

Niederschlag: Datenqualität und Verarbeitung für praktische Anwendungen in der Hydrologie

Die Anforderungen an Niederschlagsdaten für städtische Gebiete wurden schon früh mit einer Auflösung von einem Wert pro 1 km² und pro Minute formuliert. Um diese Anforderungen auch mit einer hohen Datenqualität zu erfüllen, sind Kriterien erforderlich, die dafür sorgen, dass Daten mit dieser Auflösung nachvollziehbar verlässlich und mit benannten Unsicherheiten vorliegen. Ein Fallbeispiel verdeutlicht die Vorgehensweise.

Thomas Einfalt und Marc Scheibel

1 Anforderungen aus der Anwendung

1.1 Hochwasserwarnung für städtische Gebiete

Die Anforderungen an Niederschlagsdaten für städtische Gebiete wurde schon früh mit einer Auflösung von einem Wert pro 1 km² und pro Minute formuliert [4].

Darüber hinaus ist eine Niederschlagsvorhersage über eine bis drei Stunden je nach Reaktionszeit des Einzugsgebietes erforderlich. Die erforderliche Qualität der Vorhersage sollte an anderer Stelle diskutiert werden.

1.2 Ereignisauswertung

Zur Bestimmung der Zuständigkeiten nach einem Ereignis, aber auch für die Nachbetrachtung einer Überflutung in einem Modell sind Auswertungen extremer Ereignisse erforderlich. Hier werden besondere Anforderungen an die Genauigkeit der ausgewerteten und bereitgestellten Daten formuliert, damit auch Vergleiche zu Extremwertstatistiken möglich sind. Auch hier sind die zeitlichen und räumlichen Anforderungen wie oben angegeben ein Wert pro km² und Minute.

2 Datenqualität

2.1 Regenschreiber

Die Qualität von Regenschreibern ist bei guter Wartung verlässlich gut. Unsicherheiten bestehen insbesondere bei Windeinfluss [6]. Der hauptsächliche Nachteil von Regenschreibern ist die geringe räumliche Repräsentativität, besonders bei konvektiven Ereignissen mit großen kleinräumigen Unterschieden, wie sie beispielsweise am 10.05.2018 in Hamburg und am 29.05.2018 in Wuppertal auftraten.

2.2 Wetterradar

Durch das flächendeckende Radarmessnetz des Deutschen Wetterdienstes (DWD) liegt eine gute Datengrundlage vor, Niederschläge in hoher zeitlicher und räumlicher Auflösung abzuschätzen. Wie in der VDI-Richtlinie 3 786 Blatt 20 [7] dargestellt, sind

für Niederschlagsauswertungen mittels Radardaten kritische Untersuchungen und gegebenenfalls Korrekturen der vom DWD gelieferten Daten erforderlich.

3 Datenprozessierung

Die Datenprozessierung für die Erstellung belastbarer Niederschlagsdaten aus Radar und Regenschreiber beinhaltet die Korrektur der Radarmessung auf Messfehler und Artefakte, die Überprüfung der Regenschreibermessung, die Aneichung gemäß VDI-Richtlinie 3 786 [7] der Radardaten an die Regenschreiberwerte an den Stationen und die Abschätzung der Unsicherheit der erzielten Ergebnisse durch eine Verifizierung mit unabhängigen Stationen. Eine Kreuzvalidierung ist in den meisten Fällen nicht praktikabel, wäre aber wünschenswert für die Fehlerabschätzung.

