



Erstellung einer radargestützten Niederschlagsklimatologie

(Volltitel: Erstellung einer dekadischen radargestützten hoch-auflösenden Niederschlagsklimatologie für Deutschland zur Auswertung der rezenten Änderung des Extremverhaltens von Niederschlag)

**Ein Projekt der Strategischen Behördenallianz
„Anpassung an den Klimawandel“
von UBA, THW, BBK, BBSR und DWD**

Projektleiterin:

Dr. Tanja Winterrath
Deutscher Wetterdienst

Bearbeiter/in:

Mario Hafer, Thomas Junghänel, Anna Schmitt
Deutscher Wetterdienst

2. Zwischenbericht

Projektlaufzeit: 01. Juni 2014 – 31. August 2016

Berichtszeitraum: 01. April 2015 – 31. Juli 2015

Datum: 31.07.2015

2. Zwischenbericht

Absender (Zuwendungsempfänger)

Name: Dr. Tanja Winterrath
Straße: Frankfurter Straße 135
Ort: 63067 Offenbach am Main
Tel.: 069/80622978
E-Mail: Tanja.Winterrath@dwd.de

Projekt / Thema: Erstellung einer dekadischen radargestützten hoch-auflösenden Niederschlagsklimatologie für Deutschland zur Auswertung der rezenten Änderung des Extremverhaltens von Niederschlag

Bearbeiter im BBSR Dr. Fabian Dosch
Bearbeiterin im BBK Susanne Krings
Bearbeiter im UBA Dr. Achim Daschkeit
Bearbeiter im THW Tobias Nothhelfer
Laufzeit 27 Monate; von 06/2014 – 08/2016

Inhaltsverzeichnis

1	Arbeitspakete und Ablauf des Projektes (Projektskizze).....	4
2	Durchgeführte Arbeitsschritte und erreichte Ziele.....	5
a.	Modul 2: Komplette Re-Analyse ab 2001	5
b.	Modul 3: Nutzerberatungs-Modul.....	16
3	Vergleich des Projektstandes mit dem verbindlichen Arbeits-, Zeit- und Finanzierungsplan	25
4	Wichtige Ergebnisse und andere wesentliche Ereignisse des Berichtszeitraums	25
5	Zusammenfassung.....	25
6	Publikationen.....	26

1 Arbeitspakete und Ablauf des Projektes (Projektskizze)

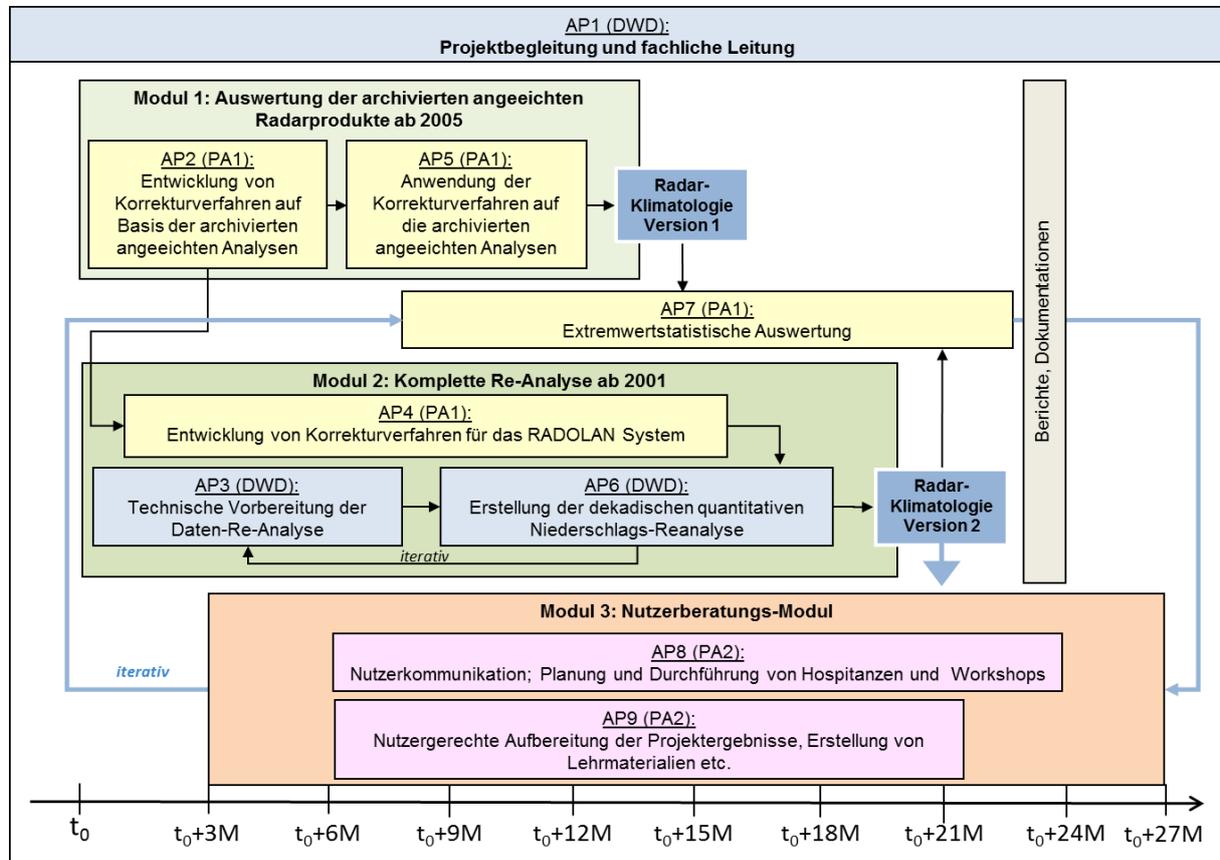


Abb. 1: Projektplan des Projektes „Radarklimatologie“

Im Rahmen des Projekts mit einer Laufzeit von 27 Monaten werden insgesamt, wie in der vorstehenden Abbildung 1 dargestellt, neun Arbeitspakete in drei Modulen bearbeitet. Die im Rahmen des Berichtszeitraums des vorliegenden zweiten Zwischenberichts schwerpunktmäßig bearbeiteten Arbeitspakete sind die folgenden:

AP1: Projektbegleitung und fachliche Leitung

Modul 2: Komplette Re-Analyse ab 2001:

AP3: Technische Vorbereitung der Daten-Re-Analyse

AP4: Entwicklung von Korrekturverfahren für das RADOLAN-System

AP7: Extremwertstatistische Auswertung

Modul 3: Nutzerberatungs-Modul:

AP8: Nutzerkommunikation; Planung und Durchführung von Hospitanzen und Workshops

AP9: Nutzergerechte Aufbereitung der Projektergebnisse, Erstellung von Lehrmaterialien etc.

2 Durchgeführte Arbeitsschritte und erreichte Ziele

a. Modul 2: Komplette Re-Analyse ab 2001

AP3: Technische Vorbereitung der Daten-Re-Analyse

POLARA

Das POLARA-Softwarepaket, das im Zuge der Umrüstung des DWD-Radarmessnetzes auf Dual-Pol-Technik entwickelt und derzeit für den operationellen Einsatz in der Echtzeitproduktgenerierung getestet wird, umfasst umfangreiche neue Korrekturmethode, die auch unter Verwendung der Single-Pol-Momente eine Verbesserung der Datenqualität versprechen. Im Berichtszeitraum wurden erste Untersuchungen zur Verwendbarkeit der POLARA-Software im Rahmen der Reprozessierung durchgeführt. Erste Vergleiche zwischen Ergebnissen reiner RADOLAN-Berechnungen (RADOLAN-Reanalyse V1.0) und der Kombination von POLARA und RADOLAN zeigen eine Verbesserung der Qualität der Daten und werden im Abschnitt zum AP4 näher diskutiert. Aus technischer Sicht zeigte sich jedoch schnell, dass POLARA mit der vorhandenen Struktur des RADOLAN-Clusters nur mit deutlichen Defiziten verwendet werden kann. Grund dafür ist, dass mehr Komponenten als gedacht auf eine zeitlich zusammenhängende Abfolge von Rechenprozessen angewiesen sind, d. h. in diesem Fall ist eine Teilung in Monatsjobs nicht möglich. Zur Lösung des Problems wurde in Zusammenarbeit mit dem für POLARA verantwortlichen Sachgebiet (Verfahrensentwicklung Radarmeteorologie, FEZEc) eine neue Strategie entwickelt. Diese sieht nun vor, die Berechnungskapazität auf zwei virtuelle Server (Knoten) mit deutlich besseren Hardware-Ressourcen zu konzentrieren. Zukünftig sollen die beiden Knoten allein die Vorprozessierung der Radardaten übernehmen, während die restlichen Knoten der Anreicherung der Radardaten mit der RADOLAN-Klima-Software vorbehalten sind. Die Einbindung dieser beiden Knoten wird derzeit technisch vorbereitet.

RADOLAN-Klima

Im Zuge der Auslagerung der Vorprozessierung der lokalen Radardaten hin zur POLARA-Software, wurde im Berichtszeitraum der RADOLAN-Klima-Software ein zusätzlicher Einstiegspunkt zum Start der Berechnung hinzugefügt. So können nun vorbereitete Stundenniederschlagsfelder (RH-Produkt) aus der Datenbank genutzt werden um diese mit den Bodendaten anzueichen. Die bisherige eigenständige Verarbeitung und Aufbereitung lokaler Radardaten sowie die Erstellung des Kompositbildes durch die RADOLAN-Klima-Software kann somit übersprungen werden.

Weiterhin wurde ein Modul zur Nutzung von Tagesniederschlagswerten konventioneller Niederschlagsstationen eingebaut. Die Funktionsweise wird im Abschnitt zum AP4 näher diskutiert.

Schnittstelle zwischen POLARA und RADOLAN-Klima

Um den Output der POLARA-Software für die RADOLAN-Klima-Software nutzbar zu machen, musste eine Schnittstelle geschaffen werden. Die POLARA-Software liefert Niederschlagsfelder in Form eines speziellen Deutschland-Komposits (1200 x 1100 km) mit einer zeitlichen Auflösung von 5 Minuten (AY-Produkt). Die RADOLAN-Klima-Software erwartet als Eingangsdaten ein Komposit auf dem erweiterten nationalen Gebiet (1100 x 900 km) mit einer zeitlichen Auflösung von einer Stunde (RH-Produkt). Um den Lückenschluss herzustellen

len, wurde im Berichtszeitraum eine Software-Routine entwickelt, die die Eingangsdaten einerseits auf die notwendige Größe zuschneidet und andererseits die einzelnen 5-Minuten-Daten zu 1-Stunden-Niederschlagsfeldern aufsummiert. Außerdem kann diese Schnittstelle später noch genutzt werden um z. B. weitere Korrekturmaßnahmen durchzuführen.

AP4: Entwicklung von Korrekturverfahren für das RADOLAN-System

Verbesserung der Radarniederschlagsdaten durch die Vorprozessierung mit POLARA

a) Erste Tests der Kombination von POLARA und RADOLAN-Klima

Im Berichtszeitraum wurden erste Ergebnisse aus der Kombination von POLARA und RADOLAN-Klima ausgewertet. Hauptaugenmerk lag dabei auf der Abschwächung des Einflusses des sogenannten „hellen Bandes“ (Bright Band). Dabei handelt es sich um die Überschätzung der Niederschlagsrate aufgrund starker, zurückgestreuter Signale im Bereich der Schmelzschicht in Mischphasenwolken. Dieses Phänomen ist vor allem in den Winter- und Übergangsmonaten zu beobachten.

Mit Hilfe verschiedener Algorithmen ist die POLARA-Software in der Lage den Bereich des hellen Bandes zu identifizieren und reagiert darauf mit einer angepassten Z-R-Beziehung bei der Umrechnung der Reflektivitäten in Niederschlagsintensitäten.

Die Abbildung 2 zeigt als Beispiel die Niederschlagssumme des Monats Februar 2015 im Bereich des Radarstandortes Essen. Der Schnittpunkt der gestrichelten Linien beschreibt jeweils den Standort des Radargerätes.

