

# Radar

## Radio Detecting/Detection and Ranging

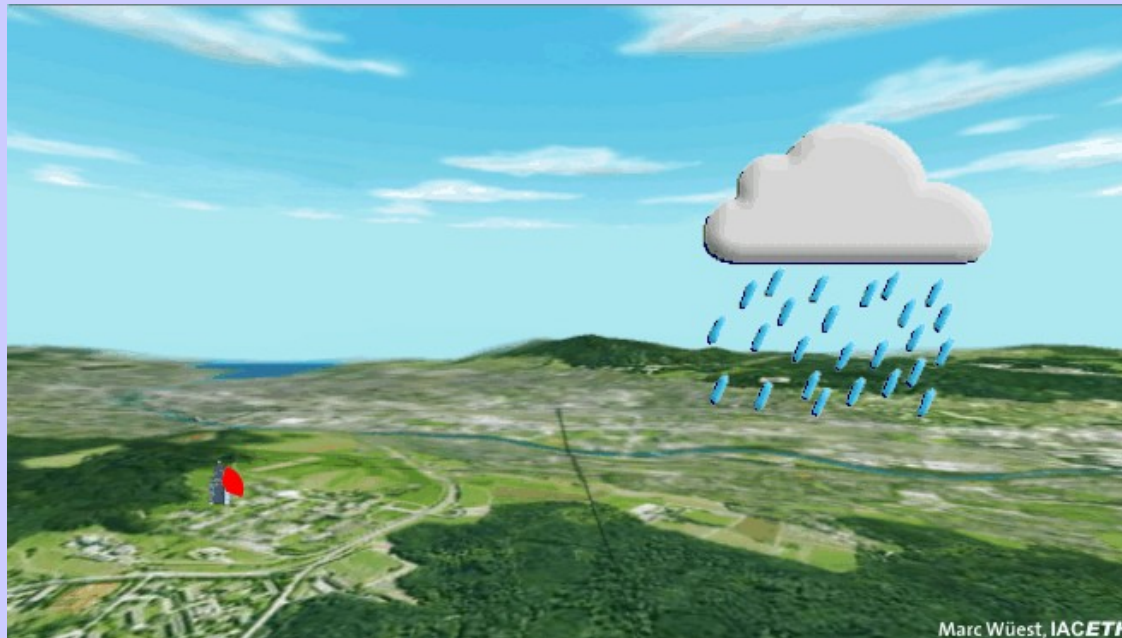
- Funktionsweise
- Herleitung der Radargleichung
- Fehlinterpretationen
- einige Produkte
- KONRAD

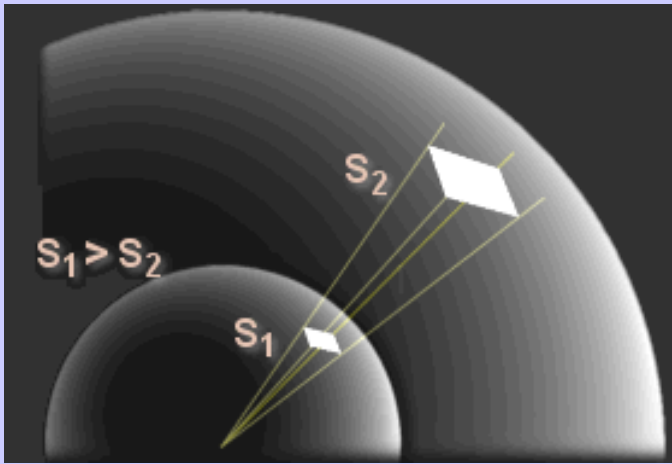


# Funktionsweise

- **Mittels einer Parabolantenne werden in sehr kurzen Zeitabständen pulsartig stark gebündelte Radarstrahlen in den Raum ausgestrahlt. Gleichzeitig dreht sich die Parabolantenne und überstreicht in mehreren Schritten verschieden Höhenwinkel vom Horizont nach oben.**
- **es entsteht innerhalb weniger Minuten ein „Volumen- Scan“**
- **Bebauung oder Berge behindern die horizontale Abstrahlung**
- **Der Abstrahlwinkel bedingt einen Totbereich in der unmittelbaren Umgebung der Radarstation.**
- **Bei einem Abstrahlwinkel von 18-37° ergibt das ein Bereich von 16 km um die Station, der nicht abgedeckt wird. Die maximale Abdeckungshöhe ist beim DWD 12 km.**

- Die ausgesendeten Radarstrahlen werden nun jeweils vom Niederschlagsraum zurückgeworfen (Volumen-Reflexion). Die zwischen Ausstrahlung und Empfang der reflektierten Strahlung verstrichene Zeit wird unter Annahme der Lichtgeschwindigkeit für jeden Raumwinkel in eine Entfernung umgerechnet. Erst nach Empfang der empfangenen Strahlung wird der nächste Radarimpuls ausgestrahlt.





$$(A = 4 \pi R^2)$$

Somit ergibt sich für die ungerichtete Leistungsdichte  $S_u$  die folgende Formel:

$$S_u = \frac{P_s}{4 \cdot \pi \cdot R_1^2} \quad \text{in} \quad \frac{W}{m^2}$$

$P_s$  = Sendeleistung [W]

$S_u$  = ungerichtete Leistungsdichte

$R_1$  = Entfernung Antenne - Ziel [m]

Für die gerichtete Leistungsdichte ergibt sich:

$$S_g = S_u \cdot G$$

$S_g$  = gerichtete Leistungsdichte

$G$  = Antennengewinn

Die reflektierte Leistung  $P_r$  ergibt sich aus der Leistungsdichte  $S_u$ , dem Antennengewinn  $G$  und der sehr variablen Rückstrahlfläche  $\sigma$ :

$$P_r = \frac{P_s}{4 \cdot \pi \cdot R_1^2} \cdot G \cdot \sigma \quad \text{in [W]}$$

