

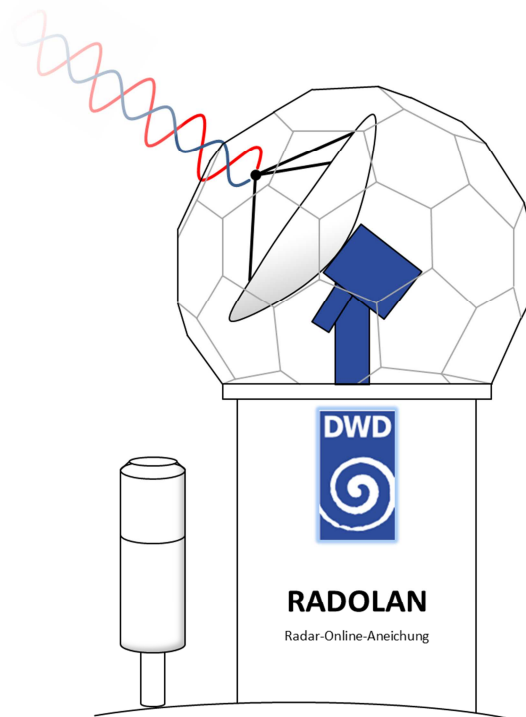
# **RADKLIM**



## **Erstellung einer radargestützten hochaufgelösten Niederschlagsklimatologie für Deutschland zur Auswertung der rezenten Änderungen des Extremverhaltens von Niederschlag**

### **Beschreibung des Kompositformats und der verschiedenen Reprozessierungsläufe**

**Version 1.0**



**Deutscher Wetterdienst  
Abteilung Hydrometeorologie**

<http://www.dwd.de/radarklimatologie>

**Oktober 2018**

## **Inhaltsverzeichnis**

Inhaltsverzeichnis .....	2
Versionshistorie .....	3
1 Formatbeschreibung des binären Kompositformats .....	4
1.1 ASCII-Header .....	4
1.2 Binärdaten .....	6
2 Komposit .....	6
2.1 Polarstereografische Projektion .....	7
2.2 Inverse polarstereografische Projektion .....	8
2.3 Darstellung in ArcGIS .....	8
2.4 Geografische Dateien .....	9
3 Tabelle der verwendeten deutschen Radarstandortkürzel im ASCII-Header .....	10
4 Methodische Unterschiede zwischen RADOLAN (Online) und RADKLIM .....	11
5 Literatur .....	13

### Versionshistorie

Version	Datum	Autor	Änderung
1.0	17.10.2018	Abteilung Hydrometeorologie	Erstellung des Dokuments

## 1 Formatbeschreibung des binären Kompositformats

Dieses Format wird für die zentral zu einem Komposit verarbeiteten quantitativen Radarniederschlagsdaten (**quantitative Radarkomposits**) aus RADKLIM (RADOLAN-Klimaversion; Winterath et al., 2017, 2018a-c) verwendet. Derzeit stehen die Produkte RW (angeeichte Stundensummen) und YW (quasi-angeeichte 5-Minuten-Niederschlagsraten) zur Verfügung. Gleichnamige Produkte existieren aus der Echtzeitproduktion RADOLAN (DWD, 2004; Weigl und Winterath, 2009). Die Identifizierung der Produktionsschiene ist über das Auslesen des Headers möglich. Fachliche Erläuterungen zu Zwischenprodukten sind der Formatbeschreibung zu RADOLAN zu entnehmen.

Die Komposits liegen in polarstereografischer Projektion vor (weitere Informationen s. entsprechende Abschnitte dieses Dokuments). Die Daten werden aus einem Ascii-Header gefolgt von einem binären Datenteil zusammengesetzt.

Für die Visualisierung der Radarniederschlagskomposits aus RADKLIM stehen u. a. kostenfreie Tools (Kreklow, 2018) zur Verfügung.

