

Detailanalysen und Empfehlungen zur Anwendung des Starkregenindex für die Bewertung von Starkregenereignissen

C. Scheid^{1,*}, T. G. Schmitt¹

¹Technische Universität Kaiserslautern, Fachgebiet für Siedlungswasserwirtschaft und Abfallwirtschaft, Paul-Ehrlich-Strasse 14, D-67663 Kaiserslautern

*Email des korrespondierenden Autors: christian.scheid@bauing.uni-kl.de

Kurzfassung: Der Starkregenindex SRI12 nach Schmitt (2015) nimmt eine Zuordnung der Indices zu repräsentativen Niederschlagshöhen für verschiedene Wiederkehrzeiten T_n vor. Dieser Vorschlag wird anhand einer flächendeckenden Auswertung des KOSTRA-DWD-2000 verifiziert und repräsentative SRI12-Bezugswerte für durchschnittliche statistische Niederschlagsverteilungen in Deutschland bestimmt. Dabei zeigt sich, dass der SRI12 zwar für weite Bereiche des KOSTRA-Atlas zutreffend zugeordnet werden kann, jedoch je nach Örtlichkeit auch signifikante Abweichungen möglich sind, die gesonderte Überlegungen zur Anpassung des SRI12 erfordern. Ferner wird anhand des Starkregenereignisses vom 28.07.2014 in Münster die einfache, GIS-gestützte Anwendung des SRI12 zur Ereignischarakterisierung demonstriert und die gute Aussagekraft des SRI12 bestätigt. Es werden dabei verschiedene Ansätze der SRI12-Anwendung zur räumlichen Bewertung des Niederschlagsgeschehens vergleichend durchgeführt und Anwendungsempfehlungen formuliert.

Schlagwörter: Starkregenindex, SRI12, Niederschlagstatistik, KOSTRA-DWD, kommunales Risikomanagement, Überflutungsvorsorge

1 EINLEITUNG

Zur Bewältigung der urbanen Überflutungsvorsorge als kommunaler Gemeinschaftsaufgabe bedarf es u. a. einer stärker qualitativ ausgerichteten Bewertung der Niederschlagsbelastung als zentralem Gefährdungsindikator, um die notwendigen, interdisziplinären Kommunikations- und Planungsprozesse zwischen den einzelnen Akteuren zu vereinfachen (vgl. Schmitt, 2014). In Weiterentwicklung des „Rain Storm Severity Index“ von Grisa (2013) empfiehlt Schmitt (2015) hierfür die Anwendung eines 12-stufigen Starkregenindex (SRI12), mit dem anhand der korrespondierenden Wiederkehrzeiten des Regenereignisses entsprechend den drei Belastungs- und Starkregenkategorien gemäß Merkblatt DWA-M 119 (DWA, 2016) Zahlenwerte von 1 bis 12 zugeordnet werden. Der SRI12 soll anstelle der etablierten Regenparameter Niederschlagshöhe, Dauerstufe und statistische Wiederkehrhäufigkeit als anschauliche, ortsunabhängige Kenngröße zur Klassifizierung von Starkregenereignissen dazu beitragen, die im Zuge des kommunalen Risikomanagements erforderliche Problemkommunikation und –diskussion mit allen beteiligten Akteuren (Fachplaner, Politik, Bürger) zu vereinfachen.

Tabelle 1: Vorschlag zur ortsunabhängigen Kategorisierung von Starkregenhöhen mit Ausweitung der Starkregenindices von 1 bis 12 (Schmitt, 2015)

Starkregenindex	1 - 3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Regendauer	Starkregenhöhen in mm									
15 min	10 - 20	20 - 25	25 - 30	30 - 35	> 35					
60 min	15 - 30	30 - 40	40 - 50	50 - 60	60 - 75	75-100	100-130	130-160	160-200	> 200
2 h	20 - 35	35 - 45	45 - 55	55 - 65	65 - 80					
4 h	20 - 45	45 - 55	55 - 60	60 - 75	75 - 85	85-120	120-150	150-180	180-220	> 220
6 h	25 - 50	50 - 60	60 - 65	65 - 80	80 - 90					