Die Aneichung kann online für zeitkritische Anwendungen stattfinden oder offline. Die zweite Variante ergibt dabei systematisch bessere Ergebnisse, da dort Radar- und Regenschreibermessungen über identische Zeiträume miteinander verglichen werden und nicht aus vergangenen Zeitintervallen auf den gegenwärtigen Zeitpunkt geschlossen werden muss. Unsicherheiten der Aneichung beruhen insbesondere auf den oben

Kompakt

- Eine Kombination aus Radarmessungen (Wetterradar) und Regenschreibermessungen (Bodenstationen) ergibt die bestmögliche Qualität von Niederschlagsdaten für hydrologische Anwendungen.
- Niederschlagsdaten hoher Qualität und Auflösung müssen eine nachvollziehbare Prozesskette zur Datenqualitätssicherung durchlaufen, die auch die Unsicherheit jedes Einzelwertes beschreibt.
- Durch eine standardisierte Prozesskette werden Auswertungen wiederholbar, nachvollziehbar und vergleichbar. Das ist für eine allgemeine Akzeptanz erforderlich.

genannten Unterschied des Messprinzips: während die Radarmessung einen gemittelten Wert pro Flächeneinheit (Pixel) ergibt, sind Regenschreibermessungen Punktmessungen. Innerhalb eines Pixels von einem Quadratkilometer wurden Unterschiede in der Punktmessung von 20 % beobachtet [3]. Auch aus diesem Grund gibt es Forschungen zur besseren Darstellung der Niederschlagsverteilung innerhalb eines Pixels (z. B. [1]).

4 Fallbeispiel: Starkregenereignis vom 29. Mai 2018 in Wuppertal

Das Starkregenereignis in Wuppertal verursachte

- den Anstieg des Pegels der Wupper zum höchsten Wert der letzten 80 Jahre innerhalb einer Stunde,
- überflutende und erodierte Gewässer mit Abfall und Treibholz in den Kleingewässern,
- große überflutete Gebiete abseits der Gewässer,
- den Einsturz der Dächer einer Tankstelle und eines Gebäudes der Universität,
- überflutete Infrastruktur und Gebäude.

Es war das erste in einer Reihe von drei Ereignissen, die Wuppertal innerhalb von zwei Wochen trafen. Wuppertal ist eine stark urbanisierte Stadt im Bergischen Land.

Bei einer Überflutung mit Schäden ist es nützlich, die Gründe in Form einer Ursache-Wirkung-Beziehung darstellen zu können. Dieses ist eine Herausforderung an die Kommunikation mit Betroffenen, da die Wiederkehrhäufigkeiten von Nieder-

schlag und Wasserstand in verschiedenen Gewässern stark unterschiedlich sein kann - wie auch im betrachteten Fall.

Bei dem betrachteten Ereignis lagen viele überflutete Gebiete nicht in der Nähe von Gewässern - Straßen dienten dem Wasser hier als Transportweg. Die Vorbedingungen zu dem Ereignis waren sehr trocken, so dass die Wupper in der Lage war, große Teile des Niederschlagsabflusses schnell aufzunehmen und trotz der extremen Niederschlagsmengen niemand verletzt wurde. Dadurch wechselte die Wupper innerhalb einer Stunde vom Niedrigwasserregime zum höchsten Wasserstand der letzten 80 Jahre.

Um das Ereignis nachvollziehen zu können, genügt es nicht, die Stationsdaten der Regenschreiber zu betrachten. Nur wenige Stationen wurden direkt von der Niederschlagszelle getroffen (**Bild 1**), so dass die Spitze von fast 150 mm nicht entdeckt worden wäre. Hierfür waren Radarmessungen erforderlich, die an die Messungen aus dem dichten Messnetz angeeicht wurden. Es wurden hier 37 der 44 Stationen verwendet und die verbleibenden sieben Stationen für die Verifizierung der Aneichung eingesetzt. Kriterien für die Aneichung waren in der Regressionsanalyse ein hoher Korrelationskoeffizient und eine Steigung von möglichst 1,00 (**Bild 2**). Zusätzlich wurde der mittlere absolute Fehler (mean absolute error, MAE) ausgewertet (**Tabelle 1**).

Der Vergleich der maximalen Stundensumme (>120 mm) zur Extremwertstatistik KOSTRA 2010R [2] zeigt, dass der Wert deutlich oberhalb des Wertes für die Wiederkehrhäufigkeit einmal in 100 Jahren liegt (48,6 mm in 60 Minuten). Nach dem Starkregindex [5] liegt das Ereignis bei der Stufe 11 von 12 möglichen – Stufe 7 entspricht der Wiederkehrhäufigkeit einmal in 100 Jahren.