$P_r$  = reflektierte Leistung  
 $\sigma$  = Rückstrahlfläche

Da auf dem Rückweg die gleichen Verhältnisse wie auf dem Hinweg herrschen, ergibt sich für die Leistungsdichte am Empfangsort  $S_e$ :

$$S_e = \frac{P_r}{4 \cdot \pi \cdot R_2^2} \quad \text{in } \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

$S_e$  = Leistungsdichte am Empfangsort  
 $P_r$  = reflektierte Leistung [W]  
 $R_2$  = Entfernung Ziel - Antenne [m]

An der Radarantenne ist die Empfangsleistung  $P_e$  abhängig von der Strahldichte am Empfangsort und der wirksamen Antennenfläche  $A_w$

$$P_e = S_e \cdot A_w$$

$P_e$  = Empfangsleistung [W]  
 $A_w$  = wirksame Antennenfläche [m<sup>2</sup>]

Für die Antennenfläche gilt:

$$A_w = A \cdot K_a$$

$A_w$  = wirksame Antennenfläche [m<sup>2</sup>]  
 $A$  = geometrische Antennenfläche [m<sup>2</sup>]  
 $K_a$  = Faktor

Damit ergibt sich die Leistung am Empfangsort  $P_E$ :

$$P_E = S_e \cdot A_W \quad (5)$$

$$A_W = A \cdot K_a \quad (6)$$

$$P_E = S_e \cdot A \cdot K_a \quad (7)$$

$$S_e = \frac{P_r}{4 \pi R_2^2} \quad (4)$$

$$P_E = \frac{P_r}{4 \pi R_2^2} \cdot A \cdot K_a \quad [W] \quad (8)$$

Zusammenfassung Hin- und Rückweg:

$$P_E = \frac{P_r}{4 \pi R_2^2} \cdot A \cdot K_a \quad [W] \quad (8)$$

$$P_r = \frac{P_s}{4 \pi R_1^2} \cdot G \cdot \sigma \quad [W] \quad (3)$$

$$P_E = \frac{\frac{P_s \cdot G \cdot \sigma}{4 \pi R_1^2}}{4 \pi R_2^2} \cdot A \cdot K_a \quad [W]$$

$$P_E = \frac{P_s \cdot G \cdot \sigma}{(4 \pi)^2 \cdot R_2^2 \cdot R_1^2} \cdot A \cdot K_a \quad [W]$$

$$P_E = \frac{P_s \cdot G \cdot \sigma}{(4 \pi)^2 \cdot R^4} \cdot A \cdot K_a \quad [W]$$

$R_2 = R_1$

at -

Antennengewinn G in Beziehung zur verwendeten Wellenlänge:  $G = \frac{4 \cdot \pi \cdot A \cdot K_a}{\lambda^2}$

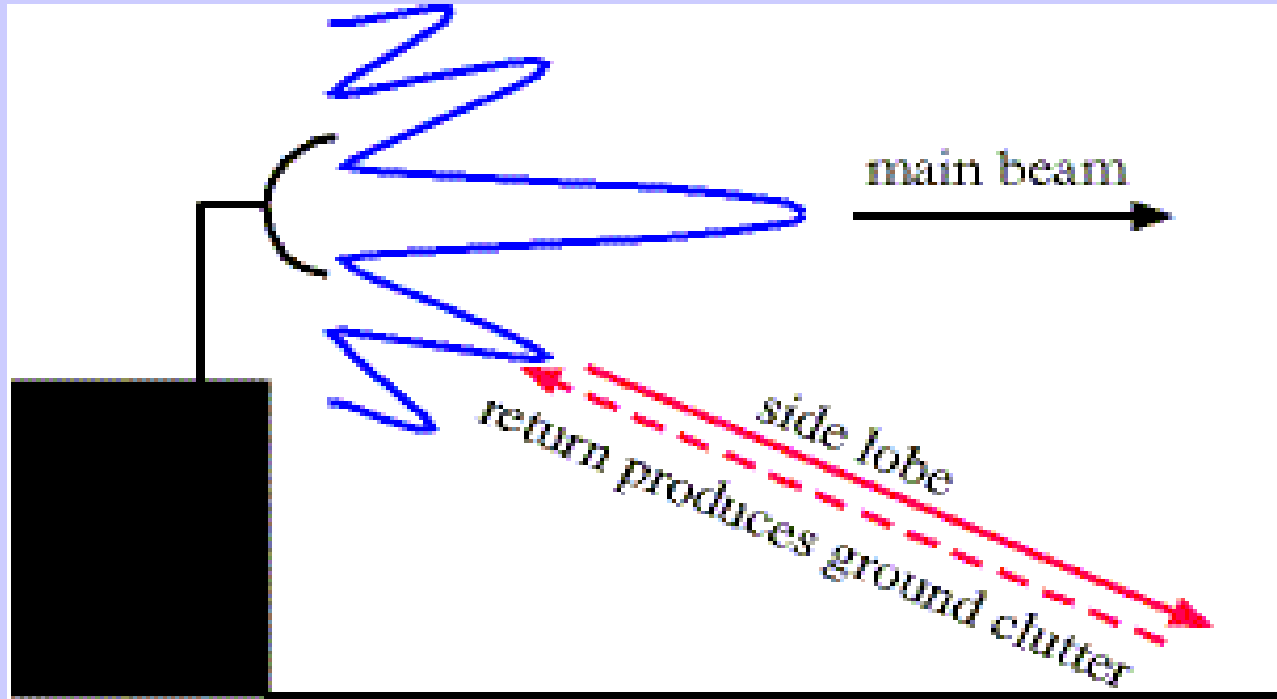
Nach Kürzung ergibt sich:  $P_e = \frac{P_s \cdot G^2 \cdot \sigma \cdot \lambda^2}{(4 \cdot \pi)^3 \cdot R^4}$  in [W]

