laufen, ist keineswegs erforderlich. Jede Komponente könnte auch irgendwo im Internet laufen, solange die Komponenten untereinander erreichbar sind.

Abbildung 7 zeigt beispielhaft eine Darstellung der Messwerte der meteorologischen Station auf der Freifläche am Acker und im Wald, die von unterschiedlichen Datenloggern gesendet wurden. Die Daten werden gemeinsam dargestellt und können so verglichen und plausibilisiert werden. Die grau dargestellten Legendenpunkte wurden für die Darstellung ausgeblendet.

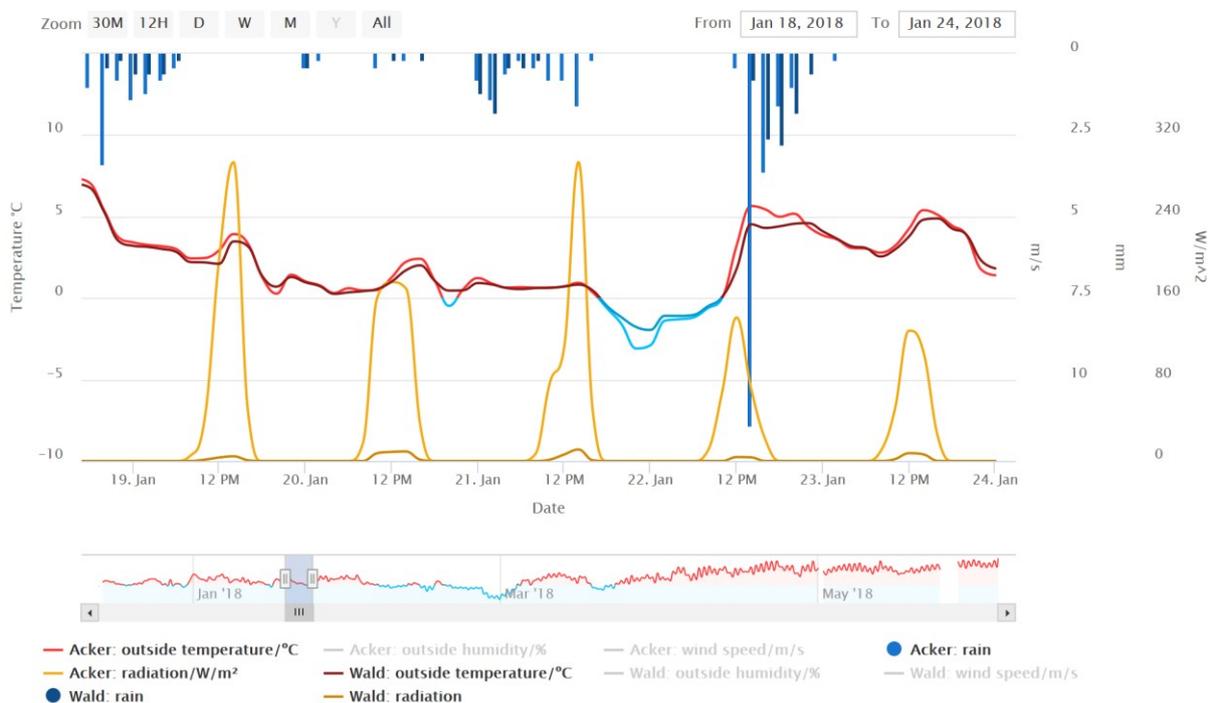


Abbildung 7: Darstellung der meteorologischen Parameter Lufttemperatur, Niederschlag und Globalstrahlung für die Stationen auf der Freifläche und im Wald.

4.3 Alerting on Demand

Wir verwenden die minutenaktuellen Messdaten ferner im Rahmen des “Alerting on Demand” (Abbildung 8) dazu, uns über IFTTT [IFTTT 2018] per email oder SMS umgehend über besondere Situationen informieren zu lassen. Dazu zählt das Auftreten für die Messung wichtiger natürlicher Phänomene, wie z.B. hier Niederschlag, aber auch das Ausbleiben regelmäßiger Messwerte (z.B. weil das Funklink oder der Strom ausgefallen sind) bzw. deren Wiederaufnahme. Welche Ereignisse zu einem Alarm führen, ist vollständig frei programmierbar und kann flexibel an die Erfordernisse angepasst werden. Dazu läuft ein Python Programm auf der

Cloud-Instanz als CRON-Job jede Stunde und holt sich von ThingSpeak die jeweils neuesten Daten der letzten Stunde. Wenn ein Ereignis auftrat oder keine neuen Daten geliefert wurden, ruft das Programm einen IFTTT URL auf und übermittelt zusätzliche Parameter (etwa die Niederschlagsmenge). Dieser URL wurde zuvor einmalig in sechs einfachen Schritten in IFTTT als "Maker Event" konfiguriert und mit dem Google Mail applet verknüpft. So kann festgelegt werden, welche email mit welchen Parametern (z.B. die Niederschlagsmenge oder -intensität) an wen verschickt wird, wenn der URL aufgerufen wird. Statt Google Mail könnte auch eine SMS verschickt werden. Und IFTTT könnte, ganz dem Paradigma des IoT folgend, andere Datenquellen mit einbeziehen.

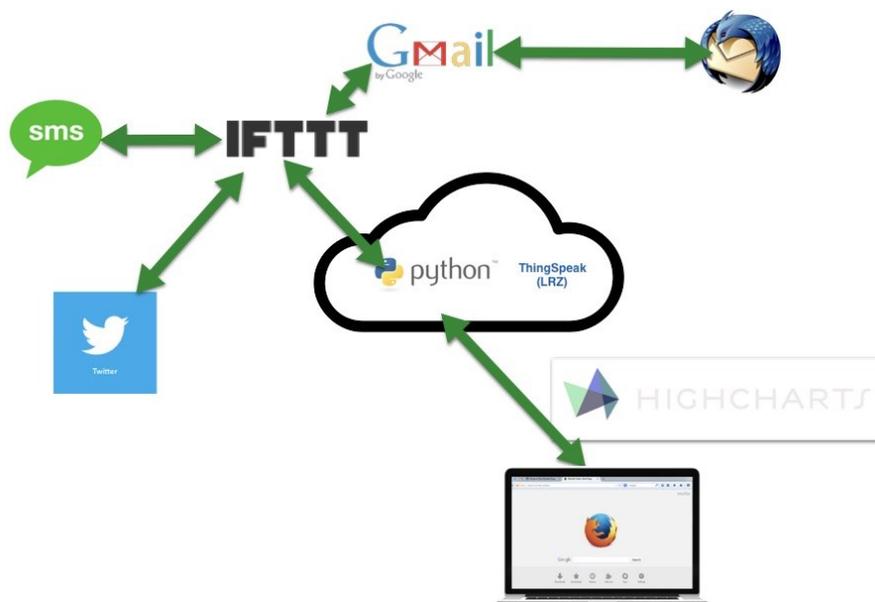


Abbildung 8: Alerting on demand.

Eine weitere Möglichkeit wäre dementsprechend, dass IFTTT die Messanlagen zum Stromsparen schlafen legt und nur aufweckt, wenn für das Messgebiet Regen vorhergesagt wird.

4.4 Hardware-Erweiterungen

Die Stromversorgung der Messstationen erfolgt über Solarpanele und Pufferakkumulatoren, da die Messungen fernab von urbanen Gebieten stattfinden und daher kein Netzanschluss zur Verfügung steht. Abbildung 9 zeigt den Aufbau einer der drei identischen Messstationen. Die Stromversorgung ist aus Redundanzgründen zweifach ausgelegt. Der RPI wird über einen fernsteuerbaren Schaltwandler aus den 12V Bleiakkumulatoren versorgt. Da der Computer die Datenerfassungszentrale ist,

muss er möglichst lange laufen. Daher wird er aus beiden Akkumulatoren versorgt, entkoppelt über zwei 1N4001 Dioden, sodass er sich immer aus dem Akkumulator mit der höheren Spannung bedient. Der linke Akkumulator in Abbildung 9 speist hauptsächlich die Hauptlenzpumpe, die ein Volllaufen des Grabens verhindert und durch einen unabhängigen Schwimmerschalter betätigt wird, wenn der Wasserstand eine Schaltschwelle überschreitet. Der rechte Akkumulator ist primär für den RPI gedacht, speist aber auch eine Notlenzpumpe, die in Aktion tritt, wenn der Graben bereits teilweise gefüllt ist. Jeder Akkumulator wird von einem eigenen Solarpanel mit eigenem Solarregler geladen. Die Solarregler schalten auch die Last ab, wenn die Akkuspannung zu tief absinkt, um eine Beschädigung der Akkumulatoren zu verhindern.

Übersichtsplan Verkabelung RPI

24.11.2017,
Dr. Helmut Heller

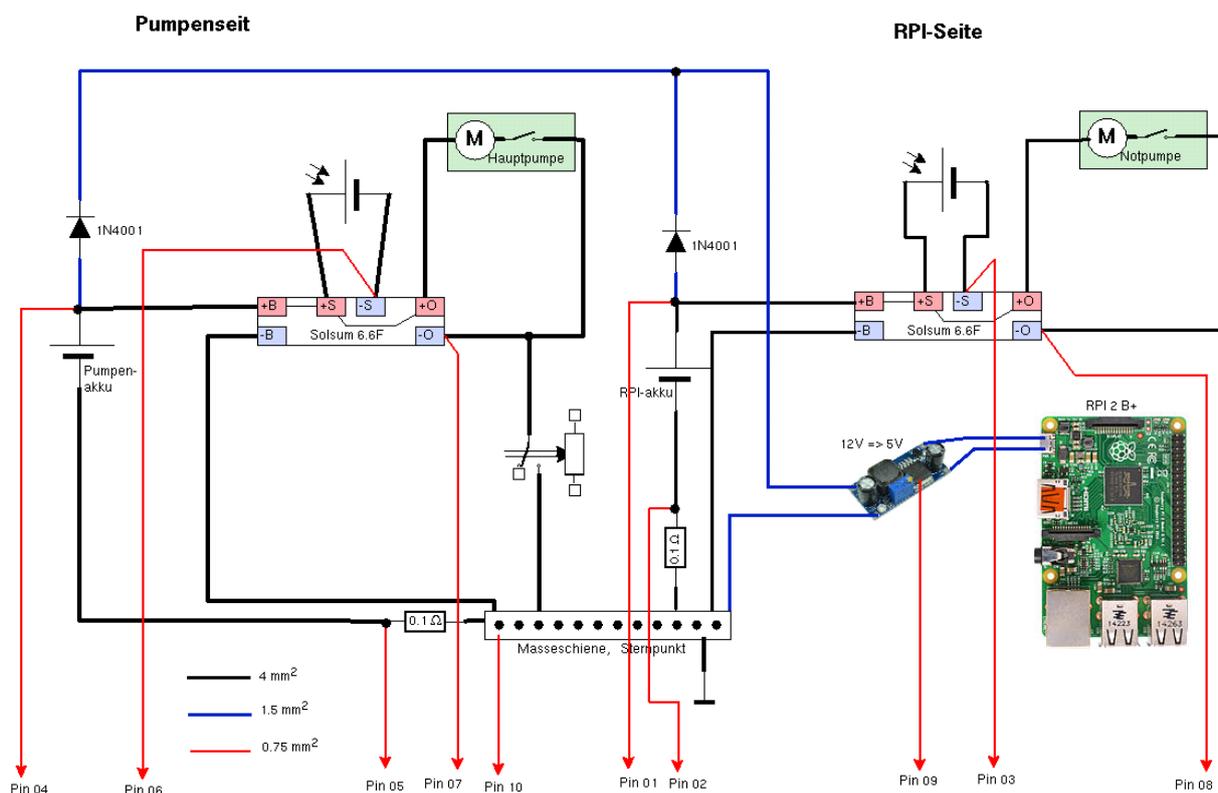


Abbildung 9: Verdrahtungsplan.

Nach Abflussereignissen und den damit einhergehenden längeren Pumpdauern, hat es sich gezeigt, dass die in den Akkumulatoren gespeicherte Energie gerade in den Wintermonaten und bei längeren Bewölkungsphasen für einen durchgehenden Betrieb nicht ausreicht. Dies führte einerseits zu einem Ausfall der Pumpen und einem folgenden Anstieg des Wasserspiegels im Graben (Abbildung 10), andererseits wurde

ein hinter dem Solarregler angeschalteter RPI hart abgeschaltet, was zu Filesystem-Inkonsistenzen führt und dieses beschädigen kann. Wir haben daher eine Fernüberwachungsschaltung mit 8-fach Analog-Digital-Wandler für Solarpanel, Akkumulatoren, Solar-Laderegler und Pumpen entwickelt, die es uns erlaubt, die Ursachen für die Abschaltungen der Station zu ermitteln. Gleichzeitig verhindert diese Schaltung ein hartes Abschalten des Microcomputers bei Spannungsausfall; stattdessen wird der Raspberry Pi bei Unterspannung kontrolliert heruntergefahren und dann erst der Spannungswandler abgeschaltet. Das Einschalten erfolgt automatisch sobald die Spannung einen per Software einstellbaren Schwellwert wieder überschreitet.

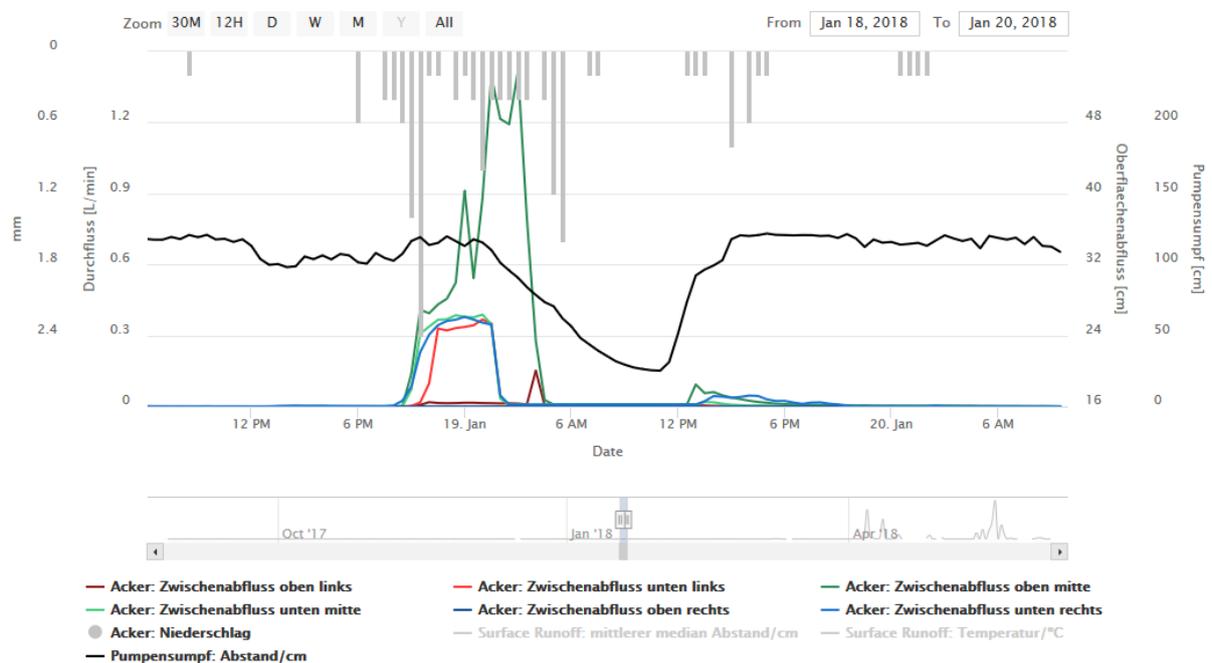


Abbildung 10: Überwachung der Messdaten während eines größeren Niederschlagsereignisses im Winter, das nach einem Ausfall der Pumpen zu einem Einstau des Grabens geführt hat.

Mithilfe der Spannungsüberwachung kann die Regelung und die Funktionsfähigkeit der Laderegler überprüft werden. Es hat sich beispielsweise gezeigt, dass die Laderegler die Last schon sehr früh abwerfen. Außerdem drosseln sie, wie in Abbildung 11 (Batterie Wald RPi) ersichtlich ist, den Ladestrom bereits bei einer Akkuspannung von nur 13,6V, was den Akkumulator sicher nicht vollständig auflädt. Der andere Laderegler in Abbildung 11 (Batterie Wald Pumpen) scheint zudem einen Defekt zu haben, denn er trennt nachts das Solarpanel nicht vom Akkumulator ab: die Spannung am Solarpanel sinkt nur bis auf etwa den Wert der Akkuspannung ab, müsste aber wie bei allen anderen Reglern bis auf wenige Volt absinken. Mithilfe dieser

Informationen können so bereits vor einem Wartungsbesuch Lösungen erarbeitet bzw. entsprechende Ersatzteile besorgt werden.

Die online-Überwachung der Messstationen offenbarte außerdem, dass die in den Kippwaagen verwendeten elektro-mechanischen Sensoren (Reed Relais) insbesondere nach längeren Einstauzeiten zu Ausfällen (hängen bleiben) neigen und dann vor Ort ersetzt werden müssen. Wir entwickelten daher eine vollelektronische Alternative, die auf einem HALL-Sensor basiert und durch 3D-Druck ein langlebiges und wartungsfreies snap-in replacement für den mechanischen Sensor darstellt.



Abbildung 11: Vergleich des Regelverhaltens zweier Solarregler im Wald.

4.5 Messergebnisse

Die ersten Daten im Untersuchungsgebiet wurden im Juni 2016 aufgezeichnet. Bisherige Messungen zeigen eine Beeinflussung der Speicherkapazität und Infiltrationsfähigkeit von der Landnutzung und der Bewirtschaftung, wodurch Unterschiede im Jahresverlauf zu erwarten sind [Rieger et al. 2017]. Zudem konnte ein Einfluss der Vorbedingungen festgestellt werden. Die Modellierung des Messhangs mithilfe des hydrologischen Modells WaSiM zeigt eine Übereinstimmung der landnutzungsabhängigen Zwischenabflusscharakteristik, wird jedoch durch die Unterschiede von Modell- und Gebietsparametern erschwert [Teschemacher et al. 2018]. Eine Zusammenstellung weiterer Messergebnisse zur Beschreibung der Landnutzungsabhängigkeiten und Reaktionszeiten ist in Arbeit.

5 Fazit und Ausblick

Der durch Verwendung von IoT-Technologie kosteneffizient mögliche Aufbau von drei identischen Messstationen auf Basis des RaspberryPi Microcomputers ermöglichte umfangreiche, landnutzungsabhängige, hydrologische Messungen, die ansonsten innerhalb des vorgegebenen finanziellen Rahmens nicht möglich gewesen wären. Die bisherigen Messergebnisse können eine Eignung des verwendeten Loggersystems bestätigen, wodurch der Raspberry Pi nach einer entsprechenden Test- und Optimierungsphase als kostengünstige Alternative zu konventionellen Datenloggern gesehen werden kann. Durch die Flexibilität des Betriebssystems konnten verschiedene Zusatzmodule eingebunden werden, die das Monitoring eines Messnetzes deutlich erleichtern. Im vorgestellten Anwendungsfall konnten etwa durch die Echtzeit-Datenübertragung der Messdaten sowie zusätzlicher Informationen wie die Batteriespannung Probleme schneller erkannt und gezielt vor Ort behoben werden.

Die hier eingesetzte IoT-Lösung muss dennoch als Prototyp bezeichnet werden, denn Probleme, die erst im Betrieb aufscheinen, wie hängende Reed-Kontakte, zu hoher Stromverbrauch, ungenügende Ladung der Akkumulatoren, Instabilitäten beim Betrieb der RPIs, defekte SD-Karten oder zu hohes Rauschen auf den ADC-Eingängen mussten und müssen laufend adressiert und durch Modifikationen behoben werden. Kommerzielle Geräte sind dagegen aufgrund der längeren Entwicklungsphase meist zuverlässiger, in ihrem Funktionsumfang aber auch deutlich eingeschränkter, weniger flexibel oder wesentlich teurer. Die hohe Flexibilität der IoT-Selbstbaulösung ermöglicht es erst, die Probleme im laufenden Betrieb zu identifizieren und Stück für Stück zu beheben. Gerade in innovativen, neuen Messsituationen überwiegt die Flexibilität einer Selbstbaulösung den Verlust an Stabilität gegenüber einem etablierten Serienmessgerät.

Durch die Speicherung der Daten in der LRZ-Cloud, können diese Daten im LRZ über den "Data Science Storage" (DSS) mit anderen LRZ-Computern geteilt werden. So wäre es beispielsweise möglich, die Daten als Input für aufwändige Rechnungen auf dem SuperMUC, einem der schnellsten Rechner in Europa, zu verwenden. Oder sie auf der GPGPU-Farm des LRZ mit Methoden des *Machine Learning* zu analysieren, ohne sie erneut kopieren und übertragen zu müssen; dies ist insbesondere für große Datensätze im TeraByte-Bereich von Bedeutung.

Beim vorgestellten Anwendungsfall handelt es sich um einen Forschungsspezialfall, der nur bedingt wiederverwendbar ist. Die verwendeten Methoden sind jedoch auf andere hydrologische Fragestellungen übertragbar. Die Anwendungsmöglichkeiten lassen sich dabei allgemein in zwei Gruppen aufteilen.

Einerseits kann durch eine automatische Datenübertragung, -darstellung, -sicherung und -auswertung bei kontinuierlich messenden Messstationen (z.B. Abfluss, Meteorologie) die Wartung deutlich erleichtert werden. Unregelmäßigkeiten können automatisch erkannt und die Wartungsintervalle der Stationen den Bedürfnissen entsprechend angepasst werden.

Andererseits besteht im hydrologischen Bereich die Problematik, dass Umweltmessdaten mit großer räumlicher und zeitlicher Heterogenität, die nicht über Satellit, Befliegungen oder Radar gemessen werden können, oft nicht mit ausreichender Genauigkeit erfasst werden. Beispiele sind hier Schneehöhen, Bodentemperaturprofile oder Bodenfeuchteprofile. Eine kosteneffiziente Erstellung und Wartung von kleinräumigen Messnetzen würde die Datengrundlage für detaillierte Analysen erheblich verbessern.

Danksagung

Die Untersuchungen erfolgten innerhalb des ProNaHo-Forschungsvorhabens, das im Auftrag des Bayerischen Landesamtes für Umwelt durchgeführt wird. Unterstützt wurden die Feld- und Laboranalysen durch das DHG Forschungsstipendium für hydrologische Feldstudien.

6 Literaturverzeichnis

Adafruit (2018): Adafruit Industries, Unique & fun DIY electronics and kits. <https://www.adafruit.com/> (aufgerufen am 3.6.2018).

Amazfit (2018): <https://www.geekbuying.com/item/English-Version-Huami-Amazfit-Smartwatch-Youth-Edition-392751.html>, <https://www.xiaomiglobal.de/> (aufgerufen am 3.6.2018).

Bachmair, S.; Weiler, M. (2014): Interactions and connectivity between runoff generation process-es of different spatial scales. In: *Hydrological Processes* 28, 4, 1916–1930.

BGL (1996): Geologische Übersichtskarte 1:500.000 Bayern. München: Bayerisches Geologisches Landesamt.

Bracken, L.J.; Wainwright, J.; Ali, G.A.; Tetzlaff, D.; Amith, M.W.; Reaney, S.M.; Roy, A.G. (2013): Concepts of hydrological connectivity: Research approaches, pathways and future agendas. In: *Earth-Science Reviews* 119, 17–34.

- cytopia (2018): SSH tunnelling for fun and profit: Autossh. <https://www.everythingcli.org/ssh-tunnelling-for-fun-and-profit-autossh/> (aufgerufen am 3.6.2018).
- Cytron (2018): example tutorial of LoRa wireless point-to-point communication. <https://cytrontechnologies.github.io/RFM-LoRa-Shield-Examples/> (aufgerufen am 3.6.2018).
- DAVIS (2018): Vantage Pro2 Sensor Suite. <https://www.davisnet.com/solution/vantage-pro2/> (aufgerufen am 01.06.2018).
- DWA (2015): *DWA-M550* - Dezentrale Maßnahmen zur Hochwasserminderung. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall.
- EBay (2018): ESP8266 Serial WIFI Wireless Transceiver. <https://www.ebay.de/itm/ESP8266-ESP-01-Serial-WIFI-Wireless-Transceiver-Wireless-LWIP-AP-STA-AIP/142636717307?hash=item2135cf94fb:g:sG0AAOSwEeVZeyZo> (aufgerufen am 3.6.2018).
- element14 (2018): <http://uk.farnell.com/internet-of-things> (aufgerufen am 3.6.2018).
- Espressif (2018): ESP8266. <https://www.espressif.com/en/products/hardware/esp8266ex/overview> (aufgerufen am 3.6.2018).
- Frings (2018): ESP8266 und ESP8285 Module Starter Anleitung. <http://stefanfrings.de/esp8266/> (aufgerufen am 3.6.2018).
- GreatScott! (2018): <https://www.youtube.com/channel/UC6mIxFTvXkxWQVEHPsEdflzQ> (aufgerufen am 3.6.2018).
- Hackster (2018): Learn to design, create, and program electronics. <https://www.hackster.io/> (aufgerufen am 3.6.2018).
- Highcharts (2018): Make your data come alive. <https://www.highcharts.com> (aufgerufen am 3.6.2018).
- IFTTT (2018): If This Then That. <https://ifttt.com/> (aufgerufen am 3.6.2018).
- instructables (2018): <http://www.instructables.com/> (aufgerufen am 3.6.2018).
- Lewis (2016): Now you can always take the weather with you. <https://www.ibm.com/blogs/internet-of-things/weather/> (aufgerufen am 3.6.2018).
- LFU (2015): Digitale Übersichtsbodenkarte von Bayern im Maßstab 1:25000: ÜBK25. Augsburg: Bayerisches Landesamt für Umwelt.
- LRZ (2018): The LRZ Compute Cloud. <https://www.lrz.de/cloud> (aufgerufen am 3.6.2018).
- Make (2018): Work Shop <https://www.youtube.com/channel/UChY6O8Ahw2cz05PS2GhUbg> (aufgerufen am 3.6.2018).
- Make: Magazin (2018): <https://www.heise.de/make/> (aufgerufen am 3.6.2018).
- Maker Faire (2018): Bodensee, 2. Juni 2018. <https://maker-faire.de/> (aufgerufen am 3.6.2018).
- MQTT (2018): <https://mosquitto.org/> (aufgerufen am 3.6.2018).
- Nest (2018): Nest Thermostats. <https://nest.com/thermostats/> (aufgerufen am 3.6.2018).
- Philips Hue (2018): Das smarte LED-Lichtsystem mit App-Steuerung. <https://www2.meethue.com/de-de#>, <https://www.digitaltrends.com/smart-home-reviews/philips-hue-review/> (aufgerufen am 2.6.2018).
- Prusa (2018): Original Prusa i3 MK2S kit. <https://shop.prusa3d.com/> (aufgerufen am 3.6.2018).

- Qivicon (2018): Willkommen im Smart Home. <https://www.qivicon.com/de/>, <https://www.amazon.de/Deutsche-Telekom-QIVICON-Home-99920525/dp/B00J8K5AWG> (aufgerufen am 3.6.2018).
- RaspberryPi (2018): Teach, Learn and Make with Raspberry Pi. <https://www.raspberrypi.org/> (aufgerufen am 4.6.2018).
- Rieger, W.; Teschemacher, S.; Haas, S.; Springer, J.; Disse, M. (2017): Multikriterielle Wirksamkeitsanalysen zum dezentralen Hochwasserschutz. In: *Wasserwirtschaft 107, 11*, S. 56–60.
- Schulla (2017): Model Description. WaSiM: Water balance Simulation Model. Zürich.
- Sparkfun (2018): <https://www.sparkfun.com/> (aufgerufen am 3.6.2018).
- Spieß, A. (2018). The Guy with the Swiss Accent. https://www.youtube.com/channel/UCu7_D0o48KbfhpEohoP7YSQ/featured (aufgerufen am 3.6.2018).
- Teschemacher, S.; Haas, S.; Rieger, W. (2015): ProNaHo Prozessbasierte Modellierung Natürlicher sowie Dezentraler Hochwasserrückhaltmaßnahmen zur Analyse der ereignis- und gebietsabhängigen Wirksamkeit. IN: *DWA Landesverbandstagung Bayern*, Straubing, Germany, Oct 21-22, 2015.
- Teschemacher, S.; Disse, M.; Rieger, W. (2018): Experimentelle und modellgestützte Untersuchung der Abflussbildung und -konzentration in verschiedenen Landnutzungstypen am Beispiel eines Messhangs im Einzugsgebiet der Glonn (Odelzhausen). In: *Forum für Hydrologie und Wasserbewirtschaftung, Heft 39.18, Beiträge zum Tag der Hydrologie 2018*. Dresden, S. 95-106.
- Teschemacher, S.; Heller, H. (2018): <http://tunnel.dyn.mwn.de/~sonja/meteo> (aufgerufen am 3.6.2018).
- The Mathworks (2018): ThingSpeak. <https://thingspeak.com> (aufgerufen am 3.6.2018).
- TPAI (2018): The Post Apocalyptic Inventor. <https://www.youtube.com/channel/UCDbWmfrwmzn1ZsGgrYRUxoA> (aufgerufen am 3.6.2018).
- Withings (2018): Withings WS-50 Smart Body Analyzer. <https://www.amazon.de/Withings-WS-50-Smart-Analyzer-schwarz/dp/B00BKQRQ4E8>, <https://support.health.nokia.com/hc/de/categories/200118207-Smart-Body-Analyzer-WS-50> (aufgerufen am 3.6.2018).

Beitrag B: Thomas Bartoschek, Jan Wirwahn, Mario Pesch

**senseBox und openSenseMap:
Umweltmonitoring für Jedermann**

**senseBox and openSenseMap:
Environmental Monitoring for Everyone**

Thomas Bartoschek, Jan Wirwahn, Mario Pesch

*Institut für Geoinformatik, Westfälische Wilhelms-Universität Münster
bartoschek@uni-muenster.de, jan.wirwahn@uni-muenster.de*

Abstract

The senseBox:home is a Citizen Science DIY toolkit for the local measurement of environmental data such as temperature, humidity, air pressure, illuminance and UV light. It is based on the Arduino / Genuino platform and can be easily integrated into our sensor web platform openSenseMap, where it provides continuous measurement data. The senseBox:edu is a toolbox designed to provide pupils and junior researchers with programming in a playful and tangible way. For this simple circuits are set up, which are programmed and controlled with the help of a microcontroller. [Team at ifgi, 201x].

Thus, the senseBox offers a good opportunity for a practical introduction to programming as well as a step-by-step introduction to the design of your own engineering projects in the fields of geoinformatics, sensorics and photonics, such as projects on the subject of the city of the future. This is an important contribution to environmental education.

Zusammenfassung

Die senseBox:home ist ein Citizen Science DIY-Toolkit für die ortsbezogene Messung von Umweltdaten wie Temperatur, Luftfeuchte, Luftdruck, Beleuchtungsstärke und UV-Licht. Sie basiert auf der Arduino/Genuino Plattform und kann einfach in unsere Sensorweb-Plattform [openSenseMap](#) integriert werden, wo sie kontinuierlich Messdaten liefert.

Die senseBox:edu ist ein Werkzeugkasten, der Schülerinnen und Schülern sowie Nachwuchsforscherinnen und -forschern das Programmieren spielerisch und greifbar

vermitteln soll. Dazu werden einfache Schaltungen aufgebaut, die mit Hilfe eines Mikrokontrollers programmiert und gesteuert werden. [Team at ifgi,201x]

So bietet die senseBox eine gute Möglichkeit für einen praxisnahen Einstieg in die Programmierung sowie eine schrittweise Einführung zur Gestaltung eigener Technikprojekte aus den Bereichen Geoinformatik, Sensorik und Photonik, wie zum Beispiel Projekte zur Thematik Zukunftsstadt. Dies ist ein wichtiger Beitrag für die Umweltbildung.

1 Einleitung

Die senseBox ist ein Do-It-Yourself (DIY) Baukasten für Umweltsensorik im Kontext Citizen Science. Neben BürgerInnen, die sich an einem offenen Messnetzwerk für eine Vielzahl von Umweltphänomenen beteiligen können, wird auch der Bildungsbereich direkt angesprochen. Bei der Entwicklung eigener Messstationen in der Schule werden die Grundlagen des Programmierens anhand von Low-Cost-Mikrocontrollerkomponenten und Umweltmesstechnik vermittelt. Darüber hinaus werden SchülerInnen durch die Messung von Umweltphänomenen für ihre Umwelt sensibilisiert und lernen gesellschaftlich relevante Fragestellungen mit Bezug auf ihre Umgebung und offene Daten zu erarbeiten. Lehrkräfte profitieren von dem Baukastensystem, da passende Anleitungen und Materialien online abgerufen werden können und Lehrkonzepte bereitstehen. Zentrale Dateninfrastruktur des Projektes ist die openSenseMap [Pfeil et al. 2015], eine Webplattform, auf der gesammelte Daten visualisiert werden und zum Download bereitstehen. Offene Schnittstellen (APIs) ermöglichen direkten Zugriff auf die Rohdaten. Anfang 2016 wurde eine limitierte Auflage der Bausätze erstmalig über den Webstore eines Elektronikhändlers zum Kauf angeboten, um Funktionalität und Skalierbarkeit des System und der Infrastruktur zu testen. Mittlerweile werden zwei Versionen der senseBox vertrieben. Im Folgenden werden diese Varianten kurz beschrieben.

2 Die unterschiedlichen Varianten der senseBoxen

2.1 senseBox:edu

Das Erfassen von Messwerten ist ein zentraler Bestandteil im wissenschaftlichen Prozess. Das Angebot von Messgeräten für den Einsatz in der Schule ist vielfältig, allerdings oftmals teuer und wenig flexibel, insbesondere, wenn es um die Messung von Umweltphänomenen geht. Außerdem sind klassische Messgeräte häufig nach

dem Black-Box Prinzip aufgebaut, sodass ihre Funktionsweise oder sogar die darin eingesetzten Sensoren dem Nutzer vorenthalten werden.

Die senseBox ist ein Do-it-yourself Werkzeugkasten für Schülerinnen und Schüler, um im Kontext Physical Computing [Ehling, 2017] Messgeräte für den Einsatz im MINT-Unterricht selber zu bauen. Ein Mikrocontroller, der frei programmiert werden kann, ist das Herzstück der senseBox und Sensoren für Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Luftdruck, Beleuchtungsstärke, UV-Licht, Distanz (Infrarot, Ultraschall) und Lautstärke übernehmen die Messwerterfassung. Die Auswahl an Sensoren kann einfach erweitert werden und bietet auch Möglichkeiten zur Erfassung von Messwerten für Luft- oder Wasserqualität. Über eine einfache visuelle Programmierumgebung können die Schülerinnen und Schüler ihr eigenes Messgerät zusammenbauen und programmieren¹. Die Messwerte können hierbei auf SD-Karte gespeichert, über eine Internetverbindung als offene Daten an eine online Plattform² übertragen oder direkt am Computer ausgegeben werden.

Der Einsatz der senseBox verfolgt somit durch das Abbilden des gesamten wissenschaftlichen Prozesses in kleinen Projektbeispielen, von der Fragestellung über die Entwicklung eines Messgerätes, der Datenerfassung- und möglichen Analyse und Publikation, den Ansatz der Scientific Literacy [Gräber & Nentwig, 2002]. Der Einsatz und die Programmierung des Mikrocontrollers lehnt sich dabei parallel an Konzepte der Computational Literacy [Wilensky et al. 2014] an. Durch die räumlichen Aspekte der Umweltdatenerfassung kann die senseBox auch im Kontext der Spatial Literacy [Bednarz & Kemp, 2011] angesiedelt werden und deckt somit den gesamten MINT-Kontext ab. Der Umgang mit Open Source Software und Hardware, Offenen Daten und Open Educational Resources, der mit der senseBox gefördert wird, ermöglicht zudem eine vollständige Reproduzierbarkeit der Ergebnisse im Sinne der Open Science.

Schülerinnen und Schüler arbeiten mit der senseBox in kleinen Gruppen, meist zu zweit, an einem Bausatz und tauschen sich dabei untereinander aus. In kleineren Experimenten zum Einstieg machen sich die Schülerinnen und Schüler mit dem System und der Programmierumgebung vertraut und entwickeln Input-/Output-

¹ <https://sensebox.de/blockly> (zuletzt aufgerufen 29.08.2018)

² www.opensensemap.org (zuletzt aufgerufen 29.08.2018)

steuerungen. Hierbei werden Sensoren getestet und zu intelligenten Schaltungen kombiniert. Beispielsweise werden Photozelle und Leuchtdiode mit Kabeln und Widerständen mit dem Mikrocontroller verbunden, um eine intelligente Lampe zu programmieren, welche sich, je nach Helligkeit, automatisch ein- oder ausschaltet (Abbildung 1).



Abbildung 1: Links die senseBox:edu als Klassenkiste; mitte und rechts die Bausätze im Einsatz³.

2.2 senseBox:home

Eine zweite Variante der senseBox wird als Citizen Science Projekt der Öffentlichkeit zugänglich gemacht. Genau wie bei dem Ansatz in den Schulen ist die Hauptmotivation der Nutzer sich mit aktuellen Technologien auseinanderzusetzen und an einer wissenschaftlichen Messkampagne teilzunehmen. Interessierte Hobbywissenschaftler erwerben den vereinfachten Bausatz einer DIY Wetterstation (Abbildung 2), welche einmalig zusammengebaut, programmiert und installiert wird. Fachliches Wissen bzw. Vorerfahrung mit Hardwareprototyping oder Programmieren sind dabei nicht erforderlich, da durch eine vollständige Dokumentation, sowie Mail-, Telefon- oder Chat-Support individuell auf den Kenntnisstand des Anwenders eingegangen wird und Schaltungen – wie bei der senseBox:edu – nicht gesteckt werden müssen. Die Transparenz, der Open Source und DIY Ansatz und die Beteiligung an einer wissenschaftlichen Kampagne sind wichtige Motivationsfaktoren die senseBox:home einer herkömmlichen Wetterstation, bei der eher nach dem Blackbox-Prinzip nicht nachzuvollziehen ist, wie Messungen mit welchen Sensoren vorgenommen werden,

³ Quelle Bild links: <http://datenwirken.de/case-nachhttps://www.uni-muenster.de/Gleichstellung/aktuelles/archiv/2017/girls-day-2017.html#wuchsforderung-durch-do-it-yourself-datenerhebung.html>

Quelle Bild Mitte: <http://www.didacta-hannover.de/de/news/artikel/eine-smarte-kiste-mit-gefuehlen.xhtml>

Quelle Bild rechts: <https://www.uni-muenster.de/Gleichstellung/aktuelles/archiv/2017/girls-day-2017.html>

vorzuziehen. In mehreren Usability-Studien wurde die Anwendbarkeit durch Laien untersucht und die Aufbauanleitung hinsichtlich des Mittelwegs aus Transparenz/DIY und Usability verbessert [Wirwahn et al., 2015].

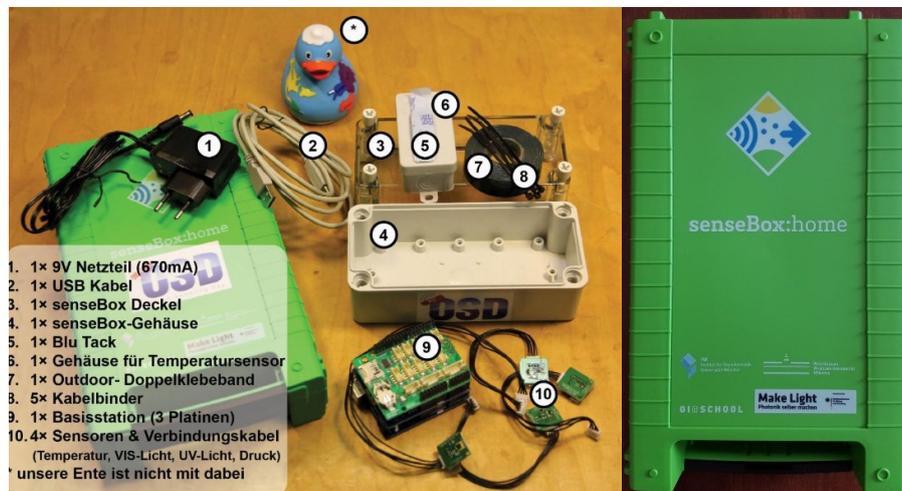


Abbildung 2: Der senseBox:home Bausatz⁴

3 Serveranwendung openSenseMap

Mit der Serveranwendung der openSenseMap lassen sich Sensordaten veröffentlichen, teilen und visualisieren. Auch senseBox-fremde Sensoren lassen sich durch Webstandards integrieren, um den Ausbau des Sensornetzwerks voranzutreiben. Jede registrierte Station bekommt eine eindeutige Identifikation, um deren Messdaten herunterzuladen, oder auch durch Softwareschnittstellen (APIs) automatisch abfragen zu können. Serveranwendung und Datenbank sind hochskalierbar und erlauben die Einbindung jedes internetfähigen Messgerätes durch die standardisierte API.

Die Integration von Messgeräten wie der senseBox im Sensornetzwerk der openSenseMap wird seit Mai 2014 getestet. Nach dem aktuellen Stand Mitte März 2018 wurden bereits über 1500 Stationen registriert, von denen ca. 60% aktiv sind und in etwa 3 Mio. Messungen pro Tag produzieren. Historische Messreihen von inaktiven Stationen werden bewusst mit dargestellt, können aber auf Wunsch ausgeblendet werden. Von jeder dieser Stationen lassen sich Messungen in Graphen oder Interpolationen darstellen, einsehen und als Rohdaten oder statistisch aufbereitet

⁴ Quelle Bild links:

Bild Mitte: http://www.my-osd.org/assets/images/Aufbau_der_MyOSD_senseBox_home_Wlan_final.pdf

Bild rechts: <https://www.freifunk-sinnersdorf.de/news/die-sensebox-home-ist-da/>

herunterladen. Um die große Menge an Anfragen zu ermöglichen und Stabilität zu gewährleisten, wurde die Serveranwendung auf aktuellen Technologien aufgebaut die eine hohe Skalierbarkeit der Anwendung erlauben. Die für die Anwendung eingesetzten Technologien erlauben es, eine hohe Stabilität und Verfügbarkeit zu gewährleisten. Die Datenschicht und Schnittstelle für die Webseite und Anwendungen von Dritten ist in Node.js und MongoDB umgesetzt und ist containerisiert (Docker) in nahezu jeder Cloud lauffähig und skalierbar. Das Datenportal (Webseite) selbst ist mithilfe von AngularJS realisiert. In seiner aktuellen Version läuft die openSenseMap auf Servern bei Amazon Web Services (AWS).

4 Onlinedokumentation

Ein weiterer wichtiger Teil des Projektes sind die Lehr- und Lernmaterialien. Sie bestehen aus Aufbauanleitungen, Experimentbeschreibungen und Aufgabenstellungen rund um die Bausätze der senseBox. Ein Teil davon wird von einer kreativen Gemeinschaft dokumentiert, die neue Messgeräte basierend auf der senseBox bei Projekttagen, in Arbeitsgruppen an Schulen oder auf Hackevents entwickelt. Dadurch besteht die Möglichkeit sich aktiv an der Entwicklung zu beteiligen. Indem man das offene System modifiziert, den Prozess dokumentiert entstehen neue Materialien. So wird aus der Dokumentation der senseBox ein Gemeinschaftswerk, welches von einer Community, die ständig wächst, gestützt wird. Die Dokumentation hat bereits über 200 Seiten und wird kontinuierlich ergänzt. [TEAM IFGI 201x]

5 Literaturverzeichnis

- Bednarz, S. W., & Kemp, K. (2011): Understanding and nurturing spatial literacy. In: *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 21, 18-23. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042811013279> (zuletzt aufgerufen 28.08.2018)
- Ehmann, M. (2017): Physical Computing mit Arduino-Mikrocontrollern. In: *MNU Journal* 5/2017. Jahrgang 70
- Gräber, W., & Nentwig, P. (2002): Scientific Literacy—Naturwissenschaftliche Grundbildung in der Diskussion. Scientific Literacy. VS Verlag für Sozialwissenschaften, 2002. 7-20.
- Pfeil, M., Bartoschek, T., Wirwahn, J. (2015): OpenSenseMap – A Citizen Science Platform for Publishing and Exploring Sensor Data as Open Data. Academic Track, FOSS4G'15, Seoul, Republic of Korea.
- Team at ifgi (201x): Das senseBox:edu Buch - GitBook. WWU Universität Münster, <https://sensebox.github.io/books-v2/home/> , <https://sensebox.github.io/books-v2/edu/> (zuletzt aufgerufen 28.08.2018)

- Wilensky, U., Brady, C. E., & Horn, M. S. (2014): Fostering computational literacy in science classrooms. *Communications of the ACM*, 57(8), 24-28.
- Wirwahn, J., Bartoschek, T. (2015): Usability Engineering for Successful Open Citizen Science. Academic Track, FOSS4G'15, Seoul, Republic of Korea.

Beitrag C: Stephanos Camarinopoulos, Theodora Karali, Ulrich Hussels

Eco-Bot Vorstellung – Chat-Bot für die Beratung von Nutzern zu individuellen Energieeffizienzmodellen

Eco-Bot Presentation – Chat-Bot for Advising Users on Individual Energy Efficiency Models

Stephanos Camarinopoulos¹, Theodora Karali², Ulrich Hussels³

¹RISA Sicherheitsanalysen GmbH, s.camarinopoulos@risa.de

²RISA Sicherheitsanalysen GmbH, d.karali@risa.de

³RISA Sicherheitsanalysen GmbH, ulrich.hussels@risa.de

Abstract

This article presents the Eco-Bot research project funded by the EU under Horizon 2020. In the Eco-Bot project, a system is to be developed which will positively influence consumer behaviour in terms of saving electrical energy. The key concept is the use of a chat bot, that based on disaggregated data from smart meters and information on location-related consumption and personal data, will positively influence the consumer behaviour. Over 100 energy efficiency models will be evaluated and over 40 user groups are going to be identified. From these findings new strategies will evolve, how these users can be optimally addressed.

Zusammenfassung

In diesem Beitrag wird das von der EU im Rahmen von Horizon 2020 geförderte Forschungsprojekt Eco-Bot vorgestellt. Im Projekt Eco-Bot soll ein System entwickelt werden, welches mit Hilfe eines Chat Bots auf Basis von disaggregierten Daten intelligenter Stromzähler sowie Informationen über ortsbezogene und personenbezogene Daten der Verbrauchsstelle das Verbraucherverhalten positiv im Sinne der Einsparung von elektrischer Energie beeinflussen soll. Hierzu werden über 100 Energieeffizienzmodelle ausgewertet und über 40 Nutzergruppen identifiziert. Daraus werden Strategien entwickelt, wie diese Nutzer optimal angesprochen werden können.

1 Einführung

Eco-Bot ist ein im Rahmen von Horizon 2020 gefördertes Forschungsprojekt. Es hat zum Ziel, dem Verbraucher individuell zugeschnittene Empfehlungen zur Einsparung von elektrischer Energie zu geben, die sein Verbrauchsverhalten nachhaltig ändern sollen. Hierzu werden neueste Technologien und Methoden eingesetzt und miteinander verknüpft. Angesprochen werden sowohl private Verbraucher als auch Verantwortliche für gewerblich genutzte Gebäude (z. B. Büros und Einzelhandel).

An dem Vorhaben sind zwei Hochschulen (Glasgow, Katowice), eine private Forschungseinrichtung (Berlin), ein regionaler Energieversorger (Barcelona), zwei KMU, die sich mit Energiemanagement befassen (Barcelona und Berlin) sowie zwei hoch spezialisierte KMU (Berlin und Istanbul) beteiligt.

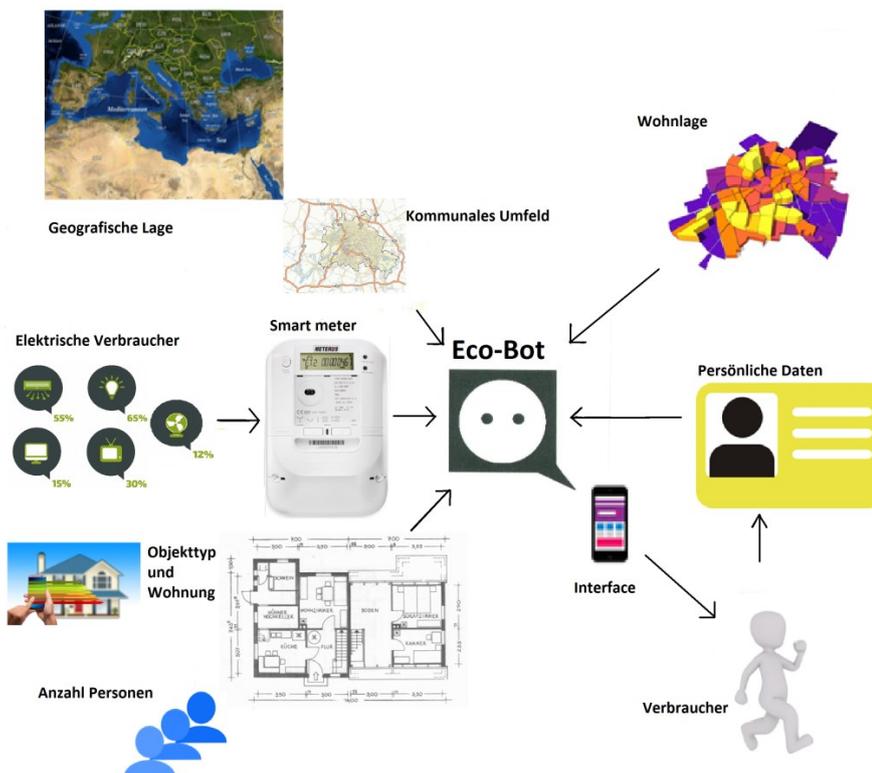


Abbildung 1: Aufbau der Eco-Bot Systemumgebung

Zunächst werden bestehende Energieeffizienzmodelle zusammengetragen und hinsichtlich ihrer Kern- Einflussfaktoren hierarchisch klassifiziert. Relevant sind Modelle, die das Verbraucherverhalten berücksichtigen können. Entsprechend der Modelle werden Verbrauchergruppen gebildet, um aus diesen Strategien für die Kommunikation abzuleiten.

Die Datengrundlage für die Kommunikation stellen Informationen dar, die

- durch intelligente Stromzähler (Smart Meter) bereitgestellt,
- vom Verbraucher selbst abgefragt und
- aus dem Wohnort abgeleitet

werden. Aus diesen Daten werden mit Hilfe der jeweils am besten passenden Modelle individuell zugeschnittene Empfehlungen abgeleitet.

Das Frontend wird schließlich durch ein Chat-Bot realisiert.

Das Projekt steht noch am Anfang, sodass noch keine Ergebnisse präsentiert werden können.

2 Projektdaten

Dieses Projekt wird von der Europäischen Union im Rahmen des Forschungs- und Innovationsprogramms Horizon 2020 unter der Finanzhilfvereinbarung Nummer 767625 teilfinanziert.

Projektname:	Eco-Bot
Projekttitel:	Personalised ICT-tools for the Active Engagement of Consumers Towards Sustainable Energy
Dauer	01.10.2017 bis 31.12.2020
Anzahl der Staaten:	6 (Deutschland, Spanien, Türkei, Polen, Großbritannien, Griechenland)
Anzahl der Partner:	9
EU-Förderung:	EUR 1.964.145,38

Tabelle 1: Daten zum Projekt EcoBot

3 Energieeffizienzmodelle (bereits in Bearbeitung)

Im Rahmen von Eco-Bot werden mehr als 100 bekannte Energieeffizienzmodelle analysiert und kategorisiert. Die Kategorisierung erfolgt in einer Taxonomie unter Berücksichtigung von im Rahmen der Analyse ermittelten Kern-Einflussfaktoren. Hauptgegenstand der Analyse ist die Frage, ob die Modelle Gruppen zugeordnet werden können und ob sie geeignet sind, um konkrete Empfehlungen auszusprechen.

Aus den Kategorien der Modelle und aus Marktsegmenten abgeleiteten Verbraucheranforderungen werden schließlich Verbrauchergruppen (Cluster) gebildet. Für diese

Verbrauchergruppen werden personalisierte Strategien entwickelt, um diese anzusprechen. Diese Strategien bilden die Grundlage für den Fragen- und Antworten-Pool.

4 Smart-Meter Daten (bereits in Bearbeitung)

Intelligente Stromzähler liefern Daten, die es ermöglichen, sowohl die angeschlossenen elektrischen Verbraucher zu bestimmen als auch das Verbrauchsverhalten eines Haushalts zu analysieren. Wesentlich ist hier die zeitliche Auflösung der Verbrauchsdatenerfassung. In Eco-Bot wird eine Viertelstundenauflösung verwendet. Im Rahmen des Vorhabens sollen die Analysefähigkeiten der hierzu verwendeten Algorithmen verbessert werden. Ein Ziel ist es, eine weitgehend aufgeschlüsselte Verbrauchsabrechnung erstellen zu können.

Durch die Kenntnis der elektrischen Verbraucher, ohne deren Daten eingeben zu müssen, bleibt der Aufwand zum Einsatz von Eco-Bot für den Verbraucher gering, während trotzdem individuell auf die elektrischen Verbraucher und deren Einsatz im jeweiligen Haushalt eingegangen werden kann.

Das Verbrauchsverhalten kann unter Verwendung geeigneter Smart-Meter individuell, im Vergleich zu vorhandenen Referenzwerten sowie im Vergleich zu ähnlich gelagerten Fällen innerhalb des Systems analysiert werden.

Im Zusammenhang mit intelligenten Stromzählern sind zwei Punkte besonders zu beachten:

- Um das Ziel einer ausreichenden Datengrundlage für konkrete Empfehlungen zu erreichen, müssen die Auflösung der Datenauswertung und die Zuverlässigkeit der daraus resultierenden Aussagen relativ hoch sein.
- Die Erfassung und Auswertung der Daten erfordert einen entsprechenden Datenschutz. Die Daten sind sensibel und können leicht für andere Zwecke missbraucht werden. Im Rahmen der Entwicklung des Systems werden die Daten nur anonymisiert verwendet.

Da es in Deutschland (noch) keine Stromtarife gibt, die die Fähigkeiten intelligenter Stromzähler ausnutzen können, scheiden hier bestimmte Energiesparmodelle aus.

5 Verbraucherbezogene Informationen (bereits in Bearbeitung)

Vom Verbraucher selbst werden persönliche und wohnungsbezogene Daten abgefragt, die für sein Verbrauchsverhalten relevant sein können. Dabei handelt es sich z. B. um

- Haustyp und Größe der Wohnung
- Anzahl und Alter der Personen im Haushalt
- Bildungsniveau, Beruf(e)
- Haushaltseinkommen

Zusätzlich werden aus dem Wohnort relevante Daten abgeleitet, wie z. B.

- Klima
- Größe der Gemeinde
- Wohnumfeld (sozio-kulturelles Umfeld)

Derzeit wird ermittelt, welche Informationen einerseits verfügbar und andererseits für die Ziele von Eco-Bot nutzbar, d. h. für die Auswahl und den Einsatz der Energieeffizienzmodelle verwendbar sind.

Grundsätzlich wird bei diesen Informationen auf einen entsprechenden Schutz, insbesondere der personenbezogenen Daten geachtet. In Verbindung mit den Daten aus den Smart-Metern könnten weitreichende Schlüsse gezogen werden, die nicht nur für den angestrebten Zweck nutzbar sind. Im Rahmen des Forschungsvorhabens werden zunächst die Grundlagen geschaffen, um die Fragen des Datenschutzes adressieren zu können.

6 Identifikation der Nutzergruppen und Entwicklung der Strategien

Aus den verfügbaren Informationen werden über die Bildung von Clustern Nutzergruppen ermittelt. Für die Nutzergruppen werden anschließend Strategien erstellt, wie diese nachhaltig zur Veränderung ihres Verbraucherverhaltens angeregt werden können. Für bestimmte Nutzergruppen kann es z. B. sinnvoll sein, Hintergrundwissen über sozioökonomische Zusammenhänge zu vermitteln.

7 Der Fragen und Antworten-Pool

Für die Kommunikation mit dem Verbraucher wird aus den geeigneten Energieeffizienzmodellen, den entwickelten Strategien und den verfügbaren Datenkategorien (Parametern) ein Pool von Fragen und zugehörigen Antworten zum Thema energieeffizientes Verhalten erstellt. Dabei kann das System eine größere Anzahl von Gruppenparametern sowie individuelle Daten des Fragenden berücksichtigen. Wie sensibel das System auf diese Parameter eingehen wird, um daraus ausreichend konkrete und in hohem Maß zutreffende Empfehlungen zu geben, ist noch nicht absehbar. Für eine entsprechende Akzeptanz müssen die Empfehlungen dem Nutzer für ihn nicht triviale, relativ konkrete und dabei tatsächlich zutreffende Aussagen betreffen.

8 Die Business-Logik

Aus den Gruppenzugehörigkeiten, den individuellen Daten des Nutzers und den zugehörigen Verbrauchsdaten ermittelt eine Business-Logik die passende Strategie und damit die geeigneten Fragen und Antworten für eine Unterhaltung zum Thema Energieeinsparung. Dabei kann der Verbraucher aufgrund der vorliegenden und vorausgewerteten Informationen gezielt angesprochen werden. Die Effizienz der gezielten Ratschläge soll durch Auswertung der Verbrauchsdaten und über die Berücksichtigung von Feedback der Anwender überwacht und letztendlich gesteigert werden.

9 Das Chat-Bot

Das Chat-Bot projiziert die an das System gestellten Fragen auf die Fragen des Pools und ermittelt aus dem spezifischen Nutzerprofil und den Verbrauchsdaten in Echtzeit die passende Antwort. Hierzu müssen die Daten, die die Auswahl der Antwort bestimmen, weitgehend voraggregiert sein.

10 Das Werkzeug

Das Werkzeug soll mit anderen Plattformen aus diesem Themenfeld sowie mit sozialen Medien vernetzt werden, um das Engagement der Nutzer für das Thema Energieeffizienz zu stärken.

11 Erwartete Ergebnisse

Es wird erwartet, dass Erkenntnisse hinsichtlich der ökonomischen und sozialen Vorteile sowie der Einflussfaktoren auf die Nachhaltigkeit der Änderung des Verbraucherverhaltens gewonnen werden und aus diesen Politiken und Strategien entwickelt bzw. angepasst sowie Organisationen zur Verfügung gestellt werden.

12 Validierung

Den Schritten der Entwicklung von Eco-Bot sind Kennzahlen hinsichtlich der Zielerreichung zugeordnet, die validiert werden. Dabei handelt es sich z. B. um

- die Anzahl von gemeinsamen Mustern in den untersuchten Energieeffizienzmodellen (die Anzahl der untersuchten Modelle soll größer als 100 sein),
- die Anzahl der identifizierten Zielgruppen (Cluster, > 40)
- Wirksamkeit der entwickelten Strategien (Prognostizierte Energieeinsparung von ca. 20 %)
- Benutzerakzeptanz des Systems (mittels Befragung, > 85 % der Nutzer)
- Wirksamkeit hinsichtlich der Änderung des Nutzerverhaltens (> 15 % der Nutzer)
- Disaggregationsalgorithmen (NILM, > 80% Genauigkeit bei Identifikation von Mustern)
- Nutzungsintensität des Bots
- Lernerfolg bei den Nutzern (Verstehen der Zusammenhänge)
- Öffentlichkeitswirksamkeit (Wahrnehmung in der Fachöffentlichkeit)

13 Kritik

Innovative Ansätze berühren grundsätzlich Räume, die noch nicht bzw. nicht ausreichend geregelt sind oder sogar Änderungen in den vorhandenen Regelungen erfordern, um genutzt werden zu können (Negativbeispiel: Fahrradbeleuchtung). Außerdem fehlen naturgemäß Erfahrungen. Dies sollte nicht dazu führen, dass nicht weiter geforscht wird, sondern, die Regelungslücken sind zu benennen und aus Erfahrungen zu lernen.

Mindestens zwei Punkte werden bei diesem Projekt nicht adressiert:

- Der Datenschutz
- Der Eigenbedarf an Energie

Dabei ist der Datenschutz innerhalb des Forschungsprojekts geregelt. Vielmehr geht es um die nachfolgend geplante kommerzielle Nutzung.

Der Eigenbedarf an Energie ist in der frühen Phase sicher sehr hoch. Auch hier müssen spätere Phasen betrachtet werden. Da Einfluss auf das generelle Verbrauchsverhalten ausgeübt werden soll, ist ein Multiplikator-Effekt zu erwarten.

14 Weiterführende Informationen

Einige weiterführende Informationen sind hier zu finden:

- Die Projekt-Webseite von Eco-Bot findet sich unter [Eco-Bot 2018].
- Informationen zum Thema „Behavior and Energy Savings“ finden sich bei [Kelly 2013; Davis 2011; Haan et al. 2015].
- Das „Thema Natural Language Processing (NLP) and Chat-Bots“ wird bei [Savenkov 2016] diskutiert.
- Zum Thema „Nonintrusive load monitoring (NILM)“ siehe z.B. [Zhao et al. 2018].

15 Literaturverzeichnis

Davis, M. (2011): Behavior and Energy Savings - Evidence from a Series of Experimental Interventions. New York, USA: EDF – Environmental Defense Fund. <http://blogs.edf.org/energyexchange/files/2011/05/BehaviorAndEnergySavings.pdf> (aufgerufen am 25.04.2018).

Eco-Bot (2018): Personalised ICT-tools for the Active Engagement of Consumers Towards Sustainable Energy. Project homepage. <http://eco-bot.eu/> (aufgerufen am 25.04.2018).

Haan, P. de et.al (2015): Rebound-Effekte: Ihre Bedeutung für die Umweltpolitik. In: UBA-Texte 31/2016. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt.

Kelly, S. (2013): Energy Efficiency and Human Behaviour. University of Cambridge. <http://www.cam.ac.uk/research/discussion/energy-efficiency-and-human-behaviour> (aufgerufen am 25.04.2018).

Savenkov, K. (2016): Your personal assistant doesn't need any chatbots — or does it? <https://venturebeat.com/2016/11/27/your-personal-assistant-doesnt-need-any-chatbots-or-does-it/> (aufgerufen am 25.04.2018).

Zhao, B.; Stankovic, L.; Stankovic, V. (2018): Electricity Usage Profile Disaggregation of Hourly Smart Meter Data. In: Berges, M.; Makonin, S. (eds.): *4th International Workshop on Non-Intrusive Load Monitoring (NILM2018)*, Austin, Texas, USA. http://nilmworkshop.org/2018/proceedings/Poster_ID12.pdf (aufgerufen am 25.04.2018).

16 Bildreferenzen

Für die Abbildung 1 wurden folgende eigene bzw. freie Grafiken verwendet⁵:

- <http://eco-bot.eu/>
- <https://pixabay.com/de/geographie-karte-mittelmeer-meer-42292/>
- <https://pixabay.com/de/mobile-ger%C3%A4te-webseite-mock-up-web-2017978/>
- <https://pixabay.com/de/benutzer-user-users-menschen-3365840/>
- <https://pixabay.com/de/smart-home-haus-technik-multimedia-3395997/>
- https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Grundriss_Kleinsiedlung_1951.png
- https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Berlin_Stra%C3%9Fenverkehr_%C3%9Cbersichtskarte.png
- https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Bev%C3%B6lkerungsdichte_in_Timisoara_2009.jpg
- <https://pixabay.com/de/karte-identifikation-personalausweis-158195/>
- https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Intelligenter_zahler-Smart_meter.jpg
- <https://pixabay.com/de/m%C3%A4nnchen-3d-model-freigestellt-3d-2364350/>

Alle Links wurden zuletzt am 30.08.2018 aufgerufen.

⁵ Zuletzt zugegriffen am 27.08.20

Beitrag D: Martin Wilden, Antonia van Eek, Matthias Bluhm

Sag „Hallo“ zu deiner Karte

Say “Hello“ to Your Map

Matthias Bluhm, Antonia van Eek, Martin Wilden

con terra GmbH, m.bluhm@conterra.de

Abstract

"Will voice control soon replace typing?" More and more linguistic assistants like Google Assistant, Amazon Alexa, Microsoft Cortana or Apple's Siri have recently entered the market and its usage is already possible in many applications. The market trend shows that many of our interactions with technology take place through conversations today, but does this trend also apply to mapping applications?

Con terra picked up on this trend and carried out its first realizations. It uses natural language understanding (NLU) to control web mapping applications. For example, if one could say "show me the distribution of porpoises in the summer of 2013" instead of searching in a table of content, it would be a great advantage for the users. Also functions like "zoom" or "pan" can be well performed using voice control.

In addition to an introduction to the topic, this article introduces the exemplary implementation of voice control for a mapping application. For the software **map.apps** a voice recognition was implemented and trained. Commands like "zoom", "pan" or the map theme selection have been realized. The results were implemented and tested for applications in biodiversity monitoring.

Zusammenfassung

„Wird Sprachsteuerung das Tippen bald ersetzen?“ In letzter Zeit erreichen mehr und mehr Sprach-Assistenten wie Google Assistant, Amazons Alexa, Microsoft Cortana oder Apples Siri den Markt und der Einsatz ist in vielen Anwendungsfeldern bereits möglich. Der Markttrend zeigt, dass bereits heute viele unserer Interaktionen mit Technologie durch Gespräche stattfinden. Aber gilt dieser Trend auch für Kartenanwendungen?

Die con terra hat diesen Trend aufgegriffen und im Zuge von F&E-Aktivitäten erste Realisierungen durchgeführt. Dabei wird „natural language understanding“ (NLU) genutzt, um Web-Mapping-Anwendungen zu steuern. Wenn man beispielsweise „zeige mir die Verteilung der Schweinswale im Sommer 2013“ sagen könnte, anstatt das Thema in einem Themenbaum zu suchen, wäre das für die Nutzer eine große Erleichterung. Aber auch Funktionen wie „zoom“, „verschieben“ oder den Kartenausschnitt auf ein bestimmtes Gebiet setzen, lassen sich gut über Sprache steuern.

In diesem Beitrag wird neben einer Einführung in die Thematik die exemplarische Umsetzung von Sprachsteuerung für eine Mapping Anwendung vorgestellt. Für die Software **map.apps** wurde eine Sprachsteuerung umgesetzt und trainiert. Befehle wie „zoom“, „verschieben“ oder die Auswahl von Kartenthemen wurden realisiert. Exemplarisch wurden die Ergebnisse für Anwendungen im Biodiversitätsmonitoring umgesetzt und getestet.

1 Zielsetzung und Motivation

Sprachschnittstellen haben den Massenmarkt bereits erobert. 2011 hat Apple mit Siri einen Sprachassistenten auf iPhones gebracht. Smarte Lautsprecher wie Alexa von Amazon oder Google Home drängen derzeit sehr stark auf den Markt. Google Assistant steht auf 400 Millionen Endgeräten zur Verfügung. Endbenutzer sind es zunehmend gewöhnt, über Sprachschnittstellen mit Geräten zu interagieren. Jeder kennt heutzutage Systeme wie Siri, Alexa, Google Assistant oder Cortana. Gartner [Gartner 2015] hatte bereits vor einigen Jahren vorausgesagt, dass bis zum Jahr 2018 30% unserer Interaktionen mit Technologie durch Gespräche stattfinden wird. Besonders auf mobilen Geräten wird besonders oft über Spracheingabe gesucht.

Da die Fehlerrate der Spracherkennung in den letzten 5 Jahren deutlich zurückgegangen ist (z.B. bei Google von ca. 23% auf ca. 5%) [Protalinski, 2017], lässt sich die Spracherkennung jetzt operationell einsetzen. Auch für Geoinformationssysteme sehen wir Anwendungsfälle und beschreiben nachfolgend unsere Umsetzung mit map.apps und die Erfahrungen.

map.apps ist ein Entwicklungstoolkit und eine Betriebsumgebung für Geo-Apps (web / mobile) und Lösungen [Uhlenkücken 2018; Hackmann 2015]. map.apps bietet GIS-Funktionen in ansprechender und leicht nutzbarer Form. Die Anwendungen bieten meist wenige, aber sehr zielgerichtete Funktionen und machen GIS-Funktionalitäten für jedermann überall zugänglich. Als zentrale Betriebsumgebung sorgt map.apps

auch in größeren Organisationen für einen effizienten IT-Betrieb multipler Apps für unterschiedlichste Zwecke, wie z.B. bei der Bundesanstalt für Geowissenschaft und Rohstoffe [Heber & Kruse 2016] oder in der hessischen Umweltverwaltung [Giese & Bluhm 2017]. Weitere Anwendungsbeispiele sind auf der Website⁶ von con terra beschrieben.

2 Sprachsteuerung für Kartenanwendungen

Ziel der Sprachsteuerung ist es, die natürliche Sprache in strukturelle Daten (hier: Karteninteraktionen) umzuwandeln, die maschinell gelesen werden können.

Eine der Hauptherausforderungen bei der Entwicklung ist es, die völlig unterschiedlichen Ausdrücke und Phrasen, die unterschiedliche Menschen für den gleichen Sachverhalt verwenden, zu modellieren. So sagt beispielsweise ein GIS Experte "Aktiviere den Layer Grundschulen", aber ein GIS-Laie formuliert "Zeige mir Grundschulen".

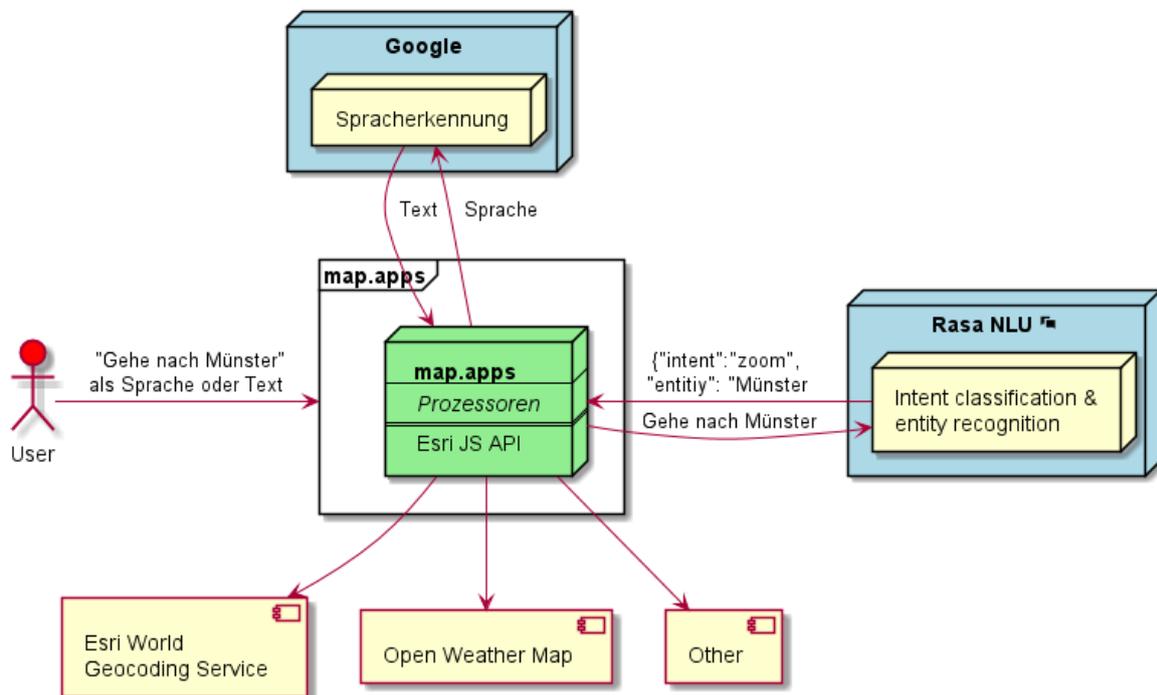


Abbildung 1: Systemskizze

⁶ <https://www.conterra.de/mapapps-demos> zuletzt aufgerufen 30.08.2018

In Abbildung 1 ist die Systemskizze mit einer exemplarischen Anfrage dargestellt. In einem ersten Schritt wird die Anfrage des Anwenders von map.apps an die Spracherkennung geschickt. Die Spracherkennung wandelt die gesprochene Sprache in Text um. In der Pilotimplementierung wird für die Spracherkennung die von Google für den Browser Chrome umgesetzte Implementierung der Web Speech API⁷ verwendet. Diese wäre aber durch eine andere Spracherkennung ersetzbar.

In einem zweiten Schritt muss der Text nun in eine ausführbare Aktion für die Web-Mapping Anwendung umgesetzt werden. Dafür wird die open-source Bibliothek Rasa NLU⁸ genutzt, mit der über eine HTTP Schnittstelle kommuniziert wird. Mit Hilfe von Rasa NLU können aus dem Text *Intents* und *Entities* extrahiert werden. Der Intent besagt, *welche* Funktion ausgeführt werden soll und extrahierte Entities beschreiben genauer, *wie* diese Funktion ausgeführt werden soll. Im Beispiel „Gehe nach Münster“ wäre die auszuführende Funktion „zoom“ mit der zusätzlichen Information, dass nach „Münster“ gezoomt werden soll.

Mit Hilfe dieser Informationen ist es nachfolgend möglich, die in map.apps implementierten Funktionen auszuführen und somit das vom Nutzer gewünschte Ergebnis zu erreichen.

3 Pilotimplementierung Biodiversitätsmonitoring

Als Beispiel aus dem Umweltbereich wurde die Sprachsteuerung prototypisch für eine Anwendung zum Biodiversitätsmonitoring umgesetzt. Die Anwendung informiert über die Verbreitung geschützter Tierarten (Seevögel, Meeressäugetiere) in der deutschen Nord- und Ostsee [Hauswirth & Bluhm 2017]. Die Anwendungen zum Biodiversitätsmonitoring⁹ (ohne Sprachsteuerung) sind beim Bundesamt für Naturschutz mit kurzen Beschreibungen öffentlich nutzbar.

