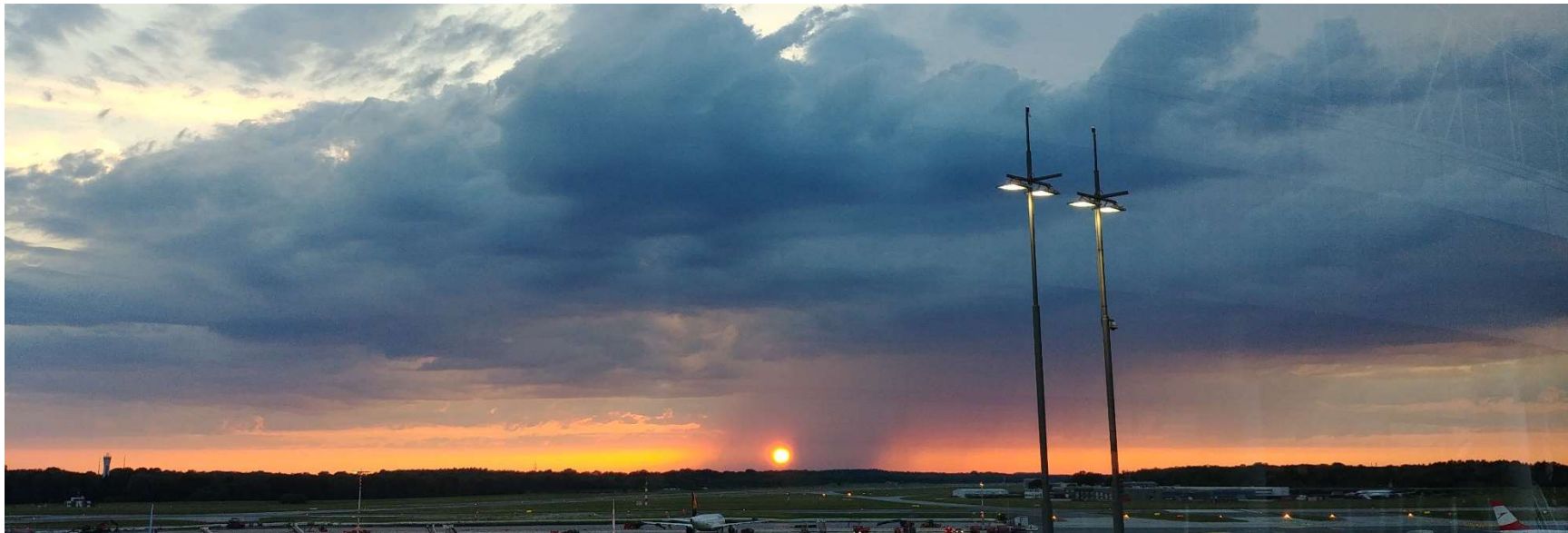




Meteorologische Flugvorbereitung: Radar- und Satellitenbilder



Teil 1

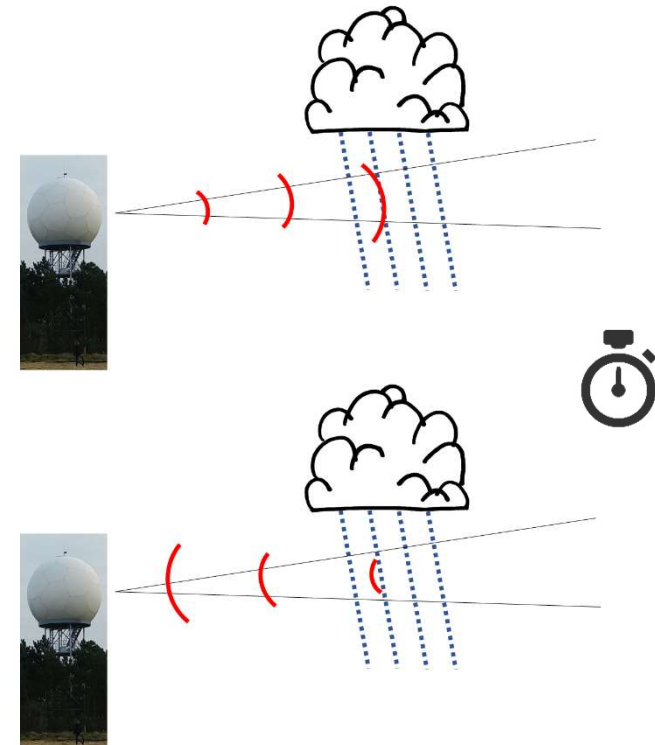
Wetterradar



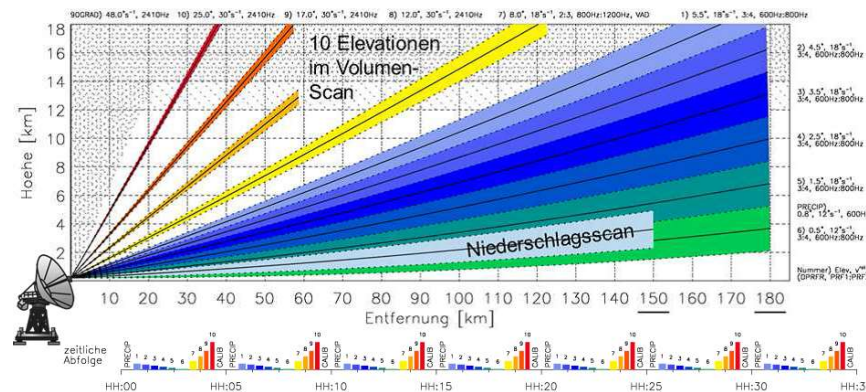
Funktionsweise

RADio **D**etection and **R**anging

- Aussendung eines elektromagnetischen Impulses
- Reflektion an Niederschlagspartikeln
- Empfang am Radargerät
- Entfernung über Laufzeitmessung



Scanstrategie



https://www.dwd.de/DE/forschung/atmosphaerenbeob/weterradar/weterradar_node.html

→ 10 Elevationen (0.5 -25 Grad)

→ 5 Minuten pro Scan

→ Neues Bild alle 5 Minuten

Reflektivität

- Hohe Reflektivität → starkes Echo
- Reflektivität abhängig von
 - Zahl der Partikel im Scanvolumen
 - Partikeldurchmesser
 - Niederschlagsphase
 - Wasser > Eis/Schnee
- Einteilung in Klassen

Niederschlag	Radarreflektivität
Sprühregen	Gering
Schneegriesel	Kaum
Schnee	Gering bis mäßig
Regen	Leicht/mäßig/stark
Graupel	Stark
Hagel	Extrem

Standorte in Deutschland

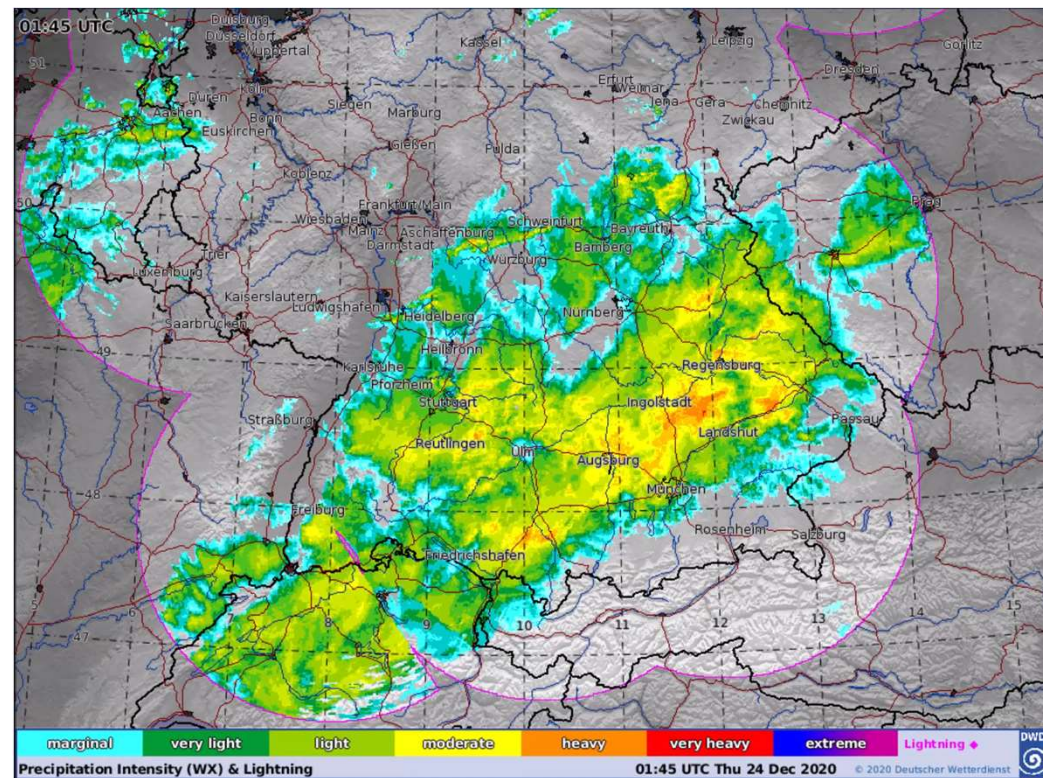


- ➔ 17 (+1) Standorte
- ➔ Ca. 150/200 km Reichweite
- ➔ Überlappungsbereich
- ➔ Antennenhöhen von 36 bis über 1500 m. NHN
- ➔ Kompositbilder und Einzelbilder

Kompositbilder

Auflösung:

- ➔ 1x1 km Deutschland
- ➔ 2x2 km Europa



Kompositbilder

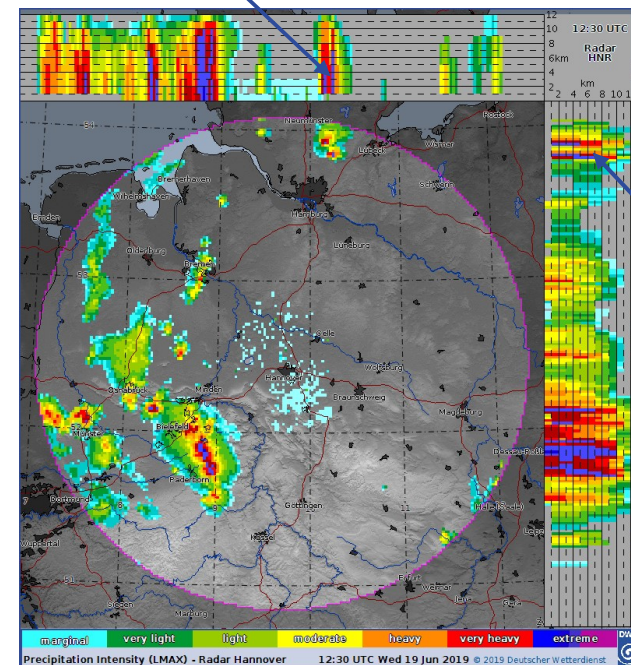
- ➔ Aus der Flugwetter-App
- ➔ Achtung: etwas andere Darstellung als in der Desktopversion



Einzelbilder

- ➔ Daten eines einzelnen Radarstandortes
- ➔ Auflösung (horizontal) 2x2 km
- ➔ Achtung! Es gibt (1.) die Daten der einzelnen Standorte und (2.) Ausschnitte um die internationalen Verkehrsflughäfen. Letztere sind projiziert/gezoomt und bieten keinen Aufriss
- ➔ Vorsicht vor Fehlern! Diese treten in einzelnen Darstellungen besonders hervor, da keine Vergleichsdaten eines zweiten Standortes bei der Bilderstellung berücksichtigt werden (s. nächste Folien)
- ➔ Blaue Echos bis in große Höhen sind ein sicheres Zeichen für Hagel

Maximalwert der Spalte (in jeder Höhe)



Maximalwert der Zeile (in jeder Höhe)

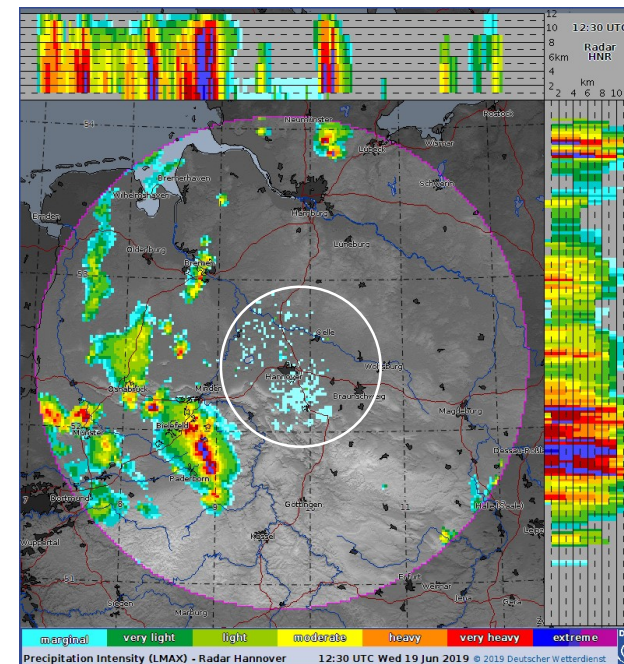
Potentielle Fehlerquellen

- Insekten/Vögel (sehr schwache Echos, v.a. im Sommer)
- Geometrie (Abstand zum Erdboden)
- Festechos
- Bright Band (Winter)
- Schwacher/feiner Niederschlag
- Verdunstender Niederschlag
- Dämpfung
- Abschattung
- Toter Kegel



