



Deutscher Wetterdienst
Wetter und Klima aus einer Hand



Der Radarverbund des Deutschen Wetterdienstes



Weterradar im DWD

Die Gewinnung verlässlicher meteorologischer Daten ist die Grundlage für die operationelle Arbeit aller Wetterdienste weltweit. Seit über 30 Jahren werden zur Ergänzung der konventionellen Niederschlagsmessungen Methoden der Fernerkundung eingesetzt.

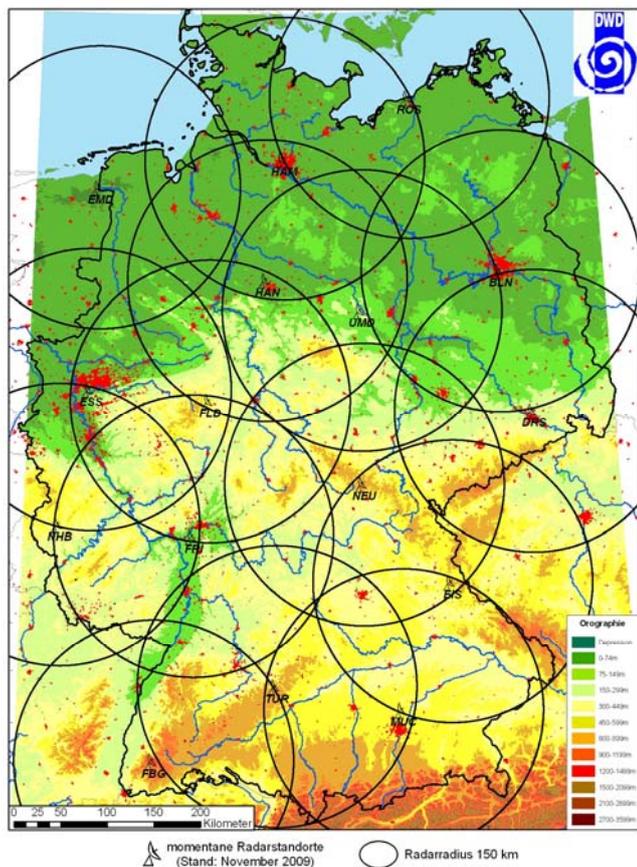
Gemäß seines gesetzlichen Auftrages zur Erfassung meteorologischer Daten mittels modernster Technik unterhält der Deutsche Wetterdienst (DWD) ein Netz von Weterradaranlagen, den so genannten Radarverbund (RADAR= **RA**dio **D**etecting **A**nd **R**anging). Während Niederschlagsbeobachtungen stets nur Punktmessungen in einem räumlich und zeitlich ablaufenden Niederschlagsereignis erfassen, erlauben Radarinformationen eine flächendeckende Wetterüberwachung im lokalen und regionalen Bereich. Moderne Systeme liefern Daten über die Niederschlagsverteilung mit hoher räumlicher und zeitlicher Auflösung. Kombiniert man die Radarbilder verschiedener Standorte zu einem Gesamtbild, dem sogenannten Komposit, so erschließen sich weitere Möglichkeiten der Wetteranalyse und -vorhersage. Weterradarsysteme sind das wichtigste Hilfsmittel der Meteorologie und Hydrologie, um Flächenniederschläge zu erfassen und ihre Entwicklung und Verlagerung zu beobachten. Das Weterradar ist das einzige Messverfahren zur flächendeckenden Niederschlagsmessung, d.h. es kann folgende Informationen zur Verfügung stellen:

Aktuelle Verbund-Radarsysteme

	operationell seit:
München	1987
Offenthal	2011
Hamburg	1990
Berlin-Tempelhof	1991
Essen	2011
Hannover	1994
Emden	1994
Neuhaus	1994
Rostock	1995
Ummendorf	1996
Feldberg	1997
Eisberg	1997
Flechtingen	1997
Neuheilenbach	1998
Türkheim	1998
Dresden	2000
Memmingen	2011

„Wieviel Niederschlag in welcher Zeit an welchem Ort“

Radarverbund des DWD mit 150 km Radien



In den 60er und 70er Jahren setzte der DWD Analog-Radargeräte ein, mit denen noch interaktiv gearbeitet wurde. Nach dem Münchner Hagelunwetter am 12. Juli 1984 forderten die Nutzer bessere Niederschlagsvorhersagen auf der Grundlage von Radarmessungen. Der DWD startete deshalb 1987 den Aufbau eines Weterradarverbundes mit der Installation einer Weterradaranlage in München (C-Band, 5.6 GHz).

Die ersten fünf Radarsysteme lieferten zunächst Informationen über Intensität, Höhe, Entfernung und Zugrichtung der Niederschlagsereignisse. Von 1994 bis 2000 installierte der DWD elf weitere Weterradargeräte. Diese Dopplerradargeräte ermöglichen auch eine Aussage über die Geschwindigkeit der Niederschlagsereignisse. Seit Februar 2004 sind alle Systeme dopplertisiert. Der Radarverbund besteht heute aus 16 operationellen Radarsystemen (siehe Tabelle) sowie einem Qualitätssicherungsradar am Meteorologischen Observatorium Hohenpeißenberg (MOHp), das seit 2007 auf Dual-Pol Technologie umgerüstet ist. Die Standortkarte zeigt das aktuelle Radarverbundnetz mit Reichweiten von 150 km, die zur quantitativen

Niederschlagsauswertung genutzt werden.