Mit der Anwendung des SRI12 sind diverse Detailfragen verbunden. Zum einen ergeben sich methodische Fragen hinsichtlich der erforderlichen Transformation der raum- und zeitbezogenen

Niederschlagshöhen in SRI12-Werte (vgl. Tabelle 1) unter gesonderter Wertung des ortunabhängigen Gültigkeitsanspruchs. Zum anderen werden anhand des Starkregenereignisses vom 28.07.2014 in Münster die Auswirkungen verschiedener Ansätze zur Übertragung des SRI12 auf unterschiedliche räumliche Niederschlagsausdehnungen untersucht, die maßgeblich das Gefährdungspotenzial des Starkregenereignisses bestimmen und zur Bewertung von Überflutungsursachen heranzuziehen sind (Schmitt, 2015).

2 METHODIK UND VORGEHENSWEISE

2.1 Bewertung der statistischen Zuordnung des Starkregenindex

In Schmitt (2015) werden Wertebereiche von Niederschlagshöhen h_N gestaffelt nach unterschiedlichen Dauerstufen zur Zuordnung von Starkregenindices vorgeschlagen, die auf einer Auswertung 16 deutschlandweit verteilter Rasterfelder des KOSTRA-DWD-2000 (DWD, 2005) beruhen. Auf dieser Grundlage werden die in Tabelle 1 gelisteten h_N -Intervalle zur ortsunabhängigen Definition des SRI12 vorgeschlagen. Angesichts der in Deutschland vorliegenden, regional deutlich unterschiedlichen Niederschlagscharakteristika bedarf dieser Ansatz einer Evaluation und statistischen Absicherung durch eine flächendeckende Auswertung der Niederschlagshöhenintervalle des KOSTRA-DWD-2000 (DWD, 2005). Darüber hinaus sind die Unschärfen zu bewerten, die sich anhand der Streubreiten der lokalen h_N -Werte aus dem Vereinfachungsansatz „repräsentativer“ Wertespannen für den SRI12 ergeben.

Zur statistischen Auswertung der Niederschlagsdaten des KOSTRA-DWD-2000 (DWD, 2005) werden für die ca. 5.300 Rasterfelder des Bundesgebietes die verfügbaren Karten der Stützstellenwerte für die Dauerstufen D von 15 min, 60 min und 12 h in Kombination mit den Jährlichkeiten T_n von 1 a, teilweise 2 a und 5 a, 10 a und 100 a herangezogen. Da die Software eine flächendeckende Auswertung der Kartenwerte nicht vorsieht, werden die in den Karten enthaltenen Wertebereiche der Niederschlagshöhen mit Werkzeugen der Digitalen Bildanalyse anhand der hexadezimalen Farbcodierungen statistisch ausgewertet, konkret die absoluten Häufigkeiten der Einzelfarben der Rasterfelder ermittelt. In Weiterverarbeitung dieser Informationen erfolgt für jede D - T_n -Kombination die Auswertung der Niederschlagshöhenverteilung aller Rasterfelder als Boxplot-Darstellung (Abbildung 1). Zwecks Vergleich sind darin die SRI12-Wertebereiche nach Tabelle 1 aufgetragen (Quadrat- und Kreispunkte).

