

# Regionalisierungsmethoden für zeitlich hoch aufgelöste Niederschläge in Sachsen

T. Pluntke, N. Petrenz, C. Kurbjuhn, N. Jatho

Institut für Hydrologie und Meteorologie, TU Dresden, BRD, (pluntke@forst.tu-dresden.de)

## 1. Einführung

Im Rahmen der BMBF - Förderaktivität "Risikomanagement extremer Hochwasserereignisse" besteht das Projekt „Bestimmung von Extremniederschlägen für kleine und mittlere Einzugsgebiete in Mittelgebirgen in Echtzeit mit erhöhter Redundanz (EXTRA)“. Ziel ist es, Niederschlagsdaten miteinander zu einem gemeinsamen Niederschlagsfeld zum Zeitpunkt  $t(x)$  zu kombinieren, die aus verschiedenen Quellen stammen und zeitlich und räumlich unterschiedlich aufgelöst sind. Dafür werden die aktuell zur Verfügung stehenden Niederschlagsinformation von Bodenstationen, Radar und Satellit, deren Metadaten sowie zusätzliche meteorologische Parameter verwendet. Um die Unsicherheiten des jeweiligen aktuellen Niederschlagsproduktes zu definieren, wird auf Pixelbasis für jedes Niederschlagsfeld ein dazugehöriges Qualitätsfeld erzeugt. Die Zusammenführung der unterschiedlichen Inputdaten, bestehend aus einem Niederschlags- und Qualitätsfeld sowie einer definierten Wichtung des jeweiligen Produktes, zu einem gemeinsamen Niederschlagsprodukt erfolgt mittels einer Kostenfunktion. Dabei liegt das Augenmerk des derzeitigen Ziel- und Testgebietes im Freistaat Sachsen. Durch die Kombination der verschiedenen Niederschlagsinputdaten besteht die Möglichkeit eine qualitativ hochwertige Diagnose des Niederschlagsgeschehens zu erstellen und für den operativen Betrieb - zum Beispiel den ansässigen Hochwasserzentralen - bereit zu stellen.

Einen Arbeitsschwerpunkt im Projekt EXTRA stellt die Interpolation stündlicher Niederschlagsdaten der Bodenstationen dar. Dabei erweist sich bei hohen zeitlichen Auflösungen - insbesondere bei konvektiven Ereignissen - die ausgeprägte räumliche Variabilität der Niederschlagsereignisse als problematisch. Regionalisierungsverfahren, die gut auf Jahres- oder Monatssummen bzw. deren Mittelwerte anwendbar sind, können nur sehr eingeschränkt auf Niederschläge kurzer Dauer übertragen werden. Die Auswahl der Regionalisierungsmethoden in EXTRA erfolgte mit dem Hintergrund der operationellen Einsetzbarkeit. Es sollten einfache, robuste Methoden sein, welche automatisiert und ohne zusätzliches Expertenwissen ablaufen können. Die ausgewählten Regionalisierungsmethoden werden anhand eines advektiven (19.6.2006 16:00 Uhr UTC) und eines konvektiven (27.5.2006 16:00 Uhr UTC) Niederschlagsereignisses vorgestellt und verglichen. Die angewendeten Methoden sind:

- Inverse Distanz Wichtung (IDW)
- Programmpaket InterMet1, Default-Verfahren: Kriging
- Programmpaket InterMet, Hintergrundfelder (HGF): Kriging mit externer Drift

---

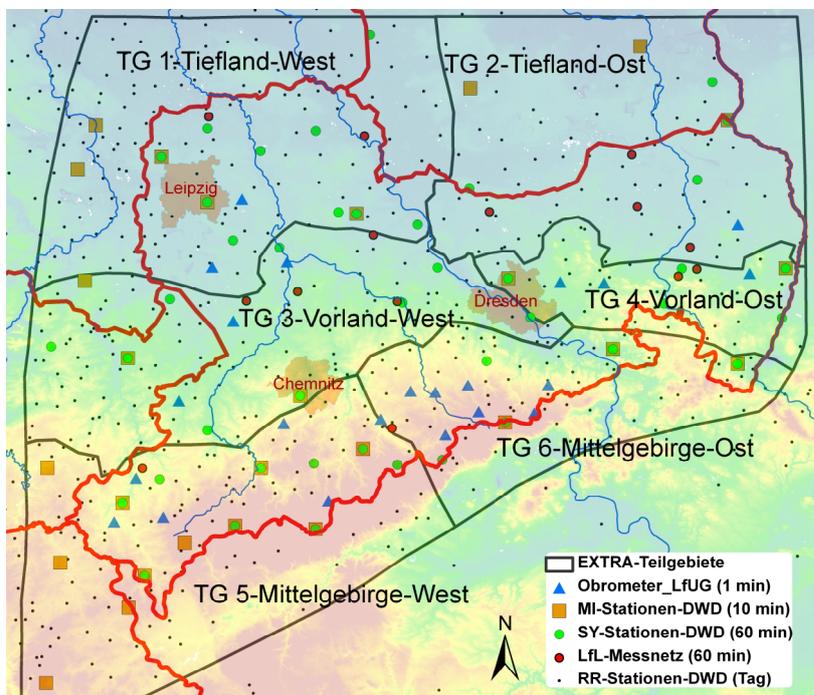
<sup>1</sup> Für die vorliegende Bearbeitung wurde das Programmpaket „InterMet“ vom Landesamt für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht Rheinland-Pfalz zur Verfügung gestellt

