

## VDI 3786 Blatt 20 – die neue Richtlinie zur Niederschlagsmessung mittels Radar

T. Einfalt<sup>1,\*</sup>, S. Jäckel<sup>2</sup>

<sup>1</sup>hydro & meteo GmbH & Co.KG, Lübeck

<sup>2</sup>Verein Deutscher Ingenieure e.V., Düsseldorf

\*Email des korrespondierenden Autors: einfalt@hydrometeo.de

**Kurzfassung** Die Richtlinie VDI 3786-20 „Niederschlagsmessung mittels Radar“ stellt die genannte Messmethodik vor. Es werden insbesondere Aspekte von Messtechnik, Instrumentenaufbau, Abschätzung von wasserwirtschaftlich nutzbaren Niederschlagsintensitäten, Datenqualitätssicherung, Kurzfristvorhersage und wasserwirtschaftlichen Anforderungen behandelt. Damit wurde eine Richtlinie geschaffen, die zum ersten Mal diese Themen in vollständiger Form und interdisziplinär abgestimmt umfasst.

**Schlagwörter:** Wetterradar, Niederschlag, Technische Regel, Richtlinie, Qualitätssicherung, Messtechnik, Umweltmeteorologie, Fernmessung

### 1 EINLEITUNG

In der Richtlinienreihe VDI 3786 zu Messmethoden für meteorologische Messgrößen werden die Grundlagen der Verfahren sowie Informationen zum Aufbau und Betrieb der Messgeräte beschrieben. In der Richtlinie VDI 3786 Blatt 7 (2010) wird die konventionelle Messung von Niederschlag mit bodengebundenen Geräten behandelt. Aufbauend darauf erarbeitet die Arbeitsgruppe "Niederschlagsmessung mittels Radar" die Richtlinie VDI 3786 Blatt 20 (2013). Sie beschreibt die Sondierung der Atmosphäre mit bodengebundenen Wetterradarsystemen mit Wellenlängen zwischen 3 cm und 10 cm. Diese Radarsysteme sind zur flächendeckenden Erfassung von Niederschlag und anderen Zielen bis zu mehreren 1000 m Höhe über Grund geeignet (VDI 3786-20, 2013).

Die Richtlinie stellt neben den Grundlagen der Radarmessung auch Ausführungsformen und Komponenten des Wetterradars sowie Messgrößen und Zielgrößen dar. Das in der Richtlinie hauptsächlich beschriebene Einsatzgebiet ist die quantitative Niederschlagsmessung. Durch die flächendeckende Erfassung von Niederschlagsgebieten ergibt sich eine Reihe wichtiger Anwendungen. Eine populäre qualitative Anwendung ist die Echtzeitdarstellung von Niederschlagsgebieten und die Verbreitung dieser Darstellungen z.B. auf verschiedenen Internetportalen, die jedermann zugänglich sind. Zahlreiche professionelle Anwender, z.B. der DWD sowie die Wasser- und Landwirtschaft nutzen die Daten des Radarnetzes und gegebenenfalls auch ergänzender spezieller Radarstationen zur Erfassung der Niederschlagsverteilung, wobei hier oft großer Wert auf eine detaillierte quantitative Erfassung gelegt wird. Aus diesem Grund behandelt die Richtlinie nicht nur die reine Messtechnik, sondern auch die Verfahrensschritte für die Vorbereitung der Daten für unterschiedliche Anwendungen.

Beim Wetterradar muss der Niederschlag mithilfe empirischer Beziehungen aus der Radarreflektivität und gegebenenfalls zusätzlich gemessenen polarimetrischen Parametern abgeleitet werden (VDI 3786-20, 2013). Diese empirischen Beziehungen hängen von der aktuellen Regentropfengrößenverteilung ab, die nur innerhalb einer gewissen Bandbreite bekannt ist. Daher sind Wetterradarmessungen kein Ersatz für die in VDI 3786 Blatt 7 (2010) beschriebenen konventionellen Verfahren, sondern sie müssen sogar, falls höhere Genauigkeitsanforderungen an die erfasste Niederschlagsmenge gestellt sind (z.B. für Hochwasserwarnsysteme), durch konventionelle Messungen gestützt werden (WMO, 2008). Das Wetterradar ermöglicht aber die Erfassung von räumlich sehr fein strukturierten Niederschlagsverteilungen, was mit konventionellen Messungen alleine nicht erreichbar wäre. Die Erfassung von Niederschlag mit Wetterradar ist die älteste nicht militärische Anwendung seit Erfindung des Radars im Zweiten Weltkrieg.

Zusätzlich zu den bereits genannten Themenschwerpunkten beschreibt die Richtlinie auch die Qualitätssicherung und die Möglichkeiten der Kurzfristvorhersage (Nowcasting) und geht in zwei Anhängen auf das Mikro-Regenradar und die Koordinatenumrechnung ein.

Die vorliegende Veröffentlichung bezieht sich auf Inhalte der Richtlinie und setzt dabei den Fokus auf die Anwendungen in der Wasserwirtschaft.

## 2 ANWENDUNGEN IN DER WASSERWIRTSCHAFT

Das Nutzungspotenzial von Radardaten ist vielfältig (VDI 3786-20, 2013). Am Beispiel der Wasserwirtschaft werden im Folgenden die Nutzungsmöglichkeiten der Radardaten beschrieben.

Das Aufgabenspektrum der Wasserwirtschaft umfasst eine große Bandbreite räumlicher und zeitlicher Skalen. Dementsprechend variieren auch die Anforderungen an die Radarniederschlagsdaten bezüglich Art, Qualität sowie zeitlicher, räumlicher und quantitativer (bezogen auf den Radarreflektivitätsfaktor oder die Niederschlagssumme) Auflösung, Bereitstellungsdauer und Ausdehnung. Diese Anforderungen sind in der Richtlinie VDI 3786 Blatt 20 (2013) dargestellt.

In der Wasserwirtschaft stellt der Niederschlag die sensitivste Eingangsgröße dar (VDI 3786-20, 2013). Die relevante Zielgröße für Bemessung und Betrieb von wasserwirtschaftlichen Systemen ist jedoch der aus Niederschlag und Charakteristika des Einzugsgebiets resultierende Abfluss.

In Ergänzung zur punktuellen Niederschlagserfassung mittels Niederschlagsmessgeräten, geben Radardaten die räumliche Niederschlagsverteilung flächendeckend wieder (VDI 3786-20, 2013). Beide Messverfahren besitzen verfahrensspezifische Vorteile, sodass in der Regel eine Kombination beider Messverfahren zur besten Abbildung der räumlichen und zeitlichen Niederschlagsverteilung führt (WMO, 2008). Die Qualität beider Messverfahren kann unter anderem beurteilt werden, indem sie als Eingangsgröße in hydrologische Modelle genutzt werden und die daraus resultierenden Modellabflüsse mit gemessenen verglichen werden.

Wasserwirtschaftliche Onlineanwendungen (siehe Tabelle 1), bei denen eine schnelle Reaktion des Nutzers notwendig ist, setzen eine hohe zeitliche Verfügbarkeit der Radarniederschlagsprodukte voraus (VDI 3786-20, 2013). Aufwendige Korrekturalgorithmen sind daher nicht möglich. Eine Onlinenutzung von Radardaten für die wasserwirtschaftliche Modellrechnung setzt eine geeignete IT-Infrastruktur und eine Automatisierung der Verarbeitungsschritte voraus. Für Offlineanwendungen (siehe Tabelle 2) spielt die zeitnahe Datenbereitstellung eine nachrangige Rolle (VDI 3786-20, 2013). Damit können weitere Qualitätsprüfungen oder zusätzliche Daten zur Verbesserung der Qualität des jeweiligen Radarprodukts genutzt werden.

Tabelle 1: Anwendungsbeispiele nach VDI 3786-20 (2013) für Onlineanwendung von Radarniederschlagsdaten