Als Basisfunktionen für die Web-Mapping Anwendung sind beispielsweise „Maßstab setzen“, „Karteninhalt anzeigen“, „Legende anzeigen“, „Kartenausschnitt verschieben“ und „Drucken“ über Sprachbefehle verfügbar.

⁷<https://www.google.com/intl/en/chrome/demos/speech.html> zuletzt aufgerufen 30.08.2018

⁸<https://nlu.rasa.com/> zuletzt aufgerufen 30.08.2018

⁹<https://www.bfn.de/infotehek/karten.html> zuletzt aufgerufen 30.08.2018

Für die Fachanwendung werden weitere Funktionen unterstützt. Dazu gehören die Anzeige von Schutzgebieten („Zeige mir das Naturschutzgebiet Doggerbank“), die Anzeige von Informationen zum Schutzgebiet („Zeige mir Informationen zum Naturschutzgebiet Doggerbank“), sowie die Möglichkeit die Nutzeroberfläche zum Hinzuladen von Themen mit Hilfe von Sprachbefehlen zu steuern. Da letzteres mit Hilfe von Sprachsteuerung teilweise umständlich sein kann, wurden zusätzlich Einsatz-Befehle zum Hinzuladen eines Themas eingeführt, wie folgende Beispiele zeigen:

- Zeige mir Basstölpel im Sommer 2010
- Zeige mir Eiderenten aus dem Sommer 2005
- Lade das Thema Eisente Sommer 2012
- Basstölpel Sommer 2005
- Ich möchte gerne die Daten zur Heringsmöve im Sommer 2007 sehen
- Jetzt zeige mir noch Basstölpel im Herbst 2003

Da es für den Nutzer nicht immer einfach ersichtlich ist, was er überhaupt eingeben kann, sind neben einzelnen Sprachbefehlen zum Steuern von Apps auch Assistenten beziehungsweise Bots sinnvoll. Daher wurde prototypisch für die Anwendung zum Biodiversitätsmonitoring ein einfacher Bot implementiert, der den Nutzer beim Hinzufügen eines neuen Themas unterstützen soll. Für die Umsetzung wurden die selben Technologien genutzt. Ein beispielhafter Gesprächsverlauf könnte wie folgt aussehen:

Nutzer	„Hallo, Bot“
Bot	„Hallo, wie kann ich Ihnen weiterhelfen?“
Nutzer	„Ich möchte gerne ein neues Thema hinzuladen.“
Bot	„Welche Art möchten Sie gerne sehen?“
Nutzer	„Die Art Eiderente.“
Bot	„Für welche Jahreszeit möchten sie gerne Daten sehen?“
Nutzer	„Sommer“
Bot	„Welches Jahr möchten Sie auswählen?“

Nutzer	„2010“
Bot	„Möchten Sie das Thema ‚Eiderenten im Sommer 2010‘ zur Karte hinzuladen oder die Transparenz setzen?“
Nutzer	„Setze die Transparenz auf 60“
Bot	„Möchten Sie das Thema nun zur Karte hinzufügen?“
Nutzer	„Ja“
Bot	„Ich füge das Thema zur Karte hinzu. Auf wiederhören.“

Tabelle 1: Beispiel für einen Gesprächsverlauf zwischen Nutzer und Bot

4 Fazit

Bereits heute werden viele Interaktionen mit Technologie durch Sprache gesteuert. Die exemplarische Umsetzung von Sprachsteuerung für eine Web-Mapping Anwendung hat gezeigt, dass dies auch für Kartenanwendungen realisierbar ist.

Die Spracherkennung funktioniert in der Regel gut, zu Fehlern kommt es insbesondere bei selten gebrauchten Fachbegriffen bzw. Namen. Beispielsweise wird häufig der Begriff „Dreizehenmöwe“ als „13 Möwen“ erkannt.

Bei der Zuordnung von Aktionen ist für das richtige Erkennen von „Intent“ und „Entity“ eine gewisse Anzahl an Texten zum Lernen notwendig. Dies ist abhängig von der Anzahl der Intents und Entities, die für eine Anwendung definiert wurden und demnach von der Komplexität der Anwendung. Prägnante Texte mit Schlüsselwörtern erleichtern dabei das Erkennen.

Bezüglich der Aktionen in der Karte kann festgehalten werden, dass folgende Aktionen sehr gut umsetzbar sind: Auswahl von Themen, Vergrößern, Verkleinern, Verschieben, Objekt über Namen auswählen und Info zu Objekt abfragen.

Nicht so gut funktionieren verständlicherweise Aktionen wie „in Karte selektieren“ oder in der Karte messen. Hier kann ein multimodaler Ansatz helfen, bei dem unterschiedliche Eingabemöglichkeiten zur Verfügung gestellt werden. Der Anwender kann dann die für ihn beste Möglichkeit verwenden und somit den Bedienkomfort erhöhen. Die dargestellte map.apps Anwendung bietet dies. Diese Möglichkeit ist allerdings nicht gegeben, wenn Sprachsteuerung in Situationen genutzt werden soll,

in denen die Bedienung mit Tastatur und Maus nicht möglich ist, z.B. wenn die Hände anderweitig benötigt werden oder im Sinne der Barrierefreiheit für Nutzer mit Einschränkungen.

5 Literaturverzeichnis

Bundesamt für Naturschutz (2017): Schweinswale und Seevögel in Nord- und Ostsee, Pressemitteilung Online-Karten:

(https://www.bfn.de/presse/pressearchiv/2017/detailseite.html?tx_ttnews%5Btt_news%5D=6232&cHash=2254765636fc68d9a87acd026a400f80); zuletzt abgerufen: 26.07.2018

Gartner (2015): Market Trends: Voice as a UI on Consumer Devices — What Do Users Want? (<https://www.gartner.com/doc/3021226/market-trends-voice-ui-consumer>), (zuletzt abgerufen: 26.07.2018)

Giese, M., Bluhm, M. (2017): GruSchu Hessen - Die neue Informationsplattform zum Thema Grund- und Trinkwasserschutz; In: *Tagungsband des 24. Workshops "Umweltinformationssysteme 2017 - Vernetzte Umweltdaten (UIS 2017)" des Arbeitskreises "Umweltinformationssysteme" der Fachgruppe "Informatik im Umweltschutz" der Gesellschaft für Informatik (GI)*; <http://ceur-ws.org/Vol-1919/paper3.pdf>. (zuletzt aufgerufen 26.07.2018); Brandenburg an der Havel, Deutschland, 18.-19. Mai 2017. Herausgegeben von Ulrike Freitag, Frank Fuchs-Kittowski, Friedhelm Hosenfeld, Andreas Abecker, Dietmar Wikarski

Hackmann, Ralf (2015): Building and managing next generation geo apps. In: *Geospatial World Forum 2015*, Lisbon. <https://geospatialworldforum.org/speaker/SpeakersImages/%20Ralf%20Hackmann.pdf> (zuletzt aufgerufen 26.07.2018)

Hauswirth, M., Bluhm, M. (2017): Biodiversitätsmonitoring in der Ausschließlichen Wirtschaftszone (AWZ); In: *Tagungsband des 24. Workshops "Umweltinformationssysteme 2017 - Vernetzte Umweltdaten (UIS 2017)" des Arbeitskreises "Umweltinformationssysteme" der Fachgruppe "Informatik im Umweltschutz" der Gesellschaft für Informatik (GI)*; Brandenburg an der Havel, Deutschland, 18.-19. Mai 2017. Herausgegeben von Ulrike Freitag, Frank Fuchs-Kittowski, Friedhelm Hosenfeld, Andreas Abecker, Dietmar Wikarski. <http://ceur-ws.org/Vol-1919/paper4.pdf> (zuletzt aufgerufen 26.07.2018)

Heber M., Kruse K. (2016): map.apps Kartenanwendung - „Bodenatlas Deutschland“ digital. In: ESRI-Anwendertreffen Norddeutschland, LGLN, Hannover, 10. Mai 2016. http://www.pointsgeoinformatik.de/fileadmin/dateien/BGR_Kruse_Bodenatlas.pdf (zuletzt abgerufen 27.07.2018)

Protalinski, Emil (2017): Google's speech recognition technology now has a 4.9% word error rate. <https://venturebeat.com/2017/05/17/googles-speech-recognition-technology-now-has-a-4-9-word-error-rate/> zuletzt abgerufen: 26.07.2018

Uhlenkükén, Christoph (2018): „map.apps - Innovative Apps für Web und Mobile“. <https://www.conterra.de/mapapps> (zuletzt aufgerufen 26.07.2018)

Beitrag E: Jörn Kohlus, Karina Krampf

Ein Namensdienst für die Küste

A Name Service for the Coast

Jörn Kohlus ¹, Karina Krampf ²

¹ LKN Nationalparkverwaltung Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer,
joern.kohlus@lkn.landsh.de

² M.Sc. Geographie Universität Heidelberg, karina.krampf@gmx.de

Abstract

A Maps is the tool for orientation in unknown areas, for the orientation on maps text labels are needed. For the orientation on digital spatial data in coastal areas, a name service will be built up based on the German Coastal Gazetteer. A gazetteer is a multidimensional link-list of geographic names, geographic objects and their positions. The Coastal Gazetteer considers additional the contemporaneity.

This data is stored in a PostGIS-database. For the name service it is filtered for a time validity. The results are transformed by Geoserver to an OGC-conform WMS. To design the labels YSLD (Styled Layer Descriptor described with YAML) is used. The properties of the geo-objects influence the presentation. The properties of the geo-objects are crucial for label styling. For the scale dependent display of the labels and the font size a priority of the object types is introduced.

Zusammenfassung

Um sich in unbekanntem Raum zu orientieren benötigt man eine Karte, um sich auf einer Karte zu orientieren, benötigt man Beschriftungen. Für diese Aufgabe wird ein Namensdienst auf Basis des Deutschen Küstengazetteers aufgebaut. Ein Gazetteer verbindet Ortsnamen mit ihrer geographischen Lage und einem dort befindlichen Objekt. Der Küstengazetteer berücksichtigt zusätzlich noch die Gleichzeitigkeit.

Für den Namensdienst werden die Daten des Gazetteers, die in einer PostGIS-Datenbank inklusive geographischer Verortung und Zeitgültigkeiten abgelegt sind, gefiltert und mittels Geoserver OGC-konform als WMS ausgegeben. Die Gestaltung der Beschriftung wird mittels

YSLD (Styled Layer Descriptor auf YAML basierend) umgesetzt. Die Eigenschaften der Geoobjekte gehen in die Gestaltung ein. Für die maßstabsabhängige Anzeige der Namen und die Größe der Schrift wird eine Priorisierung in Abhängigkeit vom Objekttyp vorgenommen.

1 Einleitung und Motivation

Seit der Antike werden Karten verwendet, um sich im Raum insbesondere in unbekanntem Gelände zu orientieren. Dies ist allerdings nur möglich, wenn Orte im Raum mit einem Namen definiert sind. Dabei werden diese Namen durch uns Menschen definiert und bleiben dabei so veränderlich wie die Gesellschaft selbst. Um sowohl diese Veränderungen aufzuzeigen, als auch den aktuellen Stand aufzuzeigen dient ein sogenanntes Gazetteer – ein Ortsnamensverzeichnis, das die zeitliche Veränderung von Raum und Namen beinhaltet.

Heute entstehen zunehmend kartenähnliche Abbildungen durch automatisierte Datenanalysen: auf ein einfaches Land- und Wasserschema werden Radarsignale vom Regen projiziert, Wasserströmungen werden von numerischen Modellen generiert oder Oberflächen werden durch Interpolation berechnet. Zur Orientierung wünscht sich auch hierbei der Betrachter entsprechend des jeweiligen Maßstabes eine passende Beschriftung am richtigen Platz mit Ortsbezeichnungen zur Orientierung.

Insbesondere Küstenregionen unterliegen steter Veränderung durch Erosion und Verlandungen. Mit den physischen Gegebenheiten ändern nicht nur Regionen und Wasserkörper ihr Erscheinungsbild, sondern auch das Leben der Menschen vor Ort. Einhergehend mit diesem Wandel wechseln auch die Namen von Fluren, Landschaften und Gewässern oder das geographische Erscheinungsbild. Wechselnde Herrschaft, Gebietsreformen und politischer Wandel wirken auf die Namen von Orten, Straßen und Landmarken. Namen sind nicht auch sprachlich historisch geprägt, verändern sich durch Lautverschiebung, Notation und bei Veränderungen der Lokalsprache.

Ein Namensdienst, der über die Zeit anwendbar ist, benötigt somit als Basis einen Raum-Zeit sensitiven Gazetteer als Basis und muss mit dessen Funktionalitäten korrespondieren.

2 Der Küsten-Gazetteer

2.1 Gazetteers

Gazetteers im technischen Sinn, umfassen die Verknüpfung von Koordinaten und Informationen zu einem benannten Ort. Adresssysteme, die im Hintergrund eines jeden Navigationsgerätes stehen, lassen sich als eine spezifische Form des Gazetteers auffassen. Im simpelsten Sinn können Gazetteers aus einer Namensliste verknüpft mit Mittelpunktskordinaten bestehen. Statt Mittelpunktskordinaten können für die Geometrie Boundingboxen oder auch Polygone hinterlegt sein, solche Ansätze werden häufig bei GIS-Systemen oder WEB-Map-Angeboten [Berman 2014] verwendet. Viele Gazetteers beschränken sich aber auch auf Angaben zum Ort und eine Zentralkoordinate wie der frühe, seit 1987 aufgebaute und umfassende Getty Thesaurus of Geographic Names [J. Paul Getty Trust 2017] und von den 58 durch [Manguinhas et al. 2009] untersuchten Gazetteers stellt nur einer Polygone für den Ortsbezug bereit.

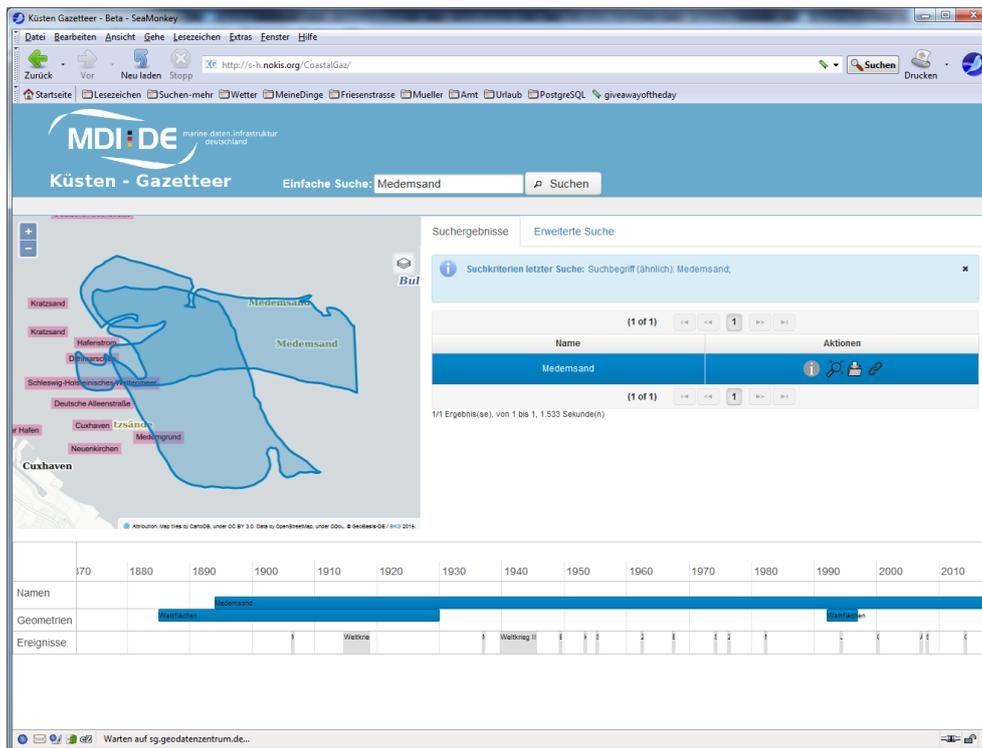


Abbildung 1: der Medemsand im Frotend des Küstengazetteers mit zwei historischen Erstreckungen Ebenda bei [Manguinhas et al. 2009] findet sich ein Verweis auf 22 Gazetteers bei denen Zeitangaben berücksichtigt sind. Allerdings verweisen die meisten auf historische Orte, für die nur ein Punkt angegeben ist oder es sind gar Sammlungen

historischer Ortsbezeichnungen ohne Georeferenz. Dies gilt auch für viele „Historical Gazetteers“, die von der American Association of Geographers [AAG 2015] angeführt werden. Solche Systeme dienen vor allem dazu, bekannte Namen auf einer Kartendarstellung zu finden und liefern statische Informationen zu einem historischen Namen oder Ort.

Der Begriff „Gazetteer“ wird zweideutig verwendet. Zum einen für eine Sammlung von Ortsbezeichnungen und zugeordneten Informationen und andererseits als Werkzeug zur Nutzung dieser Informationen. Die Konzepte, das Datenmodell und die Software des Küstengazetteers ist jederzeit für andere Gebiete adaptierbar, ein entsprechendes Onomastikon (im Gazetteer verfügbarer Namens-Wortschatz) mit Geometrien und zeitlichen Eigenschaften sowie geeignete Objekttypen müssen bereitgestellt werden. Der Küstengazetteer enthält die Funktionalitäten eines dynamischen historischen Atlas und lässt die Veränderung von Gebieten und ihren Bezeichnungen (Abbildung 1) verfolgen oder erlaubt es auch zeitliche komplex Fundsituationen zu beschreiben.

Ziel bei der Entwicklung des Küstengazetteers war es aber, von Beginn [Kohlus & Heidmann 2006] an den Gazetteer funktional zu nutzen:

- wie ein Thesaurus als Namensreferenzsystem für das Nord- und Ostseeküsteninformationssystem (NOKIS) aufgegangen in der Marinen Dateninfrastruktur Deutschland (MDI-DE).
- zur Unterstützung der Suche mit Namen in den Metadaten von NOKIS
- zur Bereitstellung von Geometrien mittels der Eingabe eines Namens u.a. für die Metadatengenerierung
- als Informationssystem zu Namen im Küstenbereich
- zur Namensrecherche für Geoobjekte eines Gebietes

Weitere Anwendungen z. B. zur Referenzierung textueller Informationen oder die Verknüpfung mit einem Dienst zur Beschriftung von Karten, wurden zwar bedacht aber nicht implementiert. Dieser Beitrag greift letzteren Punkt auf, der Erstellung eines Namensdienstes zur Beschriftung von Karten.

2.2 Namen an der Küste

Der Wandel wird am deutlichsten aus dem Flugzeug: über viele Quadratkilometer sind im nordfriesischen Watt die Reste besiedelten Landes und von Siedlungen zu

erkennen. Teile des untergegangenen Landes werden durch Abtragung sichtbar und zerstört, andere von Sedimenten wieder überdeckt. Ein rasanter Wandel in einer vom Land zum Meer großräumig veränderten Landschaft, der sich heute gut mittels hochauflösender Radarsatelliten verfolgen lässt [Gade et al. 2017].

Mit dem Untergang des Landes haben Siedlungsnamen ihre Bedeutung verloren, einige finden sich heute als Teile der Namen von Prielen wieder. Inseln wurde zerteilt und die Stücken tragen heute eigene Namen, gelten als divergente Inseln. Der größte Teil des Landes am Meer der schleswig-holsteinischen Westküste ist auf einige Kilometerbreite keine hundert Jahre alt – das Produkt von Bedeichungen: Köge entstanden und bekamen Namen, gingen unter und wurden unter gleichem oder anderen Namen neu erbaut [Kohlus 2014].

Trischen, erst Trieschen genannt, bekam seinen Namen als der Buschsand Bewuchs bekam und als Insel angesehen wurde. Die Spuren eines großen Hofes und von Sielen und anderen Bauten in den 30iger Jahren sind längst im Westen im Meer verschwunden. Um die 30 Meter Jahr für Jahr verlagert sich die Insel gen Osten und wird rapide kleiner. Etwas nördlich davon wandelte sich die Sandbank Blauort zu einer Sandinsel und verschwand fast. Und nun gibt es da erneut ein Gebilde mit Namen „Blauort“. Südlich von Trischen steht auf den jährlich nachgeführten Seekarten, dass die Veränderungen so stark sind, dass eine Navigation nicht nach der Karte erfolgen soll. Nach kaum einer Hand voll Jahren lassen sich die alten Namen tragenden Strukturen kaum wiederfinden.

Für den alten Blauort sind 31 Fundstellen meist unterschiedlicher Namensform [Falkson 2000, Bd. 2, S. 408f] nachgewiesen. Nahe dabei im Dithmarscher Watt gibt es ein Russenloch und schon Wracksucher animierte. Wer den Ursprung des Namens linguistisch verfolgt, landet bei einem Rüschenloch, dass vermutlich auf Schilf verweist [Falkson 2000, Bd. 2, S. 456]. Die weiter im Norden lebenden Friesen leisten sich sogar auf den jeweiligen Inseln ein unterschiedliches Friesisch zu sprechen und so auch für geographische Dinge unterschiedliche Bezeichnungen verwenden.

In den 1860ern wurde ihnen und den anderen Schleswigern von den Dänen die Benutzung von Plattdeutsch und Deutsch überhaupt verboten. Als bald darauf eine preußischer Kartograph den Namen eines Stromes in der Eider für die ersten Meßtischblätter notierte fragte er am Nordufer. Etwas mißverstanden wurde es nicht

entsprechend dem friesisch beeinflussten Eiderstedter Plattdeutsch ein Pornstrom sondern ein Porrenstrom. Hätte er sich am Südufer erkundigt, wäre er – wie dort noch heute gebräuchlich – ein Granatstrom geworden. Verstanden hat er die Namen im Plattdeutsch der benachbarten Regionen vermutlich nicht, denn sonst hätte er ihn ins Hochdeutsch übertragen als Krabbenstrom notieren können.

Hier zeigt sich, dass auch ohne die im Kontaktraum Küste vielen fremdsprachlichen Ortsbezeichnungen – über 80 Exonyme für Hamburg, Hamburgo, Hamburgos, - bereits lokale Sprache zu Unterschieden und Veränderungen über die Zeit bei Ortsnamen wirkt.

Um diesem allseitigen und allzeitigen Wandel zu entsprechen wurde der Deutsche Küstengazetteer entwickelt, der die Datenbasis für den Namensdienst bildet.

2.3 Konzept und Daten

Um mit dieser Vielfalt der Erscheinungen und Benennungen umzugehen, führt der Küstengazetteer ein abstraktes Objekt ein und greift hier Konzepte von [Hill 2006] für den Alexandiran Digital Gazetteer auf. Das abstrakte Gazetteerobjekt (Abbildung 2) verbindet die über die Zeit sich geometrisch und möglicherweise qualitativ veränderten geographischen Formen mit den verschiedenen Namensgebungen in der Zeit. Die Verbindung einer Geometrie mit einem geographischen Diskreta wird hier als Geoobjekt angesprochen.

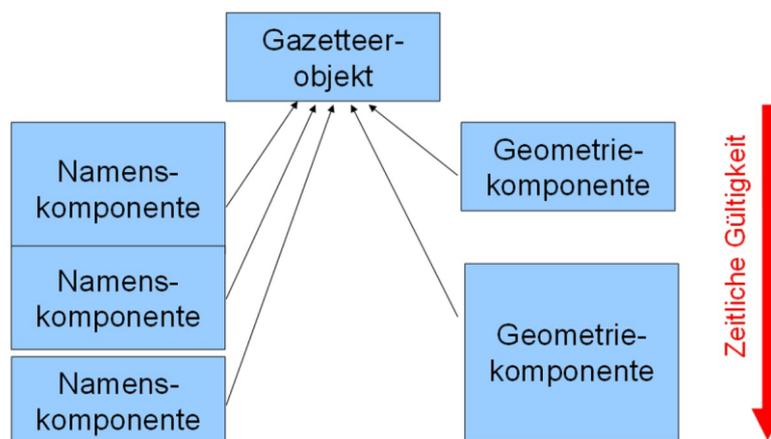


Abbildung 2: Das Gazetteer-Objekt als Konstrukt einer zeitlich übergreifenden Sammlung von Namen und Geometrien [aus Roosmann et al. 2013]

Die Verbindung der Komponenten, die oft keine klare Abgrenzung aufweisen, kann nicht als einfache Beziehung aufgefasst werden. So tragen Objekte bspw. eine Insel

in einigen zeitlichen Perioden teils mehrere Namen, wobei oft hiervon nur einer einen offiziellen Status hat. Es gibt also aus Sicht der Geometrie für den Zeitraum der Gültigkeit einen prioritären Namen und alternative Bezeichner in unterschiedlichen Sprachen oder linguistischen Domänen.

Ebenfalls ist die Abgrenzung der Geometrie oft schwierig zu erfassen. Eine Geometrie für ein Objekt z. B. Insel Trischen kann schon innerhalb kurzer Zeit ihre Gültigkeit verlieren. Andererseits hatte die datumsscharfe Umbenennung von einigen wenigen Kögen, die z. B. nach führenden Politikern in der NS-Zeit benannt worden waren, keinen Einfluss auf die Geometrie und die Manifestation des Gazetteerobjektes als „Koog“. Die Veränderung von Namen und Geoobjekt unterliegt unabhängigen Regeln. So kann für einen Namen die prioritäre Geometrie eine andere sein, als wenn für eine Geometrie der prioritäre oder „beste“ Name angegeben werden soll.

Der „richtige“ Name für eine Geometrie oder die richtige Lageangabe für das, was einen Namen hat (Namensobjekt), ist dementsprechend eine Perspektivfrage, und das manchmal selbst dann, wenn der Zusammenhang von Name und Geometrie zu einem exakten Zeitpunkt gesucht wird.

Das seewärtige Wortgut wird seit 2018 stetig über die Auswertung von Seekarten des Bundesamtes für Seeschifffahrt und Kartographie in Kooperation gewonnen. Historische Karten aus dem Land- und Wasserbereich, Namenserhebungen vor Ort und Literaturlauswertungen u.a. werden im See- und Küstenbereich ausgewertet. Im vorwiegend der Orientierung dienenden Landbereich nutzt der Gazetteer zudem Daten des Bundesamtes für Kartographie und Geoinformation (BKG), für dessen Infrastruktur umgekehrt auch Daten zuguliefert werden.

3 Implementierung und Labelling

In der aktuell erarbeiteten Version berücksichtigt der Namensdienst nur rezente Namen, für die auch der umfangreichste Datenbestand besteht, mit den von ihnen repräsentierten Objekte. Die Daten werden in einer PostgreSQL Datenbank¹⁰ mit Post-

¹⁰ <https://www.postgresql.org/> zuletzt aufgerufen 30.08.2018

GIS-Erweiterung¹¹ für Geodaten abgelegt und mittels SQL Abfragen OGC-konform als WMS über Geoserver als Schnittstelle ausgegeben (Abbildung 3).

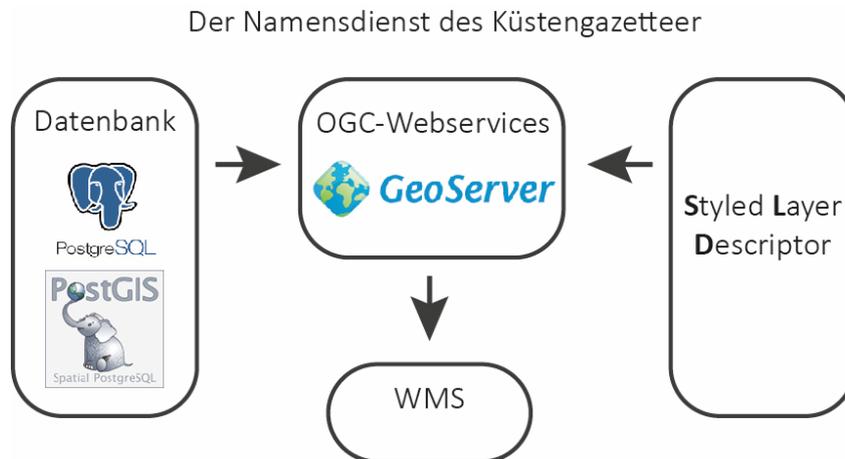


Abbildung 3: Schematischer Aufbau des Namensdienstes.

Das Wissen über die vorliegenden Daten ist essentiell, da nur so das entsprechende Label in geeignetem Layout zugewiesen werden kann. Um nicht für jedes Objekt einzeln eine Beschriftung anfertigen zu müssen, wurden verschiedene Klassen gebildet, die auf Kriterien wie zum Beispiel Objekttyp beruhen. Neben dem passenden Layout wurden weiterhin Maßstabskriterien sowie Prioritäten festgelegt, die bestimmen, in welchem Maßstab welche Objektnamen angezeigt werden sowie welche Labels bei Überschneidungen in den Vordergrund rücken.

3.1 Gestaltung der Labels

Für die Gestaltung der Beschriftungen wurde anhand der Objekttypen unterschieden. Diese beinhalten bspw. Siedlungen, Flüsse, Wattgebiete und Landschaften. Die farbliche Gestaltung richtet sich hierbei nach dem Typ und so werden z.B. Gewässer mit blauer Schrift dargestellt [Tyner 2010].

Für den Schriftstil wurde zwischen *italic*, **bold** und normal unterschieden, wobei italic physisch-geographische (Gewässer, Landschaften, Inseln usw.) und normal humangeographische (Siedlungen, Baudenkmäler etc.) Inhalte aufzeigen. Eine Unterscheidung von Gazetteerobjektgruppen durch Schriftart wurde bisher nicht vorgenommen, sodass aktuell alle Labels in Tahoma dargestellt werden. Die Schriftart ist abhängig von den auf dem System verfügbaren fonts. Dabei ist im Allgemeinen

¹¹ <https://postgis.net/> zuletzt aufgerufen 30.08.2018

darauf zu achten, dass mehr als zwei Schriftarten in einer Karte unübersichtlich und unruhig wirken. Sans-Serifen Schriften eignen sich gut für Web-Publishing, da sie eine gute Lesbarkeit am Bildschirm garantieren [Buckley 2011]. Die Schriftgröße sollte 13 Pixel nicht unterschreiten, wird jedoch an die Maßstabebene des Labels angepasst. Weiterhin wurden Städte höchster Zentralität fett geschrieben, da sie als bedeutendstes Kriterium der Verortung gesehen werden.

Die Priorität, die aussagt, welche Labels dargestellt werden, sobald es zu Überschneidungen kommt, richtet sich zu großen Teilen nach der Maßstabebene und so werden „wichtigere und größere“ Objekte vorrangig mit Beschriftungen versehen. An einer Verfeinerung der Prioritätseinteilung wird aktuell noch gearbeitet.

3.2 Maßstab

Das wichtigste Kriterium für die Auswahl und Anzeige der im Onomastikon verfügbaren Namen ist der Maßstab. Daraus ergibt sich die komplexe Frage, welche Namen ausgewählt werden.

Bei einem sehr kleinen Maßstab sucht der Betrachter eine grobe Orientierung, um sich dann in den Teilraum seiner Fragestellung hinein zu zoomen. Im großen Maßstab werden die Namen nicht für eine grobe Orientierung, sondern zur Bezeichnung und Identifizierung der Objekte gewünscht. Auf welchem Skalenniveau der Nutzer eines Namensdienstes nur eine grobe Orientierung sucht und auf welchem es um Objektidentifikation geht, scheint vorrangig eine unbestimmbare Größe entsprechend der Fragestellungen des Nutzers zu sein.

Nun typisiert der Küstengazetteer die mittels Geometrie erfassten Objekte nach geographischen Eigenschaften und differenziert hier bei küstentypischen Objekten weit mehr als die Typisierungen des amtlichen topographisch-kartographischen Informationssystems (ATKIS) oder in den Katalogen für die INSPIRE Richtlinie. , aber all diese typisierten Objekte können dimensioniert werden. Achsenerstreckung, Flächengröße und Objekttyp können also im Verhältnis zum Darstellungsmaßstab, der Darstellungsfläche und der optischen Auflösung als Auswahlkriterium verwendet werden.

Wie sich in der technischen Umsetzung zeigt, ist es sinnvoll, die Objekte verschiedenen Maßstabsklassen zuzuordnen, in denen das Label angezeigt wird,

diese Klasse wird nach der Einteilung als Attribut den Daten hinzugefügt. Bisher werden vier Klassen unterschieden (Tabelle 1), dabei richtet sich die Einordnung der Elemente im Regelfall nach der Fläche. Ausnahmen werden bei Städten, Bauwerken, Infrastruktur und Flüssen unternommen. Im Fall der Siedlungen erfolgt die Einteilung nach der Auflistung der Zentralenorte der Bundesländer [Ministerium für Energie, Infrastruktur und Landesentwicklung Mecklenburg-Vorpommern 2016, S. 26-31], [Landesregierung - Ministerpräsident Schleswig-Holstein 2014], [Niedersächsische Landesregierung 2017] und Bauwerke sowie Infrastruktur besitzen einen festen Maßstab. Eine Ausnahme bilden Flüsse. Hier wurden diejenigen, die zumindest in Teilen als Bundeswasserstraße ausgewiesen sind, am höchsten bewertet. Alle weiteren Flüsse wurden im Anschluss nach ihrer Größe eingeteilt.

Klasse	Maßstab	Fläche [km ²]
4	1 : 13.000.000 bis 1 : 3.000.000	>700
3	1 : 4.000.000 bis 1 : 30.000	65-700
2	1 : 750.000 bis 1 : 1.000	0.1-65
1	1 : 50.000	<=0.1

Tabelle 1 Maßstabsklassen nach Flächengröße.

3.3 Technische Umsetzung als SLD

Technisch wird die Anzeige der Beschriftung mittels YAML Styled Layer Descriptors (kurz YSLD) umgesetzt. Eine YSLD-Datei, die alle Objekttypen sowie die Maßstabsklassen enthält, kann sowohl beliebig erweitert als auch auf den gesamten Datensatz angewandt werden. Durch die Unterteilung in Maßstabsklassen und Objekttypen gelingt es Beschriftungsregeln zusammenzufassen (*nested rules*).

Für jeden Objekttyp, der einer bestimmten Regel (Schriftart, -farbe, -stil) unterliegt, wird eine Hauptregel definiert (Abbildung 4) Gleichzeitig erfolgt die Bestimmung von Zeichenabstand (charSpacing) und Platzierung.

```
define: &BAHNH_BAUPR_KIRCH_LEUCHT_HFHAF
  label: ${name}
  fill-color: '#000000'
  font-family: Arial
  font-style: normal
  font-weight: normal
  x-charSpacing: 0
  x-goodnessOfFit: 0.1
  x-spaceAround: 10
  placement: point
  anchor: [0.5,0.5]
```

Abbildung 4: Ausschnitt aus YSLD. Definition der Hauptregel.

Im Anschluss können dem Filter alle Darstellungsregeln im *TextSymbolizer* folgen (Abbildung 5).

```

rules:
- name: Poly
  scale: [min,130000000]
  symbolizers:
  - polygon:
    stroke-color: '#FFFFFF'
    stroke-width: 0.2
    fill-color: ${recode(objekttyp,'SIEDL','#e37375','ABFLU','#a5bfdd','BAUPR','#411c04','BAHNH','#636375')}
    fill-opacity: 0.5
- name: SIEDL4
  filter: ${scale=4 AND objekttyp='SIEDL'}
  scale: [400000,1300000]
  symbolizers:
  - text:
    <<: *SIEDL
    font-size: 13
    font-weight: bold
    x-labelPriority: 100
- name: SIEDL3
  filter: ${scale=3 AND objekttyp='SIEDL'}
  scale: [30000,400000]
  symbolizers:
  - text:
    <<: *SIEDL
    font-size: 12
    font-weight: normal

```

Abbildung 5: Ausschnitt aus SLD. Auszug aus TextSymbolizer. Recode Function am Beispiel font-style.

Dieses Vorgehen muss für alle Gestaltungskriterien der Objekte durchgeführt werden.

Neben dem Schriftbild wird die Priorität der Darstellung auf der Karte berücksichtigt. Hierfür wird wie für den Maßstab ein Attribut (Zahl zwischen 0 und 100) dem Datensatz hinzugefügt und mit der Funktion *Priority* (Abbildung 5) ausgelesen. Für die bisherige Darstellung wurde die Maßstabszahl genutzt. Eine Unterscheidung der Priorität erfolgt anhand des Objekttyps. An einer genaueren Unterteilung wird gearbeitet.

4 Zusammenfassung und Ausblick

Der Namensservice für die Küstenregionen basiert auf den Ressourcen und der Datenmodellierung für den Deutschen Küstengazetteer. Während der Gazetteer-Service darauf ausgerichtet ist, eine Recherche nach Namen oder mittels Namen auf externe Datenbestände und Texte durchzuführen, zielt der Namensservice auf eine kartografische Nutzung des Datenbestandes. Derzeit stellen rezente Namen den größten Teil des Datensatz dar. Für diese umfangreichsten rezent gültigen Namen eine zielgerechte Auswahl und Darstellung zu finden, ist eine Lösung, die sich mit geringer Anpassung auch für historische Zustände nutzen lässt, die in zukünftigen Arbeiten untersucht werden sollen.

Das Labeling wird mittels YAML Styled Layer Descriptor umgesetzt und ist derzeit auf Webpublishing optimiert. Eine Anpassung auf die erweiterten Möglichkeiten bei der Erstellung von gedruckten Karten (Print-Edition) bietet sich an. Statt einfacher Sans-Serif Schrift kann hier eine Serifenschrift eine bessere Lesbarkeit liefern. Weiterhin sollen unterschiedliche Styles wie bspw. Graustufen oder Schriftpuffer entwickelt werden, um für jede Kartengrundlage die optimalen Ergebnisse liefern zu können.

5 Literaturverzeichnis

- AAG - American Association of Geographers (2015): Historical GIS Clearinghouse and Forum. Historical Gazetteers. http://www.aag.org/cs/projects_and_programs/historical_gis_clearinghouse/historical_gazetteers. (aufgerufen am 05.05.2018)
- Berman, M. L. (2014): Research Bibliography. http://sites.fas.harvard.edu/~chgis/gazetteer/gazetteer_web_services.html (aufgerufen am 05.05.2018)
- Buckley, Aileen (2011): Cartographic design for web maps. Online: <https://blogs.esri.com/esri/arcgis/2011/08/04/cartographic-design-for-web-maps/>. (aufgerufen am 28.02.2018)
- Falkson, K. (2000): Die Flurnamen des Kirchspiels Büsum (Dithmarschen) – einschließlich der Flurnamen des Dithmarscher Wattenmeeres. Bd. 1 u. 2. Kieler Beiträge zur Deutschen Sprachgeschichte, Bd. 20.1 und 20.2. Neumünster. , ():
- Gade, M., Kohlus, J., Mertens, C. (2017): Archaeological Surveys on the German North Sea Coast Using High-Resolution Synthetic Aperture Radar Data. In: *37th International Symposium of Remote Sensing of the Environment*, At Tshwane, South Africa, May 2017, Conference Paper.
- Hill, L. L. (2006): Georeferencing. The Geographic Associations of Information. 280 pp. Cambridge, MA (US).
- J. Paul Getty Trust (2017): About TGN. <http://www.getty.edu/research/tools/vocabularies/tgn/about.html> (aufgerufen am 6.5.2018)
- Kohlus, J. & C. Heidmann (2006): Ein digitaler Gazetteer für die Küste. In: Traub, K.-P. & J. Kohlus (Hrsg.): *GIS im Küstenzonenmanagement*. S. 180 - 191.
- Kohlus, J. (2014): Exkurs: Dithmarscher Köge. In: Verein für Dithmarscher Landeskunde, Red. M. Gietzelt: *Geschichte Dithmarschens - 1559-1918*, Heide, S. 135-142.
- Kohlus, J.; Sellerhoff, F.; Thang-Trong-Nhan, V.; Lehfeldt, R.; Roosmann, R. und Alcacer-Labrador, D. (2014): Der Deutsche Küstengazetteer, ein service-basiertes Instrument zur Referenz und Kommunikation von Ortsbezeichnungen. In: *Die Küste, 82, Marine Daten-Infrastruktur Deutschland MDI-DE*, S. 81-96.
- Landesregierung - Ministerpräsident Schleswig-Holstein (2014): Raumordnungsbericht 2014. In: Schleswig-Holsteinscher Landtag, Drucksache 18/2082. https://www.schleswig-holstein.de/DE/Fachinhalte/L/landesplanung_raumordnung/Downloads/raumordnungsbericht_sh_2014.pdf?__blob=publicationFile&v=2 (aufgerufen am 1.6.2018).
- Manguinhas, H., B. Martins, J. Borbinha, W. Siabato (2009): The DIGMAP Geo-Temporal Web Gazetteer Service. e-Perimtron, Vol. 4, No. 1, 2009 [9-24]

Ministerium für Energie, Infrastruktur und Landesentwicklung Mecklenburg-Vorpommern (Hrsg.) (2016): Landesraumentwicklungsplan Mecklenburg-Vorpommern. <https://www.regierung-mv.de/serviceassistent/download?id=1576266> (aufgerufen am 1.6.2018).

Niedersächsische Landesregierung (2017): Verordnung zur Änderung der Verordnung über das Landes Raumordnungsprogramm Niedersachsen (LROP). In: Nds. GVBl. Nr. 3/2017 vom 16.02.2017, S. 25-44. (Lesefassung: <https://www.ml.niedersachsen.de/download/114579/Lesefassung.pdf>) (aufgerufen am 1.6.2018).

Roosmann, R., Labrador, D.A., Kohlus, J., Helbing, F., Sellerhoff, F., Vo, T-T-N & R. Lehfeldt (2013): Service-orientierter Gazetteer für die Küste. In: Traub, K.-P., Kohlus, J. & T. Lüllwitz (Hrsg.): *Geoinformationen für die Küstenzone*. Band 4, Karlsruhe.

Tyner, Judith A. (2010): Principles of map design. Guilford Press: New York.

Beitrag F: Friedhelm Hosenfeld, Andreas Rinker, Klaus Schnack

Wasser- und Pegelportale

Water Level Portals

Friedhelm Hosenfeld¹, Andreas Rinker¹, Klaus Schnack¹

¹*Institut für Digitale Systemanalyse & Landschaftsdiagnose (DigSyLand)*
[/hosenfeld|rinker|schnack}@digsyland.de](mailto:{hosenfeld|rinker|schnack}@digsyland.de)

Abstract

This contribution describes tasks and implementation options regarding the publishing of water and gauge related information by German state authorities on the Internet. Exemplary solutions of Schleswig-Holstein, Mecklenburg-Vorpommern, Hamburg and Berlin were examined.

Zusammenfassung

Dargestellt werden Aufgabenstellungen und Umsetzungsmöglichkeiten für die Bereitstellung von Wasser- und Pegelinformationen durch Behörden der Bundesländer zur Information der Öffentlichkeit im Internet. Beispielhaft werden Lösungen aus Schleswig-Holstein, Mecklenburg-Vorpommern, Hamburg und Berlin betrachtet.

1 Einführung und Überblick

Die meisten Bundesländer stellen Informationen über aktuelle Wasserstände an ausgewählten Pegelstandorten für die Öffentlichkeit im Internet zur Verfügung. Im vorliegenden Beitrag werden exemplarisch einige Aspekte dieser Wasser- und Pegelportale betrachtet, die sowohl die präsentierten Daten als auch technische Lösungswege der Datenaufbereitung und der Darstellung betreffen.

Zunächst werden Grundlagen und Ziele sowie die betrachteten Portale eingeführt. Darauf folgt ein Überblick über die in den Portalen angebotenen Daten und Darstellungsformen. Aus technischer Sicht werden anschließend einige server- und clientseitige Lösungswege beschrieben.

1.1 Grundlagen und Ziele

Ein grundlegendes Ziel der Pegelportale besteht darin, Interessierte über die aktuelle Situation bei Hochwasser oder drohendem Hochwasser zu informieren. In der Regel wird dabei durch eine schnell und intuitiv zu erfassende Farbsymbolik die Wasserstandssituation auf einer Karte des entsprechenden Bundeslandes dargestellt (Abbildung 1).

Als Datengrundlage dienen Messdaten, die an den Pegelstandorten in der Regel automatisiert erfasst werden und die zuständigen Landes- und Bundesbehörden bei der Erfüllung ihrer Aufgaben unterstützen. Die Pegeldaten werden durch Datenfernübertragung in die IT-Systeme der zuständigen Behörden übertragen und dort beispielsweise in Datenbanken verwaltet, analysiert und qualitätsgesichert.

Die Darstellung der Daten im Web im Rahmen von Wasserportalen geschieht daher auf der Basis bereits erhobener Daten. Um diese ohne Zeitverzug präsentieren zu können, werden die hochaktuellen Daten in die Wasserportale ungeprüft ohne Qualitätssicherung übertragen. Entsprechende Hinweise zur Interpretation finden sich dazu auf den Portalseiten. Durch technische Fehler (z.B. defekte Pegel) kann es daher vorkommen, dass kurzzeitig auch nicht korrekte Daten präsentiert werden, die jedoch nach erfolgter Qualitätssicherung gekennzeichnet bzw. korrigiert werden. Neben den durch die Bundesländer selbst erhobenen Pegeldaten werden Pegeldaten der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV) im Geschäftsbereich des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur verwendet. Diese werden über das gewässerkundliche Informationssystem PEGELONLINE¹² sowohl in Portalform als auch über Schnittstellen und Dienste zur Einbindung in eigene Portale angeboten [Mothes 2009; Michl et al. 2005].

Neben dem aktuellen Zustand ist zur Einschätzung der Hochwassersituation auch die Präsentation von Trends und der zeitlichen Entwicklung der Wasserstände wichtig. Um insbesondere auch Nichtfachleuten eine Beurteilung zu ermöglichen, werden Vergleichsangaben auf der Basis von sogenannten Hauptwerten oder auch Warn- und Alarmstufen bereitgestellt.

¹² PEGELONLINE: <http://www.pegelonline.wsv.de> (aufgerufen am 02.07.2018)

1.2 Beispielhaft betrachtete Portale

DigSyLand ist beteiligt an der Entwicklung folgender Wasserportale, so dass mit Einverständnis der Betreiber im Rahmen dieses Beitrags exemplarisch einige Realisierungsaspekte dargestellt werden können:

- **Hochwasser- und Sturmflutinformation Schleswig-Holstein¹³**

Verantwortlich: Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume Schleswig-Holstein, Landesbetrieb für Küstenschutz, Nationalpark und Meeresschutz, Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt, Natur und Digitalisierung [Hosenfeld & Hach 2012]

- **Pegelportal Mecklenburg-Vorpommern¹⁴**

Verantwortlich: Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern, Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt Mecklenburg-Vorpommern

- **Warndienst Binnenhochwasser Hamburg (WaBiHa)¹⁵**

Verantwortlich: Landesbetrieb Straßen Brücken und Gewässer Hamburg, Behörde für Umwelt und Energie Hamburg

Entwicklung: hydro & meteo GmbH & Co. KG, Lübeck.

- **Wasserportal Berlin**

Verantwortlich: Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz Berlin
Dieses Portal befindet sich derzeit noch in der Entwicklung und ist daher noch nicht im Internet freigegeben.

2 Daten und Darstellungen

2.1 Dargestellte Daten

Einige Parameter und Datenarten werden von allen Portalen angeboten. Diese werden je nach Bundesland noch um zusätzliche Informationen ergänzt:

¹³ HSI SH: <http://www.hsi.schleswig-holstein.de/> (aufgerufen: 02.07.2018)

¹⁴ Pegelportal M-V: http://pegelportal-mv.de/pegel-mv/pegel_mv.html (aufgerufen am 02.07.2018)

¹⁵ WaBiHa: <http://www.wabiha.de> (aufgerufen am 02.07.2018)

- **Aktueller Wasserstand** und Vergleich mit Hauptwerten
Insbesondere der aktuelle Wasserstand dient als erster Indikator einer Hochwassersituation. In der Regel wird der Wasserstand in Metern über Normalhöhennull (NHN) oder in Zentimetern bezogen auf den Pegelnullpunkt (PNP) angegeben. Um die Bedeutung des tatsächlichen Wasserstandes für den einzelnen Pegel einschätzen zu können, wird der Wasserstand mit den Hauptwerten des Pegels, z.B. dem mittleren Wasserstand (Mittelwasser), in Beziehung gesetzt und entsprechend symbolisiert.
- **Trend:** Aktuelle Entwicklung des Wasserstands
In manchen Pegelportalen wird explizit der Trend des Wasserstandes anhand der letzten Veränderungen ermittelt und mittels einer groben Skala (steigt, bleibt gleich, fällt) angezeigt (Abbildung 6, Abbildung7).
- **Wasserstandsganglinien** (Zeitreihen)
Detaillierte Auskunft zur Entwicklung des Wasserstandes liefern Ganglinien des Wasserstandes, in denen der Wasserstand und die Hauptwerte (z.B. Mittelwasser, mittleres Niedrigwasser, mittleres Hochwasser) sowie die Alarm- bzw. Warnstufen in Diagrammform für einen Zeitraum (z.B. die letzte Woche) dargestellt werden (Abbildung 2, Abbildung7).
- **Durchfluss**
Als weitere Information wird zum Teil der Durchfluss (Wasservolumen pro Zeiteinheit) dargestellt: Als aktueller Wert, aber auch als Zeitreihe.
- **Niederschlag**
Zur besseren Beurteilung der aktuellen Entwicklung werden in einigen Fällen Niederschlagsdaten ausgegeben.
- **Weitere Daten**
Insbesondere bei dem derzeit in Entwicklung befindlichen Wasserportal Berlin steht die allgemeine Bereitstellung von gewässerkundlichen Messdaten im Vordergrund, so dass dort auch Daten zur Wassertemperatur, Leitfähigkeit, pH-Wert sowie zu Sauerstoffgehalt und –sättigung abrufbar sein werden.
- **Ergänzende Informationen**
 - a) Hochwasser- und Sturmflutwarnungen
Warntexte, die zum Teil manuell von den zuständigen Behörden übernommen werden und im Falle der Nordsee- und der Ostseeküste

automatisiert vom zuständigen Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH)¹⁶ übernommen werden.

- b) Zu den weiteren Informationen zählen modellierte Vorhersagedaten, Stammdaten der Pegel sowie Hinweise zur Bedienung und Interpretation der Daten.

2.2 Darstellungsformen: Karten, Diagramme und Tabellen

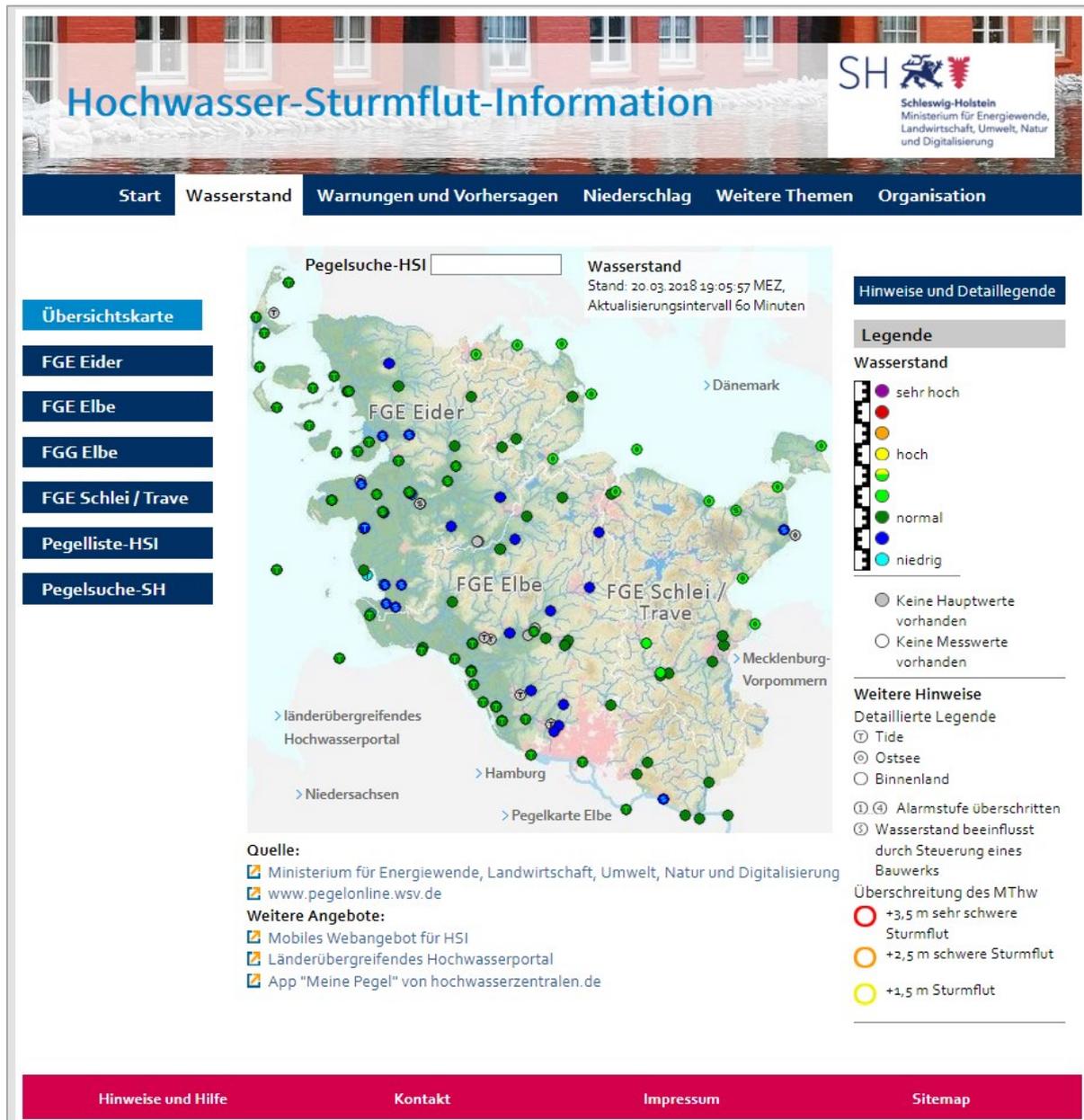


Abbildung 1: Startseite HSI Schleswig-Holstein mit der aktuellen Wasserstandssituation

¹⁶ Warnungen des BSH: <http://www.sturmflutwarnungen.de/> (aufgerufen am 22.03.2018)

3 Technische Grundlagen und Lösungswege

Im Folgenden werden einerseits die technischen Aspekte auf Backend- und Server-Seite und andererseits die Lösungsmöglichkeiten auf Clientseite betrachtet.

3.1 Serverseitige Voraussetzungen und Lösungen

3.1.1 Vorüberlegungen

Insbesondere für Pegelportale, für die in einer Hochwassersituation mit einer stark erhöhten Zahl von Zugriffen gerechnet werden muss, hat sich eine technische Lösungsvariante bewährt, nach der zumindest für die Start- und Übersichtsseite alle Darstellungselemente vorprozessiert und größtenteils statisch bereitgestellt werden. Weitergehende Informationen, die nur auf der Basis von Datenbankabfragen präsentiert werden können (z.B. Ganglinien für frei wählbare Zeiträume) werden dann auf weniger frequentierten Seiten bzw. erst nach Nutzer-Interaktion (gezieltes Anklicken eines Pegels) angeboten.

3.1.2 Präprozessierung

Im Rahmen der Präprozessierung werden alle notwendigen Daten aus den Datenquellen (Datenbanken, Dienste und Datendateien) zusammengeführt und die Web-Seiten des Portals mit den geänderten Daten neu erzeugt. Im Ergebnis entstehen statische Web-Seiten, die allerdings auf dynamisch erzeugte Inhalte verweisen können. Bereits bei der Zusammenstellung der Web-Seiten können Fehler erkannt und geeignet behandelt werden, wie z.B. nicht verfügbare Datenbanken oder Dienste. Zudem kann optional die Erzeugung der Seiten auf unterschiedliche Systeme verteilt werden, wenn dies die IT-Architektur zulässt. So wird in Schleswig-Holstein die Präprozessierung zeitgesteuert auf einem behördeninternen System durchgeführt. Erst die erzeugten Web-Seiten werden dann automatisiert auf den Web-Server transferiert, so dass der Web-Server nur für das Ausliefern der Web-Seiten genutzt wird.

3.1.3 Randbedingungen

Wichtig ist die Anzeige der Aktualität der jeweiligen Web-Seite, so dass für die Nutzenden erkennbar ist, welcher Datenstand präsentiert wird.

Zeitgesteuerte Prozesse dürfen sich nicht behindern. So muss automatisch erkannt werden, ob vorgelagerte Prozesse zur Erzeugung der Dateien korrekt terminiert sind.

Die Zeitsteuerung kann durch automatische Erkennung des Hochwasserfalls dynamisch geregelt werden und dann eine häufigere Aktualisierung aktivieren, z.B. alle 15 statt 60 Minuten.

Zu berücksichtigen ist, dass Caching-Mechanismen serverseitig korrekt konfiguriert sein müssen, um die Erneuerung der Web-Seiten eindeutig zu erkennen und immer die aktuellsten Versionen auszuliefern.

Da der Web-Server im Fall hoher Zugriffszahlen, die sich zu einem sehr großen Teil auf die Übersichtsseiten beziehen, nur statische Seiten ausliefern muss und nicht auf Antwortzeiten und zeitaufwendige Kommunikation mit Datenbanken angewiesen ist, hat sich die Präprozessierung der Hauptseiten in der Vergangenheit bewährt. Das Server-Verhalten wurde durch Lasttests analysiert, die diese Erfahrungen bestätigten. Da die Pegelraten auch nur in bestimmten Zeitintervallen abgerufen werden, stellt eine intervallbasierte Aktualisierung der Web-Seiten in der Praxis keinen Aktualitätsnachteil dar.

3.1.4 Technische Alternativen

Eine etwas andere Ausrichtung gilt für das Wasserportal Berlin: Hier steht nicht die Hochwassersituation im Vordergrund, sondern die umfassende Bereitstellung von gewässerkundlichen Informationen, die zur Abrufzeit aus der Datenbank abgefragt werden. Die Erzeugung der Übersichtsseiten der Messstationen wurde jedoch datenbankseitig so optimiert, dass für die Präsentation der überschaubaren Datenmenge die durchgeführten Lasttests keine Engpässe erwarten lassen.

Für die Präsentation von Zeitreihen mit einstellbaren Zeiträumen fällt stärkerer Datenbank-Kommunikationsaufwand an, der jedoch auch aufgrund geringerer Zugriffszahlen, die durch stärkere Nutzerinteraktivität bedingt sind, serverseitig bewältigt werden kann.

3.1.5 Vorprozessierte Ganglinien

Für die Vorprozessierung von Ganglinien finden sich serverseitig zwei Alternativen: Einerseits werden die Gangliniengrafiken als fertige Bilder erzeugt (Abbildung 2).

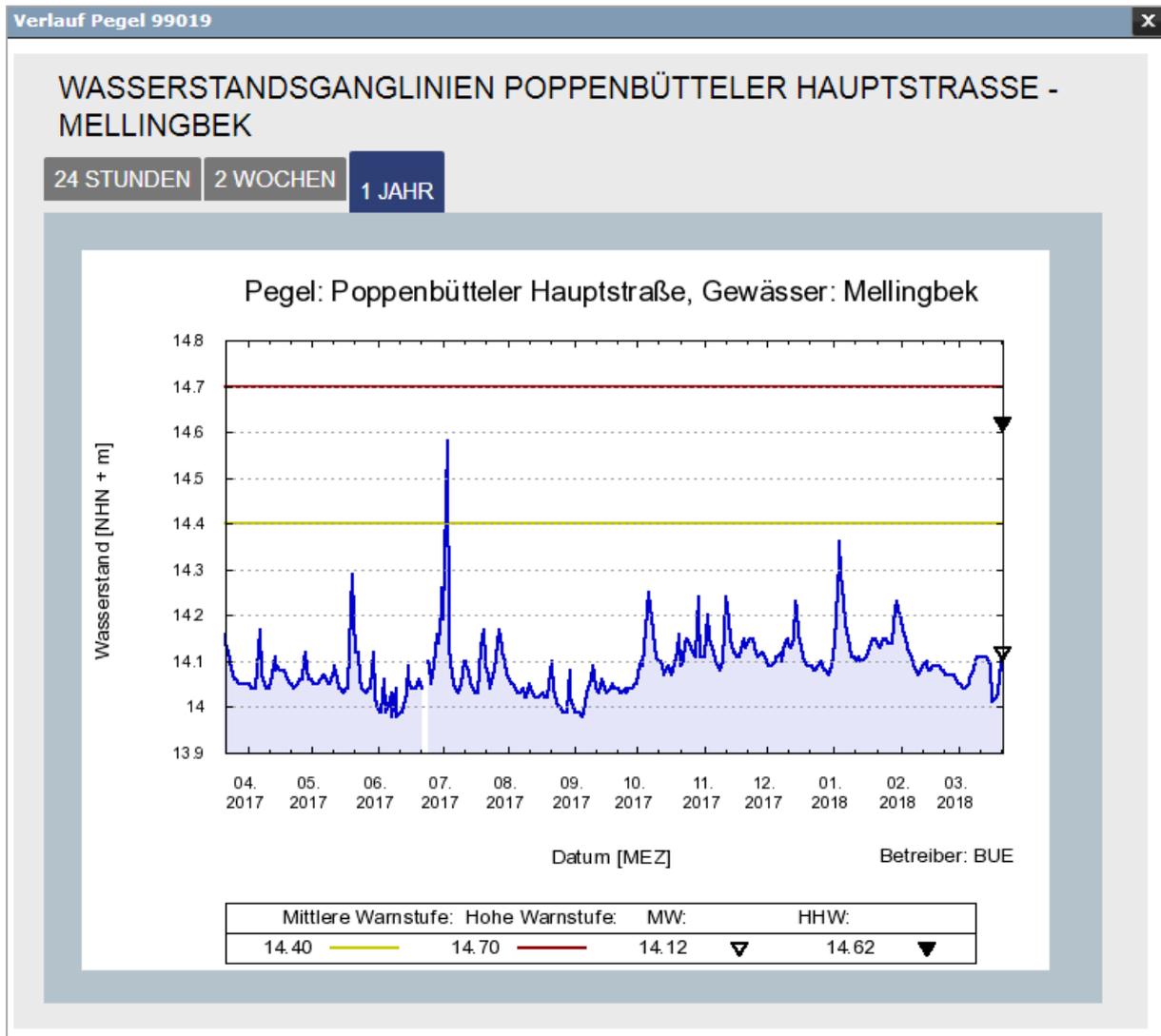


Abbildung 2: Beispiel von Ganglinien für vordefinierte Zeiträume als Bilddatei mit Anzeige von Hauptwerten und Warnstufen (WaBiHa)

In der in Mecklenburg-Vorpommern eingesetzten Variante werden andererseits die Daten für jeden Pegel in einer (dann statisch geladenen) JavaScript-Datei erzeugt, so dass im Client eine dynamische Auswahl der Anzeigedaten erfolgen kann, ohne dass serverseitige Datenabrufe erforderlich sind (Abbildung 3).

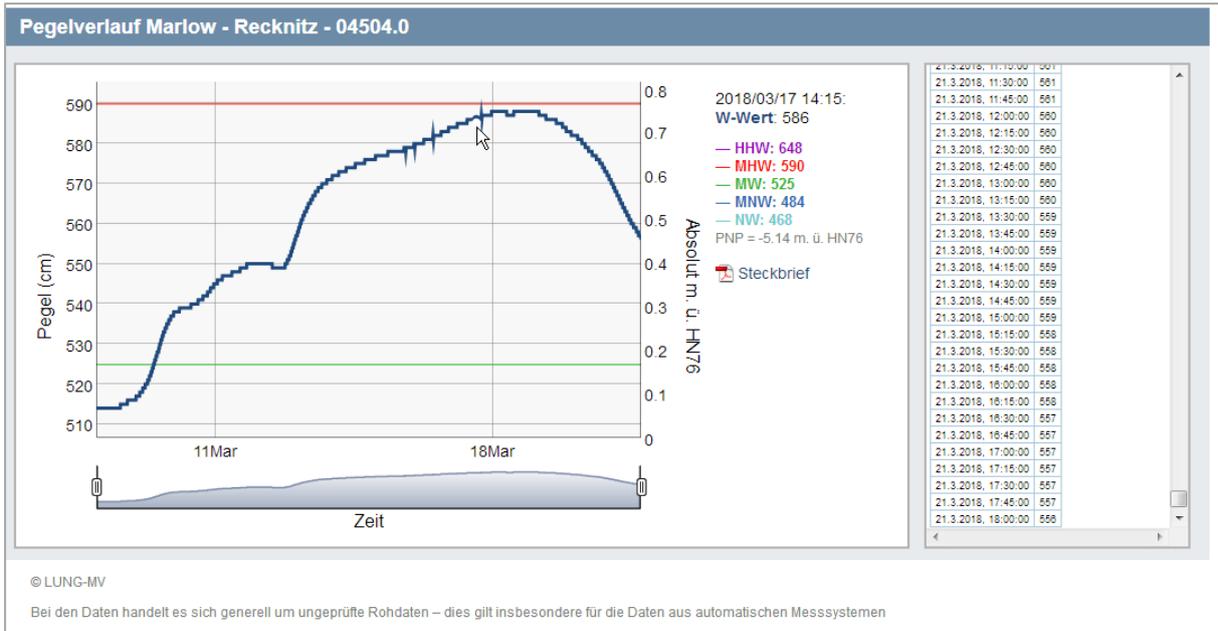


Abbildung 3: Ganglinien mit Interaktionsmöglichkeiten im Client auf Basis statischer JavaScript-Daten (Pegelportal M-V)

3.2 Frontend-Lösungen im Client

3.2.1 Kartendarstellung

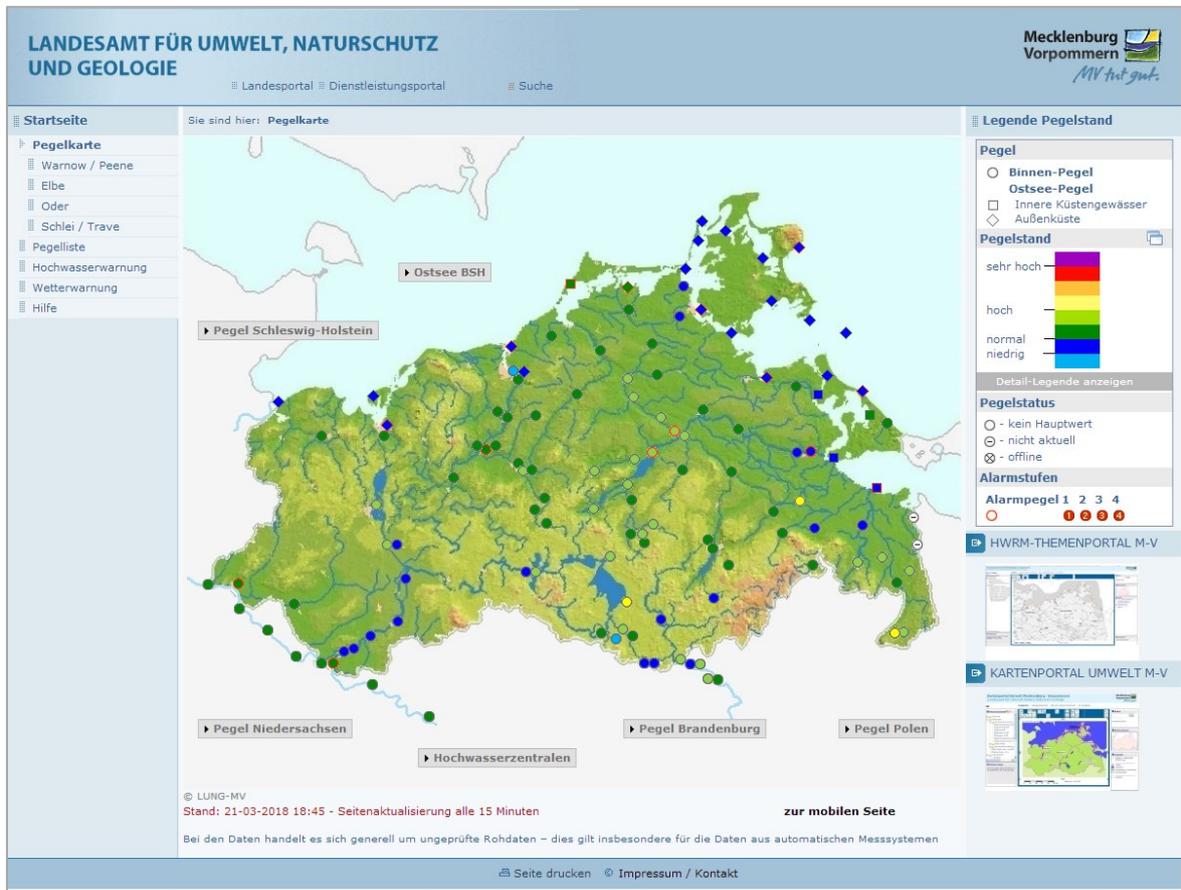


Abbildung 4: Statische Übersichtskarte auf der Startseite des Pegelportals Mecklenburg-Vorpommern

Speziell für die Kartendarstellung der Pegel muss eine technische Grundsatzentscheidung getroffen werden, ob fest vorgegebene Kartenausschnitte präsentiert werden oder frei wählbares Zoomen und weitere Funktionen auf der Karte durch den Anwender ermöglicht werden sollen.

Für die Portale in Schleswig-Holstein, Mecklenburg-Vorpommern und Hamburg erfolgte aufgrund der Ausrichtung auf Hochwassersituationen, die eine einheitliche gleichbleibende Orientierung mit geringem technischen Aufwand sowohl auf Server- als auch auf Client-Seite erfordern, die Festlegung auf vorgegebene Kartenausschnitte (Abbildung 1, Abbildung 4). Zum Teil sind zusätzlich zur Gesamtansicht des Landes Flussgebiete bzw. festgelegte Detailkarten für nahe beieinanderliegende Pegel abrufbar.

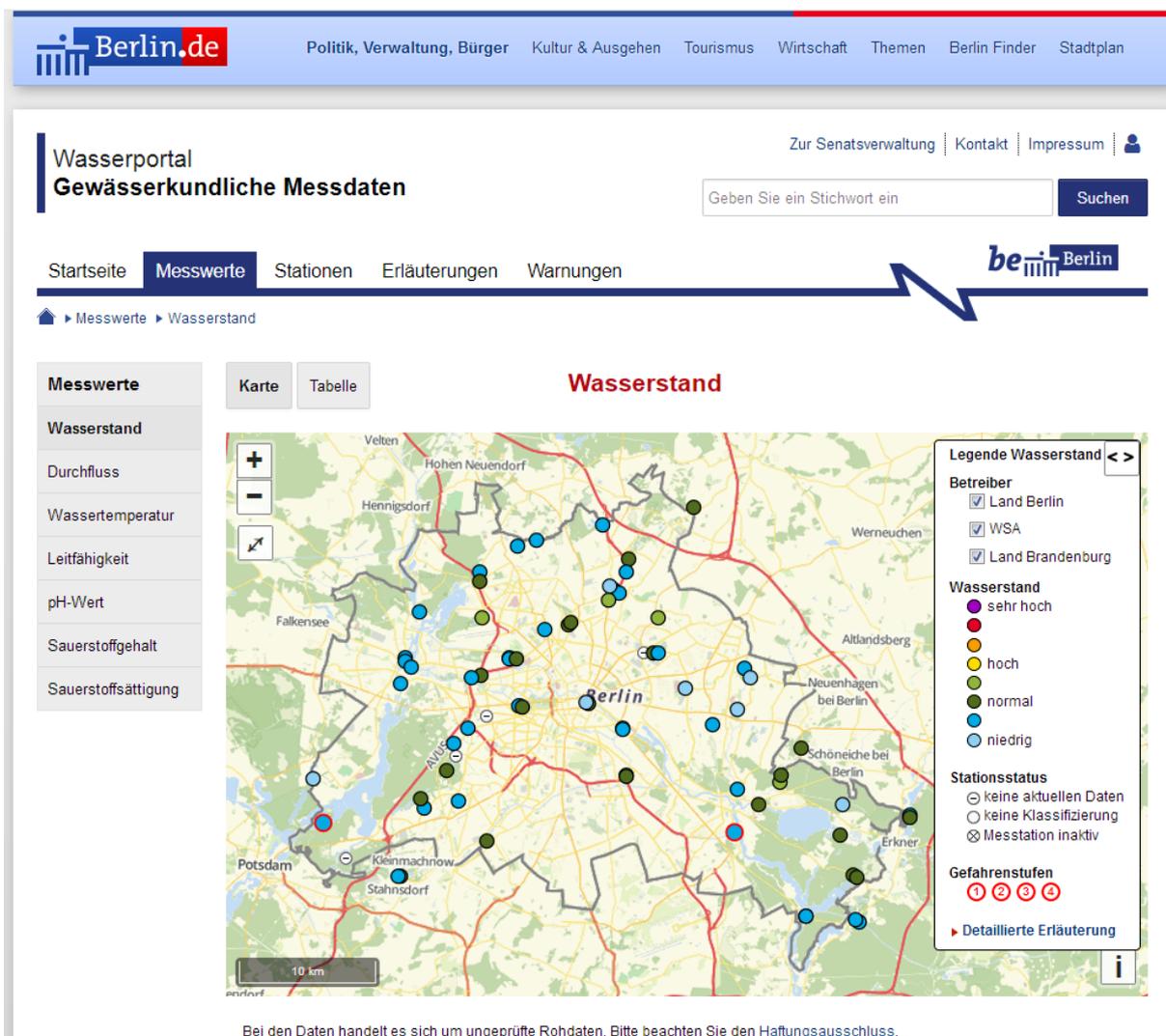


Abbildung 5: Dynamische Wasserstandskarte des Wasserportals Berlin (prototypische Ansicht des Entwicklungssystems)

Aufgrund seiner allgemeineren Ausrichtung auf gewässerkundliche Daten mit weitergehenden Auswertungsmöglichkeiten wurde im Wasserportal Berlin eine dynamische Kartenanzeige auf der Basis der JavaScript-basierten Bibliothek OpenLayers¹⁷ realisiert (Abbildung 5). Da die WebGIS-Funktionen im Client umgesetzt werden, wird keine nennenswerte Belastung des Servers durch die bereitgestellten GIS-Funktionalitäten wie Zoomen, Ausschnittverschiebung oder auch Vollbildanzeige verursacht, wenn auch berücksichtigt werden muss, dass diese Funktionen im Gegensatz zur rein statischen Kartenbildauslieferung jeweils Server-Anfragen auslösen.

