

Kartierung von strukturellen Hochwasserschäden an Gebäuden im Ahrtal auf Basis von Befliegungsdaten

Nach Schadensereignissen, wie dem verheerenden Starkregen- und Hochwasserereignis im Ahrtal im Juli 2021, ist es wesentlich für öffentliche Verwaltungen, Versicherer und andere Entscheidungsträger zu wissen, wo und in welchem Ausmaß Städte, Gemeinde und Ortsteile betroffen bzw. zerstört wurden. So müssen Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (BOS) möglichst schnell ein vollständiges Lagebild haben, um in den betroffenen Bereichen sicher und effektiv agieren zu können. Weiterhin benötigen Landes- und Bundesbehörden und Ministerien einen Überblick über das Schadensausmaß, um ggf. finanzielle Soforthilfen oder Wiederaufbau-fonds zu etablieren, um die Bedürfnisse der Bevölkerung abzudecken.

Besonders bei großflächigen Schadensereignissen – das Tief Bernd verursachte Überflutungen im Juli 2021 in vielen Landkreisen von Trier, über Aachen, bis Hagen und zum Sauerland – spielen Satellitenbilder, die heutzutage eine Auflösung von 10 m oder sogar weniger aufweisen können, eine wichtige Rolle während und nach einem Ereignis. Allerdings wird wegen zu hoher Wolkenbedeckung und einem zu unregelmäßigen oder zu großen Zeitintervall zwischen den Aufnahmen die Verwendung solcher Bilder begrenzt.

Aufnahme von Schrägbildern mit Drohnen oder Flugzeugen

Eine immer noch neue, aber zunehmend verbreitete Ergänzung ist die Aufnahme von Schrägbildern mit Drohnen oder Flugzeugen und davon abgeleitete 3D-Modelle. Sogar der europäische Copernicus-Dienst „Rapid Mapping“ hat seit November 2022 Bilder von Fachunternehmen zur Unterstützung der Schadenskartierung verwendet [1] und plant, mehr davon zu erwerben [2]. Nicht nur durch hochaufgelöste (in Bereichen von 5 cm bis 20 cm großen Pixeln), sondern auch geneigte Bilder lassen

sich mehrere Schadensmerkmale – z. B. Unterspülungen des Fundaments, Setzungen oder Risse an Wänden – leichter und genauer erkennen [3, 4].

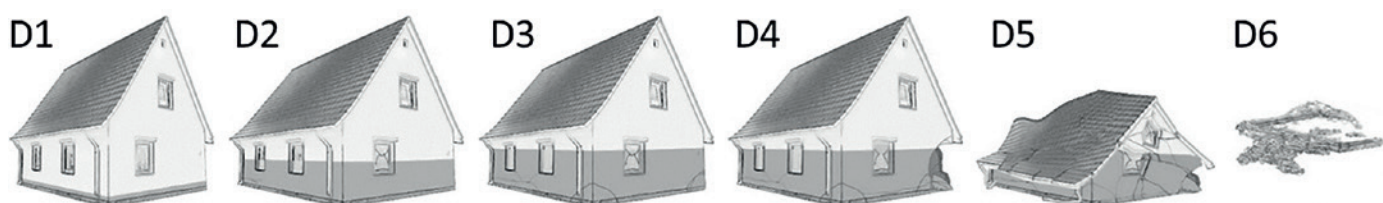
Ein Team der Universität Potsdam hat daher in Zusammenarbeit mit der Hochschule Koblenz untersucht, wie anwendbar solche Daten für Schadenskartierungen ohne Vor-Ort-Begehungen sind und welche Voraussetzungen oder Einschränkungen zu berücksichtigen sind. Die erste Frage ist, wie Schäden beschrieben werden können. Dafür existiert bereits ein im Zentrum für die Ingenieuranalyse von Erdbebenschäden der Bauhaus-Universität Weimar entwickeltes Schadensklassifikationsschema [5], das Gebäudeschaden in sechs Klassen unterteilt und in der Regel bei Aufnahmen im Gelände erneut zum Einsatz gekommen ist und zudem auf die Fachwerkbauweise erweitert wurde [6]. In Bezug auf [5] besteht Untersuchungsbedarf, ob dieses ingenieurorientierte Klassifikationsschema für andere Personen verständlich und auf Bildmaterial anwendbar ist [7].