Anwendung	Beschreibung
Kanalnetzsteuerung	Bei der Kanalnetzsteuerung können freie Speicherkapazitäten im Kanalnetz durch Steuerungsmaßnahmen der Abflüsse optimiert genutzt werden. Hierzu sind hinreichend genaue Vorhersagen von Füllständen im Kanalnetz, insbesondere von Speicherbauwerken, mit ausreichendem Vorlauf erforderlich. Ein kleiner Zeitgewinn wird bereits bei der Radarniederschlagsmessung erzielt, da der Niederschlag in der Höhe und somit zeitlich vor dem Eintreffen auf dem Boden und dem Einlauf ins Kanalnetz gemessen wird. Ein weiterer mitunter wesentlich größerer Zeitgewinn kann durch die Kurzfristvorhersage mithilfe von Radardaten (Zelltracking) erreicht werden.
Kläranlagensteuerung	Bei Regenwetter können über mehrere Stunden erhöhte Zuflüsse zur Kläranlage auftreten, was eine temporäre Erhöhung der Kläranlagenkapazität erfordert. Dafür ist eine Niederschlagsvorhersage notwendig, die mit einem ausreichenden zeitlichen Vorlauf die Überschreitung kritischer Schwellenwerte prognostiziert. Der erforderliche Vorhersagehorizont hängt dabei von der Art der Maßnahmen an der Kläranlage und der Struktur (Fließzeiten) im Kanalnetz ab. Wie bei der Kanalnetzsteuerung können auch hier Radardaten Qualität und Vorlauf der notwendigen Niederschlagsvorhersagen verbessern.
Meldedienste	Niederschlagsprodukte und Kurzfristvorhersagen können entweder direkt oder indirekt (als Eingangsgröße für hydrologische oder Kanalnetzmodelle) genutzt werden.

	Von der Information über das Auftreten von kritischen Niederschlagsmengen und daraus resultierenden Abflüssen profitieren z.B. Betreiber kritischer Infrastrukturen oder Betriebspunkte (Rechen, Verrohrungen, Hochwasserrückhaltebecken), Betreiber von Baustellen in Kanal und Gewässer (Räumung, Sicherung), Hochwasservorhersagezentralen, Rettungsdienste wie Feuerwehr und Technisches Hilfswerk (Alarmbereitschaft und Einsatzkoordinierung) und Nutzer von Badegewässern (Warnung vor Qualitätsverschlechterung durch Einträge aus Kläranlagen- und Mischwasserüberläufen oder aus der Landwirtschaft).
Talsperrensteuerung	Radardaten in Kombination mit numerischen Wettervorhersagemodellen unterstützen die Bewirtschaftung von Talsperren und ähnlichen technischen Anlagen zur Steuerung der Wassermengen sowohl bei Niedrig- als auch bei Hochwasser. Aufgrund der großräumigen Einzugsgebiete ergeben sich längere Reaktionszeiten für die Entscheidungsfindung bei der Anlagensteuerung.
Hochwassermanagement	Als Bildprodukte liefern Radarniederschlagsdaten flächendeckend qualitativ wichtige Hinweise zur Einschätzung der Hochwasserlage. Quantitative Radardaten können in hydrologische Gebietsmodelle integriert werden. Sie bilden so einen wichtigen Bestandteil der Hochwasservorhersage und darauf aufbauend, von Maßnahmen des operationellen Hochwassermanagements wie Hochwasserwarnungen, die Steuerung von Rückhaltebecken sowie Talsperren oder der Deichverteidigung. Durch Kopplung mit numerischen Wettervorhersagemodellen ist auch eine Vorhersage der Abflussentwicklung über die Kurzfristvorhersage hinaus möglich.

Tabelle 2: Anwendungsbeispiele nach VDI 3786-20 (2013) für Offlineanwendung von Radarniederschlagsdaten

Anwendung	Beschreibung
Niederschlagsklimatologie	Langfristakkumulationen von Radarniederschlagsmessungen erlauben eine Analyse regionaler Besonderheiten bei der Niederschlagsverteilung, z.B. aufgrund von orografischen Effekten, urbanen Einflüssen, bevorzugten Zugbahnen von Niederschlägen sowie Luv-Lee-Effekten. Auf dieser Basis können beispielsweise Stationsmessnetze optimiert oder Risikogebiete (z.B. Regionen mit hoher Starkniederschlagsgefährdung) identifiziert werden.
Nachweis und Bemessung von Bauwerken sowie Kalibrierung von Modellen	Für die Bemessung und Nachweisrechnung von wasserwirtschaftlichen Anlagen müssen langjährige Zeitreihen vorhanden sein, um eine statistische Repräsentanz zu erlauben. Radardaten mit ausreichender Qualität liegen deutschlandweit erst seit 2001 vor und können so nur ergänzend als Grundlage dienen. Sie können zur Auswahl geeigneter Niederschlagsereignisse für die Kalibrierung insbesondere kleinräumiger Modelle herangezogen werden, z.B. in der Stadthydrologie.
Ereignisdokumentation und -analyse	Radardaten bieten die Möglichkeit, schadensauslösende Extremniederschläge besser nachvollziehen zu können. Dadurch kann z.B. nachgewiesen werden, ob ein Bauwerk aufgrund technischer oder betrieblicher Mängel versagt hat, oder ob sich das Ereignis jenseits der Bemessungsgrenze befand. Auch die Folgen von Ausuferungen an Gewässern lassen sich so besser einordnen.