Vergleich Monatsniederschlagssumme Februar 2015
Region Essen (Radarstandort ESS)

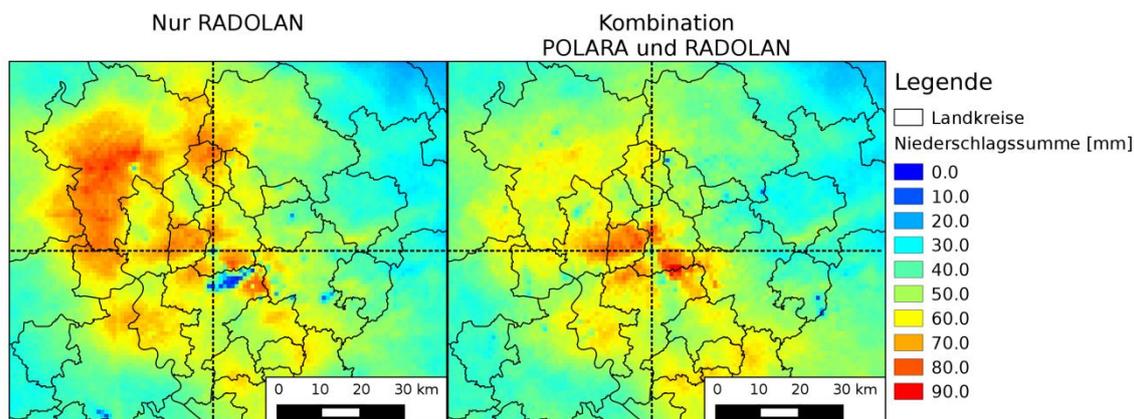


Abb. 2: Niederschlagssumme des Monats Februar 2015 im Bereich des Radarstandortes Essen: (links) unter Verwendung der RADOLAN-Software; (rechts) inkl. der Qualitätskorrekturen aus POLARA

Der Vergleich zwischen dem reinen RADOLAN-Ergebnis und dem Ergebnis der Kombination zeigt, dass besonders der linke obere Quadrant durch das helle Band beeinflusst wurde. Dadurch wird bei einer Berechnung allein mit der RADOLAN-Klima-Software in diesem Bereich eine um 25 – 30 % höhere Monatsniederschlagssumme ermittelt als bei der Kombination. Dieses Beispiel zeigt, wie stark sich eine gute Vorprozessierung positiv auf die späteren Ergebnisse auswirkt. Derzeit werden weitere Tests für die Sommermonate durchgeführt, die im nächsten Bericht diskutiert werden.

b) Behandlung latenter Negativ-Speichen

Bei der Auswertung des ersten Reanalyse-Laufes (Reanalyse V1.0) wurden in den Monats- und Jahressummen latente Negativ-Speichen sichtbar. Dabei handelt es sich um vom Radarstandort radial wegführende Sektoren mit einheitlich zu niedrigen Signalen infolge von Abschattung durch bzw. Ausblendung von Störobjekten im Signalverlauf des Radars. Diese treten insofern nur latent auf, da sie in den einzelnen Stunden und Tagessummen nur schwer oder gar nicht erkennbar sind, sowohl für das menschliche Auge als auch für automatische Erkennungsalgorithmen. Aus diesem Grund wurde das Problem auf langjähriger Ebene angegangen und die Methode nach JACOBI et al. (2014) verwendet.

Um die Speichen abgrenzbar zu machen wurden die lokalen Radardaten (DX-Produkt) mit der Standard-Z-R-Beziehung umgerechnet und ab 2001 aufsummiert. Dabei wurden die verschiedenen Geräte vor und nach der Umrüstung auf DualPol-Technik im Rahmen des Projektes RadSys-E unterschieden.

Im Folgenden soll am Beispiel des Radarstandortes Dresden das Vorgehen verdeutlicht werden (Abbildung 3). Das Radargerät war im Reanalyse-Zeitraum von Januar 2001 bis Juli 2014 im Einsatz. Danach erfolgte die Umrüstung auf ein neues Gerät. Teilabbildung 3a zeigt die unkorrigierte Niederschlagssumme, die aus den DX-Produkten berechnet wurde. Darin wird nach Nordost eine latente Negativ-Speiche sichtbar, die sich insgesamt über einen Winkelbereich von ca. 4° erstreckt. Die größte Abschwächung ist bei einem Azimutwinkel von 49° zu finden. Abbildung 3c zeigt den Signalverlauf des Mittelstrahls (49°, blau) und der beiden angrenzenden, noch unbeeinflussten Strahlen auf der linken (46°, grün) und rechten (52°, rot) Seite. Das Originalsignal des Mittelstrahls ist gepunktet dargestellt.

Zu Beginn erfolgt die Bestimmung des Mittelwerts des Signals entlang des rechten und linken Randstrahls. Dabei wird jedoch nur das Signal in einer Entfernung vom Radarstandort von 30 bis 100 km berücksichtigt, da davon auszugehen ist, dass dort die Qualität der Messung am besten ist. Dieser Mittelwert wird nun im Bereich der Speiche vom linken zum rechten Randstrahl interpoliert. Diese interpolierten Mittelwerte und die realen Mittelwerte der von der Speiche betroffenen Strahlen werden nun ins Verhältnis gesetzt und für die betroffenen Strahlen jeweils ein Verstärkungsfaktor bestimmt. Zum Schluss werden alle Werte eines betroffenen Strahles mit dem für diesen Strahl ermittelten Verstärkungsfaktor multipliziert. In Abbildung 3c ist der korrigierte Signalweg des Mittelstrahls als durchgezogene, blaue Linie dargestellt. Das Ergebnis des gesamten Prozesses zeigt Abbildung 3d.

Der Vorteil dieser Methode ist, dass das vorhandene Signal genutzt und nur verstärkt wird und damit die vorhandene Niederschlagsverteilung erhalten bleibt. Im Gegensatz dazu würde eine reine Interpolation der Messwerte zwischen den Randstrahlen, die Niederschlagsstruktur verändern. Der durch diese Methode ermittelte Verstärkungsfaktor ist außerdem zeitlich unabhängig nutzbar, das heißt er kann bereits auf die lokalen 5-Minuten-Daten angewendet werden. Hierbei ist jedoch zu beachten, dass die Verstärkung vor der Clutter-Filterung erfolgen muss, da latente nichtmeteorologische Signale ebenfalls verstärkt werden.

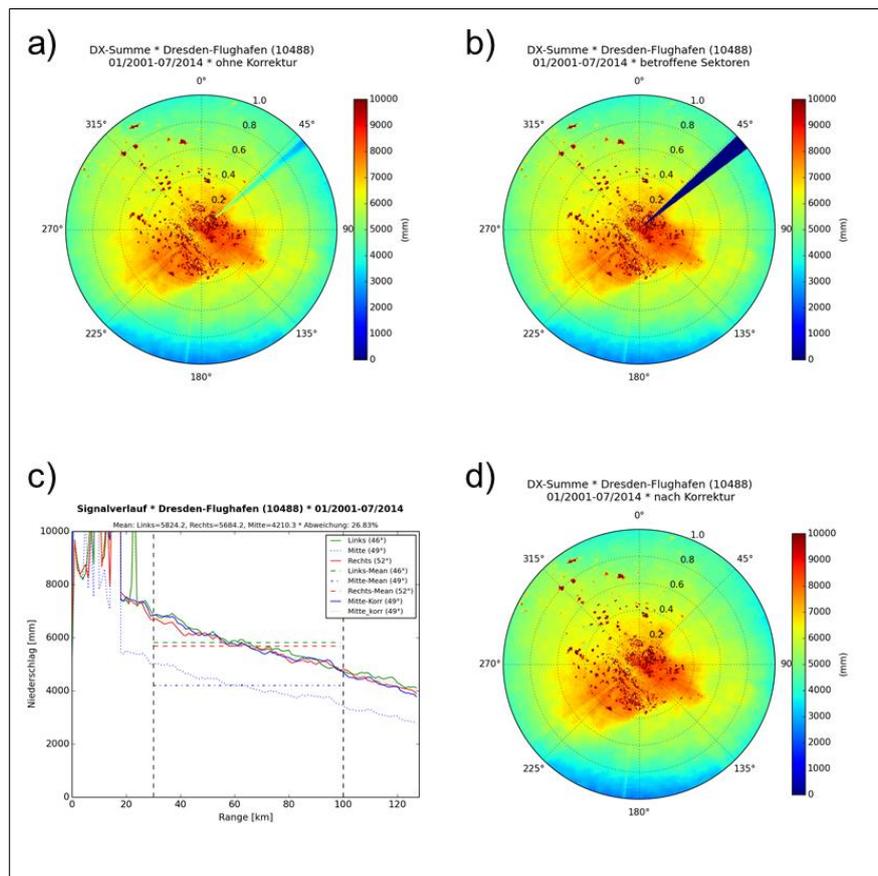


Abb. 3: Korrektur einer Negativspeiche nach JACOBI et al. (2014) am Beispiel des Radars Dresden.

c) Abschattungskorrektur

Die Abschattungskorrektur ist ein fester Bestandteil der Vorprozessierung lokaler Radardaten innerhalb der RADOLAN-Software. Sie hat zum Ziel, die Teilabschattung des Radarstrahls an orographischen Hindernissen zu kompensieren. Mit der Abkopplung der Vorprozessierung hin zur POLARA-Software muss diese Korrekturmaßnahme neu in die POLARA-Software integriert werden.

Mit der Implementierung in die POLARA-Software wurde im Berichtszeitraum begonnen. Erste Tests und eine fachliche Revision stehen noch aus.

Nutzung von Tagesniederschlagswerten zur Verbesserung der Aneichung

Die RADOLAN-Software war ursprünglich darauf ausgerichtet, ausschließlich hochaktuelle Stundenniederschlagswerte von sogenannten Online-Niederschlagsmessstationen zu verwenden. Mit der Anwendung auf klimatologische Fragestellungen eröffneten sich neue Möglichkeiten, wie zum Beispiel die Einbindung von Tagesniederschlagswerten konventioneller Niederschlagsmessstationen, welche erst, je nach Stationstyp, einen Tag bis einige Wochen nach dem Messtermin zur Verfügung stehen.

Abbildung 4 zeigt die Verfügbarkeit von Tagesniederschlagswerten im Zeitraum 2001 bis 2014 für Deutschland. Auch das Messnetz der konventionellen Niederschlagsmessstationen ist kontinuierlich von Umstrukturierungen betroffen. Besonders bis Ende 2007 wurden verstärkt Stationen automatisiert beziehungsweise aufgegeben.

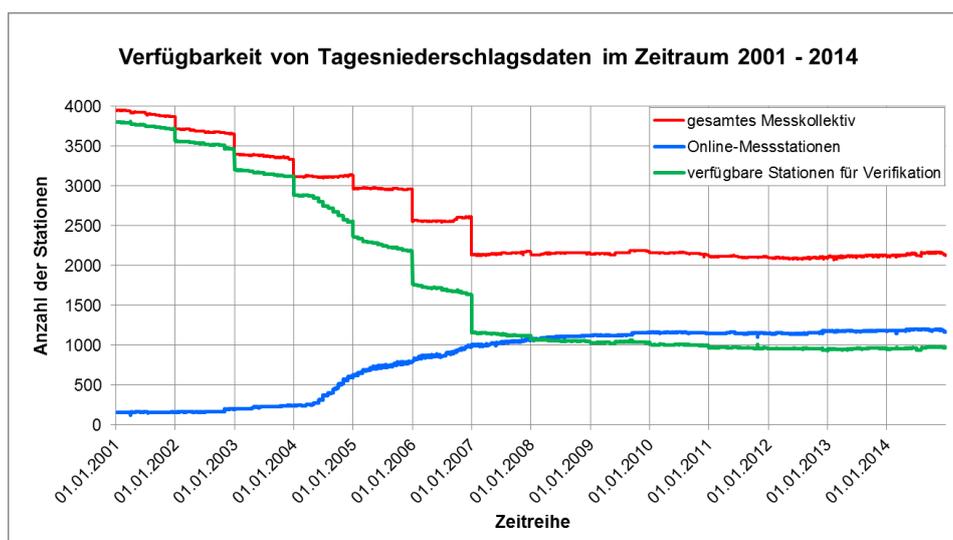


Abb. 4: Verfügbarkeit der Niederschlagsmessstationen für den Reanalysezeitraum: die grüne Kurve stellt die Differenz der roten und blauen Datenkollektive dar, die nicht in der RADOLAN-Reanalyse V1.0 verwendet wurden.