Die Auswertung verdeutlicht zum einen, dass die mittleren Niederschlagshöhen (Interquartilwerte zwischen $Q1$ und $Q3$) für Deutschland einer recht geringen Streuung unterliegen, was anhand der vergleichsweise engen Interquartilabstände (Boxhöhen zwischen $Q1$ und $Q3$) ersichtlich wird. Dabei nimmt die absolute Streuung erwartungsgemäß bei hoher Wiederkehrzeit ($T_n = 100$ a) zu. Zum anderen ordnen sich die in Schmitt (2015) bzw. Tabelle 1 festgelegten Intervallgrenzen des SRI12 insgesamt zufriedenstellend in die Wertebereiche nach KOSTRA-DWD ein, unterliegen jedoch im Einzelfall auch größeren Ungenauigkeiten: Für die Wiederkehrzeit $T_n = 10$ a wird das KOSTRA-Wertespektrum tendenziell unterschätzt, für $T_n = 100$ a jedoch signifikant überschätzt. Eine Ursache hierfür ist, dass die Datengrundlage in (Schmitt, 2015) mit 16 ausgewählten Rasterfeldern keine abgesicherte repräsentative Auswahl darstellt. Ferner sind die Intervallgrenzen nach Tabelle 1 bewusst einfach auf volle 5 mm so angelegt, dass sie sich konsistent mit den Dauerstufen und Wiederkehrzeiten ändern. Dies führt jedoch in Relation zur KOSTRA-Verteilung der Niederschlagshöhen zu zwangsläufig größeren Intervallbreiten.

Für die konkrete Anwendung des SRI12 zur Analyse aufgetretener Starkregenereignisse bedarf es der Festlegung konkreter Niederschlagshöhen als Bezugswerte (Schwellenwerte) der SRI12-Kategorisierung. Hierfür werden in Orientierung an den Medianwerten der Auswertung des KOSTRA-DWD-2000 (Dreieckspunkte in Abbildung 1) zur Festlegung konkreter SRI12-Bezugswerte die Niederschlagshöhenlinien gemäß Abbildung 2 vorgeschlagen. Die Festlegung solcher Referenzwerte für „durchschnittliche“ Niederschlagsstatistiken bedingt, dass gebietsspezifisch stets zu prüfen ist, in wie weit diese Referenzwerte die örtlichen KOSTRA-Werte des jeweiligen Untersuchungsgebietes repräsentieren. Bei größeren Abweichungen bedarf es hinsichtlich der mit den Starkregenindices und korrespondierenden Wiederkehrzeiten T_n verbundenen, abgestuften Belastungskategorien und Zielsetzungen nach Merkblatt DWA-M 119 (DWA, 2015) gesonderter Überlegungen und Abwägungen, ob und wie umfänglich die Bezugswerte der SRI12-Zuweisung im Sinne der jeweiligen Analysefragestellung des Starkregenereignisses anzupassen sind.

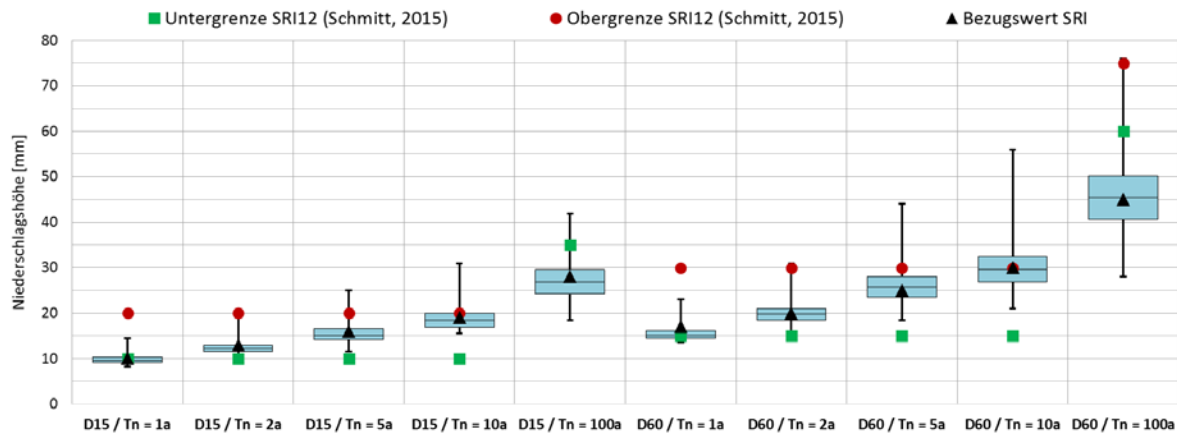
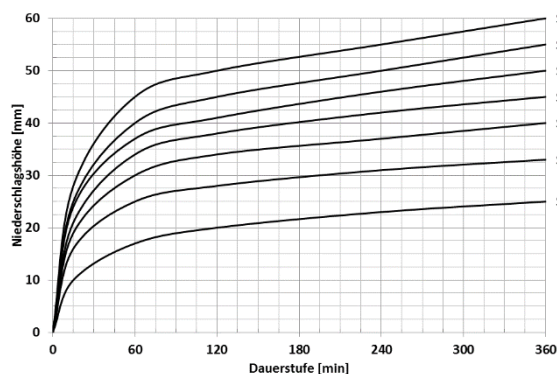
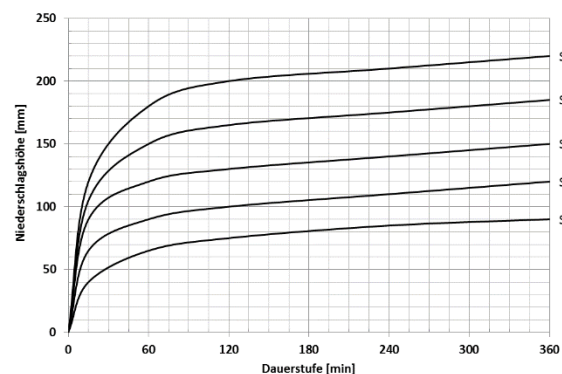


