

From the Chair of Hydrology and Applied Meteorology
of the Faculty of Agricultural and Environmental Sciences

Summary of the Dissertation

**An Integrated Approach to Flood Risk Assessment Engaging Citizen
Scientists for Bui River Basin, Vietnam**

to obtain the academic degree of Doctor of Engineering (Dr.-Eng.)

at the Faculty of Agricultural and Environmental Sciences
of the University of Rostock

submitted by M.Sc. Ngoc Huan Tran
born in Nam Dinh, Vietnam

Defence on 02 June 2025

Flooding is the most prevalent natural hazard, significantly affecting humans, the economy, and society. Flood risk assessment plays a pivotal role in identifying potential risk areas, evaluating the efficacy of mitigation measures, and proposing suitable strategies. However, this assessment necessitates a substantial quantity of data and information, which is often inadequate in developing countries like Vietnam, particularly in rural areas. Recently, citizen science has emerged as a promising way to gather massive amounts of information. Combined with free and high-resolution remote sensing data, it has the potential to provide valuable data and information for all components of flood risk assessment. Therefore, the goal of this research is to propose an integrated approach for flood risk assessment in data-scarce areas, combining citizen science, remote sensing, field surveys, and literature data. This approach is being applied to a pilot area in the Bui River Basin, Vietnam.

Firstly, a citizen science program was developed to collect flood-related data including flooding situations in the residential area, land-use, flood damage to paddy fields, and rainfall in the Bui River Basin. Citizens in and around the flood-affected area proactively collected and shared flood-related data using data collection apps or paper forms as citizen scientists. 60 citizen scientists contributed 649 completed questionnaires and measurements for the study area over two years. 10% of the citizen scientists, who provided more than 50 data per person, contributed 55% of the data collection for two years, while 45% of the citizen scientists provided a single time. A comparison between citizen science data and other independent data was made, where the overall agreement or correlation coefficient was over 70%, indicating good data quality. The results of this research suggest that citizen involvement in rainfall monitoring fosters sustained participation in the collection of flood-related data, enabling updates on data timely.

Next, this research proposed a DTM-based approach to developing flood maps using flood levels and a digital terrain model (DTM). The flood levels in bare land were determined by intersecting flood boundaries retrieved from Sentinel-1 images with the DTM, while those in residential areas were determined based on the flooding depth from citizen science, field surveys, and terrain elevation at these flooded points. This method was used to develop inundation maps for three events that occurred in 2017, 2018, and 2022. The inundation maps of the two former events were compared with flood-affected areas retrieved from district authorities and a model-based approach. The results showed that this novel approach can reasonably estimate flood extent and depth. The accuracy of the inundation map depends on the number of flooding points in residential areas and the date of the flood image in comparison to the maximum flood level date. Flood probability analysis was conducted for the Bui River Basin, determining that the 2022, 2017, and 2018

flood events were equivalent to 10-, 13-, and 50-year flood events, respectively. This novel approach shows a promising way for developing flood maps in data-scarce areas.

Lastly, the flood risk to agricultural production was estimated by combining flood hazard maps, a land-use map, gross production values for three types of agricultural land, and stage damage functions. The stage damage functions for the paddy crop, nonpaddy crops, and aquaculture were developed based on damage rates and flooding depths gathered from field surveys, citizen science, and literature. The expected annual flood damage in the pilot area to agricultural production is approximately € 65,386, a crucial parameter used for estimating the effectiveness of flood mitigation measures in the future. The results of this research showed an integrated approach to flood risk assessment in data-scarce areas by integrating data from remote sensing, citizen science, field surveys, literature, and open-access sources.

Keywords: Bui River Basin, citizen science, data-scarce areas, flood mapping, flood risk, field surveys, land-use, rainfall monitoring, satellite images, stage damage functions, Vietnam.

Überschwemmungen sind die am verbreitetsten Naturgefahr und haben erhebliche Auswirkungen auf die Menschen, die Wirtschaft und die Gesellschaft. Die Hochwasser-risikobewertung spielt eine zentrale Rolle bei der Identifizierung potenzieller Risikogebiete, der Bewertung der Wirksamkeit von Abhilfemaßnahmen und der Entwicklung geeigneter Strategien. Für diese Bewertung ist jedoch eine große Menge an Daten und Informationen erforderlich, die in Entwicklungsländern wie Vietnam, insbesondere in ländlichen Gebieten, oft unzureichend sind.

In letzter Zeit hat sich die Bürgerwissenschaft als vielversprechender Weg erwiesen, um große Mengen an Informationen zu sammeln. Kombiniert mit kostenlosen und hochauflösenden Fernerkundungsdaten hat sie das Potenzial, wertvolle Daten und Informationen für alle Komponenten der Hochwasserrisikobewertung zu liefern. Ziel dieser Forschungsarbeit ist es daher, einen integrierten Ansatz für die Hochwasser-risikobewertung in datenarmen Gebieten vorzuschlagen, der Bürgerwissenschaft, Fernerkundung, Feldbesichtigung und Literaturdaten miteinander kombiniert. Dieser Ansatz wird in einem Pilotgebiet im Bui-Flusseinzugsgebiet in Vietnam angewendet.