### 3 SCHLUSSFOLGERUNGEN

Es wurde ein bisher noch nicht über DIN-Normen bzw. VDI-Richtlinien standardisiertes Verfahren in einer technischen Regel festgehalten. Mit Schwerpunkten in der quantitativen Niederschlagsbestimmung und den Anwendungen in der Wasserwirtschaft konnte damit weiterhin ein Regelwerk geschaffen werden, das nicht nur den Betreibern, sondern auch allen Anwendern von Wetterradardaten eine Entscheidungshilfe und Informationsquelle sein wird.

Die Erstellung der hier diskutierten Richtlinie VDI 3786 Blatt 20 stellt einen ersten und wichtigen Schritt in der internationalen Harmonisierung der Niederschlagsbestimmung mittels Wetterradar dar. Das internationale Interesse an der Richtlinie zeigte sich bereits vor der Veröffentlichung des Entwurfs und wurde von der International Organization for Standardization (ISO) geäußert. Es wurde entschieden, die Arbeiten nach der Veröffentlichung der nationalen Richtlinie bei ISO weiterzuführen, um einen weltweiten Konsens auf Basis der Richtlinie zu finden. Auch die internationale Harmonisierung wird darauf ausgerichtet sein, eine einheitliche Praxis bei der Messung von Niederschlagsdaten mittels Rader

und ihrer Bewertung sicherzustellen. Es wird weiterhin sichergestellt sein, dass die Internationalisierung der Radartechnologie nicht zulasten der Qualität geht.

Der Entwurf der Richtlinie wird nach einer Einspruchsfrist von vier Monaten (August 2013 bis November 2013) von der Arbeitsgruppe auf Basis der eingegangenen Kommentare aus der interessierten Öffentlichkeit überarbeitet. Um eine hohe Qualität des Einspruchsverfahrens sicherzustellen, wurde entschieden, eine Tagung zum Thema Wetterradar am 23. Oktober 2013 beim Bundesumweltministerium in Bonn zu veranstalten und auch die dort gesammelten Meinungen aus den zahlreichen geplanten Diskussionen bei der Überarbeitung zu berücksichtigen.

#### **4 DIE KOMMISSION REINHALTUNG DER LUFT IM VDI UND DIN**

Richtlinien und Normen als technisch-wissenschaftliche Regeln dienen Anwendern, Herstellern und Behörden als wichtige Entscheidungshilfen und Informationsquellen. Dies gilt insbesondere für die technische Regelsetzung im Umweltschutz. Die Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN ist mit ihren 1200 Experten in 170 Arbeitsgruppen an der Erstellung des Regelwerks aktiv beteiligt, indem sie gemeinsam mit allen interessierten Kreisen und in ehrenamtlicher Gemeinschaftsarbeit den Stand von Wissenschaft und Technik in VDI-Richtlinien und DIN-Normen festhält. Der Fachbereich II "Umweltmeteorologie" beschäftigt sich auf nationaler und internationaler Ebene mit allen meteorologischen Fragestellungen des Umweltschutzes.

#### **5 DANKSAGUNG**

An dieser Stelle sei allen, die ehrenamtlich an der Erarbeitung der Richtlinie VDI 3786 Blatt 20 mitgewirkt haben, gedankt. Namentlich sind dies Jens Didszun, Uwe Ehret, Frank Gekat, Martin Hagen, Kai Mühlbauer, Gerhard Peters, Markus Quirnbach, Marc Scheibel, Adrian Treis, Hans-Reinhard Verworn und Elmar Weigl. Wir danken dem VDI für die Freigabe der Richtlinie zur Erstellung dieses Beitrags.

#### **6 REFERENZEN**

- VDI 3786 Blatt 7 (2010). Umweltmeteorologie; Meteorologische Messungen; Niederschlag. Berlin, Beuth Verlag
- VDI 3786 Blatt 20 Entwurf (2013). Umweltmeteorologie; Bodengebundene Fernmessung des Niederschlags; Wetterradar. Berlin, Beuth Verlag
- World Meteorological Organization (2008). Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation. WMO No. 8, Seventh Edition, Part II Observing Systems, Chapter 9 Radar Measurements