Nach Umstellung auf die Reichweite R entsteht die klassische Form der Radargleichung:

$$R = \sqrt[4]{\frac{P_S \cdot G^2 \cdot \lambda^2 \cdot \sigma}{P_E \cdot (4\pi)^3}}$$

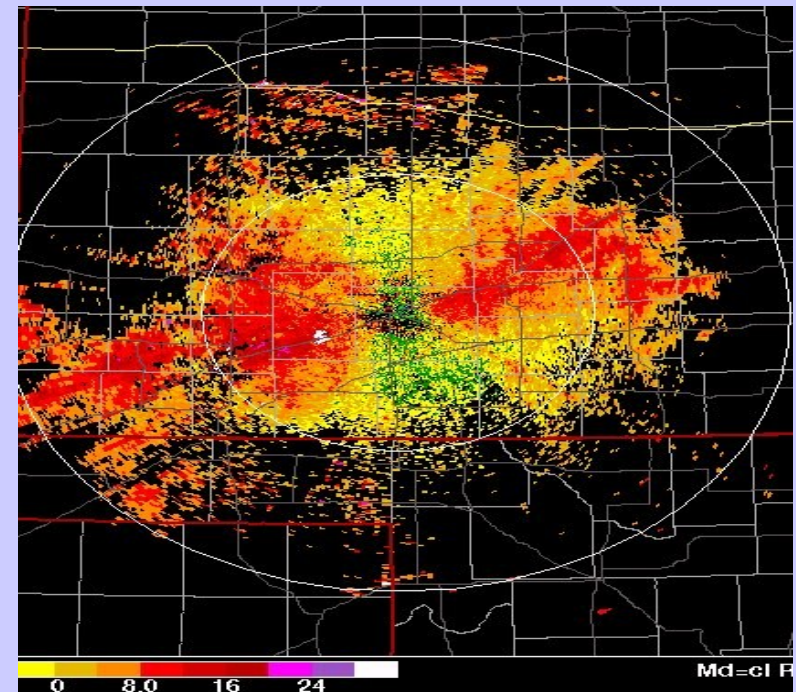
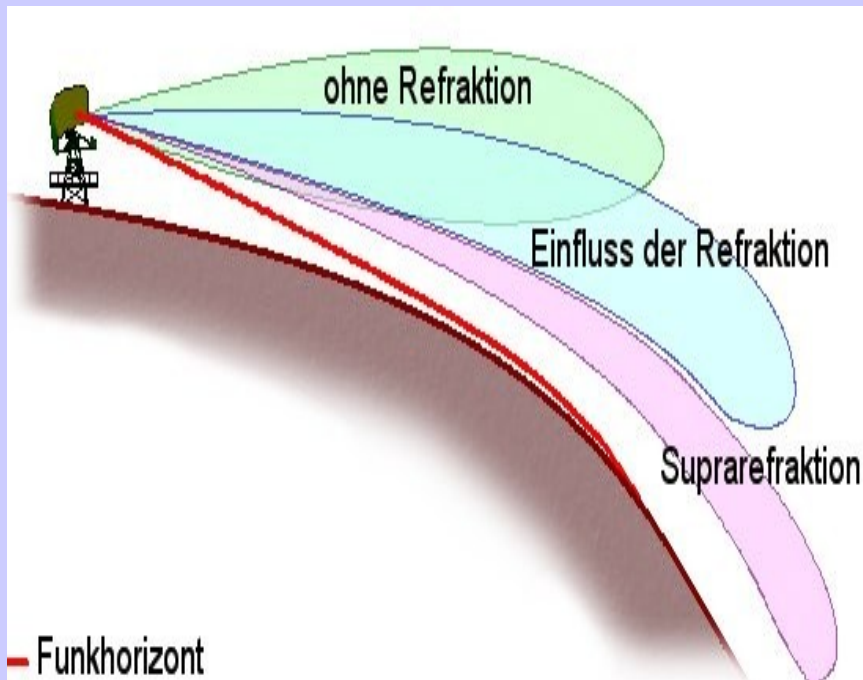
# Fehlerinterpretationen

- Ein generelles Problem des Radars stellt die Radarstrahlstruktur selber dar.
- Neben dem Hauptstrahl (Hauptkeule) besitzt ein Radarstrahl auch Nebenstrahlen (Nebenkeulen).
- Diese werden auch reflektiert und könne bei sehr niedrigen Winkel den Erdboden oder andere Gegenstände treffen.
- Es entstehen „Ground- Clutter“.






- Bei starken Temperaturinversionen kann es vorkommen, dass auch der Hauptstrahl den Erdboden trifft, da bei Temperaturzunahme mit der Höhe oder Feuchtezunahme der Radarstrahl deutlich nach unten gebeugt wird (Suprarefraktion).



- **Die Bündelung der Radarstrahlen beträgt ca  $1^\circ$ .**
- **Nach 200km ist der Radarstrahl bereits 3,5km breit,  
-> die Auflösung kleinräumige Ereignisse immer schlechter.**
- **Auch ein horizontal gerichteter Radarstrahl entfernt sich mit wachsender Reichweite immer mehr vom Erdboden, der Niederschlag wird zunehmend nur noch oberhalb der Erdoberfläche erfasst.**
- **In erster Näherung ergibt sich bei 100km Entfernung ein vertikaler Abstand zur Erdoberfläche von 780m.**