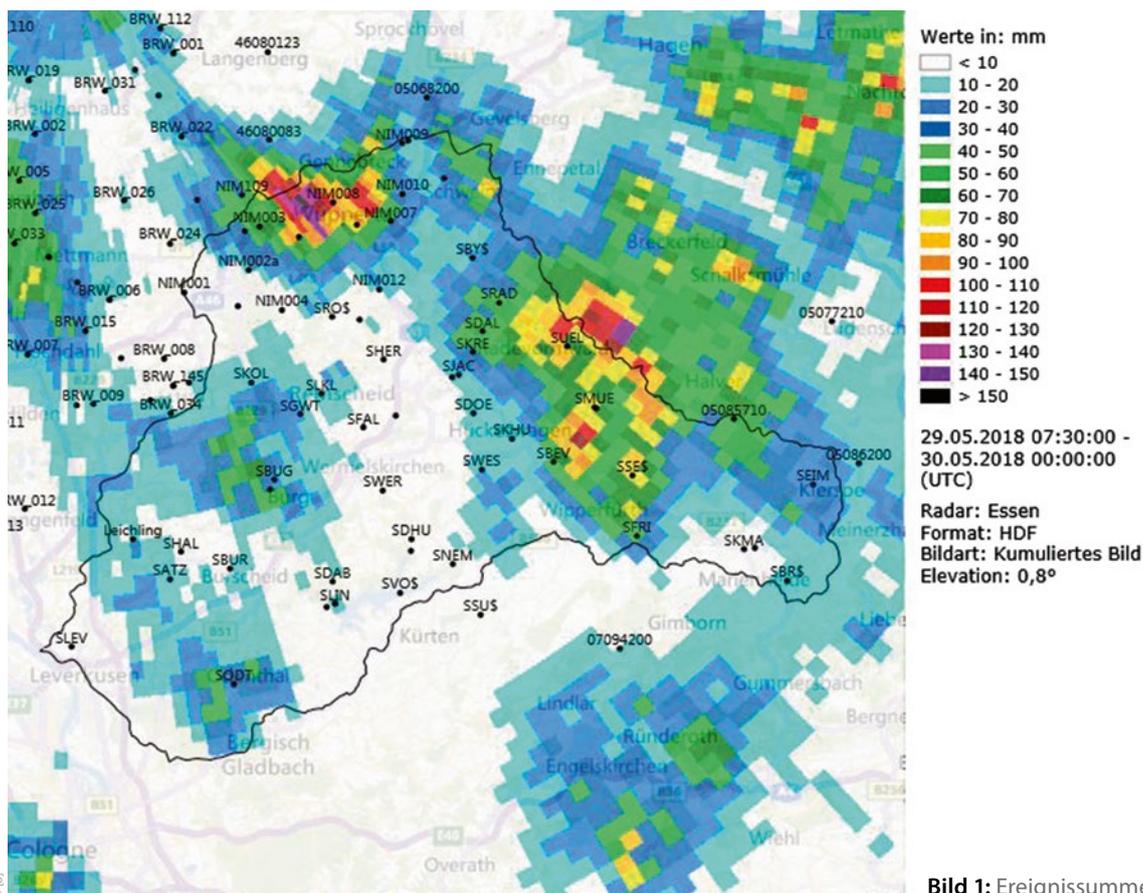


Bild 1: Ereignissumme am 29. Mai 2018

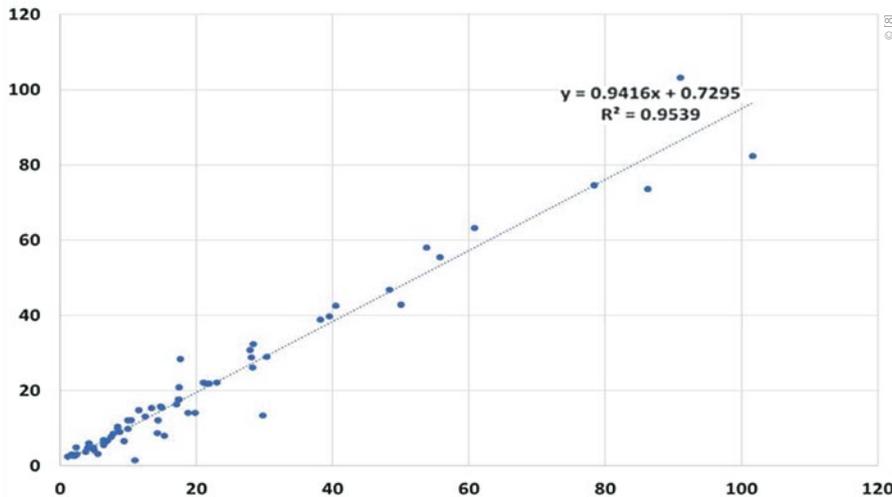


Bild 2: Prüfung der Aneichung anhand der Ereignissumme [in mm]

5 Mögliches Standardverfahren für die Ereignisauswertung

Ein Verfahren, um verlässliche Ergebnisse bei einer Ereignisauswertung zu erzielen, sollte folgenden Minimalstandards genügen:

5.1 Kenntnis der Anfangsbedingungen

Das Wissen zu Bodenfeuchte, aktueller Kapazität des Kanal- oder Gewässersystems und den zugehörigen Rückhalteräumen ist für eine nachvollziehbare und belastbare Untersuchung notwendig.

5.2 Betrachtung der gesamten Ereignisdauer

Die Grundlagendaten der Analyse sollten das komplette Ereignis umfassen, einschließlich der letzten 24 Stunden vor Schadensbeginn, um die Zeit für Vorbelastungen berücksichtigen zu können.

5.3 Verwendung von Radardaten

Radardaten mit einem Zeitschritt von 5 Minuten oder weniger sind erforderlich für statistische Auswertungen zusammen mit einer räumlichen Auflösung von 1 km x 1 km oder weniger.

5.4 Qualitätskontrolle der Radardaten

Radardaten müssen nach dem Stand der Wissenschaft qualitätskontrolliert werden. Dieses umfasst zumindest Prüfungen und Korrekturen zu Bodenechos, Strahlblockierung, Dämpfung, Hagel, Bright Band (falls erforderlich) und eine zeitliche Interpolation für Daten mit einem Zeitschritt von mehr als einer Minute (**Bild 3**).