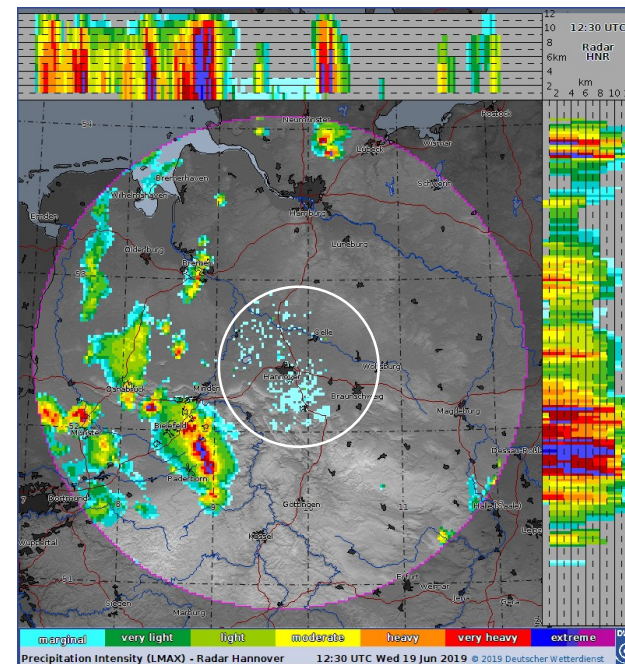
Fehlerquelle: Insekten/Vögel

- ➔ Schwache Echos
- ➔ Überwiegend im Sommerhalbjahr
- ➔ Im Nahbereich um das Radar



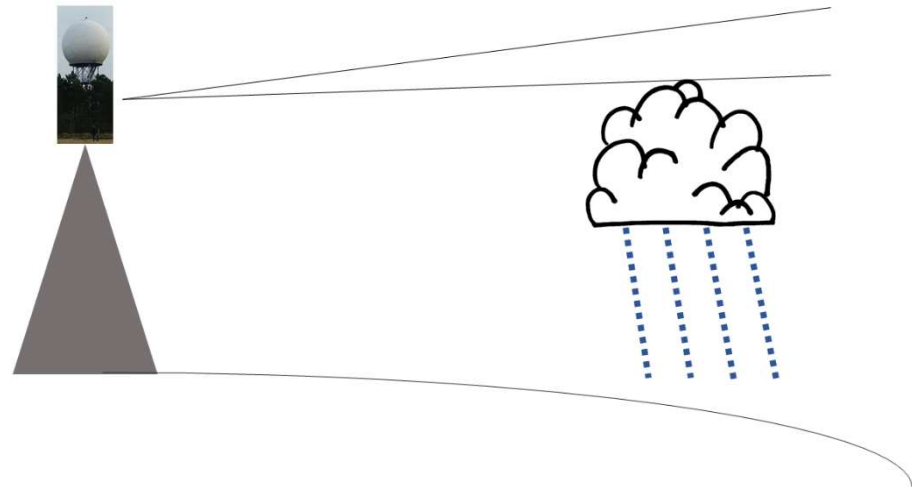
Fehlerquelle: Insekten/Vögel

- ➔ Schwache Echos (im weiß markierten Kreis)
- ➔ Überwiegend im Sommerhalbjahr
- ➔ Im Nahbereich um das Radar
- ➔ Können in der Regel ignoriert werden, dennoch lohnt sich die Gegenprüfung z.B. mit einem Satellitenbild

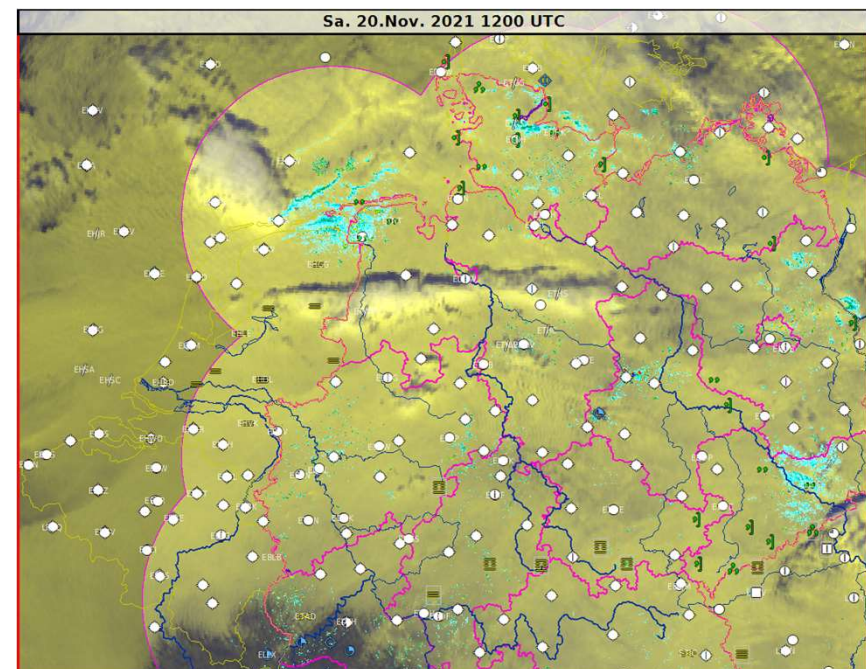
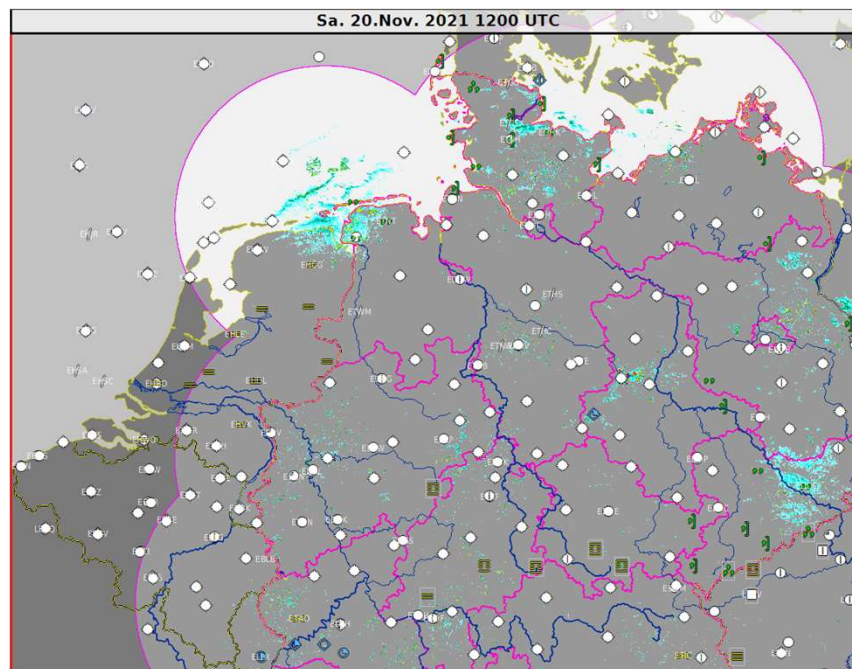


Fehlerquelle: Geometrie

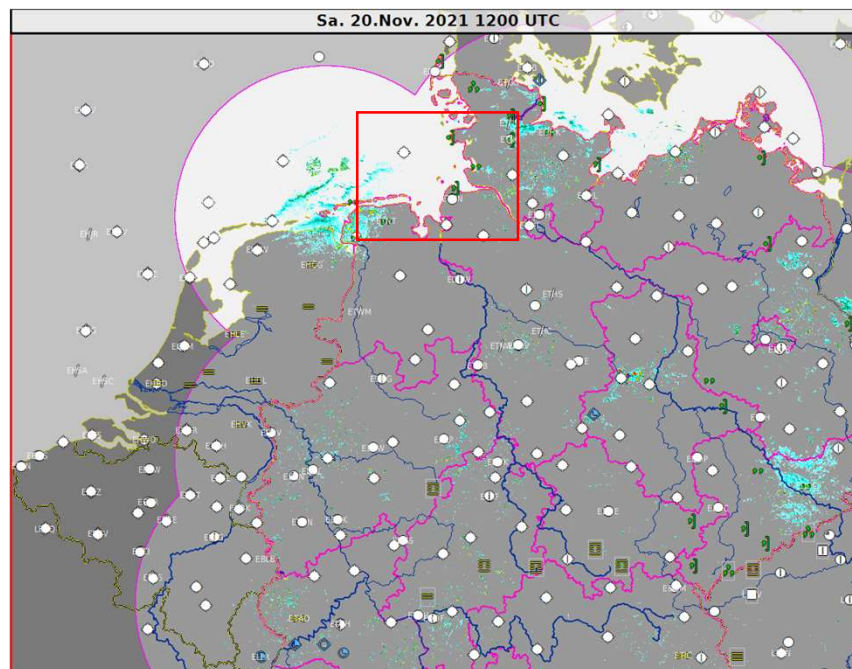
- Mit zunehmender Entfernung ist Radarstrahl höher über dem Grund
 - Elevation des Radarstrahls
 - Erdkrümmung
- Flache Niederschlagswolken unter dem Radar unerkannt



Niederschlag unter dem Radar



Niederschlag unter dem Radar



Radarbild von Norddeutschland, die Radarstandorte Borkum und Boostedt sind durch die magentafarbenen Kreise zu erahnen. In einem gewissen Abstand von den beiden Radarstandorten lässt das Niederschlagsecho nach, sodass der Eindruck entsteht, dass es in der Region der südöstlichen Deutschen Bucht (rot markierter Bereich) keinen Niederschlag gibt. Tatsächlich gibt es dort auch Sprühregen, der jedoch wortwörtlich *unter dem Radar* bleibt. Dies geschieht, wenn die niederschlagsbringenden Wolken sehr flach sind (maximale Obergrenze bei etwa 5.000-10.000 FT).

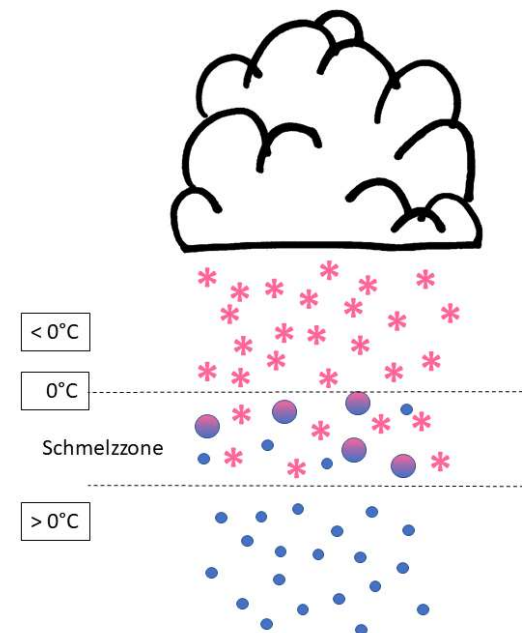
- Windparks
- Leuchttürme
- Schiffsradare
- Täuschkörper (Düppel)
- ...