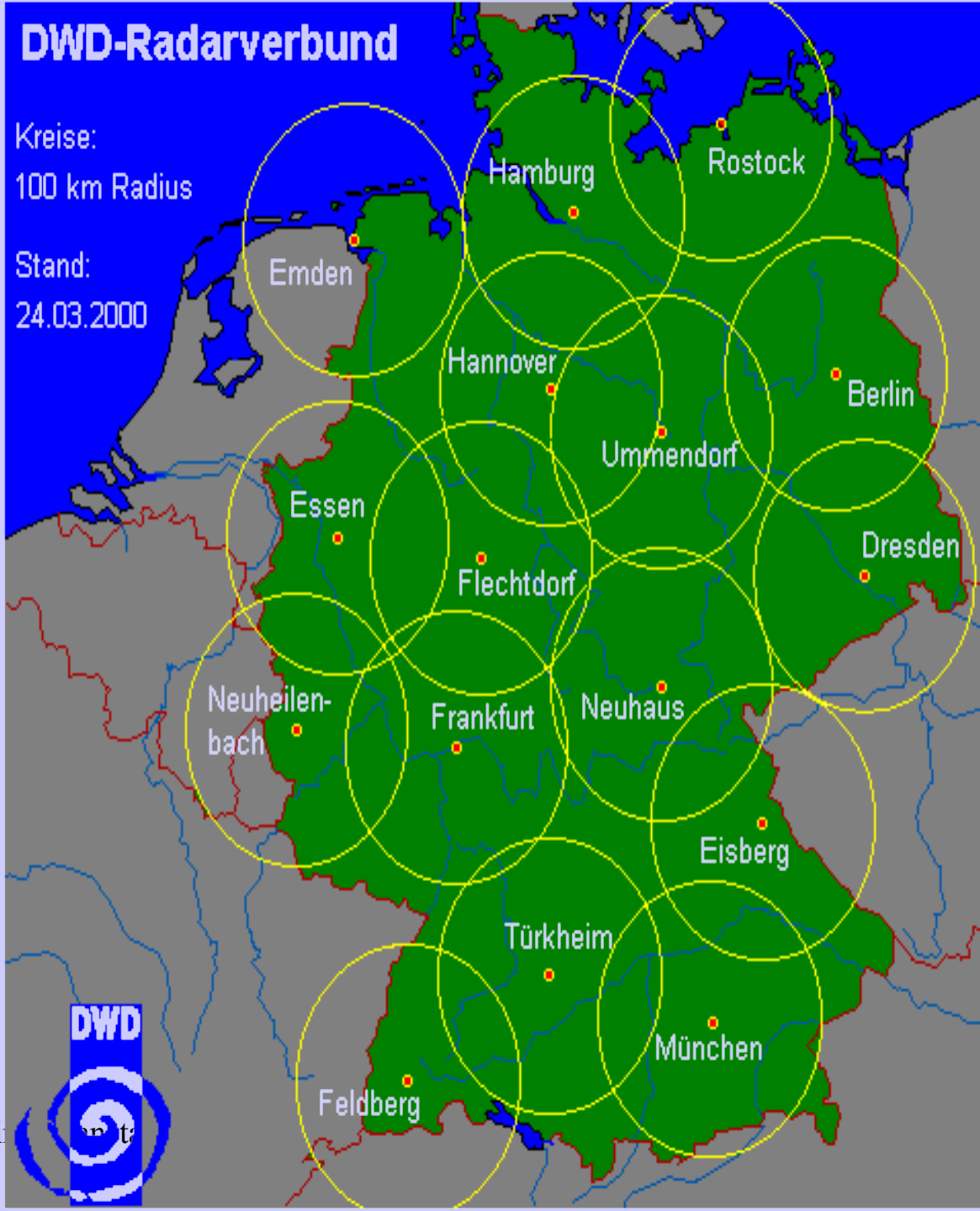
- Die Rückstreuung der Radarstrahlung im Niederschlagsraum wird durch die Radargleichung von Rayleigh beschrieben.
- Die Gleichung besagt, dass die aus einem Volumen zurückkommende Rückstreuung von der Anzahl der Partikel und vor allem von deren Durchmesser abhängt.
- Daraus errechnet sich für ein Raumvolumen die Radarreflektivität.
- Was man im Radarbild sieht, ist neben der Zahl der Tropfen, die Größe der Niederschlagsteilchen.
- Niederschlagsradare sind so geeicht, dass sehr kleine Tröpfchen unsichtbar bleiben.