3.2.2 Pegelinfo

Alle Portale bieten beim Überfahren mit der Maus Informationen zu dem jeweiligen Pegel in einem Info-PopUp-Bereich (Abbildung 6, Abbildung 7).

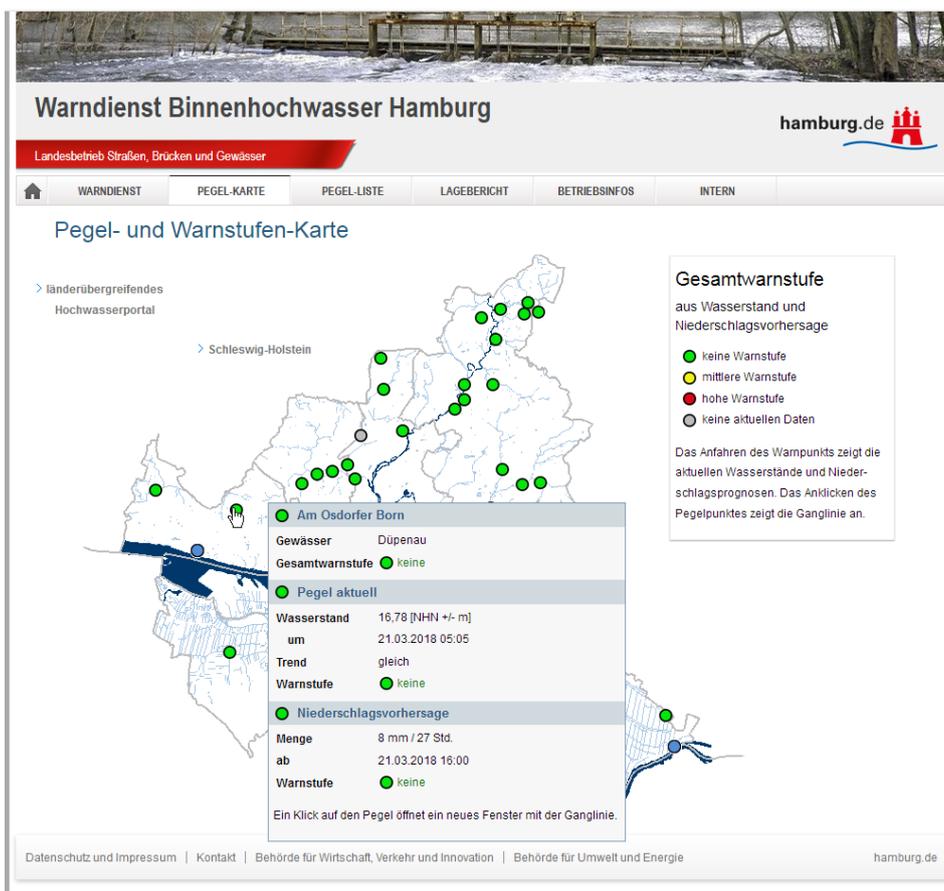


Abbildung 6: Pegel-Karte des Warndienstes Binnenhochwasser Hamburg mit Mouse-Over-Anzeige aktueller Pegelinformationen

¹⁷ OpenLayers: <https://openlayers.org/> (aufgerufen am 02.07.2018)

Diese Informationen werden für alle angezeigten Pegel bereits mit dem Aufruf der Seite in den Browser geladen, so dass sie sofort verfügbar sind und keine asynchronen Aufrufe auf Serverseite erzeugen.

Im Hochwasser- und Sturmflutinformationssystem Schleswig-Holstein werden für landeseigene Pegel vorprozessierte Vorschaugrafiken angezeigt, während für die Pegel der WSV Gangliniengrafiken von PEGELONLINE über eine REST-API abgerufen werden (Abbildung 7).

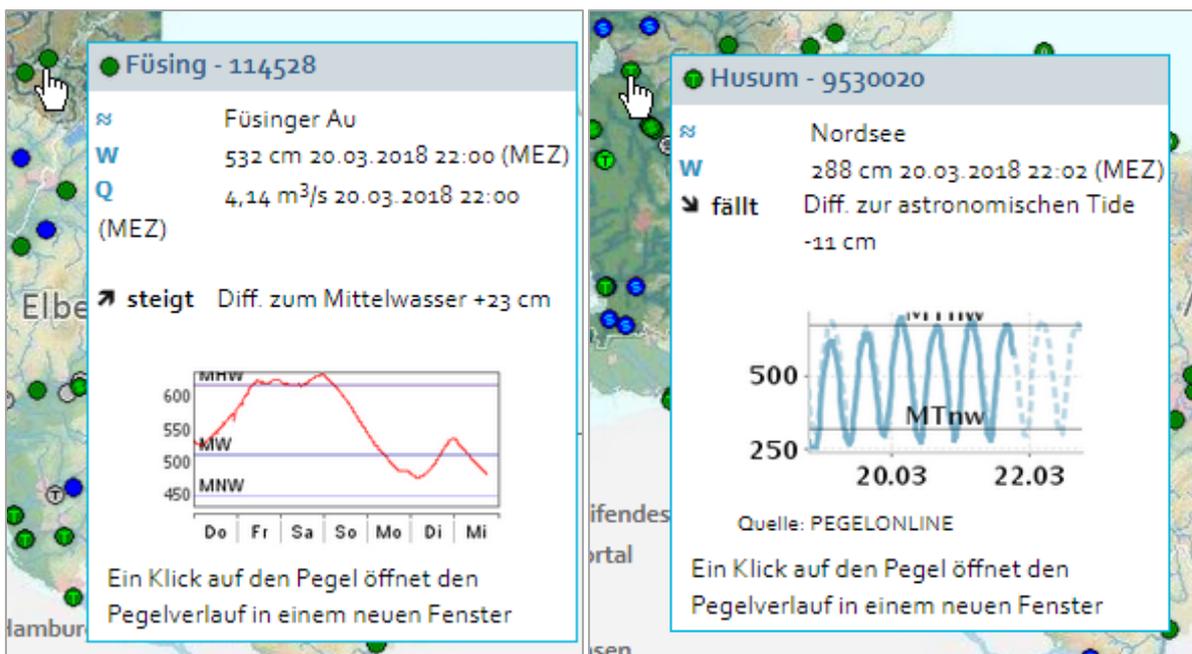


Abbildung 7: Mouse-Over-Anzeige mit präprozessierter Vorschaugrafik der Ganglinie (HSI SH), links: Landespegel, rechts: PEGELONLINE

3.3 Weitere Aspekte

3.3.1 Länderübergreifendes Hochwasserportal und mobile Seiten

Die Bundesländer stellen ausgewählte Pegelinformationen und Kurzinformationen zur Lage nach einem einheitlichen XML-Format für das länderübergreifende Hochwasserportal¹⁸ (LHP) bereit. Dort werden alle Pegel für ganz Deutschland auf einer Übersichtskarte dargestellt, die ergänzt wird durch eine tabellarische Zusammenfassung mit Kurzinformationen für jedes Bundesland. Für Detailinformationen führt eine Verlinkung zu dem jeweiligen Hochwasserportal der einzelnen Länder.

¹⁸ Länderübergreifendes Hochwasserportal: <http://www.hochwasserzentralen.de/> (aufgerufen am 02.07.2018)

Die für die LHP-Schnittstelle erforderlichen XML-Dateien werden von den Bundesländern im Rahmen der Präprozessierung der Web-Seiten erzeugt, so dass synchrone Informationen mit dem eigenen Pegelportal vorliegen und kein zusätzlicher Prozess erforderlich ist.

Ebenfalls während der Präprozessierung werden die Daten für ein Framework erzeugt, das von mehreren Bundesländern einheitlich genutzt wird und die wichtigsten Pegelinformationen in einer für Mobilgeräte besonders geeigneten Form darstellt (Abbildung 8). Das Datenmodell basiert auf den Formaten für das LHP, so dass die Bereitstellung des Mobil-Frameworks mit wenig Pflegeaufwand zu realisieren ist.

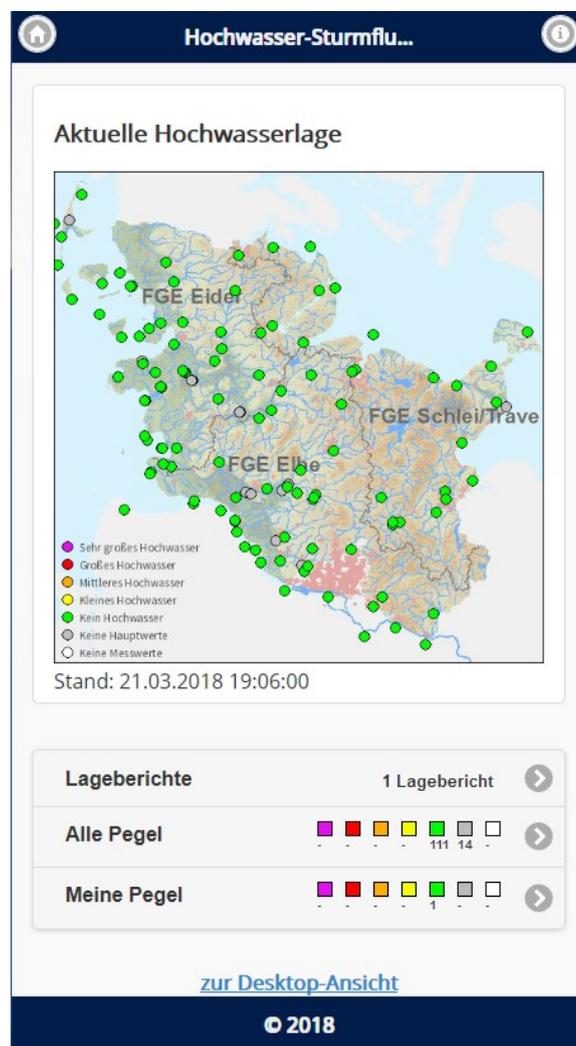


Abbildung 8: Für Mobilgeräte optimierte Web-Anwendung

4 Zusammenfassung und Ausblick

Für den Aufbau von Wasser- und Pegelportalen werden in den Bundesländern ähnliche Anforderungen zugrunde gelegt, die sich allerdings auch in Bezug auf Details und insbesondere auf die vorhandenen technischen und organisatorischen Rahmenbedingungen, die zum Teil unterschiedliche Lösungswege erfordern, unterscheiden. Bestimmte Grundmechanismen und Techniken haben sich bewährt und werden in ähnlicher Weise eingesetzt, dazu zählt die Präprozessierung von Web-Darstellungen, die die komfortable Bereitstellung aktueller Hochwasserinformationen auch bei hohen Zugriffszahlen gewährleistet.

Einen Sonderfall bildet in mancher Hinsicht das Wasserportal Berlin, das seinen Fokus weniger stark auf Hochwasserinformation, sondern auf weitergehende Auswertungsmöglichkeiten und flexiblere Präsentationsformen gewässerkundlicher Daten setzt. In Bezug auf dynamische GIS- und Datendarstellungen kann es daher auch mit speziellen Portalen wie etwa dem Wasserkörper- und Nährstoffinformationssystem Schleswig-Holstein WANIS [Hosenfeld et al. 2016] verglichen werden.

Die Produktivsetzung des Wasserportals Berlin ist für dieses Jahr geplant, während sich die anderen Portale bereits seit längerer Zeit im Produktivbetrieb befinden, aber auch kontinuierlich an aktuelle Anforderungen und Rahmenbedingen angepasst werden.

Danksagung

Die Autoren danken den Verantwortlichen der Portale für die Erlaubnis der exemplarischen Darstellung und die Unterstützung, insbesondere der Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz Berlin, dem Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume Schleswig-Holstein, dem Landesbetrieb Straßen Brücken und Gewässer Hamburg und dem Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern.

5 Literaturverzeichnis

Hosenfeld, F. & Hach, R. (2012): Hochwasser- und Sturmflutinformationssystem Schleswig-Holstein (HSI-SH). In: *Umweltbundsamt: Umweltinformationssysteme - Frühwarn- und Informationssysteme für den Hochwasserschutz*, 24. Workshop des Arbeitskreises „Umweltinformationssysteme“ der Fachgruppe „Informatik im Umweltschutz“, UBA Texte

08/12, <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/umweltinformationssysteme-4>, S.9 – 18 (aufgerufen am 02.07.2018).

Hosenfeld, F.; Tiffert, J.; Trepel, M. (2016): Wasserkörper- und Nährstoffinformationssystem Schleswig-Holstein. In: *Proc. of the 23rd Workshop UIS2016*, Leipzig, Germany, June 1-2, 2016, <http://ceur-ws.org/Vol-1781/paper4.pdf>, S. 55-65 (aufgerufen am 02.07.2018).

Michl, C.; Steinmann, F.; Reineke, A. (2005): The Hydrological IT Framework of the Federal Waterways and Shipping Administration. In: *Hřebíček J., Ráček J. (eds.): Informatics for Environmental Protection - Networking Environmental Information*. EnviroInfo Brno 2005, <http://enviroinfo.eu/sites/default/files/pdfs/vol112/0568.pdf>, S. 568-572. (aufgerufen am 02.07.2018).

Mothes, D. (2009): Aktuelle Entwicklungen der Gewässerkunde des DLZ-IT der Bundesverwaltung für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung. *Vortrag beim Workshop des Arbeitskreises „Umweltinformationssysteme“ der Fachgruppe „Informatik im Umweltschutz“*, veranstaltet am 4. und 5. Juni 2009 in Hof/ Saale. http://www.ak-uis.de/ws2009/09_Mothes.pdf (aufgerufen am 02.07.2018).

Beitrag G: Christian Jolk, Björn Zindler, Harro Stolpe, Roman Wössner, Andreas Abecker

Planning and Decision Support Tools for Integrated Water Resource Management on River Basin Level in South Africa on the Example of the Middle Olifants Sub-Basin

Christian Jolk¹, Björn Zindler¹, Harro Stolpe¹, Roman Wössner², Andreas Abecker²

¹*Institute of Environmental Engineering and Ecology, Ruhr University Bochum,*
christian.jolk@rub.de

²*Disy Informationssysteme GmbH, andreas.abecker@disy.net*

Abstract

This paper presents methods and software tools for GIS-based planning and decision support in Integrated Water Resources Management. The approach results from the BMBF-funded research project "Integrated Water Resources Management in the Pilot Region Middle Olifants River, South Africa - MOSA". The tools developed provide an overview of quaternary river basins in order to identify hot-spot areas with increased problem intensity with regard to water quality and with a priority need for action.

Zusammenfassung

In diesem Beitrag werden Methoden und Softwaretools zur GIS-basierten Planung und Entscheidungsunterstützung im Integrierten Wasserressourcenmanagement vorgestellt. Der Ansatz resultiert aus dem BMBF-Projekt "Integrated Water Resources Management in the Pilot Region Middle Olifants River, South Africa - MOSA". Die entwickelten Instrumente ermöglichen einen Überblick über Flussteileinzugsgebiete vierter Ordnung, um Hot-Spot-Gebiete mit erhöhter Problemintensität in Bezug auf die Wasserqualität und mit einem vorrangigen Handlungsbedarf zu identifizieren.

1 Objectives

South Africa is facing major challenges in the water sector. The uneven distribution of the water body network and of precipitation leads to water supply shortages especially in the dry season. The water infrastructure and the management of water supply and wastewater treatment are in deficit. The rapid industrial growth, the progressing

urbanization and the industrially organized agriculture lead to increasing water demand and water quality problems. The problems are increased by the fact that South Africa has locations with significant touristic value.

Considering these challenges, different stakeholders, such as local and regional authorities, NGOs, industry, and scientists, are searching for solutions to establish a holistic and sustainable development of the water sector in the future. The integrated approach of the R&D project MOSA, sponsored by the German Federal Ministry of Education and Research (BMBF), helps to analyze and solve water-management related problems in the Middle Olifants sub-basin.

The main project goal was to develop Planning and Decision Support Tools for Integrated Water Resources Management (IWRM) on river basin level with the focus on water quality issues. The Planning and Decision Support Tools (PDST) evaluate the water resources and facilitate the identification and prioritization of sub catchments with increased problem intensity and a necessity for action through IWRM measures. The PDST improve and support decision processes of South African decision makers in the water sector toward a cost-, time- and target-oriented approach.

The Middle Olifants sub-basin is a river basin with stressed water resources. The water quality faces numerous challenges that require an efficient water management in the future. The Water Quality Report of the Department of Water Affairs [Van Veelen 2011] and the Planning Level Review of Water Quality in South Africa [DWA 2011] provide an assessment of the water quality in the Olifants river basin in compliance with the existing conditions in the area. According to the reports, the following water quality problems arise in the Middle Olifants sub-basin and the Steelport:

- Increased salinity and eutrophication of dams and rivers by return flows from agriculture and mining, as well as discharge from wastewater treatment plants
- Increased toxicity due to presence of pesticides and herbicides in the water bodies
- Erosion caused by poor agricultural practice and overgrazing in rural areas
- Groundwater contamination due to inadequate wastewater treatment and leakages from landfills and waste disposals
- High concentrations of sulphate and low pH values in surface water due to the influence of mining, power plants and industry

- Despite the fact of limited data in some parts of the sub-basin, increased heavy metal concentrations are expected

Particular emphasis in the development of the PDST has been laid on the integration of existing knowledge and experiences of South African stakeholders. The limited data availability and quality as well as the uneven distribution of data among different authorities and institutions influenced the development of the PDST.

2 Research Design and Activities

Since the International Conference on Water and the Environment and the United Nations Conference on Environment and Development in 1992, IWRM attracted worldwide attention, see, e.g., Agenda 21 [UNCED 1993]. According to the Global Water Partnership (GWP), IWRM is “a process which promotes the coordinated development and management of water, land and related resources in order to maximize economic and social welfare in an equitable manner without compromising the sustainability of vital ecosystems and the environment” [GWP 2000].

The overall objective of IWRM is “to satisfy the freshwater needs of all countries for their sustainable development”. With the focus on water planning, IWRM should include “the development of interactive databases, forecast models and economic planning models appropriate to the task of managing water resources in an efficient and sustainable manner will require the application of new techniques such as geographical information systems and expert systems to gather, assimilate, analyze and display multisectoral information and to optimize decision-making.” [UNCED 1993].

3 Administration / laws

In order to discuss the water quality issues on a national level the Department of Water Affairs (DWA) published the series “Water Resources Planning System Series” [DWA 2006a, b]. This series deals with political processes, strategies and management tools for assessing the water quality.

According the statement of the DWA [DWA 2006b] “Integrated water quality management should be implemented in a cyclical process aimed at continual improvement (fundamental to the principle of adaptive management). This cycle

occurs at a number of different levels. They range from individual (local) source and resource management initiatives (short-term) through re-consideration of the catchment management strategy (medium-term) to re-consideration of the resource directed measures and vision (long-term).”

Following the DWA [DWA 2011] “water quality planning is directed at addressing the following key issues facing water resource management:

- Balancing the degree to which water, and water quality, is used (e.g. for socio-economic development) with the degree of protection of water resources as natural systems (for current and future generations) requires both political and scientific considerations.
- The nature of the imbalance between the requirement for and supply of water and water quality is such that equitable allocation of these resources is not possible without management intervention.
- Resource directed management of water quality requires certain specialist skills, while decision-making is often complex and may have to be based on uncertain or incomplete data and information.
- Consistent nationwide application of legislation relating to management of water quality is essential.”

To assess the water quality according to the National Water Resource Strategy [DWAF 2004a; DWAF 2004b] and the Resource Directed Management of Water Quality [DWAF 2006a, b], the approaches adopted in these reports are, on the one hand, resource-oriented measures to protect water resources and, on the other hand, measures to control the pollution sources.

An assessment of the water quality of all river basins in South Africa is reported in a study of the DWA [DWA 2011]. This study provides information on the assessment of point and diffuse sources, the environmental conditions of the river basins as well as the impact of human activities on water resources and ecosystems.

The PDST presented in this paper follow the strategy of the DWAF [DWAF 2004a; DWAF 2004b] and improve and specify the methodology of the DWA [DWA 2011] on the example of the Middle Olifants sub-basin.

4 Project area

The investigated Middle Olifants sub-basin is located in the provinces Limpopo, Gauteng and Mpumalanga in the Northeast of South Africa.

Starting at the outlet of the Loskop Dam the Olifants flows in northern direction until it joins the Flag Boshilo Dam. Larger tributaries in this river section are the Moses and the Elands. After the Olifants leaves the Flag Boshilo Dam, it is deflected to Northeast by the Wolkenberg Mountains. At the confluence of the Steelport and the Olifants, the middle river section of the Olifants ends.

The massif of the Wolkenberg Mountains consists mainly of intrusive rocks. Furthermore, extensive sheets of basalt are located in the Springbok Flats, an area in the western part of the Middle Olifants sub-basin. Quaternary deposits can be found in the river valleys and the flood plains. In particular, the basalts are aquifers with high yield.

A large part of the Middle Olifants sub-basin is used for agriculture. Predominately maize is grown in rain-fed agriculture. Soybean, cotton, vegetable, citrus fruits, wheat and tobacco are grown on irrigated fields. Large irrigated areas are found in the river valleys of the Olifants, the Elands and the Moses in close proximity to Loskop Dam and Flag Boshilo Dam. Rain-fed agriculture is found primarily in the Springbok Flats or in areas east of the Olifants.

Main water users are the agriculture for irrigation purposes and the rural and urban population for drinking water supply. Other important water users are hydro-electrical power stations and mines.

5 Methods

The applied method follows the basic ideas of risk assessment for water quality. It is based on concepts for the ecological risk analysis which have been originally developed in Germany, for example by Kiemstedt and Bachfischer [Kiemstedt & Bachfischer 1977] and which have been completed later during the further development according to the European Law of Environmental Impact Assessment from 1985 and amended in 1997, 2003 and 2009 [EC 2011]. Comparing to the European concept, the Environmental Protection Agency in the United States published their Guidelines for Ecological Risk Assessment in 1998 [EPA 1998].

The developed method consists of a contamination risk assessment (water quality). The basic idea for the contamination risk assessment is to combine *contamination potentials* (originating from land uses) and the *sensitivity of natural resources* (here of water resources) which results in a *contamination risk*. Two-dimensional matrices are used to aggregate the contamination potential and the sensitivity of water resources into the risk. The matrices are applied to determine the risk on a scale with the classes “low”, “medium” and “high” [Jolk 2010; Greassidis 2011; Zindler 2012].

The quaternary catchments are the spatial basis on which PDST are being applied. The PDST are instruments to spatially identify and prioritize contamination risks (e.g., diffuse agricultural contamination sources or industrial point sources). The Contamination Risk Tool is used for risk assessment of water quality aspects (groundwater and surface water). The Ranking Tool identifies quaternary catchments with high problem intensities and priority need for IWRM measures.

The PDST are GIS-based. They enable the user to visualize single current situations, the contamination risk assessment and the prioritization (ranking) of quaternary catchments.

5.1 Contamination Risk Tool

The Contamination Risk Tool is used to analyze the contamination risk of water resources in a quaternary catchment. The method described below is based on the estimation of the sensitivity of water resources (groundwater and surface water) and the classification of contamination potentials from different sources, developed in a preceding R&D project about IWRM in Vietnam.

The method has been transferred to and adapted on South African conditions. Based on the currently higher data resolution in South Africa the methodology was further developed in order to increase the accuracy of the conclusions. As already stated above, the basic idea can easily be summarized by the equation:

$$\begin{aligned} & \textit{Sensitivity of water resources} + \textit{Contamination potential of pollutants} \\ & = \textit{Contamination risk} \end{aligned}$$

The contamination risk assessment is being conducted and evaluated for *three contamination paths of pollutants* that affect the water resources:

- *Infiltration (into groundwater)*: Solute pollutants from diffuse and point sources directly infiltrate into the groundwater (e.g., nitrate from agricultural sources, domestic wastewater, industrial wastewater, mine water)
- *Erosive runoff (into surface water)*: Pollutants from diffuse sources are being transported by (erosive) runoff into the surface water (e.g., phosphate and pesticides from fields adsorbed to sediments or organic matter).
- *Direct discharge (into surface water)*: Pollutants from point sources are being discharged into the surface water (e.g., domestic wastewater, industrial wastewater, mine water, seeping landfills).

The *contamination potential* describes the ability of a certain pollutant to negatively affect the water resources. It is graded into four classes (no, low, medium, high). Only the most relevant pollutants for the evaluation of contamination risks in each path have been selected for closer evaluation [Zindler 2012 (with reference to South African conditions)].

The *sensitivity of water resources* describes the relative ease of a contaminant applied on or near the land surface to migrate into the water resource. It is a function of different natural characteristics. The sensitivity is graded into five classes (no, low, medium, high, very high). If more than one parameter is being considered to assess a sensitivity class, matrices help to aggregate different class values into a final class. Parameters considered to assess the sensitivity of groundwater are the aquifer type and areas with an intense use of groundwater. The sensitivity of surface water is assessed according to the parameters of potential soil erosion and the ecological status. The specific regional characteristics of the different project areas are considered [Zindler 2012 (with reference to South African conditions)].

The tool identifies hot spot quaternary catchments regarding the risk of contamination for water resources and helps decision makers to analyze contamination potentials from different sources.

The following subsections give an overview of the combinations leading to the qualitative water risk assessment and the resulting available maps. These maps are compiled in a planning atlas. Disy developed a web-viewer version of the atlas [Jolk 2010; Greassidis 2011; Zindler 2012].

5.1.1 Contamination path 1: infiltration of contaminants into groundwater

Contamination path 1, groundwater sensitivity

The resource sensitivity of groundwater is established for the uppermost groundwater aquifer, also taking into consideration groundwater use.

Groundwater resource sensitivity is classified based on runoff and groundwater use (e.g., solid rock with high runoff (basalt) = high groundwater resource sensitivity or solid rock with low runoff (granite) = low groundwater resource sensitivity) [Barnard & Baran 1999] [Du Troit et al. 1998; Du Troit et al. 1999; Du Troit et al. 2003]. The runoff evaluation of the uppermost groundwater aquifer was carried out based on the hydraulic conductivity classes in hydrological cartography for North Rhine Westphalia NRW [LANUV NRW 2010]. Overlying strata above the groundwater aquifers were not included in the consideration, as these cannot be safely assessed in the chosen scale of 1:800.000. As the protective effect of overlying strata is ignored, the classification of resource sensitivity lies within secure margins.

Areas with high groundwater use (wells) are characterized by high resource sensitivity. This characterization is based on existing risks through contaminant inflow due to unprofessional well construction or well use. A further justification for this characterization is the special need for protection of the directly used groundwater resource.

Contamination path 1, contamination potential

a) Contamination potential of diffuse sources through infiltration of agricultural contaminants

For agricultural areas, a contamination potential through infiltration of nutrients is assumed. The nutrient availability potential is differentiated according to different land use classes [Moolman et al. 1999]. The agricultural areas were defined based on the South African National Land-Cover Database [Fairbanks et al. 2000]. All agricultural areas are classified due to their nutrient availability potential in three contamination potential classes (high, medium and low) [Moolman et al. 1999].

b) Contamination potential of diffuse sources through infiltration of settlement wastewater

Settlements are assumed to have a contamination potential through wastewater infiltration. There are wastewater treatment plants in the Middle Olifants sub-basin but because of the improper operation of the plants and the predominant renovation backlog it could be expected that wastewater is infiltrating.

Settlement density and the location of single houses are used as a basis to classify contamination potential. It is assessed by using topographical maps of South Africa (1:50.000).

The classification of contamination potentials from diffuse sources through wastewater infiltration is carried out according to settlement classes in three grades (e.g., Metropolitan area = high contamination potential or rural scattered = low contamination potential).

c) Contamination potential of point sources through infiltration of contaminants

For point sources such as commercial, industrial facilities and mines, a contamination potential through infiltration of contaminants is assumed. It is considered that most of these facilities do not yet take sufficient actions for groundwater protection.

A comprehensive registry with applied substances is not yet available or still being set up by the authorities. For an initial evaluation on river basin level the topographical maps of South Africa (1:50.000) as well as data of the Ministry of Mineral Resources were used.

By analyzing aerial images an exact site localization of the point sources has been done. All locations were assigned by a sphere of influence (500 m) along the lines of the EU Water Framework Directive [Raschke & Menzel 2005].

The classification of the contamination potential classes is based on the production branches and the types of mineral being exploited in the different mines (e.g., clay dumps = low contamination potential or PGM mines = high contamination potential) [Gauteng Department of Agriculture, Environment and Conservation 2008].

Contamination path 1, groundwater contamination risk

The groundwater contamination risk is the result of the aggregation of groundwater resource sensitivity and the corresponding contamination potential. Figure 1 shows an

example of the aggregation matrices which have been developed for each intersection operation respectively.

Sensitivity groundwater	Very high	No	Very high	Very high	Very high
	High	No	Medium	High	High
	Medium	No	Low	Medium	High
	Low	No	Low	Low	Medium
Path 1 - Contamination risk agriculture		None	Low	Medium	High
		Contamination potential agriculture			

Figure 1: Path 1 – Groundwater contamination risk through infiltration of agricultural contaminants

Figure 2 depicts the groundwater contamination risk due to infiltration of agricultural contaminants in the Middle Olifants sub-basin.

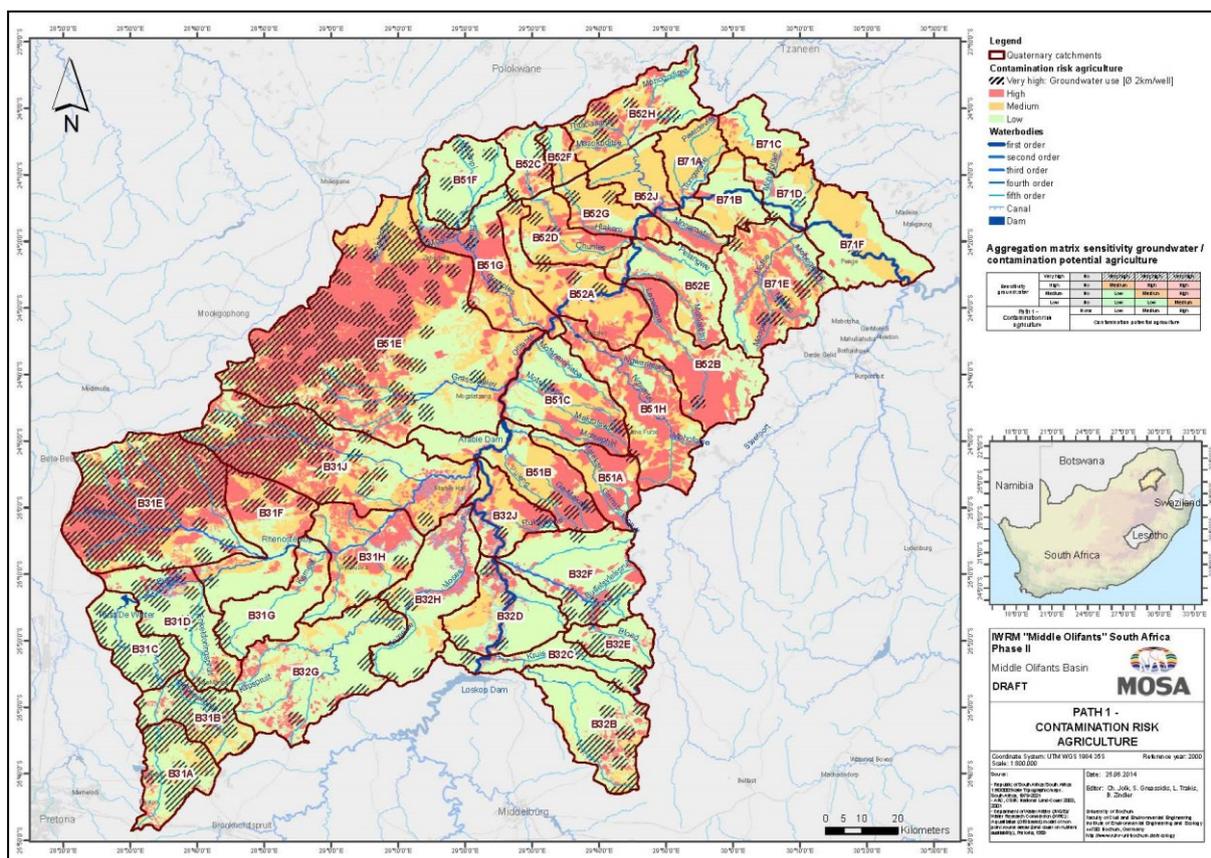


Figure 2: Path 1 – Groundwater contamination risk due to infiltration of agricultural contaminants

5.1.2 Contamination path 2: erosive runoff and/or erosive discharge of contaminants into surface waterbodies

Contamination path 2, surface water sensitivity

Erosion

To analyze the erosive runoff and/or erosive discharge of contaminants into surface water bodies, the methodology of Moolman [Moolman et al. 1999] is used to estimate the sediment availability potential. The sediment availability potential is calculated by aggregating the wash-off potential with the sediment production potential.

A GIS-based intersection of Moolman [Moolman et al. 1999] was used to calculate the sediment production potential.

Water withdrawal

Starting from the analysis of the drinking water withdrawals at dams and the surface water, areas have been identified in which water contaminations can have a negative impact on the reservoirs and drinking water abstraction points. Detailed information on water withdrawals are available from the studies "Development of a reconciliation strategy for all towns in the Northern Region", at the municipal level, commissioned by the Department of Water Affairs (Directorate: National Water Resources Planning).

Ecological status

Potentially sensitive areas could be identified based on a study [Nel & Driver 2012] by the Council for Science and Industrial Research (CSIR) and the South African National Biodiversity Institute (SANBI) on environmental protection areas.

Regarding the research of Nel, both aquatic ecosystems and wetlands as well as fish sanctuaries and protection areas with priority are included in the sensitivity analysis. The most important context in which the "Freshwater Ecosystem Priority Areas" (FEPAS) can be institutionalized is the development of the Resource Quality Objectives (RQOs) which, according to DWAF [DWAF 2004a; DWAF 2004b], has to be designated on the national level. It should also be noted that the DWA acknowledges the FEPAS to derive the RQOs [Nel et al. 2011]. The ultimate definition of the RQOs was not completed at the time the report was written [DWA 2014].

FEPAs regions include, on one hand, the current and planned fish sanctuaries with a good ecological status (Ecological Category A or B) as well as wetland cluster and, on the other hand, the categories "Fish Support Area" and "Upstream management area".

Fish sanctuaries within a region with an ecological category worse than B are called "Fish Support Areas". "Upstream Management Areas" are sub quaternary catchments where human activity must be controlled in order to prevent the degradation of downstream FEPAS and "Fish Support Areas" [Nel et al. 2012].

The evaluation of surface waterbody resource sensitivity was categorized as "very high", "high", "medium" and "low".

Contamination path 2, contamination potential

- Contamination potential of diffuse sources through erosive runoff of agricultural contaminants

For agricultural areas, a contamination potential through infiltration of nutrients is assumed. The nutrient availability potential is differentiated according to different land use classes [Moolman 1999]. The agricultural areas were defined based on the South African National Land-Cover Database [Fairbanks 2000]. All agricultural areas are classified due to their nutrient availability potential in three contamination potential classes (high, medium and low).

Contamination path 2, surface waterbody contamination risk

As shown in figure 3, the surface waterbody contamination risk results from an aggregation of the erosion and the contamination potential from diffuse agricultural sources due to erosive runoff of agricultural contaminants and the surface waterbody resource sensitivity (ecological status).

Sensitivity surface water - Erosion	Very high	No	Very high	Very high	Very high
	High	No	Medium	High	High
	Medium	No	Low	Medium	High
	Low	No	Low	Low	Medium
Contamination potential agriculture - Erosion		None	Low	Medium	High
		Contamination potential agriculture			

Sensitivity surface water	Very high	No	Very high	Very high	Very high
	High	No	Medium	High	High
	Medium	No	Medium	Medium	High
	Low	No	Low	Medium	High
Path 2 - Contamination risk agriculture		None	Low	Medium	High
		Contamination potential agriculture - Erosion			

Figure 3: Path 2 – Surface waterbody contamination risk due to erosive runoff of agricultural contaminants

Figure 4 depicts the surface waterbody contamination risk due to diffuse discharge of agricultural contaminants.

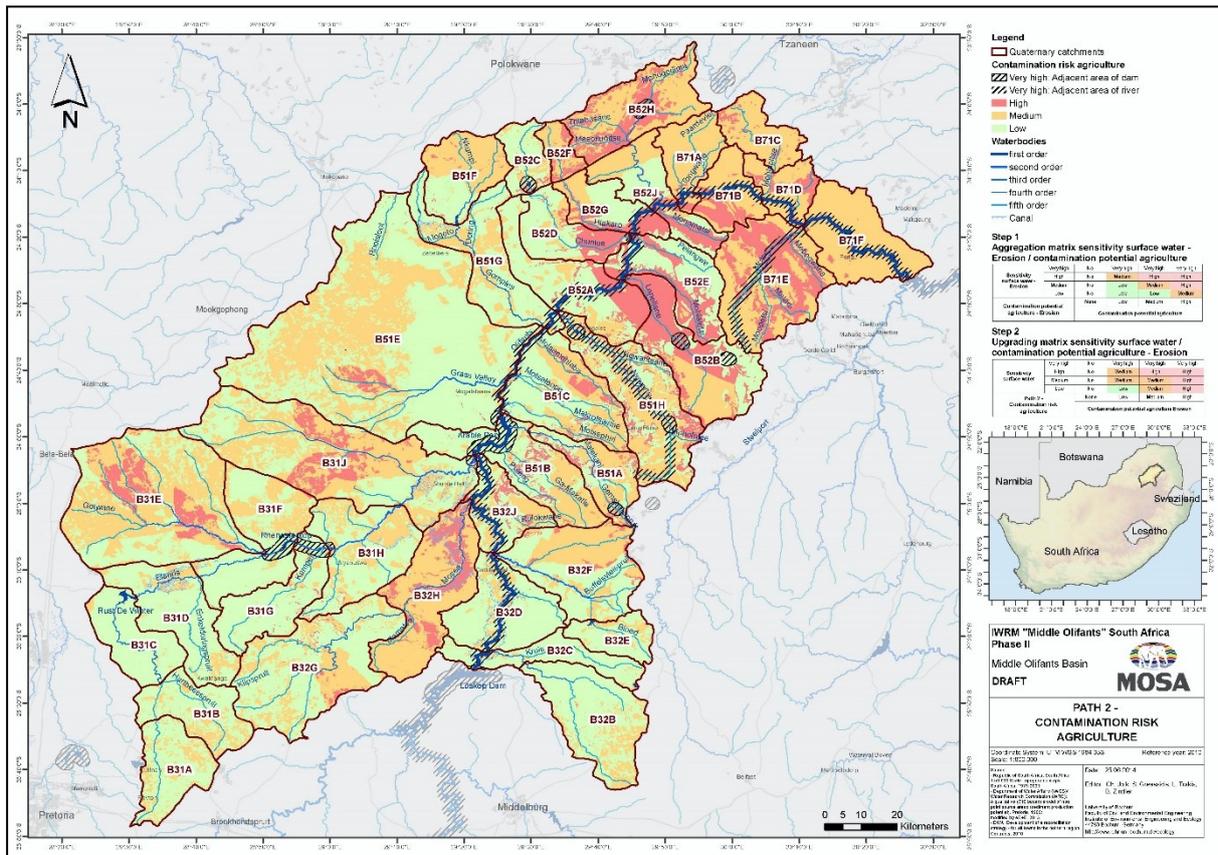


Figure 4: Path 2 – Surface waterbody contamination risk due to diffuse discharge of agricultural contaminants

5.1.3 Contamination path 3: direct discharge of contaminants into surface waterbodies

Contamination path 3, surface water use sensitivity

The surface water use sensitivity follows the same approach as the surface water sensitivity (path 2) for the ecological status.

In addition to this, the use of surface water (drinking water abstraction points at dams and surface water) as well as the environmental protection status were taken into account. Detailed information on water withdrawals are available from the studies "Development of a reconciliation strategy for all towns in the Northern Region", at the municipal level, commissioned by the Department of Water Affairs (Directorate: National Water Resources Planning).

Starting from the analysis of the drinking water withdrawals at dams and the surface water, areas have been identified, in which water contaminations can have a negative impact on the reservoirs and drinking water abstraction points.

Contamination path 3, contamination potential

a) Contamination potential due to direct discharge of wastewater from settlements

Settlements are assumed to have a contamination potential through direct discharge of wastewater. There are wastewater treatment plants in the Middle Olifants sub-basin but because of the improper operation of the plants and the predominant renovation backlog it could be expected that untreated wastewater is discharged into the rivers.

Based on the evaluation of the wastewater treatment plants in the Middle Olifants sub-basin by the Green Drop Report [DWA 2012] and studies of REMONDIS [REMONDIS 2012] the classification of the contamination potential could be done. The cartographic data are based on the topographic maps of South Africa at a scale of 1:50,000.

According to the wastewater treatment plants performance from low to high, the contamination potential is classified respectively into high to low. Downstream effects are included in the evaluation and the worst case is assumed. The wastewater load is considered to be constant and self-cleaning processes of the rivers are not considered.

b) *Contamination potential due to discharge of wastewater from point sources*

For point sources a contamination potential through direct discharge of contaminants is assumed. It is considered that most of these facilities do not yet take sufficient actions for surface water protection.

By analyzing aerial images an exact site localization of the point sources has been done. All locations were assigned which are located in a 200 m distance to the next river, along the lines of the EU Water Framework Directive [Raschke & Menzel 2005].

The classification of the contamination potential classes is based on the production branches and the types of mineral being exploited in the different mines (e.g., clay dumps = low contamination potential or PGM mines = high contamination potential) [Gauteng Department of Agriculture, Environment and Conservation 2008].

Contamination path 3, surface waterbody contamination risk

The surface waterbody contamination risk is the result of the aggregation of contamination potential and resource sensitivity for surface waterbodies. The emphasis here lies in drinking water applications and the ecological protection status. As an example of the general approach, figure 5 represents the aggregation to establish the contamination risk due to wastewater discharge from settlements.

Sensitivity surface water	Very high	No	Very high	Very high	Very high
	High	No	Medium	High	High
	Medium	No	Low	Medium	High
	Low	No	Low	Low	Medium
Path 3 - Contamination risk settlements		None	Low	Medium	High
		Contamination potential settlements			

Figure 5: Path 3 – Contamination risk for surface waterbodies due to discharge of wastewater from settlements

Figure 6 depicts the resulting contamination risk for surface waterbodies due to wastewater discharge from settlements.

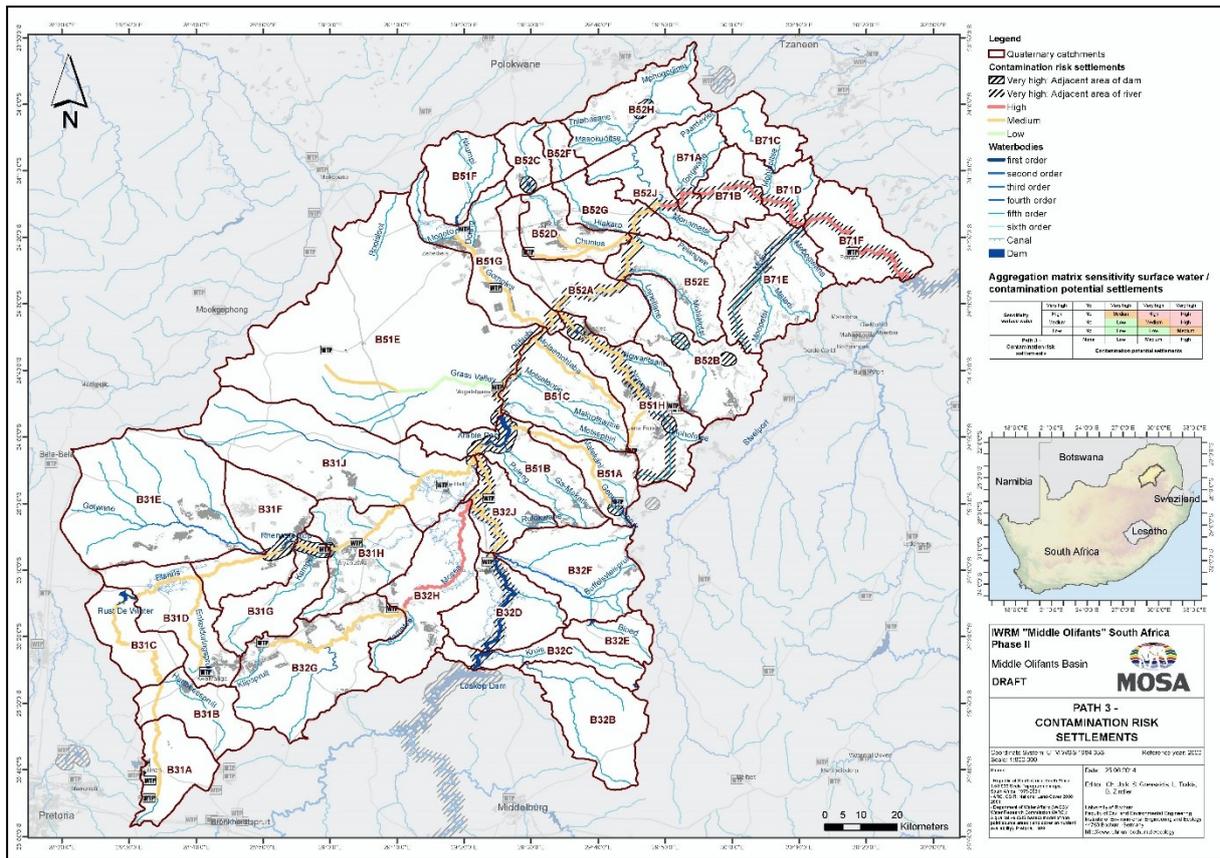


Figure 6: Path 3 – Contamination risk for surface waterbodies due to discharge of wastewater from settlements

5.2 Ranking Tool

The Ranking Tool processes the results of the Contamination Risk Tool (aggregated on quaternary catchment basis) in order to prioritize the problem intensities of quaternary catchments within a river basin regarding their water quality issues.

For this ranking, the percentage of areas with a “very high” or “high” contamination risk of the entire quaternary catchment respectively the location of point sources and their contamination risk were joined up and divided into three ranking classes. Initially this was done separately for each contamination path. Within each of the contamination paths a ranking was carried out for each contamination risk (e. g., figure 7).

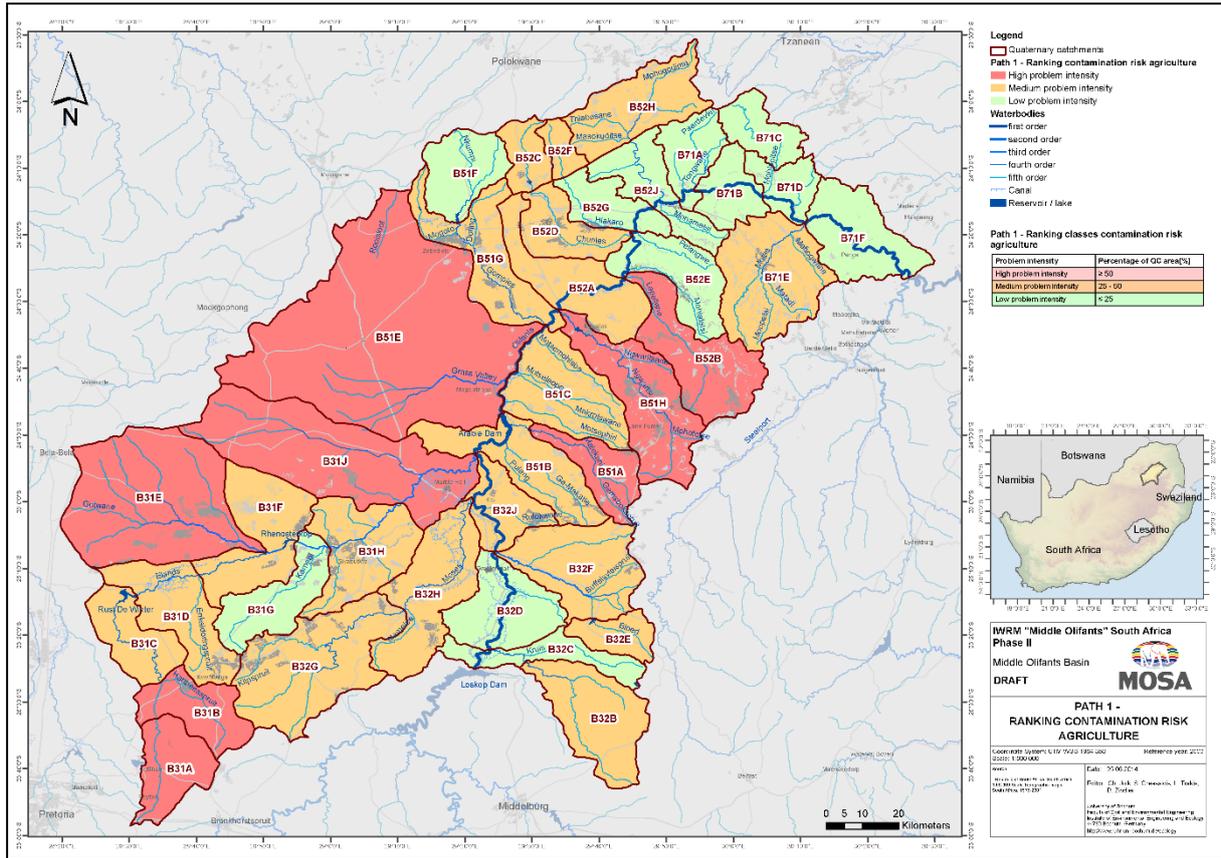


Figure 7: Result of ranking: contamination risk for the groundwater stemming from agriculture

5.3 Software implementation

A software tool based on the methodological approach combines a spatial data warehouse system and a Web-based Geographic Information System (Web-GIS). The solution is implemented using the Disy Cadenza platform [Vogel et al. 2010] for spatial reporting solutions. Disy Cadenza is usually applied as follows (see figure 8):

- Existing spatial geodata and factual data as well as information from manifold heterogeneous existing sources (databases, existing GIS, files, geodata services) can be imported and stored in a unified and harmonized spatial Data Warehouse.
- The process of filling the Data Warehouse with incoming data may comprise operations for selecting the project-relevant data from different sources, checking or improving data quality, transforming data such that syntactic and semantic integrity and consistency is achieved, and loading the data into one or more specific data schemata which facilitate human understanding or which enable more efficient execution of analytics functions etc. The totality of such

data-manipulation operations is called ETL process (extract – transform – load operations, cp. [Schrauth et al. 2017]).

- Cadenza allows building up a repository of operation sequences for querying, analyzing and processing the data in the Data Warehouse and for finally visualizing und publishing the analysis results as thematic maps, business diagrams, predesigned PDF reports, etc. The so-defined data-analysis workflows in the repository can be managed with the help of a fine-grained user and rights management.
- The Cadenza functionalities and results can be accessed through a desktop tool (Cadenza Professional), a Web-GIS (Cadenza Web), a Tablet-based mobile solution (Cadenza Mobile) and through OGC-compliant geodata Web services.

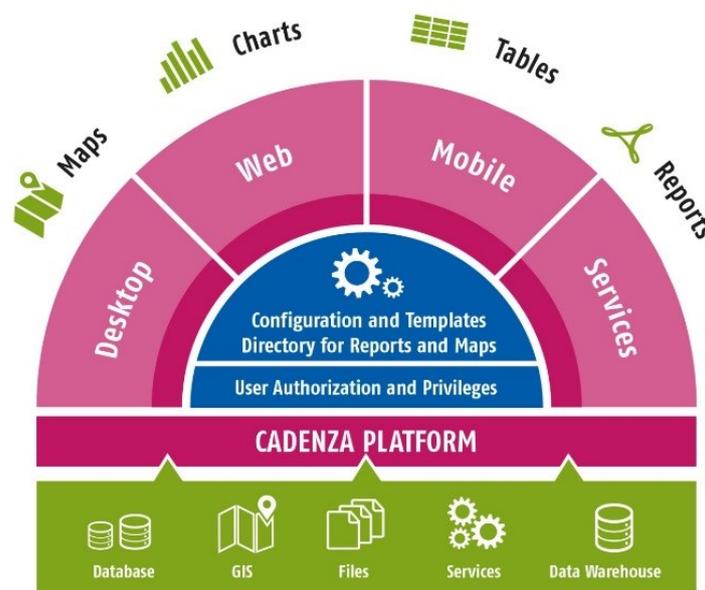


Figure 8: Elements of the Cadenza software platform for spatial data warehousing and spatial reporting solutions

The above-presented risk assessment method has been implemented using Cadenza as follows (see figure 9, from left to right):

- Raw geodata from the South-African government, needed to assess the contamination paths 1, 2 and 3, were loaded into the geodata warehouse. As part of the ETL processes, data quality was checked and necessary scale and representation changes were done. The geodata warehouse is based on PostgreSQL/PostGIS. Data is load into an application-specific DB-schema.

- The computations of contamination potential, resource sensitivity and contamination risk were implemented as part of the ETL processes, as well as the ranking of quaternary catchments according to their priority for action needs. Concretely, these processes were realized through stored database procedures in the data warehouse (Groovy scripts and PL/pgSQL functions).
- The data warehouse then contains all basic as well as all derived parameters required for IWRM planning and decision making. This information was visualized as thematic maps that are provided to end users in the South-African public administration through their Web browsers with the help of the Cadenza Web-GIS. Furthermore, all the thematic maps visualized in the Web-GIS can also be exported for offline-use during on-site operations using a tablet and the Cadenza Mobile tool [Otterstätter at al. 2014; Lübke et al. 2016].
- Another feature, implemented with the help of the Cadenza Report Generator tool, is the possibility to preconfigure a document template for collecting all the information available in the system for a certain region. At any time when up-to-date information about this area is required, the report generation can be run and a bulletin for the region in quest can be created on demand.

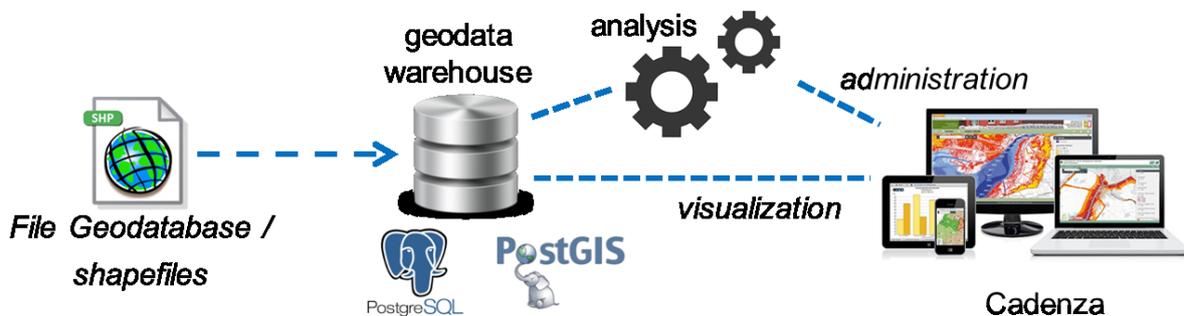


Figure 9: Simplified data-flow of the realized software solution

As an example, figure 10 shows the DB tables stored in the data warehouse for the realization of the computations regarding contamination path 1, infiltration of contaminants into groundwater, caused by agriculture, diffuse sources in settlements and point sources. The tables with a red exclamation mark contain input data whereas all the other tables are derived by GIS operations or automated risk assessment and ranking procedures, based on the qualitative decision tables as shown, e.g. in figure 1.

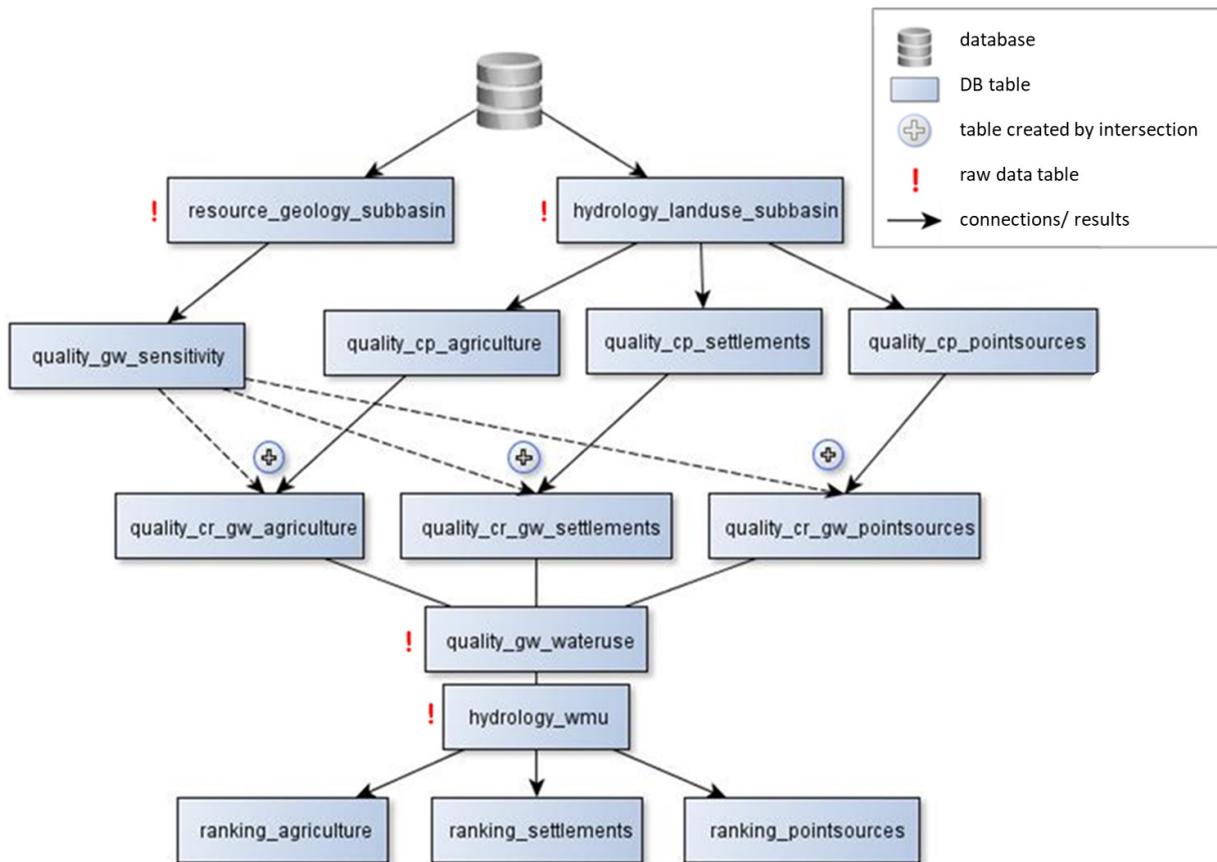


Figure 10: Database tables used for the realization of contamination path 1, infiltration of contaminants into groundwater, caused by agriculture, settlements and point sources

For instance, the table „quality_cp_agriculture“ describes the contamination potential from agricultural activities and is created on the basis of land-use maps; the table „quality_cr_gw_settlements“ describes the contamination risk (cr) of groundwater (gw), coming from settlements – which can also be found in land-use maps. The contamination risk of groundwater caused by agriculture („quality_cr_gw_agriculture“) is derived by merging data about groundwater sensitivity and about contamination potential by agricultural activities („quality_gw_sensitivity“ and „quality_cp_agriculture“). The sensitivity again, as explained above, can be derived from (hydro)geological maps. For assessing the urgency (ranking) of water management interventions in a certain region (water management unit, WMU, a quaternary catchment area), the water usage must also be taken into account.

To give an impression of thematic coverage and volume of information in the data warehouse, we present some facts about the data acquired for our project region:

- *Path 1: infiltration of contaminants into groundwater:*
 - 170 different sensitivity regions have been identified and about 750 geographic areas were classified as „very high“, regarding sensitivity.
 - With respect to contamination potential, ca. 40.000 land-use areas and/or agriculture-related risk areas have been identified, as well as more than 60.000 settlements and/or risk areas because of settlements, as well as about 250 point sources as risk areas.
- *Path 2: erosive runoff and/or erosive discharge of contaminants into surface waterbodies:*
 - In addition to several tens of thousands risk areas because of agricultural activities, 630 different sensitivity regions have been identified.
- *Path 3: direct discharge of contaminants into surface waterbodies:*
 - 630 different sensitivity regions have been examined.
 - Regarding the contamination potential, ca. 650 areas close to surface waterbodies and with a potential influence by settlements have been identified, as well as ca. 115 areas close to surface waterbodies and with a potential influence by point sources.
- *Geographic base data, base maps, supplementary data and material:*
 - Definition of 39 water management units.
 - 536 water bodies.
 - 160 lithological formations, 300 different soil areas, 164 biomes.
 - 1.600 drainage lines, 102 barrages and dams, further cadaster information about water supply pipes and water infrastructure.
 - 60 cities and 2.814 urban areas.
 - 23 Water Treatment Plans.
 - Average annual evaporation as well as data about population density.

The sheer amount and the diversity of relevant data – only for a relatively small *part* of South Africa – gives already an impression that – even for such a relatively coarse-grained IWRM approach at the WMU level, the operational use of such an academic result makes it indispensable to automate all processing steps as much as possible, to put automated data integration and data quality procedures in place and to continuously update and actualize the database in use. Manual data acquisition or maintenance will never be economically accepted for a continuous operational use.

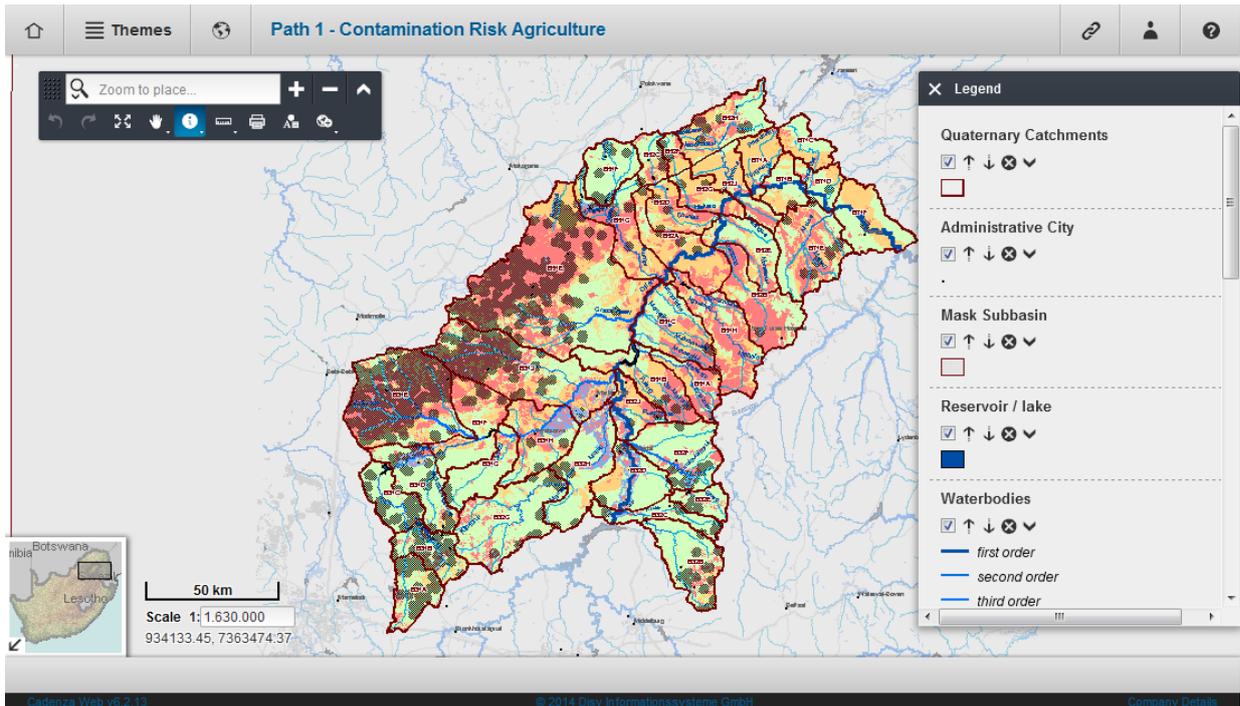


Figure 11: Web-GIS presentation of contamination risks coming from agriculture (path 1)

Figure 11 to figure 13 illustrate some of the planning maps created by the system and accessible through the Web-GIS. Figure 11 presents contamination risks caused by agriculture, shown here in combination with locations of wells. In contrast to this high-resolution visualization, Figure 12 aggregates the risk assessment at the WMU-level and shows the WMU ranking with a simple red/green/yellow colouring. The most aggregated risk-assessment visualization is shown in figure 13. Here, each WMU is presented with a red/green/yellow colour-coded overview diagram with six circle segments, each of which represents the risk ranking for one of the six paths: (1) contamination risks from agriculture through path 1; (2) contamination risks from settlements through path 1; (3) contamination risks from point sources through path 1; (4) contamination risks from agriculture through path 2; (5) contamination risks from point sources through path 3; (6) contamination risks from agriculture through path 3.

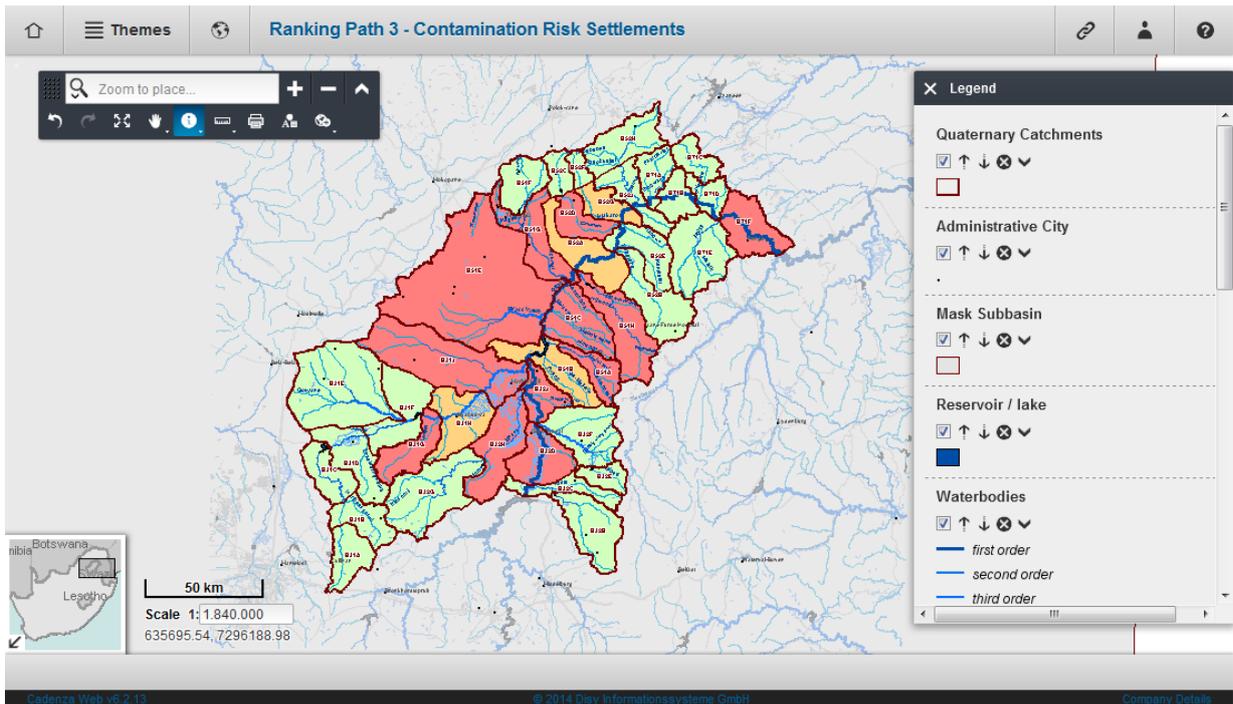


Figure 12: Web-GIS presentation of WMU ranking of contamination risk from settlements (path 3)

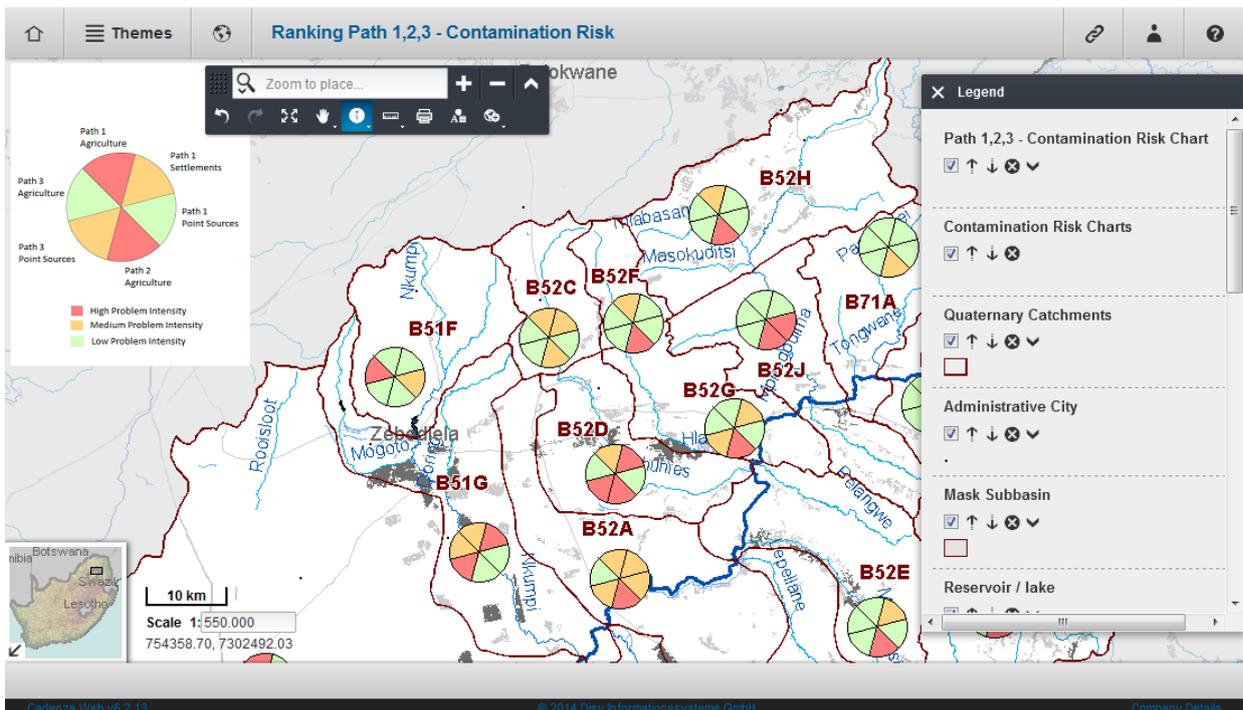


Figure 13: Combined Web-GIS presentation of six different contamination paths

All the thematic maps and planning maps created by the system can also be exported for offline usage with the Cadenza Mobile solution. This may be useful for field workers inspecting the situation on-site or acquiring or checking geographic data in-situ. Here,

the offline feature is important because good Internet connection may not be available everywhere in the hinterland.

Moreover, for each WMU, an up-to-date data summary and a set of WMU-related thematic and planning maps can, at any time, be extracted and compiled into a preconfigured PDF-report template, thus creating an always actual “WMU bulletin” for decision makers.

6 Outcome, Impact and Outlook

The application of PDST will enable South African stakeholders to make decisions on a scientific basis. The identification process enables decision makers to attend effectively to the issues with high priority ratings first. The close cooperation of the project and the South African authorities ensures a holistic implementation of the tools. Since 2015, the project implemented the Web-based system at the Department for Water and Sanitation (DWS) in Pretoria. The participation of the responsible water agency on national level guarantees a sustainable adjustment and a nation-wide transferability of the method to South African conditions.

The PDST identify quaternary catchments with higher need for action and give a structured overview of the causes. They allow for a layered, problem-orientated and efficient examination of entire river basins in South Africa. They initially use a systematic overview examination (scale approx. 1:800.000) in order to identify quaternary catchments with higher problem intensity and prioritized need for IWRM measures (“hot spots”). The next step should be the development of methods to examine these previously prioritized quaternary catchments in more depth (scale approx. 1:50.000) in order to ascertain the types, extensions and locations for necessary IWRM measures.

From the software-technological point of view, the automation of data integration, data quality assurance and risk assessment was absolutely necessary for the long-term sustainable use of the system. Feedback from local stakeholders also showed great interest for the mobile and offline GIS. Especially in developing and emerging countries, such a solution with a full-fledged mobile cadastral system could be a good tool for stepwisely completing and improving the official geo-database about water infrastructures etc. Looking at potential future RTD topics, some areas of potential

interest might be (i) some standardization of data models and/or ontologies about the water sector and IWRM; (ii) coupling of coarse-grained and general models and system assessments with more fine-grained and real-time data (water quantity, water quality, water demand) or also with results from hydrologic modeling for early-warning systems, mid-term planning, model calibration, etc.; (iii) combination of IWRM planning support with scenario-based planning for designing future systems taking into consideration different potential developments (climatic, economic, ...).

Some first steps in these directions are currently being undertaken in ongoing projects, but there is still much space for future developments.