- Im Film oft stationär
- Vergleich mit Satellitenbildern, Webcams und Wettermeldungen

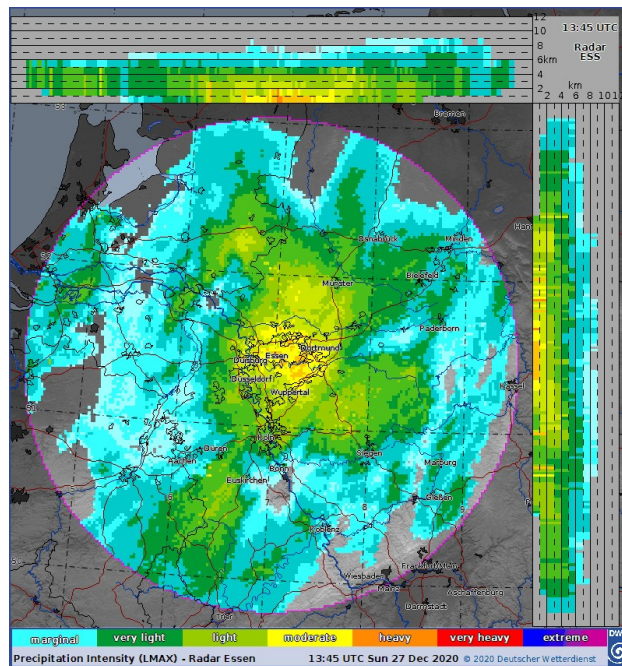


Fehlerquelle: Bright Band Effekt

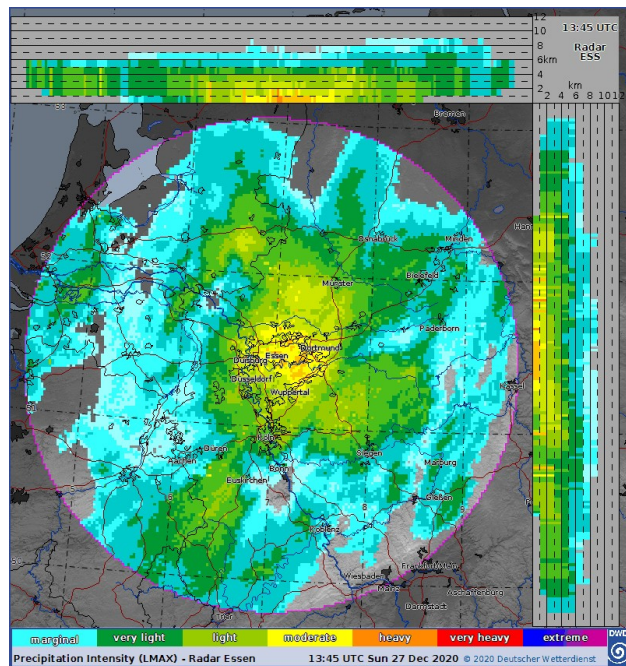
- Im Schmelzbereich des Niederschlags
- Übergang von Schnee zu Regen
- Große Niederschlagspartikel mit Reflektivität von Wasser
- Scheinbar stärkere Niederschlagsintensität



Fehlerquelle: Bright Band Effekt

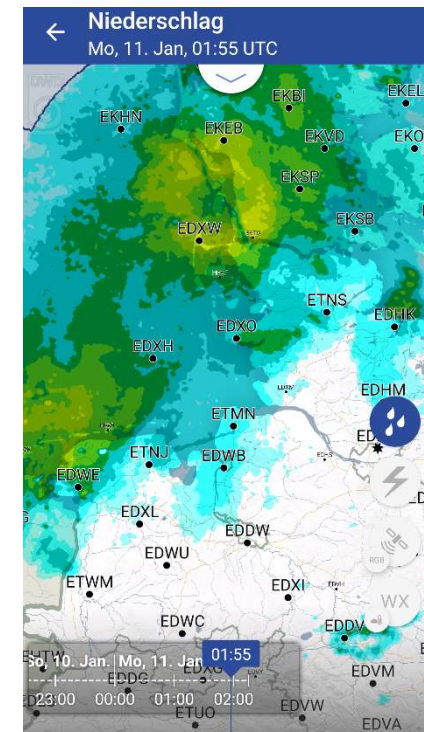


Fehlerquelle: Bright Band Effekt

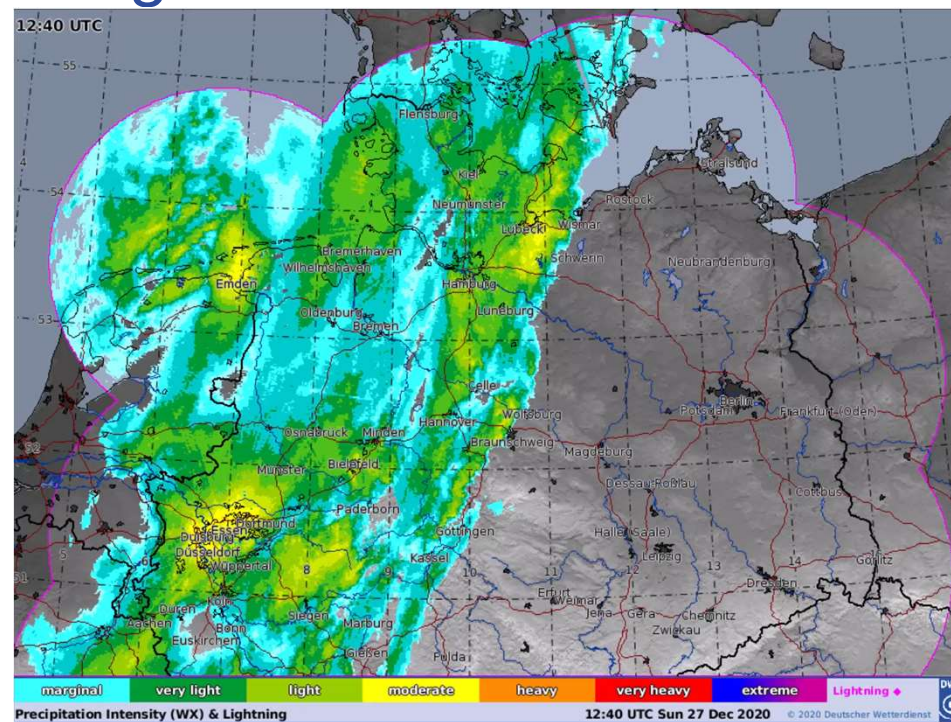


Der Effekt ist sowohl in Einzelbildern als auch im Komposit zu beobachten. Das höhere Radarecho ist ringförmig um einen Radarstandort angeordnet.

Ist ein Hinweis auf eine niedrige Nullgradgrenze. Niederschlag, der am Boden als Regen ankommt, kann in Flughöhe Schneeregen oder Schnee sein. Starke Sichteinschränkungen und Vereisungsgefahr. Das gilt natürlich für das gesamte Niederschlagsgebiet!



Fehlerquelle: Bright Band Effekt



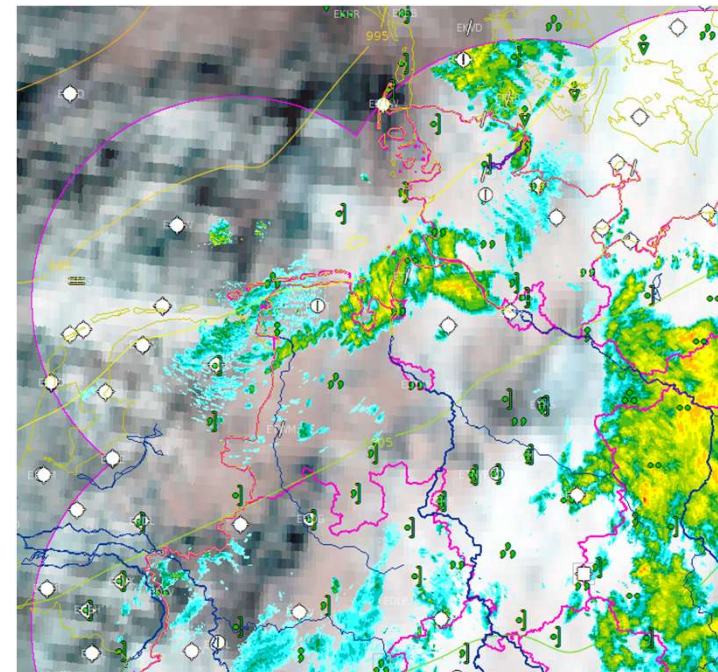
Fehlerquelle: Schwacher/feiner Niederschlag

➔ Beispiel Sprühregen

```
METAR EDDW 020350Z 20013KT  
9000 -DZ BKN009 17/16 Q1004  
TEMPO 21015G25KT FEW009  
BKN011=
```

➔ Eingeschränkte Sichtflugbedingungen

➔ Besonders gefährlich bei FZDZ!

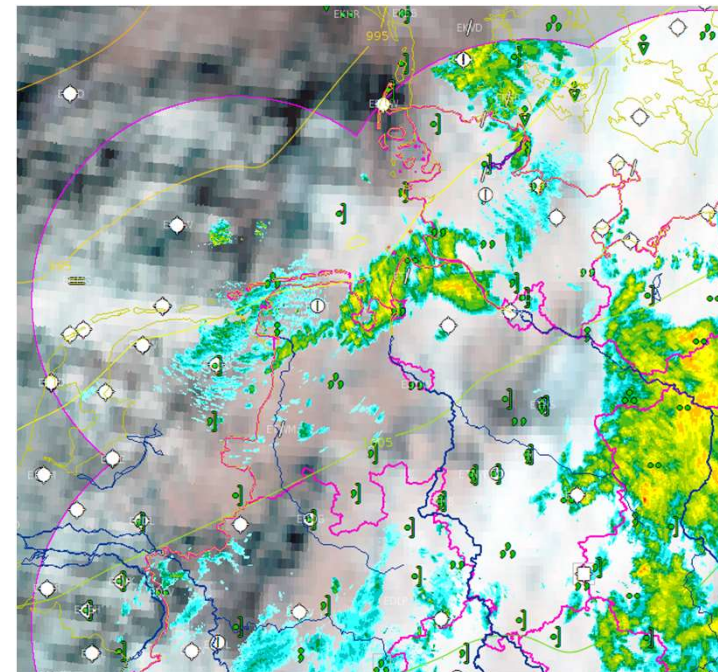


Fehlerquelle: Schwacher/feiner Niederschlag

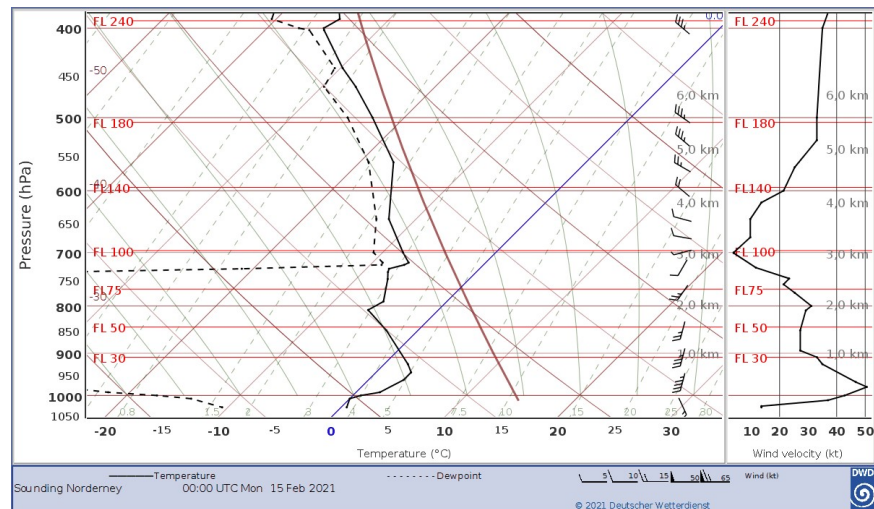
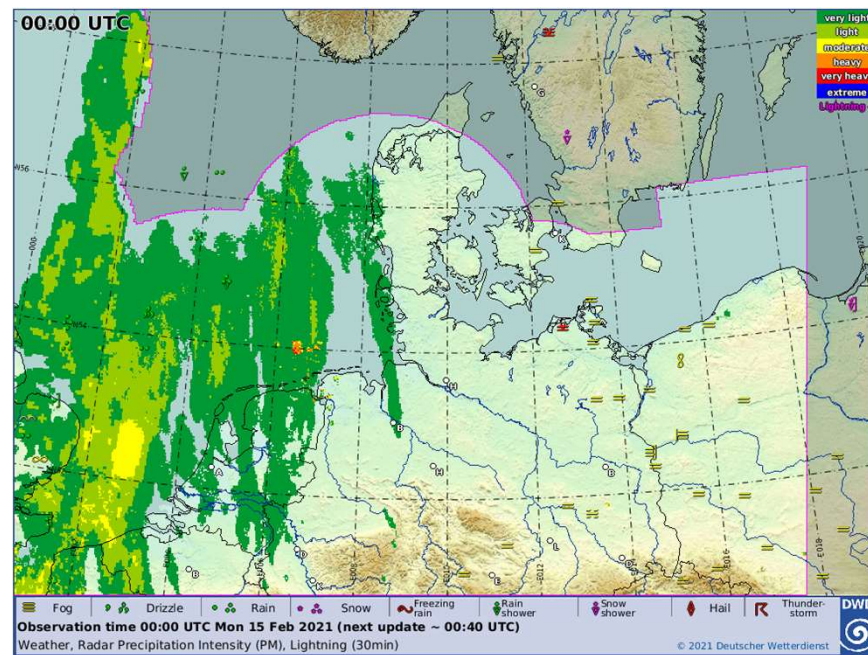
➔ Beispiel Sprühregen