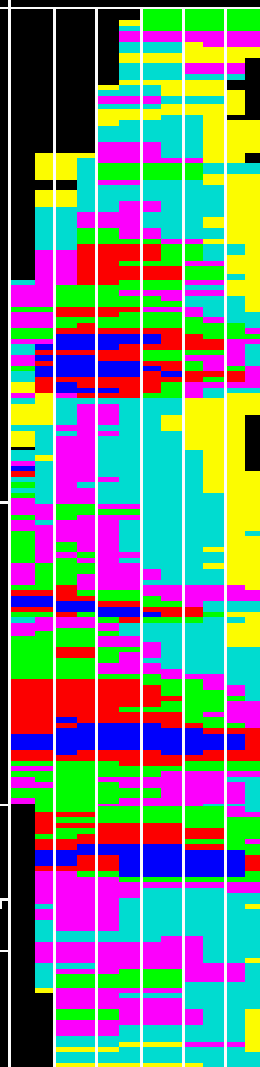
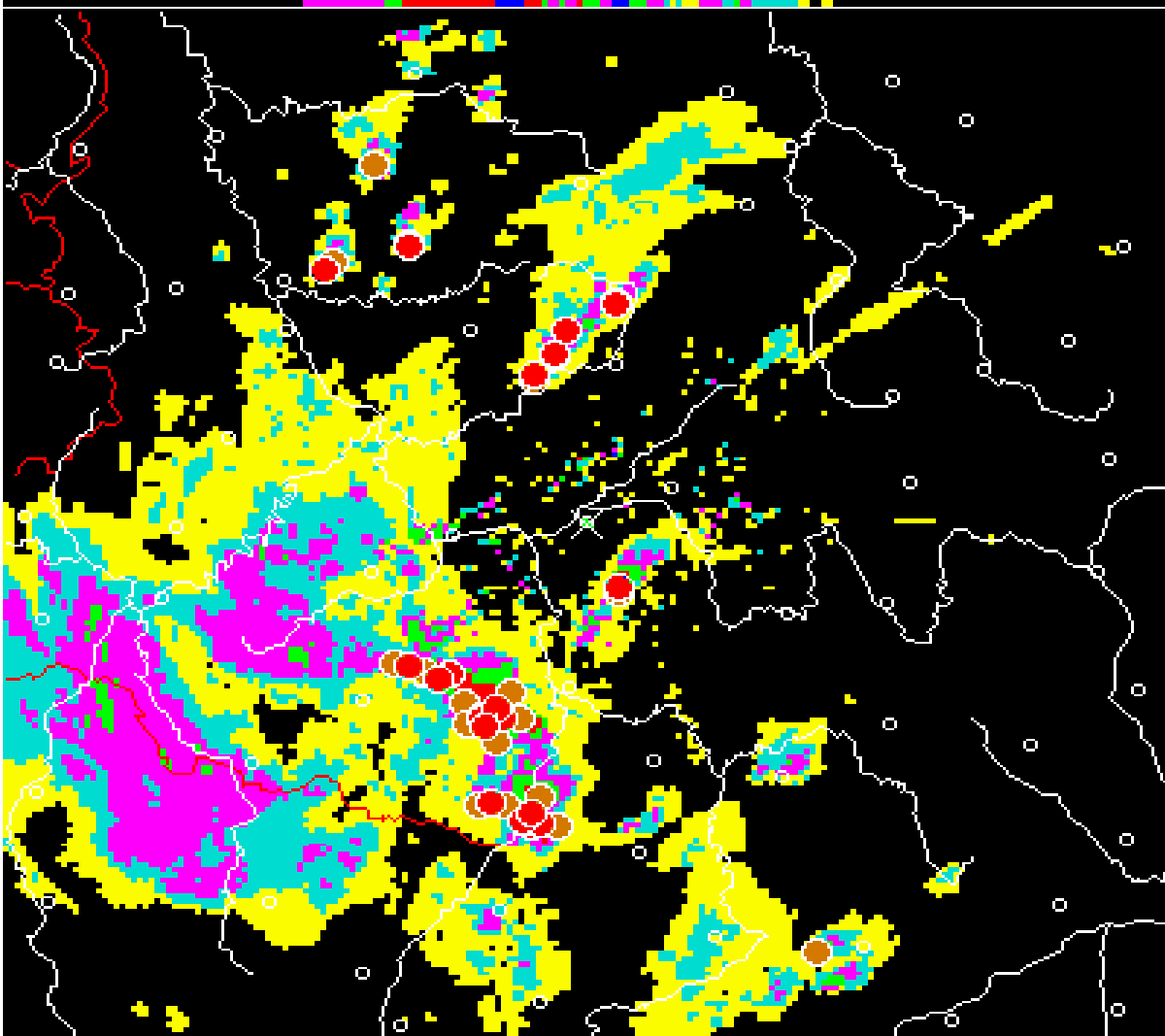
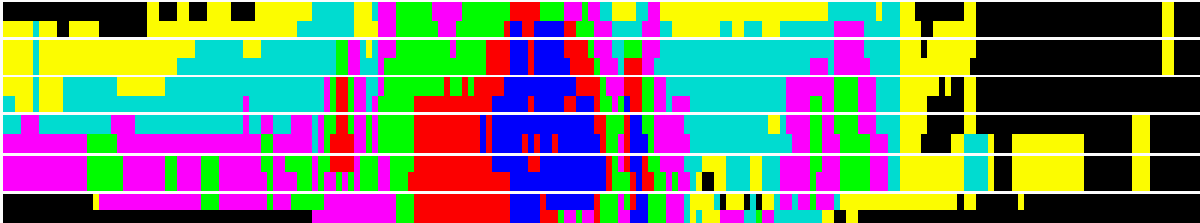
Reflektivität	Wetter / Objekte
<p><b>größte Reflexion</b></p>  <p><b>schwächste Reflexion</b></p>	Boden-Echos
	Flugkörper
	nasser Hagel
	Regen
	nasser Schnee
	trockener Hagel
	trockener Schnee
Niesel	

**Daraus folgt, dass großtropfiger Gewitterregen sich durch besonders hohe Reflektivität auszeichnet, kleintropfiger Sprühregen dagegen nur schwach sichtbar ist. Wasser reflektiert mehr als Schnee oder eine trockene Eisoberfläche**

- Die Rayleigh-Gleichung setzt voraus, dass zwischen dem Radarstandort und dem reflektierenden Niederschlagsgebiet kein sonstiger Niederschlag existiert. Das ist aber bei großflächigen Niederschlägen nicht der Fall.
- Auf dem Hin- und Rückweg zum Niederschlagsgebiet wird Energie durch das Auftreffen mit anderen Niederschlagsteilchen herausgestreut -> es kommt nur ein Teil der Energie zurück, es kommt zur „Niederschlagsdämpfung“
- Daher erscheinen die hinteren Teile eines Niederschlagsgebietes nur schwach und Gewitter können verdeckt werden.
- Dieser Effekt ist nicht für alle Wellenlängen gleich, die operationell genutzten Radare verwenden das C-Band, dieses wird erst bei starken Niederschlägen gedämpft.
- In den Südstaaten der USA, wo es regelmäßig zu Gewittern und Starkniederschlägen kommt, wird das S-Band verwendet, hier tritt praktisch keine Dämpfung mehr auf, das Radarsystem wird dadurch aber auch aufwendiger und teurer.

- 16 Radarstationen
- alle 15min einen Volumen- Scan durch.
- Die Dopplerstationen erfassen gleichzeitig mit der Reflektivität die Radialwinde.
- Zusätzlich zum Volumen- Scan erfolgt in 5-Minuten Abstand ein „One-level-scan“.