Im Rahmen des Projektes sollen diese Tagesniederschlagswerte im Wesentlichen für zwei Anwendungen genutzt werden:

- 1) Verifikation der RADOLAN-Reanalyse V1.0
- 2) Verbesserung der Aneichung wahlweise
 - a) durch Erhöhung der Stationsdichte mittels Disaggregation zu künstlichen Stundenwerten (DIAGG-Verfahren) beziehungsweise
 - b) durch eine zusätzliche Aneichung der Tagesniederschlagfelder und anschließend erneuter Skalierung der angeeichten Stundenniederschlagfelder (RW-Produkt).

Im Berichtszeitraum wurden dazu das fachliche Konzept konkretisiert und vor allem der Punkt 2a) programmtechnisch umgesetzt, sowie erste Tests durchgeführt.

Bei dem DIAGG-Verfahren wird die Information über die zeitliche Niederschlagsverteilung an einem Punkt aus den stündlichen Radardaten (RH-Produkt) gewonnen (Abbildung 5). Der Tageswert einer konventionellen Messstation kann somit zu künstlichen Stundenwerten **disaggregiert** werden. Als Referenzzeitraum wird die Messung eines Niederschlagstages, also der Zeitraum zwischen 06:00 UTC und 06:00 UTC des Folgetages, genutzt.

Zu Beginn wird der Bezugspunkt auf dem Auswertungsraster bestimmt, der mit dem Standort der konventionellen Niederschlagsmessstation korrespondiert. Dann wird der Disaggregations-Faktor F_D für diesen Punkt bestimmt. Dieser ergibt sich aus dem Quotienten der gemessenen Tagesniederschlagssummen der konventionellen Niederschlagsmessstation $R_{S,d}$ zur 24h-Summe der Radarniederschlagsdaten $R_{R,d}$ an dem Punkt. Die künstlichen Stundenwerte $R_{S,h}$ ergeben sich dann aus der Multiplikation der Stundenwerte aus der Radarniederschlagsmessung mit dem Disaggregations-Faktor.

$$R_{S,h} = R_{R,h} \cdot F_D = R_{R,h} \cdot \frac{R_{S,d}}{R_{R,d}}$$

Die mit dem DIAGG-Verfahren gewonnen künstlichen Stationswerte gehen dann gleichberechtigt in den Aneichprozess ein und werden wie „real“ gemessene Stundenwerte behandelt.

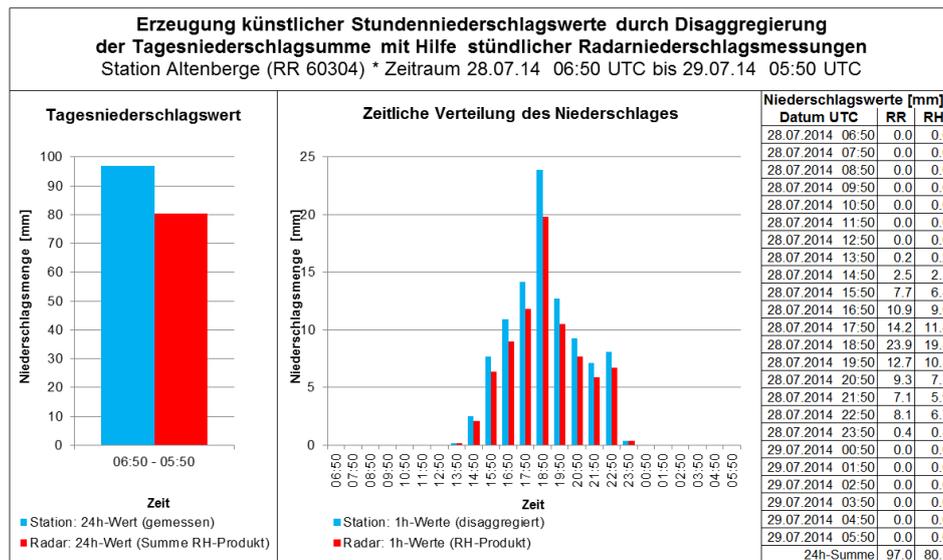


Abb. 5: Beispiel für das Disaggregierungsverfahren DIAGG.

Im Berichtszeitraum wurde das DIAGG-Verfahren an Fallbeispielen getestet. Bei dem ersten Fall handelt es sich um das Starkniederschlagsereignis vom 28. auf den 29.07.2014 in der Region der Stadt Münster. Abbildung 6 zeigt dabei die räumliche Verteilung der Tagesniederschlagssumme aus der RADOLAN-Klima-Reanalyse, einmal ohne und einmal mit Anwendung des DIAGG-Verfahrens. Dabei wurde im Nahbereich der Stadt Münster nur die Station Altenberge dem Stationskollektiv hinzugefügt.

Vergleich der Tagesniederschlagssumme ohne und mit Einbeziehung von Messungen konventioneller Niederschlagsstationen
(Region Münster * Zeitraum 28.07.2014 06:50 UTC bis 29.07.2014 05:50 UTC)

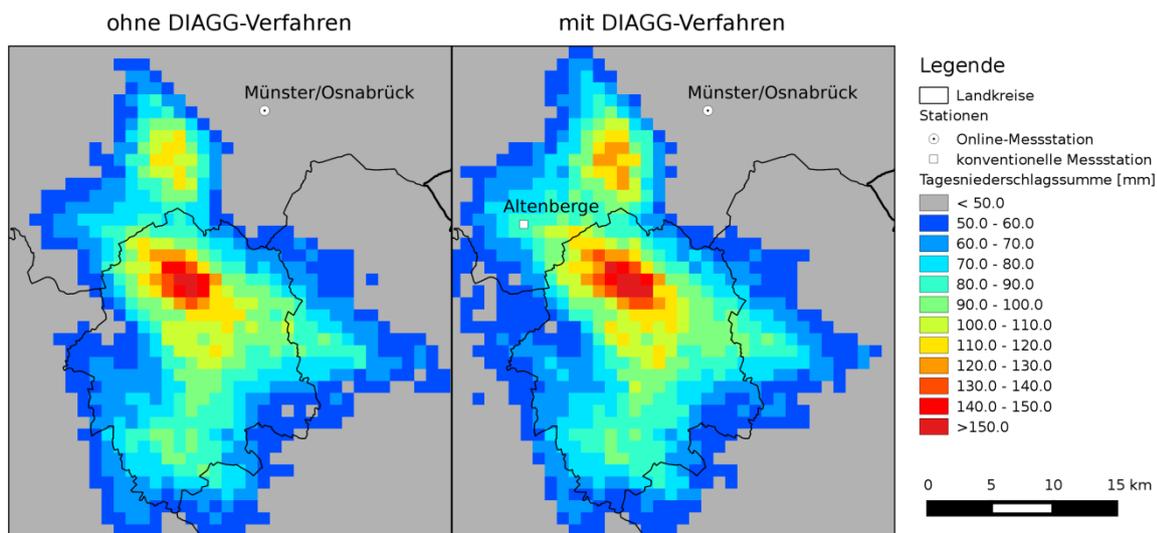


Abb. 6: Einfluss des DIAGG-Verfahrens auf die angeeichete Tagesniederschlagssumme für ein Extremereignis in Münster, Juli 2014.

Vergleich der Niederschlagssumme zum Sommerhochwasser 2013 in Sachsen
(Zeitraum 27.05.13 11:50 UTC bis 03.06.13 05:50 UTC)

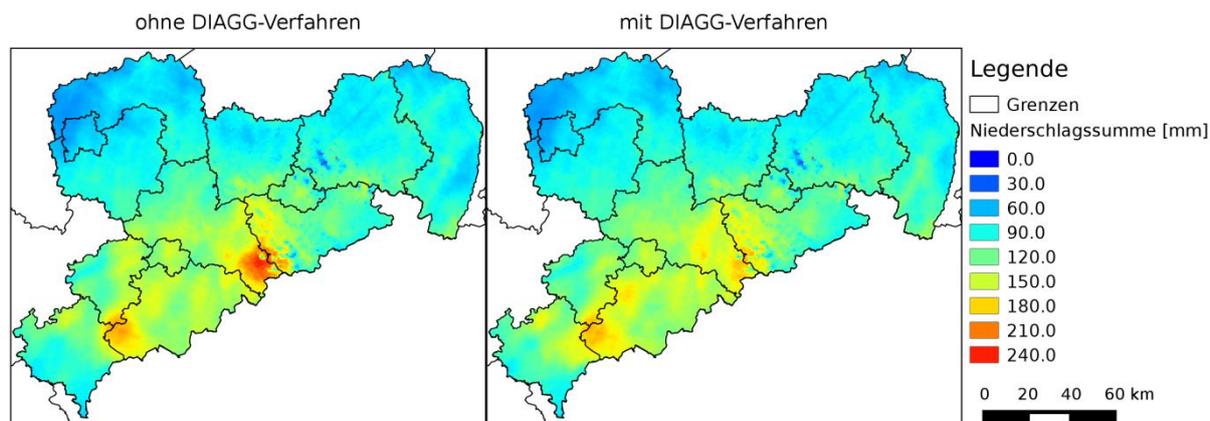


Abb. 7: Einfluss des DIAGG-Verfahrens auf die angeeichete Wochenniederschlagssumme für ein Extremereignis in Sachsen, Mai 2013.

Der gemessene Tagesniederschlagswert an der Station von 97 mm liegt rund 20 % über dem mit dem RADOLAN-Verfahren ermittelten Wert von 80,5 mm. Dabei hat die zusätzliche Station vor allem einen positiven Einfluss auf die Qualität der räumlichen Quantifizierung in ihrer näheren Umgebung im Nordosten der Stadt Münster. Da sich aber Messwert und Radarniederschlagswert relativ gesehen nur gering unterscheiden (Aneichfaktor von 1,2), wird die Quantifizierung des Maximalwertes im Stadtbereich Münster nur unwesentlich verbessert.

Bei dem zweiten Fallbeispiel handelt es sich um die Situation des Sommerhochwassers 2013 in Sachsen. Die Abbildung 7 zeigt die Niederschlagssumme über den Zeitraum des Ereignisses von rund einer Woche.

Die Berechnung ohne das DIAGG-Verfahren zeigt ein deutliches Maximum im Bereich der Südspitze des Landkreises Mittelsachsen und ein zweites Maximum im westlichen Teil des Erzgebirgskreises.

Für die Berechnung mit dem DIAGG-Verfahren konnten zusätzlich rund 75 konventionelle Messstationen in Sachsen einbezogen werden. Das Ergebnis zeigt im Vergleich zur Berechnung ohne DIAGG-Verfahren eine Abschwächung des Maximums in der Südspitze des Landkreises Mittelsachsen. Andererseits intensivieren sich die Niederschlagsfelder nördlich davon. Gleiches gilt für den Bereich im Norden des Erzgebirgskreises und den zentralen Osten des Vogtlandkreises.

Beide Fallbeispiele zeigen, dass vor allem die räumliche Quantifizierung der Niederschlagsereignisse verbessert wird. Während das Maximum des Niederschlagsfeldes im Münster-Fall erhalten bleibt, wird es im Fall des Sommerhochwassers in Sachsen nach unten korrigiert. Schwächen zeigt das DIAGG-Verfahren dann, wenn nichtmeteorologische Signale (z.B. Clutter) die Radarmessung am Bezugspunkt der Messstation und damit den künstlichen Tagesgang verfälschen. Dies konnte bis jetzt aber nur in einigen seltenen Fällen beobachtet werden. Insgesamt ist mit einer Verbesserung der Aneichergebnisse, besonders in den ersten fünf Jahren (2001 – 2005), in denen noch nicht so viele Online-Stationen verfügbar waren, zu rechnen.

AP7: Extremwertstatistische Auswertung

Umsetzung der Richtlinie DWA-A 531

Das Arbeitsblatt DWA-A 531 „Starkregen in Abhängigkeit von Wiederkehrzeit und Dauer“ (DWA, 2012) beschreibt die grundlegenden Schritte für die extremwertstatistische Auswertung von Niederschlagszeitreihen zur Bestimmung von Wiederkehrzeiten, wie sie z. B. auch bei der Erstellung der KOSTRA-Daten angewendet werden. Während die Auswertung einer begrenzten Anzahl von Stationszeitreihen jedoch halbautomatisch erfolgen kann, ist für die Anwendung auf ca. eine Million Rasterdaten eine Vollautomatisierung erforderlich. Folgende Schritte wurden dabei programmtechnisch umgesetzt:

- Ermittlung der ranghöchsten unabhängigen Niederschlagsereignisse verschiedener Dauerstufen
- Ausreißertest und –eliminierung (konfigurierbar, hier: dreifache Standardabweichung)
- Ermittlung der (u,w)-Parameter für einzelne Dauerstufen
- Ausgleich der (u,w)-Parameter aller betrachteten Dauerstufen (doppeltlogarithmisch)
- Prüfung auf monoton fallende Regenspende
- Tabellarische Ausgabe als Grundlage für Visualisierungen

Die Programmaufrufe können auf das für die Durchführung der Reanalyse eingerichtete Rechner-Cluster verteilt werden, so dass eine schnelle Berechnung der Ergebnisse erzielt werden kann.