### 1.1 ASCII-Header

Beispiel für den ASCII-Header eines RW-Produkts aus RADOLAN-Online:

```
RW260050100000516BY1620141VS 3SW 2.13.1PR E-01INT 60GP 900x 900MS  
69<boo,ros,emd,hnr,umd,pro,ess,fld,drs,neu,nhb,oft,eis,tur,isn,fbg,mem>
```

Beispiel für den ASCII-Header eines RW-Produkts aus RADOLAN-Klima (Abweichung zu RADOLAN-Online in rot):

```
RW010550100000116BY1980164VS 3SW 2.18.3PR E-01INT 60U0GP1100x 900MF  
00000001VR2016.003MS 69<boo,ros,emd,hnr,umd,pro,ess,fld,drs,neu,nhb,oft,eis,tur,isn,fbg,mem>
```

Format		Erklärung	
(FORTRAN-Bezeichner)	Produktkennung	Dateiname	Inhalt
5-Minuten-Produkte <sup>1</sup>			
A2	YW	raa01-ywYYYY.KLL_10000-yymmddHHMM-dwd---bin	RY nach Skalierung mit dem Quasianeichungsfaktor berechnet aus Verhältnis RW zu RH (sog. DI-AGG-Verfahren)
Stunden-Produkte <sup>2</sup>			
A2	RW	raa01-rwYYYY.KLL_10000-yymmddHHMM-dwd---bin	Endergebnis der Aneichung nach Durchführung der gewichteten Mittelung von Differenzen- und Faktorenverfahren <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Der Zeitstempel der 5min-Produkte beschreibt immer den Anfangszeitpunkt der Messung.

<sup>2</sup> Der Zeitstempel der Summenprodukte beschreibt immer den Endzeitpunkt einer Messperiode.

<sup>3</sup> ab Lauf 2016.003 werden Radarfehlwerte nicht mehr mit interpolierten Bodenniederschlagshöhen ersetzt

<b>Format</b>	<b>Erklärung</b>
3I2	Zeitpunkt der Messung: Tag, Stunde und Minute ( <i>ddHHMM</i> ) in UTC
I5	Radarstandort; für Komposit wird immer 10000 verwendet
2I2	Zeitpunkt der Messung: Monat und Jahr ( <i>mmyy</i> )
A2	Kennung "BY"
I7	Produktlänge (in Byte)
A2	Kennung "VS" (falls nicht vorhanden, dann wurden als Grundlage zur Generierung des Komposits standort-bezogene Radardaten mit 100km Radius verwendet)
I2	Format-Version: 0: Mischversion mit 100 km und 128 km Radius, bedingt durch die Erweiterung des quantitativen Messbereiches im Frühjahr 2000; 1: 100 km Radius; 2: 128 km Radius; 3: 150 km Radius; 4: Mischversion mit 128km und 150 km Radius; 5: Mischversion mit 100 km, 128 km und 150 km Radius
A2	Kennung „SW“
1X,A8	Software-Version von RADOLAN, beginnend mit „00.01.00“ für die erste Testversion von RADOLAN
A2	Kennung „PR“
1X,A4	Genauigkeit der Daten: „E+01“ für ganze 10er „E-00“ für ganze Zahlen, „E-01“ für 1/10; „E-02“ für 1/100
A3	Kennung "INT"
I4	Intervalldauer der Summierung. Maßeinheit wird durch Kennung „U“ beschrieben
A1	Kennung "U"
I1	Maßeinheit von „INT“: 0 – Minuten, 1 - Tage
A2	Kennung "GP"
A9	Anzahl der Pixel im Ausschnittsgebiet: "1100x 900" für erweiterte nationale Komposits (RADKLIM); darüber hinaus existieren "900x 900" für nationale Komposits (RADOLAN), "1500x1400" für mitteleuropäische Komposits (Bedeutung: 1500 Zeilen und 1400 Spalten (s.a. Kap. 3.2))
A2	Kennung "MF" (Modul Flags)
1X,I8	Dezimalwert der entsprechenden Binärdarstellung: 00000000 – kein Modul angewendet, 00000001 – Modul 1 (Clutterfilter) angewendet
A2	Kennung „VR“ (Reprozessierungsversion)
A8	Laufkennung im Format YYYY.KLL YYYY – Startjahr, K – Kategorie (0 = Testlauf, 1 = Verifikationslauf, 2 = Ensemble Reprozessierungslauf), LL – Laufnummer fortlaufend, startet mit 00 in jedem neuen Jahr
A2	Kennung "MS"
I3	Textlänge m (max. 999)
Am	Text von m Zeichen; Radarstandortkürzel der einzelnen Radare in spitzen Klammern; Radarstandortkürzel s. Tabellen der verwendeten Radarstandortkürzel in Kap. 2.
A1	Char(3): "etx"