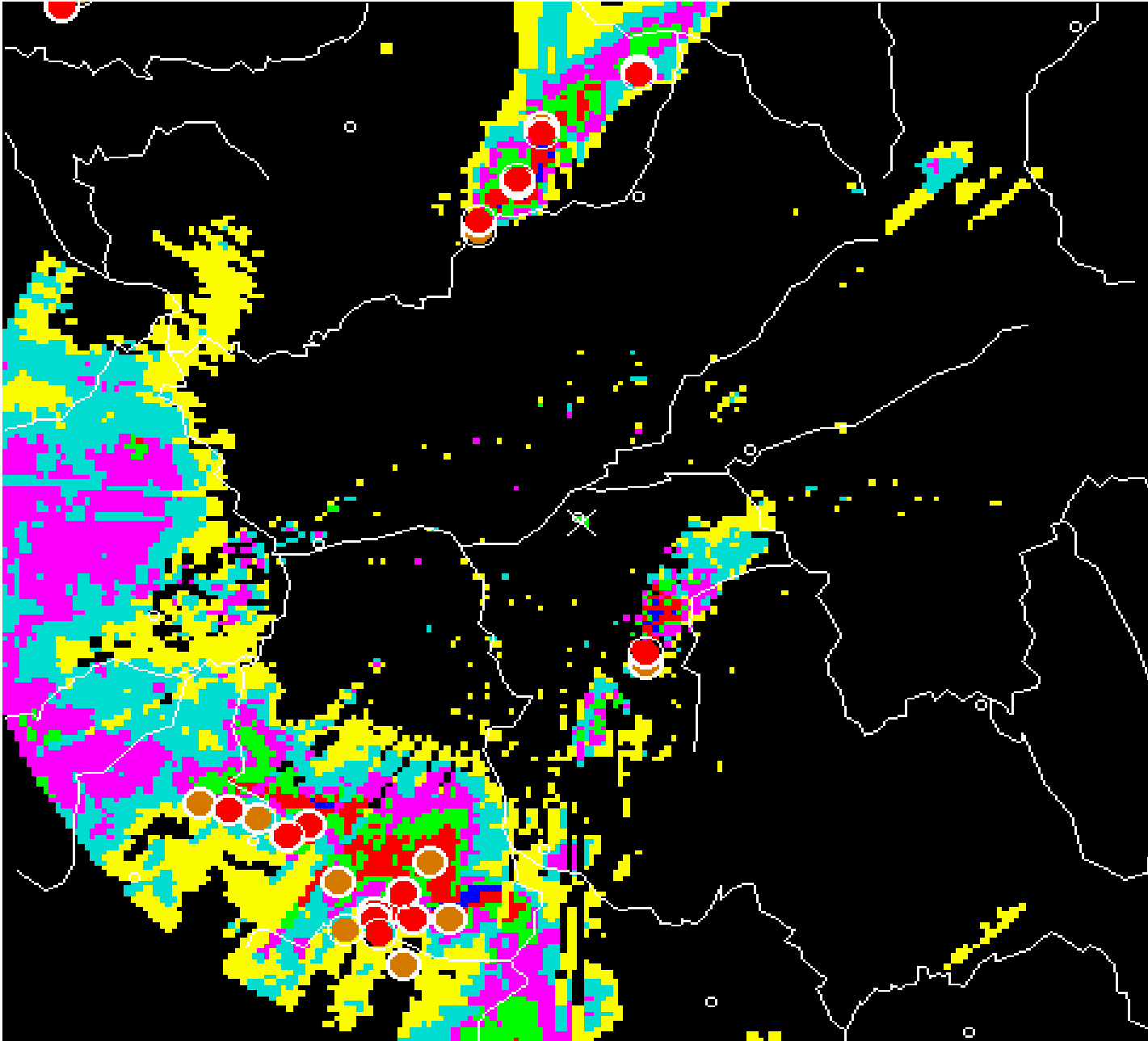




Dt. Wetterdienst  
 Frankfurt  
 Radarbild: PL  
 Radarreflektivität  
 des Niederschlags  
 Tag: 02.06.99  
 Zeit: 14:42 UTC  
 400 km \* 400 km

**Warnungen:**  
 starke Schauer: ●  
 Hagelgefahr : ●  
 Bytes 7118 MS748  
 Clutter   
 Clutter CT: 3  
 HI46-km-Schicht:  
 x =0CS3y =H 6H  
 Filter FT: 3  
 HI:46.0  
 CI 40.0 / 10.0