Erste Anwendungen für das Köln21-Gebiet zeigen eine deutliche Verbesserung der Ergebnisse: Abbildung 8 zeigt den Einfluss eines einzelnen statistischen Ausreißers auf die Bestimmung der Bemessungsniederschläge am Beispiel eines RADOLAN-Pixels. Während die Auswertungen ohne Ausreißerbehandlung (Abb. 8, oben) sehr stark durch einzelne statistische Ausreißer, also extreme Einzelereignisse, geprägt sind, ergibt sich durch die Ausreißerbehandlung (Abb. 8, unten) eine sinnvolle Regression.

Abbildung 9 zeigt die Bemessungsniederschläge für die Dauerstufen 1 h und 24 h und eine Wiederkehrzeit von einem Jahr für das Köln21-Gebiet. Gezeigt werden jeweils die automatischen Auswertungen der Reanalysedaten ohne (links) und mit Ausreißerbehandlung. Hierbei wurde die maximale Anzahl der Ausreißer, die eliminiert wurden, auf einen Wert (Mitte) bzw. auf 15 Werte (rechts) beschränkt. Der Wert 15 ist dabei als technischer Wert anzusehen: Ziel ist die Entfernung möglichst aller statistischen Ausreißer mit einer Abweichung vom Median der ranghöchsten Werte $>3\sigma$. Durch die Eliminierung von Ausreißern werden die ermittelten Bemessungsniederschläge reduziert. In welchem Umfang eine automatische Ausreißerbehandlung sinnvoll ist, erfordert detailliertere Untersuchungen.

Dieser erste Anwendungstest zeigt, dass eine automatisierte Extremwertstatistik prinzipiell möglich ist. Perspektivisch ist eine Berücksichtigung der realistischen Extremwerte in der Auswertung jedoch wünschenswert. Hierzu müssen weitere Verfahrensanpassungen entwickelt und getestet werden. Im Rahmen des Berichts zum Modul 3 werden die Ergebnisse im Vergleich zur rein stationsbasierten Extremwertstatistik diskutiert.

Testanwendungen des Verfahrens auf fehlerhafte Niederschlagsfelder haben darüber hinaus ein Potenzial gezeigt, dass die Ausreißerbehandlung effektiv singuläre Fehler eliminieren kann. Als Voraussetzung für eine flächenhafte Anwendung der Auswertung ist jedoch eine sorgfältige Qualitätskorrektur der Radardaten im Rahmen der Reanalyse erforderlich.

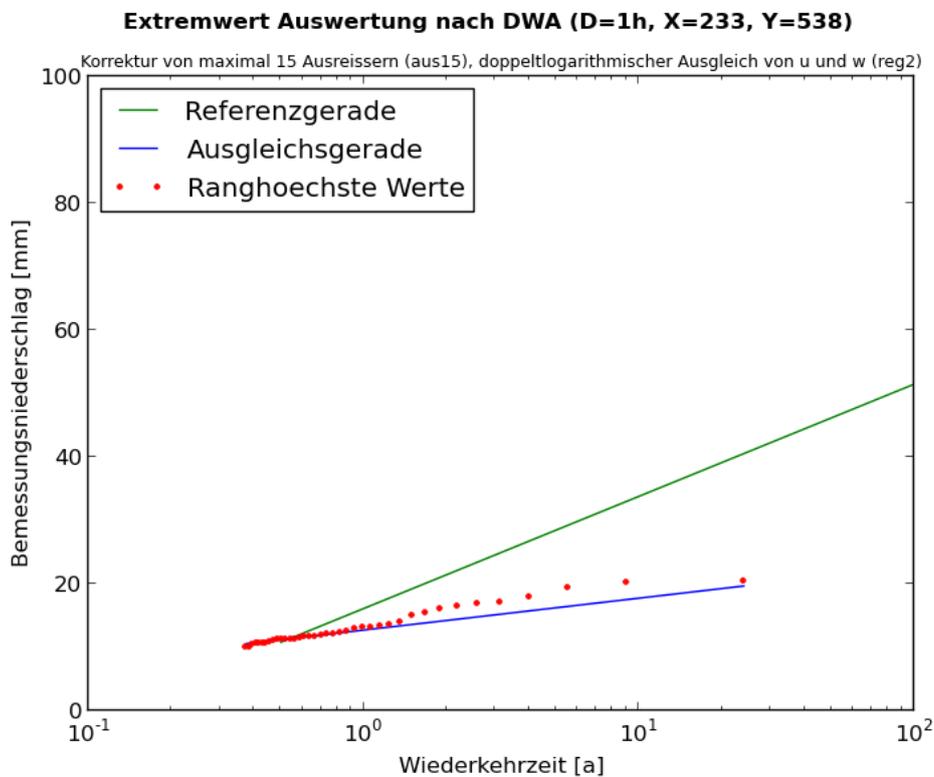
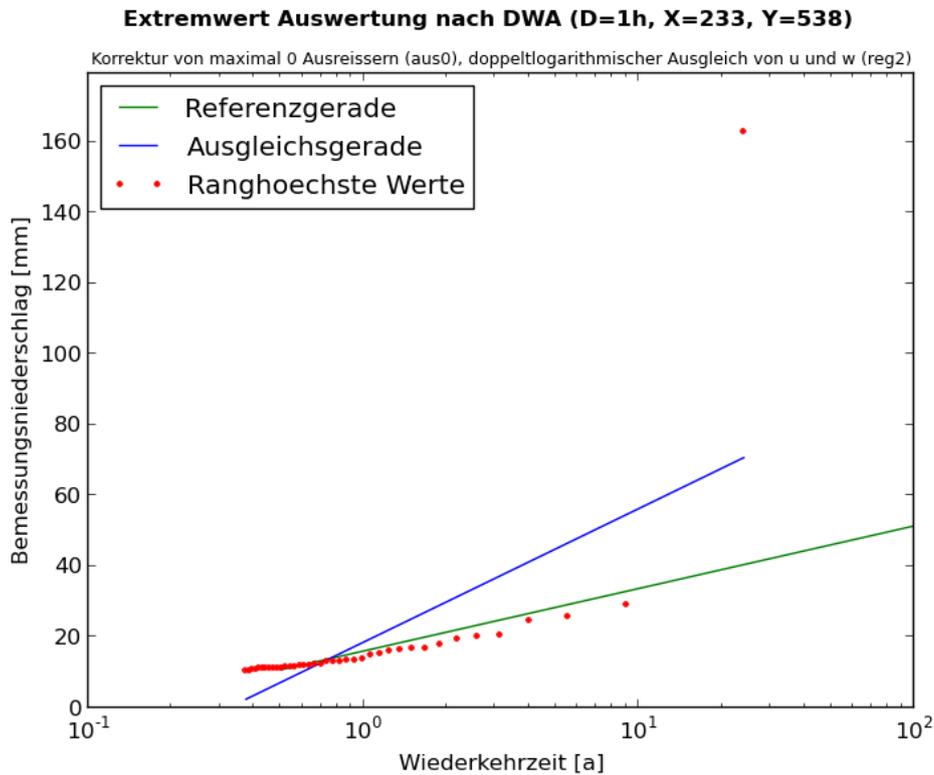
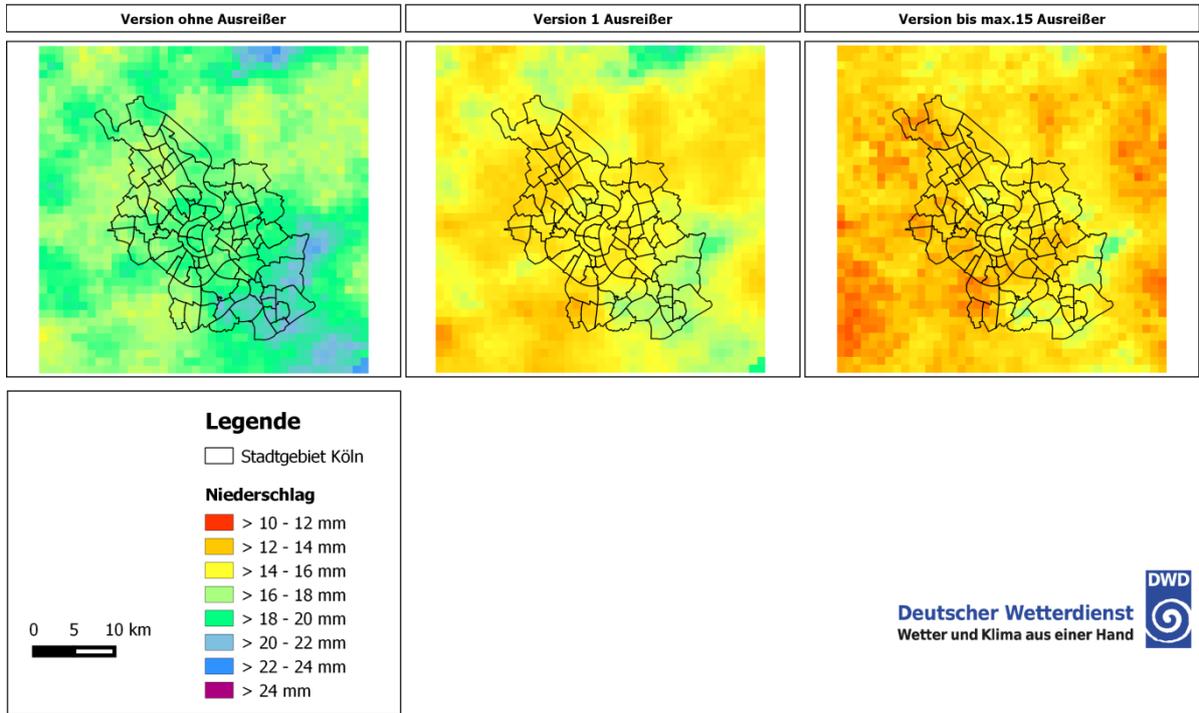


Abb. 8: Einfluss der Ausreißerbehandlung auf die Bestimmung der Wiederkehrzeiten: (oben) starke Beeinflussung der blauen Ausgleichsgeraden durch einen statistischen Ausreißer; (unten) gute Annäherung durch die blaue Ausgleichsgerade; die grüne Kurve gibt die Ergebnisse auf Basis der Ombrometerdaten an.

Bemessungsniederschlag Köln D=1h T=1a



Bemessungsniederschlag Köln D=24h T=1a

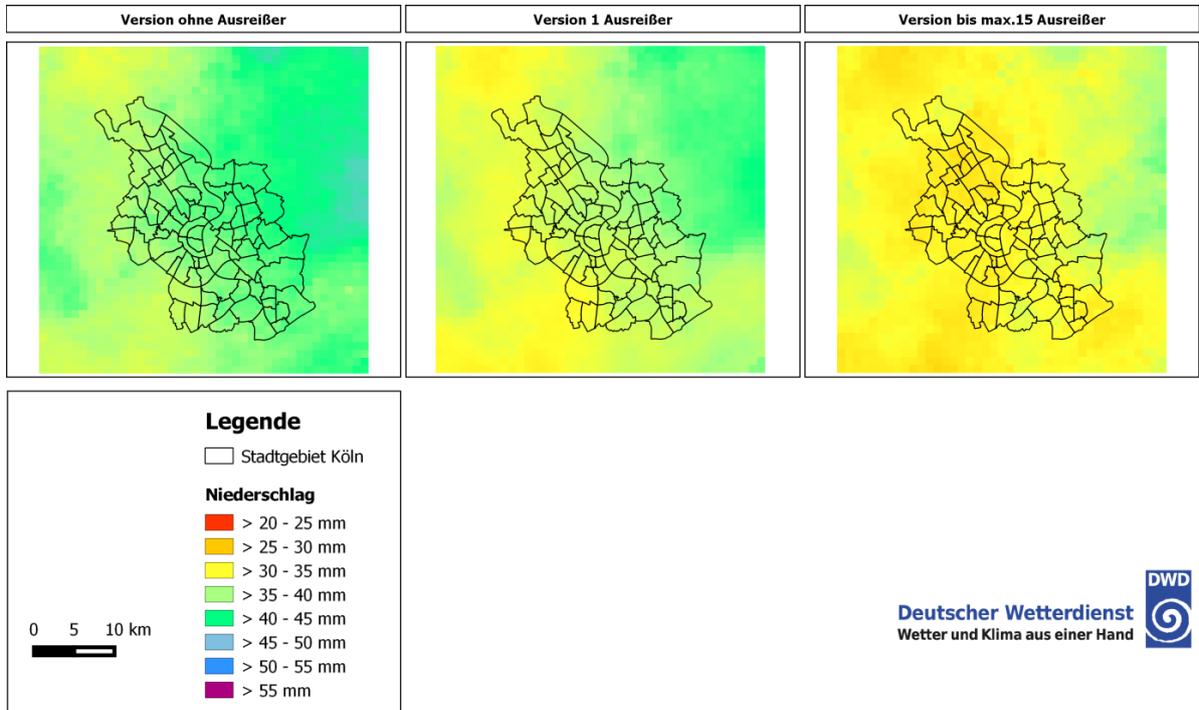


Abb. 9: Bemessungsniederschläge nach DWA-A 531 in Abhängigkeit der Ausreißerbehandlung für Köln; Zeitraum 2001-2014..