## 2. Datengrundlagen

Für die Interpolation wurden Niederschlagsdaten aus Bodenmessungen verschiedener Quellen und zeitlicher Auflösung aus Sachsen und der näheren Umgebung genutzt (vgl. Abbildung 1):

- 1-minütige Werte des Obrometermessnetzes des Sächsischen Landesamtes für Umwelt und Geologie (LfUG) – 22 Stationen
- 10-minütige Werte des MI-Messnetzes des DWD – 27 Stationen
- Stündliche Werte des SY-Messnetzes des DWD – 42 Stationen
- Stündliche Werte des Agrarmeteorologischen Messnetzes des Sächsischen Landesamtes für Landwirtschaft (LfL) – 14 Stationen
- Tägliche Werte des RR- und KL-Messnetzes des DWD sowie des tschechischen CHMI – ca. 600 Stationen

Die derzeit anvisierte Auflösung der Regionalisierungen beträgt eine Stunde, weshalb die 1- und 10-minütigen Werte zu Stundensummen aggregiert wurden. Für das Hintergrundfeldverfahren wurden zusätzlich zu den Stundendaten tägliche Werte benötigt. Lagen an einem Ort Stationen bzw. Werte verschiedener Messnetze vor, wurden sie mit folgender Priorität verwendet: SY, LfUG, MI, LfL. Die Reihen wurden auf Plausibilität geprüft. Eine Niederschlagskorrektur fand nicht statt.

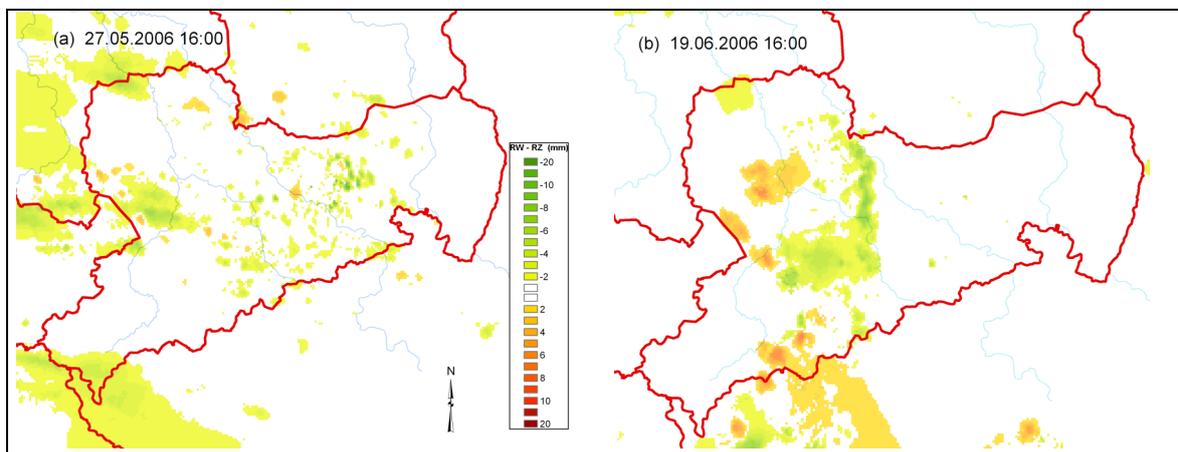


**Abbildung 1: Karte des Untersuchungsgebietes und die genutzten Stationen verschiedener Quellen**

Für eine qualitative Kontrolle der Regionalisierungsmethoden wurden Radarbilder genutzt. Bei den verwendeten DWD-Produkten RZ und RW handelt es sich um 5- bzw. 60-minütig aufgelöste Radardaten aus dem Projekt „Routineverfahren zur Online-Aneicherung der Radarniederschlagsdaten

mit Hilfe von automatischen Bodenniederschlagsstationen (Ombrometer)“ (Bartels 2004). Beide Produkte beinhalten Niederschlagshöhen, die mittels einer verfeinerten Z-R-Beziehung abgeleitet wurden. Findet bei den RZ-Daten lediglich eine Abschattungskorrektur statt, so werden die stündlich zur Verfügung stehenden RW-Daten (hh:50) zusätzlich anhand von Bodenstationen angeeicht.

