

# Was für Niederschlagsdaten werden benötigt, um den Abfluss von extremen Starkregen zu simulieren? – Eine alpine Fallstudie

Alrun Jasper-Tönnies<sup>1)</sup>, Thomas Einfalt<sup>1)</sup>, Manfred Kleidorfer<sup>2)</sup>, Christian Mikovits<sup>2)</sup>  
und Wolfgang Rauch<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> hydro & meteo GmbH & Co. KG, Breite Straße 6-8, 23552 Lübeck, jasper-toennies@hydrometeo.de

<sup>2)</sup> Universität Innsbruck, Arbeitsbereich Umwelttechnik, Technikerstrasse 13, 6020 Innsbruck

## Kurzfassung

Niederschlagsdaten sind die grundlegenden Eingangsdaten für Abflusssimulationen. Da die hydrologischen Simulationsergebnisse wesentlich von der Genauigkeit dieser Eingangsdaten abhängen, ist eine möglichst gute Datenbasis die Voraussetzung für realistische Simulationsergebnisse. Für die Kanalnetzmodellierung ist eine hohe zeitliche und räumliche Auflösung der Eingangsdaten erforderlich. In vielen Studien werden Niederschlagsdaten von Regenschreibern verwendet, die zwar zeitlich eine hohe Genauigkeit aufweisen, aber nur eine begrenzte räumliche Repräsentativität, wodurch es zu großen Abweichungen zwischen Simulationsergebnissen und Abflussmessungen kommen kann. Durch die Verwendung von Radarmessungen wird die räumliche Darstellung der Niederschläge verbessert, allerdings treten dabei andere Nachteile auf, die mit der Funktionsweise der Radarmessung zusammenhängen. In einem alpinen Gebiet sind die Niederschlagsintensitäten stark durch die Orographie beeinflusst und eine hohe räumliche Auflösung ist von besonderer Bedeutung. Andererseits werden durch die spezielle Orographie die Niederschlagsmessungen von Radar erschwert. In diesem Zusammenhang wurde das Extremereignis vom 17. Juli 2010 in Innsbruck untersucht. Dafür wurden Niederschlagsdaten von 3 Quellen: Regenschreiberstationen, Radar und INCA-Reanalysen verglichen, und es wurde untersucht, wie sich die verschiedenen Beobachtungsdaten auf die Ereignisauswertung auswirken.

## Einleitung

Am 17. Juli 2010 trat in Innsbruck ein heftiges Gewitter mit starken Niederschlägen und Hagel auf. An den ZAMG-Stationen Innsbruck-Flugplatz und Universität wurden Niederschlagsmengen von 14 l/m<sup>2</sup> und 34 l/m<sup>2</sup> in 30 Minuten gemessen. Durch den Hagel und abgefallenes Laub kam es zu verstopften Gullies und Einläufen. Das führte zu einer Überschwemmung der historischen Altstadt, wo sich das Wasser bis zu einer Höhe von 60 cm aufstaute. Im Osten der Stadt betrugen die Wasserstände bis zu 40 cm auf Straßen und Bürgersteigen. Schäden traten vor allem im Zentrum der Stadt auf: Mehrere Gebäude und Keller wurden geflutet, unter anderem die Bibliothek des Tiroler Landesmuseums.

Das Einzugsgebiet der Stadt Innsbruck hat eine Größe von ca. 2030 ha, wovon 745 ha versiegelt sind. Das Kanalnetzsystem wird im Mischsystem entwässert und als hochaufgelöstes hydrodynamisches System modelliert, das aus 5358 Knoten, 4528 Teileinzugsgebieten, 5695 Haltungen und 53 Überläufen besteht. Das gesamte System führt zu einer zentralen Kläranlage (Kleidorfer et al., 2013).

Für die Simulation von kleinräumigen städtischen Einzugsgebieten und Kanalnetzsystemen ist die zeitliche und räumliche Genauigkeit der eingehenden Niederschlagsdaten von besonderer Bedeutung. Im Rahmen einer Fallstudie wurde daher das Ereignis vom 17. Juli 2010 anhand von Niederschlagsdaten aus verschiedenen Quellen untersucht.