## 1.2 Binärdaten

Es folgt ein binär codierter Datenblock mit 1100 mal 900 für das erweiterte nationale RADOLAN-Raster (s. a. Headerkennung GP). Der Datenblock beginnt mit dem Pixel in der linken unteren Ecke des Komposits. Die Koordinaten 46.1929 °N und 4.6759 °E beziehen sich auf die linke untere Ecke des Radarpixels (Abb. 1 und 2).

Die Größenordnung der Daten ergibt sich aus dem Header (s. Headerkennung PR).

13.-16. Bit	1-12: Datenbits	Erklärung
0000	0000 0000 0000	0 (kleinster darstellbarer Wert)
0000	0000 1111 1111	255
0000	1111 1111 1111	4095 (größter darstellbarer Wert)
0001	0000 0000 0000 bis 1111 1111 1111	Bit 13 für Pixel aus sekundärem Datensatz (stündlich interpolierte Bodenniederschlagshöhen oder tägliche REGNIE-Werte); Wert: 0 bis 4095
0010	1001 1100 0100	Bit 14 für die Fehlkennung (Wert: 2500)
0100	0000 0000 0001	Bit 15 für negatives Vorzeichen gesetzt <sup>4</sup> ; z.B. Wert: -1
1000	1001 1011 1010	Bit 16 als Cluttermarkierung gesetzt

## 2 Komposit

Das erweiterte nationale Komposit (RADKLIM) ist gegenüber dem nationalen Komposit (RADOLAN) räumlich um jeweils 100 km nach Norden und Süden erweitert und um 80 km nach Osten verschoben. Die räumliche Ausdehnung deckt das Gebiet ab, welches nach Abschluss des Projekts RADSYS-E aus dem kompletten Erfassungsbereich aller lokalen quantitativen Radardaten des DWD-Radarverbundnetzes mit einer Reichweite von 150 km Radius um den Radarstandort gewonnen wird.

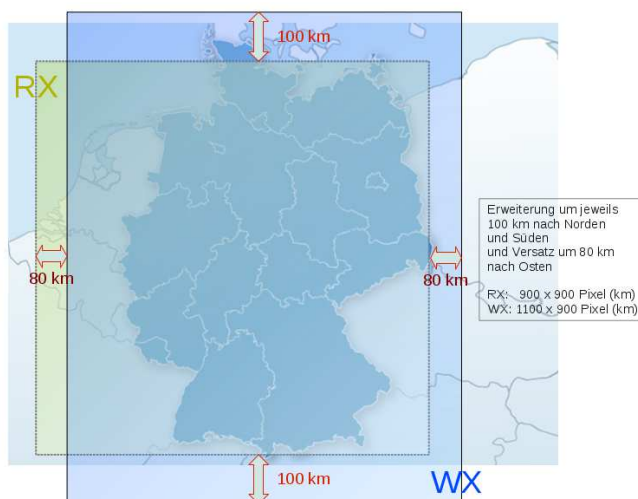


Abbildung 1: Darstellung des räumlichen Unterschiedes zwischen den beiden Kompositgrößen am Beispiel der RADOLAN-Produkte RX (nationales Komposit) und WX (erweitertes nationales Komposit)

<sup>4</sup> In RADKLIM derzeit nicht besetzt.

