

GIS-gestützte Aufbereitung von Radarniederschlagsdaten in der Starkregenanalyse und deren Anwendung im Emschergebiet

Automated Processing of Radar Precipitation Data Based on Python Scripting for the Analysis of Heavy Precipitation Events and the Application in Flood Forecast Systems

Adrian Treis¹, Joachim Gernreich¹, Marc Krüger¹, Angela Pfister¹

¹Emscher-genossenschaft, Essen · treis.adrian@eglv.de

Zusammenfassung: Die genaue Erfassung des Regengeschehens ist von zentraler Bedeutung für die Hydrologie und wasserwirtschaftliche Aufgaben. Während Regenschreiber als Punktmessungen mit ihrer räumlich begrenzten Aussagefähigkeit bis heute die Grundlage für wasserwirtschaftliche Analysen und Planungen bilden, bietet die Niederschlagsmessung mittels Radar den Vorteil, das Regengeschehen weiträumig flächenhaft erfassen zu können. Der vorliegende Beitrag beschreibt die GIS-gestützte Anwendung hochaufgelöster Radarniederschlagsdaten zur Beantwortung wasserwirtschaftlicher Fragestellungen im Emschergebiet. Neben der Integration von Radardaten in das Online-Hochwasserinformationssystem der Emscher-genossenschaft wird ein Werkzeug zur automatisierten Aufbereitung und Analyse von Radarniederschlagsdaten für die Nachbereitung von Starkregenereignissen sowie die Anwendung eines Starkregenindex auf Radardaten zur Verbesserung der Risikokommunikation in die Öffentlichkeit nach Schadensereignissen vorgestellt.

Schlüsselwörter: Radarniederschlagsdaten, Hochwasservorhersage, Hochwassermanagement, Starkregenindex, Hydrologie

Abstract: *The knowledge of place, time and amount of a precipitation event is of great importance in water management. Radar measurements provide the possibility of an area wide detection of precipitation. This article focuses on the automated processing of radar data based on python scripting and the GIS-based usage of radar precipitation data in flood forecast as well as the post processing of heavy precipitation events. Furthermore the implementation of a heavy precipitation index based on radar data is presented. The purpose of the index is the improvement of the communication of risks with the public and affected citizens after intense rain events.*

Keywords: *Radar precipitation data, flood forecast, flood management, heavy precipitation index, hydrology*

1 Radarniederschlagsdaten als Input für wasserwirtschaftliche Fragestellungen

Als flächendeckende Niederschlagsinformationen stellen Radardaten eine ideale Datenquelle für raumbezogene Analysen des Regengeschehens dar. In Ergänzung zur langjährig vorliegenden punktuellen Niederschlags erfassung mittels terrestrischer Niederschlagsstationen ermöglichen Radardaten eine quantitative und qualitative Wiedergabe der flächendeckenden Niederschlagsverteilung. Auch bei einem dichten Messnetzes von terrestrischen Niederschlagsstationen ist die Verortung kleinräumiger Niederschlagszellen, die sich bei heftigen

Starkregen oft sehr lokal bilden, häufig nur durch die Analyse von Radarniederschlagsdaten möglich (Pfister et al., 2015a). Anhand von Praxisbeispielen aus dem Emschergebiet sollen die Anwendungsmöglichkeiten im Folgenden dargestellt werden. Dieses stark von Industrie und Bergbau geprägte, dicht besiedelte Gebiet, entwässert die Kernzone der Wirtschaftsmetropole Ruhr zwischen Dortmund und Dinslaken. Aufgrund der anthropogenen Beeinflussung ist das Gebiet insbesondere durch Starkregen und Sturzfluten gefährdet, in denen die Gewässer in kürzester Zeit stark ansteigen können (Grün et al., 2014). Verantwortlich für die Bewirtschaftung dieses Flussgebietes ist die Emschergenossenschaft (EG) zu deren gesetzlichen Aufgaben auch der Hochwasserschutz gehört (EG, 2017).

Die Anwendung von Radardaten sollte angepasst an die hydrologischen Gegebenheiten der jeweiligen Einzugsgebiete sowie die Qualität der Radarprodukte erfolgen (Johann et al., 2009). Hierzu stehen verschiedene Radarprodukte mit unterschiedlicher zeitlicher und räumlicher Auflösung sowie unterschiedlich angewandten Korrekturverfahren zur Verfügung. Unterschieden werden weiterhin Radardaten, die in Echtzeit zur Verfügung stehen und für die Online-Berechnung verwendet werden können sowie Daten, die in einer Offline-Bearbeitung noch einmal qualitätsgeprüft, korrigiert und gegebenenfalls auch an terrestrische Stationsdaten angeeicht wurden. Diese werden vorwiegend bei der Ereignisnachbereitung, Modellkalibrierung und Bauwerksbemessung sowie bei radarklimatologischen Betrachtungen eingesetzt.

