

Interpretation von Satellitenbildern

Inhalt

1. Motivation.....	2
2. Satellitentypen.....	2
2.1 Geostationäre Satelliten	2
2.2 Polarumlaufende Satelliten.....	2
3. Satellitenbilder.....	4
3.1. Bildausschnitte	4
3.2 Bildauflösung.....	5
3.3 Infrarot-Bilder	5
3.4 HRV-Bilder	7
3.5 RGB-Bilder	9
3.6 SAT RAD BLITZ.....	11
4. Verfügbarkeit.....	12
5. Kontakt.....	12

1. Motivation

Wetterstationen sind nicht gleichmäßig über die Erde verteilt und liefern nicht immer Daten in kurzen Zeitabständen. Insbesondere über Meeresgebieten und Wüstenregionen werden wenig bis gar keine Messwerte von meteorologischen Größen erfasst. Diese Beobachtungslücken lassen sich mit Hilfe von Satellitendaten verkleinern oder sogar schließen.

2. Satellitentypen

Je nach Umlaufbahn des Satelliten werden zwei unterschiedliche Satellitentypen für meteorologische Messungen verwendet:

2.1 Geostationäre Satelliten

Die Position des Satelliten ist in 36.000 km Höhe über dem Äquator. In dieser Höhe dreht sich der Satellit mit gleicher Geschwindigkeit um die Erde wie die Erde um sich selbst. Dadurch erscheint der Satellit von der rotierenden Erde aus betrachtet als stationär.

Vorteile (Beispiel Meteosat MSG):

- Bilder mit hoher Frequenz vom gleichen Ausschnitt
- alle 15 Minuten ein neues Bild von der kompletten Erdscheibe
- alle 5 Minuten ein Teilbild, begrenzt Ausschnitt Europa (Rapid Scan)

Nachteile

- Auflösung begrenzt durch große Flughöhe
- Auflösungsver schlechterung insbesondere zu hohen Breiten hin, da der Blickwinkel in hohen Breiten immer schlechter wird.
- Keine Messungen in hohen Breiten $>78^\circ$

Europa betreibt unter dem Namen METEOSAT (Organisation EUMETSAT) mehrere Satelliten auf geostationären Umlaufbahnen. Aktuell ist die zweite Satellitengeneration MSG (Meteosat Second Generation) im operationellen Betrieb: Über dem Schnittpunkt von Nullmeridian und Äquator befindet sich METEOSAT 10, welcher alle 15 Minuten die Erdscheibe in zwölf Spektralbereichen abtastet. Ein weiterer Satellit, METEOSAT 9, erstellt sogar alle 5 Minuten Bilder für einen Bereich von Nordafrika bis mittleres Skandinavien.

2.2 Polarumlaufende Satelliten

Polarumlaufende Satelliten umkreisen die Erde über die beiden Pole hinweg in wesentlich niedrigeren Höhen zwischen 820 und 870 km. Da der Orbit der Umlaufbahn konstant bleibt, dreht sich die Erde unter dem Satelliten hinweg. Eine Erdumrundung dauert etwa 100 Minuten.

Vorteile

- Durchgängig hohe Auflösung, meist besser als 1 x 1 km

Nachteile

- Bildsequenz nur in relativ langen Abständen
- Bildausschnitt variiert jedes Mal
- Bilder eignen sich dadurch nicht für Animationen

Daher werden diese Daten durch den DWD zwar genutzt, aber nicht im Briefingportal www.flugwetter.de zur Verfügung gestellt.

Bild 1 zeigt das Schema eines polarumlaufenden Satelliten. Die Rotationsachse des Satelliten bleibt konstant, währenddessen dreht sich die Erde unter dem Satelliten hinweg. Dadurch „sieht“ er bei jedem Umlauf einen anderen Streifen der Erde.