Ein Vergleich der zur vollen Stunde zur Verfügung stehenden Bodendaten mit dem Boden angeeichten RW-Produkt ist möglich, aber aufgrund der vorhandenen zeitlichen Differenz (hh:50-hh:00) nicht ganz korrekt. Um sich das Ausmaß der Onlineaneichung und somit die Abweichungen zwischen dem RZ- und dem RW-Produkt zu verdeutlichen, wurde für den Zeitpunkt hh:50 die RZ-Stundensumme berechnet und die Differenzen zwischen den Radarprodukten ermittelt (Abbildung 2). Der Vergleich der Differenz RW- RZ zeigt, dass für den advektiven Fall lediglich marginale Korrekturen der Niederschlagshöhe an vielen, lokal sehr begrenzten Stellen nötig waren. Meist wurde die RZ-Summe durch die Online-Aneichung nach unten korrigiert. Im konvektiven Fall ist die Niederschlagshöhe der RZ-Stundensumme an der Forderseite der Niederschlagsfront zu hoch, währenddessen sie an der Rückseite der Front zu niedrig ist. Auch an anderen Ereignissen wurde ersichtlich, dass die Anwendung der RZ-Stundensumme im Vergleich zu den Boden angeeichten Daten für stratiforme Ereignisse geringere Differenzen als für konvektive Ereignisse aufweist. Eine Pauschalisierung dieser Aussage ist aus unserer Sicht aber nicht möglich. Für den qualitativen Vergleich der Bodendaten mit dem Radar werden für diese Untersuchung die Boden angeeichten Radardaten genutzt, da die angepasste Niederschlagsintensität bedeutender ist, als der Nachteil der 10-minütigen Zeitdifferenz. Die Alternative, die 5-minütig zur Verfügung stehenden Radardaten auf die volle Stunde aufzusummieren, um eine exakte örtliche Kongruenz der Niederschlagsfelder zu erzielen, wurde verworfen. Die Online-Aneichung verändert oft in großem Maße die Radarintensitäten, weshalb ein visueller Vergleich schwierig wäre.



**Abbildung 2: Differenz zwischen dem RW- und RZ-Produkt für ein advektives (a) und ein konvektives (b) Ereignis. Grünfarbene Flächen verdeutlichen, dass durch die Online-Aneichung die Niederschlagshöhe nach unten korrigiert wurde.**

### **3. Regionalisierungsmethoden**

#### **3.1 Inverse Distanz Wichtung (IDW)**

Als einfaches, deterministisches und in vielen Programmen umsetzbares Verfahren wurde die IDW gewählt. Bei dieser Methode werden die Extremwerte nicht geglättet, was für den Hochwasserfall bedeutsam ist. Weiterhin müssen im Einsatzfall keine zusätzlichen Entscheidungen zu Parametern getroffen werden, d. h. kein zusätzliches Expertenwissen eingebracht werden, wie dies z.B. beim Kriging der Fall wäre. Für die Vorhersage eines Niederschlagswertes werden eine zu definierende Anzahl an umliegenden Messwerten genutzt. Je dichter die Messwerte am Vorhersagepunkt liegen, desto größer ist ihr Gewicht. Bei der Bestimmung der Wichtungparameter ist der Exponent von entscheidender Bedeutung. Je größer der Exponent ist, desto stärker ist die Abnahme des Gewichts mit zunehmender Entfernung. Die Umsetzung der IDW erfolgte mit dem frei verfügbaren Programm GSTAT 2.3.3, welches standardmäßig den Exponenten 2 verwendet.

#### **3.2 InterMet, Default-Verfahren**

Als weitere Möglichkeit der Regionalisierung wird das Programmpaket InterMet genutzt, welches zur vollautomatischen Interpolation des Niederschlags u. a. meteorologischer Größen entwickelt wurde (Hinterding 2003). Die Regionalisierung wird mittels unterschiedlicher Krigingmodelle durchgeführt. Die Beschreibung des räumlichen Zusammenhangs erfolgt mit Hilfe des Variogramms, das für jeden Zeitschritt neu erstellt wird. Die Modellentwicklung erfolgte schrittweise: explorative Datenanalyse, explorativer Modellvergleich, Modellauswahl.