Acknowledgment. *The work presented here has been supported by the German Ministry for Education and Research (BMBF) through the project “IWRM Südafrika - Integriertes Wasserressourcenmanagement in der Projektregion Mittlerer Olifants” (grant 033L048). The methods and tools are currently being further developed in the BMBF-funded project “iWaGSS: Entwicklung und Erprobung eines innovativen Wassergovernancesystems zur Linderung von Wasserstress und zur vorausschauenden Wasserbewirtschaftung in Regionen mit überbeanspruchten Wasserressourcen in Afrika und weltweit” (grant 02WGR1424) funded within the BMBF research programme “GroW – Globale Ressource Wasser”.*

7 References

- Barnard, H. C.; Baran, E. (1999): *Hydrogeological Map Series of the Republic of South Africa*. Pretoria, South Africa: Department of Water Affairs and Forestry (ed.).
- Du Troit, W. H.; Jonck, F.; Mullin, H. (1998): *Hydrogeological Map Series of the Republic of South Africa*. Pretoria, South Africa: Department of Water Affairs and Forestry (ed.).
- Du Troit, A.J.I.; Du Troit, W. H.; Jonck, F. (1999): *Hydrogeological Map Series of the Republic of South Africa*. Pretoria, South Africa: Department of Water Affairs and Forestry (ed.).
- Du Troit, A.J.I.; Du Troit, W. H.; Jonck, F. (2003): *Hydrogeological Map series of the Republic of South Africa*. Pretoria, South Africa: Department of Water Affairs and Forestry (ed.).
- DWA (2011): *Planning Level Review of Water Quality in South Africa*. Pretoria, South Africa: DWA, Water Quality Planning (ed.).
- DWA (2014): *Determination of Resource Quality Objectives in the Olifants Water Management Area (WMA4). Draft Resource Quality Objectives Report (version 1): Stakeholder Engagement Process*. Pretoria, South Africa: DWA, in collaboration with the Institute of Natural Resources NPC, Directorate: Resource Directed Measures Compliance (ed.).
- DWAF (2004a): *Olifants Water Management Area. Internal Strategic Perspective. Tlou and Matij GMKS and WMB (DWAF Report, P WMA 04/000/00/0304)*. Pretoria, South Africa: DWAF (ed.).

- DWAF (2004b): *National Water Resource Strategy. 1st Edition*. Pretoria, South Africa: DWAF (ed.).
- DWAF (2006a): *Resource Directed Management of Water Quality. Introduction*. In: Water Resource Planning Systems Series. Sub-Series No. WQP 1.7.6., 2nd edn, Pretoria, South Africa: DWAF (ed.).
- DWAF (2006b): *Resource Directed Management of Water Quality. Volume 2.1, Summary Report*. In: Water Resource Planning Systems Series. Sub-Series No. WQP 1.5.1., Pretoria, South Africa: DWAF (ed.).
- DWAF (n.d.): Water Management Institutions Overview. DWAF (ed.), Pretoria, South Africa.
- Environmental Protection Agency (EPA) (1998): Guidelines for Ecological Risk Assessment. EPA/630/R-95/002F, Washington D.C., USA.
- European Commission (EC) (2011): Environmental Impact Assessment. <http://ec.europa.eu/environment/eia/> (accessed 21 August 2018).
- Fairbanks, D.H.K.; Thompson, M.W.; Vink, D.E.; Newby, T.S.; Van den Berg, H.M.; Everard, D. A. (2000): *The South African Land-Cover Characteristics Database: A Synopsis of the Landscape*. In: South African Journal of Science (96), 69–82.
- Gauteng Department of Agriculture, Environment and Conservation (2008): *Mining and Environment Impact Guide*. Johannesburg, South Africa: Environment and Conservation Gauteng Department of Agriculture (ed.).
- Greassidis, S.; Borgmann, A.; Führer, N.; Jaschinski, S.; Jolk, C.; Stolpe, H.; Zindler, B. (2011): *Überschlägige Wasserbilanz zur Planungs- und Entscheidungsunterstützung auf Einzugsgebietsebene für das Integrierte Wasserressourcen-Management in Vietnam (Rough Water Balance for Planning and Decision Support at the Catchment Level for Integrated Water Resources Management in Vietnam)*. In: Hydrologie und Wasserbewirtschaftung, 55(2), 68-74, Koblenz, Germany.
- GWP (Global Water Partnership) (2000): *Integrated Water Resources Management. TAC background paper; no. 4*. http://www.gwptoolbox.org/images/stories/gwplibrary/background/tac_4_english.pdf (accessed 21 August 2018).
- Jolk, C.; Greassidis, S.; Jaschinski, S.; Stolpe, H.; Zindler, B. (2010): *PDST for the Integrated Water Resources Management in Vietnam*. In: Water, 2(4), 711-725, Basel, Suisse.
- Kiemstedt, H., Bachfischer, R. (1977): *Zur planerischen Operationalisierung der ökologischen Risikoanalyse (For the Planning Operationalization of the Ecological Risk Analysis)*. In: Arbeitsmaterial, Akademie für Raumforschung und Landesplanung (ed.), Hannover, Germany.
- LANUV NRW (2010): Hydrologische Karte (Hydrological Map). 1:25.000. <http://www.lanuv.nrw.de/landesamt/veroeffentlichungen/publikationen/umweltkarten/> (accessed 21 August 2018).
- Lübke, J.; Terzic, B.; Abecker, A.; Hofmann, C.; Kazakos, W. (2016): Aktuelle Weiterentwicklungen von Cadenza Mobile für das mobile Arbeiten mit Geodaten in der öffentlichen Verwaltung. In: Wohlgemuth, V.; Fuchs-Kittowski, F.; Wittmann, J. (eds.): *Adjunct Proceedings of EnviroInfo 2016*. Shaker.
- Moolman, J.; Quibell, G.; Hohls, B. (1999): *A Qualitative (GIS based) Model of Nonpoint Sources Areas. Modelling Suspended Sediment in the Olifants River Catchment*. Department of Water Affairs & Forestry, Institute for Water Quality Studies (ed.), http://www.dwaf.gov.za/iwqs/reports/slopes_olifants/sed_olif.htm (accessed 21 August 2018).

- Nel, J. L.; Murray, K. M.; Peterson, C.P.; Roux D.J.; Driver, A.; Hill, L. et al. (2011): *Technical Report for the National Freshwater Ecosystem Priority Areas project. Report to the Water Research Commission (WRC Report No. 1801/2/11)*. Water Research Commission (ed.).
- Nel, J.L.; Driver, A. (2012): *South African National Biodiversity Assessment. Technical Report. Volume 2: Freshwater Component (CSIR Report Number: CSIR/NRE/ECO/IR/2012/0022/A)*. Stellenbosch, South Africa: CSIR, SANBI (ed.).
- Otterstätter, A.; Terzic, B.; Hofmann, C.; Schillinger, W.; Heißler, W.; Fraißl, H. (2014): Cadenza Mobile – Funktionaler Ausbau und Praxistests. In: Weissenbach, K.; Schillinger, W.; Weidemann, R.(eds.): *Umweltinformationssystem Baden-Württemberg F+E-Vorhaben MAF-UIS – Moderne anwendungsorientierte Forschung und Entwicklung für Umweltinformationssysteme, Phase II*. Karlsruhe, Germany: Karlsruher Institut für Technologie, KIT Scientific Reports 7665, 91-101.
- Raschke, M.; Menzel, T. (2005): *Ergebnisbericht Ruhr. Wasserrahmenrichtlinie in NRW – Bestandsaufnahme (Results Report Ruhr. Water Framework Directive in NRW – Inventory)*. Düsseldorf, Germany: Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (ed.).
- REMONDIS (2015): Operation and Maintenance Facilities. In: *MOSA – IWRM in Middle Olifants River Basin, South Africa. Phase II Summary Report*. Witten, Germany.
- Schrauth, S.; Nedkov, R.; Heidmann, C.; Kazakos, W.; Abecker, A. (2017): Werkzeugunterstützung für ETL-Prozesse mit Geodaten. In: Freitag, U.; Fuchs-Kittowski, F.; Hosenfeld, F.; Abecker, A.; Wikarski, D. (eds.): *Umweltinformationssysteme 2017 - Tagungsband des 24. Workshops "Umweltinformationssysteme 2017 - Vernetzte Umweltdaten (UIS 2017)" des Arbeitskreises "Umweltinformationssysteme" der Fachgruppe "Informatik im Umweltschutz" der Gesellschaft für Informatik (GI)*. CEUR Workshop Proceedings Vol. 1919, 208-228. <http://ceur-ws.org/Vol-1919/> (accessed 21 August 2018).
- UNCED (1993): *Proceedings of Earth Summit Agenda 21 - The United Nations Program of Action from Rio*. Rio de Janeiro, Brazil.
- Van Veelen M.; Dhemba N. (2011): *Development of a Reconciliation Strategy for the Olifants River Water Supply System. Water Quality Report. P WMA 04/B50/00/8310/7*. Pretoria, South Africa: DWA (ed.).
- Vogel, K.; Hofmann, C.; Otterstätter, A.; Briesen, M.; Kazakos, W.; Albrecht, M.; Langner, K.; Möhling, M.; Mummenthey, R.-D.; Reineke, A.; Ebel, R.; Heißler, W.; Müller, M.; Mayer-Föll, R. (2010): disy Cadenza/GISterm - Weiterentwicklung der Plattform für Berichte, Auswertungen und GIS sowie ihre Anwendung bei Partnern. In: Mayer-Föll, R.; Ebel, R.; Geiger, W. (eds.): *Gesamtbericht KEWA Phase V - Kooperative Entwicklung wirtschaftlicher Anwendungen für Umwelt, Verkehr und benachbarte Bereiche in neuen Verwaltungsstrukturen*. Karlsruhe, Germany: Karlsruher Institut für Technologie, KIT Scientific Reports 7544.
- Zindler, B.; Borgmann, A.; Greassidis, S.; Jaschinski, S.; Jolk, C.; Stolpe, H. (2012): Planning and Decision Support Tools for Integrated Water Resources Management (IWRM) on River Basin Level in the Southeast-Asian Region on the Example of Vietnam: Tools for Water Quantity and Quality Risk Assessment. In: Luo, Y. (ed.): *Novel Approaches and Their Applications in Risk Assessment*. Rijeka, Croatia: InTech, 37-58.

Beitrag H: Simon Burkard, Frank Fuchs-Kittowski, Ruben Müller, Bernd Pfützner

Hochwassermanagement-Plattform für kleinere Städte und Kommunen mit Bürgerbeteiligung

Crowd Sourcing and Mobile Sensing for Flood Management in Small Catchment Areas

Simon Burkard¹, Frank Fuchs-Kittowski¹, Ruben Müller², Bernd Pfützner²

¹HTW Berlin, {[s.burkard](mailto:s.burkard@htw-berlin.de) | [frank.fuchs-kittowski](mailto:frank.fuchs-kittowski@htw-berlin.de)}@htw-berlin.de

²BAH Berlin, {[ruben.mueller](mailto:ruben.mueller@bah-berlin.de) | [bernd.pfuetzner](mailto:bernd.pfuetzner@bah-berlin.de)}@bah-berlin.de

Abstract

In urban areas the damage potential by flood events is particularly high, regularly causing damages and economic losses. Early warning systems that can forecast such events with sufficient lead time are therefore very important. However, especially for small catchment areas the establishment and operation of forecasting systems is very difficult. On the one hand early warning systems have to deal with high spatial uncertainties of precipitation forecasts, on the other hand small catchments often show very fast reactions of the basin to heavy precipitation events. Moreover, in small catchments automatic gauging stations are often missing. This makes early flood forecasting complicated and very challenging.

This paper presents a software platform for the flood management particularly for small river basins in German municipalities. It tries to solve the problems mentioned above via civic involvement by incorporating Volunteered Geographic Information (VGI). For this purpose, volunteers (citizens, municipal employees) are asked to acquire relevant hydrological and meteorological data via a smartphone application in order to compensate for the lack of official gauging stations. This includes e.g. water level measurements acquired via mobile image-based measurement methods. The information captured by volunteers is – in addition to open publicly available forecasting data provided by the German Meteorological Service Provider – automatically incorporated into the forecasting system in order to minimize forecasting uncertainties. A web-based dashboard available to crisis managers, e.g. disaster relief forces,

visually processes and displays all relevant information and forecasting data thus enabling convenient monitoring of the situation (situation awareness).

Zusammenfassung

Hochwasserfrühwarnung für kleine Einzugsgebiete ist eine herausfordernde Aufgabe. Zum einen sind die verursachenden kleinräumigen meteorologischen Ereignisse in ihrem raumzeitlichen Auftreten nur bedingt vorhersagbar, so dass die Hochwasserfrühwarnung mit hohen Unsicherheiten behaftet ist. Zum anderen reagieren die kleinen Einzugsgebiete sehr schnell auf solche Ereignisse, so dass die Vorwarnzeiten oftmals zu gering sind. Zudem fehlen in kleinen Einzugsgebieten oftmals Messinfrastrukturen (Pegel etc.), was die Hochwasserfrühwarnung zusätzlich verkompliziert.

In diesem Beitrag wird eine Software-Lösung für das Hochwassermanagement (HWM) speziell für Kommunen mit kleinen Einzugsgebieten (Gewässer 2. Ordnung) vorgestellt. Zum einen bietet sie auf Basis von meteorologischen Daten von Wetterdiensten (DWD) vollautomatisch, ausreichend lange Vorwarnzeiten durch eine ortsbezogene Bewertung von Niederschlagsvorhersagen und optional berechneten Hochwasservorhersagen. Zum anderen bezieht sie freiwillige Helfer, wie Bürger oder kommunale Angestellte, über eine Smartphone-Anwendung mit ein, um Daten für das HWM zu sammeln und bereitzustellen und somit vor Ort fehlende Messinfrastruktur auszugleichen. Neben Wasserständen, die mittels bildbasierten Messverfahren per Smartphone gemessen werden, zählen dazu Fotoaufnahmen, momentane Niederschlagsintensitäten und abgeschätzte Schneehöhen. Die auf diese Weise aufgenommenen und in Echtzeit bereitgestellten Informationen (VGI) fließen in die Hochwasservorhersage ein, helfen Unsicherheiten zu mindern und fördern die Situationsbeurteilung während eines Hochwassers. Eine Web-Oberfläche (Dashboard) für Ämter und Einsatzkräfte visualisiert die eingehenden Informationen und Vorhersagen und erlaubt somit eine umfassende Überwachung und Beurteilung der aktuellen Situation (situation awareness).

1 Einleitung

Hochwasser gehören zu den Naturgefahren, die die zivile Bevölkerung direkt bedrohen und regelmäßig große Schäden verursachen. In urbanen Gebieten ist das Schadenspotential durch Hochwasserereignisse besonders hoch. Um zielgerichtete Schutzmaßnahmen zu ermöglichen, kommt daher einem verlässlichen Hochwassermanagement (HWM) mit frühzeitigen Vorhersage- und Warnsystemen eine besondere Bedeutung zu [Kundzewicz 2013].

Für großräumige Bereiche geben in der Regel die Hochwassermeldezentralen der Länder offizielle Hochwasserwarnungen an Behörden und die Bevölkerung heraus. Für gefährdete kleine Einzugsgebiete in Kommunen und Städten kann jedoch meist keine eigene Abschätzung der hydrologischen oder meteorologischen Entwicklung stattfinden, obwohl dies oftmals gewünscht wird [Philipp et al. 2015]. Gründe hierfür sind u.a. der sehr große und kaum leistbare Aufwand von Niederschlags-Abfluss-Modellierungen für eine große Anzahl kleiner Einzugsgebiete und fehlende Pegelmessnetze an kleinen Gewässern. Mit kleiner werdenden Einzugsgebietsgrößen steigen zudem rasch die hydrologischen und meteorologischen Unsicherheiten [Collier 2007; Beven 2012].

Im Zuge von neuen Entwicklungen, wie den seit Juli 2017 frei verfügbaren Vorhersagedaten des Deutschen Wetterdienstes (DWD) sowie der immer größeren Verfügbarkeit von privaten mobilen Endgeräten zur Aufnahme und Bereitstellung von meteorologischen und hydrologischen Daten (z.B. zur Messung von Wasserständen) durch freiwillige Helfer [See et al. 2016], offenbaren sich neue vielfältige Möglichkeiten zur Realisierung von innovativen Softwarelösungen speziell für das HWM in Kommunen und Städten [Müller et al. 2017].

Dieser Beitrag stellt eine Software-Lösung für das Hochwassermanagement (HWM) mit Bürgerbeteiligung speziell für Kommunen mit kleinen Einzugsgebieten (Gewässer 2. Ordnung) vor, die die oben adressierten Probleme löst, u.a. durch Einbindung von freiwillig bereitgestellten Geodaten („Volunteered Geographic Information“, kurz: VGI) [Goodchild 2007]. Zunächst werden die Anforderungen vorgestellt, die speziell für das Hochwassermanagement in kleinen Einzugsgebieten über Workshops in mehreren Kommunen identifiziert wurden (Kapitel 2). Anschließend wird die entwickelte HWM-Plattform präsentiert, wobei die Lösungsansätze, der prinzipielle Ablauf für den Einsatz der HWM-Plattform sowie die Architektur der HWM-Plattform vorgestellt werden (Kapitel 3). Bei der Präsentation der einzelnen Plattform-Komponenten wird schließlich im Detail erläutert, wie die genannten Anforderungen durch die präsentierte Softwareplattform gelöst werden (Kapitel 4). Kapitel 5 gibt einen Einblick in die technische Umsetzung und Implementierung der Plattform. Eine abschließende Zusammenfassung bietet einen Ausblick auf die weitere Entwicklung und das weitere Vorgehen zur Evaluation und zum Pilotbetrieb der HWM-Plattform (Kapitel 6).

2 Anforderungen an das Hochwassermanagement in kleinen Einzugsgebieten

Zur Ermittlung von Anforderungen an ein Hochwasserfrühwarnsystem für kleine Einzugsgebiete mit Bürgerbeteiligung (VGI) wurden mehrere Workshops mit den Pilotanwendern des VGI4HWM-Projekts (Stadt Chemnitz, Stadt Dessau-Roßlau, LHW Sachsen-Anhalt) durchgeführt. Als Ergebnis dieser Workshops mit verschiedenen Kommunen wurden folgende zentrale Probleme bzw. Anforderungen an eine Hochwassermanagement-Plattform identifiziert:

- **Ortsbezogene Warnungen mit ausreichend langen Vorwarnzeiten:** Warnmeldungen sollen ortsbasiert und mit konkreten Warnstufenklassifikationen erstellt sowie möglichst frühzeitig und automatisiert an Verantwortliche geschickt werden
- **Ergänzung der fehlenden Pegelinfrastruktur:** Eine eigens betriebene Pegelinfrastruktur ist insbesondere für kleinere Gemeinden kostspielig. Gemessene Durchflussdaten sind für fundierte Hochwasservorhersage jedoch notwendig.
- **Bewertung und Minimierung von Vorhersageunsicherheiten:** Modellunschärfen und unsichere Niederschlagsvorhersagen führen zu unsicheren bzw. falschen Hochwasservorhersagen.
- **Situationsüberwachung bei angespannter Personallage:** Insbesondere bei angespannter Personallage ist während eines Hochwasserereignisses die Beurteilung und Überwachung der Situation im Einzugsgebiet aufwändig und schwierig.
- **Aufwändige Dokumentation und Aufarbeitung:** Es fehlt eine geeignete (IT-) Infrastruktur, um abgelaufene Hochwasserereignisse und Hochwasserschäden zu dokumentieren.
- **Sensibilisierung der Bevölkerung vor Hochwassergefahren:** Das Bewusstsein der Bevölkerung über mögliche Gefahren von Hochwasser ist nicht immer ausreichend vorhanden.

3 Die Hochwassermanagement-Plattform

3.1 Lösungsansätze der HWM-Plattform

Um diese Probleme zu lösen bzw. die damit verbundenen Ziele zu erreichen wurde eine neuartige Hochwassermanagement-Plattform konzipiert, die speziell kleinere Städte und Kommunen im HWM unterstützen soll. Diese zeichnet sich insbesondere dadurch aus, dass Bürger bei der Aufnahme und Bereitstellung von Messdaten (VGI-Daten) mittels ihrer privaten Smartphones miteinbezogen werden können. Die Plattform bietet damit u.a. die folgenden Möglichkeiten (Abbildung 1):

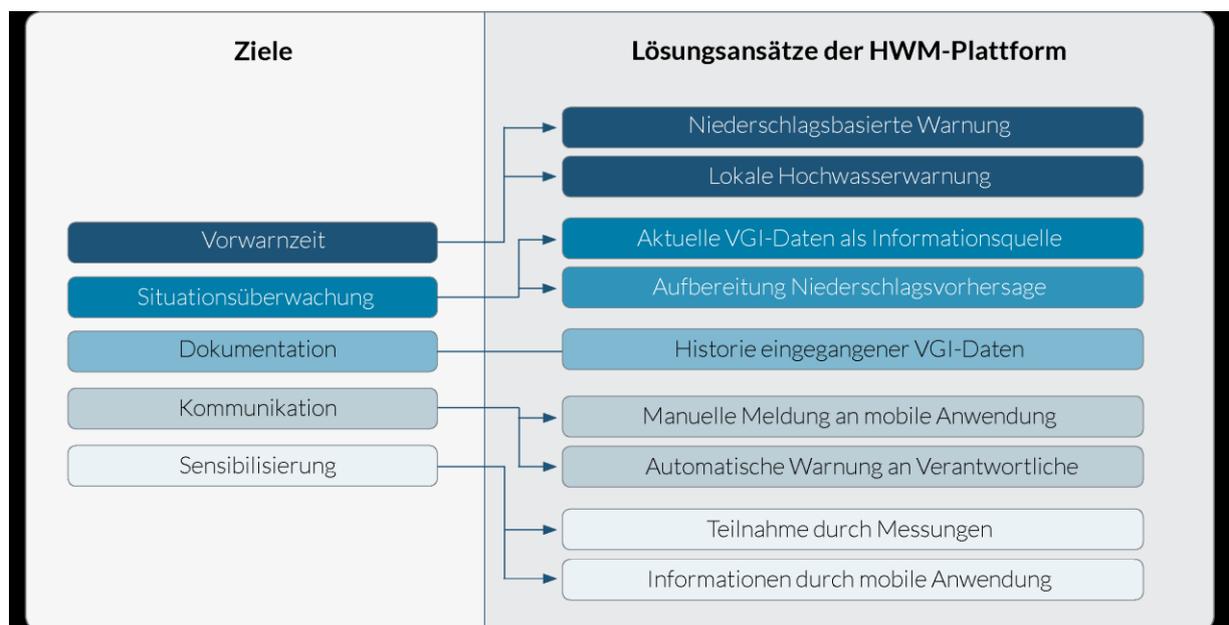


Abbildung 1: Ziele und Lösungsansätze der HWM-Plattform

- **Ortsbezogene Warnungen mit ausreichend langen Vorwarnzeiten:** Kombinierte Warnmeldungen aus zonenbasierter Bewertung von Niederschlagsvorhersagen und lokal berechneter Hochwasservorhersage (Vorhersagehorizont bis zu 27h) [Müller et al. 2017].
- **Ergänzung der fehlenden Pegelinfrastruktur durch VGI-Wasserstandmessungen:** Wasserstände werden mittels mobiler Anwendung durch freiwillige Helfer bereitgestellt (VGI). Eine kostenintensive Installation stationärer automatischer Pegelmessstationen entfällt somit. [Burkard et al. 2017].

- **VGI-Messdaten zur Bewertung und Minimierung von Vorhersageunsicherheiten:** VGI-Daten helfen bei der Niederschlagsklassifizierung sowie bei der Validierung der HW-Vorhersagen und der Modellnachführung.
- **Situationsüberwachung bei angespannter Personallage:** Über das Web-Dashboard und die mobile App werden VGI-Daten und Vorhersagen in Echtzeit kartenbasiert dargestellt und helfen bei der Beurteilung der Situation im Einzugsgebiet.
- **Aufwändige Dokumentation und Aufarbeitung mittels VGI-Fotoaufnahmen:** Dokumentation ist möglich mittels Fotoaufnahmen durch mobile Anwendung.
- **Sensibilisierung der Bevölkerung vor Hochwassergefahren:** Das aktive Sammeln von VGI-Daten und die Nutzung der mobilen Anwendung sensibilisiert Nutzer für Hochwasserschutz und informiert über Hochwassergefahren.

3.2 Architektur und Komponenten der HWM-Plattform

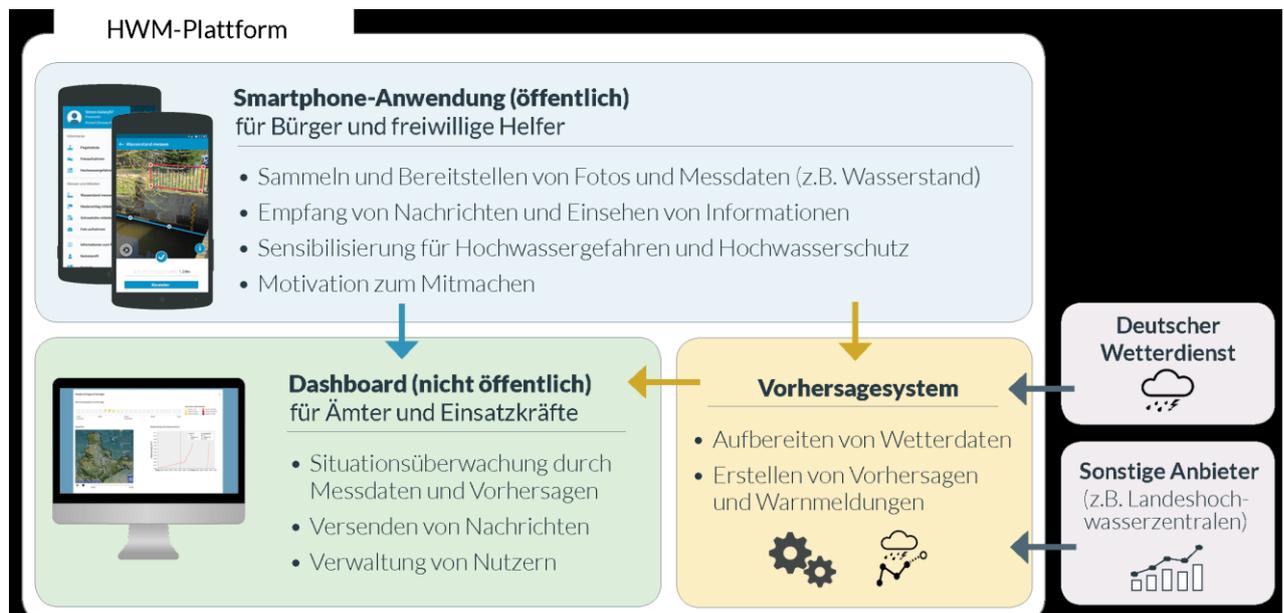


Abbildung 2: Übersicht über die Komponenten der HWM-Plattform

Die Architektur der HWM-Plattform besteht grob aus drei Komponenten (Abbildung 2). Über die **mobile Anwendung** nehmen freiwillige Teilnehmer (Bürger) Messdaten auf (Abschnitt 4.1) und stellen diese der Plattform zur Verfügung. Autorisierte Anwender (z.B. Einsatzkräfte der Feuerwehr) können schließlich über einen Webbrowser das

passwortgeschützte **Dashboard** (Abschnitt 4.3) aufrufen, um alle Vorhersagen und wichtigen Informationen schnell und einfach einzusehen und die Plattform zu administrieren. Mittels per E-Mail oder SMS zugestellten Warnmeldungen können die Dashboard-Anwender zusätzlich aktiv aufgefordert, das Dashboard für weitere Informationen zu besuchen. Um den personellen Aufwand zur Betreuung der HWM-Plattform minimal zu halten, läuft die **Vorhersagekomponente** (Abschnitt 4.2) vollautomatisch im Hintergrund und generiert automatisch Warnmeldungen für die Anwender auf Basis von operationellen Hochwasservorhersagen und der Analyse von Niederschlagsvorhersagen. Für die Erstellung der Vorhersagen und Warnmeldungen werden dabei neben den nutzergenerierten VGI-Daten unter anderem auch frei verfügbare offizielle Daten von externen Anbietern, z.B. des Deutschen Wetterdienstes oder von Landeshochwasserzentralen, einbezogen.

3.3 Prinzipieller Ablauf des Einsatzes der HWM-Plattform

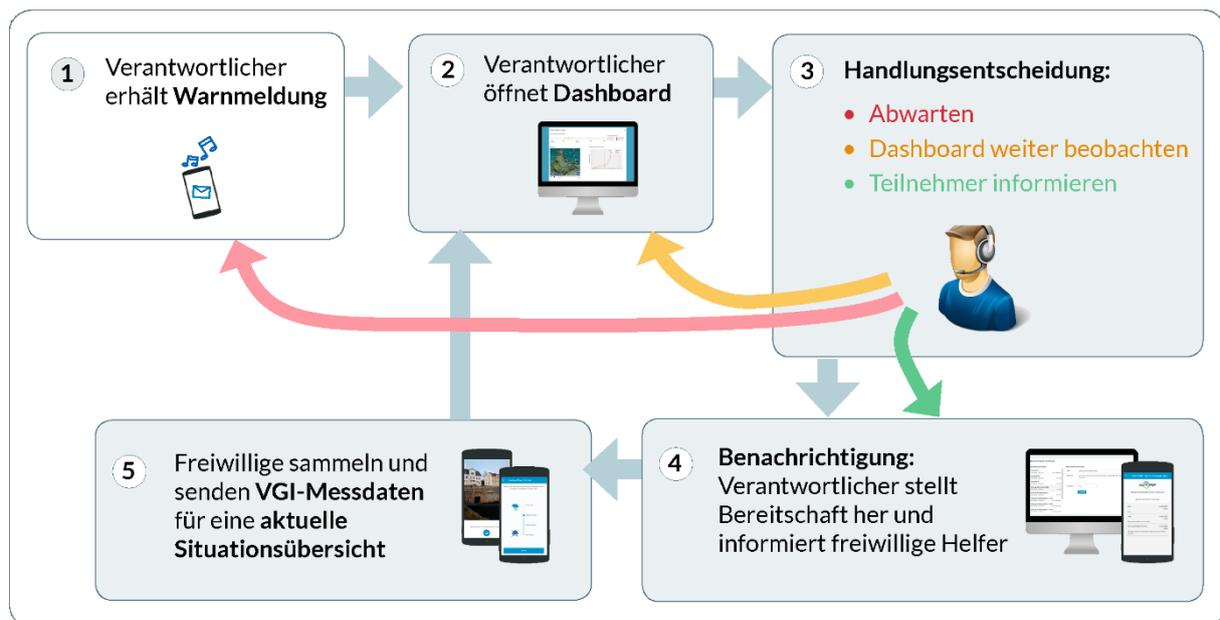


Abbildung 3: Der typische Bedienungsablauf der HWM-Plattform

Der Einsatz der Softwarelösung folgt idealerweise einem systematischen Vorgehen (siehe Abbildung 3):

Warnmeldungen werden durch die Vorhersagekomponente automatisch generiert und an autorisierte Anwender des HWM-Dashboards (z.B. Einsatzkräfte der Feuerwehr) per E-Mail oder SMS verschickt, um diese aktiv dazu auffordern, das Dashboard zur weiteren Beobachtung zu besuchen. Diese können das Dashboard als Web-

Oberfläche zur Situationsüberwachung im Hochwasserfall sowie zur Überwachung aller eingehenden VGI-Daten nutzen.

Basierend auf der per Dashboard überwachten aktuellen Situation und Gefahrenlage werden von den Verantwortlichen Handlungsentscheidungen getroffen. In einer akuten Gefahrenlage wird von Verantwortlichen eine Bereitschaft hergestellt. Gegebenenfalls können außerdem VGI-Freiwillige per Push-Benachrichtigung auf deren Smartphone benachrichtigt werden, um aktuellen Daten (z.B. Wasserstände oder Fotoaufnahmen) einzusenden. Die freiwilligen Helfer sammeln und messen mit ihren eigenen Smartphones und der bereitgestellten Smartphone-Anwendung schließlich die erforderlichen Daten und senden diese an die HWM-Plattform. Neu eingetroffene Daten werden unmittelbar am Dashboard visualisiert und ermöglichen den verantwortlichen Einsatzkräften eine Neueinschätzung der aktuellen Gefahrenlage.

4 Haupt-Komponenten der HWM-Plattform

Die Funktionsweisen und Eigenschaften der drei Hauptkomponenten der HWM-Plattform (Mobile Anwendung, Vorhersagesystem und Dashboard) sollen im Folgenden genauer präsentiert werden. Dabei soll im Detail erläutert werden, wie die genannten Anforderungen und Ziele durch die entwickelte Plattform gelöst werden können.

4.1 VGI-Daten und mobile Smartphone-Anwendung

Bürgern sammeln Information mittels Smartphone-App				
		Wie?	Wo?	Warum?
	Foto	Foto aufnehmen	Überall	Zur Dokumentation der Schäden und als Information für Einsatzkräfte
	Wasserstand	Pegellatte ablesen oder bildbasierte Messverfahren	An vorgegebenen Messstellen	Vorhersageunsicherheit mindern und als Information für Einsatzkräfte
	Niederschlag	Abschätzen	Überall	Bessere Bewertung von Niederschlagsvorhersagen
	Schneehöhe	Abschätzen	Überall	Vorhersageunsicherheit mindern

Abbildung 4: Messdaten und Informationen, die von Bürgern mittels mobiler App erhoben werden

Freiwillige haben über die mobile Anwendung die Möglichkeit, Messwerte oder Informationen zu sammeln und für bestimmte Zwecke bereitzustellen (VGI-Daten). Dazu zählen Fotoaufnahmen, Wasserstände, Klassifikation des Niederschlags sowie Schneehöhen (Abbildung 4). Der Aufnahmeort aller Informationen ist in der Regel im Einzugsgebiet frei wählbar, lediglich die Messung des Wasserstandes erfolgt an zuvor festgelegten Messstandorten. Alle gesammelten Informationen sind mit Aufnahmezeitpunkt und Standort im Dashboard sofort einsehbar.

Die Schneehöhe und die Niederschlagsintensität werden mittels grober Schätzung von den freiwilligen Helfern bestimmt. Neben der Option, Wasserpegel manuell an installierten Pegellatten abzulesen, stehen für die Messung des Wasserstandes zusätzlich auch halbautomatische bildbasierte Messmethoden zur Verfügung. Hierfür werden im Vorfeld an den vorgegebenen Messstellen Referenzpunkte (z.B. Markierungen am Brückengeländer) definiert und vermessen (Abbildung 5a).

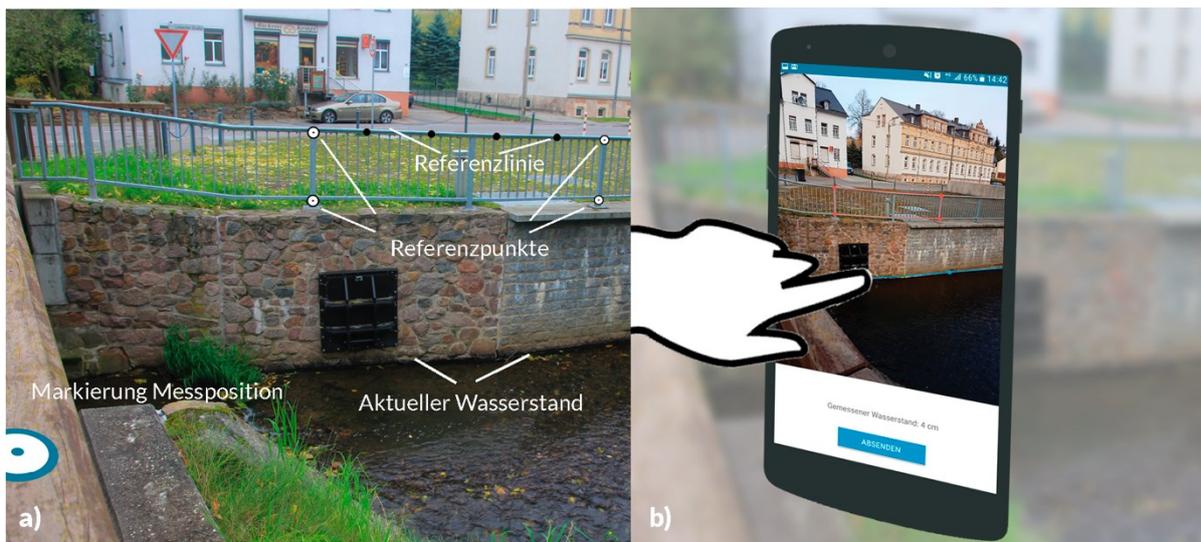


Abbildung 5: Eine geeignete Messstelle zur Messung des Wasserstandes muss im Vorfeld vermessen vorbereitet werden (a). Mittels bildbasierter Messmethoden kann der Wasserstand schließlich per Smartphone-Anwendung zentimetergenau gemessen werden (b).

Die Messung erfolgt dann durch Mithilfe des Nutzers mittels entsprechender Nutzerinteraktionen. Der Nutzer zeichnet dabei auf dem Smartphone in einem Kamerabild, welches von einer beliebigen Position aus aufgenommen wurde, die bekannten Referenzpunkte sowie den aktuellen Wasserstand ein (Abbildung 5b). Der Wasserstand kann anschließend zentimetergenau berechnet werden. Eine weitere bildbasierte Messmethode bezieht die im Smartphone integrierten Orientierungssensoren mit ein. Von festgelegter Messposition aus visiert der Nutzer

dabei eine Referenzlinie (z.B. ein Brückengeländer) an, neigt das Smartphone und visiert abschließend die Linie des aktuellen Wasserstands an. Durch die Kenntnis der Referenzlinie und der festgelegten Messposition sowie den durch die Smartphone-Sensorik automatisch bestimmten Neigungswinkel, kann auch mit dieser Methode innerhalb von wenigen Sekunden der aktuelle Wasserstand bestimmt werden.

Unter kontrollierten Bedingungen kann bei beiden Methoden der Wasserstand mit einem relativen Fehler von etwa 3% gemessen werden [Burkard et al. 2017], im realen Einsatz ist jedoch von einer geringeren Genauigkeit auszugehen. Um aus dem gemessenen Wasserstand ebenfalls den Durchfluss am Messstandort zu bestimmen, sind zusätzlich die Messquerschnitte vor Ort im Vorfeld zu vermessen. Diese sollten daher ein definiertes Profil aufweisen, wie Rechteck und Trapezprofile.

Um auf eine große Mithilfe aus der Bevölkerung zurückgreifen zu können, sind Maßnahmen zur Akquise und Motivierung von Freiwilligen notwendig [Fuchs-Kittowski 2018]. Eine Übersicht über Stand der Wissenschaft in diesem Bereich gibt z.B. [Richter 2017]. Wichtig ist, die Freiwilligen auch für regelmäßige Messungen zu gewinnen. Städte und Kommunen müssen sich aber nicht alleine auf ortsansässige Bürger als freiwillige Helfer verlassen, sondern können auch Mitwirkende aus dem Umfeld der Angestellten im Außeneinsatz oder von Wasserwehren einsetzen.

Das Hochwasser-Bewusstsein der Freiwilligen wird durch das aktive Mitwirken bei der Bereitstellung der Messdaten gestärkt. Weiterhin bietet die mobile Smartphone-Anwendung zusätzliche Informationen zur Sensibilisierung der Nutzer vor Hochwassergefahren (Abbildung 6). Dazu zählen interaktive Hochwassergefahrenkarten, das Einsehen von Hochwasser-Fotoaufnahmen durch andere App-Nutzer sowie die Möglichkeit, entsprechende Meldungen durch die Einsatzleitung über das Dashboard direkt auf dem Smartphone per Push-Benachrichtigung zu empfangen.

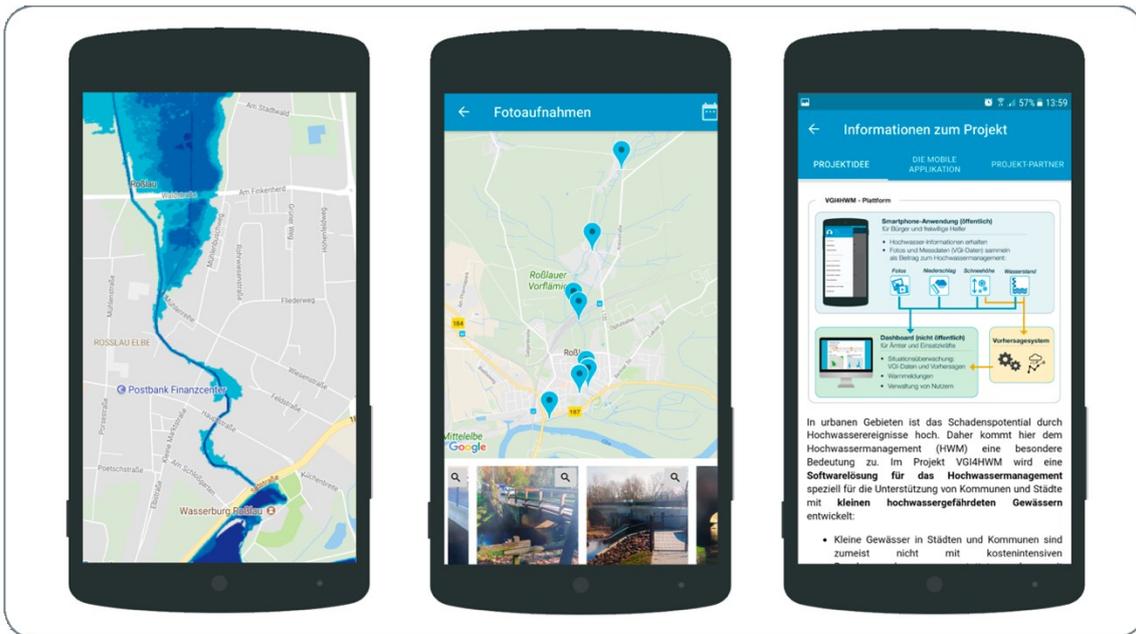


Abbildung 6: Zusätzliche hochwasserrelevanten Informationen in der Smartphone-App (z.B. Hochwassergefahrenkarten) tragen zur Sensibilisierung der Bevölkerung vor Hochwassergefahren bei

4.2 Vorhersagesystem

4.2.1 Offizielle meteorologische und hydrologische Daten

Neben der optionalen Einbeziehung von nutzergenerierten VGI-Daten verwendet die Vorhersagekomponente der HWM-Plattform zur Erstellung von Hochwasserwarnungen und -vorhersage offizielle frei verfügbare Daten des Deutschen Wetterdienstes. Die frei verfügbaren meteorologischen Vorhersageprodukte des DWD umfassen Daten des Regionalmodells COSMO-DE, des Globalmodells ICON und der radarbasierten Niederschlagsvorhersage RADVOR (Produkt FX). Zusätzlich finden Beobachtungswerte aus dem Stationsmessnetz des DWD Verwendung. Eine Vorhersage liegt für das FX Produkt alle 5 Minuten vor, der Vorhersagehorizont ist jedoch im Vergleich zu COSMO-DE und ICON deutlich geringer (Tabelle 1).

Produkt	Verfügbarkeit	Verwendeter Vorhersagehorizont	Auflösung Zeit / Raum
COSMO-DE	alle 3 h	27 h	2,8 km / 1 h
ICON (EU-Nest)	alle 3 h	30 h	13 km / 1h
RADVOR (FX)	alle 5 min	2 h	1 km / 5min

Tabelle 1: Verwendete meteorologische Vorhersageprodukte des DWD

4.2.2 Operationelle Hochwasservorhersage

Das Vorhersagesystem basiert auf einer modellbasierten Vorhersage mittels Niederschlags-Abfluss-Modellierungen (N-A-Modellierungen) über das Modellierungssystem ArcEGMO [Becker et al. 2002]. Für jede Vorhersage aus den DWD-Produkten ICON, COSMO-DE, FX erfolgt eine N-A-Simulation in einem jeweils eigenständigen Modell. Abbildung 7 stellt hierfür den generellen Ablauf innerhalb des Vorhersagesystems dar. In periodischen Abständen wird dabei außerdem eine Modellnachführung durchgeführt. Dies erfordert Daten aus dem Stationsmessnetz und Pegel- oder VGI-Wasserstandsdaten über einen längeren Zeitraum hinweg. Mehrmals täglich wird die Aktualisierung der DWD-Vorhersageprodukte geprüft. Mit der Verfügbarkeit neuer Vorhersagedaten des DWD erfolgt deren Aufbereitung, die N-A-Modellierung für die Hochwasservorhersage sowie die Auswertung der Niederschlagsvorhersagen für die rein niederschlagsbasierten Warnungen (Abschnitt 4.2.3). Wurden hierbei Warnklassen ausgerufen, erfolgt das Absetzen einer Warnmeldung, beispielsweise per E-Mail oder SMS an die Dashboard-Anwender (Abschnitt 4.2.4).

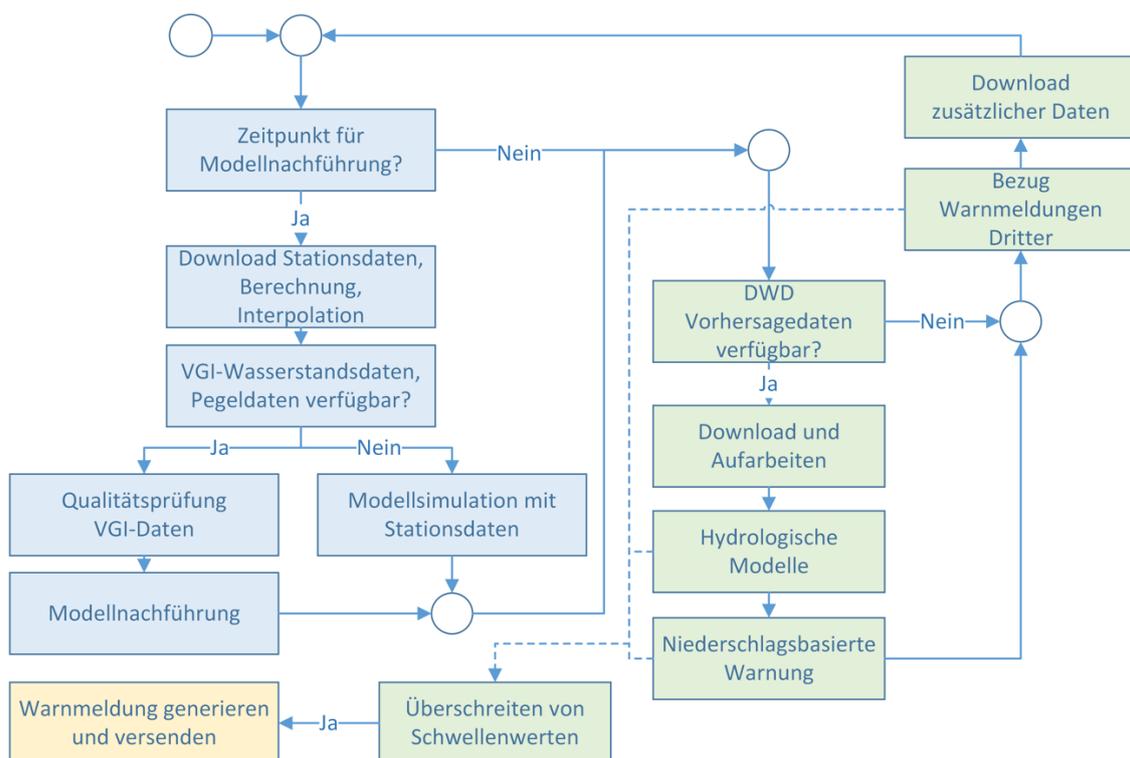


Abbildung 7: Programmablauf der Vorhersagekomponente

4.2.3 Niederschlagsbasierte Warnung

Neben dem Einsatz hydrologischer Modelle warnt die HWM-Plattform vor potentiell hochwasserauslösenden Ereignissen durch separate Auswertung der Niederschlagsvorhersagen [Müller et al. 2017]. Eine ausgerufene Warnklasse gibt einen Hinweis auf die Schwere des vorhergesagten Niederschlagsereignisses. Grundlagen zu dieser Bewertung entstammen dem KOSTRA-Starkregenatlas. Mit fünf ausrufbaren Warnklassen sind Niederschlagswerte für Kombinationen aus Jährlichkeiten und Dauerstufen verknüpft, wobei noch einmal zwischen Sommer und Winterhalbjahr unterschieden wird.

Der Gebietsniederschlag je Vorhersagezeitschritt wird als 0,9-Quantil aus den Niederschlagswerten aller Gitterzellen der Vorhersageprodukte im Einzugsgebiet berechnet. Darüber hinaus sind weitere Gitterzellen im Umkreis des Einzugsgebiets in zwei Perimetern und jeweils vier Quadranten zugeordnet. Über die Gitterzellen der jeweiligen Quadranten wird analog ein Niederschlag bestimmt und einer Warnklasse zugeordnet.

Ziel ist es, die Dashboard-Anwender (z.B. Einsatzkräften der Feuerwehr) ebenfalls für kleinräumige Starkniederschlagszellen zu sensibilisieren, die laut Vorhersage nicht im Einzugsgebiet, aber im Umfeld des Einzugsgebiets niedergehen. Durch die Unsicherheiten in der räumlichen Verortung der Niederschlagszellen ist es nämlich nicht ausgeschlossen, dass diese nicht doch das EZG treffen. Mit der farblichen Darstellung der eintretenden Warnklassen in den jeweiligen Quadranten zu den entsprechenden Warnzonen gewinnt der Anwender eine abstrahierte Übersicht über potentielle Gefahrenlagen.

4.2.4 Automatisches Versenden von Warnmeldungen

Eine Warnmeldung wird durch die HWM-Plattform verfasst und versendet, sobald eine Warnklasse im hydrologischen (Abschnitt 4.2.2) oder meteorologischen (Abschnitt 4.2.3) Vorhersageteil ausgerufen wurde. Die Warnmeldung enthält eine Zusammenfassung des Geschehens und wird als SMS oder E-Mail an ausgewählte Personen, beispielsweise an Einsatzkräfte, versandt. Diese haben schließlich die Möglichkeit, über das Dashboard selbst individuelle Nachrichten an weitere Nutzer oder Nutzergruppen der mobilen Anwendung zu senden. Durch das automatische

Generieren und Versenden von Warnmeldungen wird die Aufmerksamkeit der Dashboard-Nutzer aufrechterhalten, das Geschehen weiterhin zu verfolgen.

4.3 Dashboard

Das webbasierte Dashboard ermöglicht den autorisierten Dashboard-Nutzern eine Überwachung der Situation im Einzugsgebiet und vereint zudem verschiedenen Verwaltungsaufgaben. In verschiedenen Ansichten werden dabei die zuvor beschriebenen hydrologischen und meteorologischen Vorhersagen und Warnungen sowie nutzergenerierten Informationen und Messdaten aufbereitet und kartenbasiert visualisiert (Abbildung 8).

Sowohl Ansichten der Hochwasservorhersagen und Pegel- bzw. VGI-Wasserstandmessungen an den definierten Messstandorten sind möglich (Abbildung 8a) als auch Übersichten zum meteorologischen Geschehen (Abbildung 8b). Neben den Warnklassen der niederschlagsbasierten Warnungen sowie optionalen lokalen Warnmeldungen von externen Anbietern (z.B. Landeshochwasserzentralen) werden dort die aktuellen Niederschlagsradarbilder des DWD und die täglichen Niederschlagssummen im Einzugsgebiet dargestellt.

In weiteren Ansichten werden die von Nutzern eingesendeten Messdaten (Niederschlagsintensitäten, Schneehöhen) und Fotoaufnahmen gelistet und kartenbasiert mittels Markern angezeigt (Abbildung 8c). Zur verbesserten nachträglichen Dokumentation können dort auch historische Messdaten und Fotos aus zurückliegenden Ereignissen eingesehen, zeitlich gefiltert und heruntergeladen werden. Eine zusätzliche Administrations-Oberfläche im Dashboard ermöglicht außerdem auch das Versenden von individuellen Nachrichten per Push-Benachrichtigung an die Nutzer der mobilen Smartphone-Anwendung (Abbildung 8d).

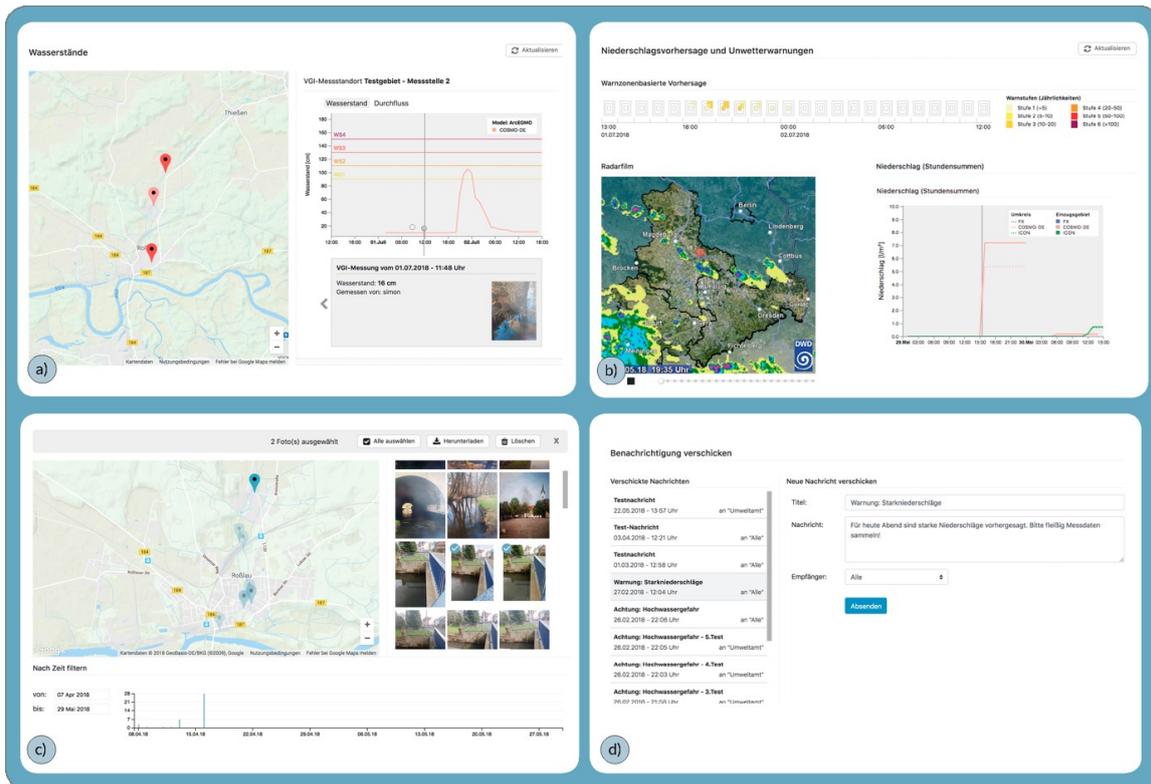


Abbildung 8: Dashboard-Ansichten zur Überwachung der Hochwassersituation. Einsatzkräfte können Dashboard Hochwasservorhersagen und Wasserstandmessungen (a), Meteorologische Warnungen und Vorhersagen (b) sowie alle nutzergenerierten Messdaten und Fotoaufnahmen (c) einsehen. Auch das Versenden von Benachrichtigungen an die mobile Anwendung ist möglich (d).

5 Technische Implementierung der HWM-Plattform

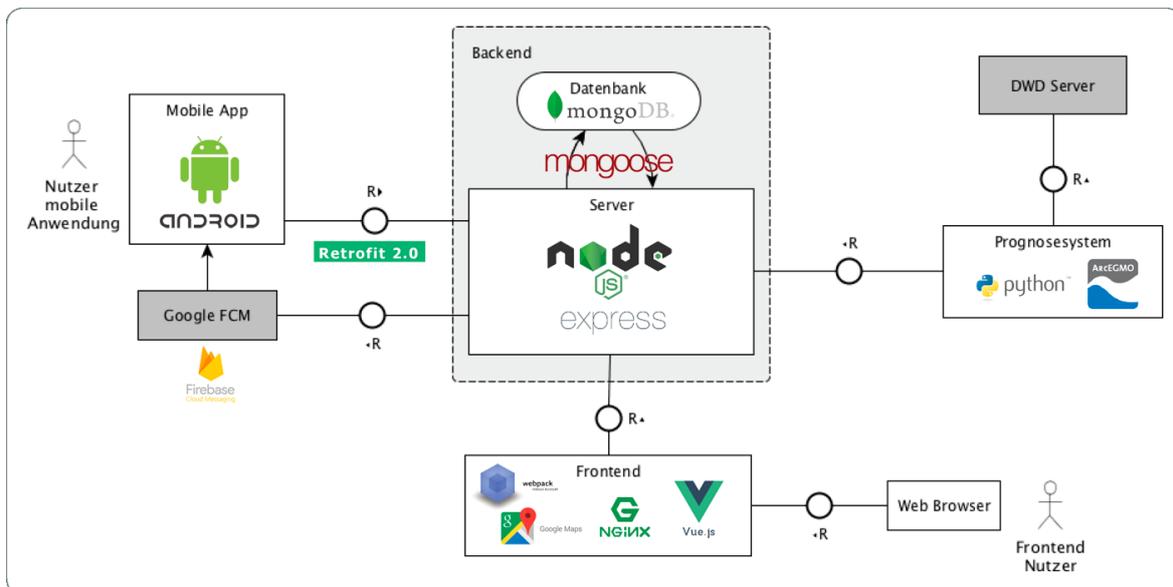


Abbildung 9: Eingesetzte Technologien zur Implementierung der HWM-Plattform

Neben der mobilen Smartphone-App, dem web-basierten Dashboard (Frontend) sowie dem automatischen Vorhersagesystem ist ein zentraler Backend-Server ein wichtiger

Bestandteil der technischen Implementierung der HWM-Plattform. Bei der Realisierung der Gesamtplattform wird dabei auf eine Reihe unterschiedlicher etablierter Technologien zurückgegriffen. Die grobe Systemarchitektur sowie die jeweils eingesetzten Technologien sind in Abbildung 9 skizziert.

Das Vorhersagesystem basiert auf der Modellierungssoftware ArcEGMO 12 für Linux, wobei sämtliche notwendigen Verarbeitungsskripte zur Steuerung des Vorhersagesystems und internen Datenverarbeitung sowie zur Anbindung des Systems an den Backend-Server sowie an den Datenservice des Deutschen Wetterdienstes zum Download von Vorhersagedaten mittels Python implementiert wurden.

Der Backend-Server der Plattform basiert auf einem in einer JavaScript-Laufzeitumgebung ausgeführten node.js-Webserver in Kombination mit dem Webframework Express.js sowie einer MongoDB NoSQL-Datenbank zur persistenten Speicherung relevanter Datenobjekte (z.B. VGI-Daten, Vorhersagezeitreihen, Warnmeldungen etc.).

Ein Web-Frontend, welches über einen gewöhnlichen Web-Browser aufgerufen werden kann, zeigt das Dashboard zur Situationsüberwachung und zur Nutzerverwaltung (Abbildung 8). Zur Entwicklung des Frontend wird das Webframework Vue.js eingesetzt.

Die mobile Anwendung wurde für das Betriebssystem Android (Android-Version 4.3 und neuer) entwickelt. Die Steuerung der Push-Benachrichtigungen auf die mobilen Endgeräte wird dabei mit Hilfe des Google-Dienstes Firebase Cloud Messaging (FCM) realisiert.

6 Zusammenfassung und Ausblick

Eine IT-Unterstützung für das Hochwassermanagement speziell in kleinen Einzugsgebieten weist besondere Rahmenbedingungen und Anforderungen auf. Mit der Verwendung und Aufbereitung von seit kurzem frei verfügbaren Vorhersagedaten und der Einbeziehung von freiwilligen Helfern bei der Erhebung von hydrologischen Messdaten bietet die vorgestellte Plattform eine effektive Softwarelösung zur Unterstützung des Hochwassermanagements speziell in kleinen Städten und Kommunen.

Die Plattform nutzt dabei Informationen und Messdaten, die aus der Bevölkerung von freiwilligen Helfern oder kommunalen Angestellten mittels einer mobilen Smartphone-Anwendung gesammelt wurden. Zur Überwachung aller eingehenden Daten und zur Situationsüberwachung im Hochwasserfall können autorisierte Anwender der Plattform (z.B. Einsatzkräfte der Feuerwehr) ein Dashboard als Web-Oberfläche besuchen. Nutzergenerierte Fotoaufnahmen aus dem Einzugsgebiet helfen bei der Situationseinschätzung und ermöglichen eine schnelle Reaktion. Der Vergleich der von Freiwilligen vorgenommenen Niederschlagsklassifikation mit derzeit gültigen Vorhersagen ermöglicht deren Validierung zum gegenwärtigen Zeitpunkt. Wasserstandmessungen, die mittels bildbasierter Messung per Smartphone an vorbereiteten Messstellen aufgenommen werden, kompensieren fehlende Pegelmesssysteme.

Zusätzlich stehen eine modellbasierte Hochwasservorhersage und ein separates niederschlagsbasiertes Vorwarnsystem zur Verfügung. Das Vorhersagesystem generiert dabei Warnmeldungen automatisch und kann diese an die Anwender des Dashboards per E-Mail oder SMS verschicken, um diese aktiv aufzufordern, das Dashboard zur weiteren Beobachtung zu besuchen. Den Kommunen und Gemeinden stehen auf diese Weise ortsspezifische Informationen bereit, welche die offiziellen Warnmeldungen übersetzen.

Die vorgestellte Plattform wurde in Zusammenarbeit mit zwei Pilotanwendern (Stadt Chemnitz und Stadt Dessau-Roßlau) entworfen und entwickelt. In gemeinsamen Workshops wurden dabei zunächst die genannten Rahmenbedingungen identifiziert und genauen Anforderungen abgeleitet. In einer ersten Evaluationsphase konnte bereits sichergestellt werden, dass die Funktionen der entwickelten Komponenten auch den tatsächlichen Bedarf der Einsatzkräfte vor Ort entsprechen.

In einer zweiten Evaluationsphase ab Sommer 2018 soll die HWM-Plattform schließlich auch in den beiden Versuchsgebieten (Pleißebach in Chemnitz und Rossel in Dessau-Roßlau) in einem Probetrieb unter Einbeziehung der gesamten ortsansässigen Bevölkerung getestet werden. Durch umfangreiche Öffentlichkeitsarbeit und Freiwilligen-Management (Schulungen etc.) sollen hierfür dann möglichst viele Bürger als freiwillige Helfer gewonnen werden. Die abschließende Evaluation wird anschließend zeigen, inwieweit auch der Ansatz

erfolgreich ist, per Smartphone gewonnene nutzergenerierte Daten der ortsansässigen Bevölkerung als zusätzliche Informationen für das Hochwassermanagement gewinnen zu können.

7 Literaturverzeichnis

- Becker, A.; Klöcking, B.; Lahmer, W.; Pfützner, B. (2002): The Hydrological Modelling System ARC/EGMO. In: *Mathematical Models of Large Watershed Hydrology* (Eds.: Singh, V.P. and Frevert, D.K.). Water Resources Publications, Littleton/Colorado.
- Beven, K.J. (2012): *Rainfall-Runoff Modelling. The Primer.* – John Wiley and Sons, Chichester; 2. Auflage.
- Burkard, S.; Fuchs-Kittowski, F.; O'Faolain de Bhroithe, A. (2017): Mobile crowd sensing of water level to improve flood forecasting in small drainage areas. In: *Environmental Software Systems - 12th IFIP WG 5.11 International Symposium (ISESS 2017, Springer International Publishing, Berlin u.a., S. 129-145.*
- Collier, C. G. (2007) Flash flood forecasting: What are the limits of predictability? In: *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* 133, Nr. 622, S. 3–23.
- Fuchs-Kittowski, F. (2018): Mobiles Crowdsourcing zur Einbindung freiwilliger Helfer in den Katastrophenschutz. In: Reuter, C. (Hrsg.): *Sicherheitskritische Mensch-Computer-Interaktion - Interaktive Technologien und Soziale Medien im Krisen- und Sicherheitsmanagement.* Berlin u.a.: Springer Vieweg Verlag, S. 551-572.
- Goodchild, M. F. (2007): Citizens as Voluntary Sensors - Spatial Data Infrastructure in the World of Web 2.0. *Int. J. Spatial Data Infrastructures Research* 2, S. 24-32.
- Kundzewicz, Z.W. (2013): Floods - lessons about early warning systems. In: *Late lessons from early warnings - science, precaution, innovation.* European Environment Agency, EEA Report, No, 1/2013, S. 347-368.
- Müller, R.; Burkhard, S.; Fuchs-Kittowski, F.; Pfützner, B. (2017): Hochwassermanagement im Wandel: Entwicklung eines VGI-basierten Hochwasserprognosesystems. In: *Den Wandel messen – Wie gehen wir mit Nichtstationarität in der Hydrologie um? Beiträge zum Tag der Hydrologie am 23./24. März 2017 an der Universität Trier, Fachgemeinschaft Hydrologische Wissenschaften, Trier, S. 301-316.*
- Philipp, A.; Kerl, F.; Müller, U. (2015): Ansprüche potenzieller Nutzer an ein Hochwasser-Frühwarnsystem für Sachsen. In: *Hydrologie und Wasserbewirtschaftung* 59 (1), S. 4–22.
- Richter, L.K. (2017): Maßnahmen zur Motivation freiwilliger Helfer in VGI-Anwendungen im Katastrophenschutz. Bachelorarbeit, Studiengang Umweltinformatik, Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin, Berlin.
- Schrage, N.; Antanaskov, D.; Jung, T.; Pasche, E. (2009): KALYPSO – An Open Source Software Tool for Flood Studies in Rivers. In: *8th International Conference on Hydroinformatics.* Concepción (Chile).
- See, L.; Mooney, P.; Foody, G.; Bastin, L., et al. (2016): Crowdsourcing, Citizen Science or Volunteered Geographic Information - The Current State of Crowdsourced Geographic Information. In: *Int. J. Geo-Inf.* Vol. 5, Nr. 5, S. 55.
- Werner, M.; Schellekens, J.; Gijsbers, P.; van Dijk, M. et al. (2013): The Delft-FEWS flow forecasting system. In: *Environmental Modelling & Software*, Nr. 40, S. 65-77.

Beitrag I: Jonas Gottwalt, David Riepl, Andreas Abecker, Friederike Brauer, Thilo Fischer, Sebastian Sturm

Prototyp einer web-basierten Software-Anwendung zur Unterstützung des Water Safety Plan (WSP) Konzepts

Prototype of a Web-Based Software Application Supporting the Water Safety Plan (WSP) Concept

Jonas Gottwalt¹, David Riepl¹, Andreas Abecker¹,
Friederike Brauer², Thilo Fischer², Sebastian Sturm²

¹*Disy Informationssysteme GmbH, vorname.nachname@disy.net*
²*DVGW-Technologiezentrum Wasser (TZW), vorname.nachname@tzw.de*

Abstract

The Water Safety Plan (WSP) approach of the World Health Organization (WHO) is a comprehensive framework for water-supply organizations (like water utilities, water authorities etc.) for systematically identifying and managing risks related to the drinking-water supply system. Up to now, there is not much and not very sophisticated ICT-support for WSP implementation. Hence, as part of the BMBF-funded research project TRUST, TZW and Disy together develop GIS-based tools for WSP realization. In this paper, we present a first prototype system for risk identification and risk assessment within the WSP framework.

Zusammenfassung

Die Water Safety Plan (WSP) Methode der World Health Organization (WHO) stellt einen ganzheitlichen Handlungsrahmen dar, mit dem Wasserversorger die Risiken im Zusammenhang mit ihren Trinkwasserressourcen systematisch behandeln können. Bis heute gibt es nur sehr wenig und wenig tiefgreifende IT-Unterstützung zur Implementierung des WSP-Ansatzes. Daher entwickeln TZW und Disy im Rahmen des BMBF-Projekts TRUST GIS-basierte Werkzeuge zur Unterstützung von WSP. In diesem Beitrag wird ein erster Prototyp zur Unterstützung der Risikoidentifizierung und -bewertung vorgestellt.

1 Motivation und Grundlagen

Das Konzept des *Water Safety Plan* (WSP) ist ein umfassender Ansatz zum Risikomanagement für Trinkwasserversorgungssysteme. Ein Water Safety Plan betrachtet die gesamte Versorgungskette, vom Wassereinzugsgebiet über die Wassergewinnung (Brunnen) und -behandlung (Wasserwerke) bis zum Verteilnetz und zum Endverbraucher [WHO 2011].

In der Praxis ist die Umsetzung eines WSP umständlich und kostspielig. Insbesondere das Risikomanagement für ein ganzes Wassereinzugsgebiet kann aufgrund der sehr großen Zahl potentieller Gefährdungseignisse recht aufwändig werden. Die Implementierung eines WSP erfolgt heutzutage typischerweise auf dem Papier. Es gibt nur einfache Werkzeugunterstützung auf der Basis von Textverarbeitungen oder Spreadsheets [Bartram et al. 2009; Schmoll et al. 2014].

Daher schlagen wir vor, dass die Implementierung eines WSP-konformen Risikomanagements durch eine entsprechende Softwareanwendung unterstützt werden sollte. Da bis dato keine entsprechende Softwarelösung für das Risikomanagement von Trinkwassereinzugsgebieten auf dem Markt existiert, wurde im Rahmen des BMBF-Projekts TRUST eine solche entworfen und (teilweise) prototypisch realisiert. Eine erste Version des Prototypen wurde bereits entwickelt und mit Domänenexperten bezüglich der Gebrauchstauglichkeit analysiert [Gottwalt 2017; Gottwalt et al. 2018].

2 Methodik und Vorgehensweise zur Realisierung des Prototyps

Es wurden zunächst die relevanten WSP-Prozesse modelliert, nämlich:

- Identifikation von Gefahren;
- Abschätzung des Ausgangsrisikos;
- Bestimmung und Validierung von Maßnahmen zur Risikobeherrschung;
- Abschätzung des Restrisikos;
- Maßnahmenplanung;
- Dokumentation.

Für alle Hauptaktivitäten wurden die Teilarbeitsschritte und die Input- und Output-Dokumente und -Daten modelliert.

Abbildung zeigt den Einstiegsbildschirm des Web-basierten Werkzeug-Prototyps, wo die oben erwähnten Hauptaktivitäten mit ihren Teilarbeitsschritten und den jeweiligen Arbeitsergebnissen anklickbar dargestellt sind. Danach wurde ein Entity-Relationship-Modell für alle betroffenen Objekte definiert, um alle gesammelten und verarbeiteten Daten in einer PostgreSQL Datenbank abzuspeichern. Die Anwendungslogik wurde mithilfe von Grails realisiert. Diese Anwendungslogik unterstützt dabei, die WSP-Risikomanagementprozesse in einer „geführten“ Art und Weise zu durchlaufen und bietet benutzerfreundliche Möglichkeiten, Arbeitsschritte zu dokumentieren, Hintergrundinformationen zuzugreifen und alle relevanten Daten einfach einzusammeln. Für die kartographische Darstellung von Risiken wurde das Web-GIS „Cadenza Web“ eingesetzt.



Abbildung 1: Einstiegsbildschirm mit Hauptaktivitäten

Zur Systemabgrenzung: Im Kern unserer hier vorgestellten Entwicklungen steht eine praxisorientierte Vorgehensweise für das Risikomanagement mit Bezug auf Trinkwasser und mit dem Schwerpunkt auf Spezifika von ganzen *Wassereinzugsgebieten* (zur vollständigen Abdeckung der Trinkwasserversorgung sind natürlich auch andere Bestandteile wie die technischen Anlagen, das Leitungsnetz etc. zu betrachten). Diese

Vorgehensweise beruht auf früheren Arbeiten von Sturm et al. [Sturm et al. 2016a; Sturm et al., 2016b]. Sie basiert hauptsächlich auf *semi-quantitativen Methoden* der Risikobewertung.

Abbildung illustriert Grundkonzepte des Ansatzes: *Gefährdungen* ergeben sich aus *Gefährdungsereignissen*, welche sich auf geographisch lokalisierbare *Gefährdungsträger* (Punkte, Flächen) beziehen und welche hinsichtlich ihrer *Ernsthaftigkeit* und ihrer *Eintrittswahrscheinlichkeit* abgeschätzt werden können. Die *Vulnerabilität* hängt davon ab, wie starke *schützende Effekte* (z.B. natürliche Grundwasserreinigung im Boden) vorliegen. Beide Phänomene lassen sich mit GIS-Methoden in der Fläche aggregieren und gegeneinander verrechnen. Dadurch entsteht schließlich eine Abschätzung für die Gefährdung des Rohwassers.