Abbildung 1: Polarumlaufende Satellitenbahn

Bild 2 zeigt das System aus geostationären und polarumlaufenden Satelliten

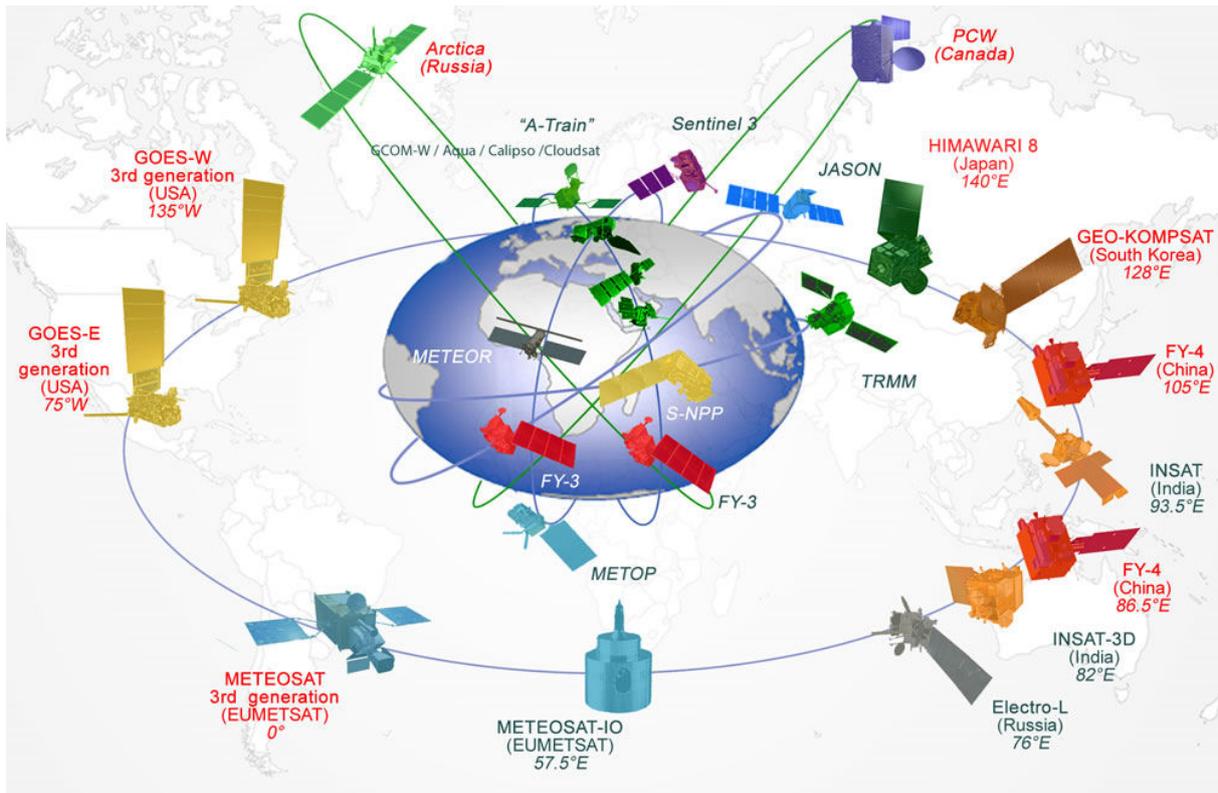


Abbildung 2: Globales Wettersatellitensystem (Quelle EUMETSAT)

3. Satellitenbilder

Die Messungen sind flächendeckend und mit hoher zeitlicher Wiederholrate, damit haben sie einen großen Nutzen für Wetterüberwachung und -vorhersage. Die Kombination mehrerer Messkanäle im sichtbaren und infraroten Licht erlaubt die Herleitung verschiedenster Parameter zur Analyse der Wettersituationen. Gerade in Verbindung mit anderen Daten wie Radar- und Blitzortungsdaten und der Betrachtung von Bildfolgen lassen sich Aussagen über die kurzfristige Wetterentwicklung der nächsten 1-2 Stunden machen. Aus der Verlagerung von Wolken- und Feuchtestrukturen zwischen aufeinander folgenden Bildern können Windvektoren abgeleitet werden, die neben anderen Parametern Eingang in die numerische Wettervorhersage (NWV) finden und dort zu einer Qualitätssteigerung führen.

Für Piloten stellt der Deutsche Wetterdienst folgende die nachfolgenden Bilder bereit.

3.1. Bildausschnitte

Alle Satellitenbilder werden für folgende Ausschnitte zur Verfügung gestellt:

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

Es ist ratsam, zunächst mit einem größeren Ausschnitt als Übersicht zu beginnen um dann ggf. weitere Details mit den 3 letztgenannten Ausschnitten zu analysieren.