## Daten

Die folgenden Datensätze wurden analysiert:

- 1) INCA Reanalyse-Daten: INCA ist das operationelle Analyse- und Nowcastingsystem der ZAMG (Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik). Die Niederschlagsdaten stellen eine Kombination aus Radardaten, klimatologischen Daten und höhenabhängig interpolierten Stationsdaten dar. Sie haben eine räumliche Auflösung von  $1 \times 1 \text{ km}^2$  und eine zeitliche Auflösung von 15 min.
- 2) Niederschlagsmessungen von Radar: Auf Basis von Volumendaten des Radars Patscherkofel in der Nähe von Innsbruck, zur Verfügung gestellt durch AustroControl. Die zeitliche Auflösung der Daten beträgt 5 min, die räumliche Auflösung  $1^\circ \times 1 \text{ km}$ . Von drei Elevationen (Messebenen) bei  $0.6^\circ$ ,  $1.7^\circ$  und  $2.7^\circ$  stehen Messungen zur Verfügung.
- 3) Regenschreiberdaten von 4 Messstationen im Stadtgebiet Innsbruck mit kontinuierlichen Messdaten von dem Ereignis. Die Stationen werden von der ZAMG und von den lokalen Abwasserbetrieben IKB (Innsbrucker Kommunalbetriebe) betrieben.

## Auswertung

In Abbildung 1 sind die Niederschlagssummen während des Ereignisses von 11:00-15:00 UTC an den Regenschreibern im Stadtgebiet dargestellt. Eine Interpolation der Stationsdaten mit dem IDW-Verfahren (Inverse Distance Weighting) auf ein  $1 \text{ km} \times 1 \text{ km}$  Raster ist in der rechten Abbildung gezeigt. Die Regenschreiberstationen liegen im südlichen Teil von Innsbruck, die weiteste Entfernung von einem Punkt innerhalb der Stadt bis zum nächsten Regenschreiberstandort beträgt ca. 4 km.

Niederschlagssummen vom Radar Patscherkofel sind in Abbildung 2 dargestellt. Dabei handelt es sich um die Ereignissummen basierend auf den von AustroControl gelieferten Radarintensitäten vor der Durchführung von weiteren Korrekturen. Während die drei Elevationen an einzelnen Radarpixeln sehr unterschiedliche Werte haben, ist die räumliche Struktur und Ausdehnung des Niederschlagsgebiets jeweils ähnlich.

Im nächsten Bearbeitungsschritt wurden die Radarintensitäten korrigiert (reverser Speckle, Dämpfung, Hagelintensität, zeitliche Interpolation und Glättung). Anschließend wurde eine faktorbasierte Aneichung auf Basis der Regenschreiberdaten durchgeführt (Frerk et al., 2012, Jasper-Tönnies et al., 2014). Die resultierende Niederschlagssumme (basierend auf der niedrigsten Elevation  $0.6^\circ$ ) ist in Abbildung 3 (linke Seite) dargestellt. Die Artefakte sind im Vergleich zu den Originaldaten weitgehend behoben und die räumliche Verteilung des Niederschlags wirkt plausibel. Im Vergleich zu Abbildung 1 fällt auf, dass die maximalen Niederschläge im Nordosten der Stadt gemessen wurden. Da sich dort keine Regenschreiberstation befindet, führt eine Auswertung nur auf Basis der Regenschreiber zu einer Unterschätzung der Niederschlagsmenge im Stadtgebiet.

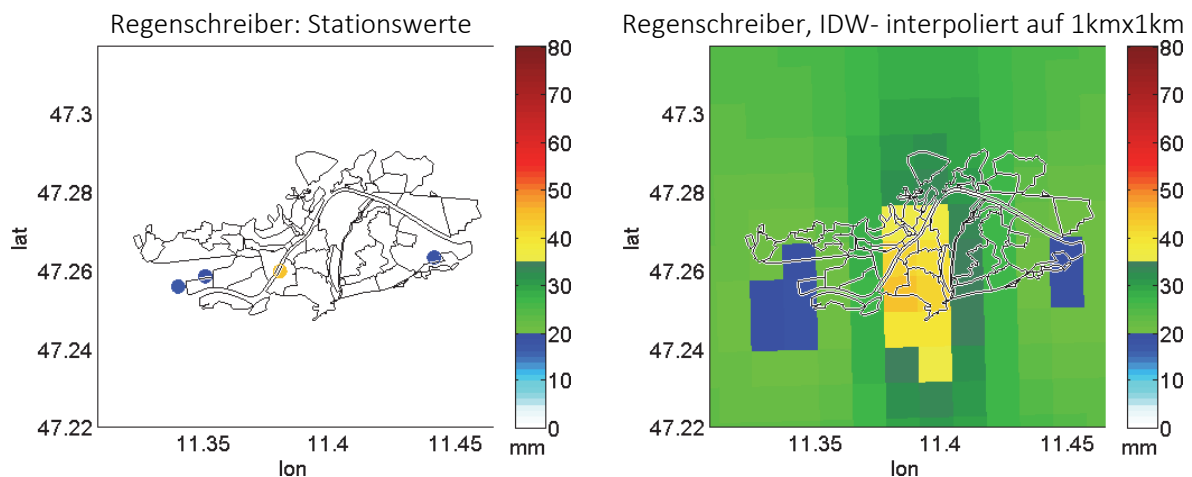


Abbildung 1: Niederschlagssummen an den Regenschreiberstandorten im Stadtgebiet Innsbruck (links) von 11:00-15:00 UTC. Rechts wurden die Daten mit IDW-Verfahren auf ein  $1 \text{ km} \times 1 \text{ km}$  Raster interpoliert.

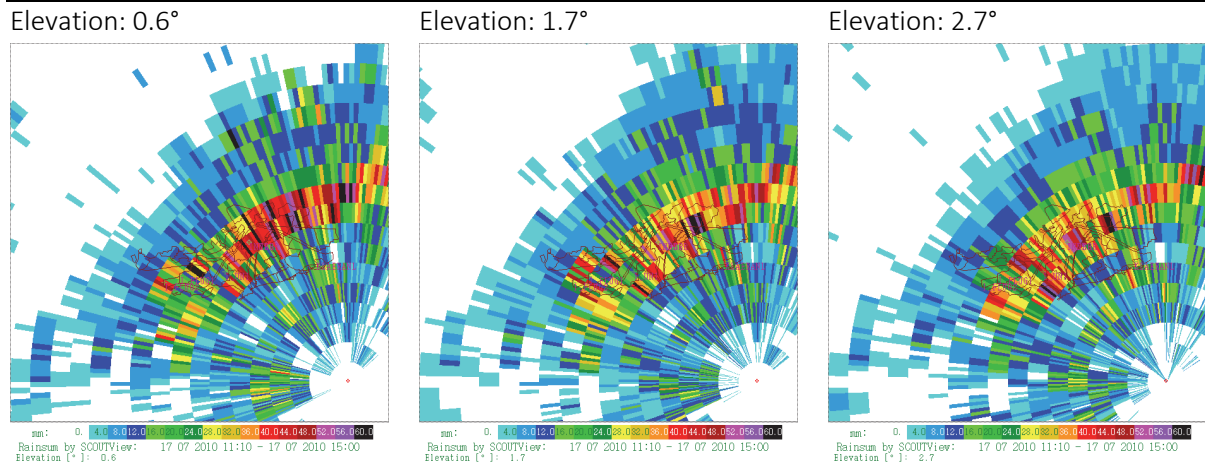


Abbildung 2: Niederschlagssummen vom Radar Patscherkofel, 11:00-15:00 UTC. Dargestellt sind die Niederschlagssummen basierend auf Radarintensitäten von 3 Elevationen vor der Nachbearbeitung und Datenkorrektur.

In Abbildung 3 (rechte Seite) ist die Niederschlagssumme von 11:00 – 15:00 UTC auf Basis der INCA-Daten dargestellt. Wie in den Radardaten liegt das Maximum der Niederschlagssummen im Nordosten der Stadt. Die räumliche Verteilung unterscheidet sich allerdings von den Radarmessungen: das Niederschlagsfeld ist räumlich weniger begrenzt, mit höheren Niederschlagsmengen von INCA im Norden und Osten der Stadt, und niedrigeren Mengen im Südwesten. Während die Niederschlagsmengen im Stadtgebiet in den angeeichten Radardaten maximal 56 mm betragen, treten in den INCA-Daten Werte bis zu 80 mm auf.

Bei der Untersuchung des zeitlichen Niederschlagsverlaufs an den Regenschreiberstandorten von Radar und INCA (Abbildung 4) zeigen sich ebenfalls Unterschiede: Der Anstieg gegen 12:00 UTC an den Stationen ZAMG-Universität, ZAMG-Flugplatz und Flugplatz (IKB) ist in den Radardaten sehr ähnlich abgebildet, während in den INCA-Daten der Anstieg an der Station Flugplatz (IKB) flacher ausfällt. In den INCA-Daten passen Verlauf und Niederschlagshöhe an den Stationen ZAMG-Universität und ZAMG-Flugplatz gut zu den Stationswerten, an den beiden anderen Stationen gibt es größere Abweichungen, wobei insbesondere die Werte an der Station Kläranlage zu hoch ausfallen.

Insgesamt passen die Radarwerte etwas besser zu den Stationsdaten und die INCA-Werte scheinen in einigen Teilen des Stadtgebiets zu hoch auszufallen. Um eine sichere Aussage darüber treffen zu können, ob im Norden der Stadt eine Unterschätzung durch Radar oder eine Überschätzung durch INCA vorliegt, wären allerdings weitere Regenschreibermessungen erforderlich, die für das Ereignis nicht vorliegen.

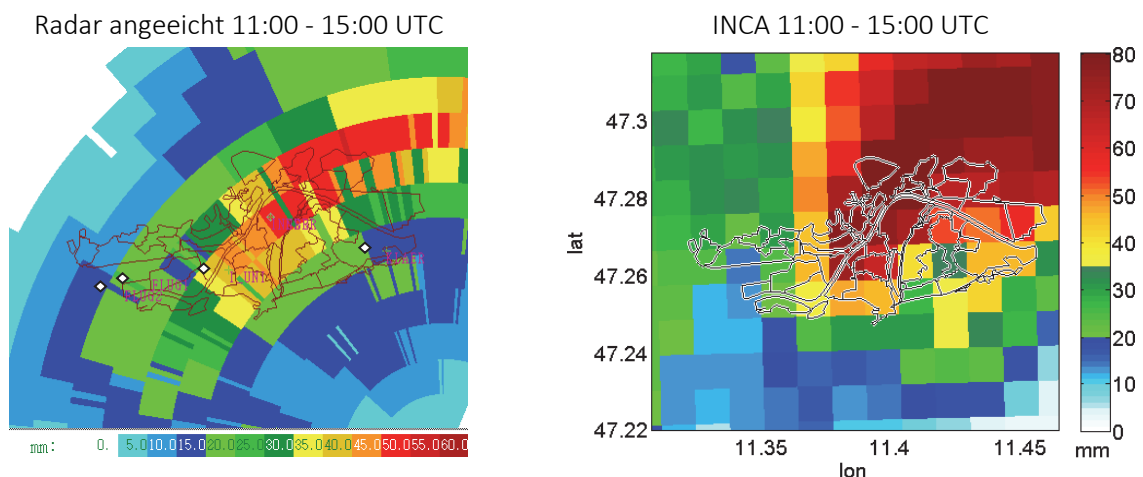


Abbildung 1: Niederschlagssummen von Radar (korrigiert und angeeicht) links und INCA (rechts).

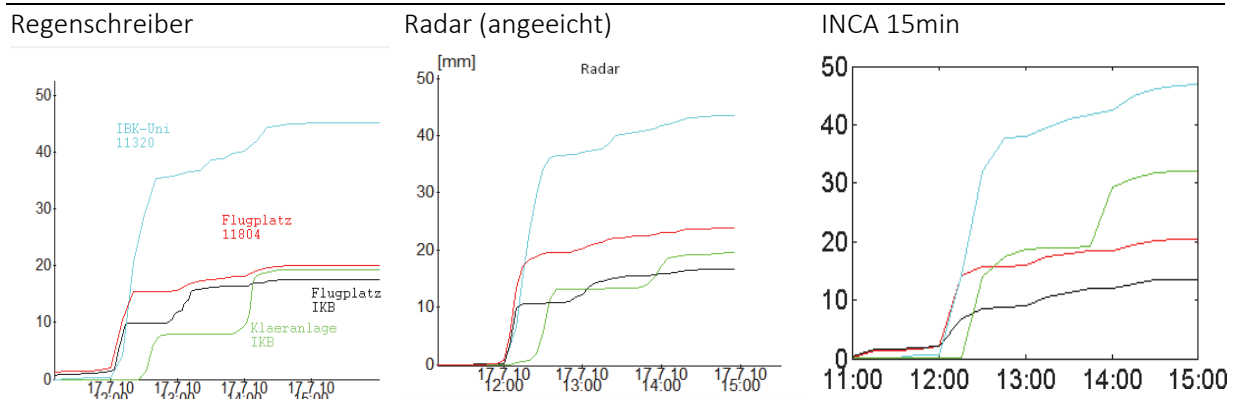


Abbildung 2: Zeitreihen Niederschlag an den Regenschreiberstandorten von Stationsdaten (links), Radar (Mitte) und INCA (rechts).

## Schlussfolgerung

Für die Bewertung und Simulation von kleinräumigen Extremereignissen spielt die Wahl der Beobachtungsdaten eine entscheidende Rolle. Je nach betrachtetem Datensatz stellt sich das untersuchte Ereignis sehr unterschiedlich dar. Nur auf Basis der Regenschreiberstationen kann das Ereignis nicht ausreichend abgebildet werden, da die räumliche Struktur des Niederschlags nicht erfasst wird und sich kein Regenschreiber im Bereich mit den höchsten Niederschlagsmengen befindet. In der Folge findet eine Unterschätzung der gefallenen Niederschlagsmenge statt.

Unsicherheiten in den INCA-Daten bestehen vor allem in der Datenqualität der eingehenden Radardaten (Österreichkomposit) und den Unsicherheiten in den interpolierten Regenschreiberdaten, insbesondere in Gebieten mit geringer Stationsdichte.

Bei der quantitativen Niederschlagsbestimmung auf Basis des Radars Patscherkofel gibt es Unsicherheiten aufgrund der Tropfengrößenverteilung sowie möglicherweise nicht ausreichend korrigierten Abschattungs- und Dämpfungseffekten. Die Kombination von Radardaten und Regenschreiberstationen (korrigierte und angeeichte Radardaten) liefert gute Ergebnisse, sowohl was die räumliche Verteilung als auch die zeitliche Struktur angeht. Auch dabei bleiben jedoch Unsicherheiten über die absoluten Niederschlagsmengen, da das Ereignis so kleinräumig ist, dass es von den Regenschreibern nicht ausreichend erfasst wird.

Die genannten Unsicherheiten gehen über die Eingangsdaten in Abfluss- und Kanalnetzsimulationen ein und sollten nicht vernachlässigt werden, gerade auch dann, wenn nur ein Datensatz zu einem Ereignis zur Verfügung steht. Simulationsergebnisse und der Vergleich mit den beobachteten Auswirkungen werden im Projektverlauf weitere Hinweise auf die Verlässlichkeit der jeweiligen Eingangsdaten geben.

## Literatur

- Frerk, I., Treis, A., Einfalt, T., Jessen, M. (2012). Ten years of quality controlled and adjusted radar precipitation data for North Rhine Westphalia - methods and objectives. 9th International Workshop on Precipitation in Urban Areas, St. Moritz, 6-9 December.
- Jasper-Toennies, A., Jessen, M. (2014). Improved radar QPE with temporal interpolation using an advection scheme. 8th ERAD 2014, Garmisch-Partenkirchen.
- Kleidorfer, M., Deletic, A., Fletcher, T.D., Rauch, W. (2009). Impact of input data uncertainties on urban stormwater model parameters. *Water Science and Technology* 60(6): 1545-1554.
- Kleidorfer, M., Mikovits, C., Jasper-Toennies, A., Huttenlau, M., Einfalt, T., Rauch, W. (2013). Impact of a changing environment on drainage system performance. 12th International Conference on Computing and Control for the Water Industry, CCWI2013, Perugia, Italy.