Umsetzung des Kernschätzerverfahrens

Im Rahmen des Extremwertprojekts I (DEUTSCHLÄNDER und DALELANE, 2012) wurde das Kernschätzerverfahren verwendet, um zeitliche Trends der Extremwerte in Zeitreihen von Bodenstationen sowie Klimaprojektionsdaten zu ermitteln. Im Berichtszeitraum wurde das Verfahren programmtechnisch für die Anwendung auf Rasterzeitreihen der Radarreanalyse umgesetzt und getestet. Im Gegensatz zur ursprünglichen Umsetzung werden hier nach DWA-A 531 unabhängige Ereignisse betrachtet, um ereignisbezogene Trends zu ermitteln.

Folgende Schritte wurden dabei programmtechnisch umgesetzt:

- Ermittlung der ranghöchsten unabhängigen Niederschlagsereignisse verschiedener Dauerstufen (konfigurierbares Quantil)
- Bestimmung der Verteilungen für individuelle Überschreitungen
- Randwertbehandlung
- Ermittlung der Trendkurve als normierte Addition der einzelnen Verteilungen
- Tabellarische Ausgabe als Grundlage für Visualisierungen

Die bisherigen Auswertungen waren ausschließlich Software- und Verfahrenstests, so dass im Rahmen dieses Zwischenberichts noch keine Ergebnisse präsentiert werden.

Generell ist zu berücksichtigen, dass die Ermittlung von Trends auf der Basis einer Zeitreihe über lediglich 14 Jahre mit großen Unsicherheiten behaftet ist.

b. Modul 3: Nutzerberatungs-Modul

Im Modul 3 wurden im Berichtszeitraum folgende Arbeiten durchgeführt:

AP8: Nutzerkommunikation; Planung und Durchführung von Hospitanzen und Workshops

Eingehend auf die Anforderung zur Einrichtung eines Diskussionsforums aus dem Nutzerworkshop im Februar wurde ein Projektbereich auf dem BSCW-Server der Bundesanstalt für IT-Dienstleistungen eingerichtet.

Dieser beinhaltet sowohl projektinterne Bereiche zur Koordination und Kommunikation auf welche nur die Projektpartner Zugriff haben, als auch ein Diskussionsforum, zu welchem alle Teilnehmer des 1. Nutzerworkshops eingeladen wurden. Sämtliche Dokumente (Protokolle, Berichte, usw.) für den internen Gebrauch wurden hochgeladen sowie auch erste Dokumente zum Austausch für die Nutzer im Diskussionsbereich zur Verfügung gestellt (s. Abb. 10). Erfreulicherweise hat das Diskussionsforum neben den Projektpartnern bereits 13 externe Nutzer, die auch schon erste Ergänzungen (s. Thema Starkregenindizes) von Dokumenten vorgenommen haben. Ein entsprechender Hinweis zur Nutzung des Forums wurde auf der Projektwebseite ergänzt.

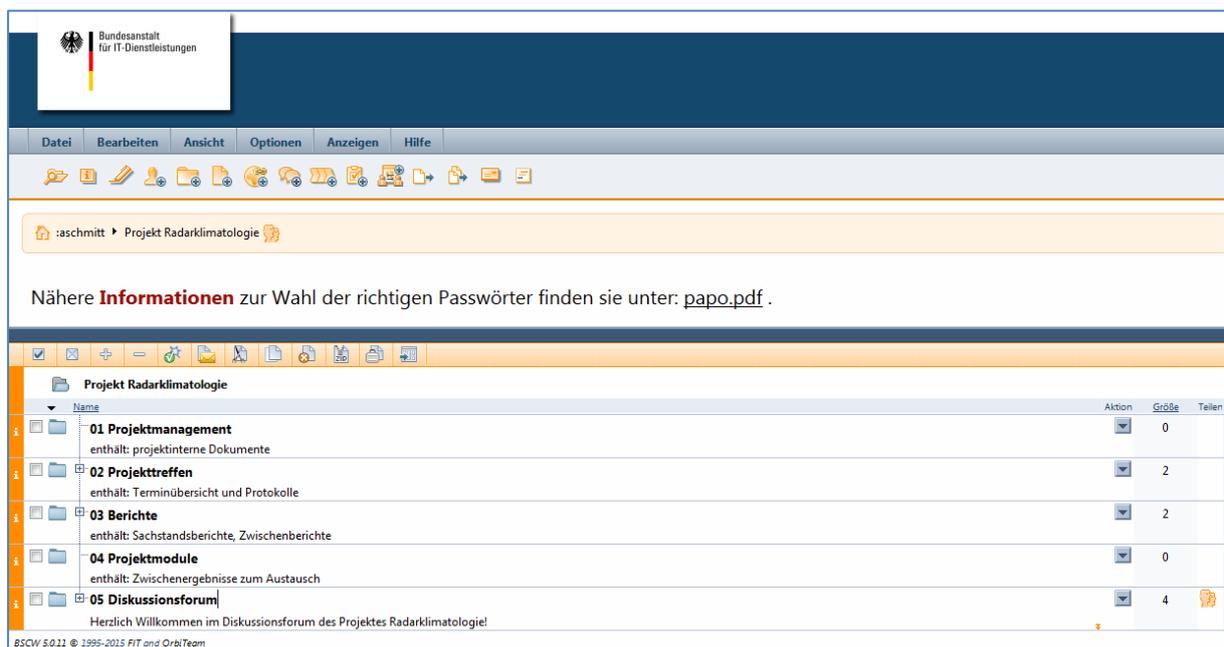


Abb. 10: Überblick über den Projektbereich Radarklimatologie auf dem BSCW-Server.

Weitergehende Planungen zum nächsten Workshop werden Thema eines Projekttreffens im Herbst dieses Jahres sein. Das Treffen, welches zusammen mit einem Treffen der Behördenallianz am 03.09.2015 in Offenbach stattfindet, wird zurzeit koordiniert und inhaltlich geplant.

Diese Abbildung ist leider nicht öffentlich zugänglich.

Abb. 11: Starkregenereignis Schwerin 03.08.2014 (Quelle: J. Krause)

AP9: Nutzergerechte Aufbereitung der Projektergebnisse, Erstellung von Lehrmaterialien etc.

Ereigniskatalog

Im Arbeitspaket 9 wurde im Berichtszeitraum begonnen, einen Ereigniskatalog der Starkregenereignisse in Deutschland für den betrachteten Zeitraum der Radarklimatologie (2001-heute) zu erstellen. Als Quellen dienten hierfür zunächst die monatlichen Witterungsberichte des DWD.

Filterkriterium zur Aufnahme der Starkregenereignisse waren die Auswirkungen dieser Starkregenereignisse, die zwar aufgrund der Regenmenge als solche definiert sind aber keine erkennbaren Auswirkungen mit sich brachten, wurden zunächst vernachlässigt. Der Ereigniskatalog, welcher kontinuierlich weiterentwickelt werden soll, enthält zurzeit etwa 240 Starkregenereignisse seit 2001, die stetig ergänzt werden.

Fallstudien Schwerin, Hamburg und Köln

Im Rahmen des Arbeitspaketes 9 wurden im Berichtszeitraum mehrere Fallstudien durchgeführt. Zum einen wurden reanalytierte Radarniederschlagsdaten für ein Starkregenereignis in Schwerin am 03.08.2014 aufbereitet. Diese wurden von Hrn. Krause (Amt für Brand-, Katastrophenschutz und Rettungsdienst Schwerin) mit Einsatzdaten verknüpft. Betrachtet man die 4-stündige Abfolge der Niederschlagssummen und Einsatzgeschehnisse von 18.50 Uhr UTC (20.50 Uhr MESZ) bis 21.50 Uhr UTC (23.50 MESZ) (von links nach rechts), lässt sich eine Einsatzhäufung in den zwei Stunden nach dem Ereignis vor allem in den Gebieten mit Niederschlagsmaxima um 19:50 UTC (21:50 MESZ) ausmachen (s. Abb. 11).

Als weiteres Fallbeispiel wurde das Starkregenereignis vom 05.05.2015 in Hamburg für die Stunde 15.50 Uhr UTC (d.h. 16.50-17.50 Uhr MESZ) aufgegriffen und visualisiert (s. Abb. 12). Einsatzdaten der Feuerwehr Hamburg wurden von Hrn. Batlle bereitgestellt. Es zeichnet sich ab, dass die wasserbedingten Feuerwehreinsätze (s. Punktdaten im oberen Bild) mit den Maxima der Niederschläge nur teilweise übereinstimmen, Grund hierfür könnte die Tatsache sein, dass die Gebiete mit den höchsten Niederschlagssummen in gering bis gar nicht besiedelten Gebieten liegen (s. untere Karte), hingegen nördlich der Elbe eine wesentlich höhere Bevölkerungszahl und somit auch Schadenspotenzial vorherrscht. Insgesamt gab es

bei diesem Ereignis auch viele windbedingte Einsätze, Winddrift könnte also möglicherweise ebenfalls eine Rolle gespielt haben.

Die nutzerfreundliche Aufbereitung von Niederschlagsereignissen in einem GIS, welches die Möglichkeit zur Verschneidung mit weiteren georeferenzierten Datensätzen bietet, war Gegenstand eines Hochschulpraktikums von Frau Julia Schiller. Im Rahmen ihrer Hospitanz im Behördenallianzprojekt hat sie weitere Fallbeispiele für Köln und Hamburg, aufbauend auf dem Ereigniskatalog, untersucht und für verschiedene Ereignisse Niederschlagsdaten mit Siedlungsdaten und Flächennutzungen verschnitten und visualisiert. Für ausgewählte Beispiele wurden auch Wiederkehrzeiten unterschiedlicher Dauerstufen basierend auf den KOSTRA-Werten visualisiert (s. Abb. 13).