Alle Bilder haben eine maximale Auflösung von 1 x 1 km. Dieser wird allerdings nur in den letztgenannten Ausschnitten erreicht.

3.2 Bildauflösung

Die Bilder in den Ausschnitten Deutschland Nord/Küstengebiete, Deutschland und Deutschland Süd/Alpenbereich decken ein Gebiet ab, das in West-Ost-Richtung etwa 1000 km und in Nord-Süd etwa 800 km umfasst. Die Bildauflösung beträgt 1000 x 750 Pixel. Das bedeutet, dass pro Pixel etwa ein Quadratkilometer Fläche dargestellt wird. Die maximale Auflösung des HRV-Kanals und der RGB-Kanäle in dieser geographischen Breite beträgt ebenso 1 km. d.h. dass in den o.g. Bildausschnitten die maximale Performanz erzielt wird.

Das menschliche Auge kann allerdings einen einzelnen Pixel i.d.R. nicht als eigenständiges Objekt wahrnehmen. Daher sollte man davon ausgehen, dass erst größere Objekte mit mindestens 4 Pixeln wahrnehmbar sind. Aus diesem Grund werden verschwimmen also Wolkenstrukturen unterhalb von 2 km in einem „Grauschleier“.

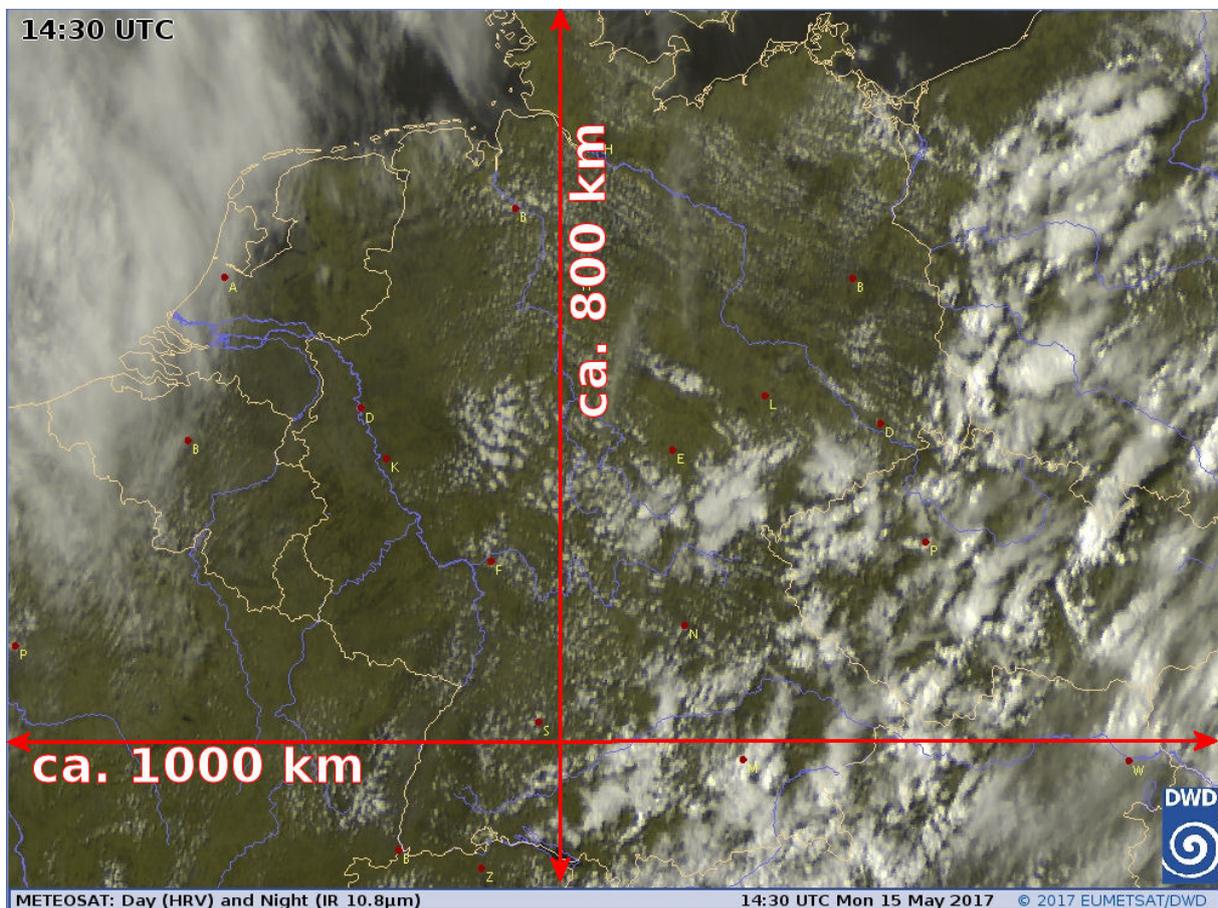


Abbildung 3: höchste Auflösung nur in den Ausschnitten Deutschland Nord/Küstengebiete, Deutschland und Deutschland Süd/Alpenbereich

3.3 Infrarot-Bilder

Infrarotbilder liefern ein Temperaturbild der Erd- bzw. Wolkenoberfläche. Bei wolkenlosem Himmel wird die Temperatur der Erdoberfläche wiedergegeben. Falls Wolken vorhanden sind, liefert das Bild die Temperatur der Wolkenobergrenze. Was sich darunter befindet bleibt in diesem Bild verborgen.