Abbildung 1: Auswertung der Niederschlagshöhenverteilung je D-T_n-Kombination nach (DWD, 2015) als Boxplot-Darstellung der Quartilen Q1 (25%), Q2 (Median) und Q3 (75%)



(a) h_N -Bezugswerte für SRI1 bis SRI7



(b) h_N -Bezugswerte für SRI8 bis SRI12

Abbildung 2: Niederschlagshöhenlinien zur Bestimmung konkreter SRI12-Bezugswerte

2.2 Methodische Ansätze zur zeitlichen und räumlichen Festlegung von Starkregenindices

Zur umfassenden Analyse eines Starkregenereignisses bedarf es einer räumlich-zeitlich differenzierten Bewertung des Niederschlagsgeschehens und einer entsprechenden Ermittlung von Starkregenindices in unterschiedlicher zeitlicher und räumlicher Ausdehnung (Schmitt 2015). Als Datengrundlage können hierzu die vom Deutschen Wetterdienst (DWD) flächendeckend erfassten Radarniederschlagsdaten im Kompositformat RADOLAN-RW mit einer räumlichen Auflösung von 1 km² und zeitlichen Auflösung von 1 h kostenfrei bezogen werden (DWD, 2015). Im vorliegenden Fall werden die Untersuchungen beispielhaft anhand des außergewöhnlichen Starkregenereignisses vom 28.07.2014 in Münster (vgl. Grüning und Grimm, 2015) durchgeführt, zu dem Radardaten in einer höheren zeitlichen Auflösung von 5 min (itwh, 2015) vorliegen. Alle Operationen wurden GIS-gestützt (ESRI ArcGIS 10) durchgeführt.

Zur Überführung radargemessener Niederschlagshöhen eines Starkregenereignisses in SRI12-Werte sind unterschiedliche Ansätze der zeitlichen und räumlichen Datenaggregation (Abbildung 3) möglich, deren Auswirkungen auf die SRI12-Ergebnisse kurz beschrieben und verglichen werden. Ansatzunabhängig sind zunächst die Radardaten von 5 min Auflösung auf die unterschiedlichen Dauerstufen von 15 min bis 6 h für jedes Rasterfeld zeitlich zu aggregieren. Je nach Ansatz werden dann (a) die Zuweisung des SRI12 zu den Niederschlagshöhen, (b) die Maximabildung je Dauerstufe und (c) die räumliche Ausdehnung (auf 9 km² bis 49 km²) in unterschiedlicher Reihenfolge ausgeführt. Je nach Ansatz beziehen sich die Prozesse (b) und (c) auf h_N oder den SRI12. Die Untersuchungen zeigen, dass vor allem der Prozess (a) der SRI12-Zuweisung zu den Niederschlagshöhen (gemäß Abbildung 3) ergebnissensitiv ist, weil mit der damit verbundenen „Übersetzung“ der Niederschlagsparameter Rundungseffekte einhergehen, indem das breitere Wertespektrum der Niederschlagshöhen h_N [mm] auf nur 12 Starkregenindices reduziert wird. Ein weiterer Rundungseffekt tritt bei der räumlichen Ausdehnung der h_N -Werte und vor allem der SRI12-Werte auf. Hierbei wird in Erweiterung des Ansatzes von Schmitt (2015) GIS-gestützt für jedes