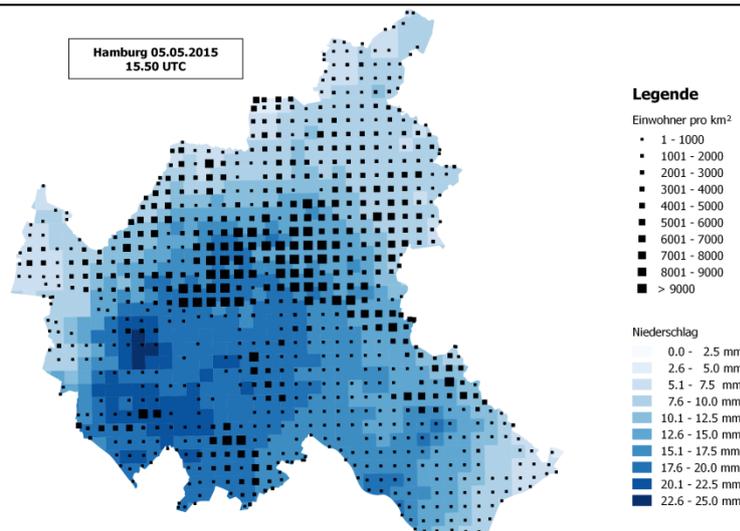
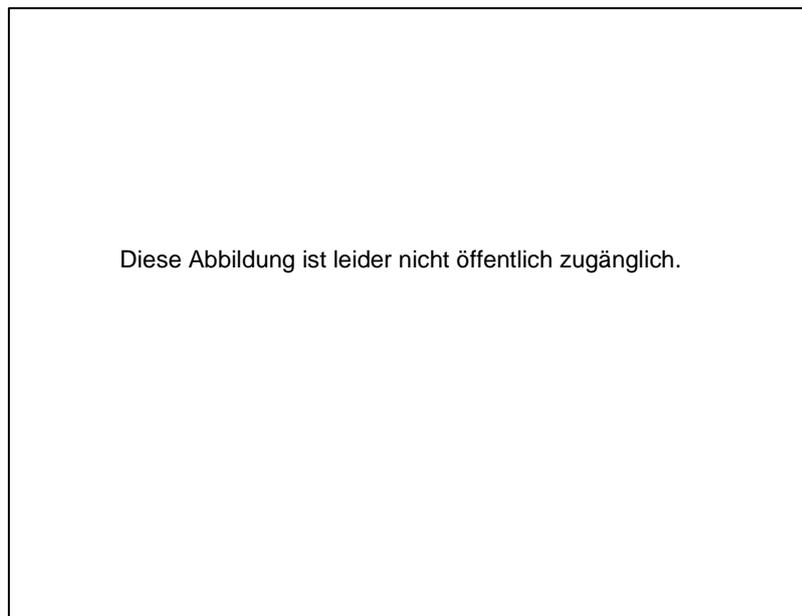


Abb. 12: Starkregenereignis Hamburg 05.05.2015; oberes Bild Radarniederschlagssumme 15.50 UTC und wasserbedingte Feuerwehreinsätze 16-24 Uhr MESZ (Quelle: D. Battle), unteres Bild Radarniederschlags-summen und Bevölkerungsdichte.

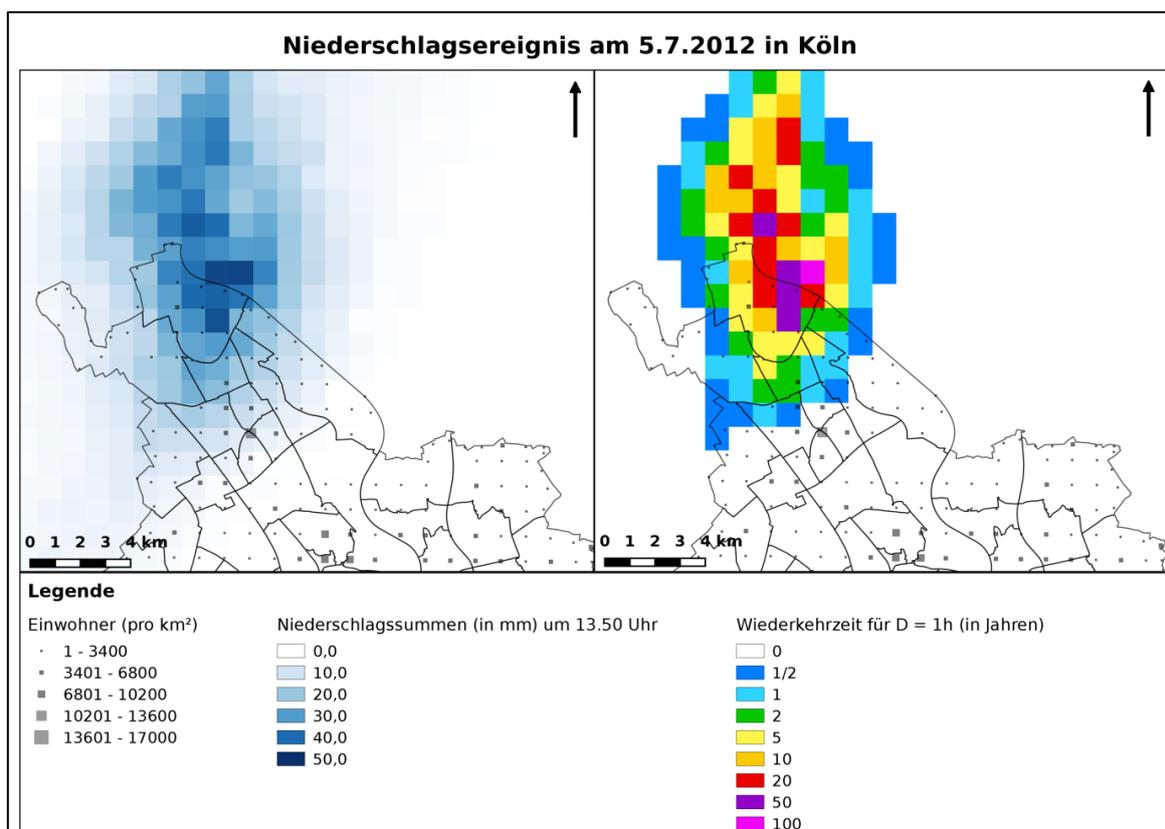


Abb. 13: Starkregenereignis im Norden von Köln 05.07.2012, Niederschlagssummen für 13.50 UTC (links) und Wiederkehrzeiten für die Dauerstufe 1 h (rechts); Quelle: J. Schiller.

Starkregenindizes

Das lokale Ereignis vom 05. Juli 2012, welches hauptsächlich den Stadtteil Köln-Worringen betraf, wurde herausgegriffen, um erste Auswertungen bezogen auf den Starkregenindex (SRI7; SCHMITT 2014) durchzuführen. Die Idee des Ansatzes besteht darin, die komplexe Information der Bemessungsniederschläge in Form eines einfachen Index kundengerecht und impaktorientiert aufzubereiten und zu kommunizieren. Hiernach werden die Stufen des Index basierend auf den Wiederkehrzeiten berechnet und in diesem Beispiel für unterschiedliche Dauerstufen visualisiert (s. Abb. 14).

Es zeigt sich hierbei, dass das Ereignis laut dem Index vor allem in den geringen Dauerstufen (1-4 h) gebietsweise ein sehr starkes Ereignis der Stufe 7 darstellt, welches dem Anliegen „Schadensbegrenzung“ in der kommunalen Überflutungsvorsorge zuzuordnen ist und damit außerhalb der Anforderung „Überflutungsschutz“ liegt.

Zudem wurde auch der ortsunabhängige Starkregenindex nach SCHMITT (2015) für die Stunde 13.50 UTC am 05.07.2012 getestet (s. Abb. 15). Dieser Index baut auf Kategorisierungen der Niederschlagshöhen auf, die deutschlandweit einheitlich sind. Entsprechend erscheint der Starkregenindex hier etwas abgeschwächt, die Maxima im Zentrum des Ereignisses mit einem Index von 5 lassen jedoch ebenfalls auf ein recht starkes Ereignis schließen, aussagekräftiger erscheint in diesem Fall jedoch der SRI7.

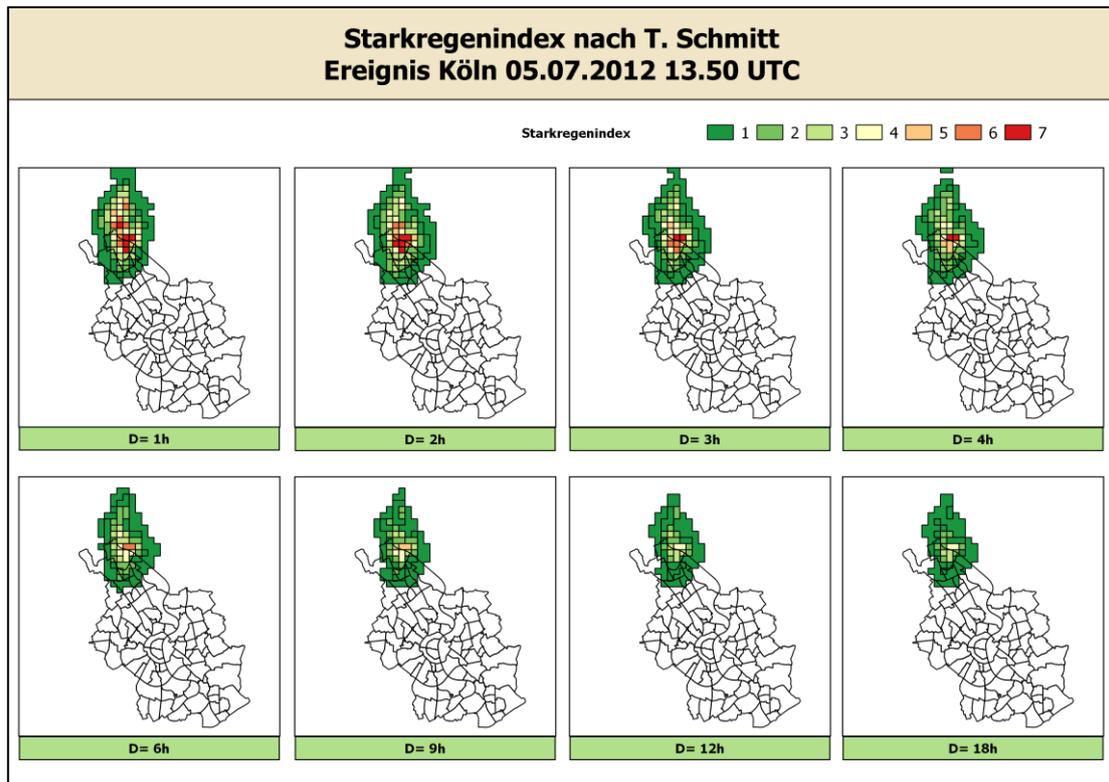


Abb. 14: Berechnung des Starkregenindexes nach SCHMITT (2014) für unterschiedliche Dauerstufen für das Ereignis am 05.07.2012, 13.50 UTC, im Norden von Köln.

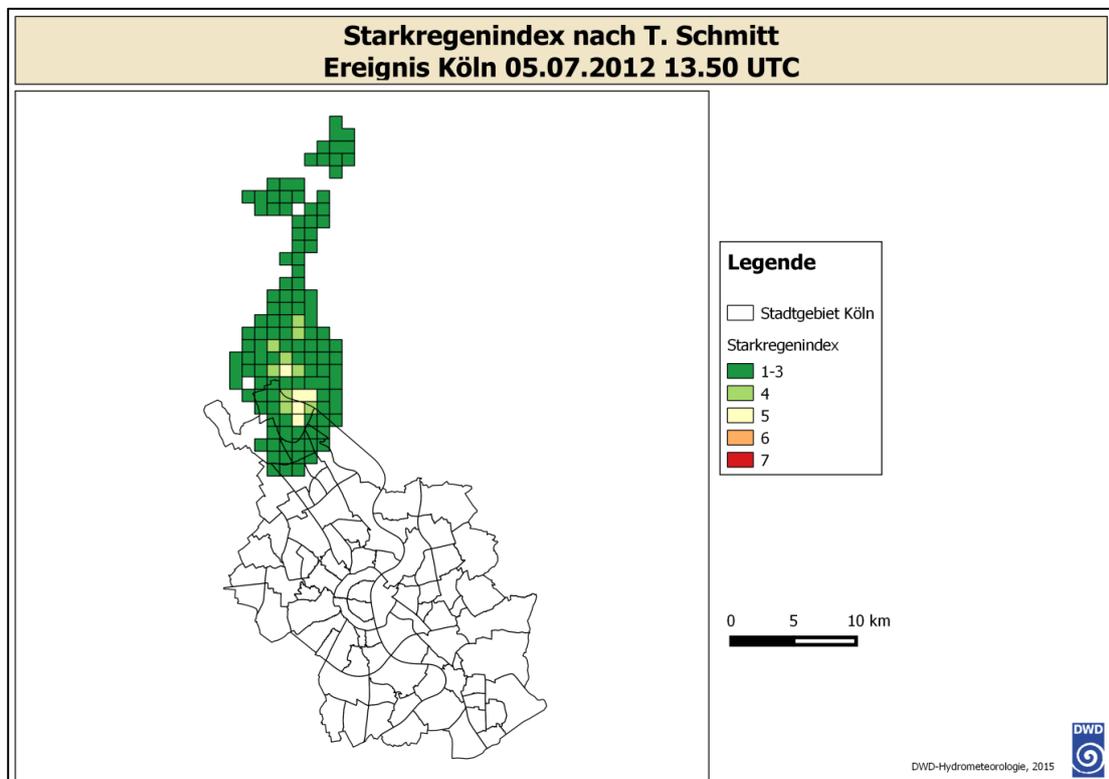


Abb. 15: Ortsunabhängiger Starkregenindex nach SCHMITT (2015) für das Köln-Ereignis am 05.07.2012, 13.50 UTC (D=1 h).