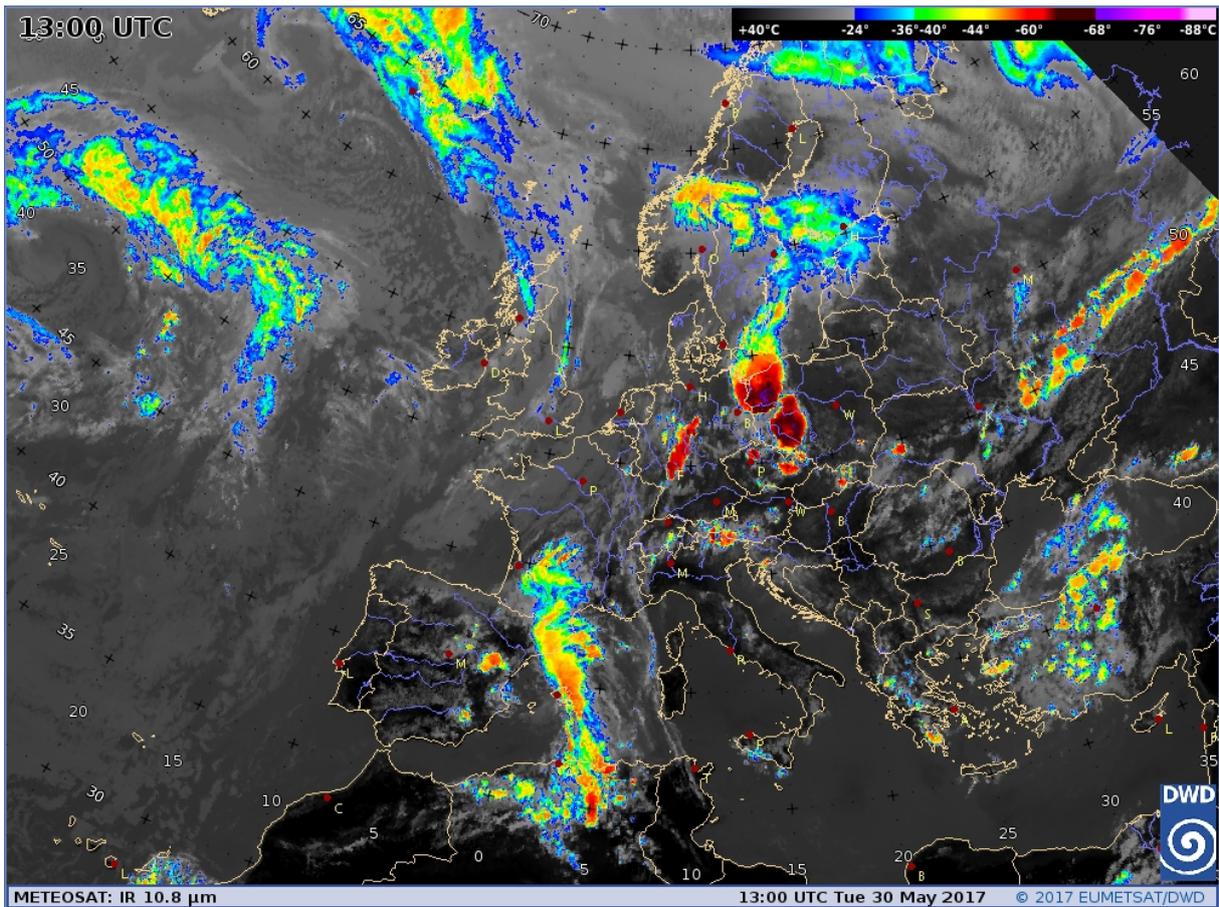


Abbildung 4: IR-Satellitenbild Ausschnitt Europa 30. Mai 2017 13:00 UTC

Die Temperaturzonen unterhalb von -24 °C sind gemäß folgender Legende eingefärbt:



Abbildung 5: Legende Temperatur

Die Einfärbung beginnt unterhalb von -24 °C. Dieser Schwellenwert wurde so gewählt, weil i.d.R. zur Entstehung von Gewittern die Temperatur an der Wolkenobergrenze diesen Wert unterschreiten muss. Liegt die gewählte Flugstrecke in einem Gebiet ohne Einfärbung, dann kann man in erster Näherung davon ausgehen, dass zumindest zum gegenwärtigen Zeitpunkt noch keine Gewitter möglich sind.

Gewitter zeichnen sich übrigens zuerst im Satellitenbild ab, erst später kann der im CB entstehende Niederschlag auch im RADAR-Bild festgesellt werden. Daher ist das Satellitenbild in der Früherkennung von Gewittern dem Radarbild etwa 15 Minuten voraus.

In erster Näherung kann man daraus auch die Höhe der Wolkenobergrenze ableiten, sofern man die mittlere Temperaturverteilung und Temperaturabnahme der ICAO-Standardatmosphäre unterstellt. Die gemessenen Temperaturen entsprechen dann näherungsweise folgenden Flugflächen.