**dBZ - Skala:**  
 > 55.0   
 46.0 - 54.9   
 37.0 - 45.9   
 28.0 - 36.9   
 19.0 - 27.9   
 7.0 - 18.9



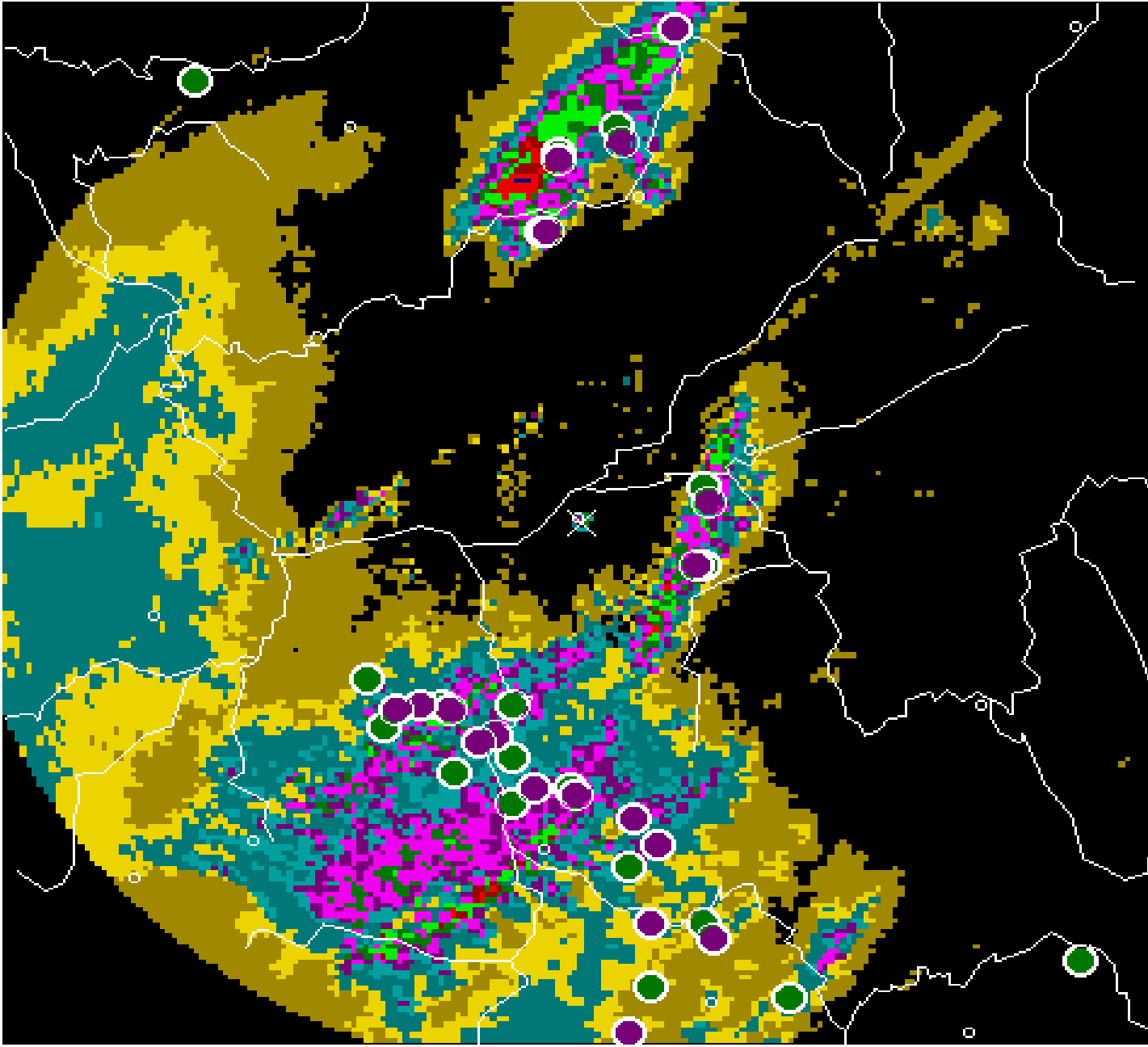
Dt. Wetterdienst  
 Frankfurt  
 Radarbild: PX  
 Radarreflektivität  
 des Niederschlags  
 Tag: 02.06.99  
 Zeit: 14:47 UTC  
 200 km \* 200 km

**Warnungen:**  
 starke Schauer: ●  
 Hagelgefahr : ●

Bytes 5671 MS748  
 Clutter   
 Clutter CT: 2  
 0.9° Elevation  
 90.9-km-Schicht:  
 \* =0CS3y =P0.9  
 Filter FT: 3  
 AF:1.00  
 ZK0ZA 256ZA1.42

**dBZ - Skala:**

> 55.0	<span style="background-color: blue; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 15px;"></span>
46.0 - 54.9	<span style="background-color: red; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 15px;"></span>
37.0 - 45.9	<span style="background-color: green; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 15px;"></span>
28.0 - 36.9	<span style="background-color: magenta; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 15px;"></span>
19.0 - 27.9	<span style="background-color: cyan; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 15px;"></span>
7.0 - 18.9	<span style="background-color: yellow; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 15px;"></span>



Dt. Wetterdienst  
 Frankfurt  
 Radarbild: PH  
 Niederschlag  
 Tag: 02.06.99  
 Zeit: 15:25 UTC  
 200 km \* 200 km

**Warnungen:**  
 starke Schauer: ●  
 Hagelgefahr : ●  
 Bytes 8166 MS833  
 Clutter CT: 2  
 0.9° Elevation  
 90.9-km-Schicht:  
 \* =0CS3y =P0.9  
 mm - Skala:

> 80.0	Blue
60.0 - 79.9	Dark Blue
40.0 - 59.9	Red
30.0 - 39.9	Dark Red
20.0 - 29.9	Bright Green
15.0 - 19.9	Green
10.0 - 14.9	Magenta
7.5 - 9.9	Purple
5.0 - 7.4	Cyan
2.0 - 4.9	Teal
1.0 - 1.9	Yellow
0.1 - 0.9	Olive
dummy	Black