In der Programmdokumentation wird eine Partitionierung des Untersuchungsgebietes empfohlen, um die räumliche Variabilität des Niederschlags besser zu erfassen. Mues (2000) zeigte, dass sich die Ergebnisse deutlich unter Verwendung von zwei getrennten Modellansätzen für Berg- und Tiefland verbessern. Es erfolgte daher eine zeitinvariante, reliefbedingte Aufteilung des Untersuchungsgebietes in 6 Teilgebiete (Abbildung 1), womit die teilweise auftretende Höhenabhängigkeit des Niederschlags sowie der in Sachsen vorhandene West-Ost-Gradient erfasst werden. Zeitvariante Unterteilungen können einerseits das Relief - zur Abbildung von Luv/Leeeffekten - und andererseits die Abgrenzung von Flächen mit von denen ohne Niederschlag (Indikator-Kriging: 1- Niederschlag; 0 - kein Niederschlag) betreffen. Jedes so genannte Homogenitätsgebiet muss durch eine Mindestanzahl an Stationen repräsentiert werden, weshalb bei den wenigen Stationen mit stündlichen Werten keine Unterteilung in Luv-Lee möglich war. Es erfolgt eine automatische Auswahl des jeweils geeignetsten Krigingmodells für das jeweilige Teilgebiet. Im Default-Verfahren wird mittels Korrelationsanalyse entschieden, ob ein Zusammenhang zwischen der Höhe üNN und der Niederschlagshöhe besteht. Im positiven Fall wird das Kriging mit externer Drift verwendet. Liegt lediglich ein Trend in der Fläche vor (Durchgänge von Luftmassenfronten bzw. Kontinentalitätsgradienten), wird mittels des Universal Kriging interpoliert, sonst wird das Ordina-

ry Kriging verwendet. Um scharfe Grenzen zwischen Bereichen unterschiedlicher Modellannahmen zu vermeiden, werden Methoden der Fuzzy-Theorie genutzt.

### **3.3 InterMet, Hintergrundfelder (HGF)**

Die Idee dieses Verfahrens liegt in der Nutzung von - für die Region - typischen Niederschlagsfeldern, die aus historischen Daten gewonnen wurden. Für die 5 Hauptanströmrichtungen aus der objektiven Wetterlagenklassifikation des DWD werden typische Niederschlagsfelder für „homogene“ Teilgebiete getrennt und nach Sommer- und Winterhalbjahr aus Stundendaten unter Berücksichtigung von räumlich wesentlich höher aufgelösten Tagesniederschlägen ermittelt. Diese in InterMet als Hintergrundfeld bezeichneten Niederschlagsfelder stellen die deterministische Komponente des Niederschlags dar. Mittels Detrended Kriging werden die Abweichungen des aktuellen Niederschlagsfeldes vom automatisch ausgewählten HGF interpoliert. Das Ergebnis der Regionalisierung bildet dabei die Summe aus dem HGF und den interpolierten Residuen.

Vorerst wurden für die Teilgebiete 5 und 6, also denen im Mittelgebirge Sachsens, HGF mittels Clusteranalyse erzeugt. Dazu wurden Daten des Zeitraums 1992 bis 2005 genutzt.