t (°C)	-24°C	-35°C	-40°C	-44°C	-50°C	-56°C	-64°C	-68°C	-76°C	-88°C
FL (ISA)	200	250	280	300	330	360	400	420	460	520

Abbildung 6: Flugflächenzuordnung zur Temperatur der ICAO Standard Atmosphäre (ISA)

Bemerkung: Unterhalb von $-56,5\text{ °C}$ (Tropopausentemperatur gem. ICAO Standard) wurde der Gradient von $2\text{ °C}/1000\text{ ft}$ bzw. $0,65\text{ °C}/100\text{ m}$ fortgesetzt, um zu realistischen Werten zu kommen.

3.4 HRV-Bilder

Diese Bilder stammen vom HRV-Kanal des MSG (Meteosat Second Generation), der mit einem breitbandigen Radiometer den Spektralbereich zwischen $0,4 - 1,1\text{ }\mu\text{m}$ abdeckt. Das Frequenzband HRV (High Resolution Visible) liegt im sichtbaren Bereich des Lichtes und hat den Fokus auf der Erfassung der Oberfläche (Wolken oder wolkenfreie Gebiete). In erster Linie sollen damit konvektive Strukturen (Gewitterzellen) erfasst werden.

Da der HRV-Kanal nachts aufgrund der Dunkelheit keine Informationen wiedergeben kann, wird das HRV-Bild als Kombi-Bild bereitgestellt. Nachts decken IR-Kanäle den von der Sonne nicht ausgeleuchteten Bereich ab, so dass man gerade während der Dämmerungszeiten einen fließenden Übergang zwischen dem HRV- und den IR-Kanälen sieht.