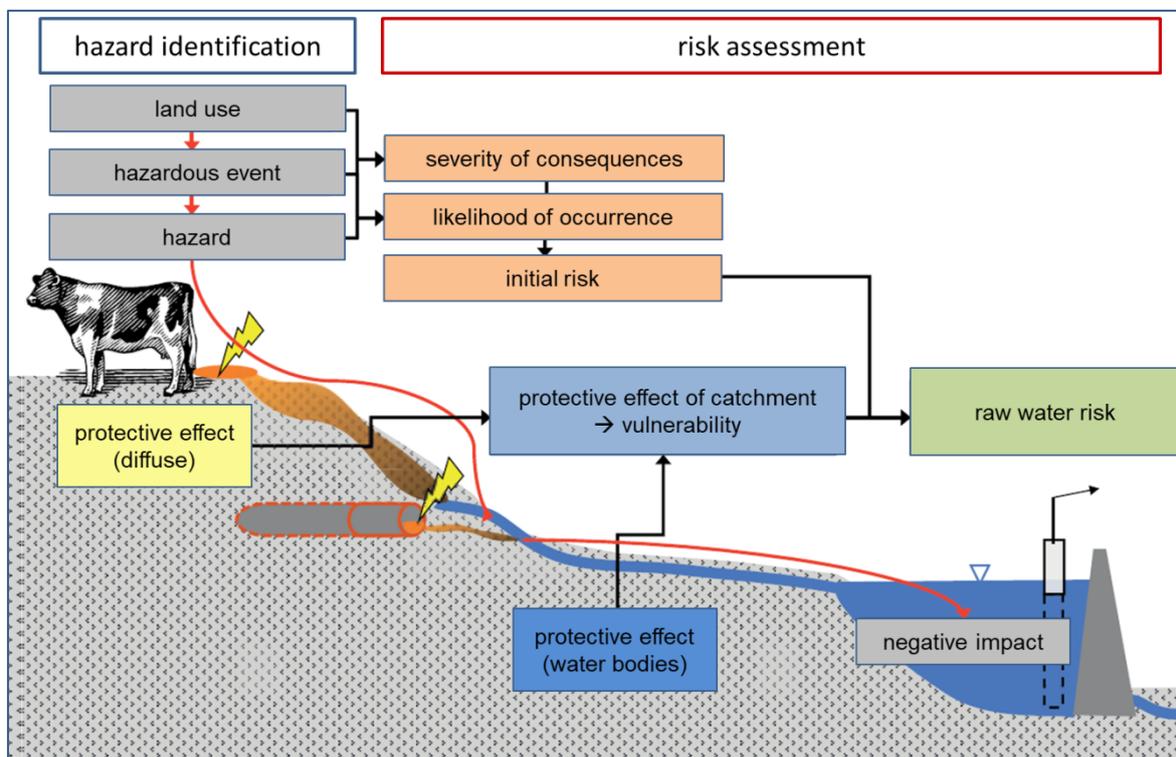


Abbildung 2: Grundkonzepte des Ansatzes von [Sturm et al. 2016a/b]

Zur Illustration der oben erwähnten *semi-quantitativen Methoden* betrachten wir die nachfolgenden Beispieltabellen. Basis der Bewertungsmethoden sind im Grunde qualitative Abschätzungen, die jedoch einerseits mit einem Bewertungsgewicht für die weitere numerische Verrechnung und andererseits mit einer Handlungsanweisung versehen sind, wann man sie verwenden sollte. So würde hier (Tabelle 1) nach [Rickert et al. 2016] eine „sehr geringe“ *Eintrittswahrscheinlichkeit* bedeuten, dass das Ereignis

seltener als einmal in 10 Jahren erwartet wird. In unserem Software-Tool können solche Bewertungstabellen auf der Basis der Default-Werte, anwendungsspezifisch definiert werden.

Class	Weighting	Interval
very low	1	Less frequently than once every 10 years
Low	2	Once every 6–10 years
moderate	3	Once every 2–5 years
High	4	Between every 1 and 2 years
very high	5	Once per year or more frequently

Tabelle 1: Beispiel einer semi-quantitativen Bewertungsmatrix, hier für die Eintrittswahrscheinlichkeit eines Gefährdungsereignisses (LO, likelihood of occurrence), nach [Rickert et al. 2016]

In ähnlicher Weise werden die zu verwendenden Werte für die *Ernsthaftigkeit der Folgen* beim Eintreten eines Gefährdungsereignisses definiert (Tabelle 2).

Class	Weighting	Description
very low	1	Insignificant or no impact on public health
Low	2	Short term, not health-related non-compliance, or aesthetic impact
moderate	3	Significant aesthetic issues, long-term non-compliance, but not health related; occasional interruption of supply
High	4	Potential long-term health effect, acute health effect of minor impact; frequent or regular interruption of supply
very high	5	Acute public health impact; that is, with potential for severe health effects; no water available

Tabelle 2: Beispiel einer semi-quantitativen Bewertungsmatrix, hier für die Ernsthaftigkeit der Folgen eines Gefährdungsereignisses (SC, severity of consequences), nach [Rickert et al. 2016]

Hieraus lassen sich dann abgeleitete Werte berechnen, wie z.B. das *initiale Risiko* eines Gefährdungsereignisses als Produkt aus Eintrittswahrscheinlichkeit und Ernsthaftigkeit der Folgen, nach folgender Tabelle 3 (CM bezeichnet hier die geplanten *Gegenmaßnahmen* zum Reduzieren von Risiken; die Vulnerabilität V ist die komplementäre Größe zur oben angesprochenen *Schutzfunktion* von Gesteinsformationen u.ä.).

Term of indicator	Abbreviation	Calculation of the indicator
Likelihood of occurrence	LO	Semiquantitative assessment
Severity of consequences	SC	Semiquantitative assessment
Vulnerability	V	Quantitative calculation
Initial risk	R_i	$R_i = LO * SC$
Initial raw water risk	R_{IRW}	$R_{IRW} = R_i * V$
Residual risk	R_R	$R_R = LO * SC$ (taking into account CM)
Residual raw water risk	R_{RRW}	$R_{RRW} = R_R * V$ (taking into account CM)

Tabelle 3: Überblick der in der Risikobewertung verwendeten Indikatoren

Insgesamt ergeben sich als Endergebnis des Bewertungs- und Verrechnungsprozesses Risikoeinschätzungen (Gewicht zwischen 0 und $5*5=25$), die sich auf geographische Gebiete beziehen (wo sind Gefährdungsträger zu finden, wo liegen Schutzfunktionen vor) und die man wiederum in Risikoklassen nach Tabelle 4 einordnen kann.

Risk score	< 6	6 – 9	10 – 15	> 15
Risk rating	Low	Medium	High	Very high

Tabelle 4: Einordnung in Risikoklassen nach Indikatorwert

3 Status und nächste Schritte

Aus Architektursicht ist der vorliegende Prototyp eine relativ einfache Grails-Anwendung, die zur Datenspeicherung PostgreSQL/PostGIS und zur Umsetzung der GIS-Funktionalitäten Cadenza Web¹⁹ verwendet. Grails²⁰ ist ein freies Webframework für die Programmiersprache Groovy, welches sich durch Konzepte wie Scaffolding²¹, automatische Validatoren und Internationalisierung auszeichnet und auf etablierten Frameworks wie Spring, Hibernate und SiteMesh aufbaut. Grails bietet nach unseren Erfahrungen eine sehr effiziente Umgebung zum Rapid Prototyping von Webanwendungen. Groovy²² ist eine Programmier- und Skriptsprache mit dynamischer und statischer Typisierung, die auf der Java Virtual Machine ausführbar ist und einige Konstrukte anbietet, die in Java nicht vorhanden sind, wie beispielsweise

¹⁹ Vgl. <https://www.disy.net/de/produkte/cadenza/web/> aufgerufen am 30.08.2018

²⁰ Vgl. <https://de.wikipedia.org/wiki/Grails> und <https://grails.org/> aufgerufen am 30.08.2018.

²¹ Vgl. <https://de.wikipedia.org/wiki/Webframework#Scaffolding> aufgerufen am 30.08.2018

²² Vgl. <https://de.wikipedia.org/wiki/Groovy> und <http://groovy-lang.org/> aufgerufen am 30.08.2018.

native Syntax für Maps, Listen und reguläre Ausdrücke, ein einfaches Templatesystem zur Erzeugung von HTML- und SQL-Code u.a.m.

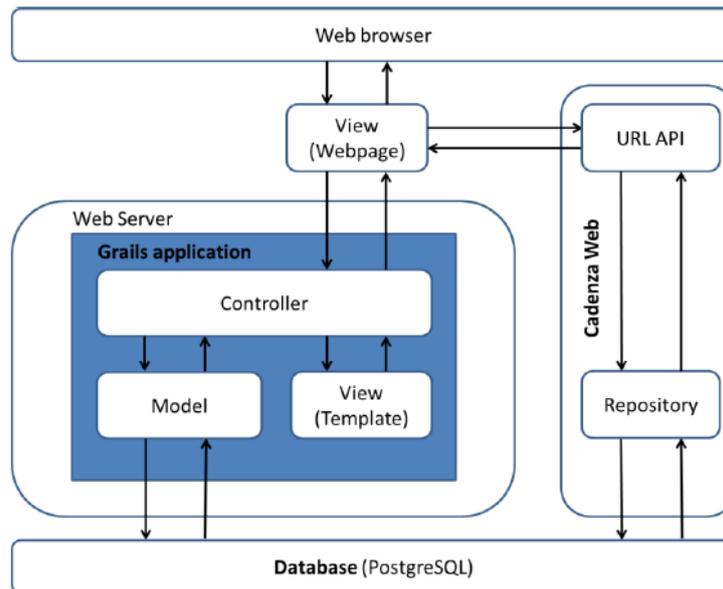


Abbildung 3: Grobes Architekturmodell des vorliegenden Prototypen

Die aktuelle Funktionalität des Prototypen umfasst:

- (i) Web-basierte Eingabemasken für Gefährdungsereignisse und Maßnahmen zur Risikobeherrschung – welche sich jeweils auf geographische Objekte als Repräsentation von Gefährdungsträgern (wie eine Industrieanlage, eine landwirtschaftliche Fläche) beziehen (vgl. Abbildung 4);
- (ii) anpassbare semi-quantitative Skalen für die Beschreibung von Eintrittswahrscheinlichkeit, Ernsthaftigkeit der Folgen, Vulnerabilität und Klassifikation von Risiken (vgl. Tabelle 1, 2 und 4);
- (iii) Formeln für die Risikoanalyse zur Aggregation und Verrechnung von Gefährdungen und Vulnerabilität (vgl. Tabelle 3);
- (iv) eine Web-GIS-Komponente
 - a. für das Zuweisen von geographischen Objekten (Punkten oder Polygonen in Karten) an Gefahrenträger und Schutzfunktionen,
 - b. für das Zuweisen von Gefährdungsereignissen und Maßnahmen zur Risikobeherrschung an Gefahrenträger sowie

c. zur Visualisierung von erfassten und berechneten Risiken und Vulnerabilität; sowie

(v) Berichtsfunktionalitäten und tabellarische Übersichten von Eingabedaten.

Abbildung 5 und Abbildung 6 zeigen Visualisierungen im Web-GIS, die beschreiben, wie die *aggregierten* Gefährdungen, jeweils den *geographisch lokalisierten Gefährdungsträgern* zugeordnet, sich im betrachteten Trinkwassereinzugsgebiet verteilen. Der Hauptfokus der bisherigen Implementierung lag in der Eingabe von geographisch verorteten Gefährdungsträgern und Gefahrenereignissen sowie deren automatischer Aggregation. WSP-Workflowschritte *nach der Gefährdungsanalyse* wurden noch nicht implementiert.

Abbildung 5 zeigt die initiale Risikokarte, die sich aus Gefährdungen mit Eintrittswahrscheinlichkeit und Gefährdungsernsthaftigkeit ergibt. Im Fall, dass für eine gegebene Fläche gleich mehrere Risiken gegeben sind, bestimmt das jeweils höchste Risiko das Einfärben der Fläche und eine kleine Ziffer deutet an, dass (sofern sie größer als 1 ist), hier mehrere Risiken inspiziert werden müssen.

Event Name	Event Description	Source Geometry
Landwirtschaftliche Produktion	Ausbringen von organischem Dünger (Gülle, Mist, Jauche)	diffuse geometry
Landwirtschaftliche Produktion (Maisanbau) nahe des Brunnens	Nitratauswaschung im Grundwasserneubildungszeitraum in Folge des langjährigen (nicht pflanzenbedarfsgerechten) Ausbringens von organischem Dünger	diffuse geometry
Landesstraße, die durch das Einzugsgebiet verläuft	Unfälle mit auslaufenden Betriebsmitteln und/ oder transportierten Gefahrstoffen	point geometry
Bachlauf mit Abwasseranteilen infiltriert in den Untergrund	-	diffuse geometry
Ungehinderter Zutritt/Eindringen von	z. B. nach Starkregen	diffuse geometry

Hazard Name	Type Of Hazard	Hazard Description
Nitrat	chemical	-
Krankheitserreger	biological	-
Öl und Treibstoff	chemical	-

Abbildung 4: Eingabemaske für ein Gefährdungsereignis

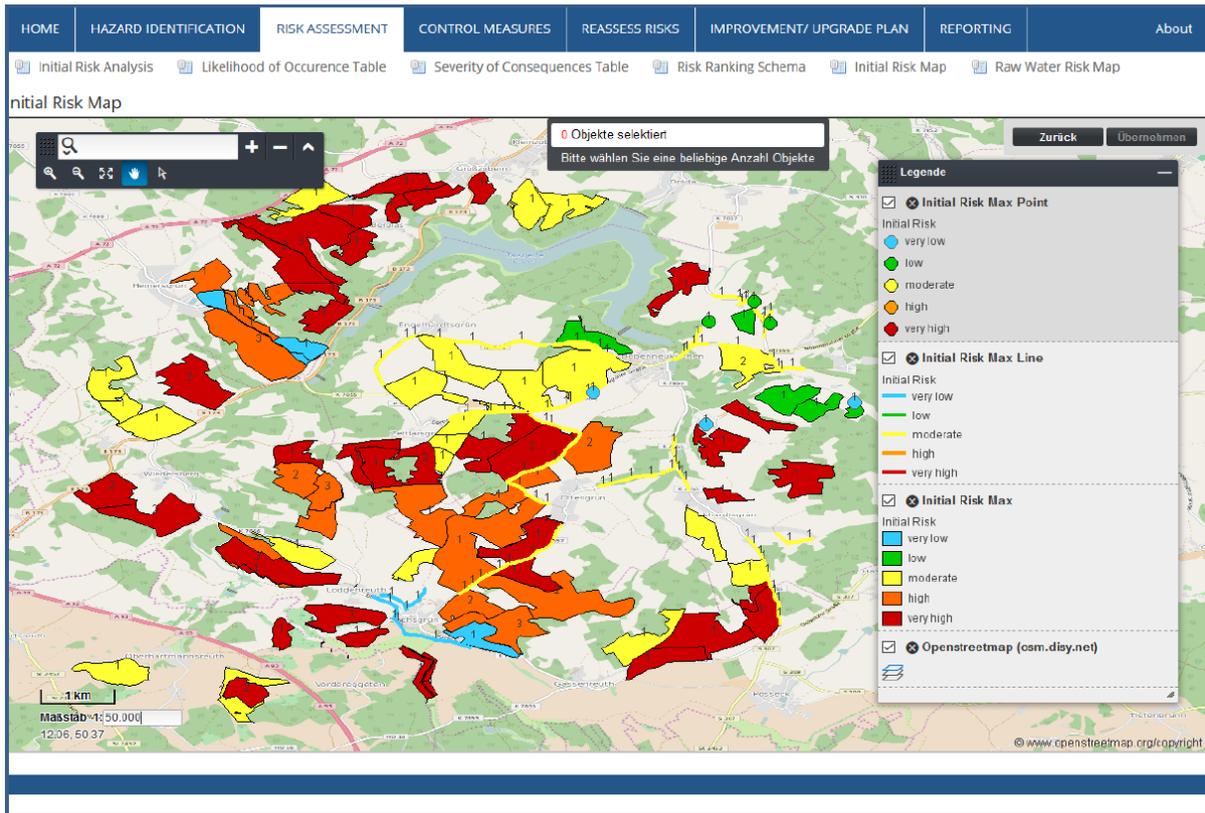


Abbildung 5: Karte der initialen Risiken

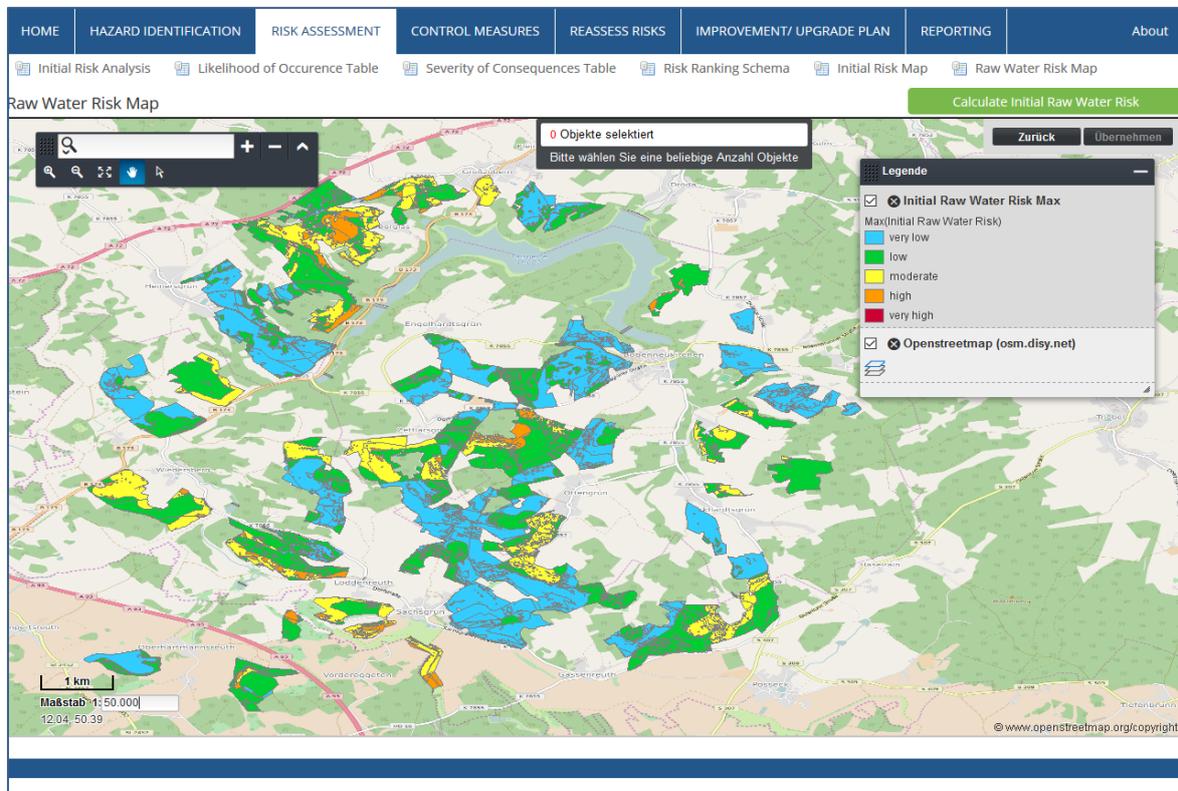


Abbildung 6: Rohwassergefährdungskarte

Abbildung 6 zeigt die Rohwassergefährdungskarte als „Endprodukt“ der Risikobewertung. Hier sind Initialrisiken aus Abbildung 5 mit Vulnerabilität bzw. Schutzfunktionen verschnitten. Deshalb sind die Farbkodierungen i.W. auch weniger alarmierend als in Abbildung 5. Auf dieser Karte aufsetzend, würden jetzt weitere Schritte des Risikomanagements geplant, beispielsweise Gegenmaßnahmen zur Risikoreduzierung.

4 Abschluss

Aus wissenschaftlicher Sicht ist insbesondere die volle oder teilweise Automatisierung der Gefährdungsanalyse durch geoinformatische Algorithmen von Interesse. Eine zentrale Entwurfsentscheidung für das System liegt beim Trade-Off zwischen qualitativen bzw. semi-quantitativen und streng quantitativen Methoden. Hier muss man sich entscheiden zwischen mehr oder weniger informativen bzw. (un)sicheren Methoden und „zahlt den Preis“ in Form von Komplexität oder Datenintensität der Ansätze. Im Allgemeinen gibt es nicht „die einzige richtige“ Lösung. Aber ein modulares Software-Werkzeug kann mehrere Methoden anbieten oder sogar kombinieren und landes- oder regional spezifisch konfiguriert werden. In unserem Projekt wurden die lokalen Gegebenheiten in Deutschland und in Peru zugrundegelegt. Die zurzeit eingesetzten Methoden sind durchgängig eher grobgranular und heuristisch. Dies erscheint aber aus Gründen der Praxistauglichkeit auch unbedingt sinnvoll, denn aktuell scheitern WSP-Projekte immer noch primär am erwarteten Arbeitsaufwand für das Aufsetzen und das Unterhalten des Systems bzw. grundsätzlich an der Datenverfügbarkeit. Insofern erscheint uns jede noch so grobe heuristische Herangehensweise nützlicher als die Alternative „gar nichts“ zu tun – zumal dieses System schrittweise technisch differenzierter ausgebaut werden könnte. Ein Werkzeug wie das vorliegende kann einen Einstieg in einen systematischen und transparent dokumentierten Umgang mit Risiken darstellen und kann dann mit sehr stark reduziertem Aufwand für die wiederholte Nutzung ein kontinuierliches Risikomanagement wesentlich realistischer machen.

Aus praktischer Sicht ist die Adaptierung des Werkzeugs auf unterschiedliche lokale Gegebenheiten wichtig. Daher wurde das gesamte System hochgradig offen und konfigurierbar gestaltet. Innerhalb des TRUST-Projekts sollen als nächste Schritte zunächst insbesondere die Usability und die Nützlichkeit aus Anwendersicht erhöht

werden. Erste Anwendertests mit etwa 10 Personen aus Deutschland und aus Peru führten zu sehr positiven Gesamtbewertungen, mit Verbesserungsvorschlägen insbesondere in den (aus Informatik-Sicht eher „einfachen“) Bereichen der Gebrauchstauglichkeit und Anwendungsfreundlichkeit im Praxiseinsatz.

Danksagung. Die beschriebenen Arbeiten wurden mit Unterstützung des Bundesministeriums für Bildung und Forschung im Rahmen des Verbundprojekts „Trust – Trinkwasserversorgung in prosperierenden Wassermangelregionen nachhaltig, gerecht und ökologisch verträglich - Entwicklung von Lösungs- und Planungswerkzeugen zur Erreichung der nachhaltigen Entwicklungsziele am Beispiel des Wassereinzugsgebiets der Region Lima/Peru“ (Förderkennzeichen 02WGR1426A-G) innerhalb der Fördermaßnahme „GRoW - Globale Ressource Wasser“ durchgeführt.

5 Literaturverzeichnis

- Bartram, J.; Corrales, L.; Davison, A.; Deere, D.; Drury, D.; et al. (2009): *Water Safety Plan Manual: Step-by-Step Risk Management for Drinking-Water Suppliers*. Geneva: World Health Organization.
- Gottwalt, J. (2017): *Designing a Web-Based Application for Process-Oriented Risk Management of Drinking-Water Catchments According to the Water Safety Plan Approach*. Master Thesis. Dresden: Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden, Fakultät Geoinformation.
- Gottwalt, J.; Abecker, A.; Brauer, F.; Fischer, T.; Riepl, D.; Rojas, V.; Sturm, S. (2018): *Designing a Web-Based Application for Process-Oriented Risk Management of Drinking-Water Catchments According to the Water Safety Plan Approach*. In: Bungartz, H.-J.; Kranzlmüller, D.; Weinberg, V.; Weismüller, J.; Wohlgemuth, V. (Hrsg.): *EnviroInfo-2018*. Springer International Publishing. In Vorbereitung.
- Rickert, B.; Chorus, I.; Schmoll, O. (2016): *Protecting Surface Water for Health. Identifying, Assessing and Managing Drinking-Water Quality Risks in Surface-Water Catchments*. Geneva: World Health Organization.
- Schmoll, O.; Bethmann, D., Sturm, S., Schnabel, B. (2014): *Das Water-Safety-Plan-Konzept: Ein Handbuch für kleine Wasserversorgungen*. Berlin: Umweltbundesamt. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/das-water-safety-plan-konzept-fuer-kleine> (aufgerufen am 24.08.2018).
- Sturm, S.; Villinger, F., Kiefer, J. (2016a): *Neuer Ansatz zum Risikomanagement für Talsperren-Einzugsgebiete - Teil 1*. In: DVGW Energie | Wasser-Praxis, 2016(5), 66–73.
- Sturm, S.; Villinger, F.; Kiefer, J. (2016b): *Neuer Ansatz zum Risikomanagement für Talsperren-Einzugsgebiete - Teil 2*. DVGW Energie | Wasser-Praxis, (2016(6), 80–86.
- WHO, World Health Organization. (ed.). (2011): *Guidelines for Drinking-Water Quality (4. edition)*. Geneva: World Health Organization.

Beitrag J: Stefan Wiemann

Web-basierte Analyse und Prozessierung hydro-meteorologischer Daten im Kontext von Extremereignissen

Web-Based Analysis and Processing of Hydro-meteorological Data in the Context of Extreme Events

Stefan Wiemann

Technische Universität Dresden, stefan.wiemann@tu-dresden.de

Abstract

Hydro-meteorological extreme events have a huge impact on human life worldwide. Accordingly, a wide range of methods and tools are already available for their analysis, assessment and prediction. In addition, particularly over the last few years, various open data initiatives led to an enormous increase of readily available hydro-meteorological measurement data on the web. The idea of the EXTRUSO project is to enhance capabilities for the combination of available hydro-meteorological data sources and processing functionality for flash flood analysis and forecasting in a web-based environment.

Zusammenfassung

Hydro-meteorologische Extremereignisse stellen weltweit eine unmittelbare Gefahr für die Bevölkerung dar. Aus diesem Grund existiert bereits eine Vielzahl von Methoden für die Analyse, Bewertung und Vorhersage solcher Ereignisse. Parallel dazu werden hydro-meteorologische Daten in zunehmenden Maße online bereitgestellt. Das Ziel des EXTRUSO Projektes ist es diese Daten und Methoden in einem Web-basierten Informationssystem zu verknüpfen, um die Analyse und Vorhersage von Hochwasserereignissen zu verbessern.

1 Motivation

Hydro-meteorologische Extremereignisse wie Starkregen und Sturzfluten gehen oftmals mit erheblichen zivilen und ökonomischen Schadenswirkungen einher. Zahlreiche wissenschaftliche Studien gehen von einem vermehrten Auftreten solcher

Extremereignisse innerhalb der nächsten Jahrzehnte aus [EASAC 2013]. Bestehende Beobachtungsnetze und Modellierungsmethoden haben sich jedoch in der Vergangenheit als unzureichend erwiesen, um diese Prozesse insbesondere in kleinen Einzugsgebieten hinreichend genau vorhersagen zu können [Bronstert *et al.* 2017; Hübl 2017].

Das EXTRUSO Projekt²³ setzt an dieser Stelle an und untersucht innovative Techniken zur räumlich und zeitlich hochaufgelösten Beobachtung und Vorhersage kleinräumig auftretender Extremereignisse. Dabei werden Synergieeffekte zwischen den am Projekt beteiligten Disziplinen Meteorologie, Hydrologie, Photogrammetrie und Geoinformatik genutzt, um eine Vielzahl unterschiedlicher Aspekte bei der Hochwassergenese abbilden zu können. Die einzelnen Komponenten sollen in einem Informationssystem zusammengeführt und für verschiedene Szenarien im Kontext hydro-meteorologischer Extremereignisse genutzt werden können. Im Vergleich zu vielen bestehenden Systemen, ist das Ziel des EXTRUSO Projektes daher nicht die Schaffung eines monolithischen Informationssystems, sondern die Bündelung und Verkettung einzelner, unabhängiger Komponenten zur Informationsgewinnung. Als Anwendungsgebiet wurden kleine und mittlere Einzugsgebiete im Freistaat Sachsen ausgewählt.

Dieser Beitrag widmet sich vor allem der Anbindung und Prozessierung von Daten aus verschiedenen Quellen im Informationssystem. Dafür werden im Folgenden eine Reihe verfügbarer Datenquellen (Kapitel 2) sowie Möglichkeiten zu deren Verarbeitung im Informationssystem (Kapitel 3) beschrieben. Abschließend werden eine Zusammenfassung der bisherigen Arbeiten und ein Ausblick auf die geplanten weiteren Entwicklungen gegeben (Kapitel 4).

2 Offene hydro-meteorologische Daten

Die zeitnahe Verfügbarkeit von Umweltdaten ist ein wesentlicher Faktor für den Betrieb und den Erfolg darauf aufbauender Informationssysteme. Die Umsetzung der INSPIRE Direktive spielt dabei eine wichtige Rolle, da sie die Offenlegung und den standardisierten Austausch behördlichen Umweltdaten erfordert. Einen weiteren

²³ EXTRUSO Homepage: <https://extruso.bu.tu-dresden.de> (abgerufen am 06.04.2018)

wichtigen Schritt stellt die Open Data Initiative des Deutschen Wetterdienstes (DWD) dar²⁴, welche seit der Novelle des Gesetzes über den Deutschen Wetterdienst am 25. Juli 2017 den Zugriff auf eine Vielzahl meteorologischer Daten ermöglicht.

Im EXTRUSO Projekt werden Niederschlagsinformationen neben den stationären Messungen primär aus Bodenradardaten des DWD abgeleitet. Neben der Einbindung über die OGC Web Mapping Service (WMS) Schnittstelle, können Radardaten im RADOLAN (Radar-Online-Aneichung) Kompositformat heruntergeladen und verarbeitet werden. Die Bereitstellung als separate Dateien pro RADOLAN Produkt und Zeitintervall erschwert jedoch den performanten Zugriff, insbesondere hinsichtlich der Abfrage von Zeitreihen. Daher werden diese zunächst in das NetCDF Format konvertiert und dann darüber zugänglich gemacht. Wie in Abbildung dargestellt wurde zu diesem Zweck ein ETL (Extract, Transform, Load) Prozess implementiert, der in regelmäßigen Abständen Radardaten von der DWD OpenData Plattform herunterlädt und anschließend in eine NetCDF Datei schreibt. Die Abfrage raumzeitlicher Daten kann anschließend durch beliebige Anwendungen und Prozessierungsdienste mit NetCDF-Unterstützung erfolgen. Der beschriebene Transformationsprozess umfasst sowohl die einmalige Verarbeitung historischer, als auch die laufende Synchronisierung aktueller Radardaten. Unterstützt werden derzeit die RADOLAN Produkte RW (1h Niederschlagssumme), RX (5min Reflektivität), SF (24h Niederschlagssumme) und FX (2h Vorhersage Reflektivität).

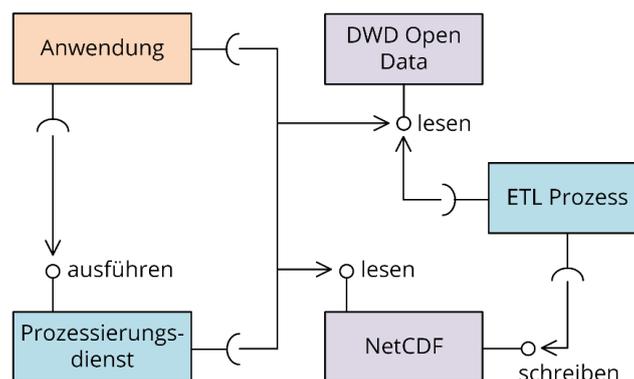


Abbildung 1: Vorverarbeitung der DWD Radardaten: Daten werden von DWD OpenData Plattform geladen und in eine NetCDF Datei geschrieben; der Zugriff auf die NetCDF Datei kann sowohl über die Anwendung als auch einen Prozessierungsdienst erfolgen.

²⁴ DWD Open Data Initiative: <https://www.dwd.de/DE/leistungen/opendata/opendata.html> (abgerufen am 06.04.2018)

Stationsbasierte hydro-meteorologischen Messdaten, die über amtliche Sensormessnetze erfasst werden, müssen von den jeweils zuständigen Behörden freizugänglich gemacht werden. Um den Zugriff auf diese stark verteilten Daten zu erleichtern, wird das OpenSensorWeb²⁵ Projekt als Datenaggregator genutzt, welches eine Vielzahl von Messnetzen integriert und eine einheitliche Schnittstelle (Elasticsearch) für den Zugriff auf die Daten anbietet.

Neben den genannten amtlichen Eingangsdaten wird im Rahmen des EXTRUSO Projektes untersucht, inwieweit bestehende hydrologische Modelle durch eine detaillierte Oberflächenbeschreibung unterstützt werden können. Ausgewählte Teileinzugsgebiete werden dafür sowohl aus der Luft als auch von einem unbemannten Wasserfahrzeug aus photogrammetrisch erfasst. Diese Daten sollen anschließend zu einem hochaufgelösten Oberflächenmodell fusioniert und über Visualisierungs- und Datendienste zur weiteren Verwendung bereitgestellt werden. Das dafür als Multisensorplattform verwendete Wasserfahrzeug ist in Abbildung dargestellt.

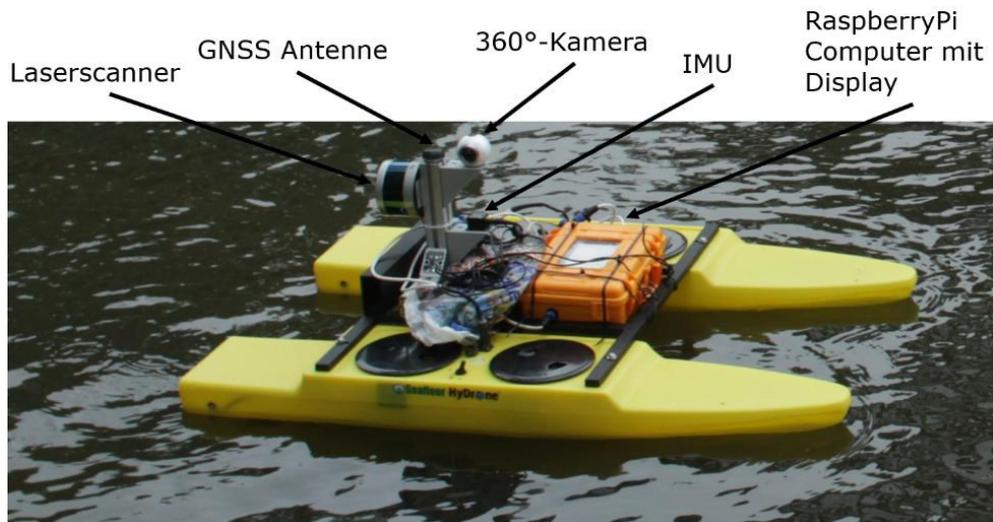


Abbildung 2: Unbemanntes Wasserfahrzeug zur Erfassung eines hochaufgelösten Oberflächenmodells vom Wasser aus.

Ein weiterer wichtiger Aspekt im Projekt ist die Unterstützung von Initiativen zur bürgergetriebenen Erfassung von Umweltdaten. Um existierende Niederschlags- und Pegelmessnetze zu verdichten, werden derzeit low-cost Sensorsysteme entwickelt und getestet, die im weiteren Projektverlauf gemeinsam mit interessierten Bürgern

²⁵ OpenSensorWeb Projekt: <https://opensensorweb.de> (abgerufen am 06.04.2018)

ausgebracht und betrieben werden sollen. Dies umfasst die Nutzung einfacher Kippwaagen für die Niederschlagsmessung [Krüger 2018] sowie ein kamerabasiertes System für die Messung von Pegelständen [Eltner *et al.* 2018]. Auch diese Daten sollen über die OpenSensorWeb Plattform in das Informationssystem integriert werden.

3 Web-basierte Datenanalyse und –prozessierung

Für die Web-basierte Analyse und Prozessierung verfügbarer Daten zur Informationsgewinnung wird die OpenCPU Plattform²⁶ eingesetzt, welche die serverseitige Ausführung von R Skripten ermöglicht. Dies bringt zwar eine Bindung an die Programmiersprache R mit sich, jedoch ist diese im Bereich der statistischen Datenauswertung und hydro-meteorologischen Modellierung bereits weit verbreitet. Das darauf aufbauende Informationssystem unterstützt eine Reihe von Prozessen zur Daten- und Modellintegration, sowie Möglichkeiten zur Erstellung und Ausführung spezifischer Anwendungsszenarien [Wiemann *et al.* 2018].

3.1 Visuelle Exploration vorhandener Daten

Die visuelle und statistische Analyse von hydro-meteorologischen Messreihen ist ein hilfreiches Werkzeug für die Suche nach Mustern und Zusammenhängen in bestehenden Datensätzen, und stellt sowohl für Experten als auch für Laien ein wichtiges Instrument zur Hochwasseranalyse dar. Sowohl die Eingangsdaten als auch die Ergebnisdaten von Anwendungen können daher in Form von interaktiven Karten und Zeitreihen dargestellt werden.

Eine hilfreiche und häufig verwendete Möglichkeit zur visuellen Analyse bereitgestellter räumlicher Daten ist die Berechnung zentraler Statistiken. Diese bietet sich für Einzugsgebiete insbesondere im Zusammenhang mit Niederschlagsmessungen an, um die Bodenfeuchte sowie den potentiellen Abfluss, und somit auch die Gefahr von Sturzfluten, in dem jeweiligen Gebiet einschätzen zu können. Ein Beispielergebnis für eine solche Analyse ist in Abbildung dargestellt. Für einzelne Einzugsgebiete lassen sich somit auch Zeitreihen berechnen, die wiederum in hydro-meteorologischen Modellen als Eingangsdaten verwendet werden können.

²⁶ OpenCPU Plattform: <https://www.opencpu.org> (abgerufen am 06.04.2018)

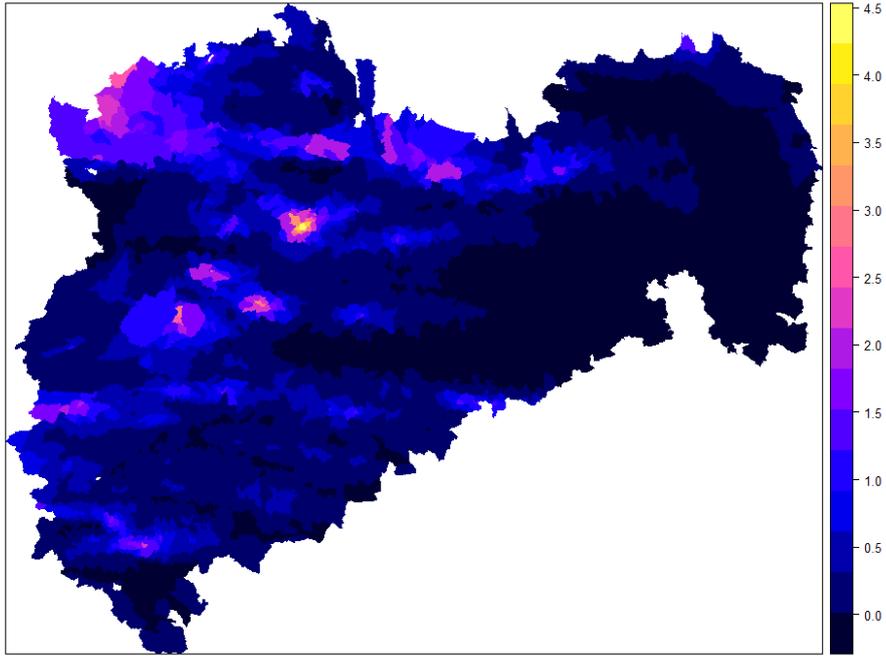


Abbildung 3: Beispiel für ein Niederschlagsmittel in sächsischen Einzugsgebieten; berechnet aus RADOLAN SF Produkt

Eine weitere Beispielanwendung zur Abfrage und visuellen Analyse von Durchfluss- und Niederschlagsdaten, ebenfalls basierend auf der Berechnung zonaler Statistiken, ist in Abbildung dargestellt und besteht im Wesentlichen aus drei Schritten:

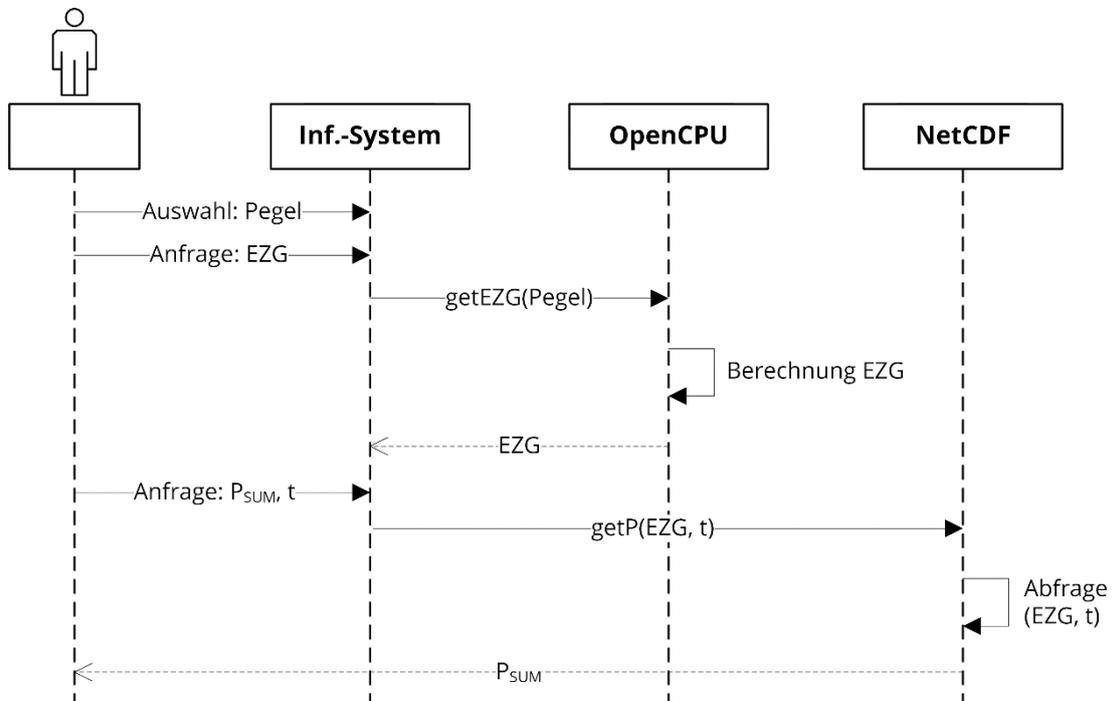


Abbildung 4: UML Sequenz für die Abfrage einer Niederschlagszeitreihe in einem zuvor definierten Einzugsgebiet

1. Auswahl einer Pegelmessstelle für die der Durchfluss und der Flächenniederschlag im Oberlauf parallel dargestellt werden sollen.
2. Ermittlung des Einzugsgebietes (EZG) in dem ausgewählten Punkte; die Berechnung erfolgt serverseitig über die OpenCPU Plattform und basiert auf einem Netzwerkgraphen der amtlich bereitgestellten Teileinzugsgebiete.
3. Ermittlung der Zeitreihe zur Niederschlagssumme (P_{SUM}) in dem zuvor ermittelten Einzugsgebiet für ein definiertes Zeitfenster (t); die Abfrage erfolgt serverseitig über die OpenCPU Plattform und das darunterliegende NetCDF-Format, über das RADOLAN RW Daten in dem ausgewählten Einzugsgebiet für den gewählten Zeitraum extrahiert werden.

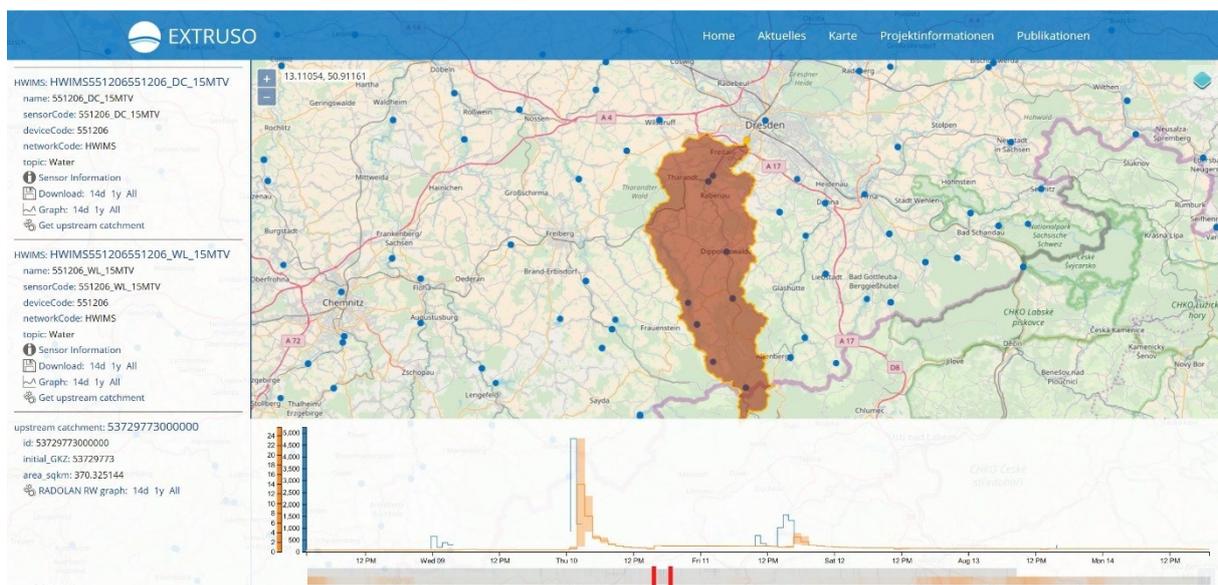


Abbildung 5: Ergebnis der Berechnung einer Niederschlags-Zeitreihe aus RADOLAN Bodenradardaten (blau) für ein zuvor berechnetes Pegel-Einzugsgebiet; Vergleich mit Durchflussmessung am ausgewählten Pegelstandort Weißeritz in Dresden (orange).

Das Ergebnis der Abfrage ist in Abbildung dargestellt. Wie zu erwarten war, ist in ein deutlicher Zusammenhang und zeitlicher Offset zwischen Niederschlagssumme in einem Gebiet sowie dem dazugehörigen Wasserabfluss am Pegel sichtbar. Diese Beziehung kann weiter analysiert und für Vorhersagezwecke genutzt werden, was im Wesentlichen über eine komplexere hydro-meteorologische Modellierung geschieht.

3.2 Hydro-meteorologische Modellierung

Für die Analyse und insbesondere die Vorhersage hydro-meteorologischer Extremereignisse werden im EXTRUSO-Projekt verschiedene Modellansätze genutzt und evaluiert. Das gemeinsame Ziel dabei ist die Bestimmung des hydro-

meteorologischen Zustandes in einem gewählten Einzugsgebiet sowie die potentielle Änderung dieses Zustandes durch prognostizierte Niederschläge. Dadurch sollen kritische Zustände und Gefährdungen frühzeitig identifiziert werden. Folgende drei Modellansätze werden derzeit umgesetzt:

- Ermittlung der Bodenfeuchte über das BROOK90 Modell [Federer *et al.* 2003], welches häufig im Kontext bodenhydrologischer Simulationen in bewaldeten Gebieten eingesetzt wird, aber auch auf andere Landbedeckungsarten und jahreszeitliche Änderungen angepasst werden kann. Die Bodenfeuchte wird bei diesem Ansatz als Indikator für das noch vorhandene Speichervolumen von neu infiltrierendem Wasser genutzt. Ist die Bodenfeuchte hoch, also das bodenspezifische Porenvolumen stark gefüllt, wäre bei einem Regenereignis nicht genügend Rückhaltevolumen vorhanden, um das neu infiltrierende Wasser aufzunehmen. Die Folge ist die Bildung von direktem Oberflächenabfluss und somit eine erhöhte Sturzflutgefahr. Die Parametrisierung und Ausführung des Modells im Informationssystem wird über eine direkte Implementierung in R realisiert.
- Auf Basis des RAVEN Hydrological Framework [Craig und Raven Development Team 2017] wird eine konzeptionelle hydrologische Modellierung getestet. Diese ermöglicht über eine Reihe verschiedener Prozessmodule eine flexible Anpassung der jeweiligen Modellstruktur an die Charakteristika verschiedener Einzugsgebiete. Die Integration im Informationssystem erfolgt über eine ausführbare Datei, die über die OpenCPU Plattform parametrisiert aufgerufen wird.
- Die Vorhersage von Durchflusswerten einzelner Pegelstandorte wird über eine datengetriebene hydrologische Modellierung realisiert. Diese basiert auf der Neuronal Network Toolbox von MATLAB und verwendet verfügbare Durchflussdaten sowie Niederschlagsinformationen in einem Einzugsgebiet zur Vorhersage des jeweiligen Pegelwertes. Die Integration in das Informationssystem erfolgt über den Aufruf ausführbarer Skripte, die die einzugsgebiets-spezifisch trainierten Netze enthalten, auf vorgehaltene Daten zugreifen und entsprechende Prognosen rechnen können.

Neben der Ausführung vordefinierter Funktionen bietet die OpenCPU Plattform auch die Möglichkeit, bereitgestellte Daten direkt in R zu verarbeiten. Zu diesem Zweck wird

die RStudio Server²⁷ Anwendung verwendet, die auf demselben Server installiert ist und fortgeschrittenen R-Nutzern die Möglichkeit bietet, eigene Zeitreihenanalysen und Berechnungen durchzuführen.

4 Zusammenfassung und Ausblick

Ein wichtiger Aspekt bei der Erstellung des beschriebenen Informationssystems ist die Zusammenführung unabhängiger Komponenten über definierte Schnittstellen. Dies soll die Nachnutzung der entwickelten Methoden unabhängig vom Projekt sicherstellen. Der Quellcode der Entwicklungen ist größtenteils frei verfügbar²⁸.

Die größte Herausforderung und Leistung in dem Projekt ist zweifelsohne die Zusammenführung der individuellen Systemkomponenten aus den unterschiedlichen Disziplinen. Diese basieren häufig auf eigenständigen domänenspezifischen Entwicklungen, wie z.B. Spezialsoftware oder eigenen Datenformaten, die nicht ohne Weiteres in andere Disziplinen oder dienstbasierte Informationssysteme übertragen werden können. An dieser Stelle hat sich die frühzeitige Einigung auf Austauschformate und Schnittstellen als sehr hilfreich erwiesen.

Das Informationssystem mit seinen Teilkomponenten ist modular gestaltet und kann daher erweitert und auch in anderen Anwendungskontexten angewendet werden. Alle implementierten Methoden, mit Ausnahme der hydro-meteorologischen Modellierung, sind möglichst generisch implementiert. So erlaubt beispielsweise die NetCDF Komponente das Einlesen und die Verarbeitung beliebiger raum-zeit-Kontinua. Ähnliches gilt für die Berechnung zentraler Statistiken, die Einbindung von Sensordaten über die OpenSensorWeb Plattform als auch die Berechnung von Konnektivitätsgraphen.

Im weiteren Verlaufe des Projektes sollen die entwickelten hydro-meteorologischen Modelle zur Bodenfeuchtemodellierung und Abflussvorhersage miteinander verknüpft werden, um die Möglichkeit von Multi-Modell-Ensembles zu erhalten, mit denen insbesondere die Unsicherheiten in der Prognose von Extremereignissen besser abgebildet werden kann. Als Eingangsdaten für diese Modelle sollen neben den

²⁷ RStudio Server: <https://www.rstudio.com/products/rstudio/#Server> (abgerufen am 06.04.2018)

²⁸ R-Package: https://github.com/GeoinformationSystems/xtruso_R (abgerufen am 06.04.2018),
Webseite: https://github.com/GeoinformationSystems/xtruso_web (abgerufen am 06.04.2018)

offiziell bereitgestellten Sensor- und Radardaten auch das photogrammetrisch generierte Oberflächenmodell sowie die über low-cost Sensorik ermittelten Messzeitreihen verarbeitet werden.

5 Literaturverzeichnis

- Bronstert, A., Agarwal, A., Boessenkool, B., Fischer, M., et al. (2017): Die Sturzflut von Braunsbach am 29. Mai 2016 – Entstehung, Ablauf und Schäden eines „Jahrhundertereignisses“. Teil 1: Meteorologische und hydrologische Analyse. *Hydrologie und Wasserbewirtschaftung*. 61 (3), 150–162. DOI: 10.5675/HyWa_2017,3_1.
- Craig JR, the Raven Development Team (2017): Raven user's and developer's manual (Version 2.7).
- EASAC (2013): Trends in extreme weather events in Europe: implications for national and European Union adaption strategies. In: European Academies Science Advisory Council. Policy report 22, November 2013. (November).
- Eltner, A., Sardemann, H., Kröhnert, M. & Maas, H.-G. (2018): Entwicklung eines low-cost Kamerapegels zur Erfassung hydrologischer Extremereignisse. In: PFGK18: Photogrammetrie - Fernerkundung - Geoinformatik - Kartographie 2018.
- Federer C. A., Vörösmarty C., Fekete B. (2003): Sensitivity of Annual Evaporation to Soil and Root Properties in Two Models of Contrasting Complexity. *J Hydrometeorol* 4, 1276–1290. DOI: 10.1175/1525-7541(2003)004<1276:SOAETS>2.0.CO;2.
- Hübl, J. (2017): Hochwasser Simbach 2016: Dokumentation und Analyse. In: R Jüpner & U Müller (eds.). 9. Forum Hochwasserrisikomanagement, Band 9. 2017 pp. 139–150.
- Krüger, R. (2018): Entwicklung eines Low-Cost Sensor Systems zur Erfassung hydrometeorologischer Extremereignisse. In: PFGK18: Photogrammetrie - Fernerkundung - Geoinformatik - Kartographie 2018.
- Wiemann, S., Al Janabi, F., Eltner, A., Krüger, R., et al. (2018): Entwicklung eines Informationssystems zur Analyse und Prädiktion hydro-meteorologischer Extremereignisse in mittleren und kleinen Einzugsgebieten. In: Niels Schütze, Uwe Müller, Robert Schwarze, Thomas Wöhling, et al. (eds.). M3 - Messen, Modellieren, Managen in Hydrologie und Wasserressourcenbewirtschaftung. 2018 Fachgemeinschaft Hydrologische Wissenschaften. pp. 357–367.

Beitrag K: Klaus Brand, Roland Körber

Einbindung von GNSS-Informationen zur Qualitätssicherung und Nachvollziehbarkeit

Integration of GNSS Information for Quality Assurance and Traceability

Dr. Klaus Brand, Roland Körber

*GI Geoinformatik, k.brand@gi-geoinformatik.de
GI Geoinformatik, r.koerber@gi-geoinformatik.de*

Abstract

Short presentation of the guideline "Mobile GIS" by Dr. Klaus Brand, editor in the name of the association "Runder Tisch GIS e.V.". Explaining the objectives of the guideline and the issue of quality and traceability on using GNSS systems (global navigation satellite system) in mobile workflows.

Today a lot of data is collected in the field via GNSS location. Depending on the accuracy requirements, different receivers are used which provide positions up to one-centimeter accuracy. When reviewing the collected data, however, the same questions keep coming up: How good was the GNSS position at the time of collection? Have the claimed accuracy requirements been met?

This paper will discuss the possibilities of GNSS software for collecting data to ensure the required quality standards and traceability.

Zusammenfassung

Kurzvorstellung des Leitfadens „Mobile GIS“ durch Dr. Klaus Brand, als Herausgeber im Namen des Runden Tisch GIS e.V., mit Erläuterung der Ziele des Leitfadens und Überleitung zum Thema der Qualität und Nachvollziehbarkeit beim Einsatz von GNSS-Systemen in mobile Arbeitsabläufe.

Viele Daten werden heute über eine GNSS-Position vor Ort erfasst. Je nach Genauigkeitsanforderungen kommen dementsprechend Empfänger zum Einsatz, die

Positionen bis zu einer Zentimeter-Genauigkeiten liefern. Bei der Sichtung der erfassten Daten ergeben sich jedoch immer wieder die gleichen Fragen: Wie gut war die GNSS-Position zum Zeitpunkt der Erfassung? Wurden die geforderten Genauigkeitsanforderungen erfüllt? Und spätestens bei Unstimmigkeiten möchte man gerne nachvollziehen können, welche GNSS-Bedingungen bei der Erfassung vorherrschten, und ob eventuell die erfassten Daten nachträglich in Ihrer Lage verändert wurden?

In diesem Beitrag wird darauf eingegangen, welche Möglichkeiten eine Software für die Datenerfassung mittels GNSS bieten kann, um die geforderten Qualitätsansprüche und Nachvollziehbarkeit sicherzustellen. Dabei wird auf nachfolgende Punkte eingegangen:

- GNSS-Datenformat NMEA vs. herstellerspezifische Formate
- GNSS-herstellerunabhängige Datenauswertung und -speicherung
- Integrierte Qualitätsanforderungen bei der Datenerfassung (visuell und funktional)
- Protokollierung der GNSS-Daten für jeden Punkt/Stützpunkt
- Nachvollziehbarkeit von Veränderungen
- Integration bei Fotoerfassung (Stichwort „Geotagging“)
- Bereitstellung von Schnittstellen für Datenexport

Die jeweiligen Punkte werden anhand von Produktbeispielen aus dem Bereich mobiles GIS veranschaulicht.

1 Kurzvorstellung Leitfaden „Mobiles GIS“

Auf über 270 Seiten bietet der „Leitfaden – Mobile GIS“ in seiner neuen Auflage 3.0 einen umfassenden Überblick zu den aktuellen Entwicklungen mobiler GNSS-gestützter Datenerfassung bis hin zur Bereitstellung räumlicher Daten [Donbauer & Kolbe 2017; Brand 2017]. Ziel dieses Leitfadens war es, durch strukturierte Orientierungs- und Entscheidungshilfen einen strukturierten Einstieg in das Thema zu geben. Durch vorgefertigte Formatvorlagen können Leistungsmerkmale des breiten Angebotsspektrums von Hard- und Softwareprodukten schneller verglichen werden und so Entscheidungen oder Beschaffungen unterstützt werden. Besonderer Wert wurde auf das Zusammenwirken und die Abhängigkeiten der einzelnen Komponenten in einer aufgabenbezogenen Gesamtlösung gelegt. Handlungsempfehlungen,

Checklisten, ein Glossar und Links zu Userforen und weiterführender Literatur sollen dabei helfen.

Um den Wert des Leitfadens zu erhalten, erfolgen regelmäßig Aktualisierungen. Mit insgesamt 20.000 Downloads der Vorgängerversionen und ca. 1.600 für die aktuelle Version, gehört der Leitfaden zu den erfolgreichsten Publikationen des Runden Tisch GIS e.V. und steht dort kostenfrei zur Verfügung.

Wir wollen im Folgenden auf den Aspekt der „Qualität“ einer GNSS-basierten Datenerfassung näher eingehen. Neben den Aspekten der Positionsgenauigkeit (vgl. Kapitel 2.7 im Leitfaden), spielen dabei aber auch Themen wie Datensicherheit, Integrität der erfassten Daten, sowie Authentifizierung, Rechteverwaltung und Aufzeichnung der Messparameter und letztlich die Synchronisierung mit den zentralen Datenbanken eine besondere Rolle (vgl. Kapitel 7).

2 GNSS-Basics

Bevor auf die Qualität von GNSS-erfassten Daten und deren Nachvollziehbarkeit eingegangen wird, erfolgt ein kurzer Einblick in die allgemeinen Basics der GNSS-Positionsbestimmung.

Der Begriff GNSS steht für alle globalen Satellitennavigationssysteme. Dazu zählen

- das GPS (NAVSTAR, USA),
- GLONASS (Russland),
- Beidou (China),
- Galileo (EU).

Die Satelliten dieser Systeme befinden sich auf festen Umlaufbahnen in ca. 25.000 km Höhe um die Erde. Jedes System umfasst etwa 30 Satelliten, wovon ca. sechs davon als Ersatz bei Ausfällen dienen.

Für eine eindeutige Positionierung auf der Erdoberfläche werden vier Satelliten benötigt. Je mehr Satelliten zur Verfügung stehen, desto besser, sprich genauer, ist die Positionierung. Für eine gute Lagegenauigkeit ist maßgeblich auch die Satellitenkonstellation ausschlaggebend. Je weiter die empfangbaren Satelliten am Himmel „verstreut“ sind, desto besser ist die geometrische Konstellation und desto

besser ist die Positionsbestimmung. Diese Verteilung der Satelliten wird über den DOP-Wert wiedergegeben, auf dem im späteren Verlauf noch eingegangen wird.

Ein weiterer wichtiger Faktor, wenn es um die hochgenaue Positionsbestimmung geht, sind die Korrekturdaten. Die vom Satelliten ausgestrahlten Signale werden u.a. durch atmosphärische Störungen beeinflusst. Um diese und andere Störungen zu eliminieren, bzw. zu minimieren, können bei der Positionsbestimmung Korrekturdaten mit einbezogen werden. Diese Korrekturdaten werden in Deutschland zum Beispiel vom SAPOS-Dienst der Landesvermessungsämter, zur Verfügung gestellt.

Zu guter Letzt ist natürlich auch immer der verwendete GNSS-Empfänger ausschlaggebend dafür, ob Korrekturdaten bei der Berechnung der Position miteingebunden werden können, und wie gut die GNSS-Position letztendlich ist.

Auf weitere, beeinflussende Faktoren wie Mehrweg-Effekt oder Abschattung wird in diesem Zusammenhang nicht näher eingegangen.

Weiterführende Information zu Vermessung und Ortung mit Satelliten sind [Bauer 2017] zu entnehmen.

3 GNSS-Datenformate und -speicherung

Bei den GNSS-Datenformaten kann im Allgemeinen zwischen herstellerspezifischen, meist proprietären Formaten und den offenen, herstellerunabhängigen Formaten unterschieden werden.

Jeder Empfänger-Hersteller verwendet bei der Auswertung der Satellitendaten seine eigenen Datenformate. Die Berechnungen finden in der Regel im Empfänger oder dem GNSS-System statt.

Hochwertige Empfänger zeichnen die GNSS-Rohdaten (Beobachtungsdaten) auf, und ermöglichen so eine nachträgliche Neuauswertung. Diese Daten werden je nach verwendeten Empfänger in herstellerspezifischen Dateiformaten oder im RINEX-Format gespeichert. Bei dem RINEX-Format (Receiver Independent Exchange Format) handelt es sich um ein *empfängerunabhängiges* Daten-Speicher- und Austauschformat. Für die nachträgliche Neuauswertung dieser Daten bedarf es eine entsprechende Spezialsoftware und erfordert allgemein einen hohen Kenntnisstand

der Materie. Für Anwender, die in diese Thematik nicht zu Hause sind, ist dieses Vorgehen jedoch nicht praktikabel.

Um die GNSS-Daten auch für Drittsoftware zugänglich zu machen, bieten die meisten Hersteller eine „Schnittstellen-Software“ an. Diese kann als alleinstehendes Programm oder als SDK in eine Erfassungssoftware eingebunden werden. Über diese Schnittstellensoftware kann der Empfänger konfiguriert und die Anbindung von Korrekturdaten vorgenommen werden. Einige Produkte ermöglichen auch die Einbindung von eigenen Transformations-Modellen, um so bereits bei der Erfassung die Positionen im gewünschten Koordinatenreferenzsystem zu erhalten.

Die fertig berechneten Koordinaten werden dann im standardisierten NMEA 0183 Format an die Drittsoftware übergeben. Bei dem NMEA (National Marine Electronics Association) Format handelt es sich um einen ASCII-basierten Datensatz.

Je nach Hersteller und Empfängertyp umfasst die NMEA-Ausgabe verschiedene Informationen zur Position:

- Uhrzeit, Datum
- Längen- und Breitengrad
- Geschwindigkeit über Grund
- Bewegungsrichtung
- Empfängerausrichtung
- DOP-Werte (horizontal, vertikal, Position)
- Korrektursignal (verwendet, Art)
- Satellitenanzahl (Sicht, für Berechnung verwendet)
- Genauigkeit (horizontal/vertikal)
- ...

Die Ausgabe dieser Informationen erfolgt, je nach Einstellung des Empfängers, sekundlich.

Diese Informationen gilt es bei der Erfassung von Objekten zu speichern, denn Sie können bei nachträglicher Betrachtung und Analyse Rückschlüsse geben, welche Bedingungen vorgeherrscht haben. Für die Auswertung dieser Informationen bedarf es keine tiefgehenden Kenntnisse und stellt somit eine deutlich praktikablere Lösung dar.

Die Speicherung dieser Informationen sollte nach Möglichkeit zu jeder erfassten Position erfolgen und eine entsprechende Verknüpfung zu den erfassten Objekten (Punkt, Linie, Fläche) aufweisen. Im besten Falle sollte dies in einem offenen Datenformat erfolgen.

4 Integrierte Qualitätsanforderung bei der Datenerfassung (funktional und visuell)

Für die GNSS-basierte Erfassung können nachfolgende Qualitätsindikatoren herangezogen werden:

- Berechnete Genauigkeit (horizontal/vertikal): hierbei handelt es sich um eine statistisch berechnete Genauigkeit, in der der gemessene Punkt liegt.
- DOP (Dilution of Precision): Dieser Wert gibt in Abhängigkeit von der geometrischen Konstellation der Satelliten ein *Maß für die Streubreite der Messwerte* an. Je geringer ein Wert ist, desto größer ist die Wahrscheinlichkeit, dass der Messwert eine hohe Lagegenauigkeit aufweist. In den meisten Fällen wird hier zwischen VDOP (vertikal), HDOP (horizontal) und PDOP (3D-Position) unterschieden.
- Verwendetes Korrektursignal: Bei den Korrektursignalen wird zwischen "Autonom" (ohne Korrektursignal), DGNSS (differenzielle GNSS) und RTK (Real Time Kinematic) unterschieden.
- Korrekturalter
- Anzahl der verwendeten Satelliten

Mit Hilfe der oben aufgelisteten Qualitätsindikatoren können Mindestanforderungen und Schwellenwerte definiert werden. Diese legen fest, ob eine Position erfasst werden darf, oder unterbunden werden soll. Einige Software-Produkte differenzieren hier noch weiter und schränken beispielsweise bei nicht optimalen Bedingungen Funktionen teilweise ein. Durch die Berücksichtigung von mehreren Indikatoren sind sehr individuelle Konfigurationen möglich.

Bei der visuellen Darstellung von Qualitätsindikatoren bietet sich das Ampelsystem an.

Dies könnte sich wie folgt darstellen (Abbildung 1):

- Bei Rot sind die Anforderungen nicht erfüllt, eine Erfassung ist nicht möglich.
- Bei Gelb sind die Anforderungen nur teilweise bzw. minimalst erfüllt. Eine Erfassung ist nur nach erneuter Bestätigung durch den Anwender möglich.
- Bei Grün sind alle Anforderung erfüllt, Erfassung ohne Rückmeldung möglich.



Abbildung 1: Softwarebeispiel - Ampelsystem in GI Mobil RT

Durch die Integration solcher Qualitätsanforderungen kann die Datenqualität gewährleistet werden. Gerade in Bereichen, in denen ein hohes Maß gefordert wird, scheint ein solches Vorgehen unerlässlich zu sein. Zusätzlich werden durch den Einsatz eines Ampelsystems gerade auch unerfahrene Anwender geführt und bei der korrekten Erfassung von Daten unterstützt.

Bei der Festlegung von Qualitätsanforderungen sollte jedoch nie außer Acht gelassen werden, ob diese auch in der Realität umsetzbar sind. Sind die Anforderungen zu hoch definiert, könnte ggf. eine Erfassung komplett unterbunden werden.

5 Protokollierung von GNSS-Daten für jeden Punkt/Stützpunkt

Anhand der Software GI Mobil RT wird im nachfolgenden Abschnitt erläutert, wie eine solche Protokollierung von GNSS-Daten aussehen kann.

Die position100 Technologie wurde für die Protokollierung von Metadaten bei der GNSS-gestützten Positionserfassung von Punkten oder Stützpunkten (bei Linien oder Flächen) von der GI Geoinformatik GmbH entwickelt.

Die dabei verwendeten GNSS-Informationen (Anzahl der zur Verfügung stehenden Satelliten, Anzahl der verwendeten Satelliten, PDOP-Wert, Korrekturdatentyp, Genauigkeitsangaben, etc.) stammen aus den übertragenen Informationen des GNSS-Empfängers. Zusätzlich werden weitere relevante Informationen zum Prüfer (Windows Authentifikation), das Prüfdatum mit Uhrzeit und das Bearbeitungsdatum mit Uhrzeit erfasst.

Für die Protokollierung wird grundsätzlich unterschieden, ob ein Punkt oder Stützpunkt manuell oder aus einer GNSS-Messung erzeugt wird. Dabei wird auch protokolliert, ob es sich bei der GNSS-Erfassung um eine Einzelmessung oder um eine Erfassung per Mittelwertbildung handelt.

Wird ein mittels GNSS erfasster Punkt/Stützpunkt nachträglich (manuell) bearbeitet, so wird dies mit der position100 Technologie dokumentiert. Wird auf vorhandene Punkte/Stützpunkte gefangen oder werden Geometrien durch Geo-Operationen (z.B. Verschneidung von Flächen) verändert, werden vorhandene GNSS-Metadaten auch auf die „neuen“ Objekte vererbt.

Dadurch ist eine Protokollierung der Rahmenbedingungen und Qualitätskontrolle bereits während der Erfassung möglich. Dies ist bei vielen Aufgabenstellungen im Gelände erforderlich oder vorgeschrieben, um die auf diesen Daten aufgesetzten Prozesse sicher durchführen zu können.

Entsprechend der Erfassungsmethode werden im Info-Center von GI Mobil RT die jeweiligen Informationen angezeigt (Abbildung 2).

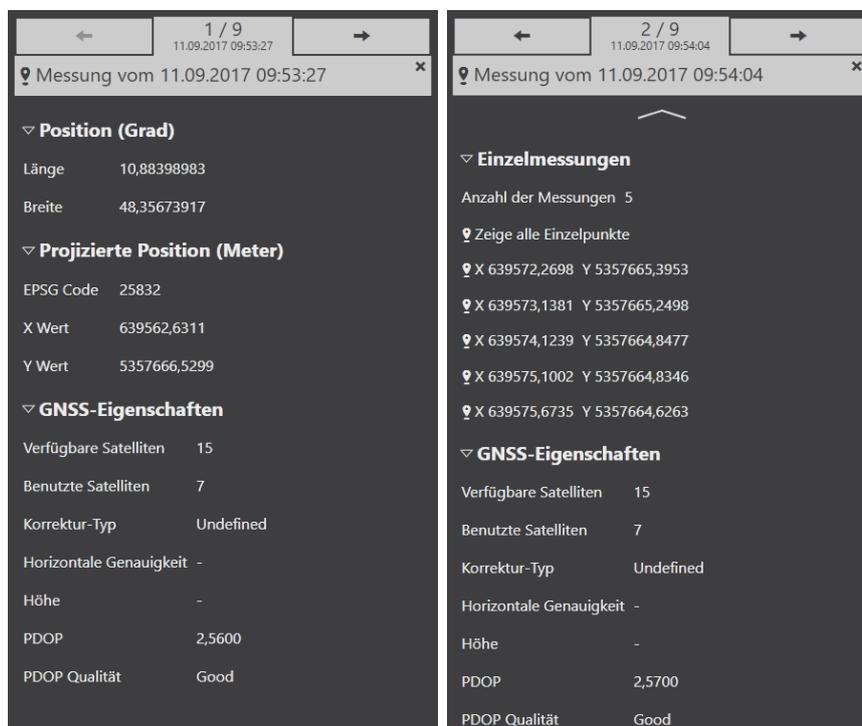


Abbildung 2: Beispiel Info-Center in GI Mobil RT (links für GNSS-Einzelmessung, rechts für GNSS-Mittelwertbildung)

Dabei können durch einen einfachen Klick die geloggtten Positionen einer Mittelwertbildung für eine Sichtkontrolle visualisiert werden. Alle Protokoll-

Informationen werden in einer File-Geodatabase dauerhaft gespeichert und sind über interne IDs den jeweiligen Messungen zuordenbar.

6 Integration bei Fotoerfassung

In vielen Anwendungsfällen ist es erforderlich oder zumindest hilfreich, die erfassten Daten mit einem oder mehreren Fotos zu dokumentieren. Welche Möglichkeiten es bei der Erfassung von Fotos hinsichtlich der Qualitätsanforderungen und Nachvollziehbarkeit hinsichtlich der GNSS-Position gibt, wird nachfolgend erläutert.

Bei der Verortung von Fotos wird im Allgemeinen oftmals von Geotagging gesprochen. Das Geotagging kann auf verschiedene Arten erfolgen. Häufig erfolgt die Verortung über das eingebaute GNSS-Modul bei Smartphones und Tablet. Auch verfügen einige Kameras über ein integrierte GNSS-Modul bzw. haben eine Schnittstelle für externe GNSS-Empfänger. Die Genauigkeit dieser Empfänger liegt meist bei 5 – 15 Meter. Die Geoinformationen werden dabei in der Regel direkt bei der Aufnahme in die Exif-Daten geschrieben.

Eine andere Möglichkeit ist das nachträgliche Verorten von Aufnahmen. Dies erfolgt dann meist über eine Software am PC. Dabei wird in einem Kartenfenster der Aufnahmestandort manuell festgelegt.

Sind allerdings für den Standort der Erfassung höhere Genauigkeitsanforderungen definiert, empfiehlt es sich, auf eine andere Vorgehensweise zurückzugreifen. Einige Software-Produkte zur Erfassung von Daten bieten auch eine Fotofunktion mit an. Dabei wird das Foto an einen mittels GNSS-erfasstes Objekt (z.B. Punkt) verknüpft. Wird bei der Fotoerfassung gleichzeitig eine GNSS-Position erfasst, können die oben beschriebenen Qualitätsindikatoren integriert werden und somit eine Qualitätskontrolle sicherstellen. Die unter Punkt 4 vorgestellte position100 Technologie wird beispielsweise auch bei der Erfassung von Fotos in GI Mobil RT angewendet. Durch die Speicherung dieser Metadaten (z.B. exakter Standort der Aufnahme, Blickrichtung, Zeitpunkt der Aufnahme, etc.) ist eine bessere Auswertbarkeit, je nach Aufgabenstellung und Arbeitsablauf, möglich.

7 Bereitstellung der erfassten Daten für weiterführende Systeme

Abhängig von der eingesetzten Software und zentralen Datenhaltung kann die Datenweitergabe offline oder online via Cloud-Dienst erfolgen. Oftmals sind hier interne IT-Sicherheitsvorgaben ausschlaggebend.

Erfolgt die Datenhaltung mit einer einheitlichen Basis-Technologie, fallen in der Regel Konvertierungen weg. Werden Technologien von unterschiedlichen Anbietern verwendet, empfiehlt es sich auf gängige Standard-Formate zu setzen.

Nachfolgend eine Auswahl der gängigsten Formate:

- GPX (GPS Exchange Format)
- GML (Geography Markup Language)
- KML (Keyhole Markup Language)
- SHP (Shapefile, Quasi-Standard)
- File-GDB (Geodatabase, Esri-Format)
- SpatialLite
- GeoJSON
- GPKG (Geopackage)

Jedes Format hat hier seine eigenen Vor- bzw. Nachteile, so dass die Auswahl des zu verwendeten Austausch-Formates neben der eingesetzten Software, letztendlich auch von den jeweiligen Anforderungen abhängig ist.