## **4. Ergebnisse**

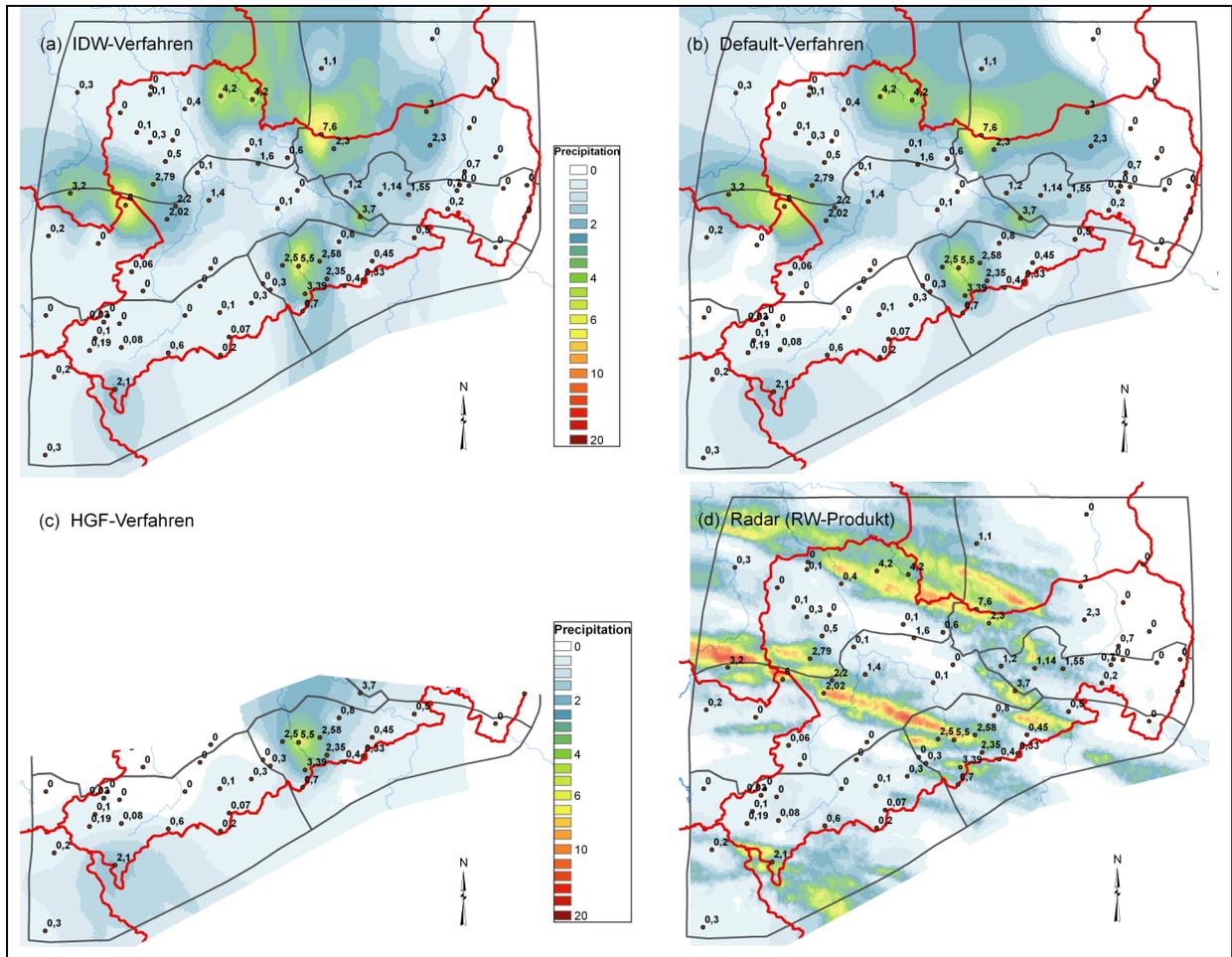
Es sei angemerkt, dass interpolierte Werte, die am Rand des Untersuchungsgebietes liegen und nicht durch Stationen in der Nachbarschaft abgedeckt werden, nicht beachtet werden sollten. Deutlich zu sehen sind diese Extrapolationsfehler am südlichen Rand des Untersuchungsgebietes.

In den folgenden Abbildungen sind die Interpolationsergebnisse der 3 Regionalisierungsverfahren, das RW-Radarprodukt sowie auf allen Abbildungen die Bodenstationen mit ihrem jeweiligen stündlichen Messwerten dargestellt.

### Advektives Ereignis: 27.5.2006 16:00 UTC

Die Niederschlagsstrukturen bewegen sich innerhalb der an diesem Tag herrschenden zyklonalen Nordwestwetterlage nur langsam, weshalb ein Vergleich mit dem Online - angeeichten Radarbild von 15:50 Uhr problemlos möglich ist. Das RW-Produkt stimmt gut mit den gemessenen Niederschlägen überein. Wie das Radarkomposit (Abbildung 3 d) verdeutlicht, wird bis auf den äußersten östlichen Rand ganz Sachsen von diesem flächenhaften Niederschlag erfasst. In drei ausgeprägten Niederschlagsbändern treten Intensitäten bis zu 17,5 mm/h auf. Eine Übereinstimmung der Verfahren IDW und Default mit der Struktur der Niederschlagsbänder, wie sie im Radar zu sehen ist, ist aufgrund der geringen Messnetzdicke nur teilweise vorhanden. IDW und Default liefern sehr ähnliche Ergebnisse, wobei Default zusammenhängendere Strukturen sowie ein schärfer abgegrenztes Niederschlagsfeld aufweist. Der im Mittelgebirge liegende Anteil der Niederschlagszelle wird vom HGF-Verfahren in sehr ähnlicher Weise dargestellt. Dass die historischen Hintergrundinformationen Eingang finden in die Interpolation, ist an diesem Beispiel nicht zu erkennen. Die Nieder-

schlagsintensität wird durch die interpolierten Bodendaten in allen 3 Verfahren nicht wiedergegeben. Ursache dafür ist, dass die mit dem Radar erfassten hohen Intensitäten jeweils einige Kilometer neben den Bodenstationen auftraten und somit nicht gemessen werden konnten. Der Maximale Stundenwert beträgt 7.8 mm und wurde am Nordrand Sachsens gemessen.