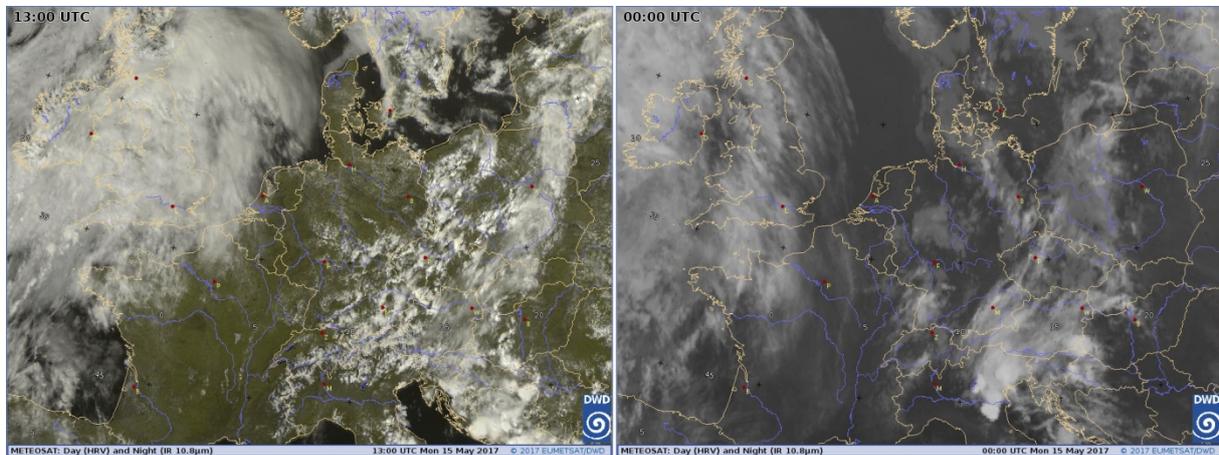


Abbildung 7: HRV-Bild, links Tag (HRFV-Kanal), rechts Nacht (IR-Kanäle)