Werden die Radarniederschläge als Inputdaten für wasserwirtschaftliche Simulationsrechnungen verwendet, so ist auf eine geeignete Aggregation der Radarpixel auf die Modellgebiete zu achten. Die im Rahmen dieses Artikels genauer betrachteten Produkte sind in Tabelle 1 zusammengestellt. Bis auf das DX-Offline-Produkt handelt es sich um Online-Produkte des Deutschen Wetterdienstes (DWD, 2016). Das DX-Offline-Produkt wird in einer Kooperation von Wasserverbänden aus Nordrhein-Westfalen aus der Kombination von terrestrischer Messungen und dem hoch aufgelösten DX-Produkt für das jeweils abgelaufene Wasserwirtschaftsjahr (WWJ) erzeugt (Treis et al., 2016).

Tabelle 1: Übersicht der verwendeten Radarprodukte

Produkt	Inhalt	Auflösung		Intensitäten	Methode	On-line	Off-line
		räuml.	zeitl.				
DX ¹ (DWD)	Reflektivitäten, hochaufgelöst	1 km × 1° Azimut	5 Min	256 Klassen	lokales Radarprodukt Essen	✓	
RY ¹ (DWD)	Qualitätsprüfung, Abschattungskorrektur und verfeinerte Z-R-Beziehung	1 km × 1 km	5 Min	1/100 mm / 5 min	RADOLAN ² -Komposit	✓	
RW ¹ (DWD)	RADOLAN-Produkt nach Aneichung an Regenschreiber	1 km × 1 km	60 Min	256 Klassen (1/10 mm/h)	RADOLAN ² -Komposit, Aneichung auf Stundensummen	✓	✓

Quelle: ¹DWD, 2016, ²DWD, 2004

Die Nutzung von Radardaten bei der EG ist in einer Kooperationsvereinbarung der Wasserverbände NRW mit dem DWD zur Zusammenarbeit in den Bereichen Hydrometeorologie

und Wasserwirtschaft geregelt (Treis, 2013). Die Bereitstellung erfolgt durch den DWD in binärer Form, sodass zunächst eine Umwandlung in GIS-fähige Formate erfolgen muss. Für einzelne Radarprodukte existieren unterschiedliche Raster und Projektionen. Die RADOLAN-Produkte (RY und RW) liegen als Raster mit einer Ausdehnung von 900×900 km in polarstereografischer Projektion vor (DWD, 2016). Die lokalen DX-Radarprodukte werden in einer Ausdehnung von 128 km als Polarpixel um den jeweiligen Radarstandort bereitgestellt. Die Pixelauflösung beträgt $1 \text{ km} \times 1^\circ$ Azimut. Abbildung 1 zeigt die Polarpixel des Radars Essen. Deutlich wird die Zunahme der Pixelgröße mit größerer Entfernung zum Radar.

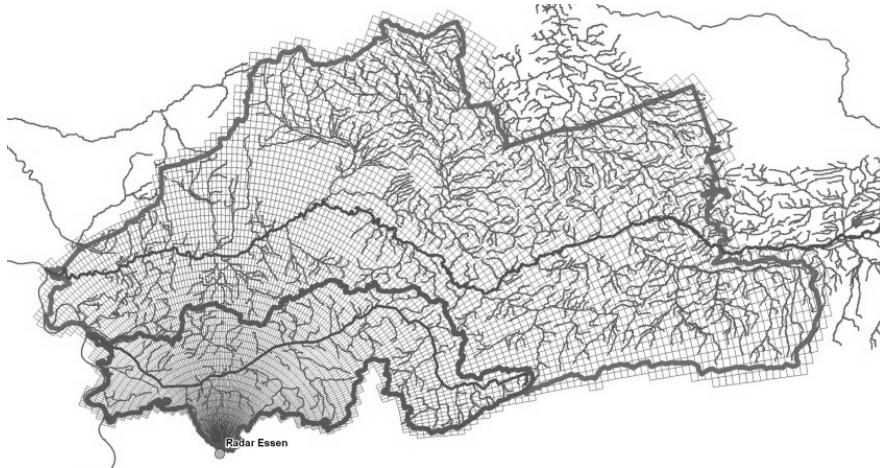


Abb. 1: Polarpixel Radar Essen (Ausschnitt)

2 Online-Nutzung von Radardaten in der Hochwasservorhersage

Zur Visualisierung und Analyse der Radardaten in Echtzeit werden die Ursprungsdaten mittels automatisiertem Import in das Hochwasserinformationssystem (HOWIS) der Emscher-Genossenschaft importiert und in das Gauß-Krüger Koordinatensystem transformiert. Basis des HOWIS bildet die Software Delft-FEWS (Buchholz et al., 2011). Von dort können die Radardaten in Form von Grafiken und Filmen visualisiert und als Shape-Dateien zur GIS-gestützten Weiterverarbeitung automatisiert exportiert werden. Die Radarpixel bleiben dabei als Polygone erhalten, da insbesondere bei den DX-Produkten die Erstellung eines gleichmäßigen Rasters einen Verlust an Informationen bedeuten würde. Die Polarpixel sind gerade im Nahbereich des Radars Essen sehr hoch aufgelöst, wie Abbildung 1 zeigt. Zur quantitativen Analyse findet systemintern eine Verschneidung mit hinterlegten Gewässereinzugsgebieten statt. Der Import, die Verortung der Radardaten sowie die flächengewichtete Zuweisung der verschiedenen Radarpixel zu den Gebietsflächen erfolgt mittels Konfigurationsdateien im XML-Format. Als Ergebnis liegen radarbasierte Gebietsniederschlagssummen vor, welche auch den Niederschlagsinput für die Online-Vorhersagemodelle bilden. Ein weiterer Vorteil in der Nutzung von Radardaten ist die Gewährleistung einer Ausfallsicherung bei der Hochwasservorhersage. Selbst wenn die terrestrischen Daten beispielsweise durch technische