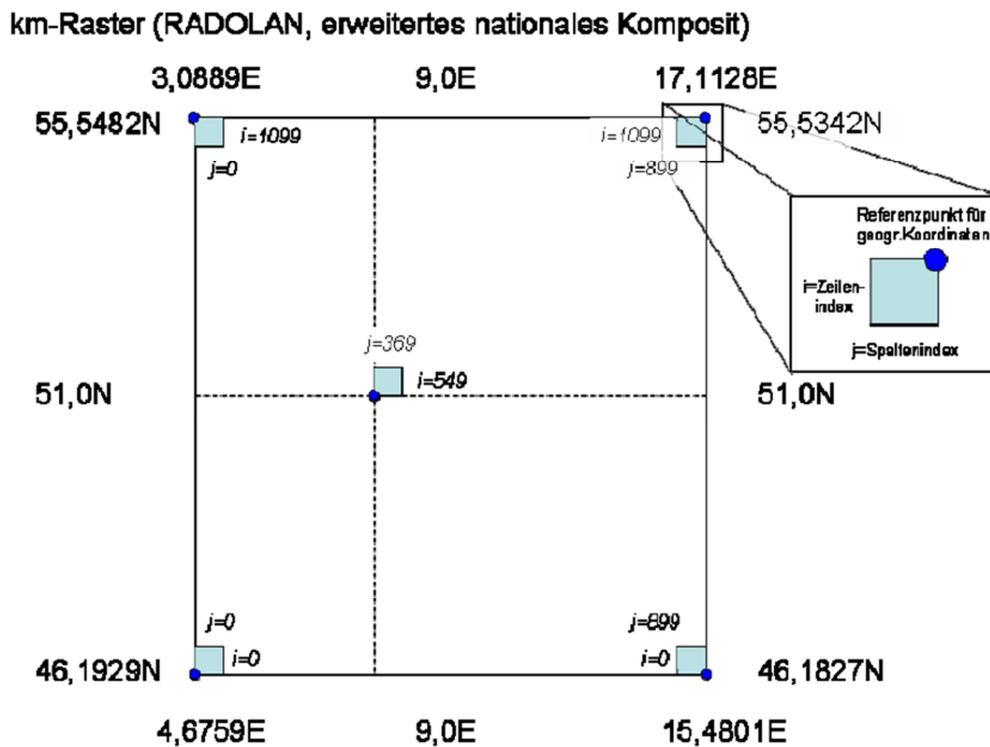


Abbildung 2: 1 x 1 km-Raster des erweiterten nationalen Komposits (erweitertes RADOLAN-Raster)

## 2.1 Polarstereografische Projektion

Die nationalen Komposits liegen in polarstereografischer Projektion vor und haben in der Projektion eine äquidistante Rasterung von 1,0 km. Die Projektionsebene schneidet die Erdkugel bei  $60,0^\circ\text{N}$  ( $\phi_0$ )<sup>5</sup>. Das kartesische Koordinatensystem besitzt eine Größe von 1100 km x 900 km und ist parallel zum  $10,0^\circ\text{E}$ -Meridian ( $\lambda_0$ ) ausgerichtet. Als Bezugspunkt wurde der Punkt (549,369) des Komposits mit  $9,0^\circ\text{E}$  und  $51,0^\circ\text{N}$  festgelegt. Als Referenzsystem wurde die Erde als Kugel mit einem Radius von 6370,04 km zu Grunde gelegt.

Mit Hilfe der folgenden Formeln werden die geografischen Bezugspunkte ( $\lambda$ ,  $\phi$ ) der einzelnen Rasterflächen in die entsprechenden kartesischen Koordinaten der stereografischen Projektion umgewandelt. ( $x$   $y$ ) ist dabei der Abstandsvektor zum Nordpol im kartesischen Koordinatensystem:

$$x = R \cdot M(\phi) \cdot \cos\phi \cdot \sin(\lambda - \lambda_0)$$

$$y = -R \cdot M(\phi) \cdot \cos\phi \cdot \cos(\lambda - \lambda_0)$$

mit  $M(\phi)$  als stereografischer Skalierungsfaktor, der wie folgt definiert ist:

$$M(\phi) = \frac{1 + \sin(\phi_0)}{1 + \sin(\phi)}$$

Definiert man den Punkt ( $10^\circ\text{E}$ ,  $90^\circ\text{N}$ ) als Ursprung des kartesischen Koordinatensystems, so entsprechen die Zahlenwerte von  $x$  und  $y$  den Koordinaten im kartesischen Koordinatensystem.