Tabelle 1: MAE der sieben Verifizierstationen für drei Verfahren der Aneichung [in mm] (Quelle: Einfalt und Scheibel)

Verifizierung: 7 Stationen	
Ohne Aneichung	19,00
Aneichung ohne Dämpfungskorrektur	10,39
Aneichung mit Dämpfungskorrektur	7,49

5.5 Qualitätskontrolle der Regenschreiberdaten

Regenschreiber stellen die Referenzmessung am Boden dar, wenn Radarreflektivitätsmessungen verwendet werden. Eine Aneichung entsprechend nationaler und internationaler Richtlinien (VDI, DWA, ISO, WMO) ist für die Radardaten mit Regenschreibermessungen durchzuführen. Stationen aller Betreiber im Umkreis von 30 km von aufgetretenen Schäden sollten dabei einbezogen werden. Da die Regenschreibermessungen hier eine wesentliche Rolle spielen, müssen sie ebenfalls sehr sorgfältig geprüft werden.

5.6 Unsicherheitsabschätzung des Ergebnisses

Falls die Messnetzdichte geringer ist als eine Station pro 10 km², ist eine Sensitivitätsanalyse erforderlich, die das 90-%-Perzentil des Ergebnisses der Aneichung beschreibt. Hierfür können verschiedene Verfahren zur Aneichung, eine Kreuzvalidierung oder die Berücksichtigung der acht Nachbarpixel um den Regenschreiberstandort verwendet werden.