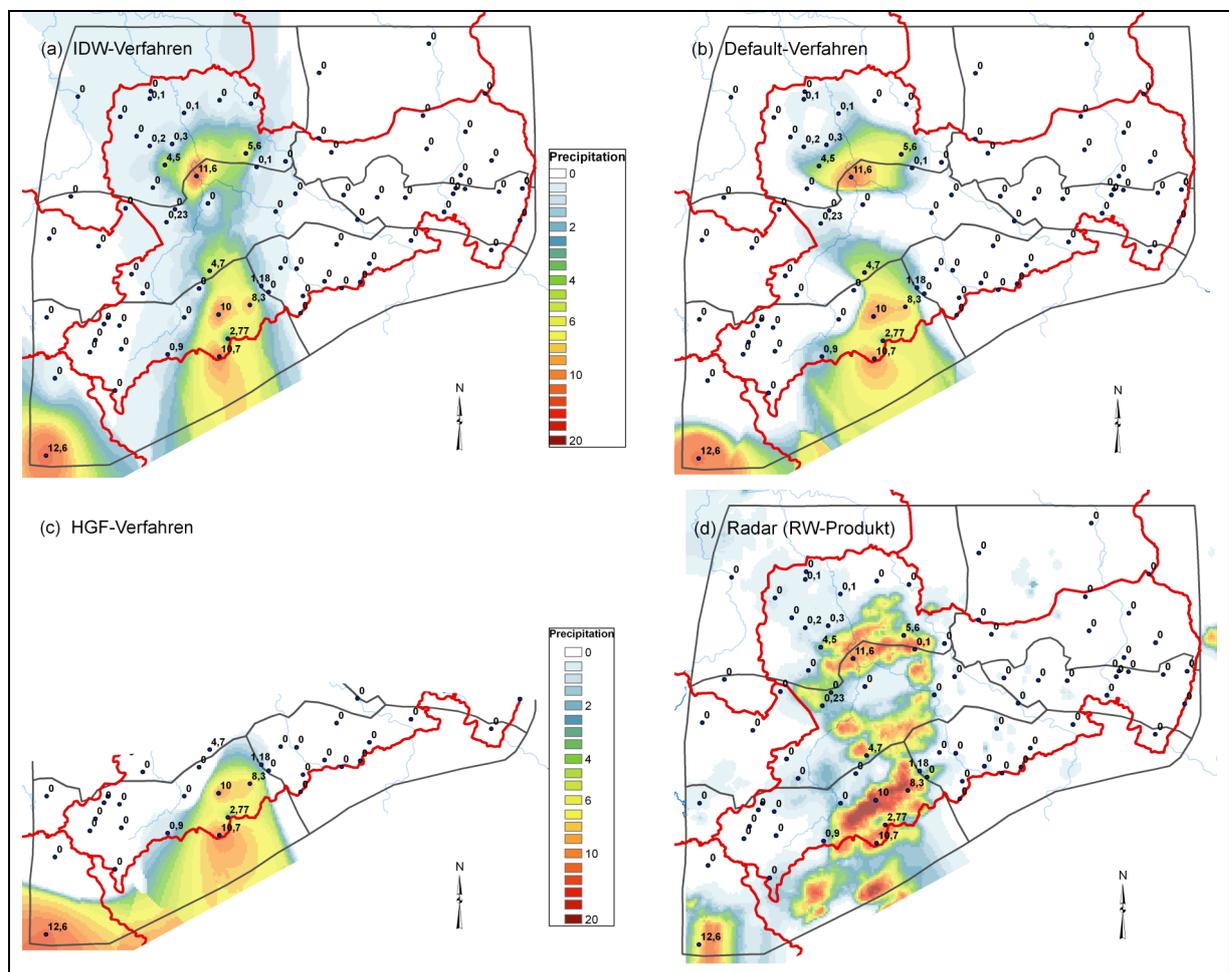


**Abbildung 3: Regionalisierung des advectiven Niederschlagsereignisses vom 27.05.2006, 16:00 UTC mit der IDW (a), dem Default- (b) und dem HGF-Verfahren (c) sowie das RW-Radarprodukt von 15:50 Uhr UTC (d).**

### Konvektives Ereignis 19.06.2006 16:00 UTC

Für den 19.06.2006 ist - bei Vorherrschen einer zyklonalen Südwestwetterlage - anhand der Daten deutlich der relativ schnelle Durchgang einer großen, konvektiven Zelle in östliche Richtung zu verzeichnen. Ein Vergleich zwischen dem RW-Radarprodukt und den Bodenmesswerten zeigt Unsicherheiten bei der Online-Aneichung der Radardaten auf. Nach der Aneichung sollte der Radarwert mit dem an der Station gemessenen Niederschlag weitestgehend übereinstimmen (Bartels 2004). Im Zentrum sowie westlich der Zelle treten jedoch an mehreren Stellen zu hohe Radarintensitäten auf, wohingegen diese im Südwesten zu niedrig sind (Abbildung 4d). Ein qualitativer Vergleich zwischen den interpolierten Bodendaten und dem Radarbild wird dadurch erschwert. Das Radarbild weist ein Maximum von 35mm/h aus, aufgezeichnet wurden in Tannenberg lediglich 10 mm/h. Die Regionalisierungsmethoden IDW und Default unterscheiden sich