Anwendung Klassifikationsschema

Um die Forschungsfrage zu beantworten, wurden drei Untersuchungsschritte durch-

geführt. Zuerst wurde geprüft, ob ein Team, das das Klassifikationsschema nicht entwickelt hat und über wenig bauphysikalische Expertise verfügt, es benutzen kann. Dafür wurden zwei Vor-Ort-Kartierungen, bei denen das Schadensschema in Braunschweig im Juni 2016 unabhängig voneinander angewendet wurde, verglichen. Ein Datensatz wurde von den Entwicklern des Schemas erstellt [8], der andere von einem unabhängigen und weitgehend ungeschulten Team [9]. Interrater-Reliabilitätskoeffizienten zeigen, dass die Anwendung als zuverlässig beurteilt werden kann [10].

Im zweiten Schritt haben drei Kartierer, die über Vorkenntnisse zu Hochwasserauswirkungen und Gebäudeschäden verfügen, aber keine Experten bei der Anwendung des Klassifikationsschemas sind, mithilfe einem aus Schrägbildern abgeleiteten texturierten 3D-Modell und senkrechten Aufnahmen jeweils mehrere hundert Gebäude im Ahrtal kartiert, für das das oben genannte Klassifikationsschema angepasst wurde, d. h. es wurde eine 6. Stufe (Gebäude wurde vollständig weggespült) ergänzt. Diese drei Kartierungen wurden wieder mithilfe von Interrater-Reliabilitätskoeffizienten bewertet und als



Zuordnung der sechs Schadensgrade zu Schadensbildern basierend auf [5]

Das Projekt „KAHR“

Diese Untersuchung wurde im Rahmen des Projekts „Klimaanpassung, Hochwasser und Resilienz – KAHR“ entwickelt, das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert wird (Förderkennzeichen 01LR2102D, 01LR2102I). Weitere Informationen finden sich unter [11].

akzeptabel beurteilt [10]. Im Vergleich zu Vor-Ort-Kartierungen ist zwar eine größere Variabilität festzustellen, aber die Werte bewegen sich noch in einem akzeptablen Niveau, zwischen 0,593 und 0,827. Eine Bandbreite von 0,60 bis 0,80 kann als erhebliche oder gute Übereinstimmung interpretiert werden. Die Bewertung mit solchen Koeffizienten beweist allerdings nicht, ob die Kartierungen tatsächlich der Realität entsprechen.

Daher wurden im dritten Schritt die Kartierungen auf Grundlage der Fernerkundungsdaten mit einer Vor-Ort-Kartierung in ausgewählten Gemeinden des Ahrtales verglichen. Unter Berücksichtigung der Unsicherheit bei der Zuweisung einer Schadensklasse, die auch bei einer Vor-Ort-Kartierung vorkommen, ist ein Unterschied von einem Schadensgrad durchaus vertretbar. So kann man beispielsweise nur durch das Eintreten in ein Gebäude eine Kontamination oder Risse in den inneren Wänden beobachten; dies sind Merkmale, die den strukturellen Schaden sehr beeinflussen, aber in Fernerkundungsdaten nicht erkennbar sind. Die Analyse zeigte, dass sich insgesamt ca. 90 Prozent der kartierten Gebäude maximal durch einen Schadensgrad von der Vor-Ort-Kartierung unterscheiden [10].