METAR EDDW 020350Z 20013KT
9000 -DZ BKN009 17/16 Q1004
TEMPO 21015G25KT FEW009
BKN011=

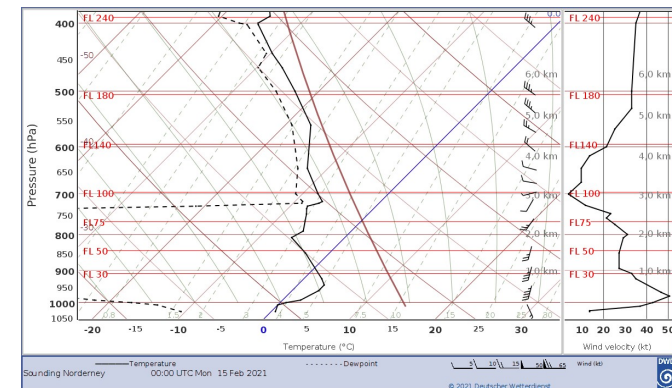
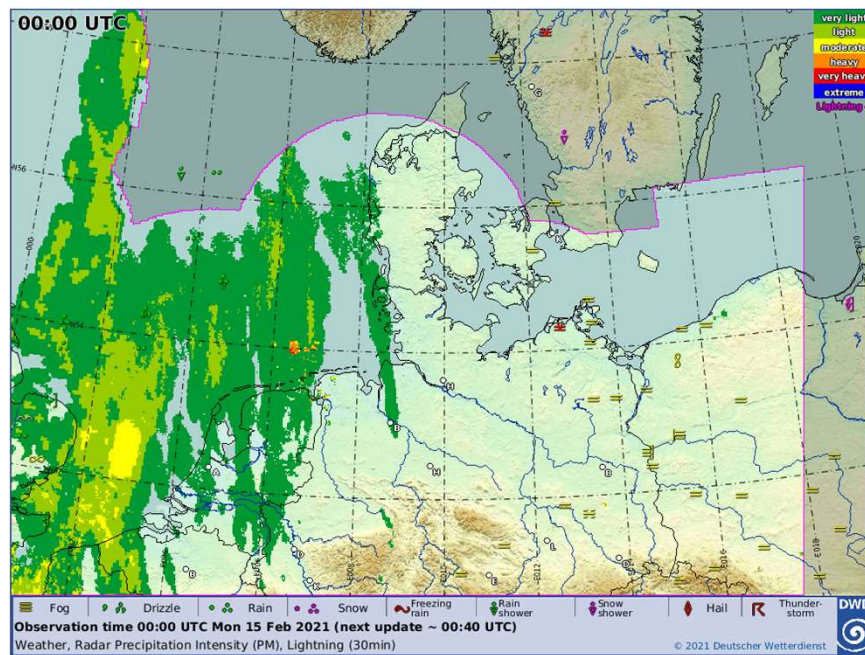
- ➔ Eingeschränkte Sichtflugbedingungen
- ➔ Besonders gefährlich bei FZDZ!
- ➔ Oft auch bei leichtem Schneefall



Fehlerquelle: Fallender Niederschlag verdunstet



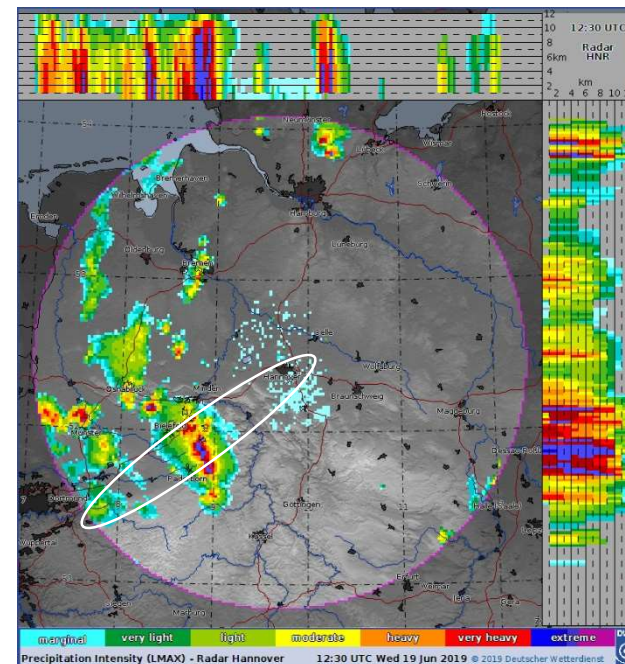
Fehlerquelle: Fallender Niederschlag verdunstet



Niederschlag fällt aus höheren Schichten in eine trockene Luftschicht (im Radiosondenaufstieg hohe Differenz Temperatur-Taupunkt) und verdunstet, bevor er den Boden erreicht.

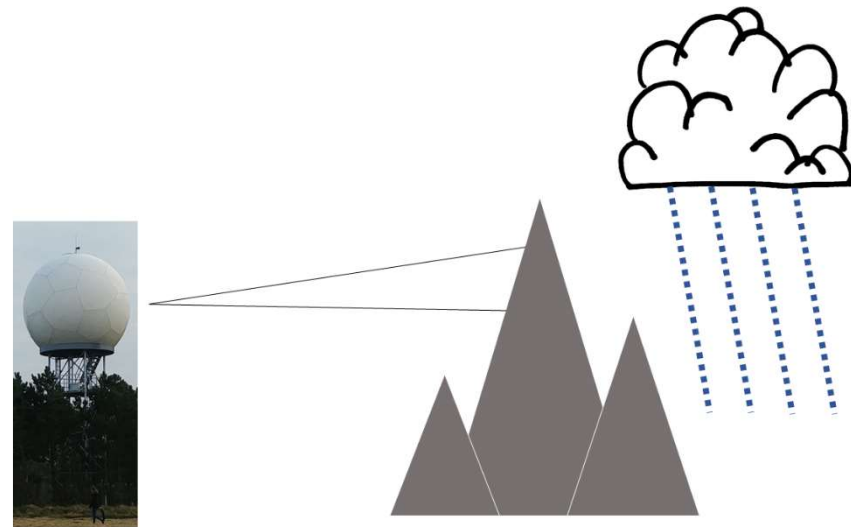
Fehlerquelle: Dämpfung

- Dämpfung des Radarstrahls hinter einem starken Echo (radial vom Standpunkt des Radars)
- Die erste Schauer-/Gewitterzelle reflektiert bereits einen großen Teil der vom Radar ausgesandten Energie. Damit erreicht nur noch ein geringer Teil die dahinterliegende Zelle, sodass entsprechend wenig reflektiert werden kann.
- Entfernte Echos erscheinen schwächer



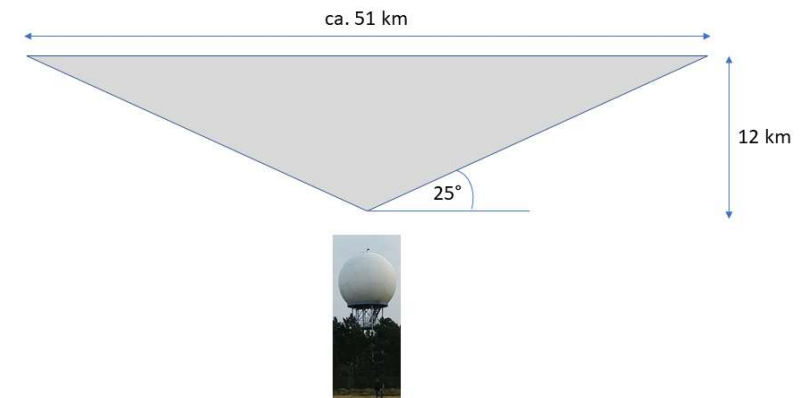
Fehlerquelle: Abschattung

- ➔ Radarstrahl trifft auf Festecho (Berg)
- ➔ Festechos werden meistens rausgefiltert, erscheinen also nicht im Radarbild auf flugwetter.de
- ➔ Niederschlag dahinter bleibt unerkant



Fehlerquelle: Toter Kegel

- Aufgrund der Geometrie des Scanvorgangs ist der Bereich kegelförmig direkt über dem Radar nicht abgedeckt
- Bei der höchsten Scanelevation von 25 Grad liegt der Kegeldurchmesser in 12 km bei etwa 51 km
- Daher stehen Radargeräte meist nicht direkt am Flughafen
- Durch Überlappungsbereiche mehrerer Radarstandorte nur teilweise behoben
- Vorsicht bei Einzelbildern!



Nutzung von Radarbildern

- ➔ Detektion und Verfolgung von fallendem Niederschlag
- ➔ Auge an das Radar „aneichen“
- ➔ Unterschiedliche Darstellung für verschiedene Regionen
- ➔ Immer bewegte Bilder anschauen
- ➔ Einzelbilder für Details
- ➔ Bei der Interpretation mögliche Fehler berücksichtigen

Siehe auch [flugwetter.de](https://www.flugwetter.de) > Radar > Information zu RADAR Produkten

https://www.dwd.de/SharedDocs/broschueren/DE/luftfahrt/radar_und_bltzbilder.pdf?__blob=publicationFile&v=3



Zeit für Fragen



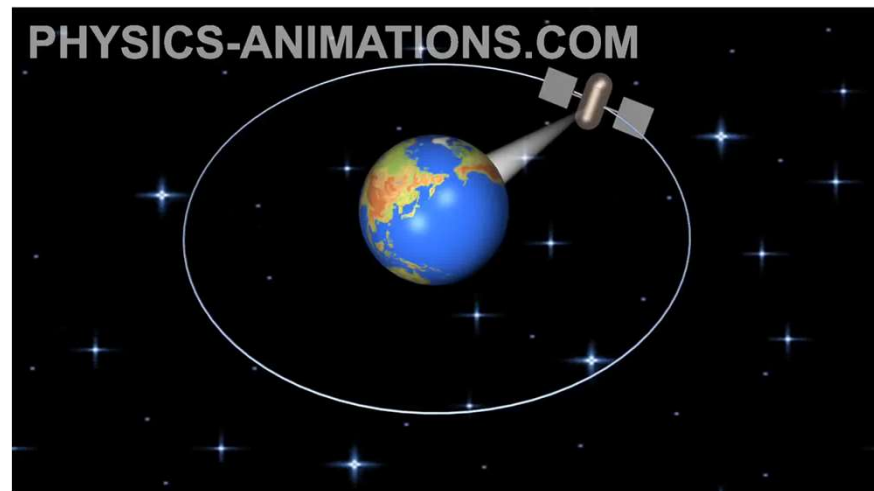
Teil 2

Wettersatelliten



Geostationäre Satelliten

- Dreht sich in 24h einmal um die Erde
 - Immer über dem gleichen Standort
- 36.000 km Höhe
 - Auflösung von 2x2 km (HRV)
 - Sonst 5X5 km



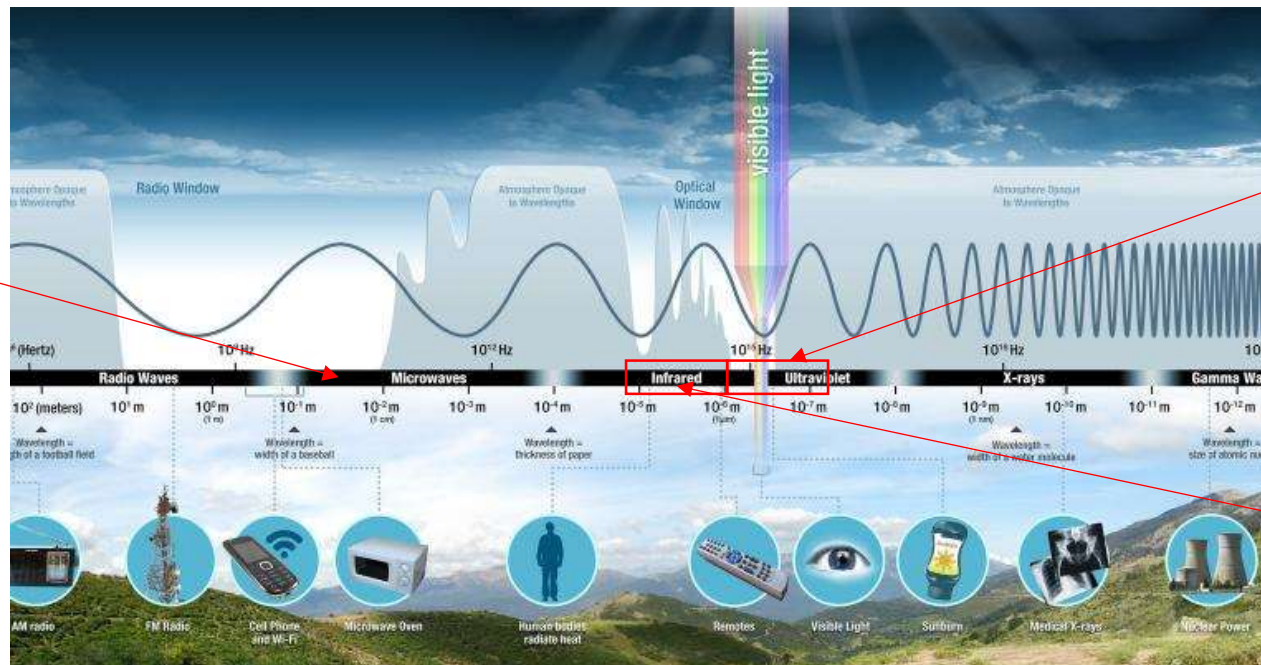
<https://www.youtube.com/watch?v=sj7zsGkpZxg>