5.7 Vergleich mit Extremwertstatistiken

Um ein Ereignis als „außergewöhnlich“ einzuordnen, wird eine örtlich repräsentative Extremwertstatistik verwendet. Diese wird für die Dauerstufen 5 Minuten bis 24 Stunden mit den jeweils höchsten Pixelwerten der erhaltenen Niederschlagsdaten ausgewertet. Die seltenste Wiederkehrhäufigkeit ist dann die Ereigniswiederkehrhäufigkeit.

Für die Kommunikation mit der Öffentlichkeit wird auch der Starkregenindex [5] als Maßstab verwendet.

Thomas Einfalt and Marc Scheibel

Precipitation data quality and processing for applications in hydrology

Requirements on precipitation data have been formulated by urban hydrologists early as resolutions in space of 1 km² and in time of 1 minute. To fulfil such requirements with a high data quality standard, criteria must be repeatable. For event analysis, an impact related procedure additionally needs to be comparable. A best practice example is used for a tentative definition of such a method.

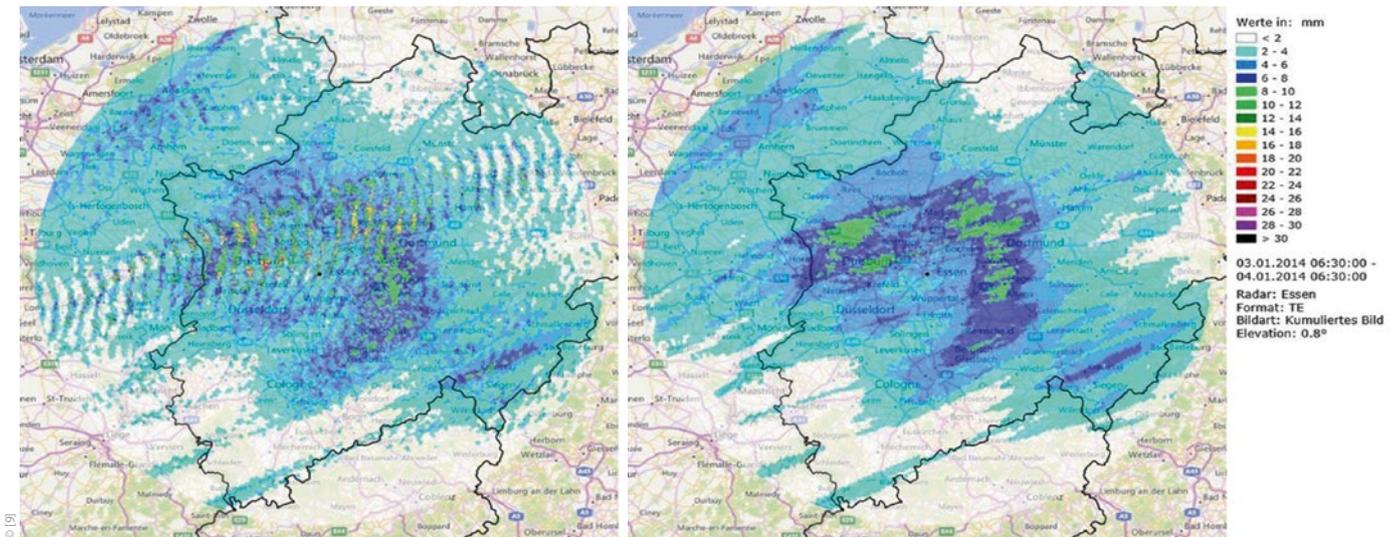


Bild 3: Radardaten vor (links) und nach (rechts) dem Korrekturschritt „zeitliche Interpolation“

5.8 Betrachtung des hydrologischen Kontextes

Bei aufgetretenen Schäden ist zusätzlich ein Blick auf die hydrologischen Bedingungen zu werfen, da hohe Niederschlagsmengen in Fließrichtung unterhalb ebenfalls Schäden verursachen können.