Bemessungsniederschläge nach DWA-A 531

Aufbauend auf den Reanalysedaten konnten ebenfalls erste Test-Auswertungen zum Bemessungsniederschlag basierend auf der DWA-Richtlinie A-531 durchgeführt werden. Hierbei wurde das bereits in der Vorstudie Köln21 betrachtete Gebiet (41x41km) ausgewählt. Die technischen Aspekte wurden bereits unter AP7 beschrieben.

Vergleiche wurden einerseits mit den Ergebnissen des 6,5-jährigen Zeitraums aus dem Projekt Köln21 angestellt, als auch mit jenen des Kompletzeitraums von 14 Jahren, die inzwischen vorliegen. Als Vergleichsbasis wurden die Werte der stationsbasierten DWA-Auswertungen gegenüber gestellt (s. Abb. 16-20). Es macht sich hierbei vor allem die automatisierte statistische Ausreißerkorrektur (es wurde hier jeweils die Version mit einem Ausreißer betrachtet) bemerkbar, welche für das Köln21-Projekt nicht angewandt wurde. Einzeleignisse treten nicht mehr so stark in den Vordergrund. Vergleicht man den 6,5-jährigen Zeitraum mit dem Gesamtzeitraum so zeigen sich bei geringen Wiederkehrzeiten von einem Jahr recht geringe Unterschiede, sowohl bei der Dauerstufe 1h als auch 24h. Stärker werden diese mit Zunahme der Wiederkehrzeit auf 10 bzw. 20 Jahre. Bezüglich des Vergleiches mit den Werten der stationsbasierten DWA-Auswertungen fällt auf, dass diese in den höheren Dauerstufen recht gut mit den durchgeführten Auswertungen harmonisieren. In den geringeren Dauerstufen liegen die stationsbasierten DWA-Werte jedoch durchweg höher als die RADOLAN-basierten DWA-Auswertungen.

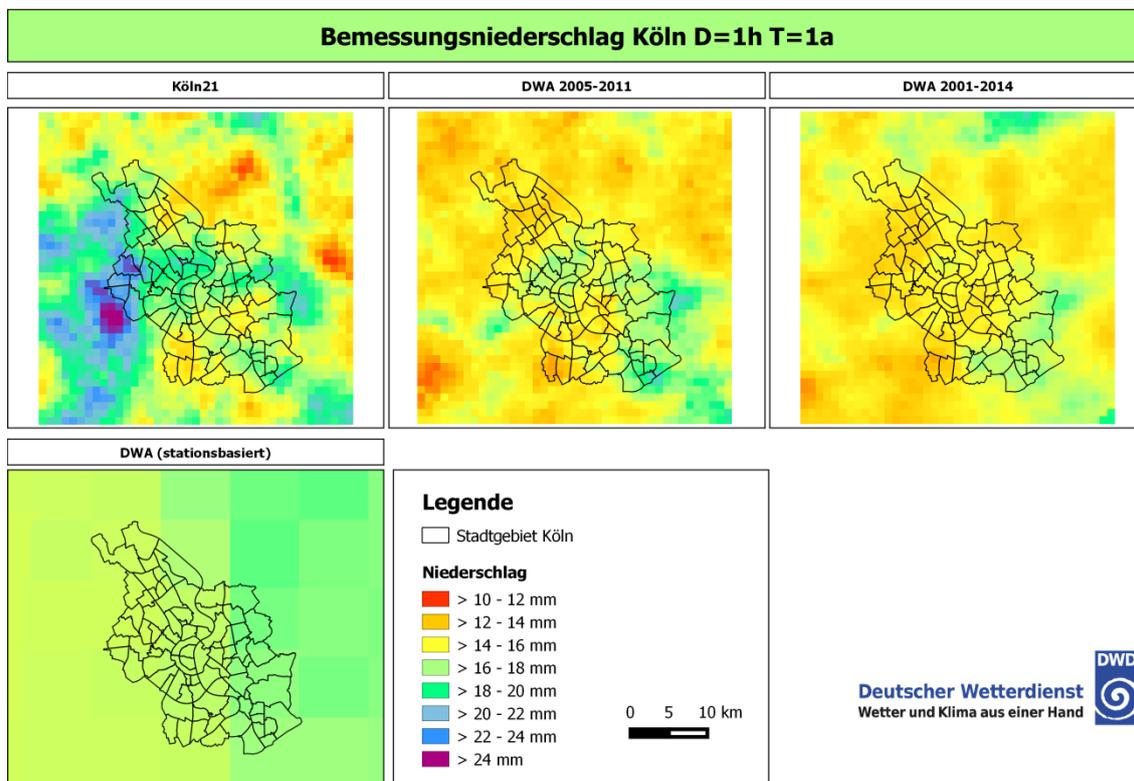


Abb. 16: Vergleich Bemessungsniederschlag Köln nach Auswertung im Projekt Köln21 (oben links); DWA mit einem Ausreißer für Köln21-Zeitraum (oben Mitte); DWA mit einem Ausreißer für Gesamtzeitraum; DWA stationsbasiert (unten); Dauerstufe 1 h und Wiederkehrzeit 1 Jahr.

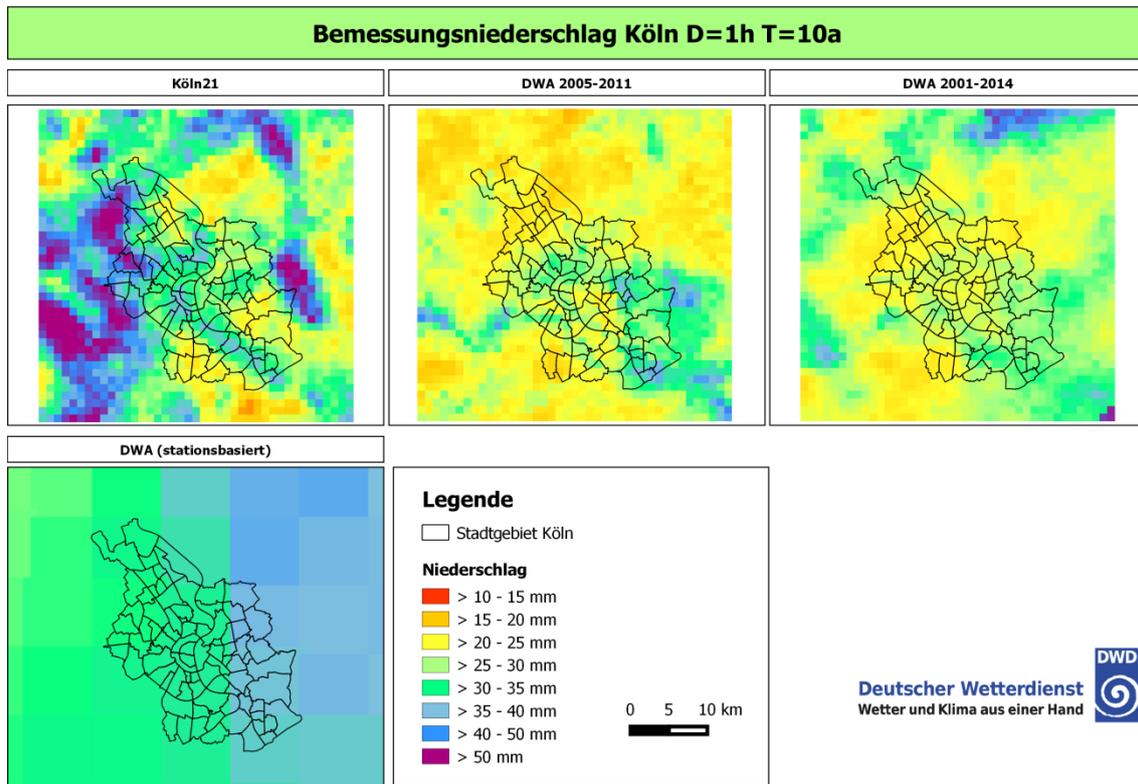


Abb. 17: wie Abb. 16; Dauerstufe 1 h und Wiederkehrzeit 10 Jahre.

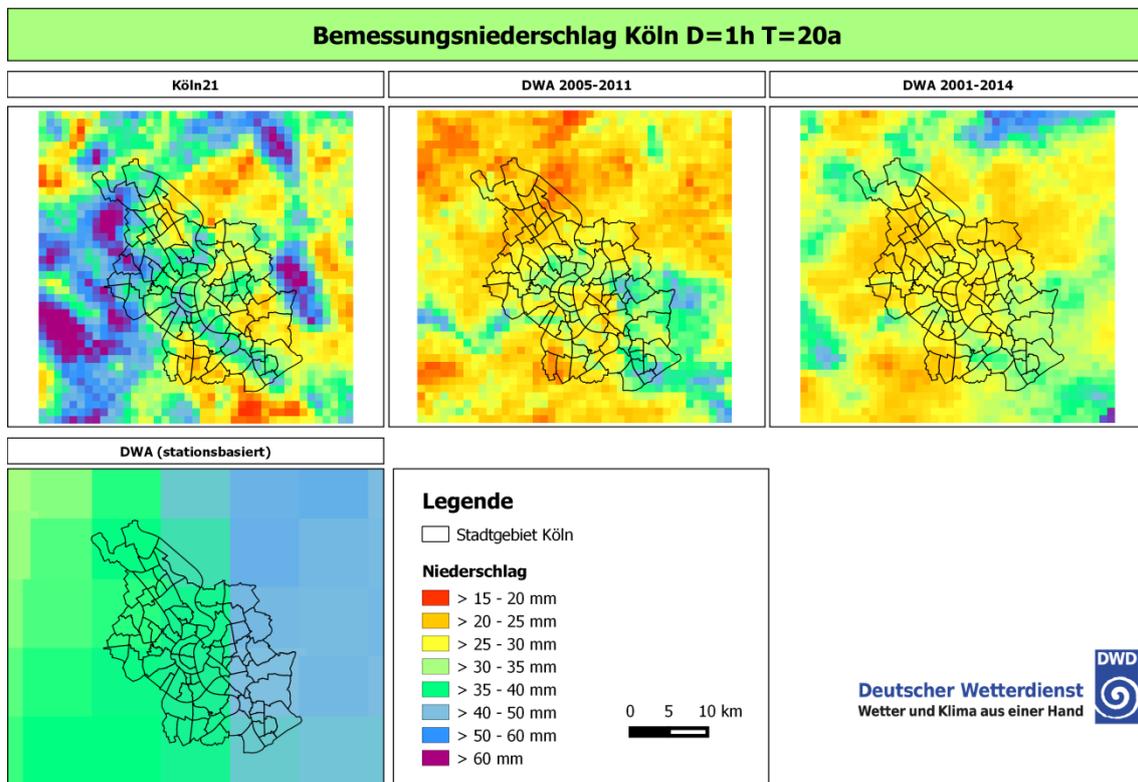


Abb. 18: wie Abb. 16; Dauerstufe 1 h und Wiederkehrzeit 20 Jahre.