8 Literaturverzeichnis

Bauer, M. (2017): Vermessung und Ortung mit Satelliten. 7. Auflage. Berlin: Wichmann Verlag.

Donbauer, A. und Kolbe, T. (2016): Leitfaden Bezugssystemwechsel auf ETRS89/UTM. München, Runder Tisch GIS e.V.

Brand, K. et al (2017): Leitfaden Mobiles GIS. München, Runder Tisch GIS e.V.

<http://www.gpsinformation.org/dale/nmea.htm> (aufgerufen am 30.05.2018).

Beitrag L: Armin Nefzger

3D-Visualisierung von Windenergieanlagen in der Landschaft – Webanwendung „3D-Analyse“

3D Visualization of Wind Turbines in the Landscape – the Web Application "3D-Analyse"

Armin Nefzger

Bayerisches Landesamt für Umwelt, armin.nefzger@lfu.bayern.de

Abstract

This paper presents a web application of the Bavarian State Government for 3D visualization of wind turbines in their surroundings. The interactive software “3D-Analyse” virtually shows the visual impact on the character of local landscape. The simulation provides a 3D landscape of the whole of Bavaria, in which you can move freely, set wind turbines and view from any perspective. In addition to the visualization further analysis tools are offered such as a distance measurement, visibility calculation and shadow simulation.

The application is a functional extension to the map viewer of the Energie-Atlas Bayern (the energy turnaround portal of the Bavarian State Government) and provides pictures close to reality to serve, for instance, public participation in planning processes.

Zusammenfassung

Dieser Beitrag stellt eine Webanwendung der Bayerischen Staatsregierung vor, die der dreidimensionalen Visualisierung von Windenergieanlagen in ihrer Umgebung dient. Die interaktive “3D-Analyse” liefert einen virtuellen Eindruck davon, wie geplante Windenergieanlagen optisch in der Landschaft wirken. Die Simulation stellt eine 3D-Landschaft von ganz Bayern bereit, in der man sich frei bewegen, Windenergieanlagen setzen und aus beliebiger Perspektive betrachten kann. Neben der Visualisierung verfügt sie auch über Analysemöglichkeiten wie Entfernungsmessung, Sichtbarkeitsberechnung und Schattenwurfsimulation.

Die Anwendung ist eine funktionelle Erweiterung zur Kartendarstellung des Energie-Atlas²⁹ Bayern [Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Energie und Technologie 2018]. Sie ist ein Instrument der modernen Öffentlichkeitsarbeit und liefert eine neutrale, realitätsnahe Darstellung zum Beispiel für Beteiligungsprozesse.

1 Hintergrund

Mit Beginn der Energiewende setzte in Bayern, das bis dahin kaum durch Windenergieanlagen geprägt war, ein starker Ausbau der Windenergienutzung ein [Bayerisches Landesamt für Umwelt 2018]. Mit den Anlagen, die auf Grund ihrer Größe und Dimension in der Landschaft weithin sichtbar sind, verändert sich für viele Menschen das Landschaftsbild ihrer gewohnten Lebensumgebung (Abbildung 1). Im Planungsstadium lässt sich jedoch vor Ort nur schwer beurteilen, wie moderne Großwindenergieanlagen im Landschaftsbild in Erscheinung treten. Dies gilt umso mehr, wenn sie an Standorten geplant sind, in deren Umgebung noch keine Windenergienutzung erfolgt.



Abbildung 1: Windenergieanlagen in der Landschaft

Betroffene Anwohner stellen sich daher Fragen nach Dimension, Wirkung und Sichtbeziehungen:

- Wie würden geplante Windenergieanlagen im Landschaftsbild aussehen?

²⁹ <http://www.energieatlas.bayern.de/> (aufgerufen 30.08.2018)

- Von welchen Standorten aus wären die Windenergieanlagen komplett oder teilweise zu sehen?

Aus dieser unklaren Vorstellung heraus entstehen oft Bedenken, eine ablehnende Haltung und Vorbehalte gegenüber den Vorhaben. Folglich werden die Diskussionen vor Ort häufig ohne sachliche Grundlagen und sehr emotional geführt.

Visualisierungen im Rahmen der Planung können helfen, einen Eindruck von der räumlichen Situation zu verschaffen, indem sie ein virtuelles Bild der möglichen Realität zeichnen. Die Darstellung des Landschaftsbildes inklusive geplanter Windenergieanlagen dient der besseren Vorstellung, wie die Anlagen nach ihrem Bau aussehen würden. Visualisierungen können über verschiedene Methoden erstellt werden, zum Beispiel durch Fotomontagen oder dreidimensionale digitale Modelle (Rendering) (Abbildung 2).



Abbildung 2: Visualisierungsbeispiele: Fotomontage (links) und 3D-Modell (rechts)

Im Rahmen konkreter Planungen zu Windenergieprojekten werden in aller Regel auch projektbezogene Visualisierungen erstellt, die sich jedoch in Art und Umfang sehr unterscheiden können. Es kommt immer wieder vor, dass Zweifel an der Korrektheit dieser Darstellungen geäußert werden. Das hängt auch damit zusammen, dass die Visualisierungen in der Regel von einer der am Projekt beteiligten Seiten erstellt bzw. beauftragt werden. Entsprechend werden sie nicht als neutral, sondern als parteiisch wahrgenommen. Der Freistaat Bayern hat daher eine bayernweit einheitliche Lösung bereitgestellt, die projektunabhängig, neutral und objektiv zur Visualisierung von Windenergieanlagen eingesetzt werden kann. Sie soll einen Beitrag zur Versachlichung im Rahmen von Bürgerbeteiligungsprozessen und zur Akzeptanz von Windenergieprojekten leisten. Umgesetzt wurde sie in Form einer 3D-Simulation, die

für Bayern einen flächendeckenden Einsatz ermöglicht und die Visualisierung verschiedener Projekte vergleichbar macht.

Die generellen Anforderungen an die Lösung waren:

- Webanwendung mit freiem Zugang (kostenfrei, alle Nutzergruppen)
- Realitätsnahe 3D-Darstellung der Landschaft mit Windenergieanlagen
- Bayernweit flächendeckend und einheitlich verfügbar
- Interaktive Bedienung durch Nutzer
- Dynamische Fortbewegung in der Simulation zur Landschaftsbetrachtung
- Projektunabhängige, neutrale und objektiv korrekte Darstellung
- Ergänzende Funktionalitäten zur Visualisierung:
 - Distanzmessung
 - Schattenwurfsimulation
 - Sichtbarkeitsanalyse

Im Ergebnis entstand die Webanwendung „3D-Analyse“. Sie steht jedem kostenfrei zur Verfügung und ist auf einfache Weise nutzbar, um sich ein realitätsnahes Bild von geplanten Windenergieanlagen in ihrer landschaftlichen Umgebung zu machen. Das Werkzeug dient als neutrale Diskussions- und Planungsgrundlage im Rahmen von Planungsprozessen mit Beteiligung der Öffentlichkeit.

Die 3D-Analyse ist in den Energie-Atlas Bayern eingebunden, das zentrale Internetportal der Bayerischen Staatsregierung rund um die Energiewende. Der Energie-Atlas Bayern bietet Fakten, Tipps und Beispiele zu wichtigen Energiewende-Themen wie Energiesparen, Energieeffizienz und erneuerbare Energien. Neben einem Text- und Kartenteil stehen auch spezielle Werkzeuge zur Verfügung. Eines dieser Werkzeuge ist die 3D-Analyse von Windenergieanlagen. Sie ergänzt den Energie-Atlas Bayern als separates Modul, das über den Kartenteil aufgerufen wird und über einen externen Viewer umgesetzt ist.

2 Übersicht zur Webanwendung „3D-Analyse“

Zweck der 3D-Analyse ist es, dem Betrachter einen realitätsnahen Eindruck von Windenergieanlagen in der Landschaft zu verschaffen. Dazu stellt die Webanwendung verschiedene Daten für die 3D-Ansicht zur Verfügung, insbesondere ein für ganz

Bayern flächendeckend digitales Oberflächenmodell (DOM) als 3D-Landschaft. Ergänzend bietet sie verschiedene Funktionen, die eine interaktive Nutzung ermöglichen, vor allem um Planungsszenarios für neue Windenergieanlagen durchzuspielen.

Die 3D-Analyse wurde in 2013 beauftragt und erstmalig im Mai 2014 in einem Faltblatt veröffentlicht [Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Energie und Technologie 2014]. Seit Dezember 2017 liegt die Software in der dritten Version vor. Es wurde ebenfalls ein ausführlicher Bericht in [Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Energie und Technologie 2017] veröffentlicht.

Detaillierte Informationen zur 3D-Analyse (Funktionsumfang, Bedienung, Hinweise) sind im Energie-Atlas Bayern unter folgendem Link³⁰ zu finden:

2.1 Systemarchitektur

Die 3D-Analyse ist eine Client-Server-Anwendung im Internet. Der Client (Webviewer) bedarf einer einmaligen Installation auf dem Nutzerrechner, wofür jedoch keine Administratorenrechte nötig sind. Eine rein browserbasierte Umsetzung war bzw. ist für den bestehenden Funktionsumfang derzeit (noch) nicht umsetzbar.

Der Client basiert funktionell auf einer proprietären Softwareentwicklung. Die Benutzeroberfläche wurde mittels Qt5 Framework (GUI-Toolkit) mit QML als Markup-Sprache und ANGLE als Renderer umgesetzt. Der Client unterstützt Windows- und Mac-Betriebssysteme („Desktop“, keine mobilen Betriebssysteme).

Der zugehörige Server steht am IT-DLZ (Rechenzentrum des Freistaats Bayern) innerhalb des Bayerischen Behördennetzes. Er wird dort, unabhängig von der technischen Infrastruktur für den Energie-Atlas Bayern, als eigenständige Linux-VirtualMachine betrieben. Die wesentlichen Software-Komponenten bilden zum einen ein proprietärer Scarped-Server und zum anderen ein Standard-Webserver (Apache). Der Scarped-Server stellt alle Hintergrundfunktionalitäten und Streaming-Daten für den 3D-Client bereit, der Webserver liefert die Setup- und Konfigurationsdateien, HTML-Inhalte und ergänzende Dokumente. Für die Kommunikation mit dem Client

³⁰ siehe gelber Kasten auf Seite https://www.energieatlas.bayern.de/thema_wind/umweltaspekte.html - (aufgerufen am 30.08.2018)

werden beide Komponenten technisch durch eigenständige Webadressen abgegrenzt.

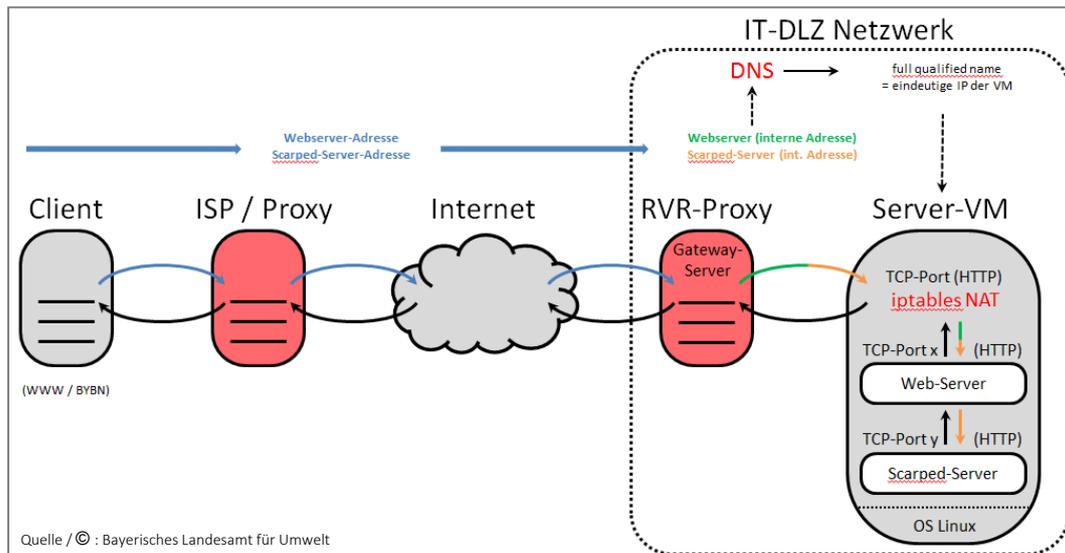


Abbildung 3: Client-Server-Architektur und -Kommunikation der 3D-Analyse

2.2 Daten

Die Inhalte der 3D-Analyse basieren sämtlich auf amtlichen Datengrundlagen:

- Laserscan-Daten (ca. 1 m) des LDBV
- Digitales Geländemodell (DGM 5 m) des LDBV
- Digitale Orthophotos (40 cm) des LDBV
- Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem (ATKIS) des LDBV
- Orts- und Gewässernamen des LfStat
- Verschiedene Dienste, z. B.:
 - Windenergieanlagen-Bestand (WFS basierend auf Daten des LfU, wochen-aktuell)
 - Windgeschwindigkeiten (WMS basierend auf Daten des StMWi)
 - 2D-Übersichtskarte, zoombar (WMTS des LDBV)

3D-Landschaft

Zentrales Element der 3D-Analyse ist das digitale Oberflächenmodell (DOM), das die Erdoberfläche inklusive aller darauf befindlichen ortsfesten Landschaftselemente abbildet (v. a. Vegetation und Gebäude). Damit in der 3D-Simulation ein realistischer Gesamteindruck einer echten Landschaft entsteht, muss das tatsächliche

Landschaftsbild möglichst realitätsgetreu wiedergegeben werden. Dabei geht es vor allem um Landschaftsstrukturen und -elemente sowie Größenverhältnisse und räumliche Verteilung. Dies erfordert eine Datengrundlage, die alle Objekte und Oberflächen der realen Landschaft möglichst unmittelbar abbildet (Abbildung 4).

Als Basis für das DOM der 3D-Analyse konnten Laserscan-Daten verwendet werden, die in landesweiten Befliegungen durch sensor-gestütztes „Abtasten“ der Landoberfläche gewonnen wurden. Für die Prozessierung wurden die first-pulse-Daten herangezogen. Diese Daten repräsentieren die Landschaft zwar nur näherungsweise, da der Detailgrad durch technische Faktoren und die räumliche Auflösung (Anzahl Laserpunkte pro Flächeneinheit) limitiert ist. Zum Zeitpunkt der Anwendungsentwicklung standen jedoch keine Alternativen mit landesweiter Abdeckung zur Verfügung. Im Ergebnis zeigte sich, dass die eingeschränkte räumliche Auflösung und die Interpolation der Höhenpunkte zu zeltartigen Strukturen führt, die Einzelobjekte wie Bäume und Häuser verzerrt und z. T. nur noch wenig realistisch wiedergeben. Dies ist für vorliegende Zwecke jedoch auch nicht nötig. Auf der übergeordneten und hier relevanten Betrachtungsebene der Landschafts-elemente in ihrer räumlichen Verteilung und der Dimensionen zueinander war die Repräsentation hingegen gut geeignet, um für großräumigere Betrachtungen einen realitätsnahen Eindruck des Landschaftsbildes zu vermitteln.



Abbildung 4: DOM eines Landschaftsausschnittes in der 3D-Simulation

Die Laserscan-Daten enthalten einzelne Datenfehler (Peaks), die im Rahmen der Anwendungsentwicklung nicht bereinigt werden konnten. Unerwünschte Effekte als Resultat der Datenprozessierung im Bereich von Hochspannungsleitungen („Vorhänge/Schleier“) ließen sich dagegen beseitigen. Das DOM wurde für die Anwendung extra und einmalig erstellt. Für zukünftige Aktualisierungen zeichnen sich bildbasierte DOM-Ableitungen aus Orthophotos als vielversprechende Alternative ab. Erste Tests führten zu guten Ergebnissen.

2.3 Start der Anwendung

Der Start der Anwendung erfolgt durch die Gebietsauswahl im Kartenteil des Energie-Atlas Bayern (Abbildung 5).

Dort steht ein Menü „3D-Analyse“ zur Verfügung, über das die Anwendung heruntergeladen und installiert werden kann (nur einmalig erforderlich). Nach Drücken der Schaltfläche „3D-Gebiet festlegen (Anwendung starten)“ lässt sich per Mausklick in die Karte der Mittelpunkt des Gebietes zur Ansicht in der 3D-Analyse wählen.

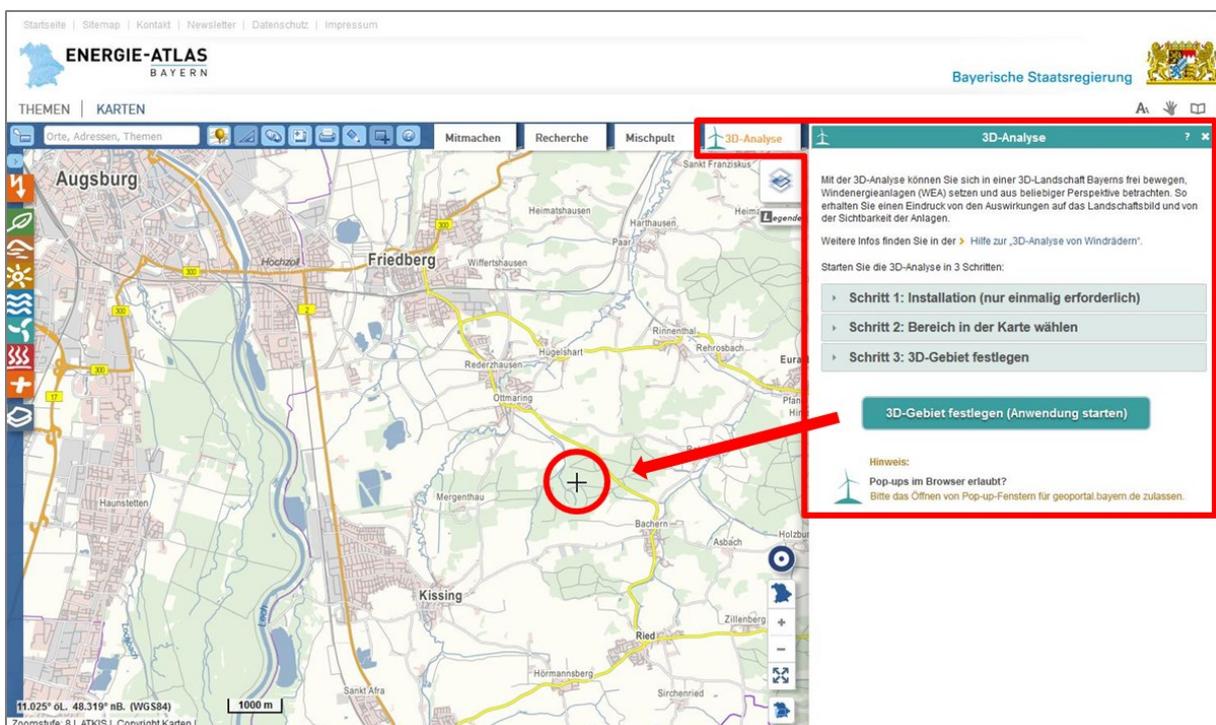


Abbildung 5: Gebietsauswahl im Energie-Atlas Bayern zur 3D-Darstellung

Das 3D-Gebiet wird durch einen Radius von 15 km um den gewählten Punkt festgelegt (Abbildung 6).

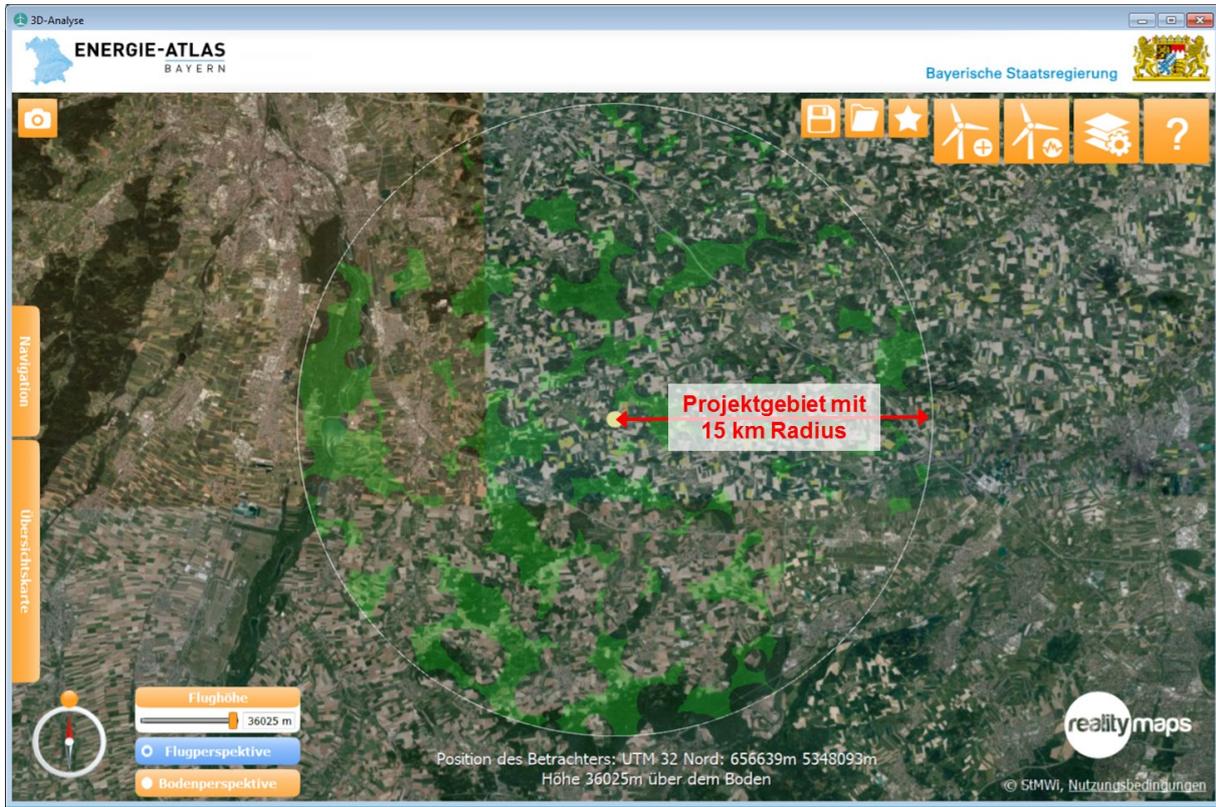


Abbildung 6: Ausdehnung des Projektgebietes zur 3D-Darstellung

Technisch betrachtet werden die Koordinaten über einen Custom-Protocol Specifier übergeben, für den die 3D-Analyse als Event Handler im Betriebssystem registriert ist. Sie startet daraufhin automatisch. Der Einstieg über die Karte des Energie-Atlas Bayern ist immer dann nötig, wenn ein neues Projektgebiet aufgerufen werden soll. Einmal aufgerufene Projektgebiete können in der Anwendung als Projektdateien (XML) gespeichert und in der Folge direkt durch Doppelklick geöffnet werden. Die Steuerung im Betriebssystem übernimmt dann ein File Open Event.

2.4 Benutzeroberfläche und Funktionsumfang

Die Benutzeroberfläche der 3D-Analyse ist übersichtlich und klar strukturiert. Die 3D-Ansicht erstreckt sich über nahezu das gesamte Anwendungsfenster (Abbildung 7). Direkt darin befinden sich nur wenige Schaltflächen, über die alle Menüs und Funktionen geöffnet bzw. aufgerufen werden (rechts oben) und alle Navigationselemente direkt zugänglich sind (links unten).



Abbildung 7: 3D-Ansicht und Benutzeroberfläche der 3D-Analyse

In der 3D-Ansicht kann man sich mittels Maus oder Tastatur frei bewegen. Eine Reihe von Navigationselementen unterstützen die Navigation und Orientierung, u. a.:

- Wechsel von der Flug- in die Bodenperspektive
- Drehen der 3D-Ansicht
- Ändern der Flughöhe
- Ortssuche
- Übersichtskarte
- Tipps zur freien Navigation

Der Funktionsumfang der 3D-Analyse erlaubt u. a.:

- Speichern und Laden von Projekten und individuellen Ansichten
- Platzieren und Konfigurieren von Windenergieanlagen
- Analyse der Wirkbereiche von Windenergieanlagen
- Ein- und Ausblenden verschiedener Daten zur Anzeige
- Einstellungen zur Positionsanzeige (z. B. Koordinatensystem)
- Aufrufen von Hilfe-Menüs

Im Folgenden werden ausgewählte Funktionen näher beschrieben.

2.4.1 Flug- und Bodenperspektive

Die 3D-Analyse bietet zwei Navigationsmodi: die Flug- und die Bodenperspektive. In beiden Perspektiven kann man sich frei bewegen (Navigation), um jede beliebige 3D-Ansicht einzunehmen.

Die Flugperspektive dient in erster Linie der Übersicht, dem schnellen Ortswechsel, zur Platzierung von Windenergieanlagen und zur Betrachtung (Draufsicht) von Analysedarstellungen (Abbildung 8).

Die Bodenperspektive ist der relevante Modus, um Windenergieanlagen aus dem Blickwinkel eines Fußgängers zu betrachten und Sichtbeziehungen und Größenverhältnisse in der Landschaft zu beurteilen (Abbildung 9).

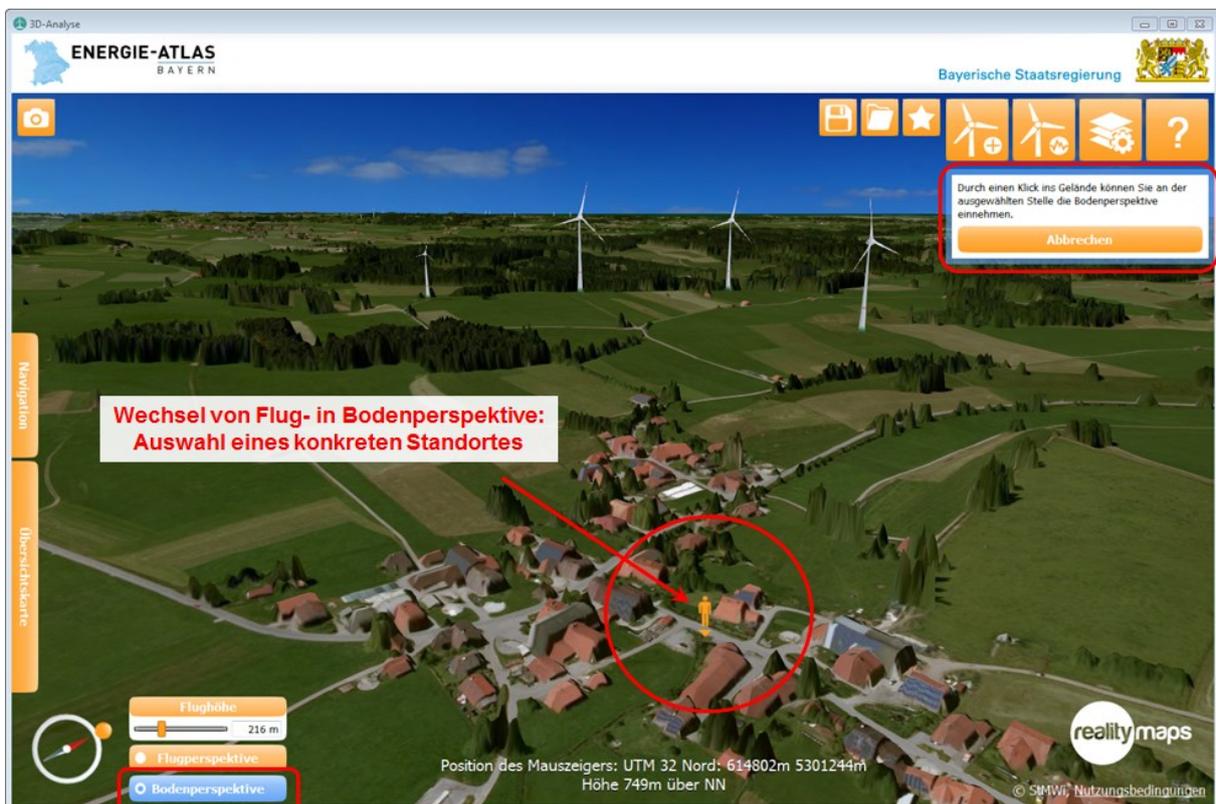


Abbildung 8: Auswahl eines Standortes für den Wechsel in die Bodenperspektive

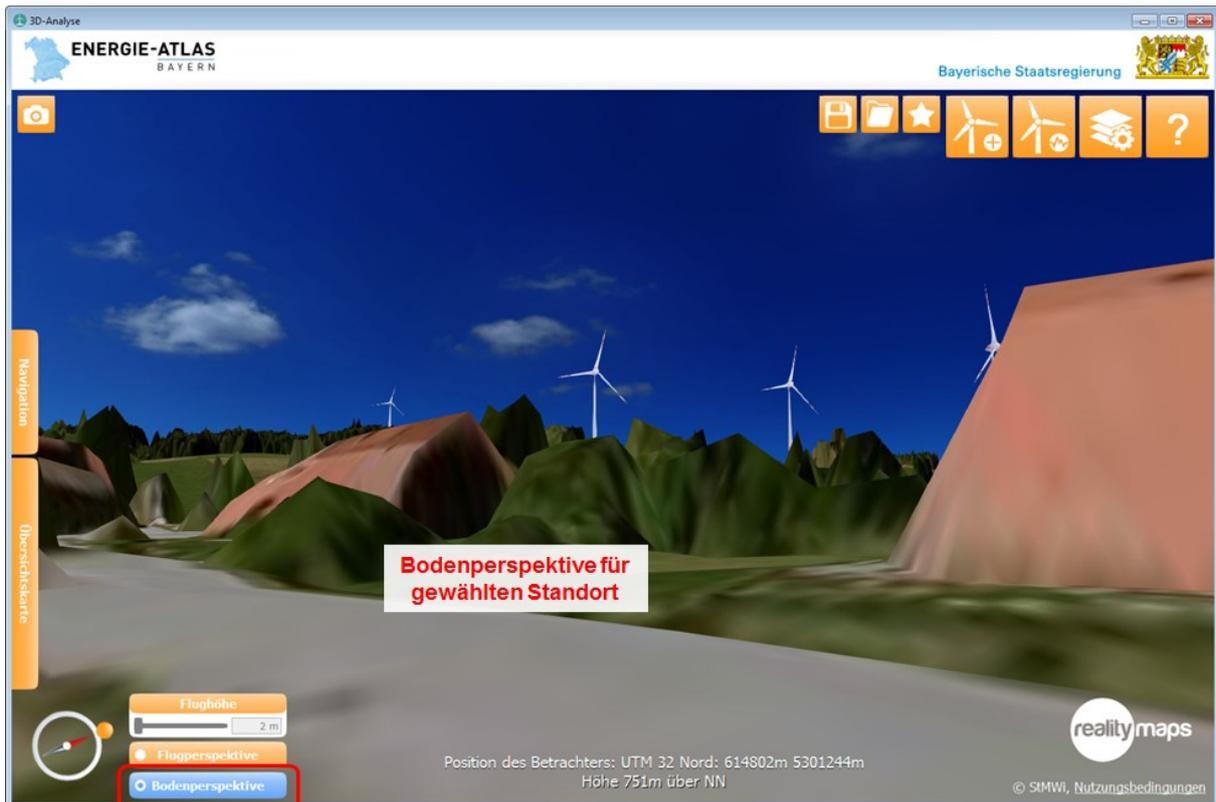


Abbildung 9: Ansicht in der Bodenperspektive für den gewählten Standort

2.4.2 Speichern individueller Ansichten

Individuelle Betrachtungsperspektiven können als „Ansichten“ gespeichert werden (räumliche Lesezeichen). Sie werden zusammen mit neu gesetzten Windenergieanlagen in einer Projektdatei verwaltet, die als Ganzes an Dritte weitergegeben werden kann. Für die Ansichten werden neben der Position des Betrachters auch die Blickrichtung, der Blickwinkel sowie ggf. die Flughöhe gespeichert. Außerdem werden weitere, zum Zeitpunkt des Speicherns aktuelle Einstellungen wie z. B. eingeblendete Daten oder aktivierte Analysen übernommen. Die Ansichtsperspektiven werden innerhalb der Anwendung in einer Liste angezeigt und können von dort durch einen Mausklick aufgerufen werden (Abbildung 10).

Ein Löschen ist ebenfalls möglich.

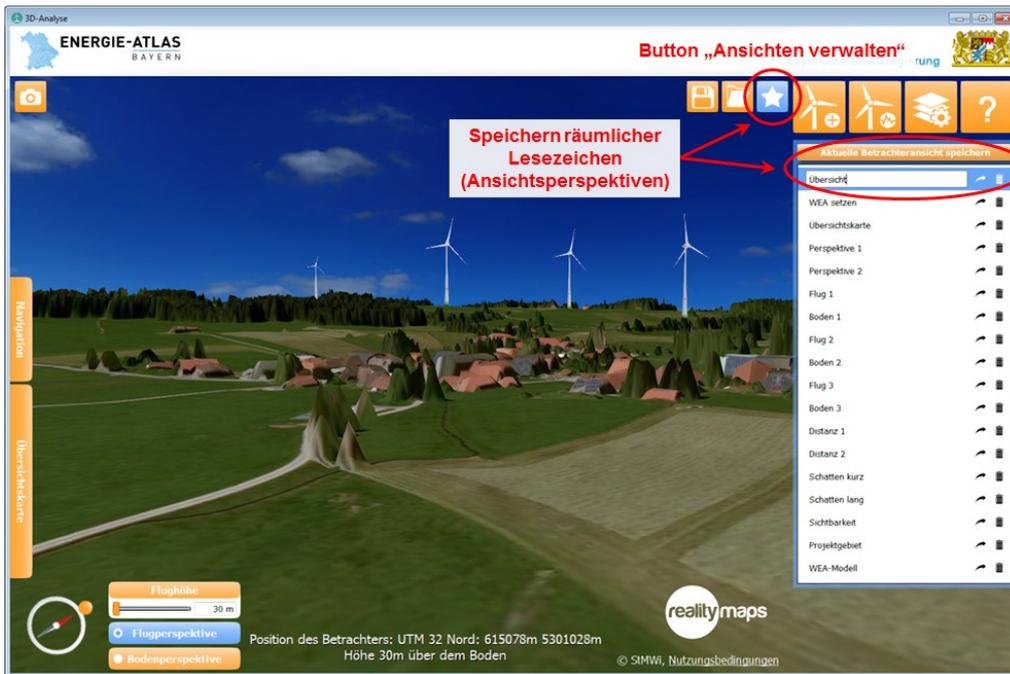


Abbildung 10: Menü zum Speichern und Verwalten individueller Ansichten

2.4.3 Setzen von Windenergieanlagen

Der real existierende Windenergieanlagenbestand wird von der Anwendung automatisch geladen und dargestellt (wochenaktuell). Geplante Windenergieanlagen kann der Nutzer interaktiv in der Anwendung setzen. Dafür sind vordefinierte mögliche Standortflächen hinterlegt, die sich als grüne Flächen einblenden lassen (Abbildung 11).



Abbildung 11: Menü zum Setzen von Windenergieanlagen



Abbildung 12: Setzen einer Windenergieanlage in der 3D-Ansicht

Der Nutzer kann die neu gesetzten Windenergieanlagen entsprechend der tatsächlich geplanten Auslegung konfigurieren (Nabenhöhe, Rotordurchmesser - Abbildung 12 rechts unten). Alle Windenergieanlagen sind animiert (Drehbewegung der Rotoren). Für die differenzierte Betrachtung im Landschaftsbild lassen sich Windeinstellungen (Abbildung 13) für die Rotoren und die Naben vornehmen. Es können die Rotordrehzahl (Windstärke) und die Ausrichtung der Nabe auf dem Mast (Windrichtung) konfiguriert werden. Diese Einstellungen werden auf alle Anlagen angewendet, also auch auf die Bestandsanlagen.

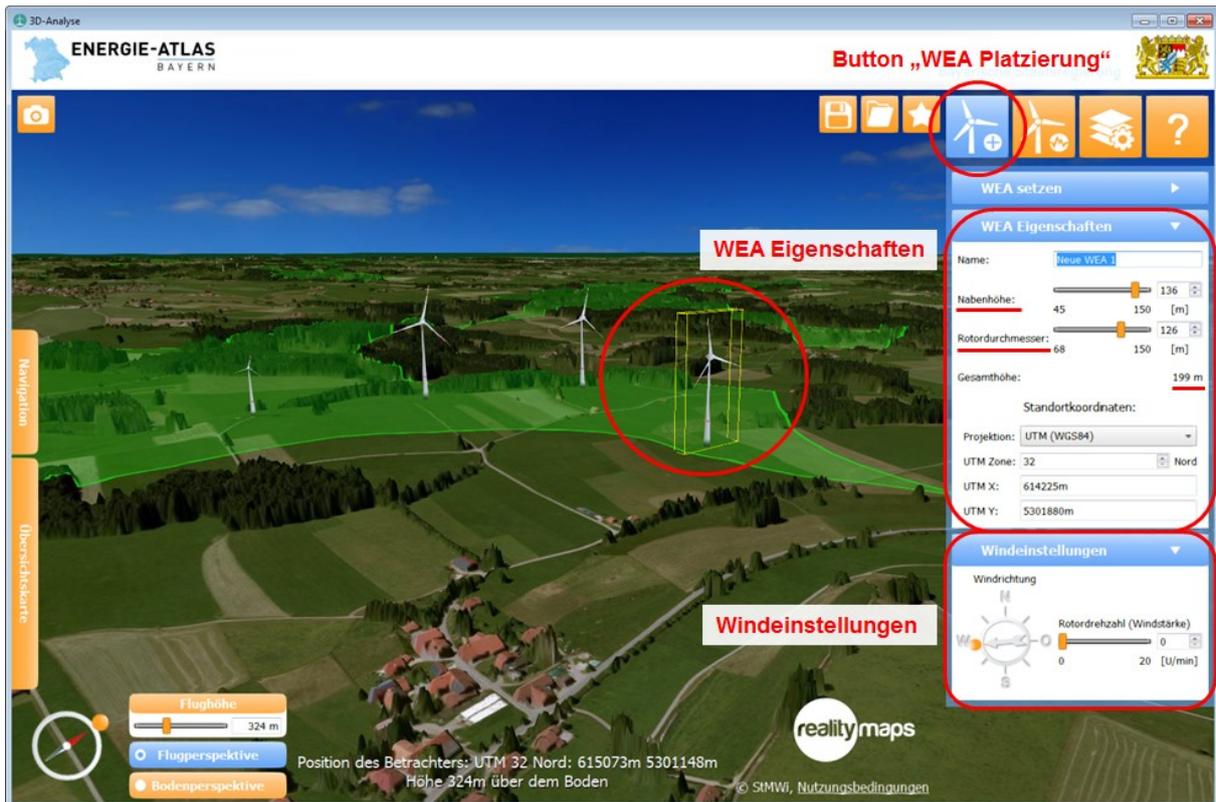


Abbildung 13: Konfiguration einer Windenergieanlage (Nabhöhe, Rotorlänge, Windeinstellungen)

2.4.4 Analysewerkzeuge

Ergänzend zur Betrachtung der Sichtbeziehungen zwischen Windenergieanlagen und Standorten sowie der Größenverhältnisse von Windenergieanlagen im Landschaftsbild helfen die Zusatz-Werkzeuge

- Distanzmessung (Abbildung 14),
- Schattenwurfsimulation (Abbildung 15) und
- Sichtbarkeitsanalyse (Abbildung 16)

bei der Einschätzung der Planungssituation. Sie bieten erweiterte Funktionen, um die Wirkbereiche von Windenergieanlagen zu erfassen und darzustellen.

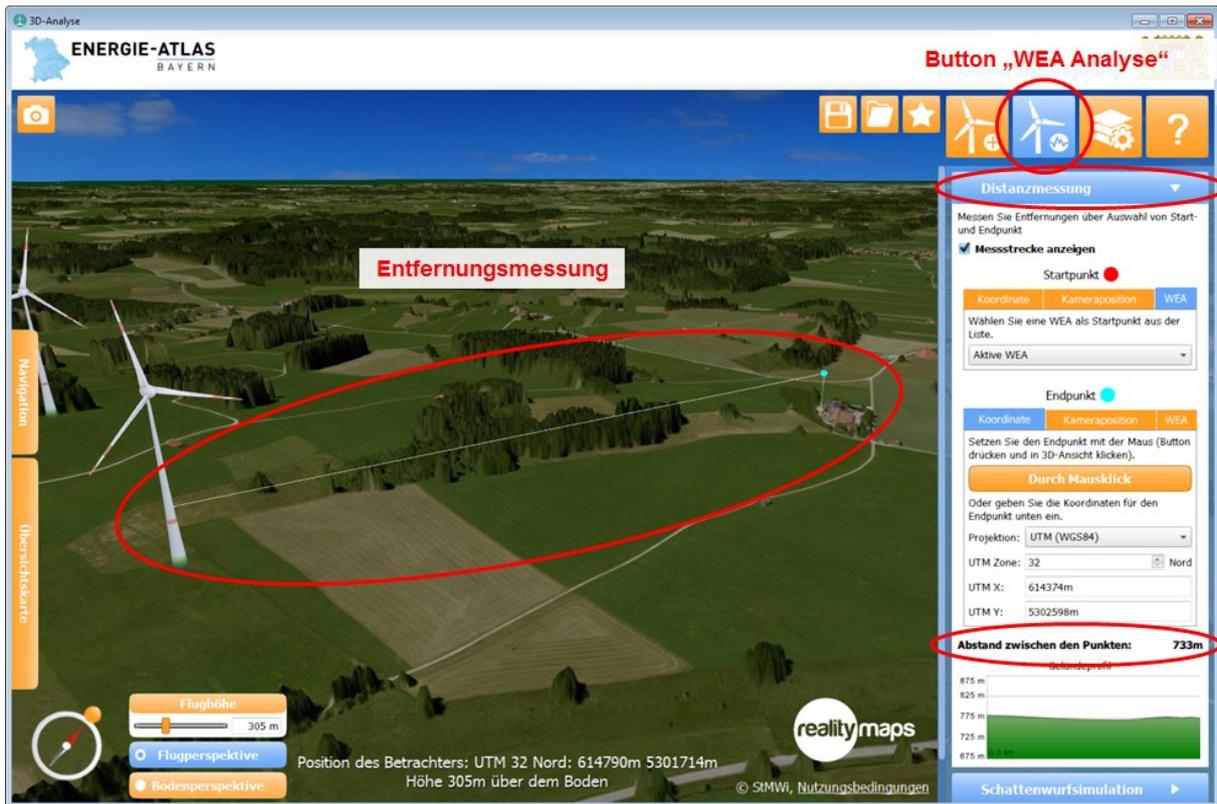


Abbildung 14: Menü und Darstellung zur Entfernungsmessung

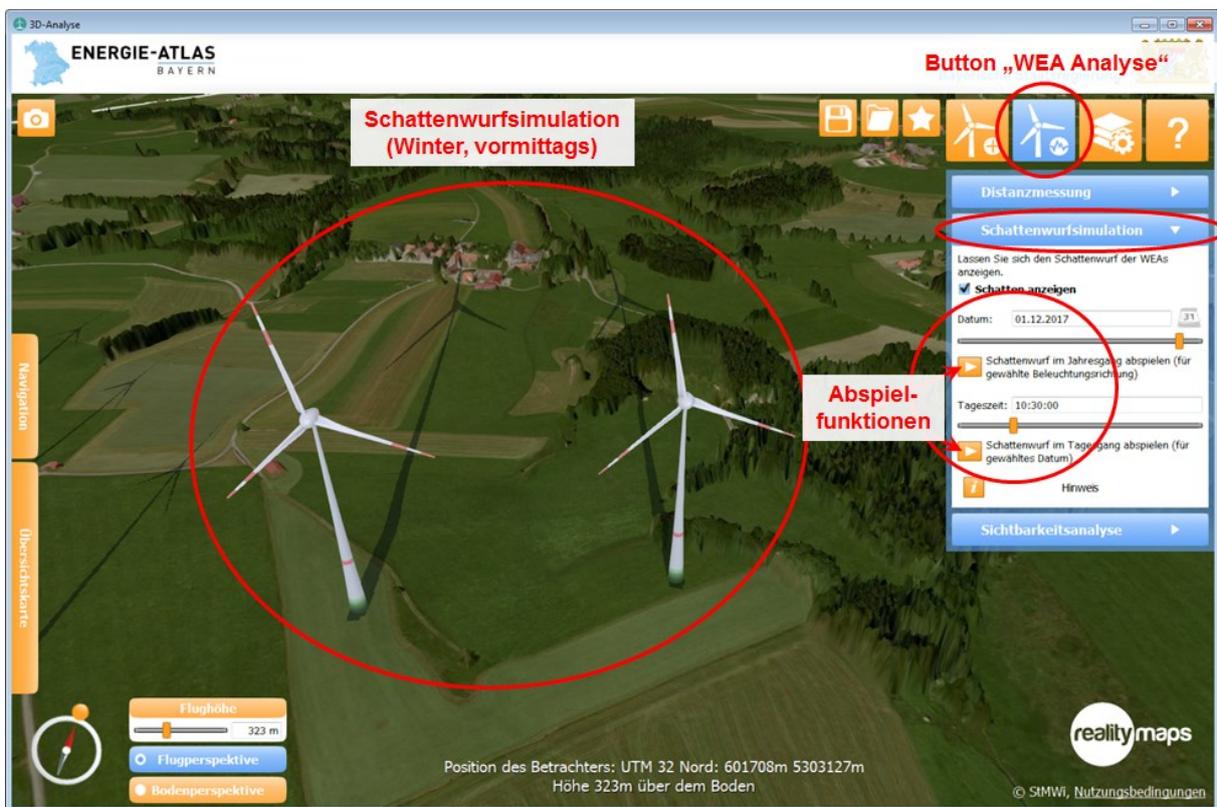


Abbildung 15: Menü und Darstellung zur Schattenwurfsimulation

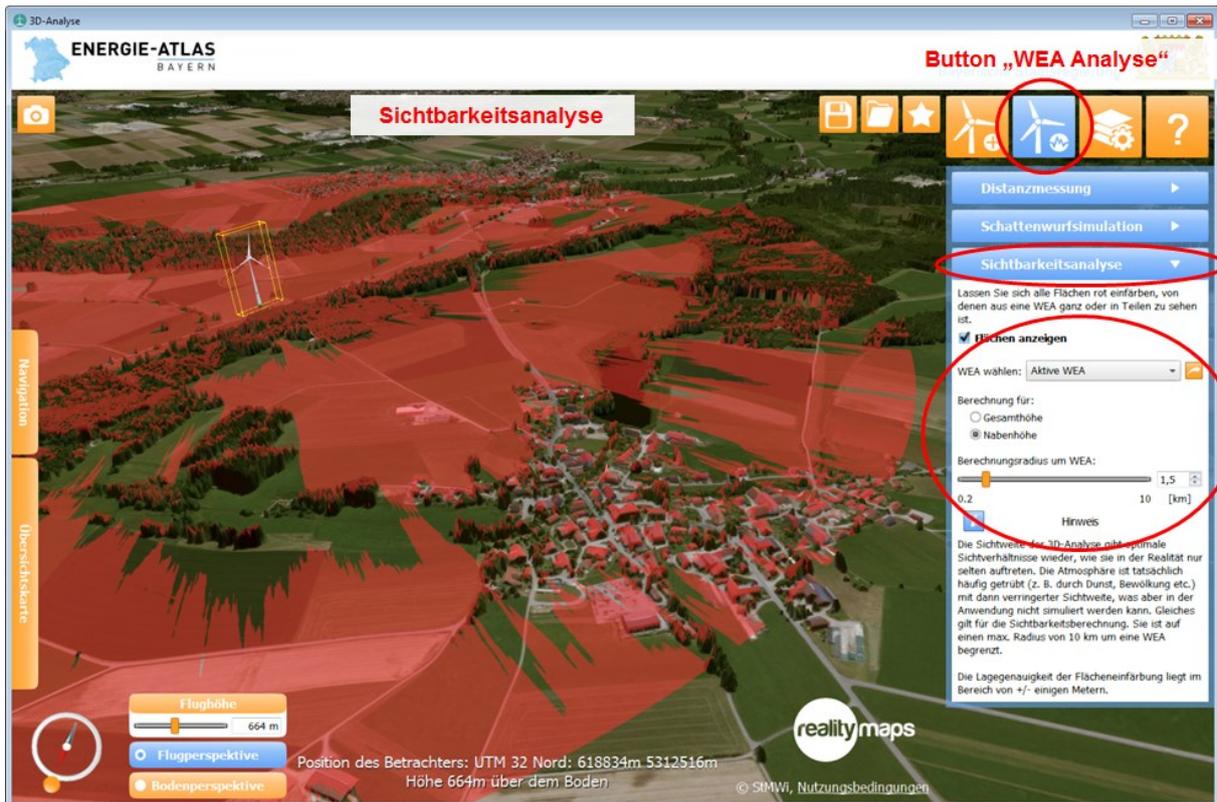


Abbildung 16: Menü und Darstellung zur Sichtbarkeitsanalyse

3 Fazit und Bildvergleiche

Für die Wahrnehmung einer Landschaft als ein Ausschnitt der Erdoberfläche zählt nicht das letzte Detail. Für die Simulation einer Landschaft ist es daher nicht zwingend erforderlich, Klein- und Kleinststrukturen realitätsgetreu abzubilden. Vielmehr kommt es auf einen möglichst realistischen Gesamteindruck an, was die Verteilung und Größenverhältnisse von Landschaftsstrukturen und -elementen angeht. Vergleiche von Fotoaufnahmen mit identischen Ausschnitten der 3D-Analyse zeigen in Abbildung 17, dass die Simulation hierzu ein realitätsnahes Bild liefert.



Abbildung 17: Landschaftsbild im Vergleich – Fotos (links) und Ausschnitte der 3D-Analyse (rechts)

4 Literaturverzeichnis

Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Energie und Technologie (2018):
Energie-Atlas Bayern (Karten) - 3D-Analyse.
<http://geoportal.bayern.de/energieatlas-karten/?comp=windanalyse>(aufgerufen am
25.06.2018).

Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Energie und Technologie (2017):
Energie-Atlas Bayern - 3D-Analyse - Simulation von Windenergieanlagen in der Landschaft.
<https://www.bestellen.bayern.de/shoplink/07000233.htm> (aufgerufen am 25.06.2018).

Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Energie und Technologie (2014):
Faltblatt: Energie-Atlas Bayern - 3D-Analyse.
<https://www.bestellen.bayern.de/shoplink/07000063.htm> (aufgerufen am 25.06.2018).

Bayerisches Landesamt für Umwelt (2018): Windenergie in Bayern
https://www.bestellen.bayern.de/shoplink/lfu_klima_00079.htm (aufgerufen am
25.06.2018).

Beitrag M: Anna Aumann, Iurii Motroniuk, Ilham Mammadov, Julian Scharnagl, Klaus Schilling

**Prototypen-Mission für die Erstellung von 3D
Wolkenhöhenkarten - Kleinstsatelliten für Erdbeobachtung**

**Prototype Mission for the Creation of 3D Cloud Elevation
Maps - Miniature Satellites for Earth Observation**

Anna Aumann¹, Iurii Motroniuk², Ilham Mammadov³, Julian Scharnagl⁴, Klaus Schilling⁵,

- ¹Zentrum für Telematik e.V., a.aumann@telematik-zentrum.de
²Zentrum für Telematik e.V., i.motroniuk@telematik-zentrum.de
³Zentrum für Telematik e.V., i.mammadov@telematik-zentrum.de
⁴Zentrum für Telematik e.V., j.scharnagl@telematik-zentrum.de
⁵Zentrum für Telematik e.V., k.schilling@telematik-zentrum.de

Abstract

Since the introduction of CubeSats in the beginning of this millennial, nanosatellites (satellites up to a mass of 10 kg) have developed from an education tool to a low-priced, but still capable alternative to expensive earth observation satellites, especially in the case of optical instruments. Commercial nano-satellite operators have demonstrated ground resolutions up to 3m using 3U satellites which are 10 x 10 x 30 cm in dimensions. With the development of high-precise attitude and orbit control, formations of nano-satellites can deliver three-dimensional earth observation data products on-demand using photogrammetric methods to process synchronously captured images. Currently, the *Zentrum für Telematik e.V.* is preparing a prototype mission (the Telematics earth Observation Mission TOM) which is going to launch in 2020. The TOM satellites will demonstrate 3D cloud mapping using photogrammetric measurements. This contribution introduces nano-satellites and describes TOM as an example mission for earth observation. Furthermore, the typical procedure of a nano-satellite mission is presented.

Zusammenfassung

Seit der Einführung von CubeSats Anfang dieses Jahrtausends haben sich Nanosatelliten (mit einer Masse bis zu 10 kg) von einem Hilfsmittel in der Ausbildung zu einer günstigen, aber dennoch sehr fähigen Alternative zu teuren Erdbeobachtungssatelliten entwickelt, insbesondere im Fall von optischen Instrumenten. Kommerzielle Nanosatelliten-Betreiber haben Bodenauflösungen von bis zu 3m demonstriert, bei 3U Satelliten mit Dimensionen von 10 x 10 x 30 cm. Durch die Entwicklung von hoch-präziser Lage- und Orbit-Regelung können Formationen von Nanosatelliten dreidimensionale Erdbeobachtungsdatenprodukte, die durch die photogrammetrische Weiterverarbeitung von gleichzeitig aufgenommenen Bildern entstanden sind, auf Abruf bereitstellen. Zurzeit bereitet das *Zentrum für Telematik e.V.* eine Prototypenmission (die Telematics earth Observation Mission TOM) vor, die 2020 gestartet werden soll. Die TOM Satelliten werden die Verwendung photogrammetrischer Messungen demonstrieren, um die Höhe von (vulkanischen Asche-) Wolken zu bestimmen. Dieser Beitrag führt Nano-Satelliten ein und beschreibt TOM als Beispielmission. Außerdem wird das typische Vorgehen bei einer Nano-Satellitenmission erläutert.

1 Einführung

Nano-Satelliten sind Kleinstsatelliten mit einer Masse bis zu 10kg. Eine Unterklasse sind Pico-Satelliten, die bis zu 1kg schwer sind. Pico-Satelliten wurden durch die Einführung der sogenannten CubeSats Anfang des Jahrtausends zunächst im universitären Bereich bekannt. Ein CubeSat ist, wie der Name schon sagt, ein würfelförmiger Satellit mit einer Kantenlänge von 10cm, der zunächst bei der Ausbildung von Raumfahrt-Studenten in den USA eingesetzt wurde [SpaceDaily 2016]. Durch die Entwicklung mehrerer Startmöglichkeiten für solche Satelliten (u.a. über die Internationale Raumstation oder spezielle „Deployer“) wuchs auch das Interesse im Forschungs- und kommerziellen Bereich. Der erste deutsche Pico-Satellit UWE (Universität Würzburg Experimentalsatellit) wurde von Prof. Klaus Schilling und seinem Team entwickelt und ist 2005 gestartet [Barza et al. 2006]. Ein weiterer besonderer Erfolg ist UWE-3, der durch sein modulares und redundantes Design bereits mehrere Jahre im Orbit aktiv ist [Bangert et al. 2015]. Derzeit wird an UWE-4 gearbeitet, der ein elektrisches Antriebssystem demonstrieren wird [Bangert et al. 2017].

Mit der Zeit verlagerte sich das Interesse auf die größeren 3U-CubeSats, mit Dimensionen von 10 x 10 x 30 cm. Mit dieser Satellitengröße gab es auch die ersten großen kommerziellen Erfolge.

Die Möglichkeiten, Nano-Satelliten im Bereich der Erdbeobachtung einzusetzen, wurden bereits vor einigen Jahren untersucht [Selva & Krejci 2012]. Laut dieser Veröffentlichung sind unter anderem folgende Instrumente für Erdbeobachtung im Nano-Satellitenbereich machbar oder bereits realisiert: Sonden für Atmosphären-Temperatur und -Feuchtigkeit, Radiometer zur Bestimmung des Strahlungshaushalts der Erde, Gravitationsmessgeräte, Imager zur Erfassung von Blitzen, Magnetfeldmessgeräte sowie Messgeräte zur Bestimmung der Farbe der Ozeane.

Jedoch sind mittlerweile auch multi-spektrale Instrumente für Nano-Satelliten in der Entwicklung. Erhältliche optische Kameras erlauben Bodenauflösungen zwischen 30 und 50 m, mit Sonderanpassungen sind Auflösungen im Bereich weniger Meter möglich. So erreicht die kommerzielle Nano-Satelliten Konstellation von Planet eine Auflösung von 3 m [Boshuizen et al. 2014].

Mithilfe von Formationen und verteilten Satellitensystemen eröffnen sich weitere Möglichkeiten für die Verwendung von Nano-Satelliten. Anstelle der Verwendung mehrerer Instrumente auf einem sehr großen, sehr komplexen und dadurch fehleranfälligen Satelliten, ist es möglich, die Instrumente auf mehreren kleineren Satelliten zu verteilen. So bleibt der Vorteil der gleichzeitigen Erfassung unterschiedlicher Messdaten für ein direktes Ziel erhalten, der Missionserfolg ist jedoch nicht mehr von einem einzigen Raumfahrzeug abhängig. Wie im Beispiel von TOM sichtbar, kann die Verwendung einer Formation sogar die Methode unterstützen, mithilfe derer die Messungen weiterverarbeitet werden. Satelliten, die in einer Formation fliegen, sind in der Lage, ihre relative Position und Orientierung mit hoher Genauigkeit zu regeln [Alfriend et al. 2010].

2 Photogrammetrie

Photogrammetrische Methoden erlauben die Rekonstruktion von Position, Orientierung, Form und Größe von Objekten anhand von photographischen Aufnahmen [Kraus 2007]. Die photogrammetrischen Methode, die zur Wolkenhöhenbestimmung in TOM eingesetzt wird, wurde bereits an Aufnahmen des

Sarychev Peak Vulkanausbruchs im Jahr 2009, die von der Internationalen Raumstation ISS getätigt wurden, demonstriert [Zakšek et al. 2018]. Dabei wird beispielsweise Structure-from-Motion Software verwendet, um die 3-D Form der Aschewolke aus gleichzeitig oder kurz aufeinander folgenden Aufnahmen zu rekonstruieren.

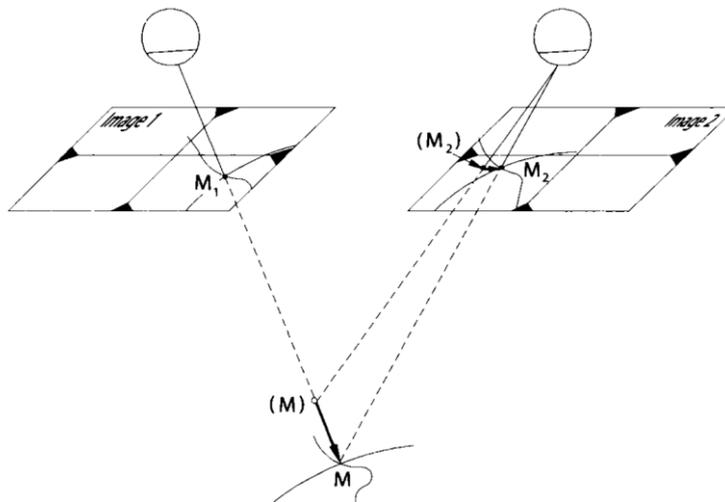


Abbildung 1: Das Prinzip stereoskopischer Messungen, aus [Kraus 2007, S. 297]

Die Photogrammetrie bedient sich dabei der Grundsätze der Stereoskopie: Ein Objekt, das von zwei Kameras aufgenommen wird, erscheint auf den Aufnahmen aufgrund der Perspektive an unterschiedlichen Stellen. Durch Messung des Unterschieds (der sogenannten Parallaxe), die unter anderem vom Abstand zwischen beiden Kameras abhängt, kann die Höhe des Objekts bestimmt werden. Das Prinzip ist auch auf Abbildung dargestellt. Das Modell und die Höhenkarte, die aus den Sarychev Aufnahmen erstellt wurden ist in Abbildung dargestellt.

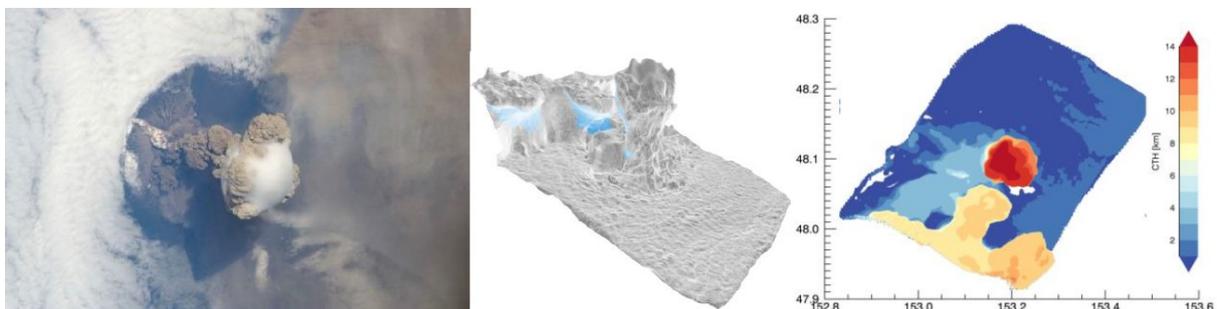


Abbildung 2: Das Originalbild des Sarychev Peak Ausbruchs (links), sowie das Modell der Aschewolke (Mitte) und die erstellte Höhenkarte (rechts). Das Modell ist online unter <https://skfb.ly/SN8J> erreichbar.

eines Beobachtungssziels wird dieses allen Satelliten bekannt gemacht. Die Satelliten beginnen ihre Ausrichtung auf das Ziel autonom. Sobald die Beobachtung stabil ist, tauschen die Satelliten untereinander Daten aus, um ihre Lage so zu optimieren, dass der gemeinsam beobachtete Ausschnitt maximal ist. Die Aufnahmen werden beim nächsten Bodenkontakt zur Erde gesendet und dort gemeinsam weiterverarbeitet, wie im vorherigen Abschnitt beschrieben.

TOM ist Teil der Telematics International Mission TIM. Im Rahmen von TIM tragen internationale Partner weitere Satelliten oder Bestandteile der Mission (z.B. den gemeinsamen Start der Satelliten sowie die notwendigen Qualifikationstests) bei. Derzeit sind insgesamt 9 weitere Satelliten geplant, die die TOM Formation ergänzen werden, um das Anwendungsgebiet durch weitere Sensoren zu erweitern [Schilling 2017].

4 Missionsplanung

Dieser Abschnitt soll einen kleinen Einblick in die Planung von Nano-Satellitenmissionen geben. Eine Nano-Satelliten Mission beginnt wie jede andere Satellitenmission zunächst mit einer Machbarkeitsstudie, in der ein erstes, vorläufiges Gesamtsystem entworfen wird. Zur Mission gehören nicht nur der bzw. die Satelliten, sondern auch das Bodenstationsnetzwerk sowie der Missionsbetrieb. Die Anzahl und die Verteilung der Satelliten im Orbit (z.B. von Formationen) hängt vom Missionsziel ab und wird durch Analysen und Simulationen optimiert, um die gewünschte zeitliche und räumliche Auflösung zu gewährleisten.

Nano-Satelliten begrenzen insbesondere durch ihre Dimensionen aber auch durch die verfügbare Energie die mögliche Nutzlast. Je nach Nutzlast vergrößert sich daher der Satellit. Je nach Komplexität dauert die Entwicklung eines Nanosatelliten bei vorhandener Nutzlast in etwa ein Jahr. Die anschließend notwendigen Umwelt-Tests wurden hierbei noch nicht dazu gezählt.

Die Nutzlast bestimmt das Satelliten-Design: Je nach anfallender Datenmenge wird die notwendige Kommunikationsverbindung gewählt. Das Lage- und Orbit-Regelungssystem ist abhängig von den notwendigen Genauigkeiten bei der Datenerfassung. Beides hat Auswirkungen auf den Energieverbrauch des Satelliten. Bei der Entwicklung einer Nutzlast ist es daher bereits sinnvoll, gewisse

Beschränkungen zu berücksichtigen. Das vorläufige Design eines TOM Satelliten mit den Subsystemen Antrieb, Lageregelungssystem, On-Board Computer, Energiesystem, Kommunikationssystem sowie Nutzlast (von unten nach oben) ist unten in Abbildung zu sehen. Erkennbar ist, dass bei einem Satelliten mit Antriebssystem etwa 1U für die Nutzlast verfügbar sind.

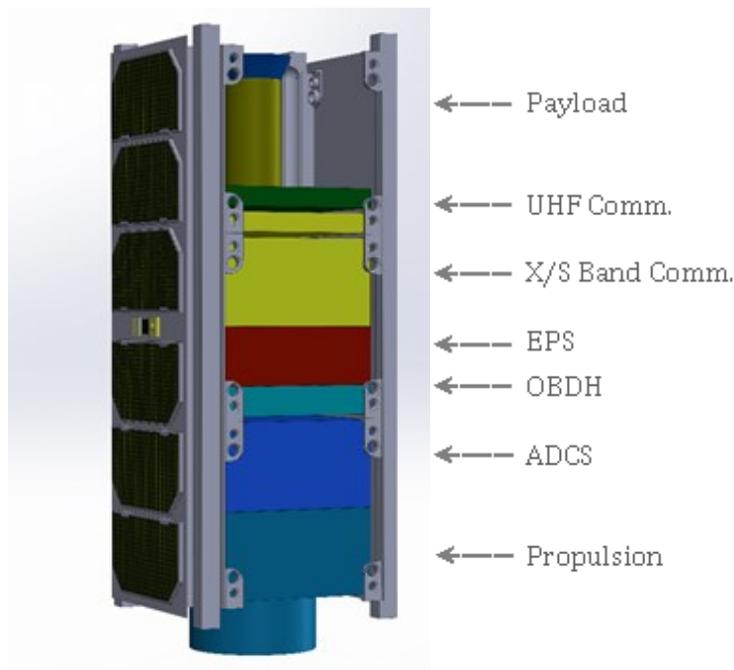


Abbildung 4: Das vorläufige Design der TOM Satelliten

Die Dauer einer Satellitenmission ist zum einen durch die gewählte Orbithöhe und zum anderen durch die verwendeten Komponenten beschränkt. Bei einer niedrigen Orbithöhe beträgt die Dauer einer Mission ohne Orbitkorrekturen aufgrund der auftretenden Störungen nur wenige Monate. Bei höheren Orbits besteht die Gefahr, dass die elektronischen Bauteile aufgrund der Strahlung Defekte erhalten. Solche Defekte können aber durch entsprechende Redundanzen verringert werden.

Der Start der Satelliten ist einer der kritischsten Bausteine einer Satellitenmission, nicht nur aufgrund der relativ hohen Kosten. Ist der gewünschte Orbit flexibel, so ist es möglich gemeinsam mit anderen Nano-Satelliten zu einem vergleichsweise geringen Preis zu starten. Wird ein besonderer Orbit benötigt, so werden die Wartezeiten länger und der Preis höher. Eine Möglichkeit ist der „Piggy Back“ Flug, bei dem der Nano-Satellit beim Start eines größeren Satelliten dabei ist.

Nach dem Start besteht der Kontakt zum Satelliten nur noch über Bodenstationen. Bodenstationen können extra für eine Mission errichtet werden, alternativ können

bestehende Netzwerke gegen Gebühr verwendet werden. Der Missionsbetrieb plant die Aufgaben der Satelliten und ist für das Erreichen des Missionsziel unersetzlich. Bei auftretenden Fehlern kann das Team, zu dem oft einer der Entwicklungs-Ingenieure zählt, direkt reagieren. Zusätzliche Software-Lösungen, die auf dem Satelliten implementiert sind, helfen bei der Vermeidung vom Misserfolg der Mission.

Das Zentrum für Telematik e.V. entwickelt in enger Zusammenarbeit mit der Universität Würzburg den UNISEC Standard für eine elektrische Subsystem-Schnittstelle [Unisec]. Durch den UNISEC Standard wird nicht nur die Sicherheit des Satelliten weiter erhöht, sondern auch das Testen und die Integration stark erleichtert.

5 Zusammenfassung

Dieser Beitrag hat die Prototypen-Mission TOM als Beispiel für eine Nano-Satellitenmission zur Erdbeobachtung sowie die übliche Vorgehensweise bei der Planung einer solchen Mission erläutert. Kleinstsatelliten bieten den Vorteil einer schnellen Entwicklung unter der Berücksichtigung der Einschränkungen von Größe und verfügbarer Energie. Missionen wie TOM, sowie die internationale Mission TIM, zeigen jedoch, dass Nano-Satelliten insbesondere in Multi-Satellitenmissionen zur Erdbeobachtung geeignet sind.

6 Danksagung

Die Autoren danken all ihren Mitarbeitern für ihre Beiträge im Rahmen der „Telematics earth Observation Mission – TOM“, unterstützt durch das bayerische Wirtschaftsministerium sowie dem RLS für die Kooperation in TIM.

7 Literaturverzeichnis

- Alfriend, K. T.; Vadali S. R.; Gurfil P.; How J. P.; Breger, L. S. (2010): *Spacecraft Formation Flying. Dynamics, Control and Navigation*, Elsevier Astrodynamics.
- Bangert, P.; Busch, S.; Schilling, K. (2015): *In-Orbit Performance of the Pico-Satellite UWE-3*. 10th IAA Symposium on Small Satellites for Earth Observation, Berlin.
- Bangert, K.; Kramer, A.; Schilling, K.; (2017): *UWE-4; Integration State of the First Electrically Propelled 1U CubeSat*. Proceedings of the AIAA/USU Conference on Small Satellites, Propulsion, SSC17-WK-4. <https://digitalcommons.usu.edu/smallsat/2017/all2017/15/> (abgerufen am 11.04.2018).
- Barza, R.; Aoki, Y. & Schilling, K. (2006): *CubeSat UWE-1 technology tests and in orbit results*. 57th International Astronautical Congress, Valencia.

- Boshuizen, C. R.; Mason, J.; Klupar, P.; Spanhake, S. (2014): *Results from the Planet Labs Flock Constellation*. Proceedings of the AIAA/USU Conference on Small Satellites, Private Endeavors, SSC-14-I-1. <https://digitalcommons.usu.edu/smallsat/2014/PrivEnd/1/> (abgerufen am 11.04.2018).
- Kraus, K. (2007): *Photogrammetry, Geometry from Images and Laser Scans*. Berlin · New York, Walter de Gruyter
- Schilling, K.; Tzschichholz, T.; Motroniuk, M.; Aumann, A.; Mammadov, I.; Ruf, O.; Schmidt, C.; Appel, N.; Kleinschrodt, A.; Montenegro, S.; Nüchter, A. (2017): *TOM: A Formation for Photogrammetric Earth Observation by Three Cubesats*. 4th IAA Conference on University Satellite Missions and CubeSat Workshop, Rom.
- Schilling, K., 2017. *TIM – A Small Satellite Formation for Earth Observation*. 9th International Workshop on Satellite Constellations and Formation Flying, Boulder, 2017.
- Selva, D.; Krejci, D. (2012): *A survey and assessment of the capabilities of Cubesats for Earth observation*. In: Acta Astronautica, 74, 50-68
- SpaceDaily (2016), *History of the CubeSat*. http://www.spacedaily.com/reports/History_of_the_CubeSat_999.html (abgerufen am 11.04.2018)
- Unisec Europe, *Cubesat Electrical Interface*, <http://unisec-europe.eu/standards/bus/> (abgerufen am 11.04.2018)
- Zaksek, K.; James, M.R.; Hort, M.; Nogueira, T.; Schilling, K. (2018): *Using picosatellites for 4-D imaging of volcanic clouds: Proof of concept using ISS photography of the 2009 Sarychev Peak eruption*. In: Remote Sensing of Environment, <https://doi.org/10.1016/j.rse.2018.02.061>

Beitrag N: Stefanie Lehmann, Hans-Knud Arndt

Mobile Anwendung zur gestaffelten Evakuierung bei Großveranstaltungen

Mobile Application for Staggered Evacuation at Major Events

Stefanie Lehmann¹, Hans-Knud Arndt²

¹*Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, stefanie.lehmann@ovgu.de*

²*Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, hans-knud.arndt@iti.cs.uni-magdeburg.de*

Abstract

The evacuation of large crowds can intensify or provoke panic situations and thus brings with it a great potential for danger. Staggering the evacuation can help to avoid escalation. The result is an optimization problem that can be solved with the help of mobile applications, whereby at the same time social risks can be reduced in the age of the spread of fake news.

Zusammenfassung

Die Evakuierung großer Menschenmassen kann Paniksituationen verstärken oder hervorrufen und bringt somit ein großes Gefahrenpotential mit sich. Eine Staffelung der Evakuierung kann helfen, eine Eskalation zu vermeiden. Dabei entsteht ein Optimierungsproblem, das mit Hilfe mobiler Anwendungen lösbar ist, wobei gleichzeitig im Zeitalter der Verbreitung von Fake News auch soziale Risiken gemindert werden können.

1 Motivation

Früher war der Nutzen von Mobiltelefonen auf Großveranstaltungen wie mehrtägigen Festivals kaum vorstellbar. Gründe dafür waren die nicht ausreichend lang haltbaren Akkus, denen die Powerbank heute entgegenkommt, die schlecht ausgebauten Mobilfunknetze und der scheinbar geringe Bedarf mobil vernetzt zu sein. In den letzten Jahren ist nicht nur im Alltag die Bedeutung des Smartphones für den Nutzer gestiegen und zur Selbstverständlichkeit geworden, auch im Bereich der Festivals sind mehr und

mehr Angebote geschaffen worden, die das Leben der Besucher nicht nur komfortabler sondern auch sicherer gestalten können. So bieten die mobilen Anwendungen der größten Festivals in Deutschland (z. B. Rock am Ring und Hurricane) zwar schon einen Nachrichtendienst für Notfallsituationen wie Unwetterwarnungen und statische Lagepläne, jedoch fehlt hier eine dynamische Umsetzung zur Evakuierung der Besucher in Abhängigkeit von ihrem aktuellen Standort.