Der DWD modernisiert seinen Radarverbund derzeit im Rahmen des Projektes RadSys-E (Radar System-Erneuerung) mit einer neuen Gerätegeneration der Firma EEC, die ab 2013 an allen 17 operationellen Radars und am Qualitätssicherungsradar verfügbar sein soll. Der operationelle Verbund wird um ein zusätzliches 17tes Verbundradar in Memmingen erweitert. Die bereits seit 2007 am Erprobungsradar MOHp getestete Dual-Polarisationstechnik, die neben einer verbesserten Clutterfilterung eine Erkennung der Niederschlagsart ermöglicht, wird mit der Erneuerung der operationellen Systeme bis Ende 2013 an den 17 Radarverbundsystemen eingesetzt. Mithilfe einer neuen Scanstrategie sollen die Daten in einer höheren räumlichen und zeitlichen Auflösung bereitgestellt werden.

Grundprinzip der Radarmessung

Ein Wetterradar besteht aus einer Antenneneinheit einschließlich Radom (Wetterschutz), einem Sender und einem Empfänger, Signal- und Datenverarbeitungsprozessoren, einem Radarrechner sowie einem lokalen Netzwerk mit den erforderlichen Fernmeldeanschlüssen für die Datenabgabe und für Fernzugriffsmöglichkeiten bei der Systemüberwachung.



Die Antenne des Radarsystems strahlt einen auf ca. 1° gebündelten, elektromagnetischen Puls von bekannter Frequenz (5650 MHz) und Leistung (250 kW, zukünftig 2×250 kW) ab. Niederschlagsteilchen streuen diese Energie und reflektieren sie teilweise zur Antenne zurück. Aus der Laufzeit des Empfangssignals lässt sich die Entfernung bestimmen. Die als Reflektivität bezeichnete Stärke des Echos liefert Hinweise über die Niederschlagsmenge. Neben der Intensität der rückgestreuten Signale erfassen die Radaranlagen über die Dopplerverschiebung auch die mittlere radiale Geschwindigkeit der Niederschlagsteilchen, aus der sich Windinformationen ableiten lassen. Ein Dopplerfilterverfahren entfernt die so genannten Clutter. Das sind Festechos, verursacht durch hohe Gebäude, Hügel o.ä.

Abtastverfahren des DWD

Der DWD setzt zur Zeit zwei verschiedene Abtastverfahren ein. Bei der **Raumabtastung, dem Volumenscan**, durchläuft die Antenne alle 15 Minuten 18 verschiedene Elevationswinkel von $37,0^\circ$ bis $0,5^\circ$. Dabei deckt sie die Atmosphäre bis in eine Höhe von 12 km ab. Der Volumenscan besteht aus zwei verschiedenen Messmodi: Der Intensity mode deckt die unteren Elevationswinkel von $0,5^\circ$ bis $4,5^\circ$ ab, der Doppler mode erfasst die Elevationswinkel darüber. Die horizontale Reichweite beträgt beim Intensity mode 230 km und im Doppler mode 120 km.

Die unterste Position hat für die Hydrometeorologie eine herausragende Bedeutung. Daher wird die Raumabtastung alle fünf Minuten unterbrochen und die **Niederschlagsabtastung (Precipitationscan)** im bodennahen Elevationswinkel durchgeführt, um möglichst zeitnah Niederschlagsdaten aus Entfernungen bis 150 km zu gewinnen. Der Radarstrahl streicht dabei - angepasst an die jeweilige Orographie - zwischen $0,5^\circ$ und $1,8^\circ$ über den Horizont.

Für die nahe Zukunft ist geplant, den Volumenscan auf 5 Minuten zu verkürzen. Diese höhere zeitliche Auflösung wird unter anderem durch eine Reduktion der Anzahl der Elevationswinkel erreicht.

Schutz der Bevölkerung

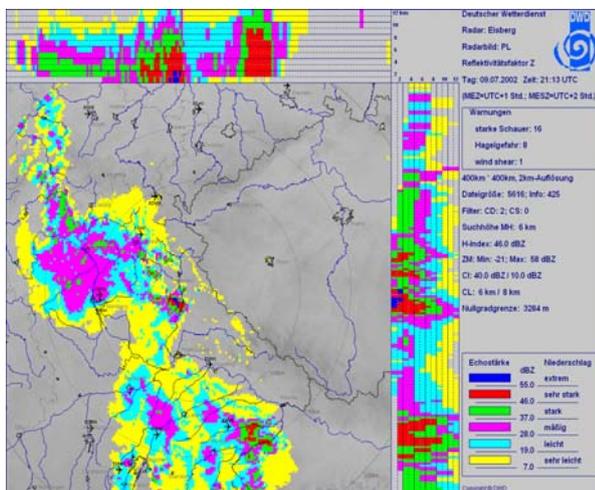
Bei den Weterradaranlagen handelt es sich um ortsfeste Sendefunkanlagen, für deren Aufstellung und Betrieb gesetzliche Vorschriften einzuhalten sind. Während des Betriebs tastet die Antenne die Atmosphäre dreidimensional mit einem stark gebündelten Strahl von 1° ab. Der niedrigste Elevationswinkel ist $0,5^\circ$. Der horizontale Radarstrahl erreicht nie den Erdboden oder die Aufstellungsebene des Radarturmes, sondern befindet sich in einem Bereich, der von der Aufstellungshöhe der Antenne vorgegeben ist (i.d.R. 30 m über Grund und darüber). Grundlage für die Errichtung und den Betrieb von Hochfrequenzanlagen ist die 26te Verordnung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes vom 16.12.1996. Sie macht die DIN VDE 0848 Teil 2 (Gefährdung durch elektromagnetische Felder – Schutz von Personen im Frequenzbereich von 10 kHz bis 3000 GHz) zur Bewertung von möglichen gesundheitsgefährdenden Einflüssen von Funkwellen verbindlich.