Zunächst wurde ein Bürgerforschungsprogramm entwickelt, um überschwemmungs-bezogene Daten zu sammeln, darunter zur Überschwemmungssituation in Wohn-gebieten, zur Landnutzung, zu Überschwemmungsschäden an Reisfeldern und zu Niederschlägen im Bui-Flusseinzugsgebiet. Bürger, die im von der Überschwemmung betroffene Gebiet oder in seiner Umgebung leben, sammelten proaktiv hochwasserbezogene Daten und teilten sie mit Hilfe von Datenerfassungs-Apps oder Papierformularen mit. 60 dieser Bürgerwissenschaftler trugen über zwei Jahre mit 649 ausgefüllten Fragebögen und Messungen für das Untersuchungsgebiet bei. 10 % der Bürgerwissenschaftler, die mehr als 50 Daten pro Person zur Verfügung stellten, waren zu 55 % an der Datenerhebung über zwei Jahre beteiligt, während 45 % der Bürgerwissenschaftler nur ein einziges Mal Daten lieferten.

Es wurde ein Vergleich zwischen den Daten der Bürgerwissenschaftler mit anderen unabhängigen Daten durchgeführt, wobei die Gesamtübereinstimmung bzw. der Korrelationskoeffizient über 70 % betrug, was auf eine gute Datenqualität hindeutet. Die Ergebnisse dieser Untersuchung legen nahe, dass die Beteiligung der Bürger an der Niederschlags- und Hochwasserüberwachung eine nachhaltige Beteiligung an der Erhebung hochwasserbezogener Daten fördert und eine zeitnahe Aktualisierung der Daten ermöglicht.

Als nächstes wurde ein DTM-basierter Ansatz zur Entwicklung von Überschwemmungskarten unter Verwendung von Hochwasserständen und einem digitalen Geländemodell (DTM) vorgeschlagen. Die Überschwemmungshöhen in unbebauten Gebieten wurden durch die Verschneidung von

Überschwemmungsgrenzen aus Sentinel-1-Bildern mit dem DTM bestimmt, während die Überschwemmungshöhen in Wohngebieten auf der Grundlage von Bürgerbefragungen, Feldbesichtigungen und der Geländehöhe an diesen überschwemmten Punkten bestimmt wurden. Diese Methode wurde genutzt, um Überschwemmungskarten für drei Ereignisse in den Jahren 2017, 2018 und 2022 zu erstellen. Die Überschwemmungskarten der beiden vorangegangenen Ereignisse wurden schließlich mit den von den Bezirksbehörden ermittelten Überschwemmungsgebieten und einem modellbasierten Ansatz verglichen.

Die Ergebnisse zeigen, dass mit diesem neuartigen Ansatz das Ausmaß und die Tiefe von Überschwemmungen vernünftig abgeschätzt werden kann. Er ist damit ein vielversprechender Weg für die Erstellung von Überschwemmungskarten in datenarmen Gebieten. Ihre Genauigkeit hängt von der Anzahl der erfassten Überschwemmungspunkte in Wohngebieten und der zeitlichen Übereinstimmung des Hochwasserbildes mit dem Datum des maximalen Hochwasserstands ab. Die Analyse von Hochwasserswahrscheinlichkeiten im Bui-Flusseinzugsgebiet ergab, dass die Hochwasserereignisse von 2022, 2017 und 2018 einem 10-, 13- bzw. 50-jährlichen Hochwasser entsprechen.

Schließlich wurde das Hochwasserrisiko für die landwirtschaftliche Produktion durch die Kombination von Überschwemmungskarten, einer Landnutzungskarte, Bruttoproduktionswerten für drei Arten von landwirtschaftlichen Flächen und Schadenskurven geschätzt. Die Schadensfunktionen wurden für Reisanbau, Nicht-Reisanbau und Aquakultur auf der Grundlage von Schadensraten und Überflutungstiefen entwickelt, die durch Feldbesichtigung, Bürgerforschung und Literatur gesammelt worden sind. Der erwartete jährliche Hochwasserschaden für die landwirtschaftliche Produktion im Pilotgebiet beträgt ca. 65.386 EUR. Er ist ein entscheidender Ausgangswert für die Abschätzung der Wirksamkeit von Hochwasserschutzmaßnahmen in der Zukunft.

Schlüsselwörter: Bui-Flusseinzugsgebiet, Bürgerwissenschaft, datenarme Gebiete, Überschwemmungskarten, Hochwasserrisiko, Feldbesichtigung, Landnutzung, Niederschlagsüberwachung, Satellitenbilder, Tiefenschadensfunktionen, Vietnam.