In der Vergangenheit sind leider immer wieder im Zusammenhang mit Evakuierungen erhöhte Gefahren durch Panik und mangelnde Hinweise zu Fluchtwegen entstanden, die durch den Einsatz eines ortsabhängigen und personengebundenen Evakuierungssystems verbessert werden können.

2 Stand der Technik

2.1 Krisen- und Notfallsituationen

Da Krisen- und Notfallsituationen ein ständiges Problem der Gesellschaft darstellen, zeigt sich ein vielseitiges Anwendungsfeld. In verschiedenen Bereichen wurden bisher Lösungen entwickelt, aus denen Erfahrungen gezogen und die für den Anwendungsfall der Großveranstaltung ausgebaut werden können. So existieren bisher vereinzelt innerbetriebliche Lösungen, bei denen ein kleiner firmeninterner Personenkreis registriert ist, der abhängig vom individuellen Standort evakuiert werden kann [Evalarm 2018]. Andere Lösungen fokussieren sich auf die Anwendung im Falle von Naturkatastrophen, die aber noch in der Ideenphase stecken und nicht marktreif umgesetzt wurden [Gymnasium Horn-Bad Meinberg 2013].

2.2 Ortung und Engpassvermeidung

Lange Zeit war die Standortermittlung in Innenräumen undenkbar. Inzwischen können auch für Innenräume, wie beispielsweise große Einkaufszentren, standortbasierte Dienste angewendet werden, indem über Hotspots eine ungefähre Position ermittelt wird [Herbers 2015]. So können die Ansätze zur standortbezogenen Evakuierung auch für Innenräume in Betracht gezogen werden. Über die MAC-Adresse und IMEI-Nummer des Handys können Informationen übermittelt werden [Deutschbein 2018, Lubkowitz 2014].

Derzeitige Probleme bei der Evakuierung großer Menschenmassen zeigen sich, wenn Engpässe an Ausgängen und auf Fluchtwegen liegen. Hier herrscht bereits eine erhöhte Paniksituation. Wird die gesamte Menschenmasse gleichzeitig evakuiert, kann die Panik weiter eskalieren, verstärkt durch das Schieben der weiter entfernt liegenden Regionen, die zunehmend auf die Engpässe zuströmen. Werden zusätzlich durch die Menschen die Ausgänge in der Masse optisch nicht erfasst, beginnen sie querzulaufen und von der optimalen Fluchtroute abzuweichen. Somit dauert es nicht nur länger, ehe das Gefahrengebiet geräumt ist, sondern auch hierbei eskaliert die Paniksituation zunehmend. Zu viele negative Beispiele weist die Vergangenheit auf: 2010 starben bei der Loveparade in Duisburg 21 Menschen, mehr als 650 wurden verletzt [Engelberg 2017], als sich am zu engen Durchgang zum Gelände die Massen stauten und Panik ausbrach. Hierbei war keine Gefahrensituation der Auslöser für die Panik; sie entstand aufgrund einer mangelhaften Veranstaltungsplanung. Ähnliche Zustände zeigten sich im Stadion in Angola zu Beginn eines Fußballspiels: aufgrund des überfüllten Stadions brach Panik aus und 17 Menschen verloren ihr Leben, 59 wurden schwer verletzt [Bild 2017, tz 2017]. Hätte man auch hier die weiter einströmenden Menschenmassen warnen und somit aufhalten können, weiter in das Stadion voranzuschreiten, hätte eine weitere große Tragödie womöglich vermieden werden können.

2.3 Fake News

Aktuelle Probleme bei der Nutzung von modernen Techniken zur Nachrichtenübermittlung zeigen sich in der Verbreitung von Fake News. Diese bieten ebenfalls einen weiteren Herd zur Eskalation in Paniksituationen. Die ohnehin bestehende Gefahr der Netzüberlastung im Gebiet von Großveranstaltungen wird durch die Verbreitung von unnützen Fake News hier weiter verstärkt. Auch der Versuch, Angehörige zu kontaktieren und zu informieren, die sich nicht in hilfreicher Reichweite befinden, überlastet das Handynetz nur unnötig und sollte während einer Gefahrensituation unterbunden werden.

3 Optimierungsproblem: Evakuierung großer Menschenmassen

Auch wenn keine Veranstaltung wie eine andere ist und keine Panik auf genügend Erfahrungen aufbauen kann, so lassen sich dennoch wiederkehrende Elemente finden, die bei der Planung einer mobil gestützten Evakuierung, unabhängig vom Anwendungsfall, als Parameter herangezogen werden können: Im Rahmen der

Veranstaltungsplanung liegen im Vorfeld Lagepläne vor, die Fluchtwege um das Gelände herum beinhalten. Für die Veranstaltungen, unabhängig davon, ob mit freiem oder Ticket-Zugang durch Vorverkaufs- oder Tageskasse, liegen ungefähre Besucherzahlen vor. Während vor einigen Jahren noch ein Verbot von Kamera und Handy bei Konzerten ausgesprochen wurde, um die Besucher zu hindern, eigene, kommerzielle Aufnahmen zu machen, so ist heute das Mitbringen von Smartphones kein Problem mehr und fast jeder Besucher führt ein solches mit sich (Die Ausstattung privater Haushalte mit Smartphones liegt in Deutschland bei über 95 % [Statistisches Bundesamt 2018]). Das Smartphone bietet dabei die Möglichkeit, über das GPS-Signal geortet zu werden.

Aufbauend auf den Parametern des Ortes einer Person, der Besucheranzahl der Veranstaltung und des zeitlichen Verlaufs wird im Folgenden eine Evakuierungsmethode mittels des Smartphones als mobiles Endgerät beschrieben.

3.1 Isolierte Evakuierung

Um eine Eskalation der Situation aufgrund von Fake News zu vermeiden, werden die Smartphones durch die Evakuierungsanwendung während einer Gefahrensituation für sämtliche anderweitigen Dienste gesperrt (Abbildung 1 links). So können keine Anrufe und Nachrichten mit dem Smartphone empfangen und versendet werden. Außerdem wird dadurch das Netz entlastet, sodass die wichtigen Informationen schneller übertragen werden können. Dafür wird nur die MAC-Adresse des Smartphones freigelassen. Negative Erfahrungen zeigen sich hier aus einer Feualarmübung in einer Schule: die Schüler versuchen die Eltern über das Handy zu erreichen – dies lenkt nicht nur die Aufmerksamkeit vom aktuellen Geschehen ab – außerdem kann niemand von außerhalb in einer solchen Gefahrensituation helfen.

3.2 Ortsabhängige Evakuierung

Um den Personen auf dem Gelände den optimalen Weg zum nächstgelegenen Ausgang bieten zu können, werden Ortsdaten benötigt: durch die Mitführung des Smartphones kann die Position der Person bestimmt werden. Abhängig von seinem Standort wird der kürzeste Weg zum nächsten Ausgang ermittelt und als Nachricht an das Smartphone übermittelt. Dies kann zur visuellen Unterstützung zusätzlich mittels einer Karte erfolgen. Weiterhin kann auf besondere Gefahrenstellen aufmerksam gemacht werden, wenn sich auf dem Weg zum Ausgang Treppen oder Wellenbrecher

befinden, und Sammelpunkte außerhalb des Gefahrengebietes können angezeigt werden (Abbildung 1 rechts).

Die Identifizierung und die Nachrichtenübertragung finden dabei über die MAC-Adresse des Smartphones innerhalb des Netzwerkes statt. Da die Besucher eine dynamische Menge ergeben, soll jedes Handy nur einmal angesprochen werden: so können Personen, die bereits evakuiert wurden und sich näher an den Ausgang bewegen, nicht erneut in die Abtastung des Gebiets fallen. Andererseits werden so Personen, die missglückt in eine falsche Richtung laufen, nicht noch einmal angesprochen. Sonst könnten eventuelle Ausbrüche von Panik durch Verwirrung und erneutes Ändern der Laufrichtung verstärkt werden, wodurch sich die Räumung des Platzes verzögert.

Nötige Parameter und zugleich bekannte Größen zur ortsabhängigen Evakuierung sind die Entfernung zu den Ausgängen anhand des GPS-Signals zu einem Zeitpunkt x , die Anzahl der geplanten Personen während der Veranstaltung, die Anzahl der Ausgänge und die Anzahl der Smartphones im Gebiet der Veranstaltung anhand deren MAC-Adresse. Abhängig von der jeweiligen Gefahrensituation (und der aktuellen Gesetzeslage), wie schnell der Platz geräumt werden muss, wird die Anzahl der gleichzeitig zu evakuierenden Personen und das Zeitintervall zwischen den zu evakuierenden Gruppen bestimmt. Diese Parameter bedingen die Anzahl der Intervalle.

Um Gegenströme und eine weitere Eskalation der Situation zu vermeiden, wird ebenfalls das Signal nahegelegener, aber noch außerhalb des Geländes befindlicher Personen erfasst. Diesen wird mitgeteilt, dass sie sich wieder entfernen, wenn möglich an Sammelstellen zusammenfinden, und keinesfalls das Gelände betreten sollen. [Bild 2017, tz 2017]. Auch hier kann die MAC-Adresse des Smartphones für die Ortung dienen.

Sollte ein Ausgang blockiert sein, muss das System anpassungsfähig reagieren. Dazu kann der betroffene Ausgang als Variable im Administratorbereich entfernt werden, wobei sich die Berechnung des nächstgelegenen Ausganges zur ortsabhängigen Evakuierung dynamisch anpasst.



Abbildung 1: Nutzeransicht: Sperrung des Smartphones durch die Anwendung (links). Der nächstgelegene Ausgang wird grün markiert, die Position des Nutzers blau (rechts).

3.3 Gestaffelte Evakuierung

Die ortsabhängige Evakuierung wird durch das Ansetzen eines Intervalls erweitert: Diese gestaffelte Evakuierung erfolgt ebenfalls abhängig von der Lokalität der Person (Abbildung 2). Während im Schritt der ortsabhängigen Evakuierung die Entfernung der Person zum nächstgelegenen Ausgang entscheidend ist, um den kürzesten Weg zum Ausgang zu ermitteln, wird in diesem Schritt eine weitere Unterteilung der jeweiligen zum Ausgang x zugehörigen Menge getroffen. Diese Unterteilung ist abhängig von der Entfernung der Person zum Ausgang x : je näher sich eine Person am Ausgang befindet, desto eher wird sie evakuiert. Da somit nicht die gesamte Besuchermenge gleichzeitig evakuiert wird, ist eine Reduzierung der Massenpanik und die Vermeidung von Engpässen an den Ausgängen zu erwarten. Die Anzahl der Staffellungen und die Abstände zwischen den einzelnen Intervallen werden situationsabhängig bestimmt. Entscheidende Parameter sind neben den gesetzlich vorgeschriebenen Räumungszeiten die Anzahl der Ausgänge und die Personenanzahl auf dem Gelände.

Die gestaffelte Evakuierung ist neben der ortsabhängigen und isolierten Evakuierung als rudimentärer Bestandteil des Evakuierungssystems anzusehen und greift erst bei großen Menschenmengen. Die ortsabhängige und isolierte Evakuierung sind fester Bestandteil des Systems, da immer der optimale Ausgang gewählt werden muss und eine Verbreitung von Fake News vermieden werden kann.

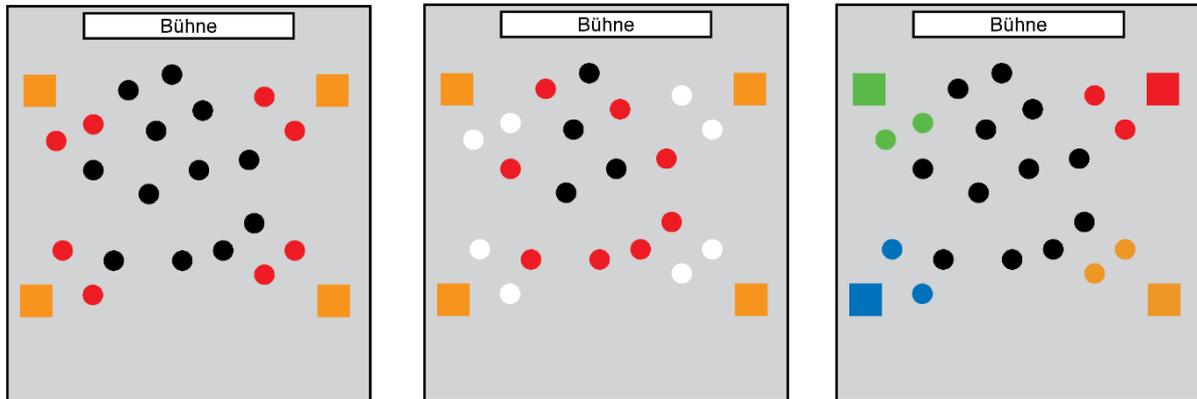


Abbildung 2: Ansicht der Berechnung im Backend: Evakuierte Personen im Zeitintervall 1 (links) und Zeitintervall 2 (mittig) werden rot markiert, bereits evakuierte Personen werden weiß, noch nicht evakuierte Personen werden schwarz markiert. Kombination der ortsabhängigen und gestaffelten Evakuierung im Zeitintervall 1 (rechts).

4 Herausforderungen und weitere Maßnahmen

Auf die MAC-Adresse des Smartphones einer fremden Person zuzugreifen ist zwar illegal, aber simpel möglich (dpa 2010). Um die Illegalität auszuschließen, kann der Benutzer beim Installieren der Anwendung mit einer kurzen Information belehrt und dessen Einverständnis eingeholt werden. Dabei ist wiederum bei der Entwicklung der Anwendung zu beachten, dass diese nicht in anderen Situationen auf die Daten des Smartphones zugreift.

Eine weitere Herausforderung stellt die Paniksituation dar, in der die eingehende Nachricht möglicherweise vom Anwender nicht wahrgenommen wird. Besonders bei der Einführung des neuen Systems sollten die Besucher präventiv auf die Maßnahmen eingestimmt und belehrt werden. Oftmals werden auf den Leinwänden die bisherigen Evakuierungsmaßnahmen schematisch vor Beginn einer Veranstaltung dargestellt. Hier wird nun die neue Methode der Evakuierung über das Handy hinzugefügt. Da aber nicht jeder Besucher stets sein Smartphone mit sich führt oder gar eines besitzt, oder eine Nachricht aufgrund von Umgebungslärm wahrnimmt, besteht hier das Risiko, dass die Informationen nicht jeden Besucher adressieren. Dafür kann die Anwendung einen Signalton und eine Vibration des Smartphones auslösen und die Aufmerksamkeit des Besuchers auf das Smartphone in seiner Hosen- oder

Bauchtasche auf sich lenken. Wenn der Benutzer das Smartphone gerade benutzt, beispielsweise die Anwendung der Kamera aktiviert hat, wird die aktuelle Anwendung gesperrt und der Warnhinweis angezeigt.

In der Vergangenheit waren viele Anwendungen für das Smartphone bei Großveranstaltungen aufgrund von technischen Unzulänglichkeiten auszuschließen: heute stellen kurze Akkulaufzeiten dank der Mitführung von Powerbanks und langlebigeren Akkus oder schlecht ausgebaute Netze dank weiterer Sendemasten zur Netzverstärkung kein Problem mehr dar, um ein derartiges Evakuierungssystem anzuwenden.

5 Ausblick

Ein Projekt zur Implementierung und feineren Ausarbeitung des Konzepts zeigt sich als lohnenswert. Die Implementierung sollte dabei in der Entwicklung einer mobilen Anwendung für das Smartphone münden, die den Zugriff auf die MAC-Adresse des Smartphones nutzt und alle nötigen Funktionen umsetzt. Die Anwendung ließe sich mit anderen, bestehenden Lösungen zu mobilen Anwendungen für Großveranstaltungen kombinieren [Lehmann & Arndt 2017, Lehmann & Arndt 2018].

In weiteren Betrachtungen der Evakuierungsmöglichkeiten können soziale Komponenten einfließen, um diese weiter auszubauen: dabei kann beispielsweise untersucht werden, wie Musik als Taktgeber verwendet werden kann, damit sich die Menschenmassen gleichmäßiger bewegen. Hier könnten Algorithmen aus dem Bereich der Schwarmintelligenz einfließen.

Die Anwendung kann des Weiteren nicht nur auf den Bereich von organisierten Veranstaltungen angewandt werden, sondern auch in alltäglichen Situationen mit gehäuften Menschenmassen; beispielsweise: an Feiertagen wie Silvester treffen viele Menschen kurz nach Mitternacht in einer zentral gelegenen U-Bahn-Station zusammen. Hier können Warnhinweise über eine Anpassung der App versendet werden: der Passant wird aufgefordert, das Betreten der U-Bahn-Station zu vermeiden, da diese bereits überfüllt ist. Somit können Paniksituationen nicht nur vor dem Eskalieren bewahrt werden, sie können sogar vermieden werden. Ein anderes geeignetes Szenario zeigen Einkaufshäuser, in denen sich eine Evakuierungs- oder

Paniksituation ergibt und die Passanten können über die App zum nächst gelegenen Ausgang geleitet werden. [Dambeck 2016]

In den Zeiten der Angst vor Terroranschlägen [faz 2017] gibt es außerdem ein weiteres spezielles Spektrum für Einsatzmöglichkeiten einer mobilen Anwendung zur gestaffelten Evakuierung, das weitere Herausforderungen und die Suche nach einer geeigneten Lösung mit sich bringt. Auch hier kann das Smartphone einer Person, die sich in Gefahr befindet, gesperrt werden: beispielsweise können die Smartphones der Kinder in einer Schule für Anrufe gesperrt werden, wenn sie sich während eines Amoklaufs in einem Versteck befinden und unerkant bleiben müssen. So kann das Klingeln des Smartphones verhindert werden. Sobald die Kinder außer Gefahr sind, werden die Smartphones personenabhängig wieder für Anrufe freigegeben, damit die Eltern informiert werden können.

Besonders im Kontext eines Amoklaufs könnten nicht nur Opfer, sondern auch Täter über das Smartphone identifiziert werden: dabei kann ermittelt werden, wo sich der Täter befindet. Sein Aufenthaltsort kann den Opfern übersendet werden, sodass sie ihm ausweichen können. Eine Herausforderung zeigt sich darin den Täter in der Menschenmenge zu identifizieren, unter der Voraussetzung, dass er ein Smartphone bei sich trägt. Hier sind weitere Forschungen nötig.

In den USA haben Schüler während eines Amoklaufs auf sozialen Medien über die aktuelle Lage berichtet [Roloff 2018]. Hier zeigt sich einerseits erneut, dass in einer solchen Gefahrensituation das Smartphone gesperrt werden sollte, um die Aufmerksamkeit auf das Geschehen zu lenken und um Fake News zu verhindern. Jedoch kann andererseits ein direkter Kontakt zu einem Opfer an dieser Stelle für Ermittlungen und eine Evakuierung hilfreich sein, wobei das aktuelle Geschehen von außen verfolgt werden kann. Auch hier zeigt sich weiterer Forschungsbedarf, wie eine mobile Anwendung zur Evakuierung helfen kann.

6 Literaturverzeichnis

Bild (2017): Mindestens 17 Tote in Angola: Massenpanik bei Fußball-Spiel. 11.02.2017. <https://www.bild.de/sport/fussball/fussball-international/massenpanik-bei-spiel-in-angola-50294356.bild.html> (aufgerufen am 22.05.2017)

Dambeck, H. (2016): Massenpaniken: "Bleiben Sie möglichst in der Mitte". In: Spiegel Online, 14.09.2016. <http://www.spiegel.de/wissenschaft/mensch/massenpanik-so-sollte-man-sich-verhalten-a-1111488.html>. (aufgerufen am 22.05.2018)

- Deutschbein, R. (2018): Was ist eine IMEI-Nummer und wofür brauche ich sie? Der Fingerabdruck Deines Handys. 11.05.2018. <https://handy.de/magazin/imei-nummer-handy-smartphone-herausfinden/> (aufgerufen am 22.05.2018)
- dpa (2010): Datenschützer: Google scannt illegal Funknetze. FOCUS Online, 22.04.2010. https://www.focus.de/digital/computer/computer-datenschuetzer-google-scannt-illegal-funknetze_aid_501080.html (aufgerufen am 22.05.2018)
- Engelberg, M. (2017): 10 Personen sind angeklagt – Loveparade-Prozess beginnt noch dieses Jahr. In: Bild, 04.07.2017. <https://www.bild.de/regional/ruhrgebiet/love-parade/-prozess-terminiert-52431372.bild.html> (aufgerufen am 22.05.2018)
- Evalarm (2018): Digitale Alarmierung und Notfallkommunikation. <https://www.evalarm.de/module> (aufgerufen am 08.03.2018)
- faz (2017): Massenpanik in Turin: „Wir rannten über Leute, die am Boden lagen“. 04.06.2017. <http://www.faz.net/aktuell/sport/fussball/champions-league/massenpanik-in-turin-nach-champions-league-finale-gegen-real-15046901.html> (aufgerufen am 22.05.2018)
- Gymnasium Horn-Bad Meinberg (2013): BrickFire-Team entwickelt App K.E.M zur Evakuierung im Katastrophenfall. <https://www.gym-hbm.de/2013/brickfire-team-entwickelt-app-evakas-fuer-den-forschungsauftrag-der-fill/> (aufgerufen am 08.03.2018)
- Herbers, F. (2015): WENN GPS VERSAGT – INDOOR-NAVIGATION. <http://intelligente-welt.de/wenn-gps-versagt-indoor-navigation/> (aufgerufen am 08.03.2018)
- Lehmann, S.; Arndt, H.-K. (2017): Incentive systems for waste separation and waste prevention at festivals in the camping area. In: Otjacques, B; Hitzelberger, P.; Naumann, S.; Wohlgemuth, V. (Hrsg.): From Science to Society: The Bridge provided by Environmental Informatics. Adjunct Proceedings of the 31st EnviroInfo conference. Aachen: Shaker Verlag, S. 243-250.
- Lehmann, S.; Arndt, H.-K. (2018): Betriebliche Umweltinformationssysteme und Dienstleistungen: Nachhaltige Gestaltung des Konzertveranstaltungszutritts. In: Arndt, H.-K., Marx Gómez, J., Wohlgemuth, V., Lehmann, S., Pleshkanovska, R. (Hrsg.): Nachhaltige Betriebliche Umweltinformationssysteme. Konferenzband zu den 9. BUIS-Tagen. Wiesbaden, Springer Gabler Verlag, S. 205-219.
- Lubkowitz, M. (2014): Alles über MAC-Adressen. com! Professional, 16.04.2014. <https://www.com-magazin.de/praxis/netzwerk/mac-adressen-322119.html> (aufgerufen am 22.05.2018)
- Roloff, H. (2018): Dieser Junge twitterte live aus der Amok-Schule. In: Bild, 15.02.2018. <https://www.bild.de/news/ausland/amoklauf/aidan-twitterte-live-vom-amoklauf-54815110.bild.html> (aufgerufen am 28.05.2018).
- Statistisches Bundesamt (2018): *Ausstattung privater Haushalte mit Informations- und Kommunikationstechnik – Deutschland. 01.01.2018.* https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesellschaftStaat/EinkommenKonsumLebensbedingungen/AusstattungGebrauchsguetern/Tabellen/Infotechnik_D.html (aufgerufen am 30.08.2018).
- tz (2017): 17 Menschen sterben im Stadion – Massenpanik in Fußballstadion in Angola: Weitere Tote in Klinik? 11.02.2017. <https://www.tz.de/sport/fussball/massenpanik-bei-fussballspiel-in-angola-mindestens-17-tote-zr-7385928.html> (aufgerufen am 22.05.2017)

Beitrag O: Michael Klafft, Agnieszka Dudzińska-Jarmolińska, Ivana Harari, Ricardo Gacitua Bustos, Solhanlle Bonilla Duarte, Teresa Morrobel

A Citizen Science Approach Using Information Systems to Provide Qualitative Information on Historic Natural Disasters to Risk Communicators and the General Public

Michael Klafft¹, Agnieszka Dudzińska-Jarmolińska², Ivana Harari³, Ricardo Gacitua Bustos⁴, Solhanlle Bonilla Duarte⁵, Teresa Morrobel⁶

¹*Jade Hochschule Wilhelmshaven and Fraunhofer FOKUS, michael.klafft@jade-hs.de*

²*Uniwersytet Warszawski, a.dudzinska-ja@uw.edu.pl*

³*Universidad Nacional de La Plata, iharari@mail.info.unlp.edu.ar*

⁴*Universidad de La Frontera, ricardo.gacitua@ufrontera.cl*

⁵*Instituto Tecnológico de Santo Domingo, solhanlle.bonilla@intec.edu.do*

⁶*Instituto Dominicano de Desarrollo Integral, tmorrobel@iddi.org*

Abstract

This paper presents the concept of an ICT tool for collecting existing knowledge in the population on historic natural disasters, and an organizational concept for making this knowledge and experience usable for risk and crisis communication, and discussions with relevant decision makers including politicians. A key focus of the proposed solution is the systematic collection of qualitative information on past natural disasters using a citizen science approach: what did previous disasters actually mean for the everyday lives of the citizens, what was the concrete damage caused by the disaster and what did this damage look like, how did the disasters impact people's safety, their wellbeing, and their economic activities, what type of help was needed (and missing) when the disaster struck, where was it needed, how could people have better prepared themselves, how did the affected population cope with the disaster, what were successful (or unsuccessful) coping strategies. In order to achieve these goals, the proposed software will be able to enrich existing quantitative information on disasters with qualitative experiences in the form of live cases narrated by survivors, and historic (multi) media documentations such as texts, photographs and films on disasters. In order to make this information usable, relevant meta data will be acquired and provided for each contribution, and the information will be archived in an easy to use data base, that allows for an intuitive (visual) presentation of its inputs. In order to assure that a critical amount of input is generated

(and used), an organizational concept involving educational institutions like schools, and universities, as well as volunteer organizations is proposed. The expected advantage of the proposed approach is that it will become clearer to all stake holders what a disaster actually means for the everyday lives of the population. Instead of just relying on disaster statistics, the impact of a potential disaster becomes audible and visible. Multimedia materials from the system can be used to create exhibitions on the local relevance of disasters, which can be used to communicate existing risks to (younger) citizens, as well as politicians and other decision makers.

Zusammenfassung

Dieser Beitrag präsentiert das Konzept einer Software, mit deren Hilfe in der Bevölkerung vorhandenes Wissen über in der Vergangenheit eingetretene Naturkatastrophen systematisch erfasst werden kann. Zudem wird ein organisatorisches Konzept vorgestellt, mit dessen Hilfe sich die vorgeschlagene Software in der Praxis effizient einsetzen lässt. Dabei wird ein „Citizen-Science“-Ansatz verfolgt, der darauf abzielt, insbesondere qualitative Informationen zu vergangenen Naturkatastrophen systematisch zu erheben: wie wirkten sich die Naturkatastrophen auf das alltägliche Leben aus, wie sahen die angerichteten Schäden aus, wie beeinflusste die Katastrophe die Sicherheit, das Wohlbefinden und die wirtschaftlichen Aktivitäten, welche Hilfe wurde wann wo benötigt (und war ggf. nicht verfügbar), was waren erfolgreiche (oder auch weniger erfolgreiche) Krisenbewältigungsstrategien, was hätte man tun können, um sich besser auf die Katastrophe vorzubereiten. Um diese Ziele zu erreichen, reichert die vorgeschlagene Software vorhandene quantitative Informationen zu Naturkatastrophen mit subjektiven Erfahrungen Überlebender in Form von (Audio-)Berichten an und archiviert vorhandene historische multimediale Materialien wie Fotos, Film- und Textbeiträge über die vergangenen Katastrophen. Um diese Informationen nutzbar zu machen, müssen bei der Dateneingabe für jeden Beitrag relevante Metadaten erfasst werden. Zudem sollen die in einer Datenbank erfassten Inhalte über ein Front-End wie z. B. eine Webseite zugänglich sein, wobei besonderer Wert auf eine intuitive visuelle Repräsentation der Inhalte gelegt wird. Um sicher zu stellen, dass für die jeweilige Anwendungsregion auch eine ausreichende Menge an Beiträgen generiert wird, schlagen die Autoren ergänzend ein organisatorisches Konzept vor, das auf einer Zusammenarbeit mit Schulen, Hochschulen und Freiwilligenorganisationen aufbaut. Vorteil des hier präsentierten Ansatzes ist es, dass allen Stakeholdern, aber auch den Bürgern deutlicher wird, was die lokal relevanten Naturkatastrophen für die Bevölkerung konkret bedeuten, da die Auswirkungen hörbar und sichtbar werden. Die vorhandenen multimedialen Materialien aus der Datenbank können dann vor Ort dazu genutzt werden, die

Risikokommunikation zu unterstützen (zum Beispiel durch den Download als Unterrichtsmaterial, aber auch durch die Nutzung der Materialien in Ausstellungen zu den örtlich bedeutsamen Naturkatastrophen).

1 Motivation

Existing technical solutions that ask citizens to provide information on disasters focus on the present and the future. Mee and Duncan [Mee & Duncan 2015], for example, developed a concept based upon the Dewetra tool to monitor ongoing volcanic activity in Saint Vincent and the Grenadines with the help of local citizens. Web-based tools like Ushaidi have been used to gather information on ongoing disasters with the purpose to coordinate relief efforts by volunteers [Gao et al. 2011]. However, these solutions do not focus on gathering and using experiences from historic disasters for risk communication purposes. Data bases on historic disasters, such as EM-DAT [Center for Research on the Epidemiology of Disasters 2018], focus on the quantitative aspects such as lives lost and damage caused, but provide little insights on the qualitative impact on societies and everyday lives. Communication research, however, points towards the persuasive power of narratives in risk communication. [Ricketts et al. 2010] found that narratives are 19% more effective in promoting safety behavior, compared to non-narrative communication approaches, and narratives achieved this goal without inducing fear in the audience. [Janssen et al. 2013] point out that narratives are suitable to increase risk awareness in a health risk context, and [Dahlstrom 2014] showed that narratives “offer increased comprehension, interest, and engagement” when communicating about scientific topics. Given the fact that all natural disasters are caused by scientific phenomena, this provides an argument for including narratives in risk communication on natural disaster risks. Existing data bases, however, are not providing suitable materials for this communication approach. With the proposed solution, we intend to close this gap.

2 Approach

In order to address existing information gaps on historic disasters, we propose an easy-to-use technical solution (for information collection, retrieval, and presentation), and an organizational concept how the tool can be embedded in existing risk-communication and urban planning strategies.

2.1 Organizational strategy

The goal of the organizational concept is to motivate citizens to participate in the data collection effort by providing eyewitness accounts and historic media material on high-impact, low-frequency disasters. The organizational concept will be based on the following approaches:

- Data collection activities will be included in courses at universities and higher educational institutions. This can be achieved as part of courses on risk and crisis communication, urban planning, or disaster management. Media projects conducted as part of journalism and media science programs can also collect and use information on historic disasters to create exhibitions or multimedia features on disaster types of regional relevance. The feasibility of this approach has been shown – among others – by [Mucha 2017] who designed and produced a radio feature on the snow catastrophe in Eastern Frisia in 1979, based upon archival materials as well as interviews with stakeholders affected by this disaster (citizens, and disaster managers).
- Acquired multimedia contributions on historic disasters will be provided to geography and history teachers for download, who can then use the material in their classes at school. The materials will also be of interest for extra-curricular learning places who often provide teaching modules on natural hazards and disasters - for example on flooding of rivers [Restrepo 2016] or on the history of coastal protection and climate change [Lernort Technik und Natur 2017].
- A prerequisite to maximize the impact of the proposed data base will be to cooperate with stakeholders such as disaster management organizations, volunteer organizations, urban planners, and policy makers to match content from the data base with current disaster prevention and coping strategies, and urban planning activities.

Finally, these activities shall be extended by workshops or townhall meetings to initiate a dialogue between local government and citizens, in order to discuss disaster prevention measures, as well as measures for adaptation to climate change. This so-called social participation approach mobilizes the society to participate in the changes to be made in a given area. The approach is also required by the Aarhus Convention, which imposes a duty to inform the society about decisions connected with the natural environment and having an effect on the functioning of social groups [Sobiesiak-

Penszko 2013]. As a result, (trustful) relations are established between the public administration and the citizens, and decision makers gain additional knowledge and experience which they do not possess yet [Siemiński 2007]. This also allows for mitigating complications and conflicts during the implementation of planned solutions (such as inconveniences caused by construction works during the transformation period).

As proposed in [Cremer et al. 2013], interviews or workshops with a wide circle of specialists (risk and crisis communicators, urbanists, architects, landscape architects, hydrologists, metrology specialists, etc.) should be conducted, in order to make the proposed citizen science approach in data collection more effective. Specialists will specify what contributions they need most to create a specific strategy for risk and crisis communication, or for adaptation of a given area to climate changes. To stay focused, risk communicators and urban planners need to delimit the areas requiring data collection activities. In case of floods, stakeholders can build upon the “Copenhagen Cloudburst Formula” as described by the [American Society of Landscape Architects 2016], and empiric data obtained from local communities (including the elderly, who have unique knowledge and experience connected with historic disaster incidents). In order to make citizen participation as seamless as possible, contributors from society should be given the freedom to choose time and place for the handover of information, which increases the outreach to various social groups [Jezierska 2015]. The result should be the creation of the so-called social coverage and its interpretation during the common discussion, during which the social history of disasters will be reconstructed and the experiences connected with it will be shared [Jarosz & Gierczyk 2016]. Subsequently, the obtained information must be interpreted and design solutions must be adapted to specific areas, along with an additional analysis of socioeconomic benefits and costs in accordance with the Copenhagen Cloudburst Formula [American Society of Landscape Architects 2016]. Once possible solutions have been designed, another important step will be to engage in a dialogue with the society and to present (in a clear manner adapted to a given social group) the created solutions, using proper tools, such as: discussion or activities of "Planning for real" type, i.e. explanation of proposed solutions through their visualisation on large models of city parts or through visual presentations [Cremer et al. 2013]. It is important that the dialogue goes both ways. The last step is the process

of implementation of the solutions and their monitoring. Participation of citizens in adaptation of urban areas to negative effects of climate changes is to be planned on a long-term basis.

2.2 Technological implementation

In order to support the organizational approach, an information system to collect and provide qualitative information on historic natural disasters has to be developed. This technical solution should comprise

- an easy-to-use smartphone app and website that allows volunteers (or elderly people themselves) to collect, categorize, and visualize information on and experiences with past disasters, such as historic photos, eyewitness reports on disaster impact or on historic observations from nature, drawings, sketches, etc.
- a back-end for information storage, including a tool used by moderators to validate and approve new users, as well as entries into the data base,
- a website for information retrieval (both using map-based multimedia presentations as well as a functionality for the download of specific content).

2.2.1 Architectural considerations

In order to implement the proposed solution, the authors propose a layered-architecture as illustrated in Figure-1.

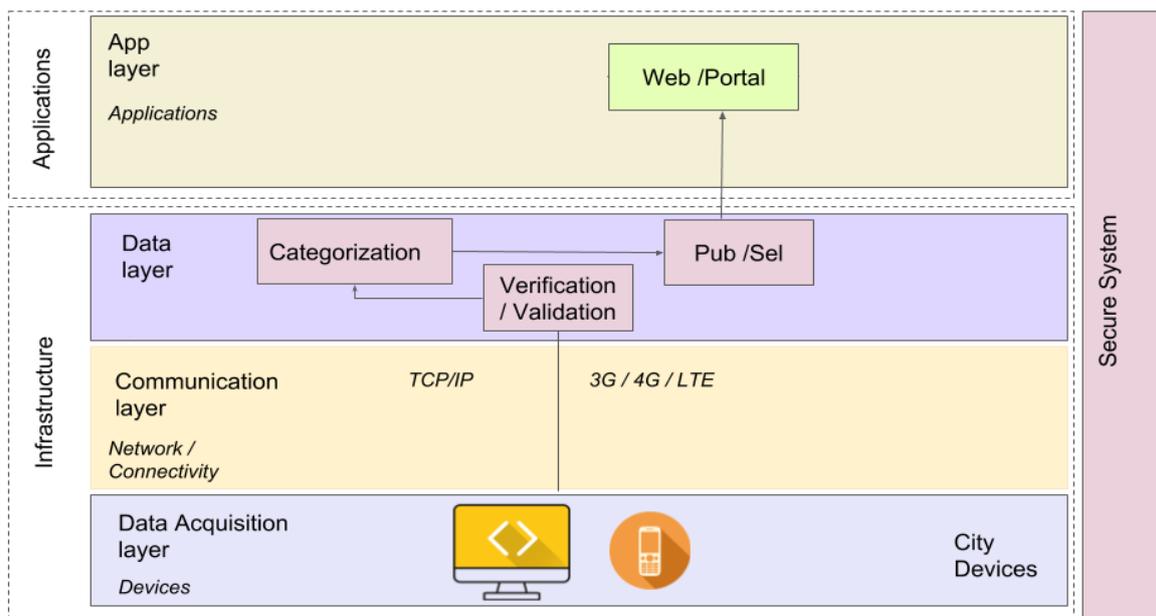


Figure 1: Architecture of the system

The architecture comprises four main layers, which are described as follows:

- *a. Data acquisition layer.*

The bottom layer of the architecture is the data acquisition layer. Devices to acquire data will mainly be smartphones or desktop computers, which will be used to upload photographs, text, audio files, etc. Smartphones are well suited for data acquisition by volunteers who visit disaster survivors, and they usually provide functionalities for content collection such as microphones for audio recording and a camera. However, some initial discussions with seniors who experienced disasters indicate that this target group may prefer stationary computers to provide their multimedia contributions to the system, so that both a mobile and a desktop version of the data collection tool are needed. Please note that some basic meta data on the multimedia materials is also collected in this layer.

- *b. Communication layer.*

The communication layer supports the connectivity of data acquisition devices with the data base, using protocols such as TCP/IP (and HTTP/HTTPS and RESTful approaches on those).

- *c. Data layer.*

This layer stores the data provided by the input devices and provides the ability to process and act upon these data. This layer comprises three main components:

- *a verification / validation module*, which performs some (automated) procedures for checking that the input data is related to disaster events and complies with minimum input requirements.
- *a categorization module*, which uses, among others, taxonomies of disasters and timelines to further classify input materials into different contexts and situations (context-based grouping of related contributions based upon contribution properties and their metadata). This will be needed because many end-users of the systems may be laypeople (e.g. history teachers) who will not be able (or do not want to) perform sophisticated queries on the database and may want to be easily provided with material on certain situations.
- *a publication / selection module*, which provides contextualized multimedia materials to the end-users' front end(s).

- *d. Application layer.*

This layer contains the application that present the database's content to end-users like citizens, teachers, or urban planners. Initially, this shall contain a visualization component with different filters (e.g., based upon disaster types or situations), as well as a download functionality to provide multimedia materials to end-users for their further use. Future extensions to third party applications shall be possible. Please note that the application may also be used to access hardware resources in the data acquisition layer (if run on the data acquisition device).

2.2.2 User interfaces

Technology acceptance models [Davis 1985] indicate that ease of use is a key factor influencing the adoption of an IT system. It is therefore essential to make it very easy for the system's users to contribute input on disasters, and to access information on disasters. Figure-2 provides an initial interaction design idea for the desktop version of the site for collecting input on disasters from citizens. Besides information on the contributor, it provides the opportunity to upload audio and video files, photos, and to post written disaster reports. Meta data are collected by selecting the relevant incident type(s), as well as location information and information on the date to which the new contribution refers. Some help functionalities are also provided so that users may contact a moderator if they experience problems with the website. One possible approach to implement quality assurance would be to introduce peer-to-peer reviewing, where other users who experienced the same situation / context are asked to review new contributions. This may be implemented in addition to a reviewing tool for moderators / administrators, who should also be able to assess contributions (and eventually reclassify or delete them).

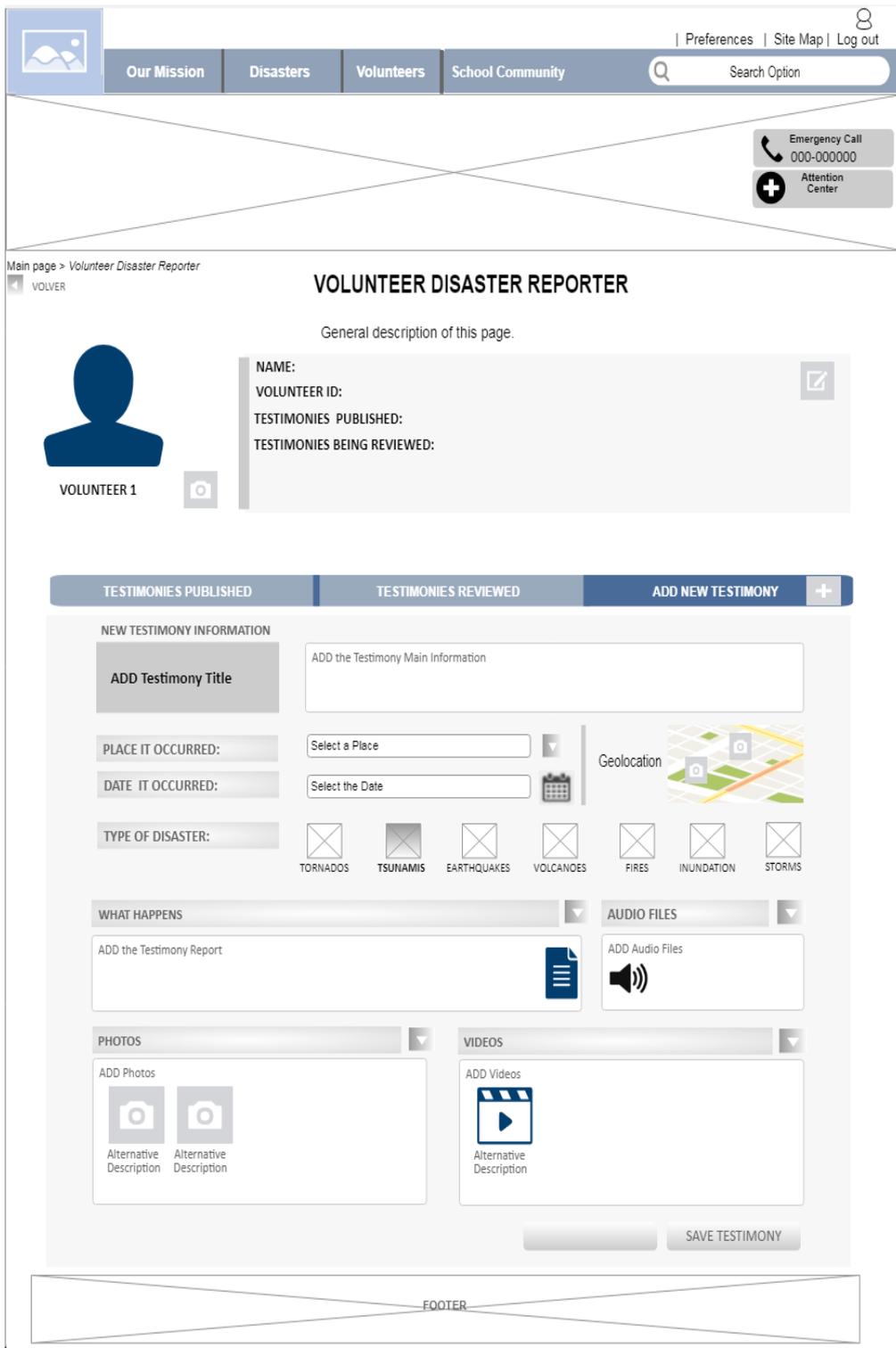


Figure 2: Wireframe of the site for collecting input from citizens

Similarly, user experience for end-users of the system such as risk communicators, teachers, or urban planners shall be smooth. One feature of the proposed system is to arrange contents related to specific contexts / situations. This could be specific disasters, as displayed in Figure 3.

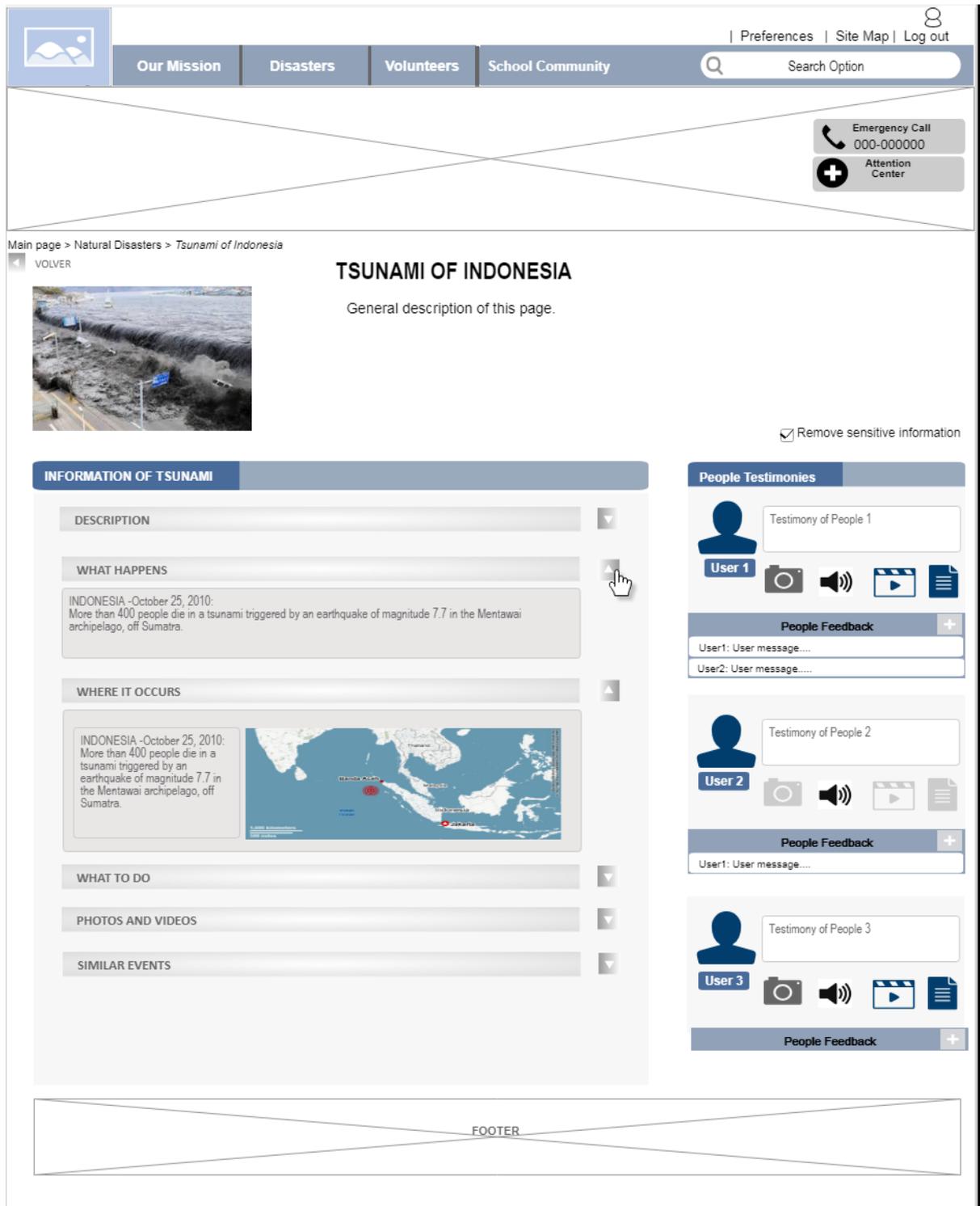


Figure 3: Situation-based view providing materials related to a defined incident

Additional screens to be included in the application shall be a map-based view, as well as a site to query the data base content in line with customized search parameters.

3 Conclusion and Outlook

This paper provides an initial idea how qualitative information and multimedia materials on historic disasters may be collected using a citizen science approach and an IT tool, and how this material may be made accessible to stakeholders such as risk communicators or urban planners. Please note that at the current state, the presented solutions display the authors' own initial ideas, and have not yet been discussed in depth with possible end users. Once a detailed requirement analysis has been completed, the proposed approach will need to be adapted, detailed, and refined.

4 References

- American Society of Landscape Architects (2016). *The Copenhagen Cloudburst Formula: A Strategic Process for Planning and Designing Blue-Green Interventions*. <https://www.asla.org/2016awards/171784.html> (accessed June 4th, 2018)
- Center for Research on the Epidemiology of Disasters (2018): *EM-DAT – The International Disaster Data Base*. <http://www.emdat.be/> (accessed March 23rd, 2018).
- Cremer E., DeCicco A., McCann C., Rivas A. (2013) Managing climate change - Sjællandsgade as a Green Corridor, Worcester Polytechnic Institute, Worcester, MA https://web.wpi.edu/Pubs/E-project/Available/E-project-050613-135037/unrestricted/eCDR_Managing_Climate_Change.pdf (accessed June 3rd, 2018)
- Dahlstrom. M. F. (2014): *Using narratives and storytelling to communicate science with nonexpert audiences*. In: Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 111(4), 13614-13620.
- Davis, Fred D. (1985) *A technology acceptance model for empirically testing new end-user information systems: Theory and results*. Cambridge: Massachusetts Institute of Technology, 1985.
- Gao, H.; Barbier, G.; Goolsby, R. (2011): *Harnessing the Crowdsourcing Power of Social Media for Disaster Relief*. In: IEEE Intelligent Systems 26(3), 10-14.
- Jannsen, E.; van Osch, L.; de Vries, H.; Lechner, L. (2013): *The influence of narrative risk communication on feelings of cancer risks*. In: Health Psychology 18(3), 407-419.
- Jarosz E., Gierczyk M. (2016) *Photovoice in social research and activities*, Pedagogika Społeczna 60, 167 – 181.
- Jeziarska K. (2015) Dialog obywatelski w Szwecji, http://partycypacjaobywatelska.pl/wp-content/uploads/2015/09/2d_dialog_obywatelski_szwecja_raport_z_desk_research2.pdf (accessed June 3rd, 2018).
- Lernort Technik und Natur (2017). Themenkatalog. https://www.lernort-whv.de/fileadmin/Dokumente/Themenkatalog_2017.pdf (accessed June 4th, 2018).
- Mee, K.; Duncan, M.J. (2015): *Increasing resilience to natural hazards through crowdsourcing in St. Vincent and the Grenadines*. Nottingham: British Geological Survey.
- Mucha, H. (2017). *In Nature's grasp – the snow catastrophe in February 1979 in Friesland and Wilhelmshaven: Production and Conceptual Design of a Radio Feature* (in German). Bachelor Thesis, Wilhelmshaven: Jade University of Applied Sciences.
- Restrepo, S. (2016). *¿Por Qué Desbordan los Ríos?*, Catalejo 9, 10-11.

Ricketts, M.; Shanteau, J.; McSpadden, B.; Fernandez-Medina, K.M. (2010): *Using stories to battle unintentional injuries – Narratives in safety and health communication*. In: *Social Science & Medicine* 70(9), 1441-1449.

Siemiński W. (2007). *Goals and principles of social participation in spatial planning*, *Człowiek i Środowisko* 31, 37-59.

Sobiesiak-Penszko P. (2013) (Ed.). *Prawo a partycypacja publiczna pod redakcją*, Instytut Spraw Publicznych, Warszawa.

**Beitrag P: Ulrich Meissen, Stefan Pfennigschmidt, Markus Hardt,
Daniel Faust, Frank Fuchs-Kittowski**

Eine Mikroservice-basierte Referenzarchitektur für interoperable, flexible und robuste Warnsysteme

A Microservice Based Reference Architecture for Interoperable, Flexible and Robust Warning Systems

Ulrich Meissen¹², Stefan Pfennigschmidt¹, Markus Hardt¹, Daniel Faust¹, Frank
Fuchs-Kittowski¹²

¹*Fraunhofer FOKUS, {ulrich.meissen, stefan.pfennigschmidt, markus.hardt, daniel.faust,
frank.fuchs-kittowski}@fokus.fraunhofer.de*

²*HTW Berlin, {ulrich.meissen, frank.fuchs-kittowski}@htw-berlin.de*

Abstract

Currently, in environmental systems, and disaster management in particular, we are witnessing a general shift from isolated monolithic implementations to highly robust and functionally distributed information processing in a systems of systems approach. Warning systems can serve as a representative example of a class of applications where these new requirements can be observed. Currently, warning systems are primarily specific developments with a generally similar but custom-made and often monolithic architecture. In order to meet the new challenges, appropriate reference architectures for these types of system classes are required to prevent a complete reimplementations of each new system. This paper presents a reference architecture for warning systems developed and tested in the basis of the KATWARN warning systems. The approach has been tested in a wide range of applications, ranging from mass application of a public warning system with approximately 4 million users in Germany and Austria to local target group-specific warning systems for critical infrastructures and large chemical plants. Based on the principles of event-based and asynchronous architecture paradigms, the implementation is described in a Microservice-based reference architecture. The architecture shows how challenging requirements in regards to performance, robustness and scalability can be met in such distributed process environments.

Zusammenfassung

Derzeit erleben wir in Umweltsystemen und insbesondere im Katastrophenmanagement einen generellen Wandel von isolierten monolithischen Implementierungen hin zu hochgradig robuster, verteilter Funktionalität und Informationsverarbeitungsketten in einem „Systems of Systems“-Ansatz. Warnsysteme können als repräsentatives Beispiel für eine Klasse von Anwendungen dienen, in denen diese neuen Anforderungen beobachtet werden können. Derzeit sind Warnsysteme hauptsächlich spezifische Entwicklungen mit einer im Allgemeinen ähnlichen, aber einzelangefertigten und oft monolithischen Architektur. Um den neuen Herausforderungen gerecht zu werden, sind entsprechende Referenzarchitekturen für diese Art von Systemklassen notwendig, um eine komplette Neukonzeption bei jeder neuen Implementierung zu verhindern. Dieser Beitrag stellt eine Referenzarchitektur für Warnsysteme vor, die auf der Grundlage mehrjähriger Forschung entwickelt und in den KATWARN-Warnsystemen getestet wurde. Der Ansatz wurde in einem breiten Anwendungsfeld getestet, von der Massenanwendung eines Bevölkerungswarnsystems mit ca. 4 Millionen Nutzern in Deutschland und Österreich bis hin zu lokalen zielgruppenspezifischen Warnsystemen für kritische Infrastrukturen und große Chemieanlagen. Basierend auf den Grundlagen von ereignisbasierten und asynchronen Architekturparadigmen wird die Implementierung in einer Mikroservice-basierten Referenzarchitektur beschrieben. Die Architektur zeigt, wie damit hohe Anforderungen an Performanz, Robustheit und Skalierbarkeit in verteilten Prozessumgebungen erfüllt werden.

1 Einleitung

Mit der stark wachsenden Verfügbarkeit von (Echtzeit-)Sensordaten und der nahezu ubiquitären Verbreitung von mobilen Geräten wurden im Bereich Monitoring und Dissemination im vergangenen Jahrzehnt die entscheidenden Voraussetzungen für die Realisierung effektiver Warnsysteme für verschiedenste Einsatzbereiche und Zielgruppen geschaffen [Meissen 2012]. Diese reichen von generellen Bevölkerungswarnsystemen vor Naturgefahren wie Wetter-, Hochwasser und Katastrophenwarnungen für die Bevölkerung bis hin zu lokalen industriellen Anwendungen wie Chemieunfallwarnungen auf Werksgeländen.

Mit diesem breiten Einsatzspektrum und neuen technischen Anbindungsmöglichkeiten im Bereich Internet of Things (IoT) steigen sowohl die funktionalen aber auch insbesondere die nicht-funktionalen Anforderungen an die technische Realisierung derartiger Warnsysteme. Im funktionalen Bereich sind dies beispielsweise die situative

sowie zielgruppenspezifische Anpassung von Warnnachrichten und Verhaltenshinweisen oder die Erweiterung durch Crowdsensing-Elemente wie Tasking- und Rückmeldungsfunktionen [Meissen et al. 2017]. Im Bereich der nicht-funktionalen Anforderungen sind dies vornehmlich Robustheit, Performance und Skalierbarkeit (z.B. für Bevölkerungswarnsysteme mit Millionen von Nutzern) aber auch immer mehr Interoperabilität, Integrationsfähigkeit sowie funktionale Flexibilität in Richtung einer zunehmenden Einbettungs- und Vernetzungsnotwendigkeit mit verschiedensten Infrastrukturen und Systemen der Gefahrenabwehr.

Im letzten Jahrzehnt wurden zahlreiche Warnsysteme als Einzelentwicklungen mit verschiedensten Architekturen immer wieder neu entwickelt, da es derzeit keine praktisch anwendbaren Referenzarchitekturen für diese Klasse von IT-Systemen gibt. Erfahrungsgemäß führt dies nicht nur zu einem höheren Entwicklungsaufwand, sondern zu – in diesem kritischen Anwendungsfeld besonders problematischen – Defiziten im Bereich der nicht-funktionalen Qualitätseigenschaften wie Performance, Robustheit und Skalierbarkeit, die in der Regel nur durch aufwendige Re-Engineering-Maßnahmen behoben werden können. Zusätzlich zeigen bisherige Systeme mit einem speziellen Einsatzzweck Defizite im Bereich der Interoperabilität und funktionalen Flexibilität, die zunehmend an Bedeutung gewinnen.

Der vorliegende Beitrag stellt eine Referenzarchitektur vor, die auf Basis langjähriger Forschungsarbeiten entwickelt und in dem Warnsystem KATWARN [CombiRisk 2018] in verschiedensten Einsatzkontexten von der Massenwendung eines Bevölkerungswarnsystem mit über 4 Millionen Nutzern in Deutschland und Österreich bis hin zu lokalen zielgruppenspezifischen Warnsystemen für kritische Infrastrukturen und Chemiebetriebe erprobt wurde. Ausgehend von den Grundlagen event-basierter und asynchroner Architekturparadigmen wird deren Umsetzung in einer Mikroservice-basierten Referenzarchitektur beschrieben. Anhand der Architektur wird aufgezeigt, wie damit hohe Performance-, Robustheits- und Skalierbarkeitsanforderungen erfüllt werden können. Zusätzlich beschreiben wir die zentralen Interoperabilitäts- und Erweiterbarkeitseigenschaften durch einfache Service-Verkettungs- und Topologie-Anpassungsmaßnahmen, durch die beispielsweise eine einfache Realisierung einer funktionalen Erweiterung zu einem Crowdsensing- und Helfersystem ermöglicht wird.

Der Beitrag ist wie folgt aufgebaut: In Kapitel 2 werden bisherige Ansätze im Bereich der Architekturen von Warnsystemen beschrieben. Darauf folgend werden in Kapitel 3 auf Basis von einer Klassifikation von Anwendungsszenarien für Warnsysteme die Kriterien im Bereich der nicht-funktionalen Anforderungen aufgestellt, die eine Referenzarchitektur für Warnsysteme erfüllen sollte. In Kapitel 4 wird die grundlegende Referenzarchitektur und deren praktische Umsetzungen in den Systemen KATWARN und KATRETTTER beschrieben. Darauf aufbauend erfolgt in Kapitel 5 eine Evaluierung anhand der in Kapitel 3 aufgestellten Kriterien. Abschließend werden in Kapitel 6 die Ergebnisse zusammengefasst und künftige Nutzungspotentiale der Referenzarchitektur aufgezeigt.

2 Existierende Ansätze für Warnsystemarchitekturen

Das hier betrachtete Anwendungsfeld ist ein Teilgebiet von Frühwarnsystemen. Vereinfachend umfassen die funktionalen Komponenten einer vollständigen Frühwarnsystemimplementierung Monitoring, Entscheidungsunterstützung (d. H. Gefahrenerkennung, Risikobewertung) und reine Warnsysteme. Die Ziele eines Monitoring-Systems sind die laufende Überwachung gegebener Indikatoren durch Messungen (üblicherweise durch physikalische Sensoren, virtuelle Sensoren oder Sensorsysteme) bzw. Schätzungen in einer gegebenen Frequenz, um die gewonnenen Daten bereitzustellen. Ziel des Gefahrenerkennungssystems ist es, Gefährdungsgefahren zu erkennen und die daraus resultierenden Gefahrensituationen abzuschätzen, die beide auf der Analyse verfügbarer Beobachtungsinformationen beruhen. Ziel eines Risikobewertungssystems ist es, Risiken im Zusammenhang mit einer bestimmten Gefährdungslage zu bewerten. Schließlich ist das eigentliche Warnsystem für die Generierung von gezielten Warnungen aus den erkannten Gefahren- und Risikoinformationen sowie für deren effiziente Verbreitung verantwortlich.

Im Folgenden konzentrieren wir uns auf die Gruppe der Warnsysteme, die auch als Alarmierungssysteme bezeichnet werden. Wir sollten jedoch den allgemeinen Kontext von Frühwarnsystemen berücksichtigen, da Warn- oder Alarmierungssysteme immer Teil des gesamten Frühwarnsystems sind. Dies wird insbesondere wichtig, wenn wir die nicht-funktionalen Anforderungen wie Interoperabilität oder Flexibilität diskutieren. Zum Beispiel muss in einem Frühwarnsystem für mehrere Gefahrenarten (multi-

hazard) ein Warnsystem an mehrere Überwachungs-, Gefahrenerkennungs- und Risikobewertungssysteme anschließbar sein.

Mit den Möglichkeiten neuerer Informationstechnologien und -infrastrukturen hinsichtlich Sensorik, Rechenleistung, durchgängiger Vernetzung sowie Informationsverbreitung erleben wir seit den frühen 2000er Jahren eine Entwicklung von neuen Frühwarnsystemen vor allem im Bereich von Naturgefahren wie Extremwetter, Erdbeben oder Tsunamis. Ein erster Versuch, die Architektur von EWS allgemein zu strukturieren und wiederverwendbare Komponenten bereitzustellen, wurde im Rahmen des Projekts ASGARD zwischen 2002 und 2004 von der Joint Research Center durchgeführt [Jacobson 2004]. Mit der Einführung des Common Alerting Protocol (CAP) im Jahr 2006 [Botterell 2006] wurde ein wichtiger Meilenstein in Bezug auf die notwendige Interoperabilität für Warnsysteme erreicht. Im folgenden Jahrzehnt wurde CAP zur "lingua franca" für den Austausch von Warnungen zwischen und sogar innerhalb von Warnsystemen. In Bezug auf Standardisierung, Best Practices und Referenzarchitekturen gibt es einige Arbeiten, beispielsweise auf dem Gebiet der Sensordatenverarbeitung [Botts et al. 2008], der Entscheidungsunterstützung [Balis et al. 2011, Babitski et al. 2011] sowie der Warnung und Alarmierung. Für allgemeine Warnsysteme wurde in [Meissen & Voisard 2010] ein Vorschlag für eine Referenzarchitektur vorgestellt.

Wie jedoch in einer Analyse von bestehenden Frühwarnsysteme [Moßgraber 2017] gezeigt wurde, handelt es sich bei den derzeitigen Implementierung hauptsächlich um spezifische Entwicklungen mit einer im Allgemeinen ähnlichen, aber spezifisch entwickelten Architektur. Trotz der bestehenden vorgeschlagenen Referenzarchitekturen für Frühwarnsysteme scheint der Einfluss solcher Ansätze auf aktuelle Implementierungen eher begrenzt zu sein. Nach derzeitigem Kenntnisstand, hat keiner der in der Literatur vorgestellten Ansätze ihre Tauglichkeit über einen Prototyp oder Pilot hinaus in einer realen Massen Anwendung bewiesen.

Eine der Ursachen ist sicherlich, dass die bestehenden Referenzarchitekturvorschläge zwar eine durchdachte funktionale Trennung und Komponentendefinition vorsahen, aber weniger Aspekte der Implementierungs- und Betriebsebene berücksichtigten. Auch wenn eine Referenzarchitektur weitgehend umsetzungsunabhängig sein sollte, ist es in der Praxis entscheidend, dass Aspekte der Implementierung berücksichtigt

werden. Insbesondere bei der Kombination neuer architektonischer Paradigmen, wie etwa Mikroservices, haben diese Aspekte einen starken Einfluss auf die Ausarbeitung einer effektiven und tatsächlich nutzbaren Referenzarchitektur mit signifikanten Vorteilen im Hinblick auf nicht-funktionale Anforderungen.

In unseren Forschungsarbeiten, die mit Referenzarchitekturen auf Basis klassischer, datenbankzentrierter, schichten- und serviceorientierter Architekturen begannen, mussten wir feststellen, dass derartige Ansätze ihre Grenzen nicht so sehr in funktionalen, sondern vor allem in nicht-funktionalen Anforderungen haben, insbesondere wenn es zu Leistungs- und Skalierbarkeitsanforderungen in Massenanwendungen kommt (z. B. zeitkritische Warnungen für mehr als 1 Mill. Benutzer). Daher haben wir in den letzten fünf Jahren unsere bestehende Referenzarchitektur für die Warnsysteme WIND [Meissen et al. 2013], SAFE [Klafft et al. 2009] und KATWARN grundsätzlich überarbeitet und in neuen Versionen dieser Systeme implementiert. Die neue Referenzarchitektur und die Ergebnisse der praktischen Evaluierung für verschiedene Anwendungskontexte werden in dieser Arbeit vorgestellt.

3 Nicht-funktionale Anforderungen

Wie in Kapitel 2 dargestellt, zielt unsere Referenzarchitektur auf die nicht-funktionalen Aspekte eines Warnsystems ab. Um unseren Ansatz zu bewerten, definieren wir eine Reihe von nicht-funktionalen Anforderungen die im Anwendungskontext Frühwarnsysteme von besonderer Bedeutung sind. Dabei teilen wir die nicht-funktionalen Anforderungen in den folgenden drei Kategorien auf:

- (1) Funktionsqualitäten,
- (2) Betriebsqualitäten und
- (3) Entwicklungsqualitäten.

Tabelle 1 gibt einen Überblick über die berücksichtigten Anforderungskriterien:

Kategorie	Anforderung
Funktionsqualitäten	Compliance
	Fehlertoleranz
	Testbarkeit
	Rückverfolgbarkeit
Betriebsqualitäten	Leistung
	Verfügbarkeit
	Zuverlässigkeit
	Robustheit
	Sicherheit
Entwicklungsqualitäten	Portabilität
	Modifizierbarkeit
	Interoperabilität
	Skalierbarkeit

Tabelle 1: Kategorisierung nicht-funktionaler Anforderungen für Warnsysteme
[Meissen 2012]

Unter den funktionalen Qualitäten listen wir die Qualitätsparameter der vom System bereitgestellten Funktionen auf. Ein entscheidender Faktor ist die Kritikalität des Systems. Warnsysteme sind im Allgemeinen kritische Systeme. Ihre Funktion muss von höchster Qualität sein, da jede Störung ernsthafte Auswirkungen auf das langfristige Vertrauen der Betroffenen haben kann (z.B. wenn ein Fehlalarm ausgelöst wird bzw. im Katastrophenfall keine Warnung erfolgt). Diese Kritikalität gilt besonders für Bevölkerungswarnsysteme. In diesem Zusammenhang sind die wichtigsten nicht-funktionalen Anforderungen im Bereich der Funktionsqualitäten, Compliance, Fehlertoleranz, Testbarkeit und Rückverfolgbarkeit.

Unter den Betriebsqualitäten beschreiben wir die für den Betrieb des Systems relevanten Eigenschaften. Im Kontext von Frühwarnsystemen und deren Kritikalität sind wiederum die wichtigsten nicht-funktionalen Anforderungen an die Betriebsqualitäten Leistung, Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, Robustheit und Sicherheit.

Unter den Entwicklungs- oder Evolutionsqualitäten beschreiben wir die Eigenschaften des Systems für die langfristige Anpassung an sich ändernde Anforderungen. Ausschlaggebend sind die Heterogenität der Anwendungsszenarien, die erwartete Dynamik der Anforderungen und die postulierte Kosteneffizienz. Frühwarnsysteme arbeiten im Allgemeinen in dynamischen Umgebungen, in denen sich Erkennungs-,

Vorhersage- und Warntechnologien sowie Reaktionsstrategien im Laufe der Zeit ändern können. Ein wichtiger Aspekt ist, dass Frühwarnsysteme in der Regel für einen langfristigen Betrieb geplant sind, da die mit dem System adressierten Gefahren oft eine permanente Bedrohung darstellen. Daraus folgen die hohen Anforderungen, die an die langfristige Entwicklungsqualität von Frühwarnsystemen gestellt werden. Die relevanten nicht-funktionalen Anforderungen in dieser Kategorie sind Portabilität, Modifizierbarkeit, Interoperabilität und Skalierbarkeit.

In dieser Arbeit konzentrieren wir uns auf die nicht-funktionale Anforderungspaare, die bei der Entwicklung effizienter Warnsysteme für die Praxis entscheidend sind. Diese sind Leistung/Skalierbarkeit, Zuverlässigkeit/Fehlertoleranz, Portabilität/ Modifizierbarkeit und Rückverfolgbarkeit/Testbarkeit.

4 Architektur und Implementierung

In diesem Kapitel beschreiben wir eine ereignis- und k-basierte Architektur für Warnsysteme. Der ereignisgesteuerte Ansatz bedeutet vereinfacht, dass die Interaktion zwischen Komponenten in dem System ausschließlich oder hauptsächlich durch interne oder externe Ereignisse ausgelöst wird und die Architektur darauf optimiert wird. Ein Frühwarnsystem kann allgemein als ein System charakterisiert werden, das durch externe Ereignisse (z.B. neue Beobachtungen) ausgelöst wird, diese Ereignisse verarbeitet (z.B. Erkennung einer Gefahr in den Daten) und die resultierenden Warnungen als Ereignisse für Nutzer bzw. angeschlossene Systeme weiterleitet. Daher ist es sinnvoll, alle Komponenten auf dem kritischen Pfad eines Frühwarnsystems basierend auf ereignisgesteuerten Prinzipien zu entwerfen. Soweit sind wir konform zur bisherigen Referenzarchitektur, wie sie in [Meissen & Voisard 2010] beschrieben wurde.

Der Hauptunterschied besteht nun im Schritt vom serviceorientierten, datenbankzentrierten und schichtenbasierten Ansatz hin zu einem rein Mikroservice-basierten Ansatz, der auch im Kontext einer ereignisgesteuerten Architektur sinnvoll ist. Auch wenn Mikroservices als eine konsequente Weiterentwicklung oder eine Variante von Service-orientierten Architekturen (SOA) gesehen werden kann, hat eine Ablösung von SOA entscheidende Auswirkungen auf die Architektur. In einer vereinfachten Beschreibung besteht ein Mikroservice-basiertes System aus einer

Anzahl funktionaler kleiner, loser gekoppelter und in sich geschlossener Services, die Implementierungsdetails verbergen und über leichtgewichtige Protokolle über feinspezifizierte Schnittstellen kommunizieren. Die Services sollten normalerweise ihren eigenen Datenspeicher haben und autonom betrieben werden können. Die Hauptaufgabe beim Entwurf von Microservice-basierten Architekturen ist die funktionale Dekomposition und die Schnittstellenspezifikation der einzelnen Mikroservices. Die Vor- und Nachteile dieses Ansatzes im Kontext von Warnsystemen werden in Kapitel 5 diskutiert. Hier konzentrieren wir uns auf die Beschreibung der Architektur, die in Abbildung 1 dargestellt ist.

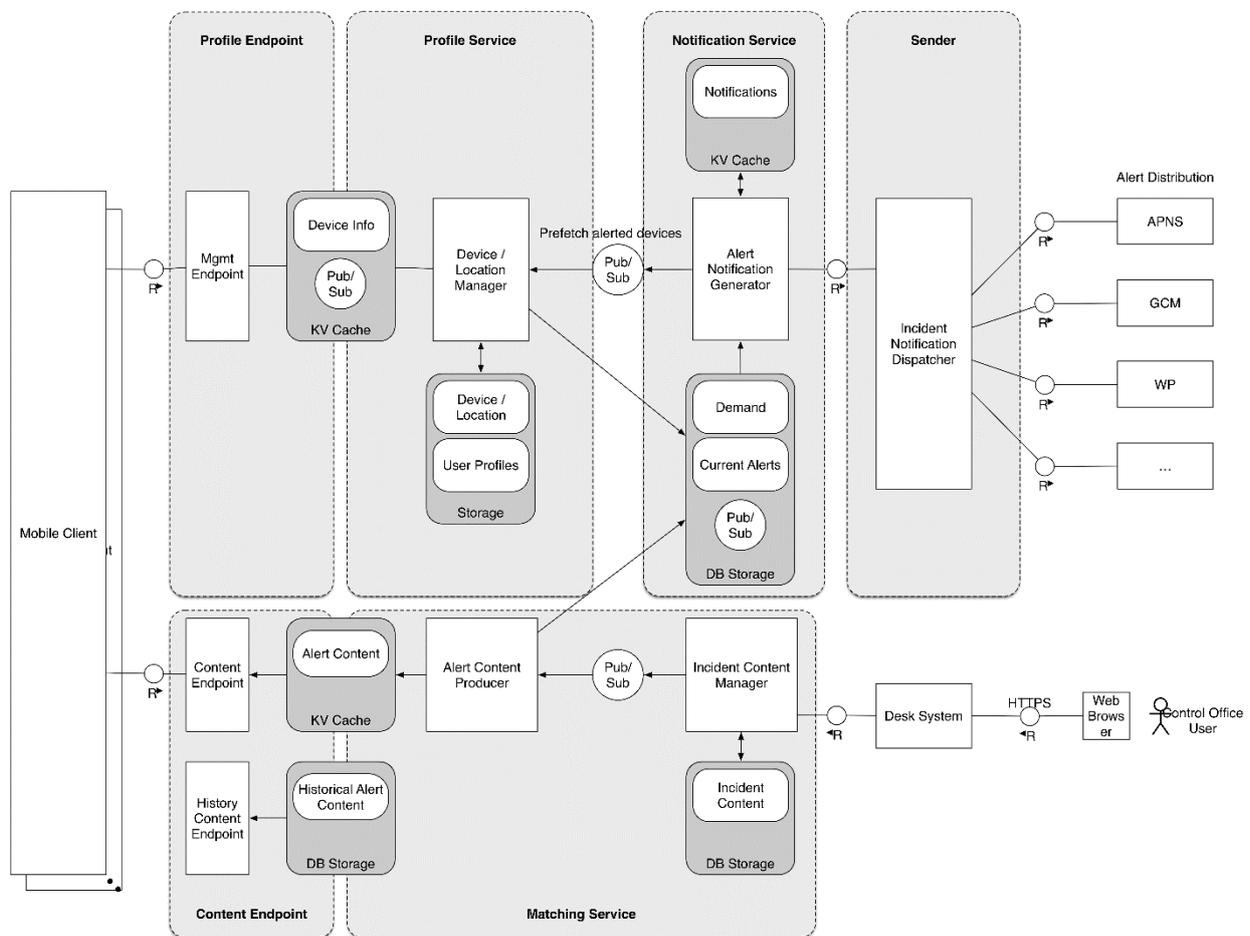


Abbildung 1: Architektur für Warnsysteme

Die Hauptkomponenten der Architektur sind für die folgenden Funktionen verantwortlich:

Verarbeitung von externen Ereignissen über den *Matching Service*: Der *Incident Content Management* ist für die Verwaltung eingehender Ereignisse

verantwortlich. Es nimmt Ereignismeldungen über verschiedene externe Schnittstellen entgegen und speichert diese persistent im *Incident Content Storage*. Basierend auf einem Abgleich des aktuellen Bedarfs und existierenden Warnungen werden neue oder aktualisierte Ereignisse als Vorfälle an den *Alert Notification Generator* und damit an den *Notification Service* weitergeleitet.