Jeder Betreiber, so auch der DWD, der eine feste Funksendestelle mit einer abgestrahlten Leistung größer als 10 W betreiben will, muss bei der Bundesnetzagentur (BNetzA) eine Standortbescheinigung beantragen. Die im Rahmen des Standortbescheinigungsverfahrens herangezogenen Personenschutzgrenzwerte stützen sich auf Empfehlungen der deutschen Strahlenschutzkommission, unter Berücksichtigung des derzeitigen weltweiten Forschungsstandes, um vor möglichen Gesundheitsgefährdungen zu schützen.

Wie der DWD aus Radardaten verschiedene Produkte macht

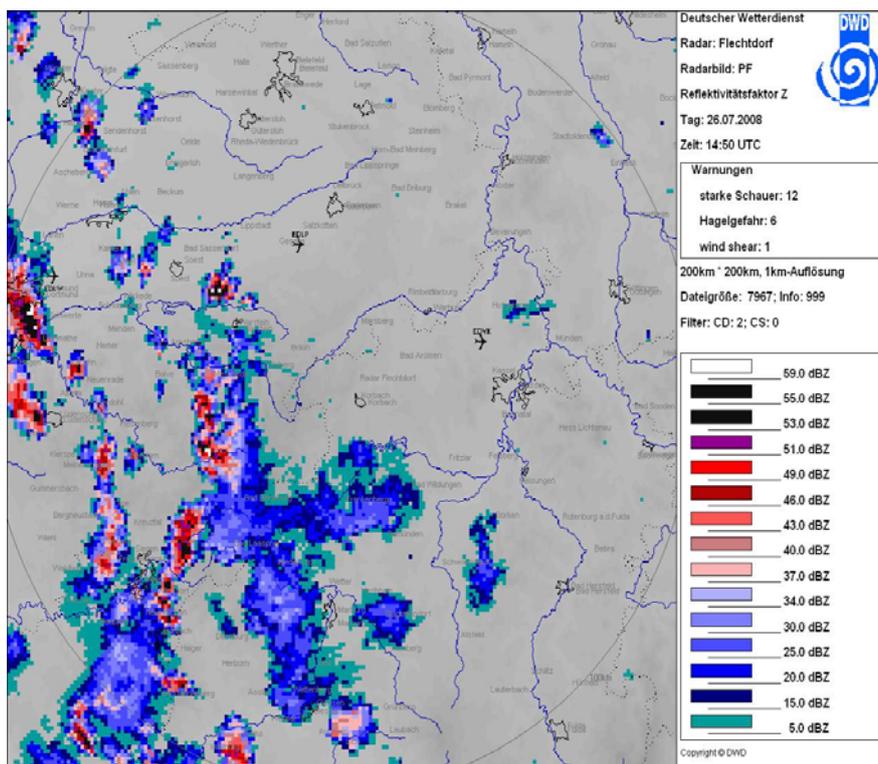
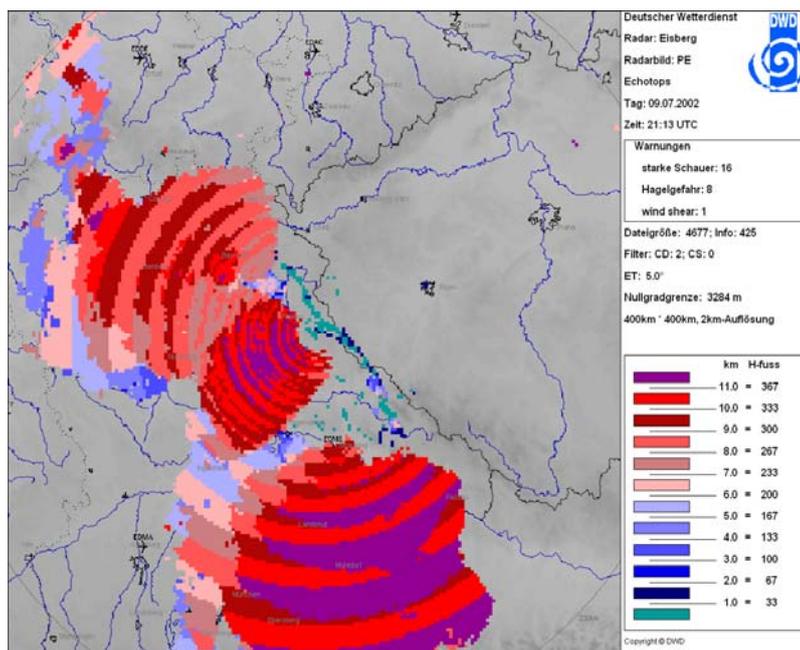
Direkt vor Ort erzeugen die Radarrechner alle lokalen Bilder, verteilen sie „real-time“ innerhalb des DWD. An den Radarstandorten werden 20 verschiedene Produkte als Punktwerte sowie als kartesische und polare Flächendatensätze erzeugt. Entsprechend den Wiederholungsraten der beiden Scans ergeben sich daraus für alle 16 Standorte ca. 35.000 Produkte am Tag.