Das elektromagnetische Spektrum

Radar

Sonne

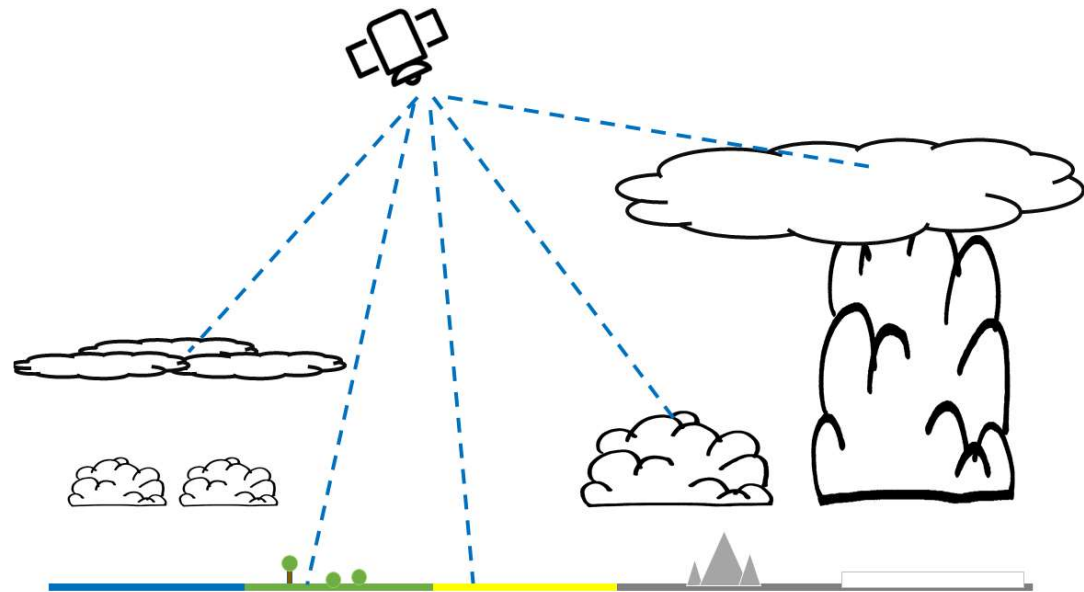
Erde



https://science.nasa.gov/ems/01_intro

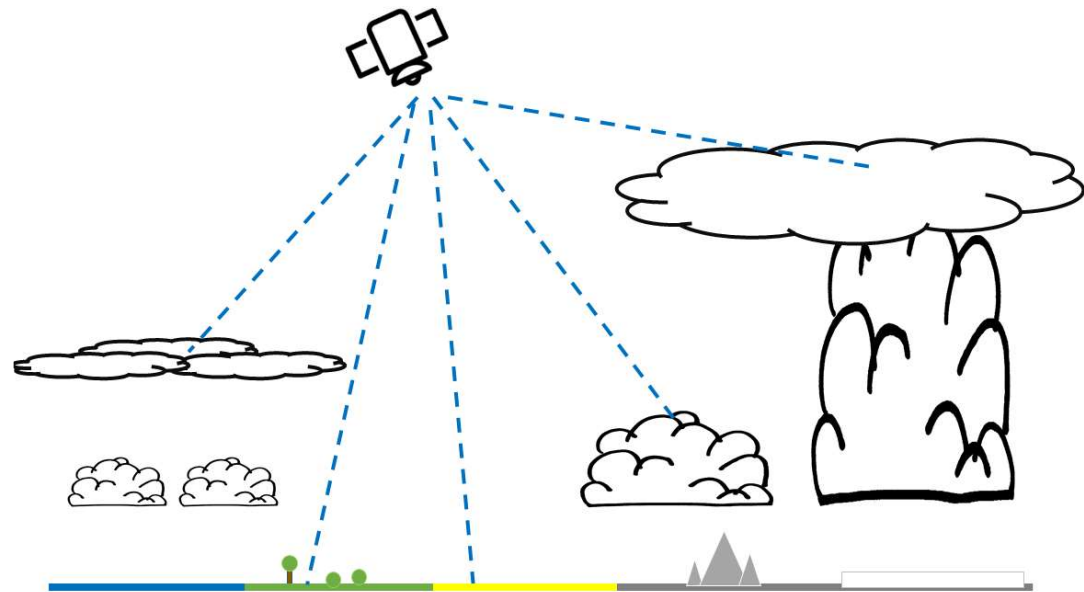
Messprinzip

- Tastet Erdoberfläche Zeile für Zeile ab
- Elektromagnetische Strahlung
 - Sichtbarer Bereich
 - Infrarot (Temperatur)



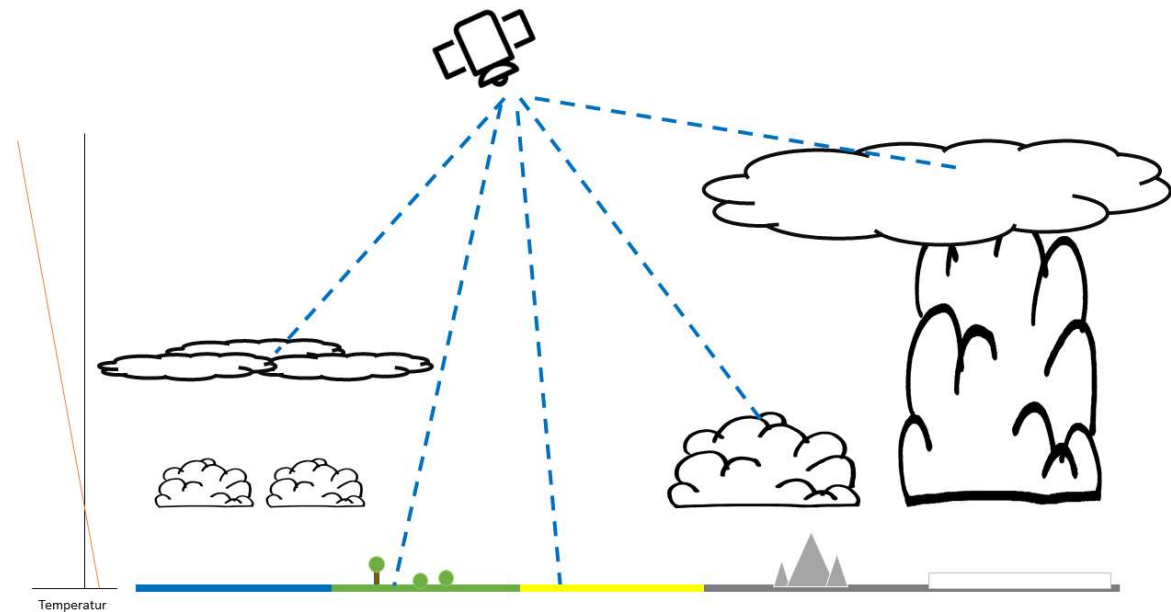
Messprinzip

- Tastet Erdoberfläche Zeile für Zeile ab
- Elektromagnetische Strahlung
 - Sichtbarer Bereich



Messprinzip

- Tastet Erdoberfläche Zeile für Zeile ab
- Elektromagnetische Strahlung
- Infrarot (Temperatur)



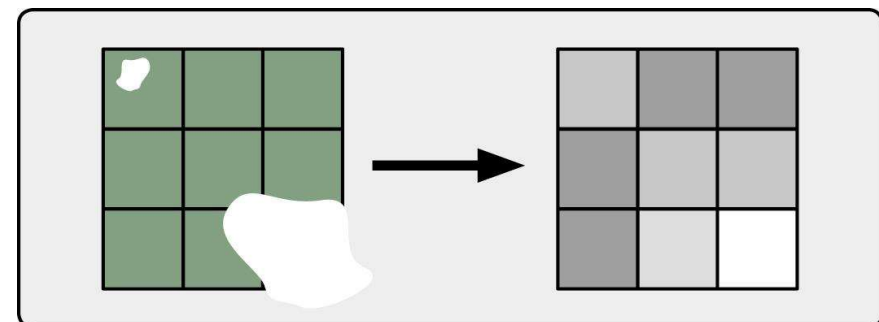
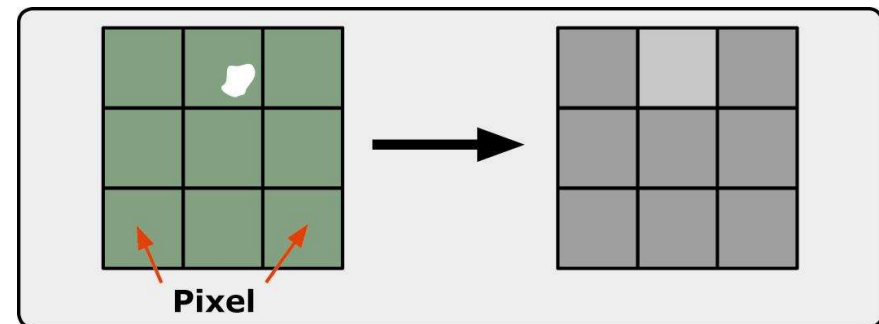
Messprinzip

- ➔ Der Satellit schaut **von oben** auf die Erde und damit auf die Bewölkung.
Es wird in zwei Bereichen des elektromagnetischen Spektrums gemessen:
 1. im sichtbaren Bereich: Dabei entsteht ein ähnlicher optischer Eindruck, den auch ein menschlicher Beobachter (Astronaut) wahrnehmen würde.
 2. im infraroten Bereich: Das entspricht einer Messung der Temperatur an der Wolkenoberkante.
- ➔ Vorsicht bei mehrschichtiger Bewölkung, tiefere Wolkenschichten können für den Satelliten unsichtbar bzw. verborgen sein!
- ➔ Dünne Wolkenschichten (Cirrus) sind halbtransparent

Bilderstellung

- Auflösung 2x2 oder 5x5 km
 - Kleinere Strukturen verschwimmen

256 Graustufen



Aus: Karl-Heinz Hack - Flugwetter

RGB-Komposit Bilder

- Kombination verschiedener Wellenlängen („Kanäle“) zu einem Falschfarbenbild
- Kombiniert Informationen aus unterschiedlichen Spektralbereichen
- „additive Farbmischung“

Kombination			Ergebnis
			
			
			
			
			

Winterlage

- Winterlage Teil 2
- Europa RGB
 - Standbild
 - Loop
- Deutschland
 - Standbild
 - Loop
- [Archivwetterlage Winter](#)

Sommerlage

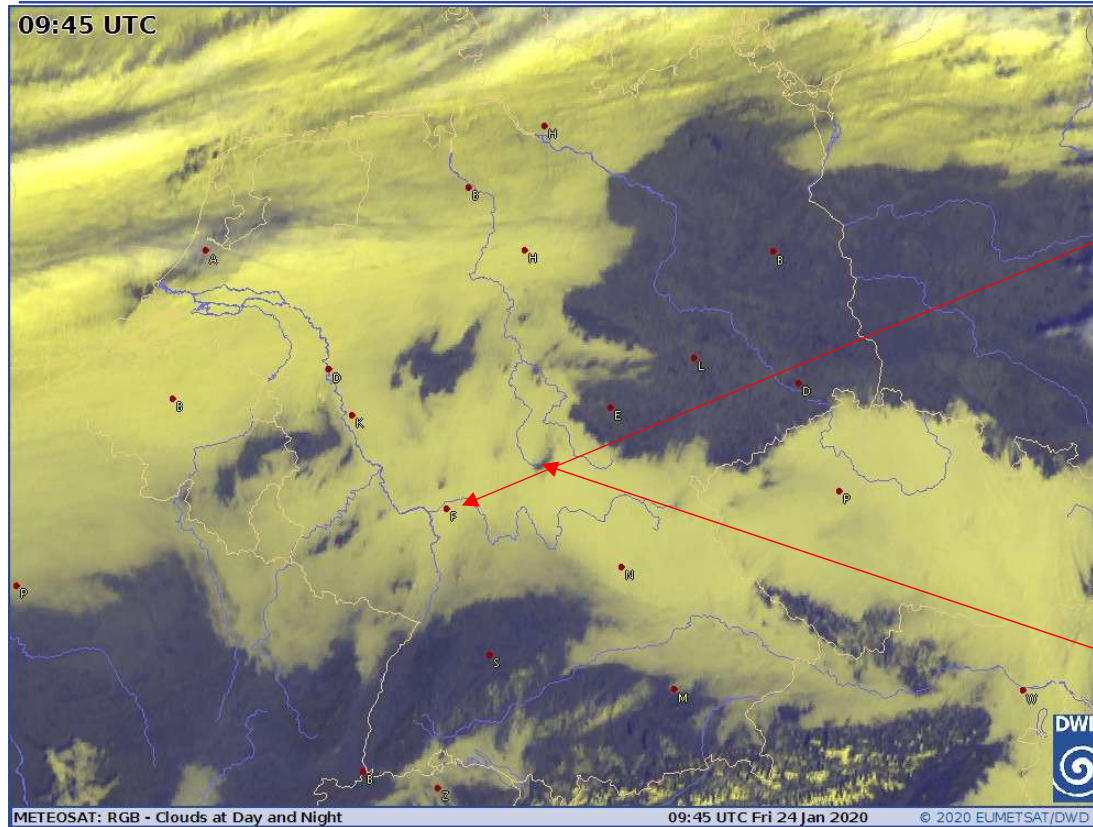
- Sommerlage Teil 1
- Deutschland RGB
 - Standbild
 - Loop
- [Archivwetterlage Sommer](#)