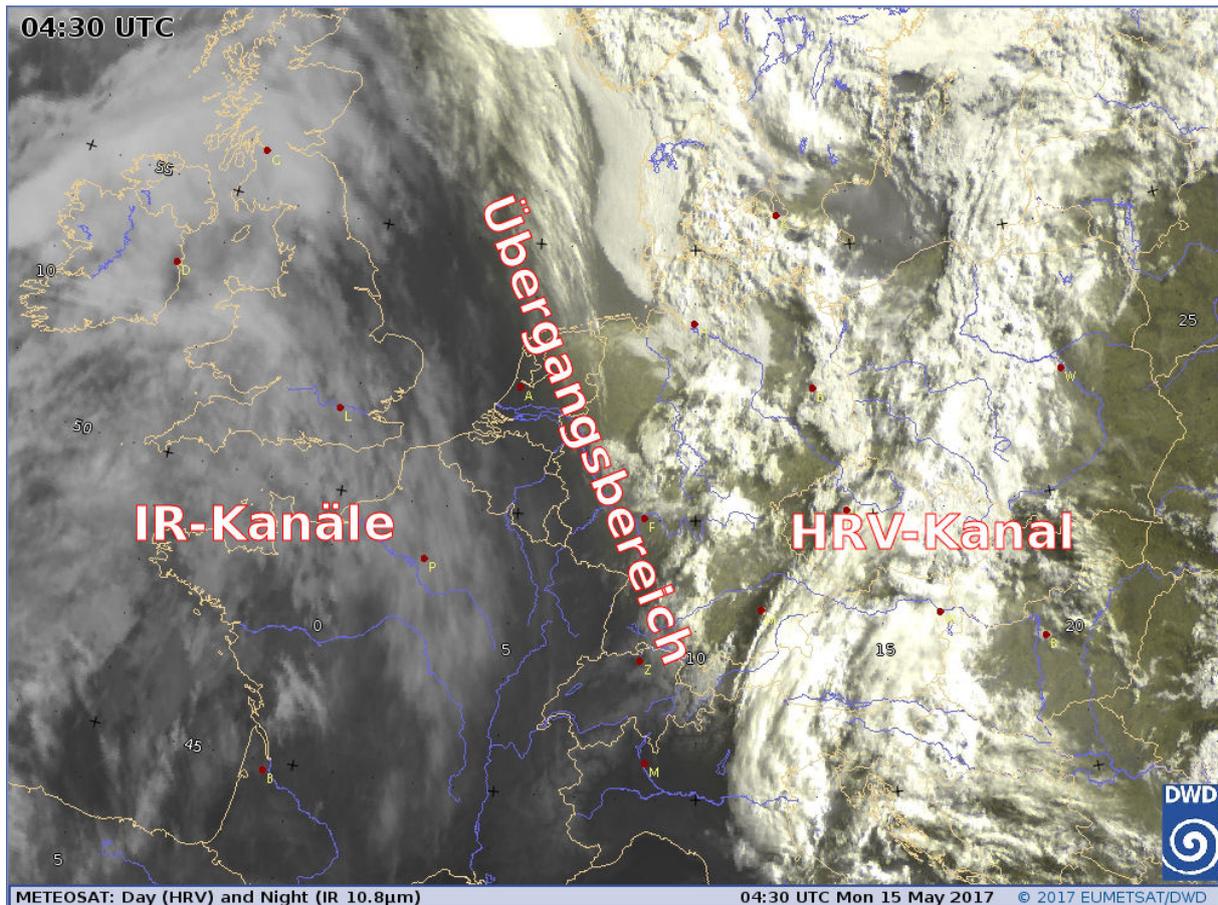


Abbildung 8: HRV-Bild während der Dämmerungszeit (Sonnenaufgang)

Während in der östlichen Bildhälfte bereits der HRV-Kanal verwendet werden kann, müssen im dunklen Westen noch IR-Kanäle (mit geringerer Auflösung) zur Darstellung verwendet werden.

Unter diesem [Satellitenfilm](#) kann man sich über den fließenden Übergang zwischen IR- und HRV Bildern informieren.

Interpretation der HRV-Bilder (tagsüber)

Grundsätzlich gelten folgende Merkmale bezüglich der Farbe:

- hell Wolken, je heller desto dichter/hochreicher sind die Wolken
- grünlich dünne Cirruswolken erscheinen leicht transparent
- grünlich wolkenfreie Erdoberfläche
- dunkelblau wolkenfreie Wasseroberfläche

Bezüglich der Verteilung der Wolkenstrukturen gelten folgende Merkmale:

- flächig Stratiforme Wolken, z.B. Wolkenaufzug
- diskret, abgesetzt Konvektive Wolken, z.B. CB/TCU
- perlenartig aufgereiht Wolkenstraßen
- faserig, semitransparent Cirren

Bild 9 zeigt das HRV-Bild vom 15.05.2017 15 UTC. Es werden einige Strukturen erläutert.