Im Folgenden werden verschiedene Radarbildprodukte und ihre Anwendung von meteorologisch interessanten Terminen (09.07.2002 Berliner Unwetter, 01.03.2008 Sturmtief Emma, 23.06.2008 Gewitterzellen Süddeutschland, 11.07.2008 Gewitterlinie, 26.07.2008 Starkniederschlagszellen, 21.05.2009 Superzellenlage und 16.10.2009 Frontpassage) gezeigt.



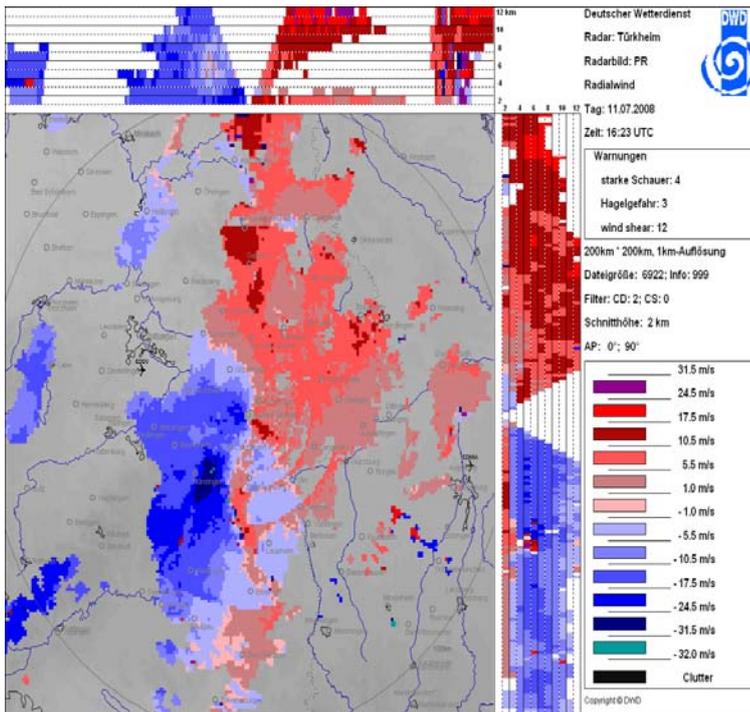
Aus dem Volume Scan resultieren u.a. die lokalen Produkte PL und PE. Das **lokale Radarprodukt PL** (linkes Bild) gibt einen Überblick über die Stärke der bodennächsten Radarechos (bis 230 km Radius, sechs Klassen) und zugleich mithilfe des Höhen- und Seitenaufriß eine grobe Abschätzung der Vertikalstruktur der stärksten Niederschlagsgebiete bis in 12 km Höhe.

Das **Echotop-Produkt PE** (nebenstehendes Bild) stellt die maximalen Höhen für die erfassten Radarreflektivitäten (oberhalb eines vorgegebenen Reflektivitätsschwellwertes von 5 dBz) dar. Die Meteorologen des DWD nutzen das PE-Produkt für die Vorhersage von Schauer und Gewitter. Dieses Produkt wird im Rahmen der Vereinheitlichung des europäischen Luftraums (Single European Sky, SES) mittelfristig eine größere Bedeutung bekommen. Da dieses Produkt immer wieder Ringartefakte im Nahbereich zeigt, muss es überarbeitet werden.



Aus dem Precipitation Scan resultieren u.a. die lokalen Produkte PX und PF. Das **lokale PF-Produkt** (nebenstehendes Bild) beinhaltet die alle 5 Minuten gemessenen Momentanwerte der aktuellen Niederschlags-echos. Damit sind Kurzzeitvorhersagen von Niederschlag möglich. Dies ist ein wichtiger Input des Deutschen Wetterdienstes für die Hochwasservorhersagezentralen der Länder. Das Beispiel des Radars Flechtendorf vom 26. Juli 2008, 14.50 UTC zeigt mehrere kleine Starkniederschlagszellen, die teilweise die höchsten Radarechos erreichen (s. Dortmund).

Aus der Dopplerverschiebung lassen sich Windgeschwindigkeiten errechnen. Das **PR-Produkt** (Bild nächste Seite) stellt die radarbezogene Radialwindgeschwindigkeit einer Schicht als lokales Radarbild in einem Geschwindigkeitsbereich von +32 m/s bis -32 m/s in zwölf Klassen dar. Damit erkennt man, aus welcher Richtung der Wind mit welcher Geschwindigkeit auf das Radargerät zuweht (rote Farbe). Dies ist eine wichtige Information für die Flugwetterberater des DWD.



Die Radarprodukte gelangen über das DWD-interne Vermittlungssystem zur Zentrale nach Offenbach an das meteorologische Präsentationssystem NinJo. Von der Zentrale erfolgt die Weiterverarbeitung, z.B. die Kombination der lokalen Bilder zu einem deutschland- oder europaweiten Kompositbild sowie die Weiterleitung an externe Nutzer.

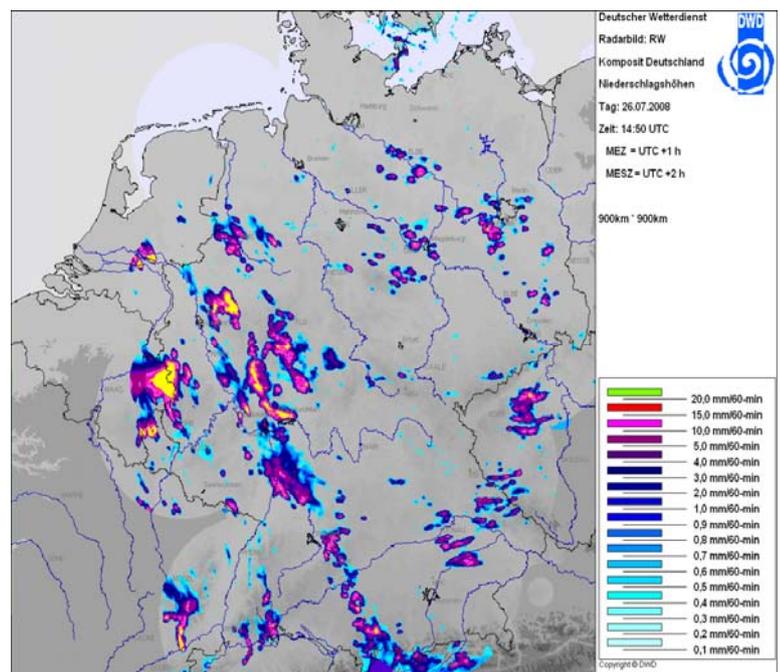
Im Rahmen eines Produktmonitoring erfolgt eine vollautomatische Überwachung der erzeugten Radarprodukte.

Rund um die Uhr sind Experten vom DWD in Rufbereitschaft, um Störungen per Fernzugriff schnell beheben zu können. Dies gewährleistet - zusammen mit der regelmäßigen Wartung der Systeme - eine hohe Verfügbarkeit der Radarprodukte.

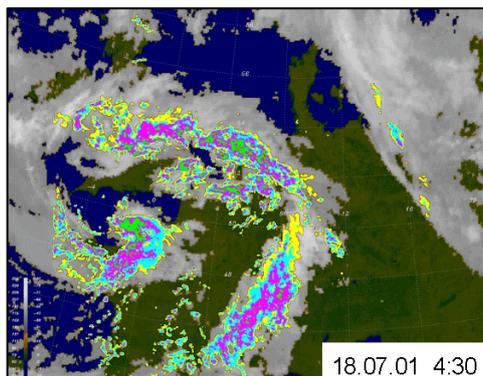
Mehr als die Summe seiner Einzelteile: Kompositprodukte

In der Offenbacher Zentrale überlagert ein Großrechner die jeweiligen Einzelbilder und generiert damit die so genannten Kompositprodukte. In den Überlagerungsbereichen von mehreren Radarstandorten verwendet er das jeweils stärkste Signal. Derzeit gibt es ein **nationales Kompositbild PC** (siehe Broschürenrückseite), das die bodennahe Radarreflektivitätsverteilung in Deutschland darstellt und vor allem im Nowcastingbereich zum Einsatz kommt.

Um grenzübergreifende Informationen über sich nähernde Niederschlagsgebiete und ihre Entwicklungen zu erhalten, tauscht der Deutsche Wetterdienst seine Radardaten mit den Wetterdiensten der europäischen Nachbarn aus. Das Ergebnis ist das internationale Komposit PI. Zusätzlich zu den einzelnen DWD-Produkten enthält dieses Produkt derzeit das lokale Radarbild Römö (Dänemark) sowie die Komposit von Belgien, der Schweiz, Frankreich, den Niederlanden und Großbritannien. Das **RW-Produkt für Niederschlagsanalysen** ist ein quantitatives Radarkomposit, das aus den lokalen 5minütigen, mit den stündlichen Ombrometerdaten angeeichten Radardaten besteht (siehe Bild).



Nutzerkreis und Anwendungsbreite der Radarprodukte



Innerhalb des DWD ermöglichen die Radarprodukte eine flächendeckende Niederschlagsüberwachung und bieten wichtige Informationen für die Kurzzeitprognose insbesondere zur Warnung vor Starkniederschlagsereignissen und Hagelgefahr. Durch Überlagerung von Radarbildern und Satellitenbildern (s. nebenstehendes Bild), die Informationen über Wolkengattungen und -verteilungen bereitstellen, lassen sich Niederschlagsereignisse an Fronten und Konvergenzlinien klar definieren.

Die Wetterüberwachung und Kurzzeitprognosen dienen im Wesentlichen der Bereitstellung von Warnungen für externe Nutzer. Die Radardaten finden Anwendung im Straßen-, Schienen-, Luftverkehr und der Flussschifffahrt sowie bei Land- und Forstwirtschaft, Energieversorgern, öffentlichen Institutionen, Versicherungen und der Bundeswehr. Damit haben Radardaten einen enormen volkswirtschaftlichen Nutzen.

Die aus den quantitativen Radardaten abgeleiteten, flächendeckenden Niederschlagshöhen ergänzen das Bodenniederschlagsmessnetz im klimatologischen und hydrometeorologischen Aufgabenbereich. Hydrologische und wasserwirtschaftliche Anwender sind die Hauptkunden für die quantitativen Radarniederschlagsdaten. Ihnen helfen die Daten einerseits bei der Bemessung wasserwirtschaftlicher Bauwerke wie z.B. Regenrückhaltebecken, Dämme, Deiche, Stadtentwässerungssysteme und Stauseen. Des Weiteren gehen die quantitativen Radardaten in Hochwasservorhersage- und Abflusssimulationsmodelle ein.

Sie ermöglichen so die Steuerung von Abwasserkanälen und Talsperren. Durch die Bereitstellung der Radarprodukte für die Bundesländer leistet der DWD einen unverzichtbaren Beitrag bei der Durchführung der Warnaufgaben im Katastrophenschutz. Der DWD hat dazu in 2003 FeWIS eingerichtet, das ursprünglich für die Feuerwehren als Wetterinformationssystem für geschlossene Internet-Benutzergruppen gedacht war. Mittlerweile hat sich FeWIS durch zahlreiche Erweiterungen zu einem umfassenden Katastrophenschutzportal des DWD entwickelt.

RADOLAN

Das Routineverfahren zur Online-Aneicherung der Radarniederschlagsdaten mit Hilfe von automatischen Bodenniederschlagsstationen (Ombrometer) wurde im DWD als Projekt RADOLAN im Jahr 1997 begonnen, von der LAWA (Länderarbeitsgemeinschaft Wasser) finanziell gefördert und fachlich begleitet. Es liefert seit Juni 2005 flächendeckende, räumlich und zeitlich hoch aufgelöste, quantitative Niederschlagsdaten aus online angeeichten Radarmessungen im Echtzeitbetrieb für Deutschland. Die Anwendungsmöglichkeiten sind vielfältig. Im Vordergrund steht im Interesse des Katastrophen- und Hochwasserschutzes die schnelle und genaue Erfassung von Niederschlägen im Einzugsgebiet von Flüssen. Die flächenhafte Niederschlagsanalyse eignet sich auch besonders gut für Validierungszwecke sowie für Klimastudien. Das derzeit bestmögliche, am schnellsten verfügbare RADOLAN-Ergebnis (RW-Produkt, siehe zweites Bild auf Seite 6) ist ein angeeichtes Radar-Deutschlandkomposit mit stündlichen Niederschlagshöhen in einer Intensitätsauflösung von 0,1 mm und in einer räumlichen Auflösung von einem Quadratkilometer, welches zeitnah (innerhalb von 30 Minuten) zur Verfügung steht.

Eine Beschreibung des RADOLAN-Verfahrens sowie weitere Informationen sind im Internet verfügbar: www.dwd.de/RADOLAN. Eine räumliche Ausdehnung auf das gesamte hydrologische Einzugsgebiet von Deutschland (mitteleuropäisches RADOLAN-Komposit RADOLAN-ME, s. nachfolgende Grafik) wird derzeit in Zusammenarbeit mit den benachbarten nationalen Wetterdiensten aufgebaut.

RADOLAN-Produkte werden als Eingangsdaten für Anschlussverfahren genutzt. Dazu gehören das quantitative Radar-Nowcasting (RADVOR-OP), das numerische DWD-Wettervorhersagemodell COSMO-DE zur zeitnahen Niederschlagsvorhersage im Kurzzeitbereich bis 18 Stunden, das radargestützte DWD-Unwetterwarnsystem KONRAD sowie die Analyse und Vorhersage des Niederschlagsdargebots (Menge des Schmelz- und Regenwassers, das aus einem Schneevolumen austritt) mit dem DWD-Modell SNOW.



Die radargestützte, zeitnahe Niederschlagsvorhersage für den operationellen Einsatz (Niederschlag-Nowcasting-System) – RADVOR-OP

... wurde im DWD als Projekt mit finanzieller Förderung und fachlicher Begleitung durch die LAWA im Jahr 2002 begonnen. Unter dem Namen RADVOR-OP wurden die Entwicklung des Latent Heat Nudging im COSMO-DE sowie die Entwicklung von Nowcasting-Systemen auf der Basis von Trackingverfahren zusammengefasst. Seit Ende 2008 werden flächendeckend räumlich und zeitlich hoch aufgelöste, quantitative Kurzzeitvorhersagen des Niederschlags im Echtzeitbetrieb für Deutschland produziert und bereitgestellt. Derzeit werden vom DWD drei verschiedene Verfahren zur Verlagerung von Niederschlagsstrukturen aus Radardaten betrieben: KONRAD – ein Verfahren zur Erkennung und Verlagerung konvektiver Zellen, ein Trackingverfahren zur Erkennung und Verlagerung stratiformer und konvektiver Niederschlagsstrukturen und das statistische Verfahren CellMOS.

Nutzung der Radardaten in der numerischen Wettervorhersage:

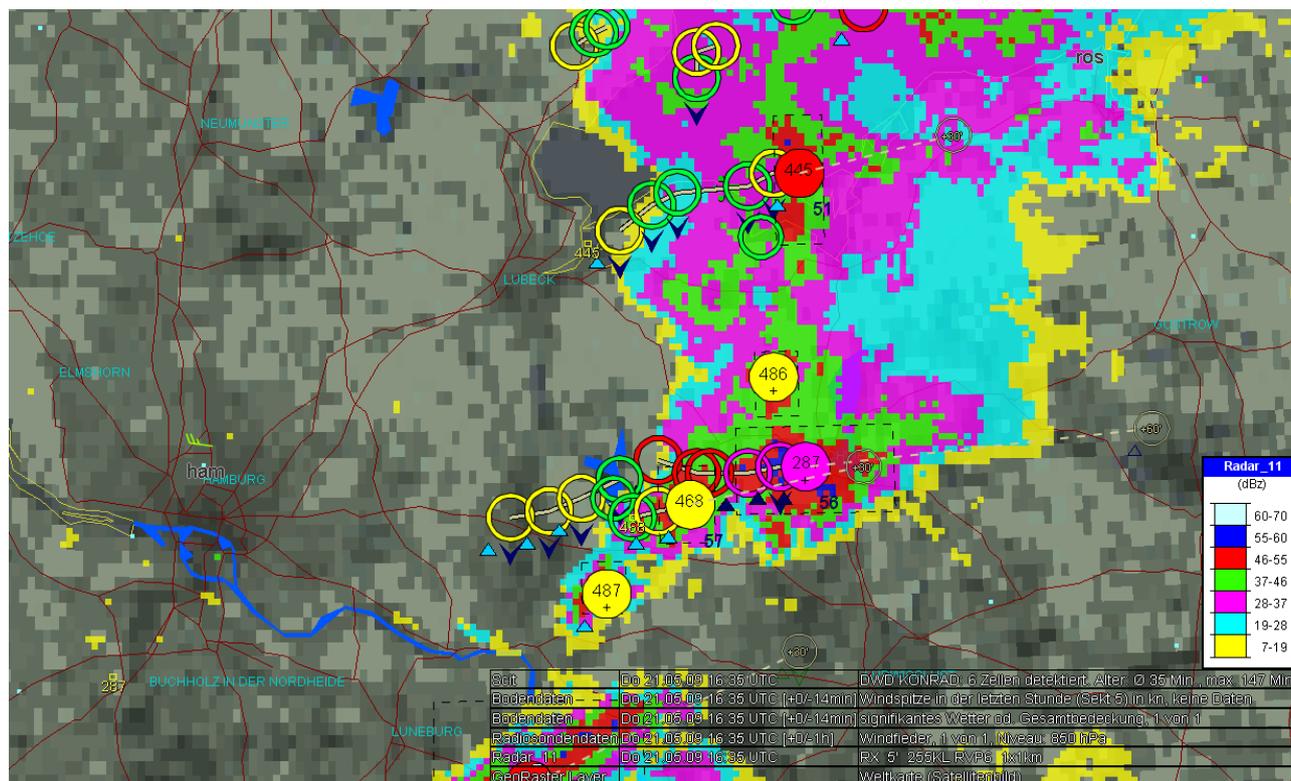
Für Kurzzeitvorhersagen (2-18 Stunden) betreibt der DWD das numerische Wettervorhersagemodell COSMO-DE, welches speziell zur Vorhersage von Unwetterereignissen, die in Beziehung zu hoch reichender Feuchtekonvektion stehen, dient. COSMO-DE hat eine Gitterweite von 2.8 km, 50 vertikalen Schichten und eine Ausdehnung von ca. 1300 x 1300 km², welches Deutschland und die Umgebung einschließt.

Bei der Erstellung der Anfangsfelder für die Kurzzeitvorhersagen müssen aktuelle Zusatzinformationen genutzt werden. Eine zentrale Rolle spielen dabei die zeitlich und räumlich hoch aufgelösten Radardaten, die für die Datenassimilation eine spezielle Qualitätssicherung durchlaufen. Die qualitätsgeprüften Radar-Niederschlagsfelder werden mit Hilfe der Methode des

"Latent Heat Nudging" operationell ins COSMO-DE assimiliert. Die Nutzung der Radialwinde ist in der Entwicklungsphase.

KONRAD warnt

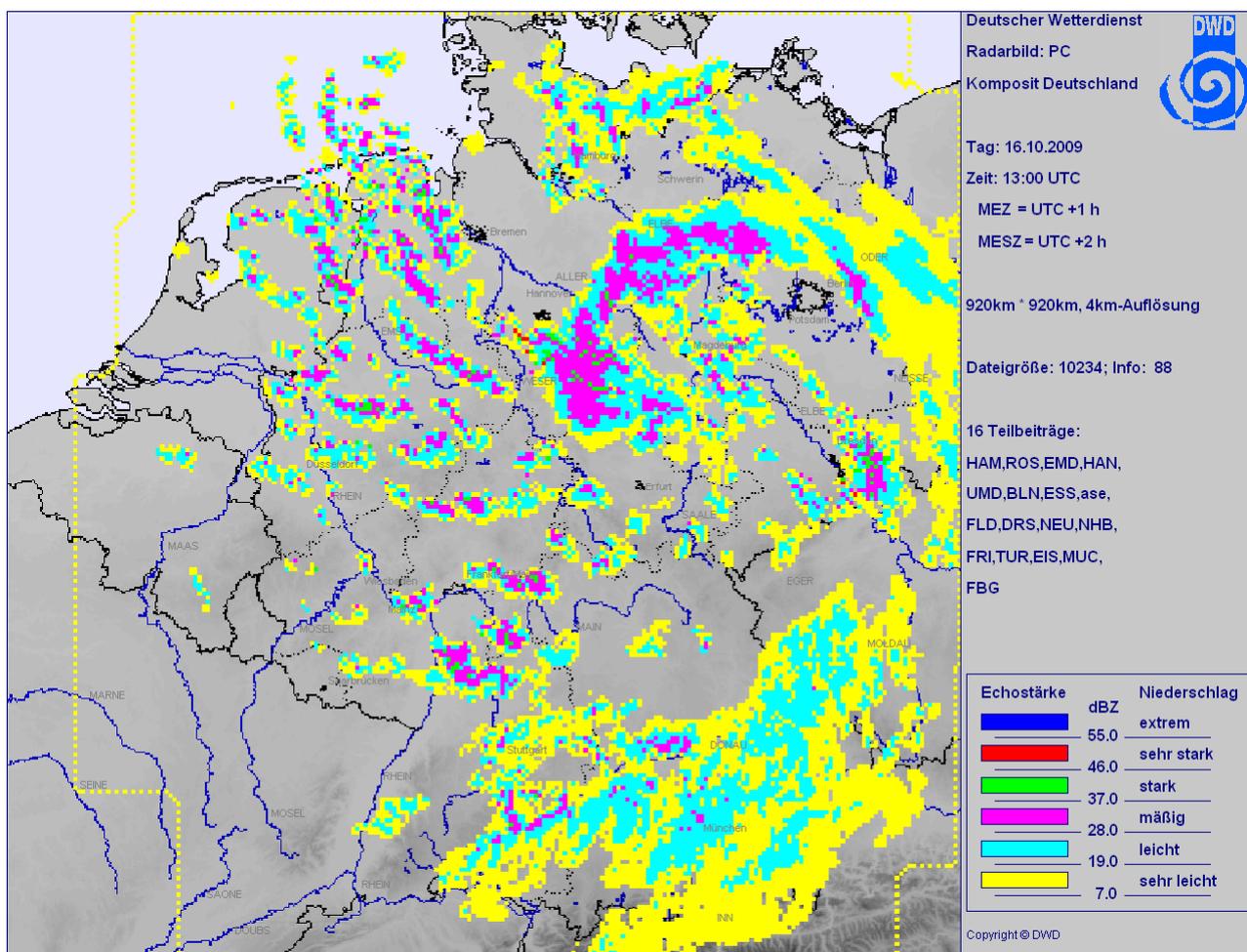
Am Meteorologischen Observatorium Hohenpeißenberg (MOHp) haben Experten des DWD KONRAD entwickelt. KONRAD steht für **KON**vektionsentwicklung in **RAD**arprodukten und bezieht Meteorologen im Beratungsdienst, Einsatzleiter von Katastrophenschutzdiensten und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben, wie z.B. Feuerwehren, stärker in den Warnprozess vor Unwettern ein. KONRAD hilft ihnen, eigene Entscheidungen zu treffen und vermeidet somit unnötig lange Warnwege. Als automatisiertes Bildinterpretationsverfahren lenkt es die Konzentration auf das Unwetterkerngeschehen.



Beispiel der KONRAD Markierung, 30 min-Zugbahnen und Warnungen mit unterschiedlichen Gewitterzellen östlich von Hamburg, 21.05.09.

RX Radardaten auf KONRAD SCIT Layer, NinJo. Erstellung 5minütig

Die Radardaten liefern wichtige Informationen über den Entstehungsort von Gewitterzellen und lassen wichtige Schlussfolgerungen auf deren Entwicklung zu. Daher filtert KONRAD aus dem Gesamtbild der Niederschlagsfelder (RX-Produkt) die Kerne der Gewitterzellen heraus. Aus einer Analyse der Echostärke, Flächenausdehnung und Zugrichtung leitet es Warnhinweise zu Hagel, Starkregen und Windböen ab. Im Fünf-Minuten-Rhythmus gibt es diese Informationen aktuell und für die letzte halbe Stunde als Symbol auf einer graphischen Karte im Internet.



Nationales Komposit PC vom 16.10.2009.

Bei allgemeinen Fragen zum Radarverbund des DWD wenden Sie sich bitte an:

Deutscher Wetterdienst
 Zentrale
 Frankfurter Straße 135
 63067 Offenbach

www.dwd.de
radarverbund@dwd.de