6 Ergebnisse und Diskussion

Niederschlagsdaten liegen in unterschiedlichen Qualitäten vor. Diese müssen klar benannt bzw. die Unsicherheiten dargestellt werden.

Messungen aus Stationsdaten haben das Problem der räumlichen Repräsentativität und sind deshalb für kurze Starkregen bis zu einer Stunde Dauer nur am Messort selber belastbar.

Die Niederschlagsbestimmung aus Radarmessungen und Regenschreiberdaten zeigt das Niederschlagsgeschehen zeitlich und räumlich hoch aufgelöst. Wesentliche Aspekte zur Bestimmung der Unsicherheit der Niederschlagsabschätzung am Ort sind - neben der Qualität der Stationsdaten - die Frage, ob die Radardaten online oder zeitversetzt angeeicht wurden und welche Korrekturen sie durchlaufen haben. Hier ist die Verwendung von Mindestanforderungen, auch im Hinblick auf unterschiedliche Anwendungen, dringend geboten.

Autoren

Dr. Thomas Einfalt
hydro & meteo GmbH & Co. KG
Breite Str. 6-8
23552 Lübeck
einfalt@hydrometeo.de

Dipl.-Ing. Marc Scheibel
Wupperverband
Untere Lichtenplatzer Str. 100
42289 Wuppertal
schei@wuppverband.de

Literatur

- [1] Benoit, L.; Mariethoz, B.: Local-scale radar-rain gauge data fusion. In: 11th International Workshop on Precipitation in Urban Areas, Pontresina, Schweiz, 2018.
- [2] Junghänel, T.; Ertel, H., Deuschländer, T.: DWD KOSTRA 2010R. Deutscher Wetterdienst, Offenbach/Main, 2017.
- [3] Schellart, A. N. A.; Wang, L.; Onof, C.: High resolution rainfall measurement and analysis in a small urban catchment. In: 9th International Workshop on Precipitation in Urban Areas: Urban Challenges in Rainfall Analysis (UrbanRain), 2012.
- [4] Schilling, W.: Rainfall data for urban hydrology: what do we need? In: Atmospheric Research 27 (1991), Heft 1-3, S. 5-21.
- [5] Schmitt, T. G.; Krüger, M.; Pfister, A. et al.: Einheitliches Konzept zur Bewertung von Starkregenereignissen mittels Starkregenindex. In: KW Korrespondenz Wasserwirtschaft (2018), Nr. 2, S. 82 ff.
- [6] Sevruk, B.: Correction of precipitation measurements, summary report. In: Sevruk, B. (Hrsg.): Proceedings of the WMO/IAHS/ETH Workshop on the Correction of Precipitation Measurements, Zürich (2985), S. 13-23.
- [7] VDI (Hrsg.): Umweltmeteorologie – Bodengebundene Fernmessung des Niederschlags-Wetterradars. In: VDI-Richtlinien (2014), Nr. 3 786, Blatt 20.
- [8] hydro & meteo GmbH & Co. KG (Hrsg.): Starkregenauswertung mit Radar für die Ereignisse vom 29. Mai, 01. Juni und 09. Juni 2018 in Wuppertal. Lübeck, 2018.
- [9] hydro & meteo GmbH & Co. KG (Hrsg.): Schulungsunterlagen für den Südafrikanischen Wetterdienst. Lübeck, 2019.

 SpringerProfessional.de

Niederschlagsdaten

Hofmann, J.; Schüttrumpf, H.: Ein holistischer Modellansatz für ein multifunktionales Starkregenrisiko-Informationssystem. In: Wasser-Wirtschaft, Ausgabe 4/2019. Wiesbaden: Springer Vieweg, 2019. www.springerprofessional.de/link/16592594

Weilguni, V.: Vom Messwert zum Bemessungsniederschlag – ein Service der Hydrographie Österreichs. In: Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft, Ausgabe 1-2/2019. Wien: Springer, 2019. www.springerprofessional.de/link/16235706