Fazit

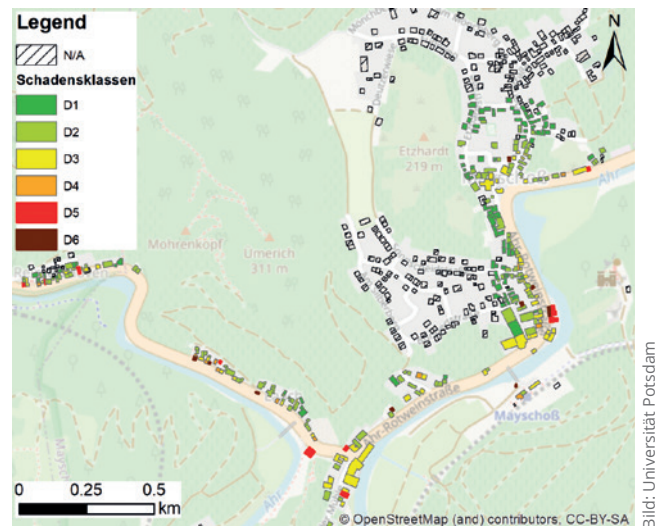
Die Untersuchungen belegen, dass Fernerkundungsdaten eine schnelle, zuverlässige und großflächige Kartierung von Gebäudeschäden erlauben. Die drei Kartierer konnten im Durchschnitt 72 Gebäude pro Stunde kartieren. Diese Angaben können verwendet werden, um mithilfe von weiteren Methoden und Daten, wie hydraulischen Modellierungen und Schadensmodellen, auch die ökonomischen Schäden einzuschätzen und weitere Empfehlungen für den Wiederaufbau oder die Hochwasservorsorge abzuleiten.

Danksagung

Diese Untersuchung wurde zusammen mit M. Sc. Oliver Koch (Hochschule Koblenz), Dr. Tobias Sieg und Aaron Burhmann (Universität Potsdam), Dr.-Ing. Holger Maiwald und Dr.-Ing. Jochen Schwarz (Bauhaus-Universität Weimar) entwickelt.

Quellen:

- [1] Copernicus: Introducing the Aerial Component to Improve CEMS Mapping Products. Information Bulletin 170 (2023). <https://emergency.copernicus.eu/mapping/ems/information-bulletin-170-introducing-aerial-component-improve-cems-mapping-products>
- [2] JRC: Drones and planes: unprecedented imagery resolution supports disaster assessment. EU Science Hub (2023). https://joint-research-centre.ec.europa.eu/jrc-news-and-updates/drones-and-planes-unprecedented-imagery-resolution-disaster-assessment-2023-09-25_en
- [3] Adams, S. M.; Levitan, M. L.; Friedland, C. J.: High Resolution Imagery Collection for Post-Disaster Studies Utilizing Unmanned Aircraft Systems (UAS). In: Photogrammetric Engineering & Remote Sensing 80 (2014) H. 12
- [4] Kerle, N.; Nex, F.; Gerke, M.; Duarte, D.; Vetrivel, A.: UAV-Based Structural Damage Mapping: A Review. In: ISPRS International Journal of Geo-Information 9 (2020) H. 1, Article 1
- [5] Maiwald, H.; Schwarz, J.: Unified damage description and risk assessment of buildings under extreme natural hazards. In: Mauerwerk 23 (2019) H. 2
- [6] Maiwald, H.; Schwarz, J.; Kaufmann, Ch.; Abrahamczyk, L.: Das Hochwasser 2021 – Ingenieuranalyse der Bauwerksschäden. In: Bautechnik 99 (2022) H. 12



Beispiel der Kartierung in einem Ortsteil. Für eine vollständige Beschreibung der Ergebnisse und weitere detaillierte Beispiele vgl. [10]

- [7] O'Connor, C.; Joffe, H.: Intercoder Reliability in Qualitative Research: Debates and Practical Guidelines. In: International Journal of Qualitative Methods 19 (2020)
- [8] Maiwald, H.; Schwarz, J.: Die Sturzflut von Braunsbach – Ingenieuranalyse der Gebäudeschäden. In: Bautechnik 93 (2016) H. 12
- [9] Laudan, J.; Rözer, V.; Sieg, T.; Vogel, K.; Thieken, A. H.: Damage assessment in Braunsbach 2016: Data collection and analysis for an improved understanding of damaging processes during flash floods. In: Natural Hazards and Earth System Sciences 17 (2017) H. 12, S. 2163 – 2179
- [10] Samprogna Mohor, G.; Sieg, T.; Koch, O.; Burhmann, A.; Maiwald, H.; Schwarz, J.; Thieken, A. H.: Remote sensing-based mapping of structural building damage in the Ahr valley (in Begutachtung beim Journal of Flood Risk Management)
- [11] www.hochwasser-kahr.de

Autoren

Dr.-Ing. Guilherme Samprogna Mohor

Prof. Dr. Annegret H. Thieken

Universität Potsdam

Institut für Umweltwissenschaft und Geographie

I: www.uni-potsdam.de/de/umwelt