Dt. Wetterdienst

Radarbild: PC

Komposit


Deutschland

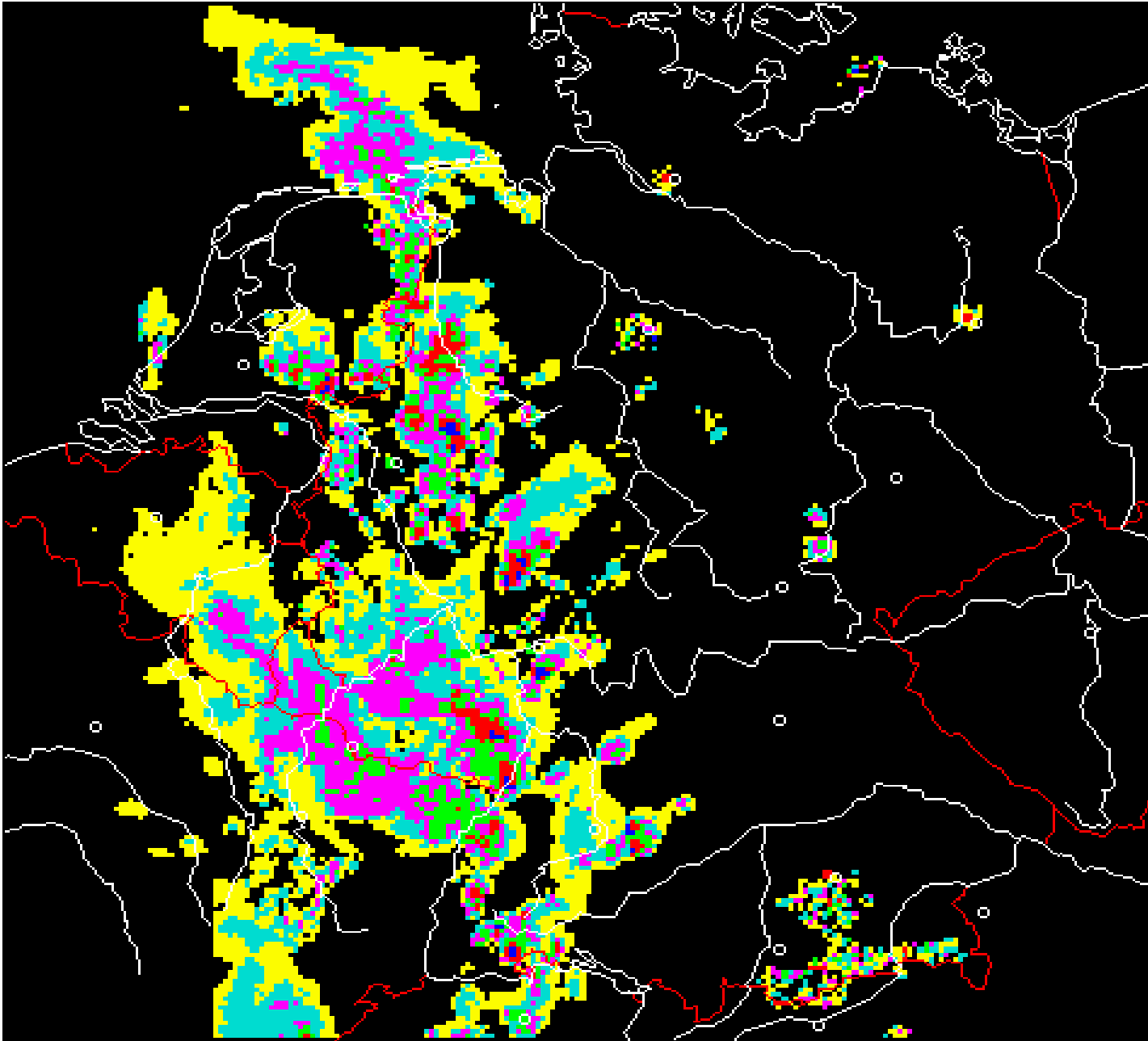
Tag: 02.06.99

Zeit: 14:45 UTC

920 km \* 920 km

Bytes 8136 MS 84

Clutter 



dBZ - Skala:

> 55.0

46.0 - 54.9

37.0 - 45.9

28.0 - 36.9

19.0 - 27.9

7.0 - 18.9



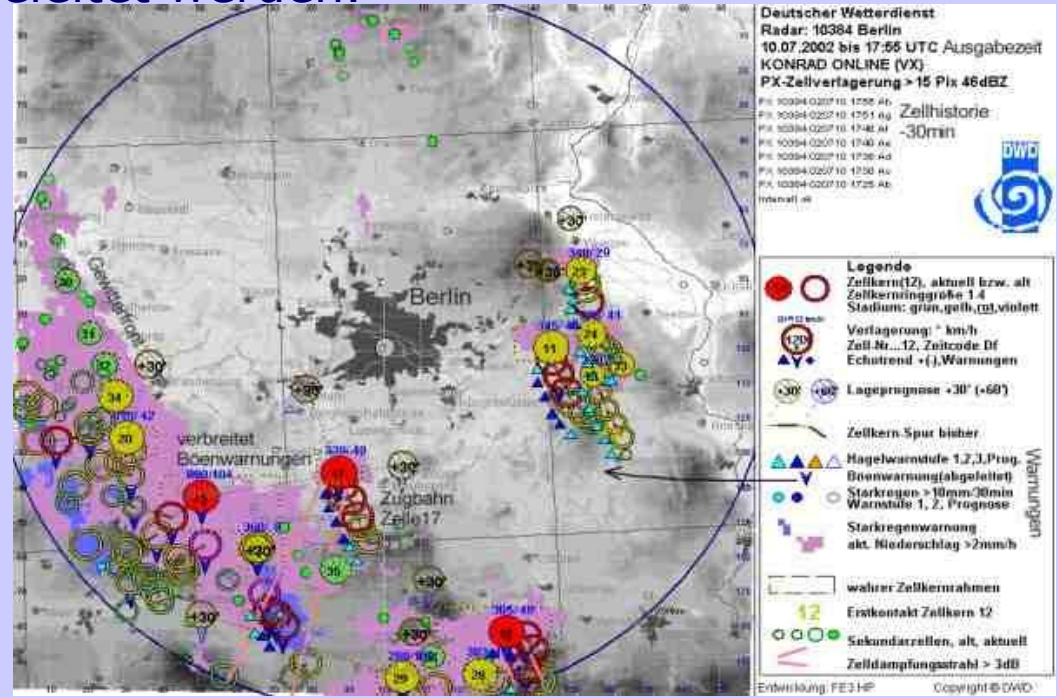
# KONRAD - ein neues Unwetterwarnsystem des DWD

## KONvektionsentwicklung in RADarprodukten

KONRAD ist eine Entwicklung von Observatoriums (Fe3Hp) Hohenpeissenberg

Ziel: Neue Darstellungsformen für selbstständige Einschätzungen, wobei konvektive Zellen erkannt, interpretiert und stufenweise Schwellwertüberschreitungen abgeleitet werden.

Schwerpunkt:  
Gewitter-Zellanalyse,  
-verfolgung und Warnpotential  
in Bezug auf den  
Unwetterbegriff  
(Hagel, Starkregen, Böen).



## Quellen

- Seiten des deutschen Wetterdienst
- [www.wetterzentrale.de](http://www.wetterzentrale.de)
- CAT Worms: Radar