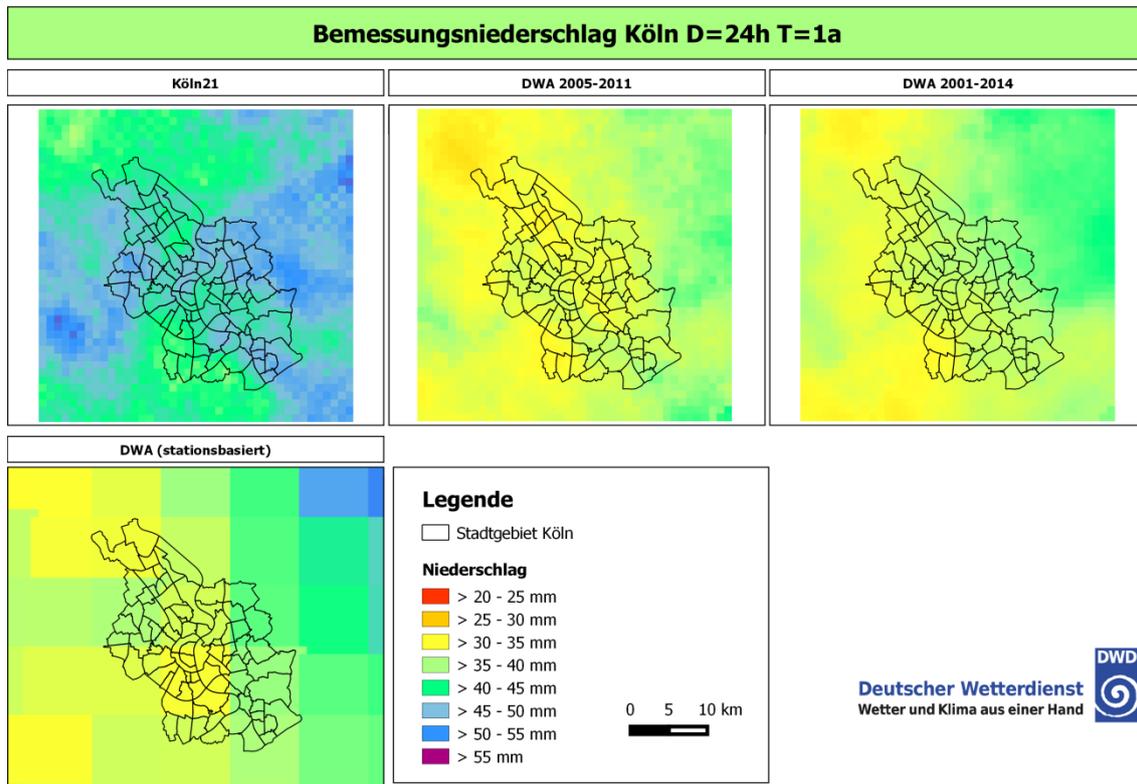


Abb. 19: wie Abb. 16; Dauerstufe 24 h und Wiederkehrzeit 1 Jahr.

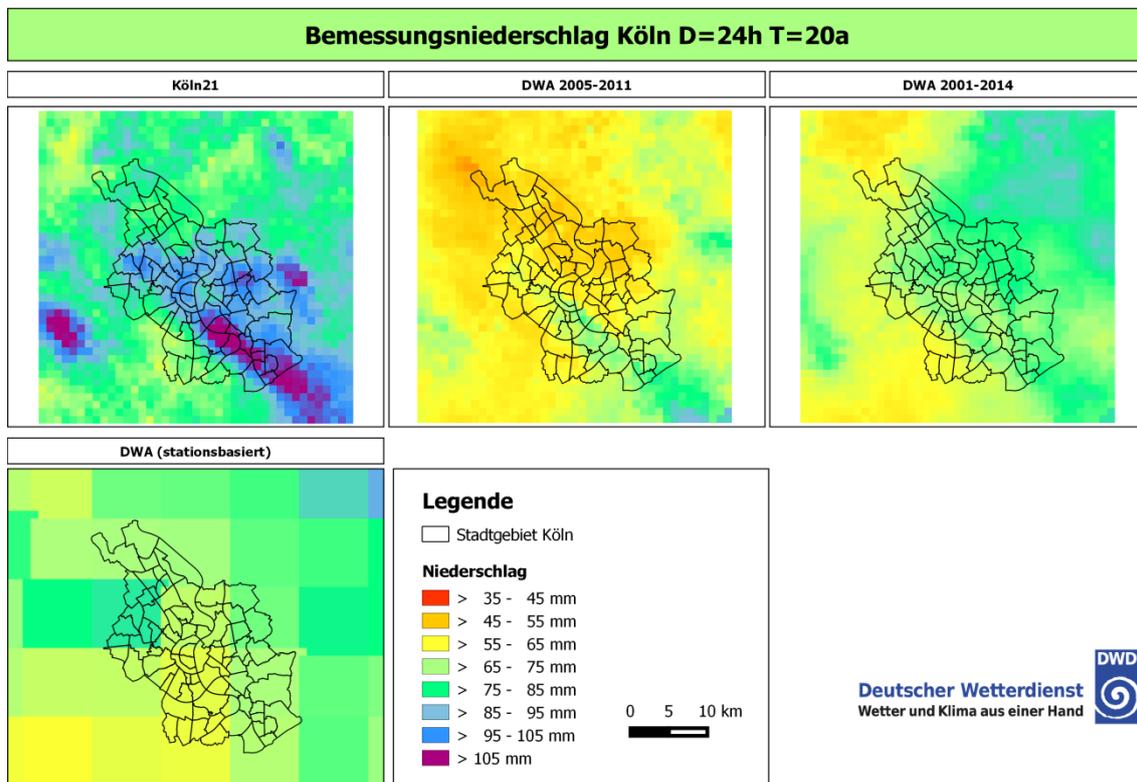


Abb. 20: wie Abb. 16; Dauerstufe 24 h und Wiederkehrzeit 20 Jahre.

Externe GIS-Datensätze

Mit der Absicht dreidimensionale Betrachtungen durchzuführen wurde ein hochaufgelöstes Digitales Geländemodell (50m Auflösung) des BKG beschafft.

Weiter wurden hochaufgelöste Bevölkerungsdaten (GEOSTAT 2011 Datensatz) auf Empfehlung von Herrn Burgdorf (BBSR) besorgt. Es handelt sich hierbei um einen europäischen Datensatz mit einer Auflösung von 1x1 km. In Deutschland basieren die Zahlen auf dem Zensus 2011. Dargestellt wird die Bevölkerungszahl pro Pixel, d. h. die Bevölkerungsdichte pro km². Nicht besiedelte Flächen werden nicht dargestellt, einige Daten können aufgrund von Datenschutzbestimmungen in Deutschland ebenfalls nicht dargestellt werden (s. Abb. 21). Mithilfe dieser Daten können weitere Auswertungen hinsichtlich der Fragestellung zum Einfluss der Siedlungs-/Bevölkerungsdichte auf Starkregenereignisse bzw. auch umgekehrt angegangen werden.

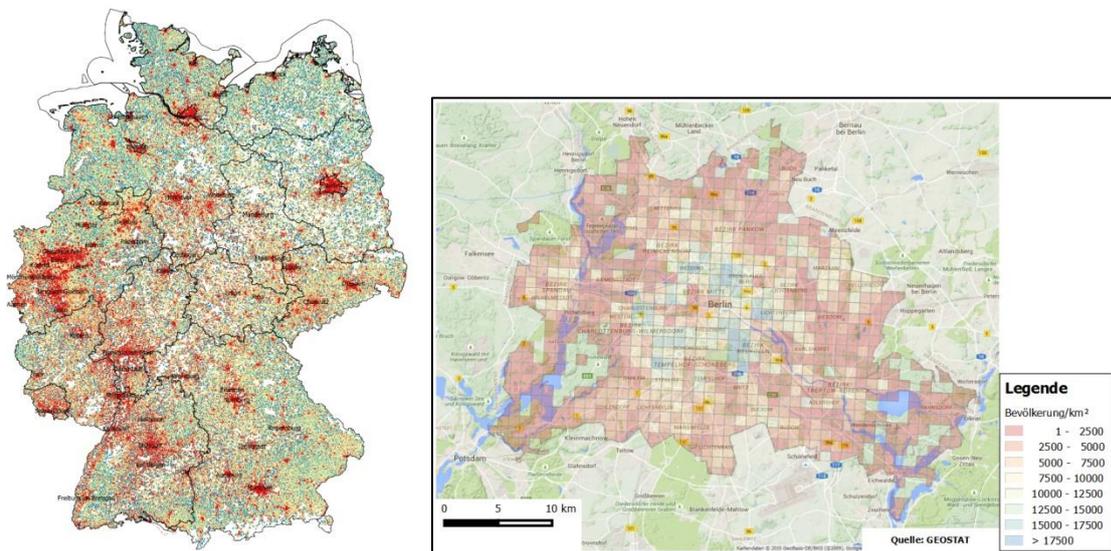


Abb. 21: Bevölkerungsdichtedaten (GEOSTAT), links Deutschland, rechts der Ausschnitt Berlin.

3 Vergleich des Projektstandes mit dem verbindlichen Arbeits-, Zeit- und Finanzierungsplan

Wie in Kapitel 2 dargelegt konnten alle vereinbarten Zwischenziele des Projekts erreicht werden. Es liegen keine grundlegenden Änderungen der Projektplanung vor. Aufgrund der vorzeitigen Kündigung der Projektstelle eines Mitarbeiters erfolgte eine Neubesetzung der Vollzeitstelle. Durch die Realisierung einer nahtlosen Neubesetzung der Stelle mit fachkundigem Personal zum 01.08.2015 ist eine Fortführung der Projektarbeiten gewährleistet. Es sind keine Risiken bekannt, die die weitere erfolgreiche Durchführung des Projektes beeinflussen können.

4 Wichtige Ergebnisse und andere wesentliche Ereignisse des Berichtszeitraums

- Anbindung der technischen Reanalyse-Software (RADOLAN) an POLARA als Grundlage zur Verbesserung der Datenqualität
- Entwicklung von Korrekturverfahren auf der Basis lokaler Radardaten
- Datenakquise
- Erweiterung und Verbesserung der RADOLAN-Aneichsoftware
 - Entwicklung des Disaggregierungsverfahrens
- Extremwertstatistische Auswertungen (DWA-A 531 und Kernschätzerverfahren aus Extremwertprojekt I)
- Durchführung von Fallstudien
- Ausbau der Nutzerkommunikationsstruktur
 - Einrichtung des interaktiven Forums (BSCW-Server)
 - Pflege der Internetseite
- Erstellung eines umfangreichen Ereigniskatalogs
- Fallstudien zu Extremereignissen in Kombination mit externen Daten
 - Einsatzdaten von Feuerwehren
 - Siedlungs-, Flächennutzungsdaten
- Anwendung und Untersuchung von Starkregenindizes
- GIS-basierten Aufarbeitung und Visualisierung der Ergebnisse
- Erfolgreiche Stellenneubesetzung zum 01. August 2015

5 Zusammenfassung

Im Rahmen des Projekts „Erstellung einer dekadenischen radargestützten hoch-auflösenden Niederschlagsklimatologie für Deutschland zur Auswertung der rezenten Änderung des Extremverhaltens von Niederschlag“ liegt der 2. Zwischenbericht nach einer Projektlaufzeit von insgesamt 14 Monaten vor. Im Berichtszeitraum wurden dem Projektplan (s. Abb. 1) entsprechend Arbeiten in den Modulen 1-3 durchgeführt.

Es konnten somit alle Zwischenziele des Projekts erreicht und keine Projektrisiken für die anstehenden Aufgaben erkannt werden.

6 Publikationen

Übersicht über alle im Berichtszeitraum vom Projektnehmer realisierten Veröffentlichungen zum Projekt:

Vorträge:

Schmitt, A.: The German Radar Precipitation Climatology and its Application Possibilities; Vortrag auf der RainGain Final Conference, Marne-la-Vallée, Juni 2015.

Textpublikationen:

keine im Berichtszeitraum

Webpublikationen:

Kontinuierliches Update der Projektwebseite mit Informationen zum Projekt unter:
<ftp://ftp.dwd.de/pub/data/gpcc/radarklimatologie/index.html>.

Zitierte Literatur:

DEUTSCHLÄNDER, T., C. DALELANE (2012): Auswertung regionaler Klimaprojektionen für Deutschland hinsichtlich der Änderung des Extremverhaltens von Temperatur, Niederschlag und Windgeschwindigkeit. Abschlussbericht.

DWA (2012): Arbeitsblatt DWA-A 531 "Starkregen in Abhängigkeit von Wiederkehrzeit und Dauer", Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.

JACOBI, S., A. BRONSTERT, M. HEISTERMANN (2014): Rain rate retrieval of partially blocked beams from single-polarized weather radar data. 8th European Conference on Radar in Meteorology and Hydrology (ERAD), Garmisch-Partenkirchen, Germany, September 2014.

SCHMITT, T. (2014): Starkregenindex zur Kommunikation von Überflutungsursachen und Risiken. KA Korrespondenz Abwasser, Abfall **61** (8), 681-687.

SCHMITT, T. (2015): Weiterentwicklung des Starkregenindex zur Verwendung in der kommunalen Überflutungsvorsorge. Gwf - Wasser, Abwasser 7-8/2015, 1-8.



Zweiter Zwischenbericht

Dr. Tanja Winterrath
Deutscher Wetterdienst
Geschäftsbereich Klima und Umwelt
Abteilung Hydrometeorologie

Juli 2015

<ftp://ftp.dwd.de/pub/data/gpcc/radarklimatologie/index.html>