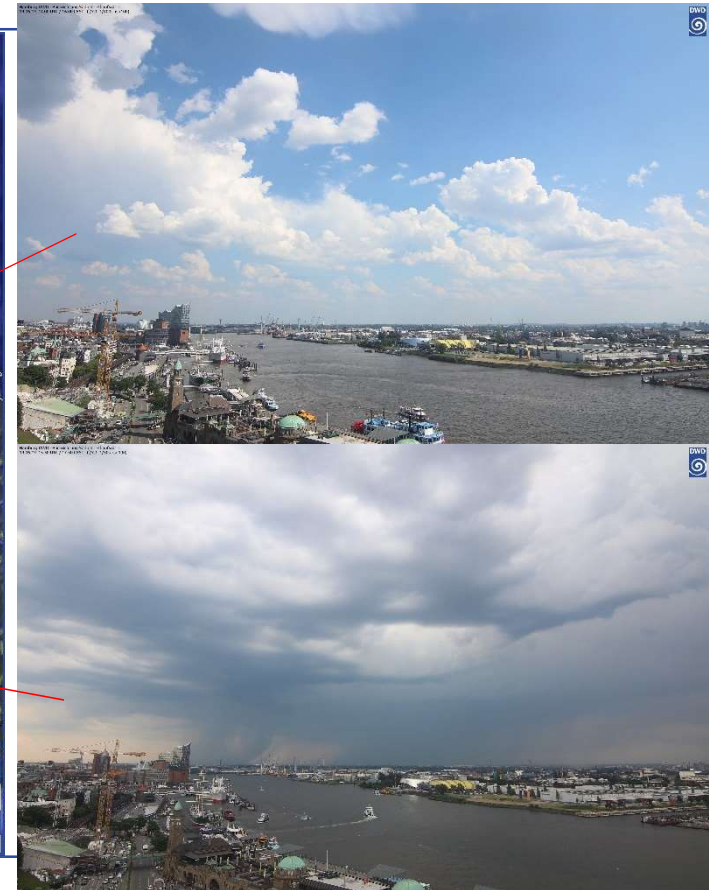
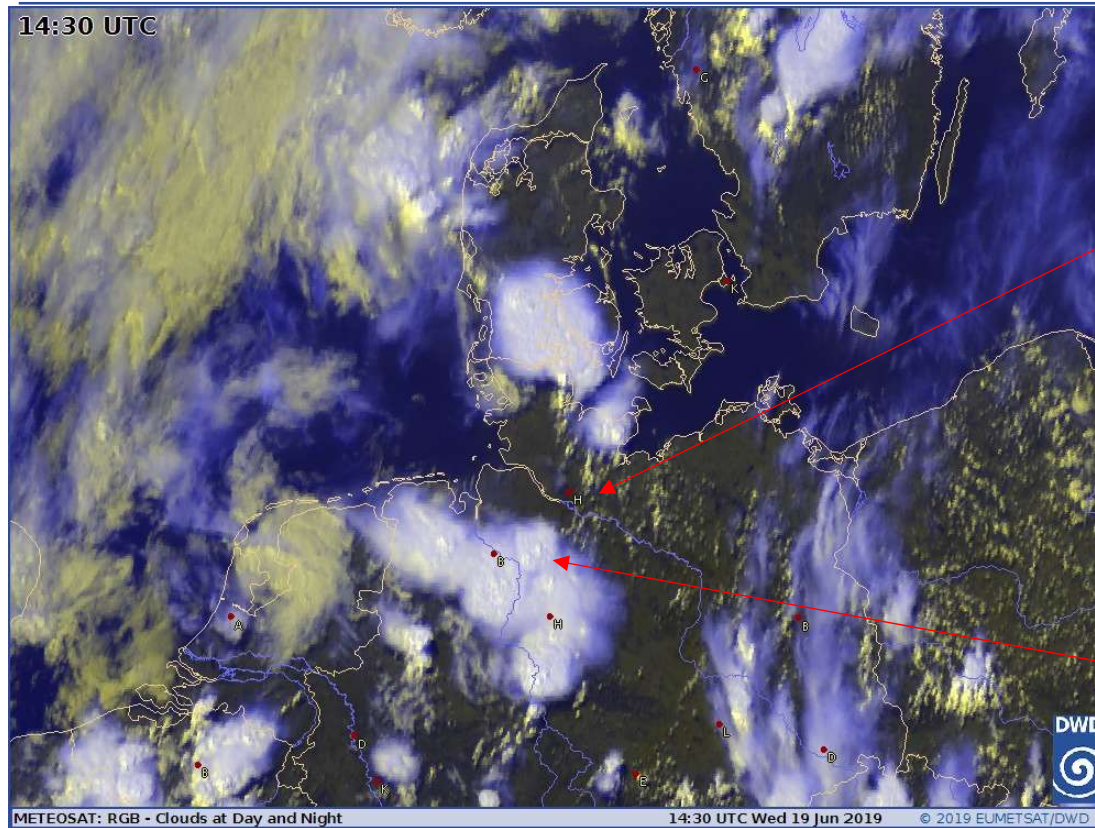


Von der Satellitenperspektive zum Blick aus dem Cockpit

- ➔ Für den sicheren Einsatz von Satellitenbildern bei der Flugvorbereitung ist es wichtig, das Satellitenbild gedanklich ins die Perspektive aus dem Cockpit zu transferieren. Stellen Sie sich die Frage: „Was sehe bei diesem Satellitenbild, wenn ich aus dem Cockpitfenster schaue?“
- ➔ Zur Übung bzw. als Hilfestellung:
Vergleich Satellitenbild mit Webcambildern oder Blick aus dem Fenster



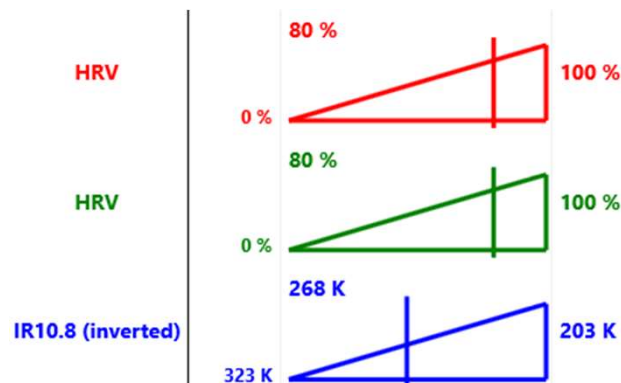




Legende RGB-Bild

Farbe	Interpretation
	Wasseroberfläche (Meer)
	Bewachsene Landoberfläche (kleine Farbunterschiede aufgrund der Vegetation) Wüste erscheint olivgrün
	Wolken mit niedriger Obergrenze: flache Cumuli, Stratus, Stratocumulus, Nebel Schnee
	Hohe, optisch dünne Wolken: Cirrus, Cirrostratus
	Hochreichende, optisch dicke Bewölkung: Cumulonimbus, Nimbostratus Mehrere übereinanderliegende Wolkenschichten

RGB-Beispiel: Warum erscheint Nebel/Stratus gelb?

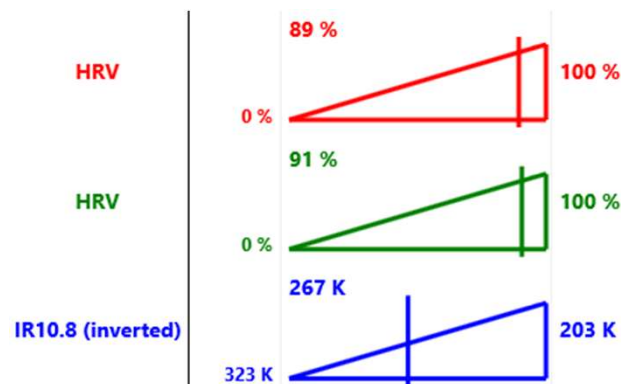


HRV: High Resolution Visible
(Skala 0 bis 100 %)

IR10.8: Infrarot mit der Wellenlänge 10,8 μm
(Skala 323 bis 203 Kelvin = +50 bis -70 $^{\circ}\text{C}$)

- Rot und grün:
Nebel und Stratus sind für das menschliche Auge (und damit für den Satelliten im sichtbaren Bereich) gut sichtbar. Daraus ergeben sich hohe Grün- und Rotanteile, hier 80%.
- Blau:
Nebel und Stratus befinden sich in tiefen Atmosphärenschichten und sind daher relativ warm, hier etwa 268 K (-5 $^{\circ}\text{C}$). Der Wert liegt eher im unteren Bereich der Farbskala, somit ist der Blauanteil relativ gering.

RGB-Beispiel: Warum erscheint Schnee gelb?

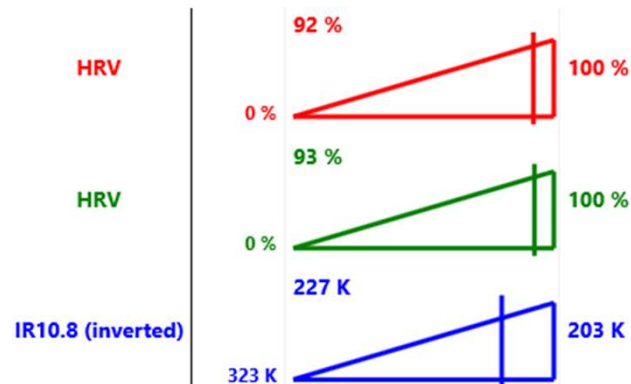


HRV: High Resolution Visible
(Skala 0 bis 100 %)

IR10.8: Infrarot mit der Wellenlänge 10,8 μm
(Skala 323 bis 203 Kelvin = +50 bis -70 $^{\circ}\text{C}$)

- Rot und grün:
Schnee für das menschliche Auge (und damit für den Satelliten im sichtbaren Bereich) gut sichtbar. Daraus ergeben sich hohe Grün- und Rotanteile, hier um 90%.
- Blau:
Eine Schneedecke ist am Erdboden und hat i.d.R. eine Temperatur knapp unter 0 $^{\circ}\text{C}$ (hier 267 K, -6 $^{\circ}\text{C}$). Dieser Wert liegt eher im unteren Bereich der Farbskala, somit ist der Blauanteil relativ gering.

RGB-Beispiel: Warum erscheinen frontale Bewölkung und CB weiß?

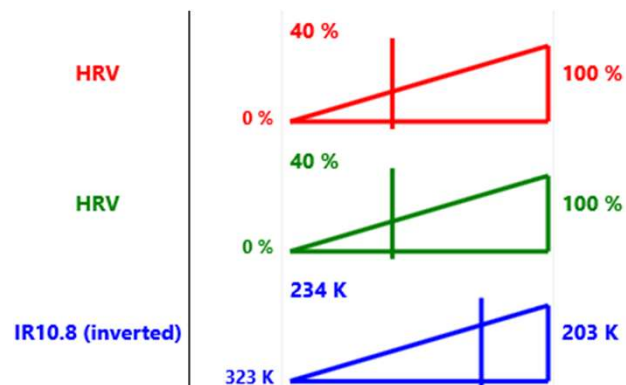


HRV: High Resolution Visible
(Skala 0 bis 100 %)

IR10.8: Infrarot mit der Wellenlänge 10,8 μm
(Skala 323 bis 203 Kelvin = +50 bis -70 °C)

- Rot und grün:
Hochreichend kompakte Bewölkung reflektiert und absorbiert viel Licht und erscheint daher von oben betrachtet sehr hell. (Nur sehr wenig Licht kommt bis zum Erdboden durch, daher wird solche Bewölkung von unten als dunkelgrau wahrgenommen)
- Blau:
Frontale Bewölkung und CB reichen sehr weit nach oben in die Atmosphäre (oft bis zur Tropopause) und sind daher an ihrer Oberseite sehr kalt, hier 227 K (-46°C). Dieser Wert liegt am oberen Rand der Farbskala, somit ist der Blauanteil ebenfalls hoch.