Komplikationen kurzfristig nicht zur Verfügung stehen, ist weiterhin eine Lageeinschätzung auf der Grundlage von Radardaten möglich. Den Zusatzgewinn in der Verwendung von Radardaten zeigt das Beispiel des Starkregenereignisses vom 23.07.2013, in dessen Verlauf es im westlichen Emschergebiet zu heftigen Regenfällen kam. In Abbildung 2 (links) sind für das Einzugsgebiet des Hochwasserrückhaltebeckens (HRB) Borbecker Mühlenbach die ermittelten Gebietsniederschläge als inverse Niederschlagssummen für verschiedene Niederschlagsprodukte dargestellt. Während die terrestrische Messung eine Niederschlagssumme von 15 mm ergibt, reicht die Spannweite der verschiedenen Radarprodukte von 28 mm (DX-Produkt) bis 43 mm (RY-Produkt). Die Summe des angeeichten RW-Produktes liegt bei rd. 40 mm. Die Abbildung 2 (rechts) zeigt die Ergebnisse der Simulationsläufe des in HOWIS hinterlegten hydrologischen Modells (NASIM) für den Zulauf des HRB Borbecker Mühlenbach unter Verwendung der verschiedenen Niederschlagsprodukte. Deutlich wird eine sehr gute Übereinstimmung der Simulationsdaten und der Pegelmessung für die Modellläufe auf Basis des RY und RW-Produktes. Das RW-Produkt spiegelt auch die Füllung sowie die Leerung des Beckens am besten wieder. Die Simulation auf Basis der terrestrischen Daten zeigt in diesem Fall eine deutliche Unterschätzung.

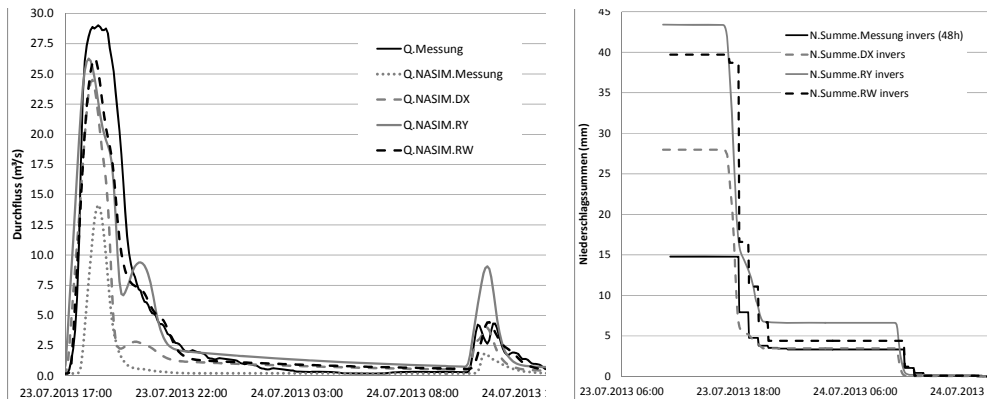


Abb. 2: Inverse Niederschlagssummen über 48 h für verschiedene Radarprodukte und den terrestrischen Niederschlag am 24.07.2013 (links) sowie daraus resultierende Abflüsse für den Zulauf des HRB im Vergleich zur Pegelmessung (rechts)

3 GIS-Werkzeug zur automatisierten Analyse von Radarniederschlagsdaten für die Nachbereitung und Risikokommunikation von Starkregenereignissen

Der Nachbereitung von Ereignissen kommt bei der EG zunehmende Bedeutung zu. Sie ist vor allem bei der Auswertung lokaler Starkregenereignisse interessant, deren Schwerpunkt nicht vom terrestrischen Messnetz erfasst werden konnte (Pfister et al., 2015b). Spezifische Auswertungen und Darstellungen von Radarbildern in detaillierten Lageplänen sind auch im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit bei Bürgerversammlungen nach Starkregenereignissen mit hohen Folgeschäden wichtige Informationsgrundlagen. Ziel des hier vorgestellten Werkzeugs ist die automatisierte Berechnung der Ereignissumme, der maximalen Niederschlagssummen

für die relevanten Dauerstufen und die Anwendung der extremwertstatistischen Auswertung terrestrischer Stationen auf die Radardaten. Eine Einordnung gemäß Starkregenindex ist für extreme Niederschläge ebenfalls möglich. In der nachfolgenden Abbildung 3 ist für das Einzugsgebiet eines HRB beispielhaft die maximale 3-Stundensumme eines Ereignisses vom 12. Juli 2014 im Ereigniszeitraum von 19:55 Uhr bis 00:50 Uhr (MESZ) dargestellt. Die räumliche Niederschlagsintensität während des Starkregens war hoch variabel, es zeigten sich zwei Niederschlagsschwerpunkte im Stadtgebiet von Herne und im Einzugsgebiet des HRB. An den nahe liegenden Niederschlagsstationen wurden dagegen nur geringe Niederschlagsmengen gemessen.

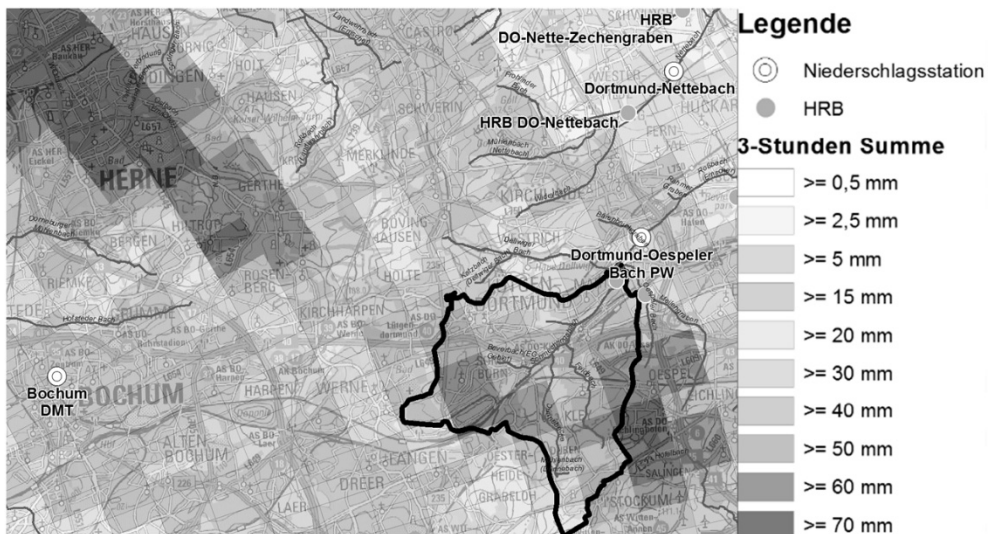


Abb. 3: Maximale 3-Stundensumme über den Ereigniszeitraum vom 12.07.2014 im Bereich des HRB Schmechtingsbach und des Stadtgebiets Herne

Im gezeigten Beispiel konnten die Radardaten zur Plausibilisierung des Niederschlagsgeschehens und auch der Messungen an den Pegeln beitragen.

Allgemein verläuft die Aufbereitung dieser Daten automatisiert mittels Python-Skripting. Hierzu wurde das in Sendt et al. (2015) beschriebene Werkzeug deutlich erweitert. Um der hohen Variabilität von Niederschlagsereignissen gerecht zu werden, ist in der aktuellen Version eine Auswertung über alle hydrologisch relevanten Dauerstufen möglich. Je nach Dauer des Ereignisses werden unterschiedliche Radarprodukte ausgewertet. Bis zu einem Zeitraum von drei Stunden können das DX- und RY-Produkt mit ihrer zeitlichen Auflösung von 5-Minuten herangezogen werden. Bei der Betrachtung längerer Zeiträume bis zu mehreren Tagen wird das stündlich vorliegende RW-Produkt verwendet.

3.1 Eingangsdaten und erforderliche Eingaben

Die automatisierte Verarbeitung erfordert zunächst die folgenden Eingaben, die über die in Abbildung 4 dargestellte Eingabeoberfläche vorgenommen werden.

- Auswahl des Ereigniszeitraums und des geeigneten Radarproduktes (Stundenwerte oder 5 Minutenwerte) im HOWIS. Es werden je nach Radarprodukt für die einzelnen Zeitschritte Polygon-Shapes mit bis zu 600.000 Einzelpolygonen, eindeutiger ID und zugehörigen Werten der Niederschlagshöhe (sog. Einzel-Zeitschritt-Shapes) erzeugt. Diese sind im Workspace abgelegt.
- Wahl eines Betrachtungsraums (Untersuchungsgebiet). Die Radardaten werden auf den gewählten Raum ausgeschnitten.
- Angabe, ob eine statistische Zuordnung durchgeführt werden soll. Ohne diese Option wird lediglich die Ereignissumme pro Radarpixel berechnet.
- Angabe des Toleranzbereiches. Dieser definiert einen Bereich um die Klassengrenzen der Extremwertstatistik, der bei der statistischen Einordnung berücksichtigt wird.

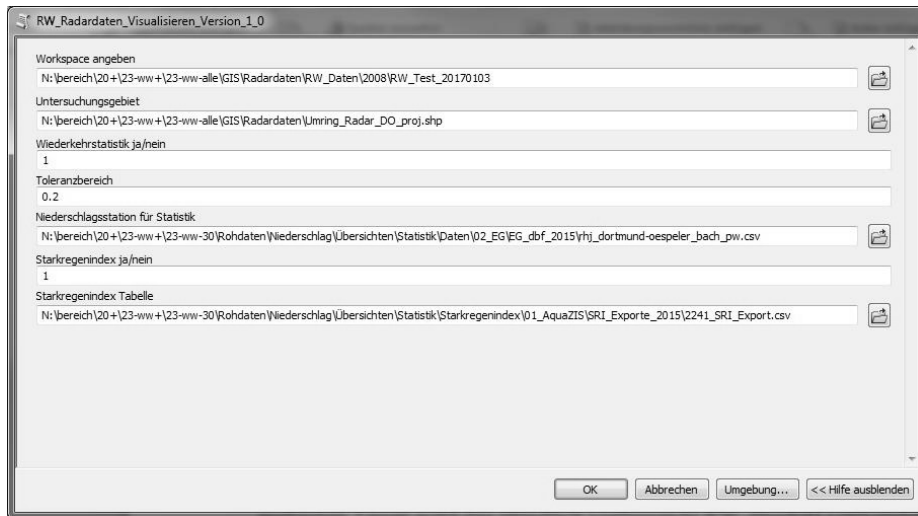


Abb. 4: Eingabemaske zur Skriptdurchführung

- Auswahl einer geeigneten terrestrischen Station und ihrer Niederschlagsstatistik nach (DWA 2012).
- Angabe, ob die Zuordnung des Starkregenindex (SRI) nach EG/LV Methodik (Krüger & Pfister, 2016) durchgeführt werden soll.
- Angabe der berechneten Starkregen-Indextabelle. Diese Tabellen beruhen auf Auswertungen der terrestrischen Stationen (Krüger & Pfister, 2016).

3.2 Bearbeitungsschritte

Nach erfolgter Eingabe werden durch das Python-Script die folgenden Bearbeitungsschritte automatisiert durchgeführt:

- Zusammenführung der Einzel-Zeitschritt-Shapes (mehrfaches Join) zu einem Gesamtshape im UTM-Koordinatensystem. Die Niederschlagsinformationen der einzelnen Zeitschritte werden in Spalten abgelegt, mit der Uhrzeit als Attribut.

- Summenbildung über das Gesamtereignis (Ereignissumme) für jedes Radarpixel.
- Ermittlung der relevanten Dauerstufen für die extremwertstatistische Analyse des Ereignisses. In Abhängigkeit von der Ereignisdauer werden unterschiedliche Dauerstufen betrachtet. Die Grenzwerte für die betrachteten Dauerstufen werden aus der CSV-Datei unter Berücksichtigung des Toleranzbereiches automatisch ausgelesen.
- Berechnung des gleitenden Maximums über die relevanten Dauerstufen.

Hierzu werden zunächst die gleitenden Summen über alle Zeitschritte der jeweiligen Dauerstufe ermittelt (Gleitende Summe) und aus der so entstehenden Liste (Summen_Liste) der Maximalwert (Max-Liste) in das Attributfeld (Max_h) eingetragen (Abb. 5 rechts). Die linke Seite der Abbildung zeigt einen Ausschnitt der Ergebnisse aus der Analyse der RW-Daten anhand des Niederschlagsereignisses vom 26.07.2008. Die Stundensummen des Niederschlags finden sich in den Spalten A bis D. Die maximalen Stundenwerte für die jeweiligen Dauerstufen sind in unterschiedlichen Farben gekennzeichnet. Das Maximum für vier Stunden entspricht der Niederschlagssumme für das Gesamtereignis (Max_4h).

1	U26_16	U26_17	U26_18	U26_19	Summe	Max_1h	Max_2h	Max_3h	Max_4h
348	8,60	70,4	10,5	0,5	90,0	70,4	80,9	89,5	90,0
349	6,80	72,3	15,3	0,9	95,3	72,3	87,6	94,4	95,3
350	3,90	59,8	18,3	1,2	83,2	59,8	78,1	82,0	83,2
351	3,00	57,0	33,8	2,1	95,9	57,0	90,8	93,8	95,9
352	1,40	45,3	39,2	4,1	90,0	45,3	84,5	88,6	90,0
353	3,40	27,6	3,2	0,5	34,7	27,6	31,0	34,2	34,7
354	4,30	49,0	12,3	0,8	66,4	49,0	61,3	65,6	66,4
355	4,70	69,3	13,7	0,7	88,4	69,3	83,0	87,7	88,4

Liste Stundensumme: [4.3, 49.0, 12.3, 0.8]
 Gleitende Summe [4.3, 49.0] -> [53.3]
 [49.0, 12.3] -> [61.3]
 [12.3, 0.8] -> [13.1]
 [6.5, 6.0, 14.0] -> [26.5]

Summen_Liste: [53.3, 61.3, 13.1, 26.5]
 Max-Liste [61.3]

Abb. 5: Ergebnistabelle (links) und Ermittlung des gleitenden Niederschlagsmaximums (rechts) für die Dauerstufe 2 h am Beispiel eines Radarpixels für das Ereignis vom 26.07.2008 (16:00 – 19:00 Uhr, MESZ)

Als weitere Arbeitsschritte folgen:

- Für die ermittelten Maxima je Dauerstufe werden vordefinierte Legendenklassen zur Visualisierung in ArcGIS zugewiesen. Diese erfolgt mit vordefinierter Symbologie.
- Extremwertstatistische Einordnung des berechneten Maximums je Dauerstufen durch Vergleich mit den Grenzwerten aus der Statistiktabelle der gewählten Niederschlagsstation unter Berücksichtigung des Toleranzbereiches. Zuweisung von Wiederkehrzeiten für die einzelnen Dauerstufen nach DWA (2012).

3.3 Anwendung eines Starkregenindex auf die Radardaten

In Ergänzung zur etablierten statistischen Auswertung wird aktuell in der wasserwirtschaftlichen Fachwelt die Einführung eines Index zur Einordnung von Starkregen empfohlen (Schmitt, 2015; Krüger & Pfister, 2016). Dieser ist analog zu dimensionslosen Index-Bewertungsskalen für Naturgefahren wie die Beaufortskala für Wind oder die Richter-Skala für Erdbeben zu konzipieren. Auf dieser Grundlage kann anhand einer leicht verständlichen Skala die Kommunikation in die Öffentlichkeit auf einfache Art und Weise erfolgen, um die Dimension eines Starkregenereignisses zu verdeutlichen. Je größer der Starkregenindex ist, desto extremer bzw. seltener ist auch der Starkregen einzustufen. Das Ziel ist dabei, die Bewusstseinsbildung für die Risiken aus Starkregen und Sturzfluten in der Region und bei der

Bevölkerung zu stärken und damit auch die betroffenen Bürger zu den möglichen Maßnahmen der Eigenvorsorge zu motivieren. Das von der EG modifizierte Verfahren zur Indexbildung ist in Krüger & Pfister (2016) näher beschrieben. Hervorzuheben ist, dass die bei der EG angewandte Methodik ausschließlich auf ein statistischen Wiederkehrzeiten von $T_n \geq 100$ a, angewandt wird. Zur räumlich differenzierten Darstellung des SRI auf der Basis von Radardaten werden über das Python-Skript folgende Bearbeitungsschritte durchgeführt:

- Prüfung der Bedingung, ob eine statistische Wiederkehrzeit von $T_n \geq 100$ a Jahre in den Radarpixeln erfüllt ist.
- Ermittlung des Starkregenindex für die Pixel, in denen die Bedingung zutrifft. Hierzu Abgleich der Grenzwerte aus der gewählten SRI-Tabelle. In den übrigen Fällen erfolgt die Zuweisung des Wertes n. d. = nicht definiert.
- Zuweisung vordefinierter Indexklassen zur Visualisierung in ArcGIS. Diese erfolgt mit vordefinierter Symbologie.

Bei der Visualisierung ist zu beachten, dass die Auswertung des SRI analog zur statistischen Auswertung nur im Umfeld der gewählten Niederschlagsstation Gültigkeit besitzt und auch räumlich auf den Starkregenschwerpunkt begrenzt ist. Die räumliche Variabilität des Niederschlags erlaubt keine flächendeckende Gültigkeit im gesamten Radarbild.

3.4 Ergebnisse

Die Attributtabelle der Auswertung für das Ereignis vom 26.07.2008 zeigt das Gesamtergebnis der Auswertung exemplarisch für einzelne Radarpixel (Tab. 2). Neben den maximalen Stundensummen und dem Ergebnis der statistischen Einordnung, wird für jede Dauerstufe des Radarpixels ein Starkregenindex zugeordnet, sofern die Wiederkehrzeit $T_n \geq 100$ Jahre erreicht wird. Ebenso sind die ausgewählten CSV-Dateien der terrestrischen Stationen aufgeführt.

Tabelle 2: Attributtabelle des Berechnungsergebnisses (Ausschnitt)

U26_16	U26_17	U26_18	U26_19	Summe	Max_1h	LMax_1h	Stat1h	Index1h	Max_2h	LMax_2h	Stat2h	Index2h	Max_3h	LMax_3h	Stat3h	Index3h
8,60	70,4	10,5	0,5	90,0	70,4	>= 70 mm	Tn >= 100 a	8	80,9	>= 80 mm	Tn >= 100 a	9	89,5	>= 80 mm	Tn >= 100 a	9
6,80	72,3	15,3	0,9	95,3	72,3	>= 70 mm	Tn >= 100 a	8	87,6	>= 80 mm	Tn >= 100 a	10	94,4	>= 90 mm	Tn >= 100 a	10
3,90	59,8	18,3	1,2	83,2	59,8	>= 50 mm	Tn >= 100 a	6	78,1	>= 70 mm	Tn >= 100 a	8	82,0	>= 80 mm	Tn >= 100 a	8
3,00	57,0	33,8	2,1	95,9	57,0	>= 50 mm	Tn >= 100 a	5	90,8	>= 90 mm	Tn >= 100 a	11	93,8	>= 90 mm	Tn >= 100 a	10
1,40	45,3	39,2	4,1	90,0	45,3	>= 40 mm	Tn 30-50 a	n.d.	84,5	>= 80 mm	Tn >= 100 a	9	88,6	>= 80 mm	Tn >= 100 a	9
3,40	27,6	3,2	0,5	34,7	27,6	>= 20 mm	Tn 5-10 a	n.d.	31,0	>= 30 mm	Tn 3-5 a	n.d.	34,2	>= 30 mm	Tn 3-5 a	n.d.
4,30	49,0	12,3	0,8	66,4	49,0	>= 40 mm	Tn 50-100 a	n.d.	61,3	>= 60 mm	Tn 50-100 a	n.d.	65,6	>= 60 mm	Tn 50-100 a	n.d.
4,70	69,3	13,7	0,7	88,4	69,3	>= 60 mm	Tn >= 100 a	8	83,0	>= 80 mm	Tn >= 100 a	9	87,7	>= 80 mm	Tn >= 100 a	9

Aus den in dieser Form prozessierten Daten können in kurzer Zeit Abbildungen erzeugt werden, die als Grundlage zur Darstellung und Risikokommunikation in die Öffentlichkeit herangezogen werden können. Abbildung 6 zeigt für das Ereignis vom 26.07.2008 die Darstellung des SRI im Stadtgebiet von Dortmund. Deutlich wird das Auftreten extremer Niederschläge im südwestlichen Teil des Einzugsgebietes. Tatsächlich traten in diesem Bereich schwere Schäden auf (Grünewald, 2009).

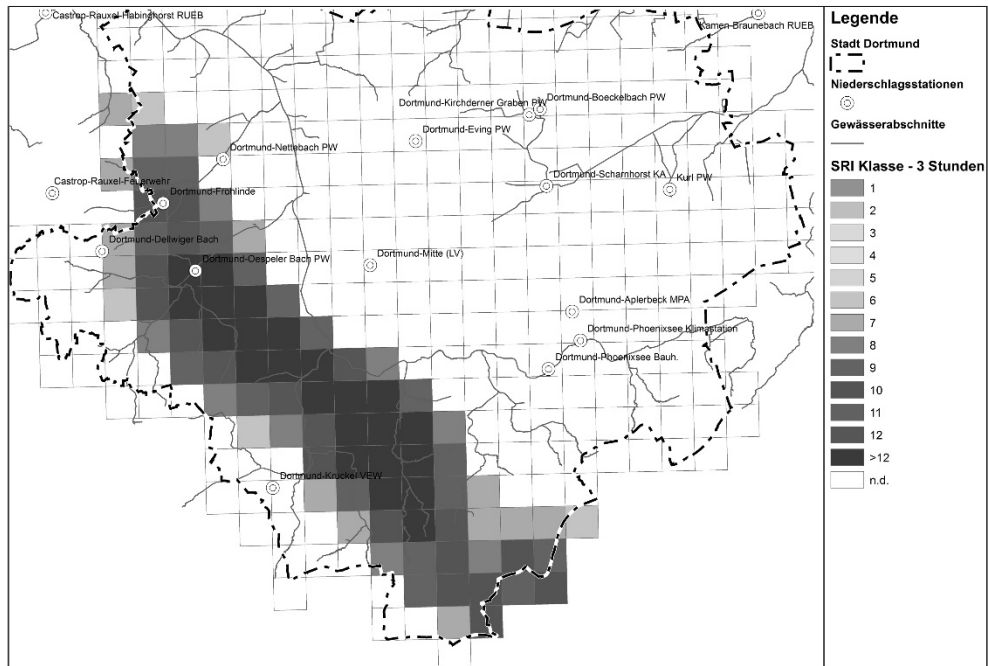


Abb. 6: Kartographische Darstellung des SRI in Bezug auf Radardaten für das Ereignis vom 26.07.2008 im Stadtgebiet von Dortmund

4 Diskussion

Mit den hier vorgestellten Verfahren und Anwendungsmöglichkeiten werden die Nutzungsmöglichkeiten von Radarniederschlagsinformationen für wasserwirtschaftliche Anwendungen im Emschergebiet vorgestellt. Mit der automatisierten Integration in Online-Vorhersagesysteme sowie der Aufbereitung für die Ereignisanalyse wurden die Voraussetzungen für eine umfassende Anwendung geschaffen. In der Online-Vorhersage bieten Radardaten in Ergänzung zu terrestrischen Messungen eine zusätzliche Quelle zur Einschätzung des flächendeckenden Niederschlagsgeschehens, was insbesondere bei lokalen Ereignissen einen Gewinn an Informationen bedeutet. Durch die Kopplung mit wasserwirtschaftlichen Modellen und meteorologischen Vorhersagedaten sind auch Aussagen über die Hochwassergefährdung möglich. Voraussetzungen sind allerdings die Schaffung einer entsprechenden IT-Struktur, die einen automatisierten Datentransfer ermöglicht sowie die Einbindung in geeignete Vorhersagesysteme. In der Nachbereitung und der Kommunikation von Starkregenereignissen bietet das vorgestellte Verfahren auf Basis von Python-Scripting den Vorteil einer standardisierten, reproduzierbaren und umfangreichen Aufbereitung von verschiedenen Radarniederschlagsprodukten. Im Gegensatz zur manuellen Aufbereitung, die je nach Ereignisfall einige Tage in Anspruch nimmt, erfolgt die hier vorgestellte Bearbeitung in wenigen Stunden. Als pixelbezogene Ereignissumme und ergänzt durch statistische Einordnungen oder Anwendung einer SRI-Indexskala bieten die produzierten Radardaten ein wirksames Instrument in

der Risikokommunikation nach schweren Starkregenereignissen mit Folgeschäden. Grundsätzlich lässt sich das Verfahren für Radarprodukte mit unterschiedlicher zeitlicher und räumlicher Auflösung anwenden. Liegen die Radardaten rasterbasiert vor, so ist eine Anpassung der Werkzeuge möglich. Empfohlen werden Produkte, die eine möglichst genaue quantitative Repräsentation des Niederschlaggeschehens ermöglichen, idealerweise nach einer Korrektur oder durch Aneichung an terrestrische Stationsdaten. Aufgrund der Zunahme der Messhöhe des Radarstrahls mit zunehmender Entfernung zum Radarstandort, wird eine Anwendung bis zu rd. 130 km Abstand zum Radar empfohlen, da das Messvolumen bei größeren Entfernungen teilweise über den Niederschlagszellen liegen kann. In diesem Fall bietet sich ein Komposit aus benachbarten Radaren an, wie es im RW-Produkt umgesetzt ist.

Literatur

- Buchholz, O., Schwanenberg, D., & Sommer, B. (2011). Anforderungen an Hochwasservorhersagesysteme – Erfahrungen mit der Software Delft-FEWS. *Korrespondenz Wasserwirtschaft*, 10, 564–568.
- DWD (2004). *Projekt RADOLAN – Routineverfahren zur Online-Aneichung der Radarniederschlagsdaten mit Hilfe von automatischen Bodenniederschlagsstationen (Ombrometer)*. Abschlussbericht.
- DWA (2012). *Arbeitsblatt DWA-A 531: Starkregen in Abhängigkeit von Wiederkehrzeit und Dauer*. Hennef: Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA).
- DWD (2016). *RADOLAN/RADVOR. Hoch aufgelöste Niederschlagsanalyse und -vorhersage auf der Basis quantitativer Radar- und Ombrometerdaten für grenzüberschreitende Fluss-Einzugsgebiete von Deutschland im Echtzeitbetrieb*. Beschreibung des Kompositformats Version 2.4. Retrieved Jan 20, 2017, from <http://www.dwd.de/DE/leistungen/radolan/radolan.html>.
- DWD (2017). *Produktübersicht*. Retrieved Jan 20, 2017, from http://www.dwd.de/DE/leistungen/radolan/produktuebersicht/radolan_produkuebersicht.html?nn=16102&lsbId=617848.
- EG (2017). *Emschergenossenschaft*. Retrieved Jan 20, 2017, from <http://www.eglv.de/wasserportal/startseite.html>
- Grün, E., Johann, G., & Pfister, A. (2014). Hochwassersicherheit im urbanen Raum. *Schriftenreihe zur Essener Tagung 19.-21.03.2014, Gewässerschutz – Wasser – Abwasser* (pp. 34.1-15). Aachen.
- Grünewald, U. (2009). Erkenntnisse und Konsequenzen aus dem Sturzflutereignis in Dortmund im Juli 2008. *Korrespondenz Wasserwirtschaft*, 2(8), 422–428.
- Johann, G., Ott, B., & Treis, A. (2009). Einfluss von terrestrisch gemessenen und radarbasierten Niederschlagsdaten auf die Qualität der Hochwasservorhersage. *Korrespondenz Wasserwirtschaft*, 2(9), 487–493.
- Krüger, M., & Pfister, A. (2016). Anwendung von Starkregenindex-Verfahren zur Unterstützung der Risikokommunikation in der Emscher-Lippe-Region. *Korrespondenz Wasserwirtschaft*, 9(7), 412–419.
- Pfister, A., Treis, A., & Teichgräber, B. (2015a). Der Einsatz von Radardaten für wasserwirtschaftliche Zwecke bei Emschergenossenschaft und Lippeverband. *Korrespondenz Wasserwirtschaft*, 8(2), 115–124.

- Pfister, A., Treis, A., Streng, H., & Möhring, B. (2015b). How to deal with extreme pluvial flooding – experiences and consequences from the heavy rain of the 12 of July 2014. In: P. Molnar, & Peleg, N. (Eds.), *Rainfall in Urban and Natural Systems* (pp. 177–180). UrbanRain15, Paper UR15-60, 10th International Workshop on Precipitation in Urban Areas, Pontresina, Dezember 2015, ETH Zürich.
- Sendt, A., Treis, A., & Gernreich, J. (2015). GIS-gestützte automatisierte Radardatenauswertung für Starkregenereignisse bei Emschergenossenschaft und Lippeverband. *AGIT – Journal für Angewandte Geoinformatik, 1-2015*, 108–114.
- Schmitt, T. G. (2015). Weiterentwicklung des Starkregenindex zur Verwendung in der kommunalen Überflutungsvorsorge. *gwf-Wasser|Abwasser, 156(7-8)*, 774–781.
- Treis, A. (2013). Einsatz von Radardaten bei Emschergenossenschaft und Lippeverband. *VDI/KRdL Experten-Forum „Wetterradar – Anwendungen und technische Aspekte“*, 23.10.2013, Bonn (pp. 53–63). Düsseldorf: KRdL Schriftenreihe 47.
- Treis, A., Einfalt T., Weigl, E., Keller, T., Gattke, C., Kaiser, M., Schitthelm, D., & Pfister, A. (2016). Kombination hochaufgelöster Radarniederschlagsinformationen und terrestrischer Ombrometerdaten – Ergebnisse des DX-Offline Projektes der Wasserverbände NRW mit dem Deutschen Wetterdienst. *Korrespondenz Wasserwirtschaft, 9(4)*, 233–242.