<sup>5</sup> Umrechnung Grad / Bogenmaß:  $\lambda[\text{rad}] = \lambda[^\circ] \cdot \frac{\pi}{180}$

Die weiteren Koordinaten berechnen sich unter Kenntnis der äquidistanten Rasterweite  $d$  von 1 km in der Projektion zu:

$$x = x_0 + d \cdot (i - i_0)$$
$$y = y_0 + d \cdot (j - j_0)$$

mit  $i, j$  als Indices der kartesischen Koordinaten.

## 2.2 Inverse polarstereografische Projektion

Die kartesischen Abstandskordinaten  $(x, y)$  eines Datenpunktes können mit Hilfe der folgenden Formeln in die geografischen Koordinaten  $(\lambda, \phi)$  transformiert werden:

$$\lambda = \arctan\left(\frac{-x}{y}\right) + \lambda_0$$
$$\phi = \arcsin\left(\frac{R^2 \cdot (1 + \sin \phi_0)^2 - (x^2 + y^2)}{R^2 \cdot (1 + \sin \phi_0)^2 + (x^2 + y^2)}\right)$$

## 2.3 Darstellung in ArcGIS

Für die Darstellung der RADOLAN-Daten in ArcGIS <sup>6</sup> sind zwei Vorgehensweisen möglich. Werden die Rasterdaten zusammen mit den kartesischen Koordinaten  $(x, y)$  eingelesen, sind folgende Einstellungen zur Definition der zu Grunde liegenden polarstereografischen Projektion zu treffen:

- PROJECTION["Stereographic\_North\_Pole"]
- PARAMETER["central\_meridian\_1", 10.0]
- PARAMETER["standard\_parallel\_1", 60.0]
- PARAMETER["latitude\_of\_origin", 90.0]
- PARAMETER["scale\_factor", 1.0]
- PARAMETER["false\_easting", 0.0]
- PARAMETER["false\_northing", 0.0]
- UNIT["km", 1000.0]
- DATUM: Für das Referenzkoordinatensystem gibt es in ArcGIS keine Voreinstellung. Definieren Sie hierzu bitte ein eigenes Referenzkoordinatensystem unter Angabe des Erdradius ( $R=6370040\text{m}$ ) und der Exzentrizität ( $\epsilon=0$  für eine Kugel).

Lesen Sie die Rasterdaten zusammen mit den geografischen Koordinaten  $(\lambda, \phi)$  ein, so geben Sie ein geografisches Kartendatum (keine Projektion) vor.

---

<sup>6</sup> Die Einstellungen wurden für die Version 9.3 getestet.



## 2.4 Geografische Dateien

Folgende Dateien zur geografischen Einordnung der quantitativen Radarkomposits sind verfügbar:

- *phi\_center\_1100x900.txt* enthält die geografische Breite der Rastermittelpunkte
- *lambda\_center\_1100x900.txt* enthält die geografische Länge der Rastermittelpunkte