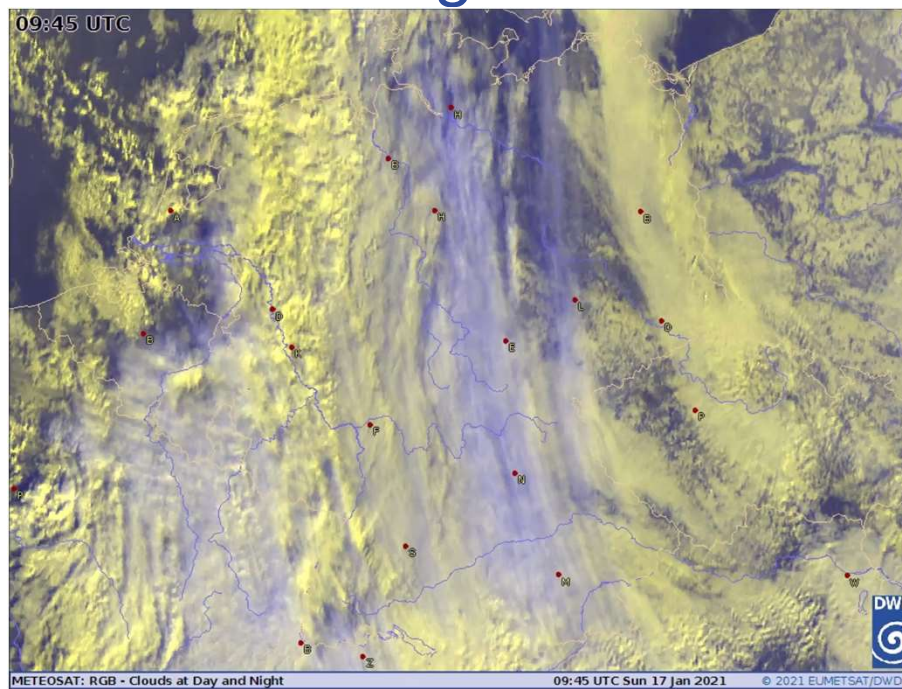
RGB-Beispiel: Warum erscheint dünner Cirrus bläulich?



HRV: High Resolution Visible
(Skala 0 bis 100 %)
IR10.8: Infrarot mit der Wellenlänge 10,8 μm
(Skala 323 bis 203 Kelvin = +50 bis -70 °C)

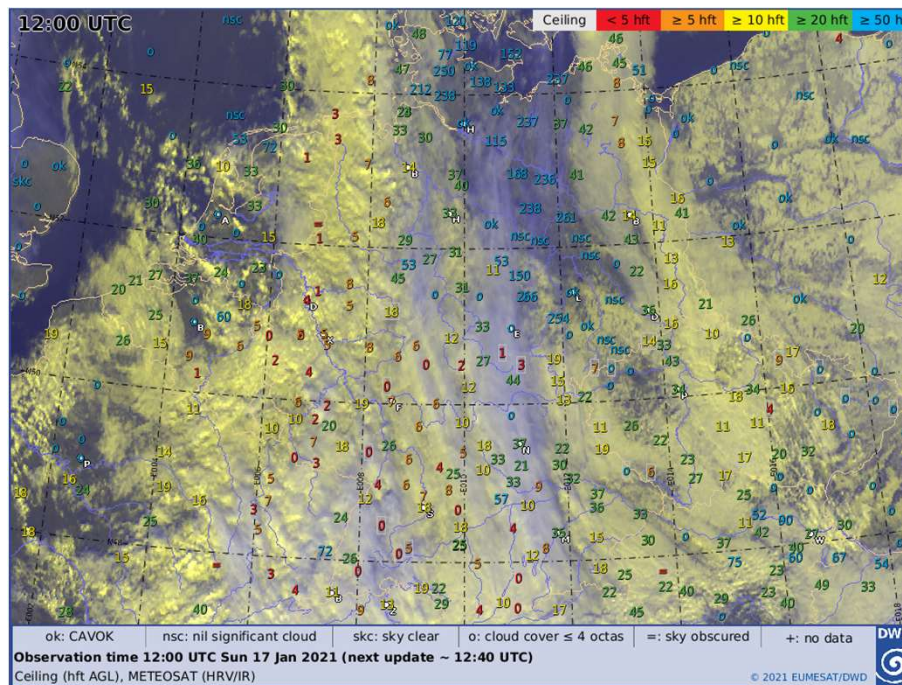
- Rot und grün:
Dünne Cirrusbewölkung erscheint dem menschlichen Auge halbdurchsichtig. Man kann z.B. trotz dichter Cirrus-Bewölkung oft die Sonne sehen. Somit ist der Wert im sichtbaren Spektralbereich moderat, hier 40%.
- Blau:
Cirrus-Bewölkung befindet sich in hohen Atmosphärenschichten, hat also eine niedrige Temperatur, hier 234 K (-39°C). Das entspricht einem höheren Wert auf der Farbskala, somit ist der Blauanteil vergleichsweise hoch.

Unterscheidung Schnee und tiefe Wolken/Nebel



Film:
Was bewegt sich?
Was ist stationär?

Unterscheidung Schnee und tiefe Wolken/Nebel

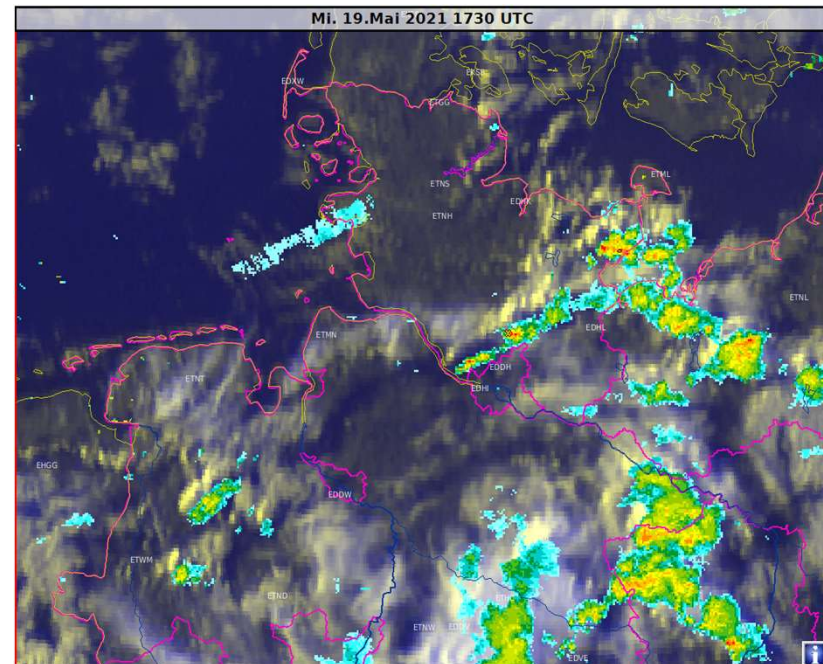
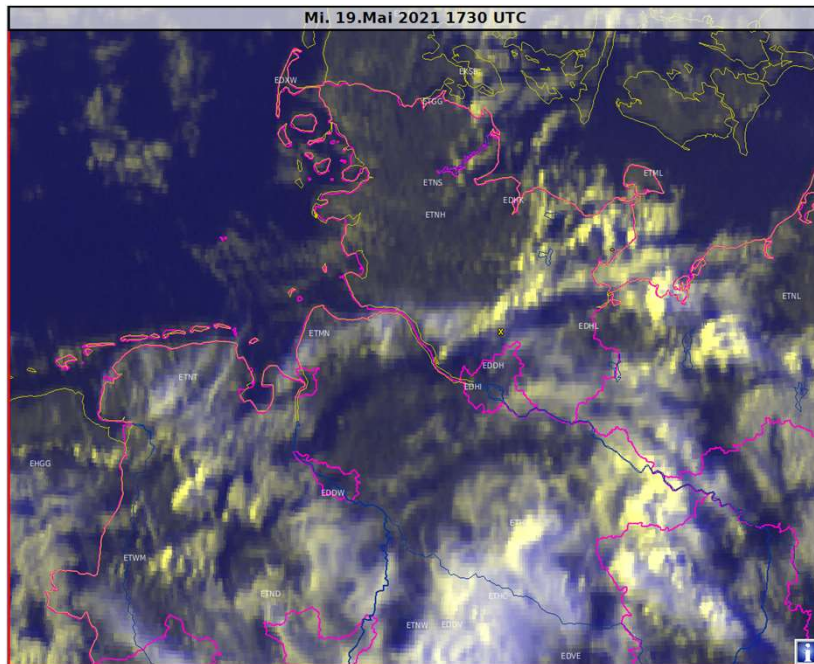


Abgleich mit
Meldungen der
Wolkenuntergrenze
(Achtung, es wird nur
die Ceiling angezeigt,
nicht unbedingt die
tiefste Wolke)

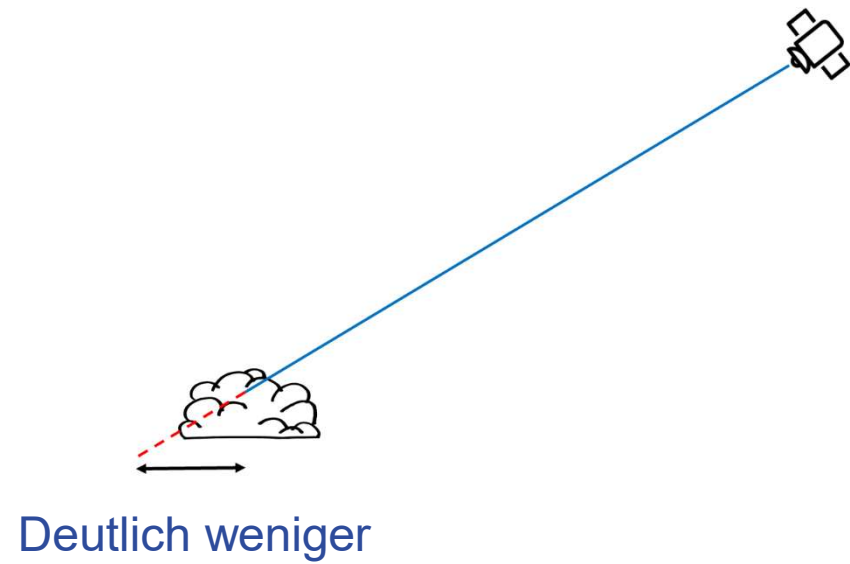
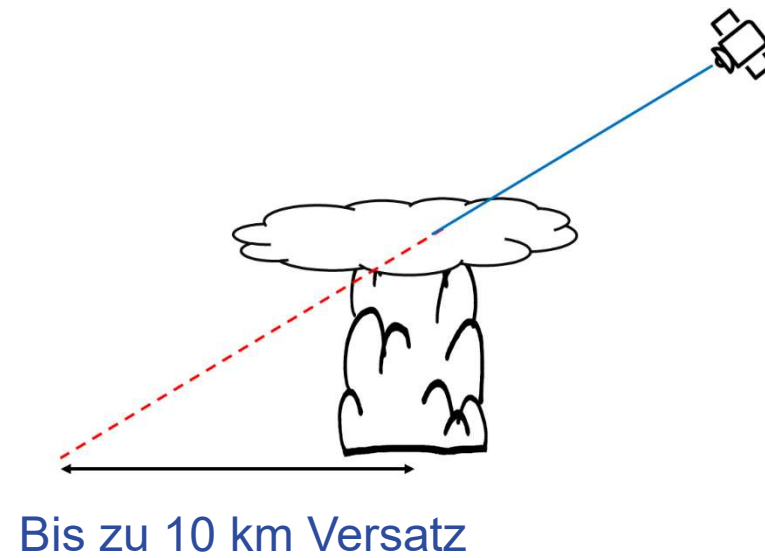
Winter
Sommer



Parallaxenfehler Satellit vs. Radar



Parallaxenfehler Ursprung



Parallaxenfehler

- Hochreichende Quellbewölkung erscheint im Satellitenbild nach Norden verschoben (im Vergleich zum Radarbild)
- Bei flacher Bewölkung kaum ein Unterschied
- Für die **Ortsbestimmung** ist das **Radarbild** genauer!



Ergänzung IFR: Infrarot-Satellitenbilder

- Die angezeigte Temperatur kann in guter Näherung als Temperatur an der Wolkenoberseite angenommen werden
 - Ausnahme bei dünner Cirrusbewölkung
- Ein Vergleich mit einem (vorhergesagten) Vertikalprofil **aus der richtigen Region** und **zum richtigen Zeitpunkt** lässt auf die Höhe der Wolkenobergrenze schließen
- Vorteil: Beobachtung der Wolkenobergrenze ermöglicht Vergleich mit Vorhersagen

pc_met - Internet Service : DEMO-Version !

