

Nutzung von Radardaten im Starkregenrisikomanagement in Baden-Württemberg

Im Handlungskonzept des Kommunalen Starkregenrisikomanagements in Baden-Württemberg ist das Krisenmanagement eine der wichtigsten Aufgaben. Quantitative online Radardaten sind für das Krisenmanagement bei Starkregen von hohem Wert, und werden daher in Baden-Württemberg in Rahmen von FLIWAS3 bereitgestellt. Allerdings sind diese Daten relativ neu und für Nutzer auch ungewohnt. Es gibt Unsicherheiten, ob die Qualität für Onlinenutzung ausreicht und wie die Werte bewertet werden sollen bzw. wie sie ins Krisenmanagement eingebunden werden können. In diesem Beitrag wird die Qualität der bereitgestellten Daten aufgrund der Präkalibrierung beschrieben. Aus den derzeit laufenden umfangreichen Arbeiten zur Integration der Radardaten in die Hochwasserbewältigung in Baden-Württemberg wird die Erstellung einer Interpretationshilfe vorgestellt.

Markus Weiler, Andreas Hänslér, Janek Zimmer und Markus Moser

1 Einleitung

Ein zentraler Bestandteil des Handlungskonzepts des Starkregenrisikomanagements (SRRM) ist das Krisenmanagement. Im Unterschied zu Hochwasser an Gewässern gibt es hier nur sehr kurze Vorwarnzeiten und Pegelraten an kleinen oder sehr kleinen Gewässern stehen nur im Ausnahmefall zur Verfügung. Zur Bewertung des Ereignisses sowie der Entscheidung über Maßnahmen werden quantitative Niederschlagsdaten benötigt.

Diese werden in der Regel auf Basis von Messungen an Bodenstationen erhoben. Bodenmesswerte sind - insbesondere bei Starkregenereignissen - nicht für eine größere Fläche repräsentativ, da Niederschlagszellen meist sehr kleinräumig, beweglich und/oder inhomogen sind.

Eine Abbildung eines Starkregenereignisses ist nur mit Hilfe eines - in der Regel nicht vorhandenen - sehr dichten Niederschlagsmessnetzes möglich. Das Landesmessnetz ist hierfür nicht ausreichend. Teilweise wurden von Kommunen oder Verbänden vereinzelt lokale engmaschige Niederschlagsmessnetze aufgebaut und betrieben.

Kernaussagen

- Zur Online-Nutzung der Radardaten ist die Qualität von zentraler Bedeutung. Die bereitgestellte zeitnahe Kalibrierung erscheint für eine Onlinenutzung von ausreichender Qualität.
- Zur Bewertung der Radardaten bei Starkregen wird derzeit in Baden-Württemberg eine Interpretationshilfe in Form eines einfach handhabbaren Indexes erarbeitet.

Starkniederschläge werden auch mittels Radardaten abgebildet. Im Gegensatz zu Bodenmessungen decken Radardaten das Gesamtgebiet vollflächig ab, aber unterschiedliche Effekte machen die Rohdaten der Radarmessungen für eine direkte quantitative wasserwirtschaftliche Nutzung ungeeignet. Daher werden diese Daten einer Kalibrierung bzw. Aneicherung unterzogen.

Für damit angestrebte zeitnahe wasserwirtschaftliche Nutzungen ist es daher von entscheidender Bedeutung, ob die zeitnah nach der Messung zur Verfügung gestellten präkalibrierte Daten verlässlich nutzbar sind bzw. welche Verlässlichkeit zu erwarten ist.

In Baden-Württemberg wurde der Weg beschritten, diese Daten zentral von einem Dienstleister (Meteorlogix AG/Kachelmannwetter) bereitstellen zu lassen. Die Möglichkeiten der Nutzung dieser Daten als virtuelle Regenschreiber im Rahmen von FLIWAS3 (Flut-Informationen- und Warnsystem www.fliwas3.de) in Baden-Württemberg wurden von Moser [3] bereits beschrieben.

Seit der Bereitstellung der virtuellen Regenschreiber in FLIWAS3 standen in den Diskussionen mit den Nutzern zwei Fragen im Hinblick auf die praktische Anwendung des Krisenmanagements im Fokus:

1. Wie gut ist die Qualität der quantitativen Radardaten bzw. für welche Einsatzbereiche können die Daten als verlässlich angesehen werden? Und wie sind die Erfahrungen im Vergleich zu Bodenmessstationen einzuordnen?
2. Wie können die Daten im Starkregenfall für das Krisenmanagement interpretiert werden und wie können die Daten in die Alarm- und Einsatzpläne eingearbeitet werden?

In diesem Artikel werden daher die in den beiden Fragen aufgeworfenen Themen näher betrachtet.

2 Beschreibung der Kalibrierung von Radar-Rohdaten durch Meteologix

Mithilfe von Radardaten lassen sich Niederschlagssummen flächig, d. h. auch abseits von konventionellen Messstationen ermitteln. Zu diesem Zweck verwendet die Meteologix AG die vom DWD zur Verfügung gestellten, hoch aufgelösten Radardaten mit 250m x 250 m Gitterpunktabstand, die von 17 Radarstationen deutschlandweit alle 5 Minuten geliefert werden. Zur Konvertierung der rohen Radardaten, die in einem Dämpfungsmaß [dBZ] angegeben werden, in Niederschlagsmengen sind Kalibrierungsmethoden nötig. Dafür werden stündliche Messwerte von über 1 200 Stationen aus Deutschland und Umgebung verwendet. Neben den amtlichen Stationen der Wetterdienste werden seit 2018 auch Zusatzstationen aus dem eigenen Messnetz in Kooperation mit der Vereinigten Hagelversicherung VvaG verwendet. Die Einbeziehung dieser Zusatzstationen erhöht die Wahrscheinlichkeit, dass auch bei lokalem Schauerregen Stationstreffer auftreten und somit eine Kalibrierung stattfinden kann.

Das seit 2017 entwickelte Verfahren arbeitet nicht-lokal, d. h. es wird ein strikt auf dem Radarmuster basierendes Niederschlagsfeld berechnet. Die zur Kalibrierung dieses Feldes herangezogenen Stationsmesswerte fließen in einen Optimierungsalgorithmus ein, der alle Werte in einen bestmöglichen radarphysikalischen Zusammenhang bringt. Der Verfahrensansatz ist komplett artefaktfrei, d. h. es gibt keine Verzerrung/Verbreiterung von Stationswerten in die Raumrichtungen.

Direkt an den messenden Stationen gibt es je nach Wetterlage und Lage zum Radarstandort teilweise etwas größere Abweichungen als bei einer lokalen Aneichung. Dies betrifft v. a. aber das Winterhalbjahr mit Sprühregen oder Schneeanteilen sowie manche gebirgigen Regionen mit signifikanter Strahldämpfung bis hin zur Abschattung. Dieser Nachteil wird seit Mitte 2019 mithilfe einer nachgelagerten zweiten Kalibrierung beseitigt. Für sommerliche Starkregenereignisse ist dies ohnehin meist vernachlässigbar aufgrund der räumlich klar abgegrenzten Schauerstrukturen, bei denen es vielmehr darauf

ankommt, die ungemessenen Spitzenwerte nicht zu über- oder unterschätzen.

Die Genauigkeit der radarphysikalisch begründeten Kalibrierung ist theoretisch an jedem Gitterpunkt des Radarsichtbereichs gleich (bei gleichem Abstand vom Radar und ohne Sichtbehinderung), während eine lokale Aneichung v. a. im näheren Umfeld der messenden Stationen die Analysefehler reduziert (**Bild 1**). Im Beispiel lag in Oranienburg (graues Feld in der unteren Mitte) keine Messung für die stündliche Kalibrierung vor, es wurde jedoch später für den Tagesniederschlag ein Messwert von 260 mm aus einem externen Netz berichtet, dieser stützt die großflächigen Überschwemmungen in dieser Region. Die physikalisch basierte Kalibrierung erreichte dennoch mit ca. 240 mm fast diese Werte. Die Live-Summe erreichte ca. 220 mm, die lokale Aneichung bis zu 140 mm. Auch die unkalibrierten Rohdaten lieferten nur Spitzenwerte bis ca. 140 mm.

Für hydrologische Belange wie etwa als Eingangsdaten für Niederschlag-Abfluss-Modelle über Einzugsgebieten ist ersteres ein entscheidender Vorteil, da sich Starkniederschläge nicht auf das Umfeld von Stationen beschränken und oft auch in unzugänglichem Terrain auftreten.

2.1 Präkalibrierung

Die radarphysikalisch basierte Methode ist durch ihre nicht-lokale Kalibrierung auch in die nächste Stunde übertragbar, weil sie nicht an temporäre Eichfaktoren im Umfeld von Stationen gebunden ist. Damit eröffnet sich die Möglichkeit, direkt nach Eintreffen eines neuen Radardatensatzes (alle 5 Minuten) eine vorkalibrierte Summe zu berechnen. Mit dieser Live-Summe können mit guter Genauigkeit Sturzregenereignisse frühzeitig erkannt und bewarnt werden, ohne dass man größere Fehler erwarten muss, wie sie z. B. bei Nutzung einer unkalibrierten Methode entstehen würden. Die Live-Summen sind in den meisten Situationen bezüglich des Bias, d. h. der systematischen Abweichung, ähnlich gering wie die nachträglich kalibrierte Radarsumme. Eine systematische Über- oder Unterschätzung würde andernfalls zu Fehlwarnungen bzw. fehlenden Warnungen führen (**Bild 2**).

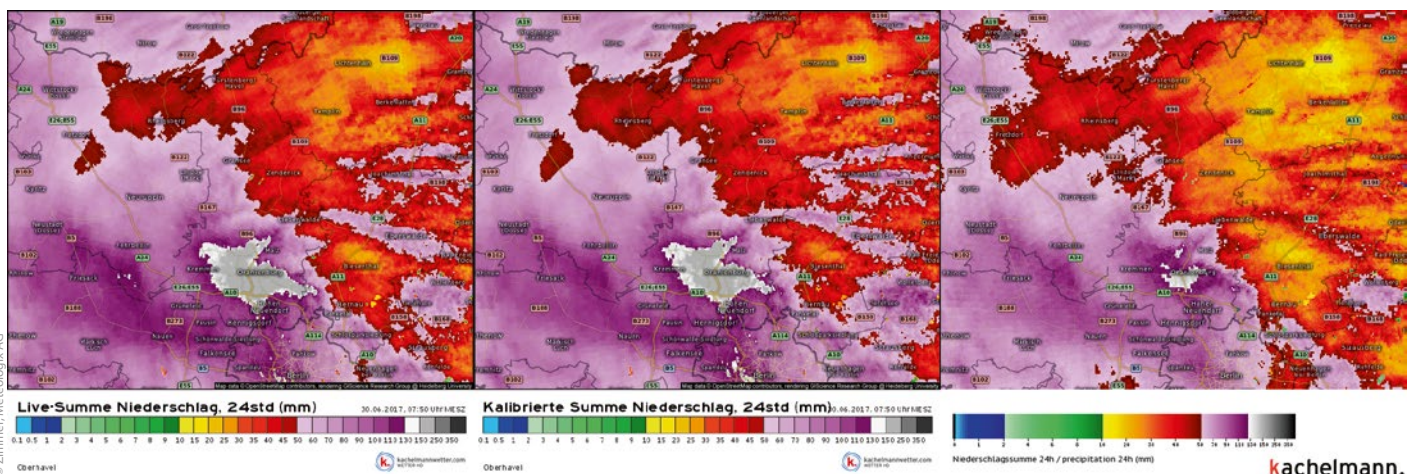


Bild 1: Tagesniederschlag Landkreis Oberhavel/Brandenburg 29./30.06.2017: Radarsummen vorkalibriert (live, links), kalibriert (Mitte) und unkalibriert (rechts)

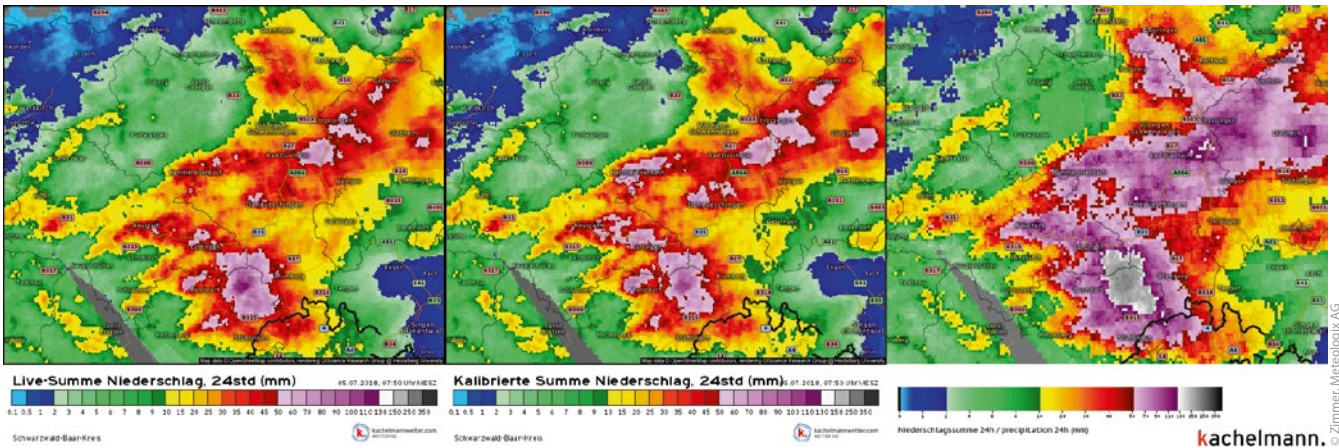


Bild 2: Tagesniederschlag Schwarzwald-Baar-Kreis/Baden-Württemberg 04./05.07.2018: Die aller 5 Minuten berechnete Live-Summe (quasi Echtzeit, links) sowie die nachträglich zu jeder Stunde mit Messwerten kalibrierte Summe (Mitte) zeigten lokal Starkniederschlag über 60-70 mm, der mit Messwerten allein nicht erfasst wurde, die unkalibrierte Summe (rechts) überschätzte die Mengen in extremem Maße

2.2 Nutzung von Zusatzstationen aus Verdichtungsnetzen

In Zusammenarbeit mit der Stadtentwässerung Reutlingen sind Tests durchgeführt worden, die den Einfluss eines stark verdichteten lokalen Messnetzes untersucht haben [3]. Der Mehrwert zusätzlicher Messwerte war dabei nicht nur auf die eng begrenzte Verdichtung beschränkt, sondern trägt besonders bei Schauerlagen mit wenigen Stationstreffern dazu bei, dass die Stichprobe mit Niederschlag erhöht wird. Dadurch profitiert die Kalibrierung und mit ihr das abgeleitete Niederschlagsmuster im gesamten Radarbereich.

Seit 2018 baut die Meteologix AG zusammen mit der Vereinigten Hagelversicherung VVaG ein eigenes Messnetz auf. Die Einbeziehung dieser Zusatzstationen erhöht die Wahrscheinlichkeit, dass auch bei lokalem Schauerregen Stationstreffer auftreten und somit eine Kalibrierung stattfinden kann.

2.3 Zusammenfassung zu Fragen der Qualität der bereitgestellten Präkalibrierung

Die Qualität der quantitativen Live-Radardaten ist derjenigen der nachträglich physikalisch angeeichten Daten vergleichbar. Damit werden sie für Einsatzbereiche aus dem Krisenmanagement als ausreichend verlässlich bewertet. Wichtig für die quan-

titative Erfassung kleinräumiger Starkregen sind Stationstreffer, die bei der korrekten Aneichung helfen. Die nachgelagerte zweite Kalibrierung beseitigt die bislang etwas größeren Abweichungen direkt an den messenden Stationen.

3 Erstellung eines Index als Interpretationshilfe zur einheitlichen Bewertung von Radardaten bei Starkregenereignissen

Die komplexen statistischen Grundlagen der Extremwertanalysen von Starkregenereignissen sollen in einen einheitlichen, grafisch darstellbaren und einfach zu interpretierenden Index übersetzt werden.

Hierzu wird einerseits die Methodik des Starkregenindex, welche von Schmitt et al. [1] entwickelt wurde, zugrunde gelegt. Dieser Starkregenindex klassifiziert Starkregenereignisse anhand der jeweiligen Niederschlagsintensität in 12 Kategorien, welche das Intensitätsspektrum bis hin zu extremen Starkregenereignissen wiedergeben (**Bild 3**).

Andererseits werden als Grundlage die Daten aus dem Projekt ROGER [2], welche auch die Basis der Szenarien des SRRM in Baden-Württemberg sind, verwendet.

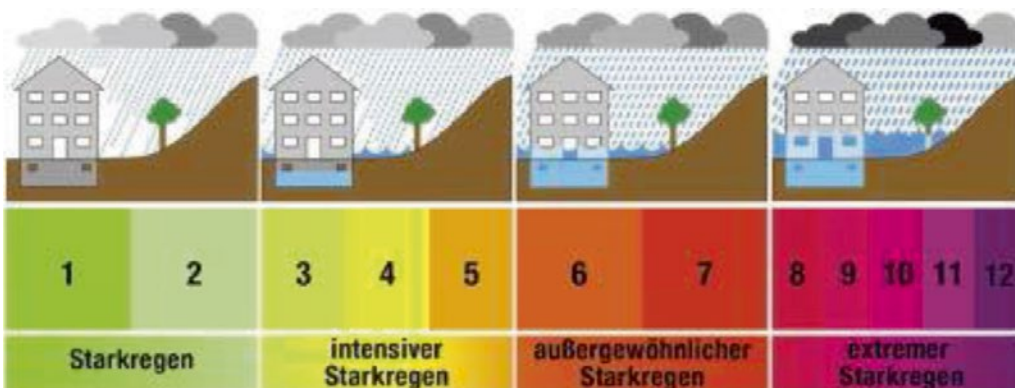


Bild 3: Schematische Darstellung des Starkregenindex

Station: BRETTEEN (LUBW)
 Koordinaten: 3479381.46, 5432896.39
 Höhe NN: 172.3 m

SRI [-]	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Kategorie	Starkregen		Intensiver Starkregen			außergewöhnlicher Starkregen		extremer Starkregen				
T_n [a]	2	5	10	25	33,3	50	100	> 100				
Erhöhungsfaktor [-]							1,00	1,20 - 1,39	1,40 - 1,59	1,60 - 2,19	2,20 - 2,79	> 2,8
Dauerstufe [min]	Niederschlagshöhe h_N [mm]											
5	6	7	9	12	13	14	17	21 - 24	24 - 27	28 - 38	38 - 48	> 49
10	9	12	14	17	18	20	22	27 - 31	31 - 36	36 - 50	50 - 63	> 63
30	15	19	23	28	29	32	36	43 - 50	50 - 57	58 - 79	79 - 101	> 101
60	17	22	26	31	33	35	39	47 - 55	55 - 62	63 - 86	87 - 110	> 110

Station: BONNDORF/SCHW.
 Koordinaten: 3450124.95, 5297855.62
 Höhe NN: 854.7 m

SRI [-]	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Kategorie	Starkregen		Intensiver Starkregen			außergewöhnlicher Starkregen		extremer Starkregen				
T_n [a]	2	5	10	25	33,3	50	100	> 100				
Erhöhungsfaktor [-]							1,00	1,20 - 1,39	1,40 - 1,59	1,60 - 2,19	2,20 - 2,79	> 2,8
Dauerstufe [min]	Niederschlagshöhe h_N [mm]											
5	6	8	10	12	12	13	15	18 - 21	21 - 24	24 - 33	34 - 43	> 43
10	10	13	16	19	20	22	24	29 - 34	34 - 39	39 - 54	54 - 69	> 69
30	15	21	25	31	33	36	41	49 - 57	58 - 65	66 - 90	91 - 115	> 116
60	19	26	32	42	46	51	62	74 - 86	87 - 98	99 - 136	136 - 173	> 174

© Professur für Hydrologie, Universität Freiburg

Bild 4: Matrix des Starkregenindex für die Stationen Bretten (oben) und Bonndorf (unten) für vier verschiedene Dauerstufen

Die Starkregenklassifikation baut auf einer Extremwertanalyse von langen Zeitreihen extremer Niederschlagsereignisse für verschiedene Dauerstufen auf. In der aktuellen Anwendung des Index wurden für etwa 350 Niederschlagsstationen mit 1- oder 5-minütigen Niederschlagsdaten in Baden-Württemberg entsprechende Extremwertanalysen durchgeführt und darauf aufbauend für jede Station die entsprechende Matrix des stationsspezifischen Starkregenindex erstellt (Bild 4). Um neben den Stationen auch flächenhafte Aussagen treffen zu können, werden die Ergebnisse der stationsspezifischen Extremwertanalyse auf die Basis-einzugsgebiete von Baden-Württemberg interpoliert, so dass schlussendlich für jedes Basisgebiet eine spezifische Matrix des Starkregenindex vorliegt.

Im Folgenden werden mögliche Anwendungsbeispiele für die Interpretationshilfe kurz skizziert.

3.1 Nutzung bei einem aktuell ablaufenden Starkregenereignis

Zum einen kann der Index bei Starkregenereignissen als Warnmatrix und zur Bewertung der aktuellen Niederschlagsradardaten verwendet werden. Da die Basis-

einzugsgebiete des amtlichen wasserwirtschaftlichen Gewässernetzes (AWGN) auch in FLIWAS3 hinterlegt sind, kann eine Verknüpfung des virtuellen Gebietsniederschlagsschreibers mit dem

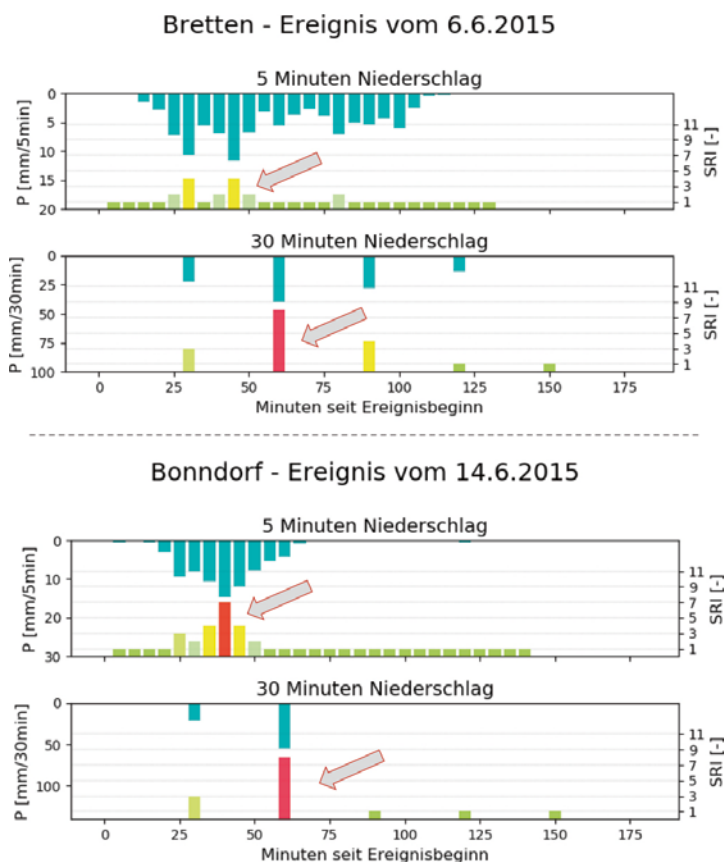


Bild 5: Zeitlicher Verlauf von Niederschlag und Starkregenindex für verschiedene Dauerstufen des Niederschlags für zwei ausgewählte Starkregenereignisse im Juni 2015

© Professur für Hydrologie, Universität Freiburg

Starkregenindex erfolgen, um eine flächenhafte Bewertung und Darstellung zu erhalten. Weiterhin kann der Index bei der Bewertung des Punktrengeschreibers unterstützen.

Ein weiteres Ziel ist die Einstufung der Starkregenszenarien aus dem SRRM in dem Index. Damit kann - bei den Kommunen, welche die Starkregengefahrenkarten erstellt haben - unmittelbar eine Zuordnung zu einem Szenario und damit eine Verbindung zu den Alarm- und Einsatzplänen erfolgen. Auf Basis des Index können Maßnahmen des Krisenmanagements geplant und Einsatztrigger vorab definiert werden. Damit entsteht die Möglichkeit eines planmäßigen Umgangs mit den Starkregenereignissen insbesondere in Verbindung mit den Starkregengefahrenkarten.