### 3 Tabelle der verwendeten deutschen Radarstandortkürzel im ASCII-Header

<b>Radar-stand-ortkür-zel</b>	<b>WMO-Kenn-ziffer</b>	<b>Radarstand-ort</b>	<b>Geografische Koordinaten (nördliche Breite und östliche Länge in Grad, Minuten und Sekunden) [„WGS 84“]</b>	<b>Operationelle Betriebsdaten</b>
asb	10103	ASR Borkum	53° 33' 50,4", 06° 44' 53,9"	ab 27.02.2018
asd	10487	ASR Dresden	51° 07' 26,5", 13° 45' 48,5"	vom 31.07.2014 bis 17.03.2015
ase	10412	ASR Essen	51° 24' 18,5", 06° 57' 49,8"	vom 04.03.2010 bis 11.04.2012
asf	10907	ASR Feldberg	47° 52' 21,3", 08° 00' 24,6"	vom 13.06.2012 bis 20.11.2012
asw	10089	ASR Rostock	54° 10' 23,2", 12° 06' 25,3"	vom 30.09.2013 bis 11.06.2014
bln	10384	Berlin	52° 28' 40,3", 13° 23' 13"	vom 14.03.1991 bis 23.01.2014
boo	10132	Boostedt	54° 00' 15,8", 10° 02' 48,7"	ab 23.01.2014 (dual-pol)
drs	10488	Dresden	51° 07' 28,7", 13° 46' 07,1"	vom 24.03.2000 bis 31.07.2014; ab 17.03.2015 (dual-pol)
eis	10780	Eisberg	49° 32' 26,4", 12° 24' 10,03"	vom 18.09.1997 bis 06.05.2014; ab 08.10.2014 (dual-pol)
emd	10204	Emden	53° 20' 19,4", 07° 01' 25,5"	ab 16.12.1994 bis 27.02.2018
ess	10410	Essen	51° 24' 20,2", 06° 58' 01,6"	vom 21.03.1991 bis 04.03.2010; ab 11.04.2012 (dual-pol)
fbg	10908	Feldberg/ Schwarzwald	47° 52' 25", 08° 00' 13"	vom 20.06.1997 bis 13.06.2012; ab 20.11.2012 (dual-pol)
fld	10434	Flechtdorf	51° 20' 06", 08° 51' 09" (Europäisches Datum)	vom 10.10.1997 bis 10.05.2004
fld	10440	Flechtdorf	51° 18' 40,31", 08° 48' 07,2"	vom 07.06.2004 bis 29.04.2014; ab 12.11.2014 (dual-pol)
fra	10637	Frankfurt/Main	50° 03' 06", 08° 34' 05" (Europäisches Datum)	vom 28.03.1988 bis 04.07.2007
fri	10630	Frankfurt- Walldorf	50° 01' 20,8", 08° 33' 30,7"	vom 04.07.2004 bis 15.02.2011
ham	10147	Hamburg	53° 37' 16,5", 09° 59' 47,6"	vom 07.06.1990 bis 23.01.2014
han	10338	Hannover	52° 27' 47", 09° 41' 53,9"	vom 25.11.1994 bis 29.07.2014
hnr	10339	Hannover	52° 27' 36,2", 09° 41' 40,2"	ab 29.07.2014 (dual-pol)
isn	10873	Isen	48° 10' 28,9", 12° 06' 06,3"	ab 22.01.2014 (dual-pol)
mem	10950	Memmingen	48° 02' 31,7", 10° 13' 09,2"	ab 03.04.2013 (dual-pol)
muc	10871	München	48° 20' 10,9", 11° 36' 42,1"	vom 22.01.1992 bis 22.01.2014
neu	10557	Neuhaus	50° 30' 00,4", 11° 08' 06,2"	vom 01.12.1994 bis 11.04.2011; ab 10.01.2012 (dual-pol)
nhb	10605	Neuheilen- bach	50° 06' 34,7", 06° 32' 53,9"	vom 17.07.1998 bis 28.08.2013; ab 27.03.2014 (dual-pol)
oft	10629	Offenthal	49° 59' 05,1", 08° 42' 46,6"	ab 15.02.2011 (dual-pol)
pro	10392	Prötzel	52° 38' 55,22", 13° 51' 29,57"	ab 23.01.2014 (dual-pol)
ros	10169	Rostock	54° 10' 32,4", 12° 03' 29,1"	vom 02.01.1995 bis 30.09.2013; ab 11.06.2014 (dual-pol)
tur	10832	Türkheim	48° 35' 07", 09° 46' 58"	vom 22.10.1998 bis 08.04.2013; ab 09.12.2013 (dual-pol)
umd	10356	Ummendorf	52° 09' 36,3", 11° 10' 33,9"	vom 25.06.1996 bis 14.02.2013; ab 17.12.2013 (dual-pol)

Anm.: 1) ASR = Ausfallsicherungsradar: Während der Erneuerung der alten Single- zu Dual-Pol-Doppler-Radaren im Rahmen des Projekts RadSys-E war/ist ein ASR zur Aufrechterhaltung der Wetterüberwachung an den Standorten Borkum, Essen, Feldberg, Rostock und Dresden in Betrieb.