Rasterfeld die der räumlichen Ausdehnung entsprechende Rasterfeldumgebung als arithmetischer Mittelwert berechnet. Auf Grundlage einer gesonderten Variantenbetrachtung (Varianten 1.1 bis 1.3, hier nicht weiter beschrieben) wird empfohlen, diesen Mittelwert (h_N bzw. RSRI) ganzzahlig zu runden.

Die GIS-gestützte Anwendung der methodischen Ansätze 1 bis 3 liefert die in Tabelle 2 gelisteten Maximalwerte des SRI12. Abbildung 4 zeigt beispielhaft für alle Varianten die SRI12-Verteilung der Dauerstufe $D = 1$ h bei einer räumlichen Ausdehnung von 9 km^2 . Der Vergleich zeigt, dass sich bei diesem außergewöhnlichen Niederschlagsereignis die allgemein hohen Indices gebietsweit nicht wesentlich variantenabhängig unterscheiden. Es sind jedoch punktuell je nach räumlicher Ausdehnung und Dauerstufe signifikante Unterschiede um 1 bis 2 Indexstufen feststellbar. Dabei liefert Ansatz 2 tendenziell extremere SRI-Werte als Ansatz 1, wobei diese mit größerer Dauerstufe zunehmen. Dies ist auf die bereits genannte Werteglättung der Mittelwertbildung zurückzuführen, die bei Ansatz 1 ausgeprägter ist. Ansatz 3 liefert gegenüber Ansatz 2 punktuell geringere SRI-Werte, weil hier die zeitliche Abfolge der Niederschlagsintervalle und somit das räumliche Auftreten des Ereignisses zeitgetreu bei der räumlichen Aggregation erhalten bleibt und die Maximabildung erst im letzten Prozess erfolgt. Aus diesem Grund wird die Anwendung des Ansatzes 3 allgemein als die zutreffendste Vorgehensweise favorisiert und empfohlen.

Zur Bewertung der Gesamtcharakteristik eines Starkregenereignisses und die daraus ableitbaren Anhaltspunkte für Überflutungsursachen bietet sich ein SRI12-Kennfeld (Abbildung 5) als kompakte, umfassende Darstellungsform der maximalen SRI12 für alle betrachteten Dauerstufen und Ausdehnungen an. Für das konkrete Anwendungsbeispiel wird daraus unmittelbar ersichtlich, wie außergewöhnlich hoch und extrem das Starkregenereignis vom 28.07.2014 in Münster über alle betrachteten zeitlichen und räumlichen Dimensionen war und wie umfassend als Konsequenz die Überlastungen der gesamten Entwässerungsinfrastruktur waren mit den entsprechend katastrophalen Schadensauswirkungen.