Relevante Ereignisse über den *Notification Service* bearbeiten: Der *Alert Notification Generator* ist verantwortlich für das Matching von aktuellen Endnutzerbedarfen, die in Abonements gespeichert werden (z.B. aktuelle Position) und Ereignissen. Der Service hat Zugriff auf den *Demand-/Alert-Storage*, eine spezielle Laufzeitdatenbank, in der die Abonnement- und Ereignisdaten bereits kombiniert wurden. Die Hauptaufgabe des Dienstes besteht dann darin, die Adressen der relevanten Geräte der Endnutzer abzurufen und diese Daten an den *Alert Notification Dispatcher* zu senden. Darüber hinaus verfügt diese Komponente über einen Speicher, in dem der Benachrichtigungsstatus der einzelnen Geräte gespeichert ist. Der *Alert Notification Generator* informiert außerdem andere Services darüber, von welchen Geräten erwartet wird, dass sie demnächst Abfragen senden, bevor die Zustellung der Warnung ausgelöst wird. Dies macht es möglich, das System so optimieren, dass die angeforderte Information über einen Cache vorab zur Verfügung gestellt werden können, was die Leistungsfähigkeit bei Abfragen erheblich erhöht.

Warnmeldungen durch den *Sender* verbreiten (Push): Der *Alert Notification Dispatcher* ist für das Versenden der Benachrichtigungen über verschiedene Kanäle verantwortlich. Er empfängt die vom *Alert Notification Generator* erzeugten Warnungen zusammen mit den entsprechenden Geräteadressen und sendet die Benachrichtigungen.

Warninformationen durch den *Content-Endpoint* abrufen (Pull): Dieser Service bietet eine Schnittstelle, über die Inhalte abgefragt werden können. Dies beinhaltet Abfragen von ausgegebenen Warnungen und relevanten Zusatzinformationen. Die Daten stammen aus dem *Alert Content Cache*. Der *Content-Endpoint* ist auf maximale Skalierbarkeit ausgelegt und verwendet dynamische Lastverteilung. Der *Alert Content Cache* dient als Puffer für den zu liefernden Inhalt (z. B. Zusatztexte und Warnkarten).

Verwalten von persönlichen und gerätespezifischen Informationen über den *Profile-Endpoint* und *Profile Service*: Der *Profile-Endpoint* stellt die Schnittstelle zur

Verfügung, über die der Benutzer Profilinformationen abfragen, hinzufügen oder ändern kann. Ähnlich wie der *Content-Endpoint* verwendet der *Profile-Endpoint* eine dynamische Lastverteilung, um unter anderem mehrere Profilaktualisierungen in kurzer Zeit zu ermöglichen. Der *Profile-Endpoint* ruft Antworten auf Abfragen aus dem *Profile-Info-Cache* ab, der häufig angeforderte Daten sowie zuletzt geänderte Profilinformationen in einem leistungsstarken Schlüssel/Wert-Cache enthält. Der *Device/Location-Manager* ist für die Verwaltung aller profilbezogenen Daten im System verantwortlich. Nutzeranfragen werden an den Manager weitergeleitet, wenn sie nicht direkt vom *Profile-Info-Cache* beantwortet werden können.

Die auf dieser Architektur basierenden Warnsysteme wurden unter Verwendung von serverseitiger JavaScript-Technologie einschließlich über die in dem MEAN-Stack vorgesehenen Technologien wie MongoDB, Express.js, AngularJS, Node.js sowie Redis als Schlüsselwertspeicher implementiert.

5 Evaluierung

Methoden zur Evaluierung von Architekturen stellen schon für sich ein eigenes Forschungsgebiet dar. Nach Kenntnisstand gibt es keine formale Bewertungsmethode für nicht-funktionale Anforderungen auf theoretischer Ebene. Tatsächlich hängt die Bewertungsmethode von den zu betrachtenden Kriterien ab und kann oft nur in einer Kombination von empirischen und logischen Schlussfolgerungen bewertet werden.

In Abschnitt 3 haben wir relevante nicht-funktionale Kriterien zur Bewertung von Warnsystemen vorgestellt. In dieser Arbeit konzentrieren wir uns bei der Evaluierung auf die relevantesten Kriterienpaare, nämlich Leistung/Skalierbarkeit, Zuverlässigkeit/Fehlertoleranz, Portabilität/Modifizierbarkeit und Rückverfolgbarkeit/Testbarkeit. Im Folgenden betrachten wir die Eigenschaften der vorgestellten Architektur einzeln nach diesen Kriterien:

5.1 Leistung und Skalierbarkeit

Ein öffentliches Warnsystem wie KATWARN mit derzeit über 4 Millionen abonnierten Endnutzern und der Anforderung, innerhalb weniger Minuten mehrere hunderttausend Endnutzer individuell alarmieren zu können, ist offensichtlich ein adäquates empirisches Testfeld für die Leistungsfähigkeit und Skalierbarkeit von Warnsystemen. Eine wesentliche Motivation für ein Redesign der bisherigen SOA-basierten, zentralen

datenbankorientierten und schichten-orientierten Architektur von KATWARN waren die Grenzen, die bei mehr als 1 Million Endnutzern erreicht wurden. Aufgrund von effizienten Caching-Mechanismen basierend auf einfachen Schlüssel-Wert-Speichern, der strikten Einhaltung des Prinzips des *Seperation of Concerns* bei der Service-Abgrenzung, der optimierten, flexiblen und verteilbaren Ereignisverarbeitung in einen Mikroservice-basierten Ansatz ist die neue Architektur weit überlegen zu der früheren Architektur in Bezug auf die Leistung (teilweise um den Faktor 12). Selbst wenn alle Optimierungspotentiale der früheren Architektur genutzt worden wären, hätte die durch die Architektur gegebenen strukturellen Einschränkungen kein wesentlich besseres Ergebnis erlaubt. Angesichts der aktuellen KATWARN-Produktionsinfrastruktur von 14 Servern (Intel® Core™ i7-6700 Quad-Core Skylake 32 GB DDR4 RAM, 2 x 250 GB SATA 6 GB / s SSD (RAID 1), 1 GBit / s-Port) kann leicht berechnet werden, was ein beispielweise ein Leistungssteigerungsfaktor von 12 in Bezug auf Hardware und Wartungskosten bedeutet.

Draüberhinaus bietet die neue Architektur viel gezieltere und effizientere Möglichkeiten der Skalierbarkeit. Während die alte, monolithische und auf zentrale Datenbanken orientierte Architektur nur die Möglichkeit bot, über logische Lastverteilung und neue Instanzen des gesamten Warnsystem zu skalieren, kann man sich bei der neuen Architektur die spezifische Skalierung einzelner Services konzentrieren und diese sogar dynamisch durchführen, indem zusätzliche Services zur Laufzeit gestartet werden. Beispielsweise besteht die höchste Verarbeitungslast bei den Services *Sender* und der *Content-Endpoint*. Daher werden diese Services derzeit als 8 identische Instanzen auf einzelnen Hochleistungsservern betrieben, um ausreichend Leistungsspielraum für bis zu 10 Millionen Endnutzer bereitzustellen.

5.2 Zuverlässigkeit und Fehlertoleranz

In diesem Bereich müssen wir zwischen zwei Aspekten unterscheiden: erstens die Fähigkeit, Fehler zu vermeiden, und zweitens die Robustheit des Systems, wenn Fehler auftreten. Bei der Entwicklung kritischer Systeme muss oft ein Kompromiss zwischen beiden Aspekten gefunden werden. Ein Hauptkritikpunkt bei der Verwendung von Mikroservices im Kontext kritischer Systeme ist die lose Kopplung zwischen Services durch hauptsächlich asynchrone Kommunikation, die auch als "Fire and Forget"-Paradigma bezeichnet wird. Eines der wichtigsten Mikroservices-Prinzipien besteht darin, dass der Ausfall eines Services die Reaktion auf oder Auslösung von

Ereignissen in anderen Services nicht blockieren sollte. Wenn ein Service fehlschlägt, kann er leicht (sogar automatisch) neu gestartet werden. Asynchrone Ereignisse von oder zu diesem Service können jedoch in dieser Zeit verloren gehen. Offensichtlich ist ein solches Verhalten hinsichtlich der Robustheit vorteilhaft, erzeugt jedoch einen möglichen Anteil von Funktionsfehlern. (in unserem Fall Warnmeldung, die nicht an die Endbenutzer geliefert wird). Es können jedoch Maßnahmen gegen solche Funktionsfehler in einem Mikroservice-basierten System ergriffen werden, entweder durch Einführung von Zuständen in den Services (was gegen das allgemeine Prinzip von Mikroservices verstoßen würde, die im Allgemeinen zustandslos sein sollten) oder durch Verwendung von Transaction-Caches zwischen kritischen Services.

Der große Vorteil unserer neuen Architektur ist hier die erhöhte Robustheit, insbesondere im Kontext einer Massenanwendungen. Während die alte Architektur eine teure, vollständige Systemredundanz erforderte, z. B. falls eine Software- oder Hardwarekomponente ausfällt, weist die neue Architektur selbst dann eine hohe Robustheit auf, wenn ein kompletter Server ausgefallen ist, da identische Services auf anderen Servern sofort für den fehlgeschlagenen Service einspringen können. Unsere Messungen zeigen, dass dabei die Kosten von Funktionsfehlern relativ gering sind (unter 0,00003% der möglicherweise nicht ausgelieferten Einzelwarnungen).

5.3 Portabilität und Modifizierbarkeit

Wie in vielen anderen Bereichen beobachten wir im Katastrophenmanagement einen generellen Wandel von isolierten monolithischen Implementierungen hin zu vernetzten Aufgaben und Prozessen in einem "*Systems of Systems*"-Ansatz. Dies erhöht nicht nur die Anforderungen an die Interoperabilität, sondern auch die funktionale Anpassungsfähigkeit von Systemen. Darüber hinaus sollten die Systeme für verschiedene Aufgaben, die sich im Katastrophenmanagement entwickeln, immer flexibler und erweiterbarer werden. In [Meissen et al. 2017] haben wir bereits die funktionelle Flexibilität der Architektur gezeigt, in der das Warnsystem KATWARN durch Integration von Crowd-Sensing-Elementen zu einem Helfersystem erweitert wird. In dieser Arbeit zeigen wir die Flexibilität der Architektur, in dem eine neue Funktionalität bereitgestellt werden kann, indem nur die Topologie der Architektur in einer verteilten Verarbeitungsinfrastruktur geändert wird:

Im Jahr 2017 wurde KATWARN als nationales Bevölkerungswarnsystem für Österreich eingeführt. Eine wesentliche Herausforderung für die Implementierung war die Bereitstellung einer unabhängigen Warnsystem-Infrastruktur für Österreich und gleichzeitig eine "Roaming" -Funktionalität zwischen dem deutschen und dem österreichischen System (d.h. ein deutscher Nutzer erhält Warnungen in Österreich und umgekehrt, ohne sich eine neu App laden zu müssen). Die Abbildungen 3 und 4 zeigen die topologische Änderung der Architektur mit der die Anforderung ohne Änderungen der Services realisiert werden konnte.

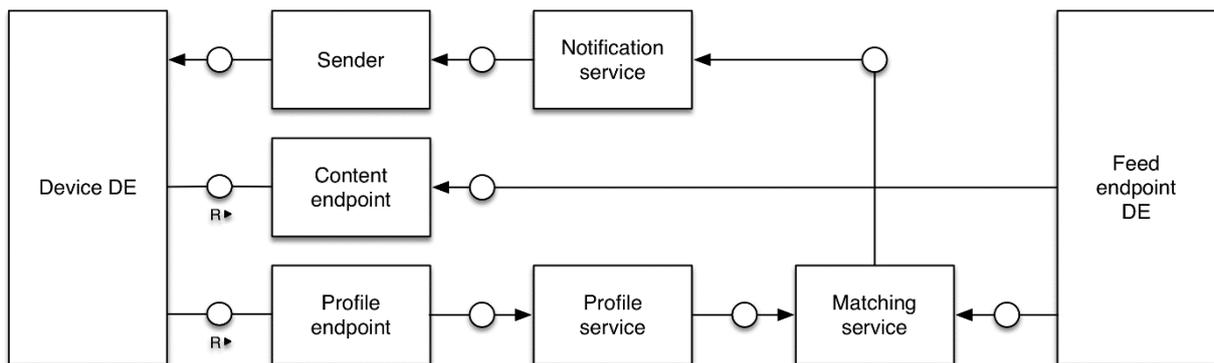


Abbildung 3: Vereinfachte Architektur des deutschen KATWARN-Systems

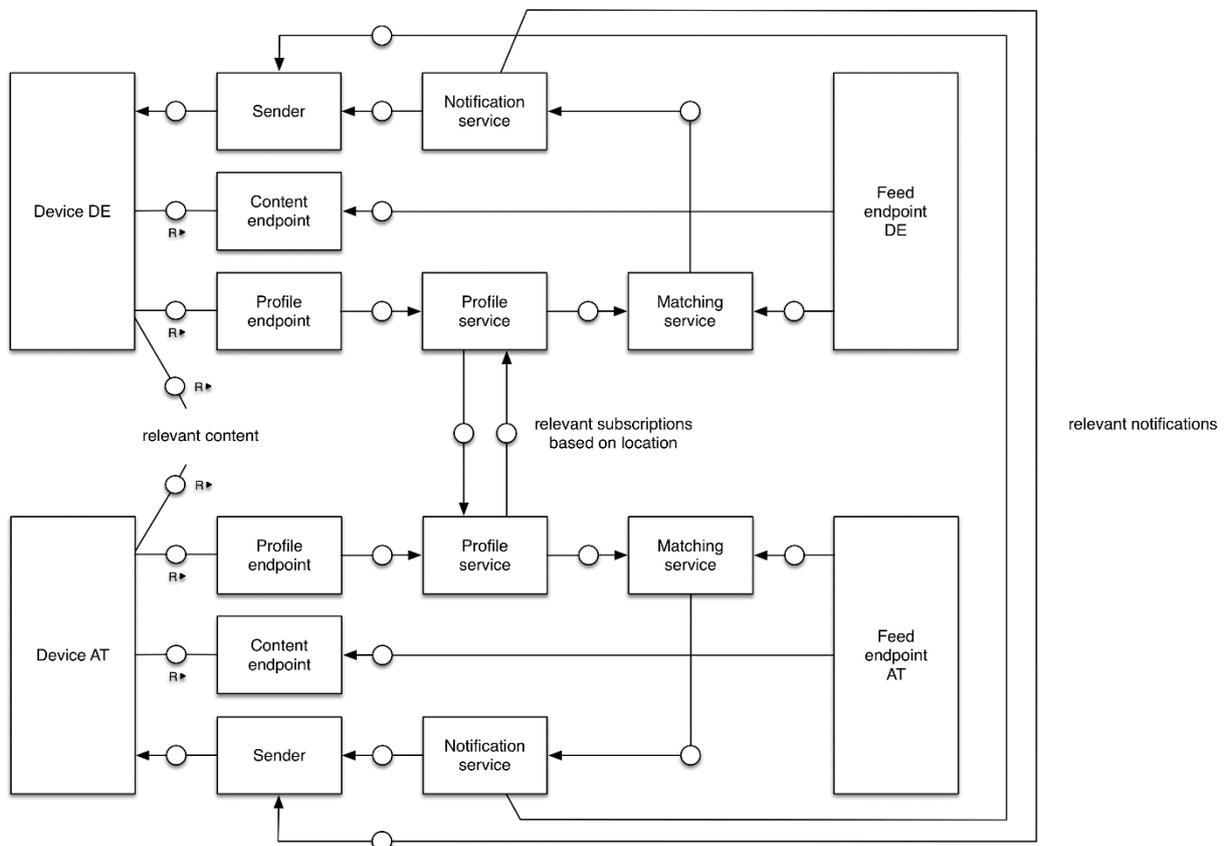


Abbildung 4: Architektur des Warnsystem für Deutschland und Österreich

In Abbildung 3 sehen wir eine vereinfachte Ansicht der Architektur des bisherigen Warnsystems für Deutschland. In Abbildung 4 sehen wir die implementierte Lösung für Österreich und Deutschland. Es werden nicht vorhergesehene Anforderungen erfüllt, indem lediglich relevante Dienste für die Roamingfunktionalität miteinander verbunden werden, ohne Schnittstellen zu ändern, Services hinzuzufügen oder den Code zu ändern.

Selbst wenn dieser Fall eher eine ideale Ausnahme darstellt, unterstreicht er doch stark die grundsätzlichen Qualitäten dieser Architektur in Bezug auf Portabilität und Modifizierbarkeit. In einem weiteren Schritt zielen wir auf eine Lösung ab, bei der österreichische und deutsche Services als Backup für Ausfälle in den Infrastrukturen eines Systems dienen können, wiederum allein durch Änderung der Topologie der Architektur.

5.4 Rückverfolgbarkeit und Testbarkeit

Einer der Hauptnachteile des neuen Architekturparadigmas ist die kompliziertere Rückverfolgbarkeit und Testbarkeit. Während das Verhalten eines einzelnen Services noch leicht verfolgt und getestet werden kann, ist das Verhalten der gesamten Service-Choreographie in dem integrierten System aufgrund der größeren Anzahl, der losen Kopplung und des asynchronen Verhaltens der Service viel komplexer als beispielsweise in SOA. Das mögliche Hinzufügen gemeinsamer Transaktions-IDs für alle Dienste ist schwierig zu implementieren, würde die Kommunikation unnötig erhöhen und den Grundsatz der Unabhängigkeit der Dienste verletzen. Dies führt zu einem allgemeinen Problem der Verwaltung großer komplexer Mikroservice-basierter Architekturen. Aufgrund des relativ neuen Ansatzes sind für diese Probleme nach unserer Kenntnis noch keine geeigneten Management-Werkzeuge entwickelt worden.

6 Zusammenfassung

In dieser Arbeit haben wir eine neue Referenzarchitektur für Warnsysteme basierend auf ereignisgesteuerten und Mikroservice-orientierten Paradigmen vorgestellt. Die Machbarkeit und die Vorteile des Ansatzes wurden anhand zentraler nicht-funktionaler Anforderungen aufgezeigt, die durch die aktuellen Implementierungen der KATWARN-Warnsysteme praktisch getestet wurden. Der Ansatz hat seine Hauptvorteile in Bezug auf Leistung/Skalierbarkeit, Zuverlässigkeit/Fehlertoleranz und

Portabilität/Modifizierbarkeit gegenüber klassischen SOA-Architekturen. Wir haben jedoch auch Schwachstellen in Bezug auf Rückverfolgbarkeit/Testbarkeit entdeckt, die mit einem allgemeinen Problem der Planung, Verwaltung und Steuerung großer und komplexer Mikroservice-basierter Systeme einhergehen. Es ist jedoch sehr wahrscheinlich, dass diese Probleme durch die Entwicklung neuer Tools im Rahmen immer breiteren Einsatzes von Mikroservice-basierter Systemen behoben werden.

7 Literaturverzeichnis

- Babitski, G.; Bergweiler S.; Grebner O.; Oberle D.; Paulheim, H.; Probst F. (2011): *SoKNOS—using semantic technologies in disaster management software*. In Extended Semantic Web Conference (pp. 183-197). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Balis, B.; Kasztelnik M.; Bubak, M.; Bartynski T.; Gubała T.; Nowakowski P. and Broekhuijsen J. (2011): *The UrbanFlood Common Information Space for Early Warning Systems*. In *Procedia Computer Science*, Vol. 4, pp. 96-105, ISSN 1877-0509.
- Botterell, A. (2006): *The Common Alerting Protocol: an open standard for alerting, warning and notification*. In Proceedings of the 3rd International ISCRAM Conference, pp. 497-503, Newark, NJ, USA.
- Botts, M.; Percivall G.; Reed C.; Davidson J. (2008): OGC (R) *Sensor web enablement: Overview and high level architecture*. In *Lecture Notes In Computer Science 4540*, pp. 175–190.
- CombiRisk GmbH (2018): *KATWARN-Website*, <http://www.katwarn.de> (aufgerufen am 5.5.2018).
- Jacobson, M. (2004:) *Asgard System Description*. Directorate-General, Joint Research Centre (JRC), European Commission.
- Klafft M.; Krüntzer T.; Meissen U.; Voisard, A. (2009): *Early warning systems in practice: Performance of the SAFE system in the field*. In Proceedings of the 17th ACM SIGSPATIAL International Conference on Advances in Geographic Information Systems, pp. 436-439.
- Moßgraber, J. (2017): *Ein Rahmenwerk für die Architektur von Frühwarnsystemen*, In *Karlsruher Schriften zur Anthropomatik*, Band 29, ISBN 978-3—7315-0638-6.
- Meissen, U. (2012): *Targeted Alerting in Early Warning Systems*, Freie Universität Berlin.
- Meissen, U.; Fuchs-Kittowski, F.; Jendreck, M.; Pfennigschmidt, S.; Hardt, M.; Voisard, A. (2017): *A general system architecture and design for the coordination of volunteers for agile disaster response*. In: Proc. of the 14th International Conference on Information Systems for Crisis Response And Management (ISCRAM2017), pp. 890-900, ISCRAM.org, Albi, Frankreich, ISSN 2411-3387.
- Meissen U.; Voisard A. (2010): *Towards a Reference Architecture for Early Warning Systems*. In Proceedings of International Conference on Intelligent Networking and Col-laborative Systems, IEEE, DOI: 10.1109/INCOS.2010.81.
- Meissen, U.; Faust D.; Fuchs-Kittowski F. (2013): *WIND - A meteorological early warning system and its extensions towards mobile devices*. In Proceedings of the 27. Conference on Environmental Informatics, pp. 612-621, Shaker, Aachen, ISBN 978-3-8440-1676-5, ISSN 1616-0886.

Beitrag Q: Christine Müller

Eine Architektur für die Entwicklung von Umweltinformationssystemen auf Basis von mit Android-Apps aufgenommenen Daten

An Architecture for the Development of Environmental Information Systems Based on Data Collected by Android Apps

Christine Müller

¹*Inforst, mueller@inforst.de*

English Abstract

Environmental Information Systems are often based on field data. Rugged Android devices collect field data connected with geocoordinates in a standardized way. Native Apps allow efficient offline work. Photos and methods of picture analysis can be used, too. Software architects are facing multiple challenges developing apps for these purposes: How to build a backend for the offline android apps and produce customized web views for authorized users? What are the advantages of a REST-Architecture in this context? Which mechanisms can be used for synchronizing the database on server and device? How to handle conflicts during inserting data? This article shows possibilities and challenges at the example of Inforst's Apps for forestry and resource management

Zusammenfassung

Umweltinformationssysteme basieren auf im Feld aufgenommenen Daten. Robuste Android-Smartphones sind dafür geeignet, mit entsprechenden Apps Umweltdaten in standardisierter Form mit Geodaten verknüpft aufzunehmen. Dies muss auch offline möglich sein, weshalb native Apps eingesetzt werden sollten. Dabei können auch Fotos und Techniken der Bildanalyse eingesetzt werden. Im Zusammenhang mit der Entwicklung solcher Anwendungen ergeben sich zahlreiche Herausforderungen für die Software-Architektur: Wie können diese Daten in einer zentralen Datenbank gespeichert und über eine Webanwendung den

berechtigten Nutzern richtig angezeigt werden? Welche Vorteile ergeben sich durch eine REST-Architektur? Welche Mechanismen für die Synchronisation der Daten zwischen Server und Android-Gerät sind sinnvoll? Wie sollen Konflikte beim Einspielen in die Datenbank behandelt werden? Dieser Artikel zeigt Möglichkeiten und Herausforderungen am Beispiel der Apps von Inforst für Forstwirtschaft und Umweltmonitoring.

1 Einleitung

Inforst entwickelt offline lauffähige Apps für die Forstwirtschaft, Ressourcen-Management und Naturschutz. Die App *WaldFliege* ist für die Aufnahme von Holzinformationen im Wald geeignet. Damit können Daten über Holzpolter und Einzelstämme mit GPS-Daten und ggf. Fotos verbunden werden und die Informationen über verschiedene Schnittstellen (z.B. Excel oder .xml-Dateien) weitergegeben werden. Die App *WaldKarte* ergänzt diese App mit einer offline lauffähigen Karte auf der die Lagerorte dargestellt werden. Die App *Kronentransparenz* ist für den Einsatz im Umweltmonitoring entwickelt und kann bei der jährlich stattfindenden Kronenzustandserhebung unterstützend wirken. Dabei werden der Grünanteil, der Kontrast und die Helligkeit von Baumkronen anhand von Fotos ermittelt. Außerdem entwickelt Inforst Apps für den Einsatzbereich Forst und Wald im Auftrag. Im Rahmen dieser Arbeit ist auch die Entwicklung eines Backends für die offline lauffähigen Apps notwendig. Besonderer Fokus liegt hier auf der Interaktion zwischen der App und der Webanwendung. Dabei sind die Zeiten, in denen die Apps offline genutzt werden zu berücksichtigen. Eine weitere Herausforderung ist, möglichst viele Schnittstellen für unterschiedliche Benutzer bereitzustellen, ohne den Entwicklungsaufwand zu hoch zu treiben. Hier ist der Einsatz einer REST-Schnittstelle sinnvoll (Abbildung 1).

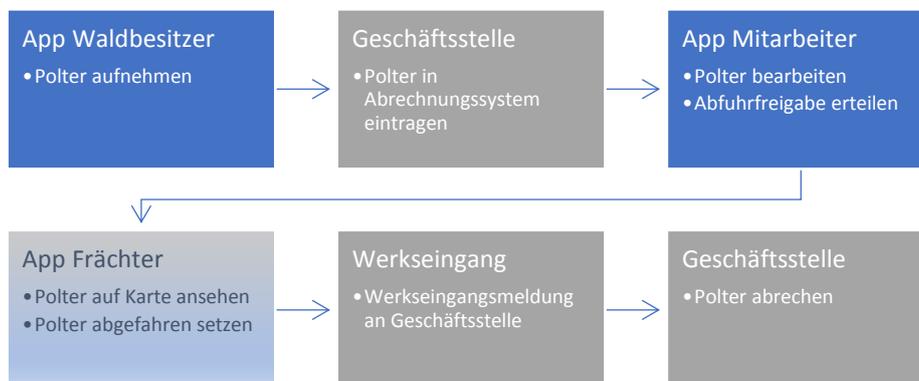


Abbildung 1: Möglicher Geschäftsablauf in einem Forstbetrieb, der Apps von Inforst einsetzt. Informationen müssen Anwendungs- und Betriebssystem unabhängig ausgetauscht werden. Interaktionen sollen einfach realisierbar sein.

2 Eine Schichten-Architektur für native Android-Apps

2.1 Persistente Daten innerhalb von Android Apps

An Android-Apps, die im Geschäftskundenbereich eingesetzt werden, werden die gleichen Anforderungen gestellt, wie an Desktop-Anwendungen in diesem Bereich. Daten, die mit Apps aufgenommen werden, müssen dauerhaft gespeichert werden und sollen jederzeit abrufbar sein. Einzelne Datensätze im Cache bereitzustellen, ist für eine arbeitsfähige Anwendung häufig nicht ausreichend. Das bedeutet, dass bei offline arbeitenden Apps eine Datenbank auf dem Gerät vorhanden sein muss. Die SQLite-Datenbank ist eine Datenbank direkt auf dem Android-Gerät. Sie ist offline verfügbar und aufgrund ihrer geringen Größe von nur wenigen hundert kB optimal für den Einsatz auf mobilen Geräten geeignet. Schwierigkeiten ergeben sich bei Änderungen im Datenbank-Schema. Die SQLite-Datenbank erlaubt Änderungen nur über einen eingeschränkten „ALTER TABLE“-Befehl. Das heißt, es können Spalten umbenannt und hinzugefügt werden. Für andere Änderungen müssen Transaktionen vom Entwickler gestaltet werden, zum Beispiel in einem eigenem Upgrade-Manager. Zudem kann die SQLite-Datenbank alle Aktionen nur hintereinander ausführen, was jedoch beim Einsatz innerhalb von Android-Apps selten zu Schwierigkeiten führt. Komplexere Abfragen können in einem eigenen Thread im Hintergrund ausgeführt werden. Eine SQLite-Datenbank wird für eine bestimmte App erstellt und es darf auch nur im Kontext dieser App auf sie zugegriffen werden [Android Community 2018].

2.2 Datenaustausch zwischen Apps

Es gibt jedoch die Möglichkeit, die Daten in der SQLite-Datenbank komplett oder teilweise mit anderen Anwendungen zu teilen. Dies geschieht über Content Provider, die einen gesicherten Zugriff auf die Datenbank ermöglichen. Google stellt solche Content Provider zur Verfügung, um anderen Apps Zugriff auf z.B. den Kalender oder die Kontakte des Nutzers zu ermöglichen. Inforst hat mit *WaldFliege* eine App zur Holzaufnahme im Angebot und eine weitere App *WaldKarte*, die eine offline Karte beinhaltet. Sind beide Apps installiert, benutzen sie dieselbe Datenbank. Der Datenaustausch erfolgt hier jedoch nur zwischen diesen beiden Apps. Ist nur *WaldKarte* installiert, speichert *WaldKarte* die Daten in einer eigenen lokalen Datenbank (Abbildung 2).

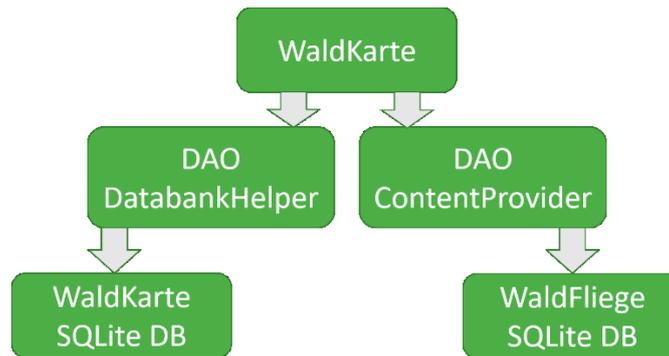


Abbildung 2: Die Apps *WaldFliege* und *WaldKarte*, ein Beispiel für den Einsatz von Content Providern für den Informationsaustausch zwischen zwei verschiedenen Apps

2.3 MVC-Architektur: Voraussetzungen für effiziente Kommunikation mit dem Backend

Bereits bei der Entwicklung der nativen Apps muss die Einbindung in ein mögliches Backend bedacht werden. Dafür müssen die einzelnen Objekte so entworfen werden, dass aus Ihnen einfach Json-Objekte generiert werden können. Diese einfachen Objekte werden von Manager-Klassen (auch Kontrollklassen genannt) verwaltet, die jeweils die Fachlogik für das Objekt implementieren und Berechnungen durchführen. Die Verbindung zur Datenhaltungsschicht erfolgt über ein Interface zum SQLite-Databank-Helper bzw. zum Content Provider.



Abbildung 3: Drei-Schicht-Architektur innerhalb der *WaldFliege* App von Inforst

Im Umgang mit einem persistenter Speicher gibt es vier grundlegenden Operationen, den sogenannten CRUD-Operationen. [HS Augsburg 2018]

- *Create*, Datensatz anlegen,
- *Read* oder *Retrieve*, Datensatz lesen,
- *Update*, Datensatz aktualisieren, und
- *Delete* oder *Destroy*, Datensatz löschen.

Mit Hilfe von Aufrufen der CRUD – Operationen der Datenhaltungsschicht sorgt der SQLite-Datenbank-Helfer oder eben der Content Provider für eine kontrollierte Speicherung in der Datenhaltungsschicht.

Mit dem Room Persistence Library [Google 2018] ist jetzt auch eine den Webservices sehr ähnliche Datenorganisation als fertiges Library auf Android-Geräten nutzbar. Dadurch ist es möglich, die Entwicklungsarbeit von Webanwendung und App anzugleichen.

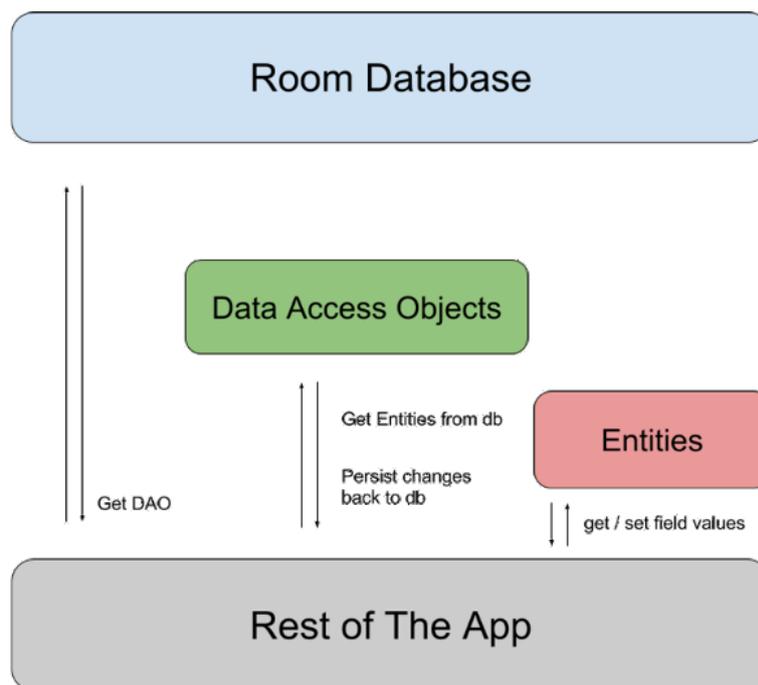


Abbildung 4: Das Room Persistence Library. Quelle: [Google 2018]

2.4 Ein Backend für (offline lauffähige) Android Apps

Bei der Entwicklung eines Backends für offline lauffähige Android-Apps ist ein großes Problem die doppelte Datenhaltung bzw. Implementierung der Geschäftslogik. Da die App komplett offline lauffähig sein muss, muss die komplette Datenbank und auch andere Arbeitsgrundlagen wie z.B. Karten auf dem Gerät gespeichert sein. Auch muss die Geschäftslogik auf dem Gerät implementiert sein. Sie muss aber auch in der Webanwendung vollständig vorliegen. Aktualisierungen müssen also im Webservice und auf allen Geräten parallel durchgeführt werden.

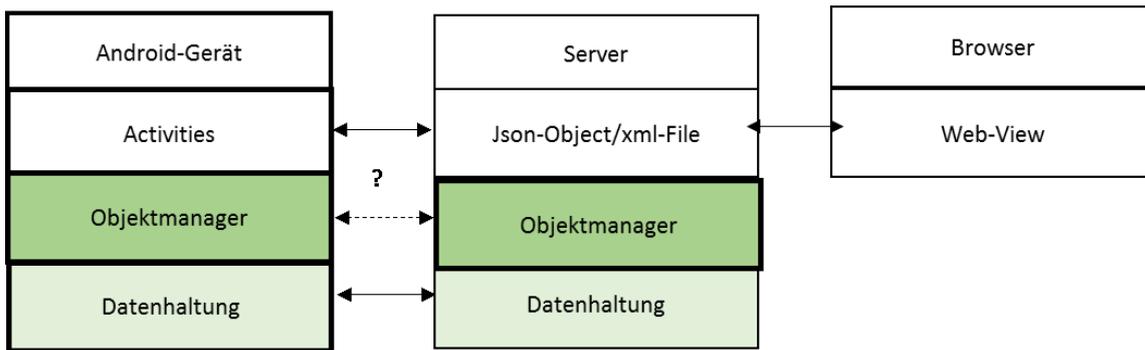


Abbildung 5: Das Problem der doppelten Implementierung der Geschäftslogik

3 REST – Ein Architekturstil

Die meiste Kommunikation über das Internet läuft über das HTTP-Protokoll, ein statusloses Protokoll auf der Anwendungsschicht. REST (Representational state transfer) bezeichnet einen Software-Architekturstil, der die Möglichkeiten Übertragung von Informationen zu eindeutig identifizierbaren Objekten mittels des HTTP-Protokolls optimal nutzt. Dabei folgt REST folgenden Prinzipien:

3.1 Eindeutige Identifikation von Ressourcen

Aus den einzelnen Objekten werden mittels der REST API Ressourcen gebildet und für jede Ressource oder Aggregation von Ressourcen gibt es eine eindeutige URI (universal resource identifier).

Beispiel für mögliche URIS

- <http://www.inforst.de/waldfliege/kundenr0815/hiebBB22/los1/polter17>
- <http://www.inforst.de/kronentransparenz/kundenr0816/bilder/20180527>
- <http://www.inforst.de/waldfliege/kundenr0815/einzelstamm1453>

Es ermöglicht auch die Ressourcen in standardisierten Formaten (representations) wie xml, html oder json für verschiedene Anwendungen bereit zu stellen. So lassen sich zum Beispiel einfach Webansichten von Ressourcen erstellen.

3.2 Hypermedia/Verlinkung

Die einzelnen Ressourcen werden bei REST sinnvoll miteinander verlinkt, was die Bereitstellung von Schnittstellen erleichtert. So könnte ein Programm eines Drittanbieters vom Link <http://inforst.de/waldfliege/kundenr0815/hiebBB22/lose> auf die Losliste geleitet werden, in ihr nach allen Poltern mit Länge 2m suchen und diese z.B.

auf den Zustand „abfuhrbereit“ setzen. Dieses Verfahren wird auch als „HATEOAS“ (Hypermedia as the engine of application state) bezeichnet. Allerdings kann sich, bis sich eine flächendeckende Internetversorgung im Wald ergeben hat, die offline laufende App nicht ausschließlich auf Hypermedia verlassen. Als Schnittstellenanwendung bietet das Verfahren jedoch zahlreiche Vorteile.

3.3 Das HTTP-Protokoll

Das HTTP-Protokoll ist ein statusloses Protokoll und bietet die universellen Methoden GET, POST, PUT, DELETE, HEAD und OPTIONS Objekte/Ressourcen, allerdings müssen nicht immer alle bereitgestellt werden. Die Kommunikation bei REST erfolgt ausschließlich über diese Funktionen, am häufigsten über GET und POST. Damit bietet REST neben eindeutig definierten Ressourcen (siehe 3.1) auch klar definierte Methoden, diese Ressourcen anzusprechen, aufzurufen, zu modifizieren und zu speichern. Dies erleichtert weiter die Anbindung an Software von Drittanbietern. Der Webservice kann die Ressourcen in unterschiedlicher Form bereitstellen, so dass eine firmeneigene App beispielsweise die Objekte direkt als json-Objekte empfängt, die sie dann intern als Objekte weiter behandelt. Ein Browser erhält dagegen eine HTML-Datei, in dem nur die Werte, die mit dem Nutzer geteilt werden sollen, in ansprechender Form dargestellt werden. Wie die Zugriffsbeschränkungen realisiert werden können, wird in Abschnitt 5 dargestellt.

REST-Schnittstellen erhalten die statuslose Kommunikation über das HTTP-Protokoll. Dadurch ermöglichen sie die parallele Bearbeitung zahlreicher Anfragen auf Serverseite. In einer forstlichen oder für den Naturschutz eingesetzten Geschäftsanwendung werden solche Szenarien eher nicht auftreten. Was allerdings tatsächlich zum Problem werden kann sind die geringen Bandbreiten bei der Übertragung der Daten im ländlichen Raum. Daher ist eine möglichst voneinander unabhängige Übertragung möglichst kleinteiliger Datenpakete ein Vorteil für diese Anwendungszwecke.

3.4 Vorteile von REST und mögliche Schwierigkeiten

Hier noch einmal zusammenfassend die Vorteile der Verwendung einer REST-Schnittstelle für den beschriebenen Einsatzzweck:

- Die REST-Architektur bietet eine lose Kopplung zwischen den einzelnen Softwaremodulen und erleichtert die Einbindung von Software anderer Anbieter
- Alle Komponenten können miteinander kommunizieren. Objekte sind anhand Ihrer URI von überall identifizierbar.
- Abfragen, Views, Clientanwendungen etc. können wiederverwendet werden.
- Die Webanwendung ist aufgrund der möglichen Kleinteiligkeit der ausgetauschten Objekte gut skalierbar.

Es ergeben sich aufgrund des geplanten Anwendungszweckes aber auch folgende Schwierigkeiten:

- Eine rein auf Hypermedia basierende Geschäftslogik ist nicht möglich, weil die Apps im großen Umfang, für lange Zeiträume und in bedeutenden Geschäftsabläufen offline funktionieren müssen.
- Synchronisierungsmöglichkeiten für die Datenbank und die Geschäftslogik müssen geschaffen werden.
- Die Internetverbindung im ländlichen Raum ist häufig von geringer Bandbreite, was zu Schwierigkeiten führen kann, wenn der Server vor Ort stationiert sein soll.
- Die verwendete Software von Drittanbietern hat derzeit keine Möglichkeiten, REST-Schnittstellen einzubinden. Eventuelle Schnittstellen müssen auch von den Drittanbietern erst noch geschaffen werden.

4 Umsetzung einer REST-Schnittstelle mit Dropwizard

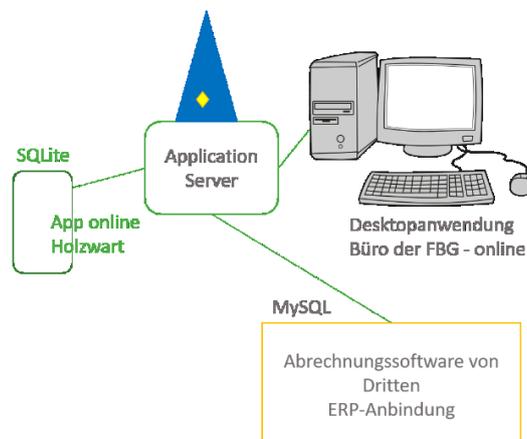


Abbildung 6: Ein Webserver ermöglicht den Datenaustausch zwischen App, Browser und Anwendungen von Drittanwendern

4.1 Das Dropwizard-Framework

Für die Umsetzung von REST-Schnittstellen sind zahlreiche Frameworks (Spring, Grails, Dropwizard) verfügbar. Das bekannteste Framework ist das Spring-Framework. Für die Umsetzung wurde hier jedoch Dropwizard als Framework gewählt, da es unabhängiger im Bezug auf dependency injection ist. Ein Vorteil ist auch das einfache Deployment der Anwendung als fat-jar. Ein Apache-Tomcat-Server ist nicht notwendig und damit auch keine Einbindung in eventuell beim Kunden schon vorhandene Systeme. Die Dropwizard-Anwendung spannt ihren eigenen Jetty-Server auf, der unabhängig funktioniert und entsprechend leicht gewartet werden kann. Insgesamt bietet Dropwizard eine Sammlung geeigneter Werkzeuge für die Erstellung eines Webservices mit REST-Architektur. Außerdem bietet sie aufgrund der Einbindung von OAuth und der Fähigkeit zur Umsetzung mit HTTPS Werkzeuge für die Entwicklung sicherer Anwendungen, siehe Abschnitt 5.

Als Datenbank auf dem Server wurde eine Postgres-SQL-Datenbank gewählt. Diese kann über den innerhalb von Dropwizard integrierten JDBC-Treiber angesprochen werden. Die Interaktion mit der Datenbank erfolgt wieder über DAO-Objekte, die die Ressourcen entsprechend der Geschäftslogik in die Datenbank einfügen oder für den Client bereitstellen. Der Server stellt mehrere GET und POST Befehle für die Clients bereit. Die Ressourcen können im json oder im .xml-Format abgerufen werden. Der in der Forstwirtschaft weit verbreitete Eldat-Standard (KWF 2018) wird gerade von .xml auf json umgestellt, was eine doppelte Bereitstellung erfordert. Innerhalb der Apps ist die Erstellung eines Services für die Kommunikation mit dem Server erforderlich. Dies ist über den Android-HTTPS-Client möglich.

4.2 Doppelte Datenhaltung und Datenbanksynchronisation

Alle Geräte die offline arbeitsfähig sein müssen, müssen über eigene Datenbanken verfügen. Damit die Objekte datenbankübergreifend identifiziert werden können, müssen sie bei der Erzeugung mit GUIDs (Global unique identifiers) versehen werden. Dies sind eindeutige 16 Byte lange Zahlenkombinationen, die sich nicht wiederholen. Bestehende Objekte ohne GUID müssen ein solches in einem Update erhalten. Auf diese Art können die Objekte über unterschiedliche Geräte hinweg identifiziert werden.

Es stellt sich die Frage, wann die Datenbank synchronisiert werden sollte. Aus Nutzersicht ist eine möglichst automatisierte Synchronisation wünschenswert. Die App erledigt diese Arbeit im Hintergrund, ohne dass sich der Anwender darum kümmern muss. Dabei muss für den Nutzer der App ersichtlich sein, wann die App vollständig mit der zentralen Datenbank synchronisiert ist. Dies kann zum Beispiel durch eine andere Farbe innerhalb der Liste angezeigt werden.

Besonders kritisch sind das Einfügen und das Löschen von Objekten in der zentralen Datenbank. Wenn bei dem Einfügen ein Konflikt auftritt (was durch klar definierte Geschäftsabläufe selten vorkommen sollte), muss der Nutzer dies erkennen und steuernd eingreifen können. Notwendig ist der Entwurf klarer Zustandsdiagramme für die einzelnen Objekte. Festgelegt werden muss, von welchem Zustand das Objekt auf Veranlassung welches Nutzers in welchen anderen Zustand wechseln kann. So kann ein Holzpolter folgende Zustände durchlaufen: (1) bereitgestellt – (2) freigegeben – (3) abfuhrbereit – (4) abefahren – (5) Werkseingang vorhanden – (6) Waldbeitzer abgerechnet. Zustand (1) kann vom Waldbesitzer oder dessen forstlichem Dienstleister gemeldet werden. Zustand (2) vom Außendienstmitarbeiter des forstlichen Zusammenschlusses, Zustände (3), (5) und (6) von der Geschäftsstelle und Zustand (4) vom Frachtunternehmen. Bestimmte Methoden, z.B. „Menge ändern“ dürfen ab einem bestimmten Zustand (hier 2) nicht mehr angewandt werden. Durch die Zustände kann der Nutzer kontrollieren, wann welche Daten an wen übermittelt werden.

5 Sicherheitsaspekte

Sobald die Daten die lokalen Geräte verlassen und über das Internet bereitgestellt werden, erhöhen sich die Anforderungen an die Sicherheit der Anwendung um ein Vielfaches. Möglicherweise kann man bei einer Geschäftsanwendung in einem Nischenbereich zuerst kein hohes Risiko für einen Angriff erkennen. Es handelt sich bei den übermittelten Daten jedoch zum Teil über persönliche Daten der Nutzer. Zudem könnten Informationen über die Lagerorte von (Wert-)Holzbeständen durchaus genutzt werden. Davon abgesehen erweitert der Zugang zu jedem Server die Möglichkeiten krimineller Organisationen. Deshalb gilt es, wichtige Aspekte der Internetsicherheit zu berücksichtigen.

5.1 Vertraulichkeit

Es muss sichergestellt werden, dass derjenige, der Daten schickt oder anfordert, wirklich ein berechtigter Nutzer des Webdienstes ist. Zur Absicherung bietet das Dropwizard-Framework das Instrument OAuth. Dies stellt eine Authentifizierung des Nutzers über Nutzernamen und Passwort (z. B. bei Browseranwendungen) oder auch über ein Token (zum Beispiel bei Verwendung der App) sicher. So kann der Server sicherstellen, dass die Anfragen von einem berechtigten Nutzer stammen. OAuth ermöglicht die Anlage verschiedener „Rollen“ für Nutzer. So kann ein einfaches Mitglied einer forstlichen Vereinigung nur auf seine Daten in der Datenbank zugreifen, ein Mitarbeiter jedoch auf die Daten mehrerer Mitglieder. Erfolgt die Kommunikation über HTTPS kann ein App-Nutzer sicherstellen, dass er die Daten an den richtigen Webservice sendet und sie nicht während der Übermittlung verändert werden. Dazu ist die Integration eines SSL-Zertifikats in die App notwendig.

5.2 Verfügbarkeit

Wie schon beschrieben kann die Verfügbarkeit eines Servers, der im ländlichen Raum in Deutschland stationiert ist, nicht immer garantiert werden. Aber auch ein in einem Rechenzentrum stationierter Server kann z.B. durch ständige Anfragen von Schadprogrammen lahmgelegt werden. Dies kann innerhalb des Webservices durch HealthChecks und Response-Regeln sowie die oben beschriebenen Zugangsbeschränkungen vermieden werden.

5.3 Verbindlichkeit

Für die Sicherheit und den störungsfreien Ablauf eines Webservices ist es notwendig, nachvollziehen zu können, welches Gerät wann in welcher Form auf den Server zugegriffen hat. Dropwizard bietet hier mit Metrics ein detailliertes Log-Tool, das neben zahlreichen Analysemöglichkeiten auch die Sicherheit des Systems erhöht, indem es Angriffe auf das System nachvollziehbar macht. Schwierig stellt sich die Kontrolle der Inhalte bei Anwendungen dar, die für eine breite Öffentlichkeit entwickelt und bereitgestellt werden. Ein Beispiel sind Portale für das Posten von Beobachtungen im Naturschutz oder Anwendungen im Bereich Umweltbildung. Die Möglichkeit Bilder und freien Text zu senden, birgt immer auch die Gefahr, unerwünschte Bilder und unerwünschte Texte ungewollt zu veröffentlichen. Selbst wenn der Verursacher

ermittelt werden kann, kann dies einen großen Schaden anrichten. Bisher ist dagegen nur manuelle Kontrolle vor der Veröffentlichung möglich.

6 Weiterführende Themen - Wartbarkeit

Wie oben beschrieben hat man bei der Verwendung von offline lauffähigen Apps das Problem der doppelten Implementierung der Geschäftslogik auf dem Server und den Android-Geräten. Wie aber soll nun vorgegangen werden, wenn sich die Geschäftslogik ändert? Die Änderungen müssen auf allen Geräten (möglichst zeitgleich) konform durchgeführt werden. Inwieweit eine Regelmaschine hier mögliche Lösungen bieten, muss gesondert untersucht werden. Ein anderer Ansatz ist hier ein Refactoring der App-Anwendungen, das diese stärker dem Prinzip der dependency injection unterwirft. Geschäftsregeln können als Bestandteil der Konfigurationen für die einzelnen Objekte, leichter einheitlich auf Server und Client verwendet werden und leichter ausgetauscht werden. Möglicherweise ist dies in Kombination mit der Einbindung des oben beschriebenen Room-Frameworks möglich. Ein gleichzeitiges Update der Apps auf allen Mobilgeräten ist durch eine Mobile Enterprise Lösung möglich, mit deren Hilfe die Mobilgeräte eines Unternehmens zentral verwaltet werden können.

7 Literaturverzeichnis

Android Community (2018): Application Sandbox. <https://source.android.com/security/app-sandbox> (aufgerufen am 21.08.2018).

Dewanto, Dr. Lofi (2018): Autorisierungsdienste mit OAuth <https://www.heise.de/developer/artikel/Szenarien-und-Spezifikationen-845431.html> (aufgerufen am 21.08.2018).

Google Developers (2018): Room Persistence Library. <https://developer.android.com/topic/libraries/architecture/room> und <https://developer.android.com/training/data-storage/room/> (aufgerufen am 21.08.2018).

HS Augsburg (2018): CRUD. <https://glossar.hs-augsburg.de/CRUD> (aufgerufen am 21.08.2018).

KWF (2018) <http://www.kwf-online.org/logistik/datenschnittstellen/eldat.html> und <https://www.eldatstandard.de/> (aufgerufen am 21.08.2018).

Starke, Gernot (2011): *Effektive Software Architekturen*. München: Carl Hanser Verlag. ISBN: 978-3-446-45207-7

Takai, D. (2017). Architektur für Websysteme: Serviceorientierte Architektur, Microservices, domänengetriebener Entwurf (Hanser eLibrary). <https://www.hanser-elibrary.com/isbn/9783446450561> (aufgerufen am 30.08.2018)

Tilkov, Stefan, et al. (2015): *REST und HTTP: Entwicklung und Integration nach dem Architekturstil des Web*. eBook Central, <http://ebookcentral.proquest.com/lib/htwk/detail.action?docID=2046366>.

Created from htwk on 2018-03-21 04:44:15.

Van Steen, M. und Tanenbaum, S. (2017): *Distributed Systems*. Maarten van Steen.

Beitrag R: Frank Lemke, Rolf Walter

**Artendatenaustausch -
Standardisierung auf Grundlage von O & M**

**Species Data Exchange -
Standardization Based On O & M**

Frank Lemke¹, Dr. Rolf Walter²

¹*Struktur und Genehmigungsdirektion Nord, frank.lemke@sgdnord.rlp.de*

²*processware GmbH, walter@processware.de*

Abstract

The universe of species gis data is filled with numerous systems and data models, which hardly interact. The German *Bundesamt für Naturschutz* started a project to improve the interoperability between official systems collecting and supplying species data in Germany. For this project the authors present a solution to interchange species data based on the ISO standard "Observations and Measurements".

Zusammenfassung

Artendaten zu standardisieren erscheint als Herkulesaufgabe im weitreichenden, dynamischen wissenschaftlichen Arbeitsfeld der Taxonomien in Flora und Fauna. Hier werden seit hunderten von Jahren Nachweise gesammelt und archiviert - von Funden aus frühen Zeiten über genetischen Proben bis hin zu aktuellen Sichtbeobachtungen von Bürgerwissenschaftlern mit Hilfe von Computerunterstützung oder über Satellitendaten.

Die Grundlage für die Austauschbarkeit von Artenbeobachtungen verschiedener Systeme untereinander, aber insbesondere zum Erhalt einer einheitlichen Sicht auf die verschiedenen Datenquellen, wurde durch ein vom Bundesamt für Naturschutz (BfN) initiiertes Standardisierungsvorhabens im Herbst 2017 gestartet.

In diesem Beitrag stellen wir den zukünftigen Standard für RLP vor, basierend auf der Grundlage des Standards Observations and Measurements. Damit wird ein Austauschangebot nachvollziehbar deklariert, sodass fremde Systeme flexibel das Artendatenangebot aus

Rheinland-Pfalz nutzen können und auch umgekehrt andere Fachportale die Möglichkeit haben, Artendaten an RLP technisch auszuliefern.

1 Einführung

Bürgerinnen und Bürger, ob Amateure, Wissenschaftler oder Landschaftspfleger, nutzen zunehmend (in der Regel) frei verfügbare Werkzeuge, um Beobachtungsdaten zu Flora und Fauna zu erfassen und diese für verschiedene Zwecke selbst weiter zu verwenden oder der Allgemeinheit zur Verfügung zu stellen [Rölller 2015]. Alleine im Workshop „Erfassungssysteme für Beobachtungsdaten von Organismen: Standards für den Datenaustausch“ des BfN im November 2017 wurden über zehn derartige Systeme und Werkzeuge vorgestellt. Einige davon werden europaweit eingesetzt, andere eher nur am norddeutschen Strand. Manche fokussieren regionale Bezüge aller Arten, andere fokussieren bestimmte Arten (z. B. Vögel, Käfer, Schmetterlinge).

Anwendungen und Datenbanken interagieren bis heute leider kaum – abgesehen von bilateralen Austauschvereinbarungen, die in der Regel über manuell fortzuschreibende Schnittstellenvereinbarungen technisch unterstützt werden. So tauscht der Artenfinder mit GBIF, Naturgucker und insectis sowie mit dem amtlichen Naturschutz in Rheinland-Pfalz die Sichtbeobachtungen aus.

Diese Situation existiert vor allem auch zum Leidwesen der Nutzer. Für unterschiedliche Zwecke, für verschiedene Auftraggeber und unter Umständen regional beschränkt müssen Nutzer verschiedene Systeme leider im Wechsel nutzen, anstatt mit Ihrem „Lieblingssystem“ arbeiten zu können und die Daten dorthin „fließen“ zu lassen, wo sie benötigt werden oder landen sollen.

Zielsetzung eines Workshop des BfN war es, einen gemeinsamen Austauschstandard zu entwickeln und zu etablieren. Als ersten Schritt wurde vorgegeben, sich auf einen Mindeststandard von Verbreitungsdaten von Organismen (5 W: Wer, Wann, Was, Wo, Wie) zu beschränken und diesen unter Berücksichtigung existierender Standards (z. B. „Darwin Core“ oder „ABCD“) gemeinschaftlich vorzugeben.

Nachfolgend wird ein alternativer Vorschlag beschrieben: eine Standardisierung eines Beschreibungsformat für Austauschschnittstellen durch die Vorgaben von Observations und Measurements (O&M), einem ISO-konformen Austauschschemas für Beobachtungsdaten.

2 Existierende Standards

2.1 Technische Standards für Austauschformate

Als zukunftsweisende technische Standards für Austauschformate haben sich auf dem http-Protokoll basierende Übertragungsmechanismen mit offenen Standards wie JSON und XML etabliert. Beobachtungsdaten auszutauschen ist eine naheliegende Aufgabe nicht nur für den Austausch von Informationen zum Vorkommen von Arten. Satelliteninformationen, die in großen Mengen auch im Naturschutz immer höhere Bedeutung erlangen, müssen empfangen, ausgetauscht und verarbeitet werden. Da es sich um Geodaten handelt, hat das OGC entsprechende Standards geschaffen, die inzwischen als ISO Standards übernommen wurden.

2.2 Standard Observations and Measurements

Bei den Überlegungen, die Erhebung von Artenbeobachtung zu standardisieren, spielen die GIS Standards nach der ISO 19XXX natürlich den wichtigsten Part. Ausgehend von den zunehmend mehr verbreiteten Sensoren zur Erdbeobachtung und der Notwendigkeit den Datenaustausch zu beschleunigen, wurde die ISO Norm **ISO 19156:2011** „Observations und Measurements“ geschaffen. Dabei handelt es sich um die Übernahme eines OGC Standard, der aus GML weiterentwickelt wurde.

Mit dem Standard O&M [OGC 2018] existiert eine XML und GeoJSON Grammatik zum Datenaustausch.

Nach der Definition ist eine *Beobachtung (Observation)* die Feststellung eines Wertes einer bestimmten Eigenschaft eines Untersuchungsobjektes zu einem bestimmten Zeitpunkt. Der Wert wurde durch eine Prozedur gewonnen.

Artenbeobachtungen können mit Hilfe dieses Standards dargestellt werden.

Zum Verständnis der Beobachtungsdaten, die durch den Standard Observations und Measurements normiert werden, ist das zugrunde liegende Modell zu verstehen:

- Eine Beobachtung (Observation) findet zu einem bestimmten Zeitpunkt statt.
- Mit Hilfe einer bestimmten Prozedur (procedure), mit bestimmten Parametern, wird für eine Eigenschaft (observed property) des Untersuchungsobjektes (feature-of-interest) ein Wert (result) ermittelt.

Damit enthält ein Datensatz die Elemente

- time, d.h. Zeitpunkt der Observation
- procedure, definiert den Erfassungsprozess
- observed property – definiert, welche Eigenschaft im Hinblick auf das Untersuchungsobjekt ermittelt wird,
- result – liefert das Ergebnis zum observed property

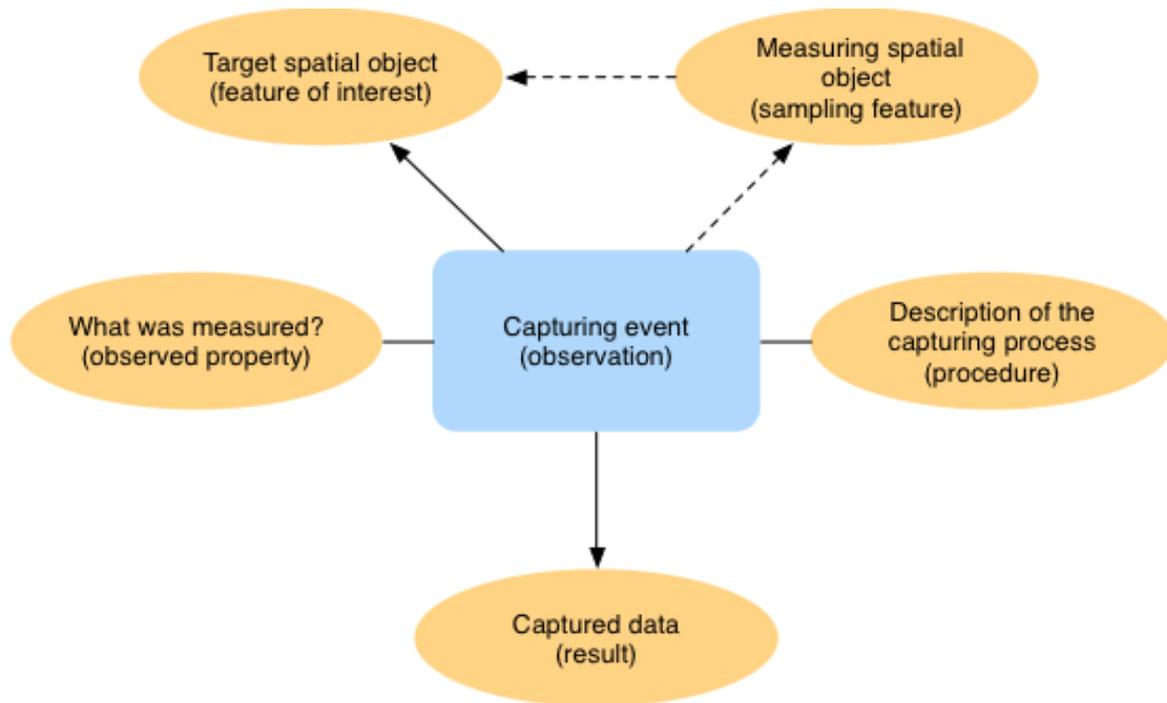


Abbildung 1: Basiskonzepte von O&M

Mit diesem Standard lässt sich die Beobachtung einer Art darstellen.

Was der Standard nicht leisten kann, ist die fachliche Vorgabe der Eigenschaften (observed property) und Vorgehensweise zur Ermittlung der Eigenschaft (procedure). Diese ergeben sich aus dem Fachobjekt (feature of interest), woraus sich der fachliche Standardisierungsbedarf ergibt.

3 Artenfinder-Schnittstelle als Beispiel

In der Objektart des citizens science Projekts Artenfinder geht es um die Beobachtung der Art an einem Punkt im Gelände.

Während in einer ersten Version des Artenfinders noch eine proprietäre Schnittstelle den Austausch zwischen verschiedenen Endgeräten und Erfassungssystemen der

Projektpartner ermöglicht hat, wurde in 2017 im Rahmen einer Neuorientierung der Modellierung der Naturschutzinformationen in Rheinland-Pfalz ein erster Standardisierungsversuch übernommen. In Abbildung 2 ist das Anwendungsschema der Artenbeobachtung im Osiris Kontext von Rheinland-Pfalz dargestellt. Der Artenfinder stellt eine vereinfachte Untermenge dar [Lemke & Walter 2017].

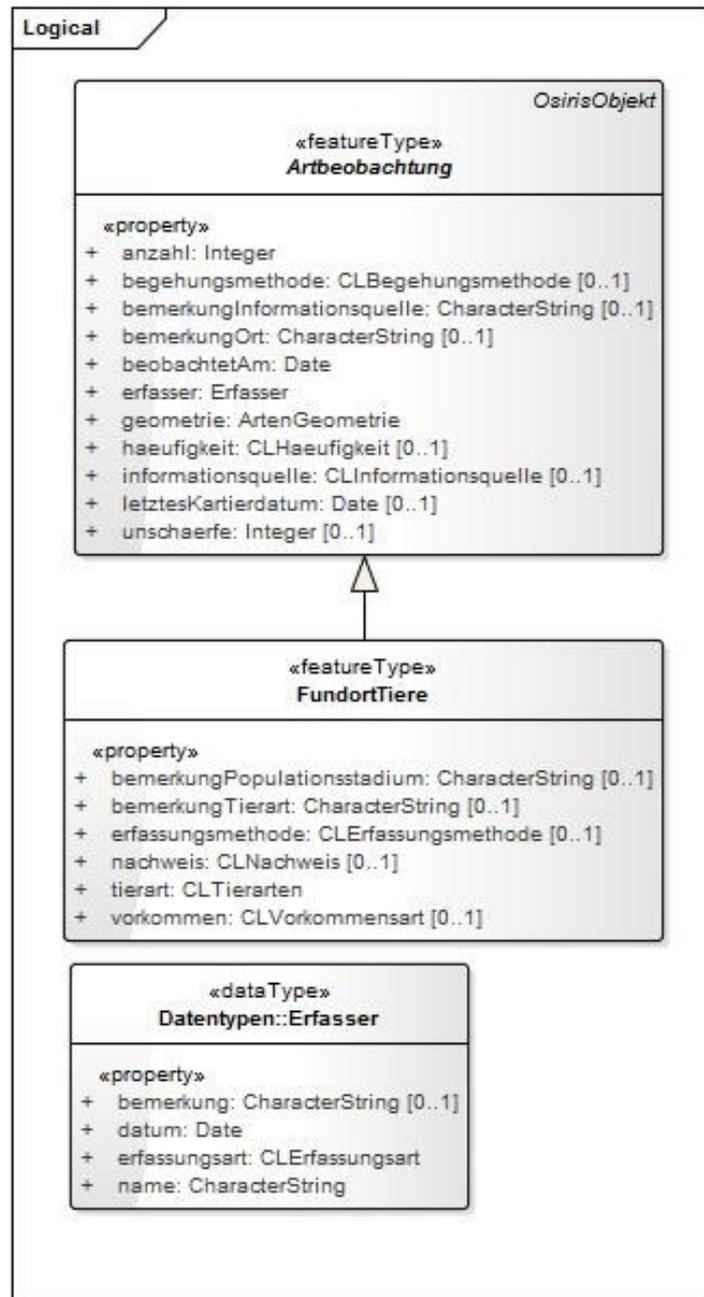


Abbildung 2: UML-Diagramm zur Objektart Artenbeobachtung

Zukünftig soll die Schnittstellendefinition auf O&M basieren, wobei die Abstimmungsarbeiten der Fachgremien noch abgewartet werden sollen.

Ein erstes Observation-Objekt besteht aus der Bestimmung der Art. Dieser Vorgang (procedure) kann einfach sein, durch bloßes Erkennen anhand äußerer Merkmale oder aufwändig z. B. durch Lautanalyse mit Hilfe von Tonaufzeichnungen oder anderen Detektionen. Dieser Vorgang ist Ziel einer ersten Standardisierung.

Auch das Resultat, der wissenschaftliche Artenname und seine taxonomische Einstufung, ist keineswegs einheitlich vorgegeben. Hierdurch wird die Notwendigkeit der fachlichen Standardisierung deutlich. Vorgesehen ist die Verwendung von EU Nomen. „*EU-nomen enables the correct use of species names and their classification, to more accurately manage information on animals and plants. This is the first all-taxa inventory for European species.*“ [de Jong 2015]

Nach 18.4.7 der COMMISSION REGULATION (EU) No 1253/2013 of 21 October 2013 ist EU Nomen gesetzlich vorgeschrieben. Ein Standard sollte dies berücksichtigen, insbesondere wenn eine Zielsetzung der Standardisierungsbestrebungen die Gewinnung und Verwendung amtlicher Daten für den Naturschutz ist.

Auch wenn der aktuelle Stand der Taxonomie manchen Experten und Biologen nicht in allen Tiefen begeistert, so ist dieser Standard eine einfache, gut gepflegte, mit vielen Werkzeugen hinterlegte Grundlage, die Austauschbarkeit vielleicht nicht aller, aber vieler wichtiger Informationen zu garantieren. Auch der Artenfinder verwendet im ersten Schritt als user-interface nicht EU-Nomen, sondern eine dem Citizen-Science-Charakter angemessene einfachere und umgangstauglichere Artenliste – die aber im Hintergrund auf EU-Nomen abgebildet wird – insbesondere für den Datenaustausch mit dem Landschaftsinformationssystem Rheinland-Pfalz.

Abschließend zeigen wir zur Veranschaulichung ein konkretes Beispiel für eine Artenfindermeldung abgebildet auf der Grundlage von O&M:

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<om:OM_Observation
  gml:id="FT-5693483-s"
  xmlns:om="http://www.opengis.net/om/2.0"
  xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
  xmlns:xlink="http://www.w3.org/1999/xLink"
  xmlns:gml="http://www.opengis.net/gml/3.2"
  xsi:schemaLocation="http://www.opengis.net/om/2.0
http://schemas.opengis.net/om/2.0/observation.xsd">
  <gml:description>Artenfinder Fund Art</gml:description>
  <gml:name>Artenfinder Fundort Gattungsname</gml:name>
</om:type
```

```

        xlink:href="http://www.opengis.net/def/observationType/OGC-
OM/2.0/OM_CategoryObservation"/>
    <om:phenomenonTime>
        <gml:TimeInstant
            gml:id="ot2t">
                <gml:timePosition>2018-06-11T17:22:25.00</gml:timePosition>
            </gml:TimeInstant>
        </om:phenomenonTime>
    <om:resultTime>
        xlink:href="#ot2t"/>
    <om:procedure>
        xlink:title="Frank Lemke"
        xlink:role="Beobachtung"
        xlink:href="https://www.artenfinder.rlp.de"
        />
    <om:parameter>
        <om:NamedValue>
            <om:name
                xlink:href="http://www.opengis.net/req/omxml/2.0/data/samplingGeometry"/>
                <om:value>
                    <gml:Point
                        gml:id="SamplingPoint">
                            <gml:pos
                                srsName="urn:ogc:def:crs:EPSG:25832">
                                    374264 5605961</gml:pos>
                            </gml:Point>
                        </om:value>
                    </om:NamedValue>
                </om:parameter>
            <om:observedProperty
                xlink:title="Tierart"
            </om:observedProperty>
            <om:featureOfInterest
                xlink:href="https://naturschutz.rlp.de/sites/non_drupal/xsd/oneo.xsd"
            />
                <om:result
                    xsi:type="gml:ReferenceType"
                    xlink:title="Libellula quadrimaculata"
                    xlink:href="http://www.eu-
nomen.eu/portal/taxon.php?GUID=urn:lsid:faunaur.org:taxname:214386"/>
            </om:OM_Observation>

```

4 Zusammenfassung und Ausblick

Übersetzt auf das Thema Artenbeobachtung bedeutet die Verwendung von O&M für den Standardisierungsprozess, dass jeder Transformationsprozess von den verschiedenen Datenmodellen der Systeme auf den Standard O&M die Diskussion strukturiert und erleichtert. Ersetzt wird die Diskussion allerdings nicht. Sie findet nur im vorstrukturierten Raum statt und ermöglicht darüber hinaus individuelle Abweichungen, die aus der Fachlichkeit stammen, aber diese werden nunmehr in einer gemeinsamen Sprache formuliert.

Der mögliche Mindeststandard, auf den man sich einigen wird, kann von Herstellern und Systemanbietern als Standard in GIS-Werkzeuge implementiert werden.

5 Literaturverzeichnis

- de Jong, Y. et al. (2015) PESI - a taxonomic backbone for Europe. *Biodiversity Data Journal* 3: e5848. <https://doi.org/10.3897/BDJ.3.e5848>. (aufgerufen am 03.09.2018)
- Lemke, F., Walter, R. (2017) Inspire rockt die GEO-Welt -Vom Anwendungsschema zur Web-Anwendung. In: Freitag, U.; Fuchs-Kittowski, F.; Hosenfeld, F.; Abecker, A.; Wikarski, D. (2017) (Hrsg.): *Umweltinformationssysteme 2017 - Vernetzte Umweltdaten*. Proceedings of the 24th Workshop Umweltinformationssysteme (UIS 2017), Brandenburg a. d. Havel, Germany, September 7 2017, <http://ceur-ws.org/Vol-1919/paper10.pdf> (aufgerufen am 03.09.2018)
- Rinne, Ilkka (2012): What is an O&M Observation and why should you care? <https://www.spatineo.com/2012/02/what-is-an-om-observation-and-why-should-you-care/> (aufgerufen am 30.08.2018).
- Röller, O. (2015): *Citizen Science. Neue Möglichkeiten für Naturforschung und Naturschutz in Deutschland*. Neustadt a. d. W., 144 S.
- Röller, O., Walter, R.: ArtenFinder - Citizen Science am Beispiel der Libellen. Erschienen in Freitag, U.; Fuchs-Kittowski, F.; Hosenfeld, F.; Abecker, A.; Kudraß, T. (2016) (Hrsg.): *Umweltinformationssysteme 2016 – Umweltbeobachtung: Nah und Fern*. Proceedings of the 23rd Workshop Umweltinformationssysteme (UIS2016), Leipzig, Germany, June 1-2, 2016, <http://ceur-ws.org/Vol-1781/paper12.pdf> (aufgerufen am 30.08.2018).
- OGC (2018): Observations and Measurements. <http://www.opengeospatial.org/standards/om> (aufgerufen am 30.08.2018).