hauptsächlich in der Abgrenzung der Niederschlagszellen, die bei letzterer besser funktioniert. Dass bei der IDW zwischen den Zellen eine Verbindung hergestellt wird, ist auf die strikte Nutzung benachbarter Stationen zurückzuführen (zwischen 5 und 8 Nachbarn), unabhängig davon ob die Daten Grenzen von Niederschlagszellen anzeigen oder nicht. Die Struktur der vom Radar detektierten Niederschlagszelle wird aufgrund der geringen Dichte der Bodenstationen nur ungenügend erfasst, ebenso die Niederschlagshöhe. Konvektive Ereignisse treten meist sehr lokal auf. Bei einer relativ geringen Messnetzdicke sind diese Niederschläge meist nicht oder nur unzureichend erfassbar. Da diese Daten jedoch die Grundlage der Interpolation bilden, werden die Niederschlagsgebiete im Vergleich zum Radar nur mangelhaft abgebildet. Auch das auf historischen Hintergrundinformationen beruhende HGF-Verfahren liefert kein generell anderes Bild der Niederschlagsverteilung. Die Zelle wird allerdings nach Norden begrenzt, da die Werte außerhalb der beiden Teilgebiete nicht bekannt sind.



**Abbildung 4: Regionalisierung des konvektiven Niederschlagsereignisses vom 19.06.2006, 16:00 UTC mit der IDW (a), dem Default- (b) und dem HGF-Verfahren (c) sowie das RW-Radarprodukt von 15:50 Uhr UTC (d).**

## 5. Diskussion

Ein Vergleich der Ergebnisse der 3 vorgestellten Regionalisierungsmethoden für die beiden untersuchten Ereignisse ergibt - aus der Sicht der Vorhersage Hochwasser relevanter Regenmengen - keine gravierenden Unterschiede. Bei allen Verfahren wird - im Vergleich zum Radar - die Struktur der Regengebiete sowie deren Niederschlagsintensität nur begrenzt nachgebildet. Der Grund dafür liegt in der zu geringen Dichte der Bodenstationen. An beiden untersuchten Terminen wurden die Maxima der Radarniederschläge mittels der Bodendaten nicht erfasst. Leicht kann es durch Nicht-erfassen der Zentren zu einer gravierenden Unterschätzung der Höhe und des räumlichen Ausmaßes des Niederschlags kommen. Ohne eine hohe räumliche Auflösung des Niederschlagsfeldes - ähnlich dem Radar ist keine realitätsnahe Wiedergabe des Niederschlags durch Interpolation möglich.

Interpretiert man die Ergebnisse nicht nur aus der Sicht größerer Regenmengen, sind deutliche Differenzen bei der räumlichen Abgrenzung der Niederschlagszellen erkennbar. Die beiden Inter-Met-Verfahren Default und HGF grenzen die Gebiete mit Niederschlägen relativ scharf von denen ohne Niederschläge ab. Dies ist bei der IDW nicht der Fall. Großflächig werden Gebiete mit geringen Niederschlagsintensitäten ausgewiesen, was zu einem Verwischen der Niederschlagsstrukturen führt. Positiv fällt auf, dass bei allen drei Interpolationsverfahren die gemessenen Bodenniederschläge kaum geglättet werden.

Das Online angeeichte Radarprodukt wurde zur Einschätzung der Qualität der Regionalisierungen genutzt, da die Niederschlagsintensität realitätsnäher ist. Der zeitliche Versatz von 10 min sowie die nicht optimale Aneichung an die Bodendaten - insbesondere bei konvektiven Ereignissen - müssen damit in Kauf genommen und bei der Interpretation berücksichtigt werden. Die vielfältigen Probleme, die bei der Online-Aneichung von zeitlich hoch aufgelösten Ereignissen und starken Gradienten im Niederschlagsfeld auftreten, sind von Bartels (2004) benannt. Auf dieser Basis sind quantitative Aussagen zur Qualitätsabschätzung des interpolierten Bodenniederschlags nicht möglich. Daher ist es zukünftig das Ziel, entweder eine an die zeitliche Auflösung (hh:00) angepasste Aneichung unter Nutzung der maximalen Stationsdichte durchzuführen oder die aktuellen Aneichfaktoren zur Aneichung von RZ-Summen zur vollen Stunde zu nutzen.