3.2 Nutzen des Index zur Vorbereitung auf ein Starkregenereignis

Mögliche Ereignisse können mit dem Index bewertet werden, um darauf aufbauend Vorsorgemaßnahmen planen zu können. Dabei ist es von Bedeutung, dass auch unterschiedliche Ereignisdauern in dem Index erfasst werden können.

Ein Beispiel zur Bewertung wird in **Bild 5** aufgezeigt. Für zwei Niederschlagsstationen wurde jeweils ein Starkregenereignis im Juni 2015 ausgewertet in Bezug auf den zeitlichen Verlauf des Niederschlags und des dazu entsprechenden Starkregenindex. Beide Niederschlagsereignisse haben in der Region zu Überflutungen und entsprechenden Schäden geführt.

Es zeigt sich, dass beim Ereignis in Bretten (oben) die halbstündlichen Niederschläge das höchste Starkregenpotenzial (rot) zeigen, während an der Station Bonndorf (unten) schon bei den 5-minütigen Niederschlägen ein hoher Starkregenindex (rot) erreicht wird.

4 Zusammenfassung

Mit dem Index als Interpretationshilfe zur Bewertung von Radardaten bei Starkregen wird eine Möglichkeit geschaffen, neu verfügbaren Live-Radardaten entweder für vorsorgende Kri-

senmanagementmaßnahmen oder für Maßnahmen im Einsatzfall zu bewerten und zu nutzen. Der Index soll insbesondere in FLIWAS3 eingebettet werden.

Autoren

Prof. Markus Weiler

Dr. Andreas Hänsler

Professur für Hydrologie

Universität Freiburg

Friedrichstr. 39

79098 Freiburg

markus.weiler@hydrology.uni-freiburg.de

andreas.haensler@hydrology.uni-freiburg.de

Dipl.-Met. Janek Zimmer

Meteorolog/Kachelmannwetter

Kippenbergstr. 10

04317 Leipzig

janek@kachelmann.com

Dipl.-Ing. Markus Moser

Regierungspräsidium Stuttgart

Ruppmanstraße 21

70565 Stuttgart

markus.moser@rps.bwl.de

Literatur

- [1] Schmitt, T. G.; Krüger, M.; Pfister, A. et al.: Einheitliches Konzept zur Bewertung von Starkregenereignissen mittels Starkregenindex. In: Korrespondenz Wasserwirtschaft 11 (2018), Nr. 2.
- [2] Steinbrich, A.; Stoelzle, M.; Weiler, M.: Generierung von konsistenten Grundlagendaten zur Berechnung von Starkregenereignissen für eine Starkregengefahrenkartierung in BW. Abschlussbericht für die LUBW, 2016.
- [3] Moser, M.: Nutzung von Online-Radardaten bei Starkregenereignissen. In: WasserWirtschaft 108 (2018), Heft 11, S. 51-56.

Markus Weiler, Andreas Hänsler, Janek Zimmer and Markus Moser

Use of radar data in heavy rain risk management in Baden-Württemberg

In this article the precalibration and use of quantitative online radar data is described for heavy rain flood risk management in Baden-Württemberg, based on user needs from crisis management. The precalibrated live radar data is incorporated into FLIWAS3 (www.fliwas3.de), the flood information and warning system for crisis management. In order to further support the users, an additional interpretation and assessment support for the live radar data tool is currently being developed and will be incorporated into FLIWAS3. The reliability of the precalibration and the concept and possible applications of the new assessment tool are illustrated here.

 SpringerProfessional.de

FLIWAS



Moser, M.: Nutzung von Online-Radardaten bei Starkregenereignissen. In: WasserWirtschaft, Ausgabe 11/2018. Wiesbaden: Springer Vieweg, 2018.

www.springerprofessional.de/link/16253870

Heissel, L.: Katastrophen und ihre Folgen - Starzel-Ereignis und Aufarbeitung. In: WasserWirtschaft, Ausgabe 11/2018. Wiesbaden: Springer Vieweg, 2018.

www.springerprofessional.de/link/16253860