2) Der Radarstandort München (10871) hatte bis Ende 1997 die WMO-Kennziffer 10870.

## **4 Methodische Unterschiede zwischen RADOLAN (Online) und RADKLIM**

Grundsätzlich wurde das RADOLAN-Verfahren als Echtzeit-Anwendung konzipiert und entwickelt. Nach der Operationalisierung Anfang Juni 2005 wurde RADOLAN jedoch kontinuierlich weiterentwickelt. Neuerungen bringen aber auch immer eine Unstetigkeit in der Messreihe mit sich. Aus diesem Grund wurde im Juni 2014 im Rahmen des Projektes „Radarklimatologie“ begonnen, die RADOLAN-Daten für klimatologische Fragestellungen aufzubereiten und für die Jahre ab 2001 bis heute mit der aktuellsten Version des RADOLAN-Verfahrens komplett neu zu berechnen (RADKLIM).

### **1. Reprozessierung (Lauf 2014.002) – nicht online verfügbar**

Der Datensatz der ersten Reprozessierung umfasst die Jahre 2001 bis 2016. Mit der Verlängerung der Zeitreihe zurück in das Jahr 2001 stehen erstmals quantitative Radarniederschlagsauswertungen für den Zeitraum 2001 – 2005 deutschlandweit zur Verfügung. In die Reprozessierung flossen Erfahrungen und Erkenntnisse aus gut 10 Jahren RADOLAN-Online-Betrieb ein:

- Verwendung einer konstanten Methode zur Steigerung der Homogenität im Vergleich zu RADOLAN-Online
- Verlängerung der Zeitreihe zurück bis in das Jahr 2001
- Verwendung der Pull-Methode zur Kompositierung der lokalen Radardaten
- Anwendung einer Stetisierung im Überlappbereich der lokalen Radardaten

Eine Fortschreibung der Version 2014.002 ist nicht geplant.

### **2. Reprozessierung (Lauf 2016.003)**

Der Datensatz der zweiten Reprozessierung umfasst die Jahre 2001 bis 2016. Die Analyse der ersten Reprozessierung (Lauf 2014.002) zeigte, dass die Zahl der Aneichstationen im Zeitraum 2001-2005 zu gering war. Aus diesem Grund wurden technische und fachliche Methoden entwickelt, um Daten von digitalisierten konventionellen Stationen (Offline-Stationen) in stündlicher Auflösung sowie von Stationen mit Daten in täglicher Auflösung einzubinden. Damit einher ging eine Optimierung des Aneichverfahrens bezüglich der neuen Datengrundlage (Gewichtungsfunktion für räumliche Interpolation, Interpolationsradius, Kontrollstationsdichte). Darüber hinaus wurde ein Filter implementiert, der Stationswerte, die zu deutlich zu hohen bzw. zu niedrigen Aneichfaktoren / -differenzen führen, für das jeweilige Teilverfahren blockiert.

- Verbesserungen aus der ersten Reanalyse (Lauf 2014.002)
- Einbindung von digitalisierten konventionellen Messungen in stündlicher Auflösung
- Einbindung von Messungen in täglicher Auflösung
- Verfahren zur Disaggregation der täglichen Daten zu synthetischen Stundendaten (DIAGG-Verfahren)

- Optimierung des Aneichverfahrens auf die neue Datengrundlage
  - Anpassung der Gewichtungsfunktion zur räumlichen Interpolation
  - Verkleinerung des Interpolationsradius von 60km auf 40km
  - Erhöhung Kontrollstationsdichte von 20% auf 33%
- Filterung von unrealistischen Aneichfaktoren / -differenzen (BodCorr-Verfahren)
  - Faktoren:  $0.1 < F < 15.0$
  - Differenzen:  $-10.0 < D < +10.0$
- Radar-Fehlwerte werden nicht mehr mit interpolierten Bodendaten ersetzt

Eine Fortschreibung der Version 2016.003 ist nicht geplant.

### 3. Reprozessierung (Lauf 2017.002)

Der Datensatz der dritten Reprozessierung umfasst die Jahre 2001 bis 2017. Der Entwicklungsschwerpunkt lag diesmal auf der Vorprozessierung der lokalen Radardaten. Die Analysen der vorangegangenen Versionen, zeigten, dass vor allem noch die entfernungsabhängigen Signalabschwächung und die Abschattungseffekten durch Blockade des Radarstrahls an Orographie und Gebäuden zu lokalen Unterschätzungen führten. Dies wurde in beiden Fällen mit klimatologischen bzw. saisonalen Korrekturfaktoren behoben.

- Verbesserungen aus den vorangegangenen Reanalysen (Läufe 2014.002 und 2016.003)
- Klimatologischer Faktor zur Korrektur der entfernungsabhängigen Signalabschwächung
- Saisonale Faktoren zur Korrektur von Abschattungseffekten (damit verbunden ist die Abschaltung der Korrektur von orographischer Abschattung in RADOLAN)
- Einschränkung des maximalen Radius auf 128 km im gesamten Zeitraum

Die Berechnung erfolgte im Rahmen des Projektes „Radarklimatologie“ und wurde anschließend fortgeschrieben. Eine jährliche Fortschreibung des Datensatzes ist geplant.

Detaillierte Informationen zu den Daten sind dem Abschlussbericht des Projekts Radarklimatologie (Winterrath et al. 2017) zu entnehmen.

## 5 Literatur

- DWD, 2004: Abschlussbericht des Projektes RADOLAN, s. im Internet unter der Adresse <http://www.dwd.de/RADOLAN>
- Kreklow, J., 2018: Radproc - A GIS-compatible Python-Package for automated RADOLAN Composite Processing and Analysis. Zenodo. <http://doi.org/10.5281/zenodo.1313701>
- Weigl, E., Winterrath, T., 2009: Radargestützte Niederschlagsanalyse und -vorhersage (RADOLAN, RADVOR-OP) in promet „Moderne Verfahren und Instrumente der Wettervorhersage im Deutschen Wetterdienst“ (35. Jahrgang, Heft 1-3, 2009), s. a. [www.dwd.de/promet](http://www.dwd.de/promet)
- Winterrath, T., et al., 2012: On the DWD quantitative precipitation analysis and nowcasting system for real-time application in German flood risk management. Weather Radar and Hydrology, IAHS Publ. 351
- Winterrath T., et al., 2017: "Erstellung einer radargestützten Niederschlagsklimatologie", [Berichte des Deutschen Wetterdienstes Nr. 251](#)
- Winterrath, T., et al., 2018a: RADKLIM Version 2016.003: Reprozessierte, mit Stationsdaten angeeichte Radarmessungen (RADOLAN), Niederschlagsstundensummen (RW)  
[DOI: 10.5676/DWD/RADKLIM\\_RW\\_V2016.003](https://doi.org/10.5676/DWD/RADKLIM_RW_V2016.003)
- Winterrath, T., et al., 2018b: RADKLIM Version 2017.002: Reprozessierte, mit Stationsdaten angeeichte Radarmessungen (RADOLAN), Niederschlagsstundensummen (RW)  
[DOI: 10.5676/DWD/RADKLIM\\_RW\\_V2017.002](https://doi.org/10.5676/DWD/RADKLIM_RW_V2017.002)
- Winterrath, T., et al., 2018c: RADKLIM Version 2017.002: Reprozessierte, mit Stationsdaten angeeichte Radarmessungen (RADOLAN), 5-Minuten-Niederschlagsraten (YW)  
[DOI: 10.5676/DWD/RADKLIM\\_YW\\_V2017.002](https://doi.org/10.5676/DWD/RADKLIM_YW_V2017.002)