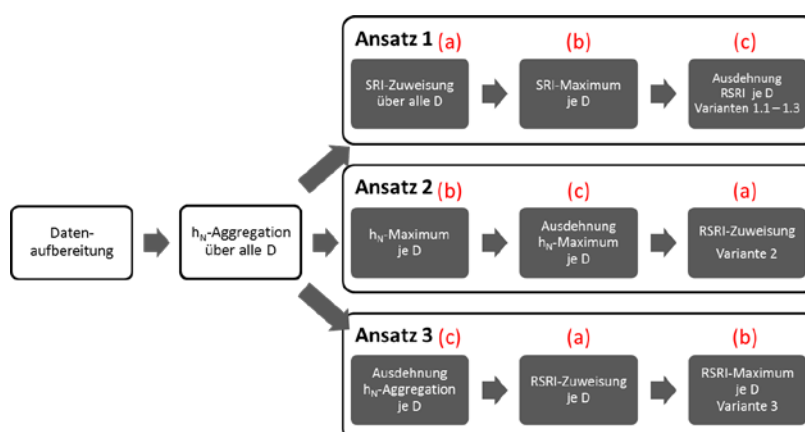
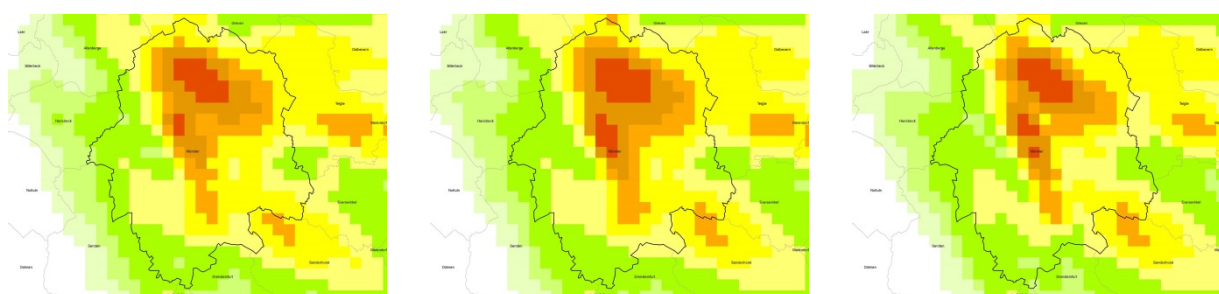


Abbildung 3: Methodische Ansätze zur SRI12-Bestimmung in unterschiedlicher räumlicher Ausdehnung



(a) Variante 1.2 (1 h – 9er Umgebung)

(b) Variante 2 (1 h – 9er Umgebung)

(c) Variante 3 (1 h – 9er Umgebung)

Abbildung 4: SRI12-Verteilungen der Varianten 1.2, 2 und 3 für die Dauerstufe $D = 1$ h und 9er Umgebung, Starkregenereignis vom 28.07.2014 (Stadtgebiet Münster)

Dauerstufe	Umgebung	V 1.2	V 2	V 3
1h	1er	9	9	9
	9er	8	8	8
	25er	8	8	7
	49er	7	8	7
2h	1er	11	11	11
	9er	10	10	10
	25er	9	9	9
	49er	9	9	9
4h	1er	12	12	12
	9er	11	11	11
	25er	10	10	10
	49er	9	9	9
6h	1er	12	12	12
	9er	12	12	12
	25er	11	11	11
	49er	10	10	10
MAX		12	12	12

Tabelle 2: Räumlich-zeitliche SRI12-Analyse des Starkregenereignisses vom 28.07.2014 in Münster

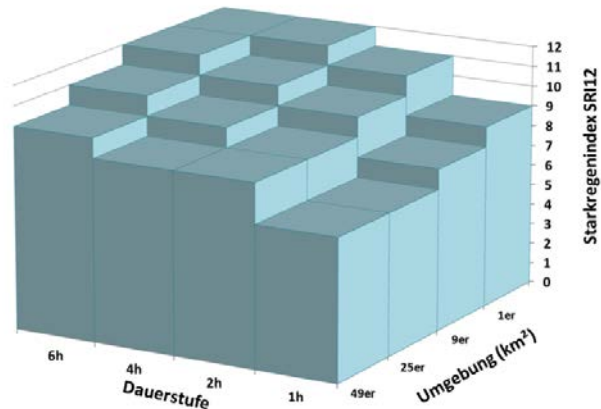


Abbildung 5: SRI12-Kennfeld für das Starkregenereignis vom 28.07.2014 in Münster (Variante 3)