Wählen Sie ein Produkt:

SAT RAD BLITZ

Radarbilder

Blitzkarte Europa

Satellitenbilder IR

- Europa
- Mitteleuropa
- Deutschland Nord/Küstengebiete
- Deutschland
- Deutschland Süd/Alpenbereich

Satellitenbilder HRV

- Europa
- Mitteleuropa
- Deutschland Nord/Küstengebiete
- Deutschland
- Deutschland Süd/Alpenbereich

Satellitenbilder RGB

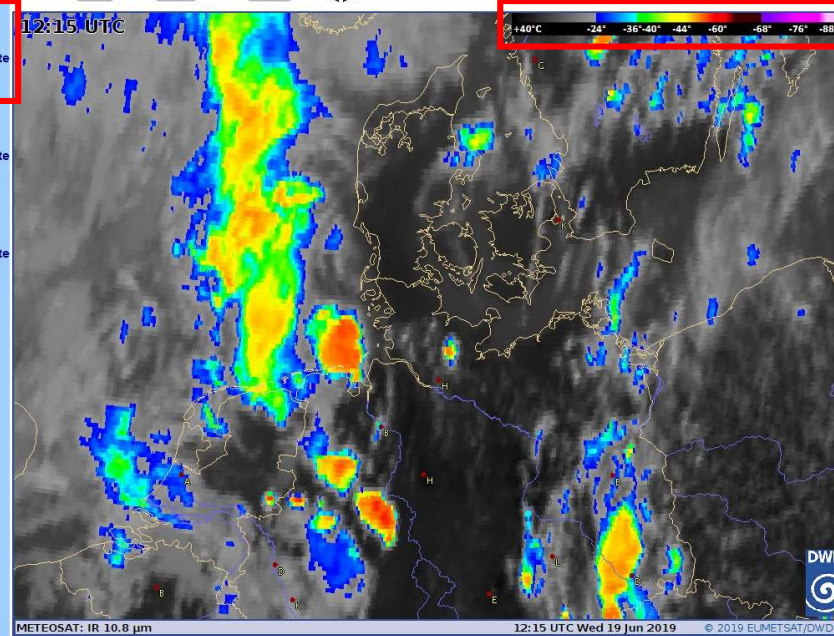
- Europa
- Mitteleuropa
- Deutschland Nord/Küstengebiete
- Deutschland
- Deutschland Süd/Alpenbereich

Information zu Satellitenbilder

Impressum

Deutschland Mitte Infrarot

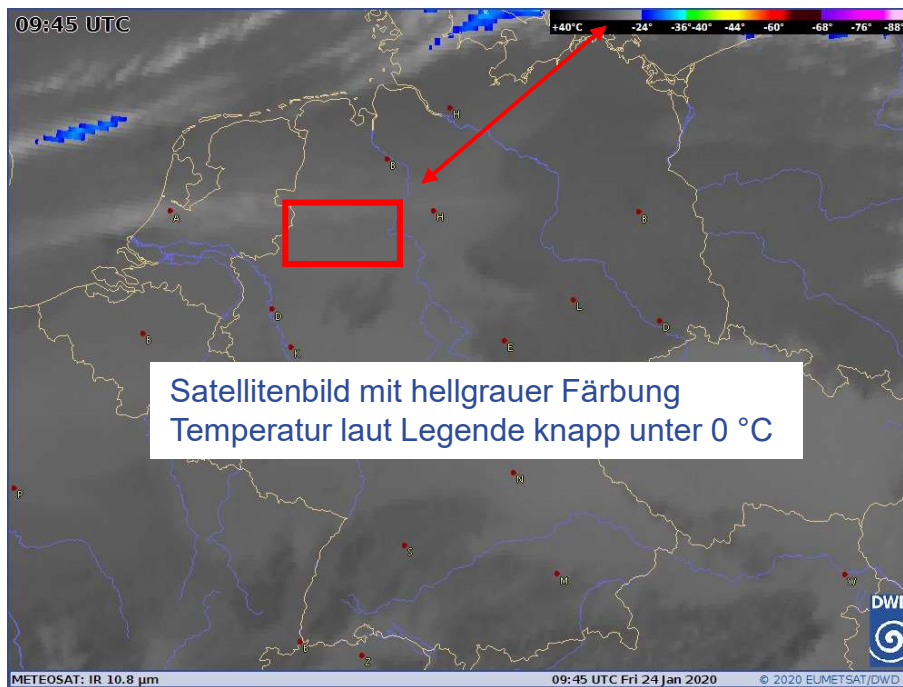
Anzahl Bilder: Intervall: Sekunden



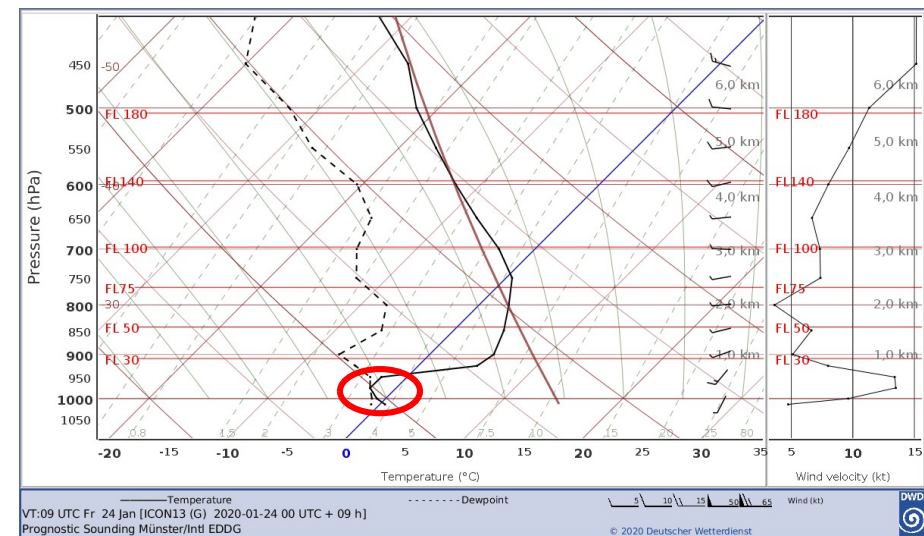
Legende

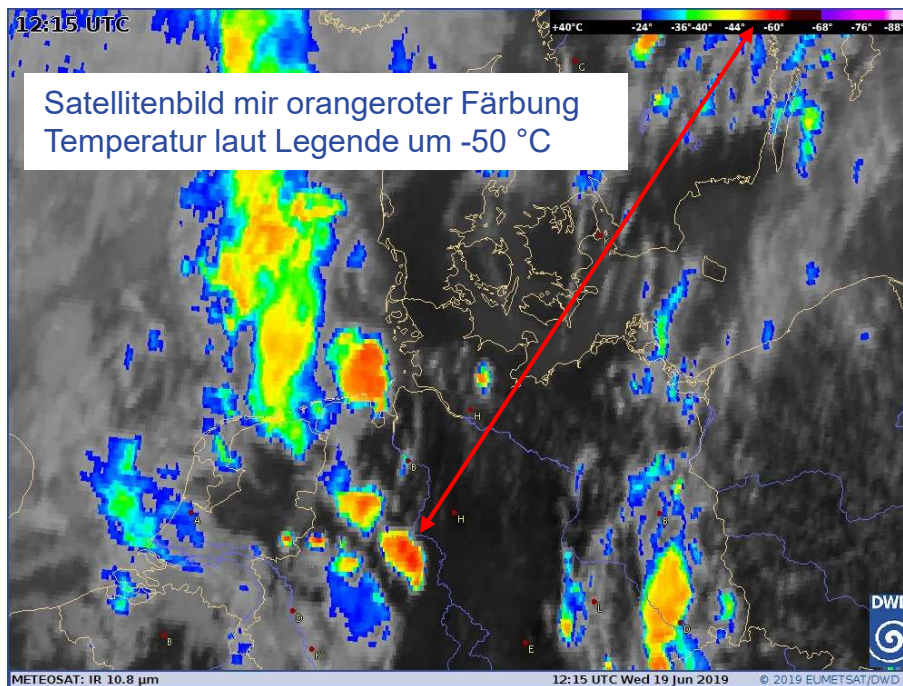


Copyright © DWD, 1999-2023



TEMP EDDG 09 UTC
in Bodennähe sind Temperatur und Taupunkt nahe
beieinander → Wolke
Bei ungefähr -2°C gehen Temperatur und Taupunkt
weit auseinander, Temperatur ähnlich wie im Satellitenbild
→ Wolkenobergrenze (ca. 1500-2000 FT AMSL)

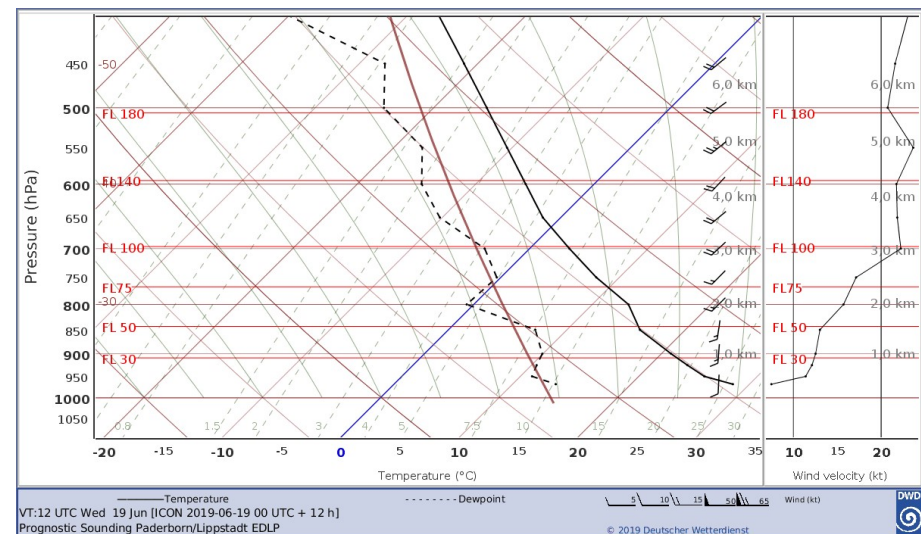




TEMP EDLP 12 UTC

Obergrenze der Darstellung etwa FL240, dort Temperatur von ca. -27 °C → Die Schicht mit -50 °C liegt noch deutlich höher

Die Obergrenze von -27 °C und damit hier FL240 passt für den Bereich südwestlich der rotorangenen Zelle (blaue Färbung)



Nutzung von Satellitenbildern

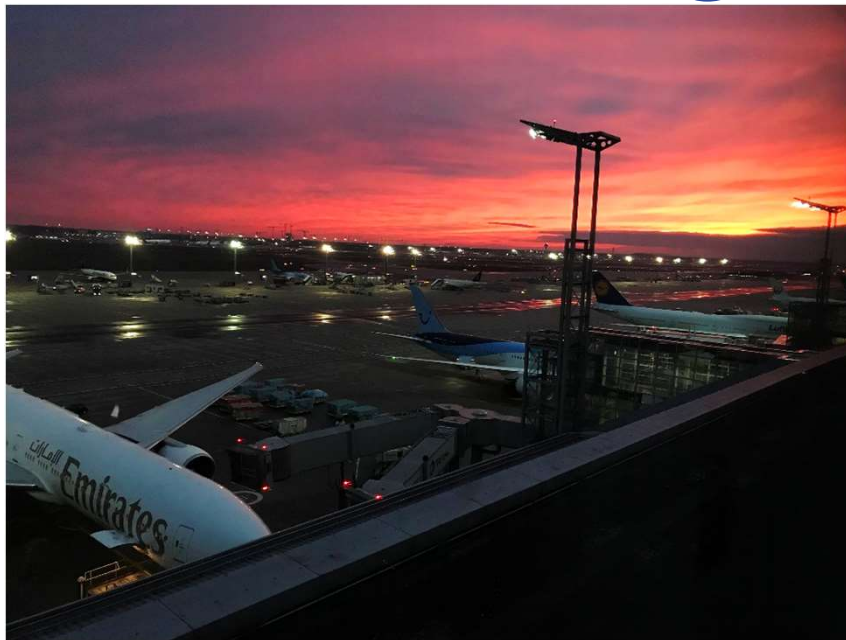
- ➔ Wolkenstrukturen erkennen
- ➔ Immer bewegte Bilder anschauen
- ➔ Nach Möglichkeit RGB-Bilder
- ➔ Von der Satellitenperspektive zum Boden bzw. ins Cockpit transferieren
 - ➔ Webcams sind eine gute Hilfe

Siehe auch [flugwetter.de](https://www.flugwetter.de) > Satelliten > Information zu Satellitenbildern

https://www.dwd.de/DE/fachnutzer/luftfahrt/download/produkte/satellitenbilder/satellit_download.pdf?__blob=publicationFile&v=5



Fragen?



Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit!