

Der Radarverbund des Deutschen Wetterdienstes

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 Wetterradaranlagen, den so genannten Radarverbund (RADAR= **R**adio **D**etecting **A**nd **R**anging). Während Niederschlagsbeobachtungen stets nur Punktmessungen in einem räumlich und zeitlich ablaufenden Niederschlagsereignis sind, 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. Wetterradarsysteme sind das wichtigste Hilfsmittel der Meteorologie und Hydrologie, um Flächenniederschläge zu messen und ihre Entwicklung und Verlagerung zu beobachten. Durch Kalibrierung der Wetterradarsysteme ist es möglich, den Niederschlag in seiner Menge zu messen.

Aktuelle Verbund-Radarsysteme operationell seit:

München	1987
Frankfurt	1988
Hamburg	1990
Berlin-Tempelhof	1991
Essen	1991
Hannover	1994
Emden	1994
Neuhaus	1994
Rostock	1995
Ummendorf	1996
Feldberg	1997
Eisberg	1997
Flechtingen	1997
Neuheilenbach	1998
Türkheim	1998
Dresden	2000

Das Wetterradar ist das einzige Messmittel zur flächendeckenden Niederschlagsmessung, d.h. es kann folgende Informationen zur Verfügung stellen:

"Wieviel Niederschlag in welcher Zeit an welchem Ort"

Wetterradar im DWD

In den 60er und 70er Jahren setzte der DWD Analog-Radargeräte ein, deren Nutzer noch interaktiv mit dem Radar arbeiteten. 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 Wetterradarverbundes mit der Installation einer Wetterradaranlage in München (C-Band, 5.6 GHz).

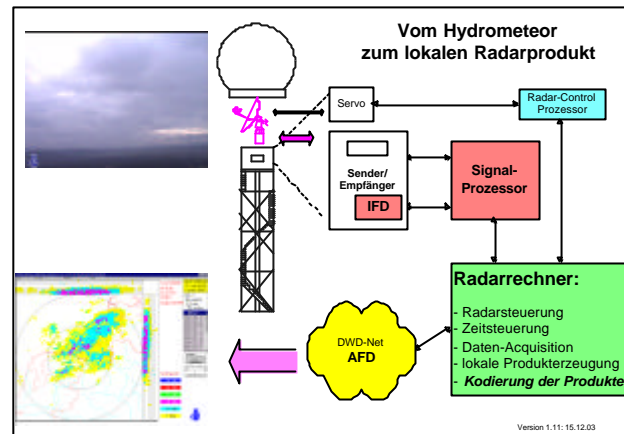


Die ersten fünf Radarsysteme lieferten Informationen über Intensität, Höhe, Entfernung und Zugrichtung der Niederschlagsereignisse. Von 1994 bis 2000 installierte der DWD elf weitere Wetterradargeräte. Diese Dopplerradargeräte ermöglichen auch eine Aussage über die Geschwindigkeit der Hydrometeore. Seit Februar 2004 sind alle Systeme dopplert. Der Radarverbund besteht heute aus 16 operationellen Radarsystemen (siehe Tabelle) sowie einem Forschungsradar am Meteorologischen Observatorium Hohenpeißenberg (MOHp).

Die Standortkarte zeigt das aktuelle Radarverbundnetz mit Reichweiten von 128 km, die beim DX-Produkt (siehe Thema Produkte) erreicht 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, Länge und Leistung ab. Niederschlagsteilchen streuen diese Energie und senden 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 Größe und Beschaffenheit des Niederschlagsteilchens (siehe Bild).

Neben der Intensität der rückgestreuten Signale erfassen die Radaranlagen über die Dopplerverschiebung auch die mittlere radiale Geschwindigkeit der Niederschlagsteilchen.



Ein Dopplerfilterverfahren entfernt die sogenannten Clutter. Clutter sind Festechos, die durch hohe Gebäude oder Hügel verursacht werden.

Nach der Digitalisierung der Signale verarbeiten der Signalprozessor und der Radarrechner die Daten weiter. Der Radarrechner steuert und überwacht auch das gesamte System.

Abtastverfahren des DWD

Der DWD setzt zwei verschiedene Abtastverfahren ein.

Bei der **Raumabtastung, dem volume scan**, 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 volume scan 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 beim doppler mode 120 km.

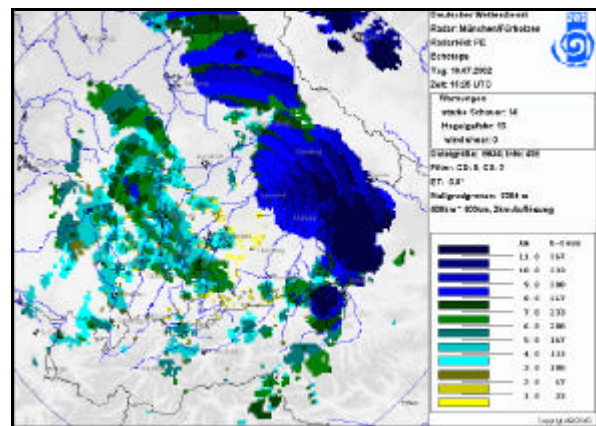
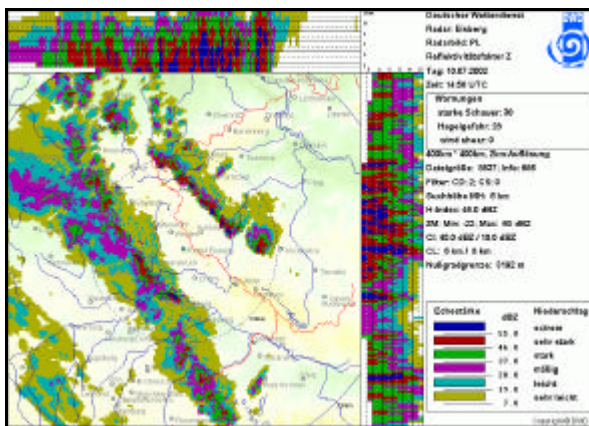
Die unterste Position hat für die Hydrometeorologie eine herausragende Bedeutung. Daher wird die Raumabtastung alle fünf Minuten unterbrochen und die **Niederschlagsabtastung (precipitation scan)** im tiefsten Elevationswinkel durchgeführt, um möglichst zeitnah Niederschlagsdaten aus Entfernungen bis 128 km zu gewinnen. Der Radarstrahl streicht dabei - angepasst an die jeweilige Orographie - zwischen $0,5^\circ$ und $1,8^\circ$ über den Horizont.

Wie der DWD aus Radardaten verschiedene Produkte macht

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

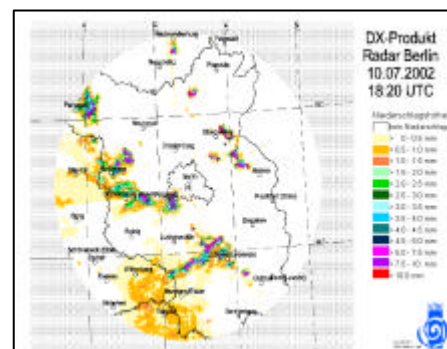
Im folgenden sehen Sie einige Radarbildprodukte und ihre Anwendung am Beispiel des sogenannten „Berliner Unwetters“ vom 10. Juli 2002. Deutschland lag dabei im Einflußbereich einer sich ostwärts verlagernden Kaltfront, die sich über ganz Deutschland bis hin zum Mittelmeer erstreckte. Auf der Vorderseite der Kaltfront insbesondere östlich der Elbe herrschten noch Tageshöchsttemperaturen von mehr als 30°C, auf der Frontrückseite lagen die Temperaturen bei 12 bis 17°C. Insbesondere im Osten Deutschlands traten gebietsweise heftige Gewitter mit Starkregen, Hagel und schweren Sturmböen auf, wobei der Bodenwind stellenweise sogar Windstärke 12 (Orkan) erreichte.

Aus dem Volume Scan resultieren u.a. die lokalen Produkte PL, PE und DW. Das **lokale Radarprodukt PL** (linkes Bild) gibt einen Überblick über die Stärke der bodennächsten Radarechos (bis 230 km Radius, sechs Klassen) und zugleich eine grobe Abschätzung der Vertikalstruktur der stärksten Niederschlagsgebiete. Das PL ist das meist genutzte Produkt im Nowcasting. Bei Überschreitung bestimmter Grenzwerte der Radarreflektivität kommt das **Warnprodukt DW** zum Einsatz. DW erlaubt die Angabe von jeweils maximal 30 Schauer-, Hagel- und Windscherungswarnungen. Diese Warnungen erscheinen in den lokalen Radarbildern (PL) und den Kompositbildern als farbige Warnpunkte (siehe Rückseite dieser Broschüre).

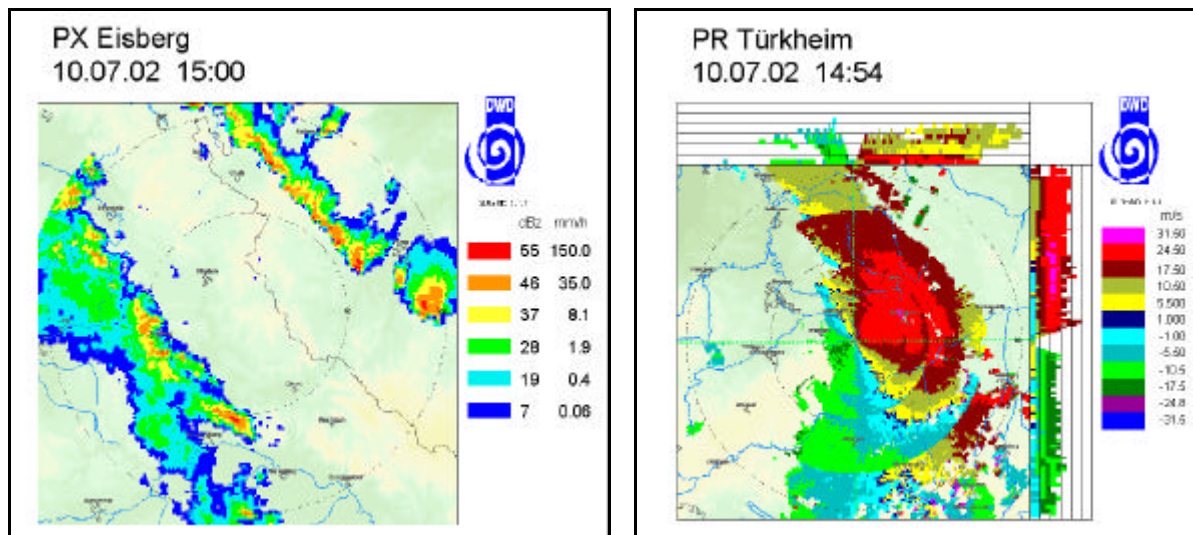


Das **Echotop-Produkt PE** (rechtes Bild) stellt die maximalen Höhen für die erfassten Radarreflektivitäten (oberhalb eines vorgegebenen Reflektivitätsschwellenwertes) dar. Die Meteorologen des DWD nutzen das PE-Produkt für die Vorhersage von Schauer und Gewitter.

Aus dem Precipitation Scan resultieren u.a. die DX- und PX-Produkte. Das **DX-Produkt** (nebenstehendes Bild) beinhaltet die alle 5 Minuten gemessenen Momentanwerte der aktuellen Niederschlagssechos. Damit sind Kurzfristvorhersagen von Niederschlag möglich. Dies ist ein wichtiger Input des Deutschen Wetterdienstes für die Hochwasservorhersagezentralen der Länder. Das Beispiel zeigt die starken Niederschlagsgebiete westlich von Berlin mit Maximumbeträgen von über 7,5 mm in den letzten fünf Minuten (lila Bereiche).



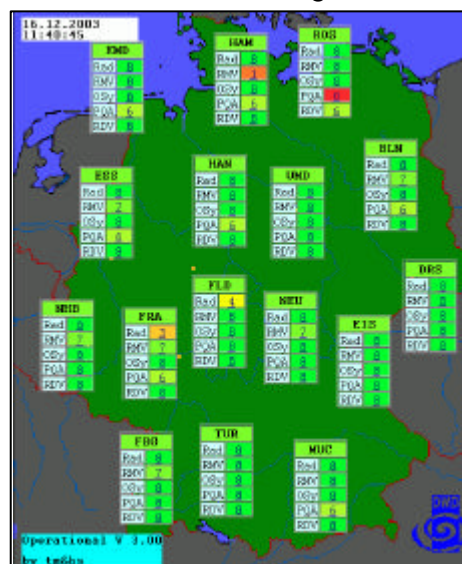
Alle fünf Minuten entsteht das **Nahbereichsprodukt PX** (Bild links). Das PX dient als Eingangsgröße für das Zellverlagerungsverfahren KONRAD, das im folgenden noch vorgestellt wird.



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

Die Radarprodukte gelangen über das DWD-interne Vermittlungssystem zur Zentrale nach Offenbach sowie an alle Radar-PCs. Dort 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 Technischen Monitoring erfolgt eine vollautomatische Überwachung des Radarverbundsystems. Der Status der Systeme wird in einer Karte (nebenstehendes Bild) dargestellt, die alle 15 Minuten aktualisiert wird. Rund um die Uhr sind Experten vom DWD in Rufbereitschaft, um bei Störungen per Fernzugriff einschreiten zu können. Dies gewährleistet - zusammen mit regelmäßiger Wartung der Systeme - eine hohe Verfügbarkeit der Radarprodukte. Zur Zeit ist der DWD der einzige nationale Wetterdienst, der die Systemüberwachung innerhalb eines so kurzen Aktualisierungszeitraumes durchführt.



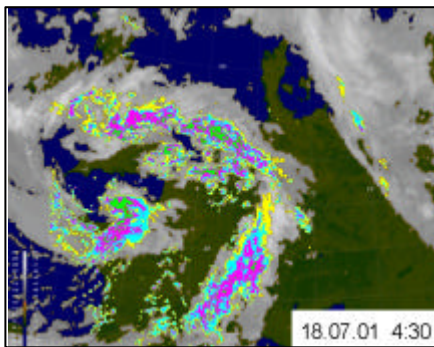
Mehr als die Summe seiner Einzelteile: Kompositprodukte

In der Offenbacher Zentrale überlagert ein Großrechner die jeweiligen Einzelbilder und generiert damit die sogenannten Kompositprodukte. In den Überlagerungsbereichen von mehreren Radarstandorten verwendet er bei den qualitativen Radarprodukten das jeweils stärkste Signal. Bei den quantitativen Produkten wird der Wert, bei dem der Radarstrahl dem Boden am nächsten ist, übernommen oder ein Mehrschichten-Komposit erzeugt. Derzeit gibt

es Komposits von den Produkten PL, PZ und DX. Das **nationale Kompositbild PC** (siehe Deckblatt) beinhaltet die Darstellung der bodennahen Radarreflektivitätsverteilung Deutschlands und kommt vor allem im Nowcastingbereich zum Einsatz.

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 ein internationales Kompositbild PI** (siehe Broschürenrückseite), das aus den lokalen Radarbildern von Brüssel (Belgien) und Römö (Dänemark) sowie den Kompositbildern von Deutschland, Österreich, Schweiz, Frankreich, Niederlande, Großbritannien und Tschechien erstellt wird.

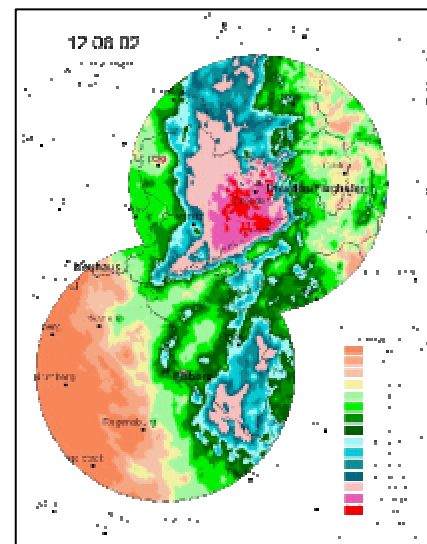
Nutzerkreis und Anwendungsbreite der Radarprodukte



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, 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.

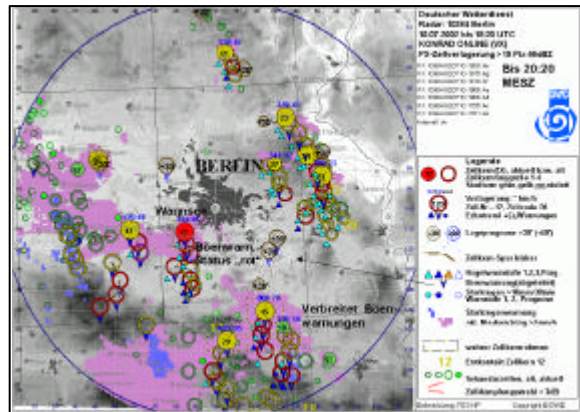
Die aus den quantitativen Radardaten abgeleiteten, flächendeckenden Niederschlagshöhen ergänzen das Bodenniederschlagsmessnetz im klimatologischen und hydrometeorologischen Aufgabenbereich. Hydrologische und wasserwirtschaftliche Anwender sind die Hauptkunden für die quantitativen Radarniederschlagsdaten. 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 schweren Hochwasserereignisse der letzten Jahre – denken Sie an das Elbe-Hochwasser vom August 2002 (nebenstehendes Bild), sind diese Vorhersagen und damit die Schadensreduzierungen immer mehr in den Vordergrund getreten. Durch die Bereitstellung der Radarprodukte für die Bundesländer leistet der DWD einen unverzichtbaren Beitrag bei der Durchführung der Warnaufgaben im Katastrophenschutz.



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.



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 (PX-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. Für die Zugangsberechtigung sowie eine Schulung im Umgang mit KONRAD wenden Sie sich bitte an den DWD.



Auch in dem Projekt RADOLAN (**R**adar-**O**nline-**A**neichung) arbeitet der DWD eng mit den Ländern zusammen. Finanziell gefördert von der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) zielt es auf die Verknüpfung von Radar- und Ombrometerdaten - das sind automatische Niederschlagsmesser - im Echtzeit-Betrieb. Zeitnah und flächendeckend soll RADOLAN Starkniederschlagshöhen für Deutschland bestimmen. Die Daten der ca. 1.300 automatischen Niederschlagsstationen des gemeinsamen Messnetzes von DWD und den Bundesländern sind dabei Basis für die Aneichung. Als zusätzliche Eingangsdaten dienen die alle fünf Minuten generierten, vorverarbeiteten DX-Produkte. Angeeichte Radardaten sollen dann 15 Minuten nach der Niederschlagsmessung vorliegen.

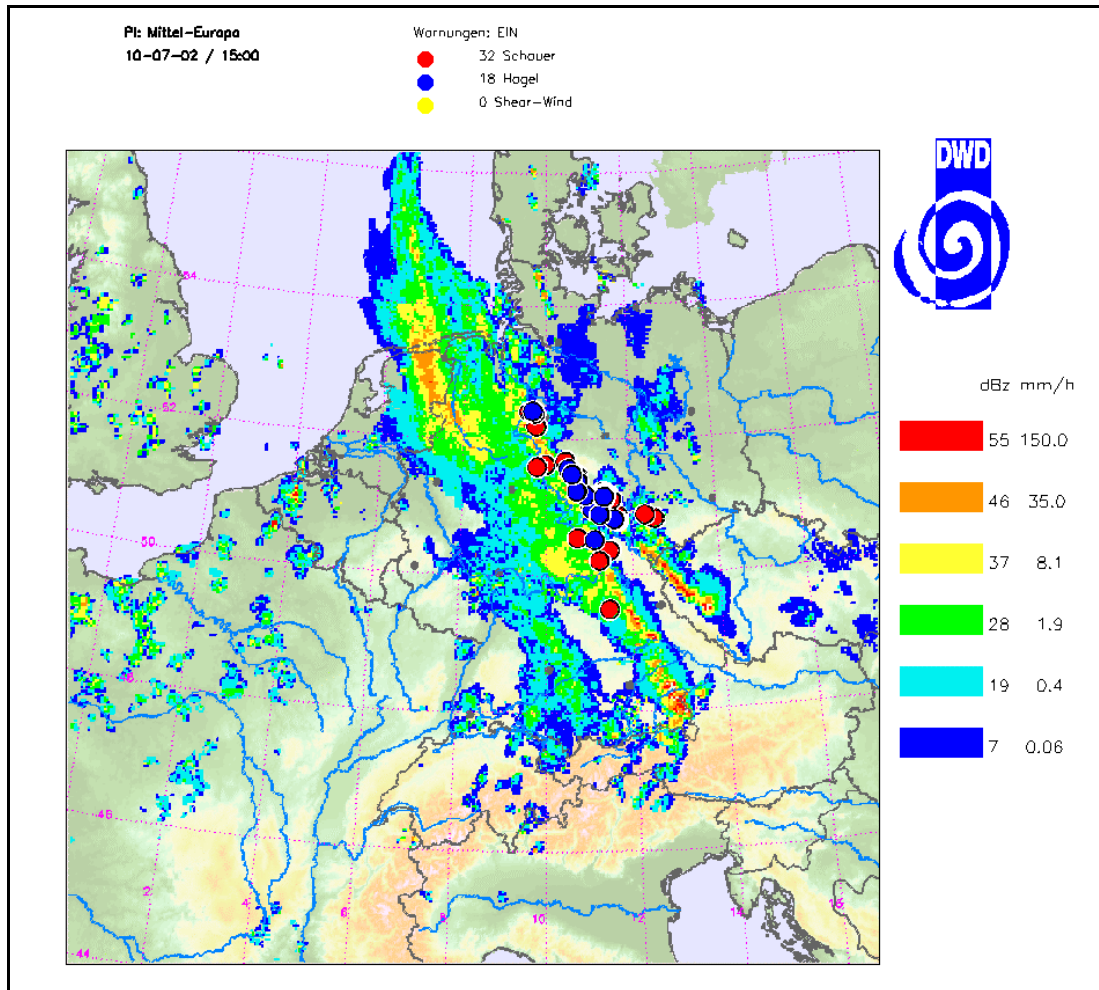
Voraussichtlich im Herbst 2004 wird der operationelle Start des RADOLAN-Routinebetriebes erfolgen. Dann werden etwa 200 angeeichte quantitative Radarprodukte operationell zur Verfügung stehen. Das Lokal-Modell, welches der DWD zur numerischen Wettervorhersage nutzt, wird diese berechneten Niederschläge dann berücksichtigen können. Desweiteren dienen die angeeichten Radarprodukte als Grundlage für ein Tracking-Verfahren zur Verlagerung von Starkniederschlagsfeldern. Die Ergebnisse oben genannter Vorhersagemodelle finden wiederum Eingang in das ebenfalls von der LAWA finanziell geförderte Projekt RADVOR-OP (**R**adargestützte, zeitnahe Niederschlags**v**orhersage für den **o**perationellen Einsatz).



Zukunftspläne

Ab 2006 will der DWD den Radarverbund mit einer neuen Gerätegeneration modernisieren. Zunächst erfolgt eine Umstellung auf LINUX-basierende Systeme. Ende 2004 wird das Softwarepaket NinJo mit neuer Radarproduktendarstellung in Betrieb gehen. Diese Software ermöglicht eine beliebige Überlagerung von Radarbildern mit anderen meteorologischen Produkten.

Ab 2004 soll am Forschungsradar die sogenannte Dual-Polarisationstechnik getestet werden, die eine verbesserte Erkennung der Niederschlagsteilchen ermöglicht. Ab 2007 plant der Deutsche Wetterdienst diese Technik operationell an den Radarverbundsystemen einzusetzen.



Bei allgemeinen Fragen zum Radarverbund des DWD wenden Sie sich bitte an:
Sabine Hafner, Referat Messtechnik, Sachgebiet Bodengestützte Atmosphärische Sondierung
 (Tel.: 069/8062-2885, Email: Sabine.Hafner@dwd.de)

Für spezielle Fragen stehen Ihnen folgende Ansprechpartner zur Verfügung:

Systemverantwortung, operat. Betrieb:	Jörg Weisbarth	(Joerg.Weisbarth@dwd.de)
Zentrale Produktgenerierung:	Dr. Arnold Meyer	(Arnold.Meyer@dwd.de)
Radarforschung:	Dr. Jörg Seltmann	(Joerg.Seltmann@dwd.de)
KONRAD-Entwicklung:	Peter Lang	(Peter.Lang@dwd.de)
Hydrometeorologie:	Elmar Weigl	(Elmar.Weigl@dwd.de)
Entwicklung operat. Radarsysteme:	Theodor Mammen	(Theodor.Mammen@dwd.de)



Deutscher Wetterdienst
Zentrale
 Frankfurter Straße 135
 63067 Offenbach
 Internet: <http://www.dwd.de>