3 SCHLUSSFOLGERUNGEN

Der Starkregenindex SRI12 stellt aufgrund seiner Einfachheit ein gut geeignetes Instrument zur allgemein verständlichen Bewertung der quantitativen Ausprägung („Stärke“) von Starkniederschlägen dar und unterstützt damit ein besseres Prozess- und Problemverständnis in Bezug auf Starkregenüberflutungen und die Aufgaben der kommunalen Überflutungsvorsorge. Diskussionswürdig ist jedoch bei der konkreten Anwendung, dass dieser Beurteilungsparameter einerseits ortsunabhängig gültig sein soll, andererseits jedoch an definierte Wiederkehrzeiten mit eindeutiger Formulierung abgestufter Belastungskategorien und Zielsetzungen (Überstaufreiheit – Überflutungsschutz – Schadensbegrenzung) gekoppelt ist und damit der lokalen Niederschlagscharakteristik entsprechen soll. Weicht letztere in einem Untersuchungsgebiet signifikant von den SRI12-Bezugswerten ab, sollte die SRI12-Zuordnung individuell modifiziert werden.

Das Anwendungsbeispiel des SRI12 auf das Starkregenereignis vom 28.07.2014 in Münster belegt, dass unter Verwendung von GIS eine zuverlässige Analyse der „Starkregenextremität“ sowohl in zeitlich als auch räumlich differenzierter Betrachtung sehr gut möglich ist. Bezüglich der Aussagegüte der Methode wird empfohlen, die Transformation der Niederschlagshöhen in Starkregenindices erst nach deren zeitlicher und räumlicher Aggregation durchzuführen.

4 REFERENZEN

- DWA (2015): Risikomanagement in der kommunalen Überflutungsvorsorge - Analyse von Überflutungsgefährdungen und Schadenspotenzialen zur Bewertung von Überflutungsrisiken. DWA-Regelwerk, Merkblatt DWA-M 119 (Gelbdruck). Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. Juli 2015. Hennef
- DWD (2005): Starkniederschlagshöhen für die Bundesrepublik Deutschland. KOSTRA-DWD-2000, Ausgabe 2005. Deutscher Wetterdienst, Offenbach/Main und itwh GmbH Hannover
- DWD (2015): RADOLAN-Komposit Produkt RW (DWD), Deutscher Wetterdienst, freier Datenbezug unter ftp://ftp-cdc.dwd.de/pub/CDC/grids_germany/hourly/radolan/, zuletzt besucht am 20.01.2016
- Grisa, Thomas M. (2013): Relabeling Extreme Rainfall Events so the Public Understands Their Severity. In: WEFTEC - 86th annual Water Environment Federation Technical Exhibition and Conference. Chicago (USA), Oct. 5-9 2013. Online verfügbar unter <http://stormwater.wef.org/wp-content/uploads/2014/01/Relabeling-Extreme-Rainfall-Events-so-the-Public-Understands-Their-Severity.pdf>, zuletzt geprüft am 20.02.2016
- Grüning, H. und Grimm, M. (2015): Unwetter mit Rekordniederschlägen in Münster. In: KA Korrespondenz Abwasser, Abfall 62 (2), S. 157–162
- itwh (2015): Niederschlagsmessdaten des DWD-Wetterradars Essen für den Zeitraum 28.07.2014, 12:00 – 00:00 UTC; zur Verfügung gestellt am 17.06.2015 durch Institut für technisch-wissenschaftliche Hydrologie GmbH, Hannover
- Schmitt, Theo G. (2014): Starkregenindex zur Kommunikation von Überflutungsursachen und Risiken. In: KA Korrespondenz Abwasser, Abfall 61 (8), S. 681–687
- Schmitt, Theo G. (2015): Weiterentwicklung des Starkregenindex zur Verwendung in der kommunalen Überflutungsvorsorge. In: gwf - Wasser / Abwasser 156 (7-8), S. 774–781