Die erhoffte qualitative Verbesserung der Regionalisierung durch die Nutzung von umfangreichen historischen Reihen innerhalb des HGF-Verfahrens wurde für die gewählten Ereignisse noch nicht erreicht. Trotz der Nutzung von Tagesdaten (mit wesentlich höherer Stationsdichte) konnte bisher die Struktur der Regengebiete nicht realitätsnäher nachgebildet werden. Allerdings ist auch nicht zu erwarten, dass die detaillierte Struktur, wie sie in stündlichen Radardaten vorhanden sind, auch in den Tagesdaten wieder zu finden sind. Eine abschließende Bewertung soll an dieser Stelle nicht gegeben werden, da die Erstellung der HGF für die anderen 4 Teilgebiete noch aussteht, und die Möglichkeiten des HGF-Verfahrens noch nicht vollständig genutzt und getestet wurden.

Ein objektives Gütemaß für Interpolationsverfahren ist die Kreuzvalidierung. Sie ist bei geringen Stationsdichten jedoch nur begrenzt geeignet. Da kleine Niederschlagszellen oft nur von einer

Station erfasst werden, verändert sich beim Wegfall einer solchen Station innerhalb der Kreuzvalidierung das Bild vollständig. Weniger problematisch ist dies bei großflächigeren Ereignissen (advektiv oder große Konvektionszellen), bei denen auch bei weiter entfernten Stationen noch ähnliche Niederschläge gemessen wurden. Die Unterschiede bei den Korrelationskoeffizienten zwischen konvektiv und advektiv (Tabelle 1) wurden in vielen Fällen gefunden und scheinen durchaus plausibel. Für das HGF-Verfahren wird in InterMet keine Kreuzvalidierung angeboten. Beim Wegfall einer entscheidenden Station wird unter Umständen ein anderes HGF genutzt, womit kein sinnvoller Vergleich zwischen beobachteten und interpolierten Werten mehr möglich ist. Die im Vergleich zur IDW höheren Korrelationskoeffizienten des Default-Verfahrens wurden zu den meisten getesteten Terminen gefunden und belegen, dass es sich um ein geeigneteres Verfahren handelt.

**Tabelle 1: Ergebnisse der Kreuzvalidierung (Mittlerer absoluter Fehler MAF; mittlerer quadratischer Fehler MQF, Mittelwert des Fehlers MW; Korrelation zwischen vorhergesagtem und beobachtetem Niederschlag KORREL)**

		MAF	MQF	MW	KORREL
27.5.2006 16:00	IDW	0.86	1.96	-0.01	0.46
advektiv	InterMet-Default	0.86	1.83	0.05	0.52
19.6.2006 16:00	IDW	1.3	8.1	-0.05	0.25
konvektiv	InterMet-Default	1.2	7.5	0.14	0.34

Folgendes Fazit kann gezogen werden: Die vorgestellten Verfahren sind operativ einsetzbar, da sie kurze Rechenzeiten haben, zuverlässig arbeiten und kein Expertenwissen benötigen. Durch die geringe Dichte von hoch auflösenden Stationen werden die Strukturen und Intensitäten der Niederschlagsgebiete oft nicht zufrieden stellend erfasst. Die Interpolationsverfahren Default und HGF aus dem Programmpaket InterMet zeichnen sich durch eine gute Abgrenzung der Niederschlagsgebiete und geringere Fehlerwerte der Kreuzvalidierung aus. Ohne die Informationen aus dem Radarnetz sind Aufgabenstellungen, wie z.B. die Hochwasserwarnung für kleinere Gebiete, nicht realisierbar. Inwieweit Satellitenbilder zur Informationserweiterung verwendbar sind, ist Gegenstand weiterer Untersuchung im Rahmen des EXTRA-Projektes. Die Regionalisierungsmethoden – insbesondere das noch auf ganz Sachsen zu erweiternde HGF-Verfahren - sind weiteren Tests unter Nutzung eines quantifizierbaren Qualitätsmerkmals zu unterziehen.

## Literatur

Bartels H 2004: Projekt RADOLAN. Routineverfahren zur Online-Aneicherung der Radarniederschlagsdaten mit Hilfe von automatischen Bodenniederschlagsstationen(Ombrometer). Projekt-Abschlussbericht.

Hinterding A 2003: Entwicklung hybrider Interpolationsverfahren für den automatisierten Betrieb am Beispiel meteorologischer Größen. Diss., 176 S., Institut f. Geoinformatik, Universität Münster.

Mues V 2000: GIS gestützte Regionalisierung von Klima und Depositionsdaten in Niedersachsen, Diss. 223 S., Fak. f. Forstwissenschaften und Waldökologie, Georg-August-Universität Göttingen.