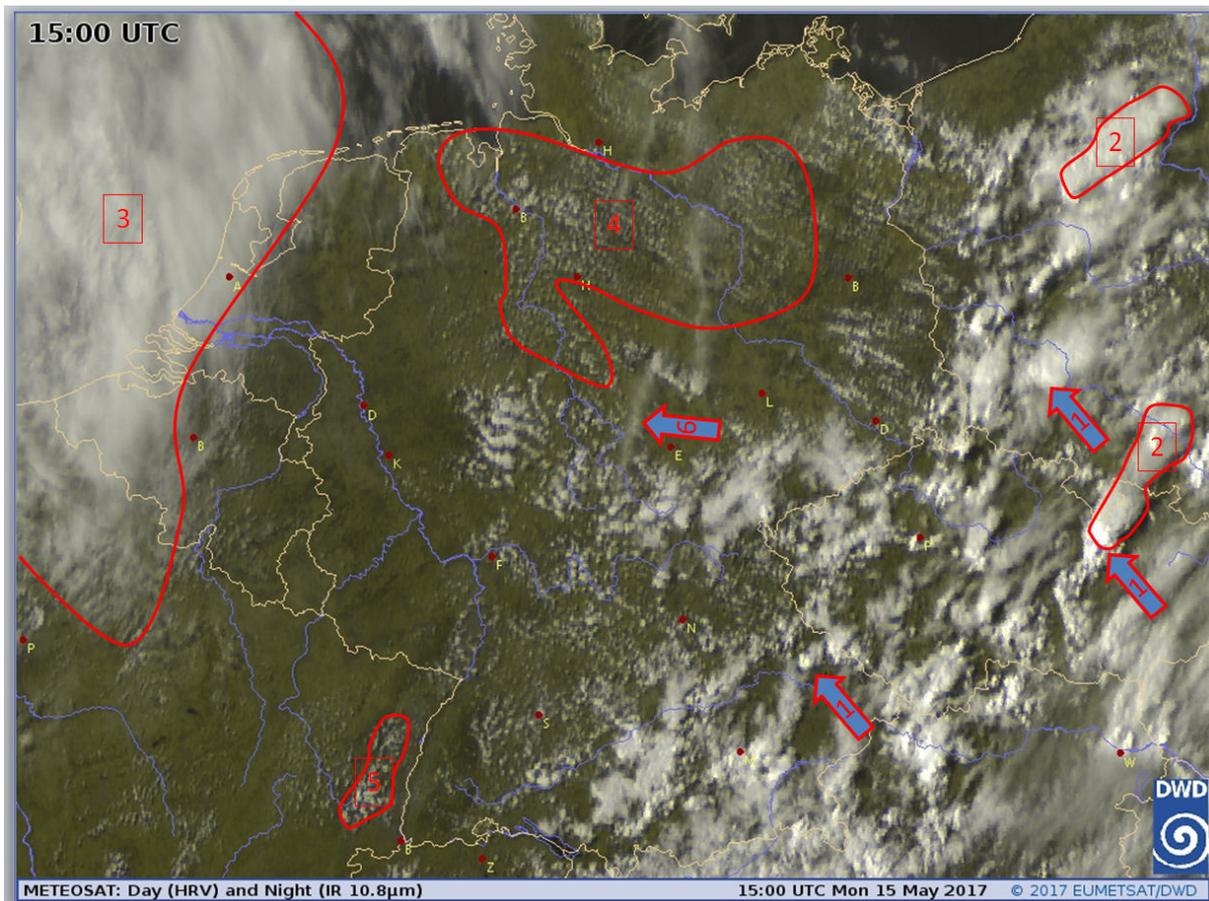


Abbildung 9: HRV Bild mit ausgewählten Wolkenstrukturen

1. CB's
2. Cirrus-Rauchfahnen der CB's
3. Wolkenaufzug vor Warmfront
4. Wolkenstraßen
5. Verstärkte Konvektion im Bereich der Vogesen
6. Cirrus-Bewölkung

Interpretation der HRV-Bilder (nachts)

Da man nachts lediglich IR-Kanäle zur Verfügung hat, gelten ähnliche Interpretationsregeln wie für die Infrarot-Bilder. In dieser Darstellung sind die Bilder allerdings nicht eiongefärbt, daher gilt eine einfache Merkregel: je heller, desto kälter, desto höher

- hell Hohe Wolken, i.d.R. dichte Cirren, Cumulonimbus oder Nimbostratus
- hellgrau mittelhohe Wolken

Achtung: tiefe Wolken haben oft wenig oder keinen Kontrast mit ihrer Umgebung, sie sind daher in der IR-Darstellung nicht oder nur sehr schlecht zu erkennen, besonders im Winter. Das liegt daran, dass die Temperatur an der Wolkenobergrenze sich oft nur wenig von wolkenfreien Gebieten unterscheidet.

3.5 RGB-Bilder

Die Abkürzung RGB steht für Rot-Grün-Blau. Damit soll zum Ausdruck kommen, dass es sich um ein Mehrkanalbild handelt, bei welchen die verschiedenste Kanäle/Farbanteile so gemischt werden, dass als Resultat eine einfache Wolkenerkennung möglich wird. Da nachts

die sichtbaren Kanäle nicht zur Verfügung stehen, ist die Interpretation der Bilder tagsüber und nachts unterschiedlich. Auch bei den RGB-Bildern wird die Technik des „Fließenden Übergangs“ wie bei den HRV-Bildern verwendet.

Interpretation der RGB-Bilder (tagsüber)

Grundsätzlich gelten folgende Merkregeln bezüglich der Farbe:

Bezüglich der Verteilung der Wolkenstrukturen gelten folgende Merkregeln:

- Grün Wolkenfreie Landoberfläche
- Blau Wolkenfreie Wasseroberfläche
- Gelb/Ocker Tiefe und mittelhohe Wolken
- Bläulich-Weiß Hohe Wolken
- Weiß Dichte und kompakte, hochreichende Wolken (CB, Nimbostratus)

Bild 10 zeigt das analoge RGB Bild wie im letzten Abschnitt.

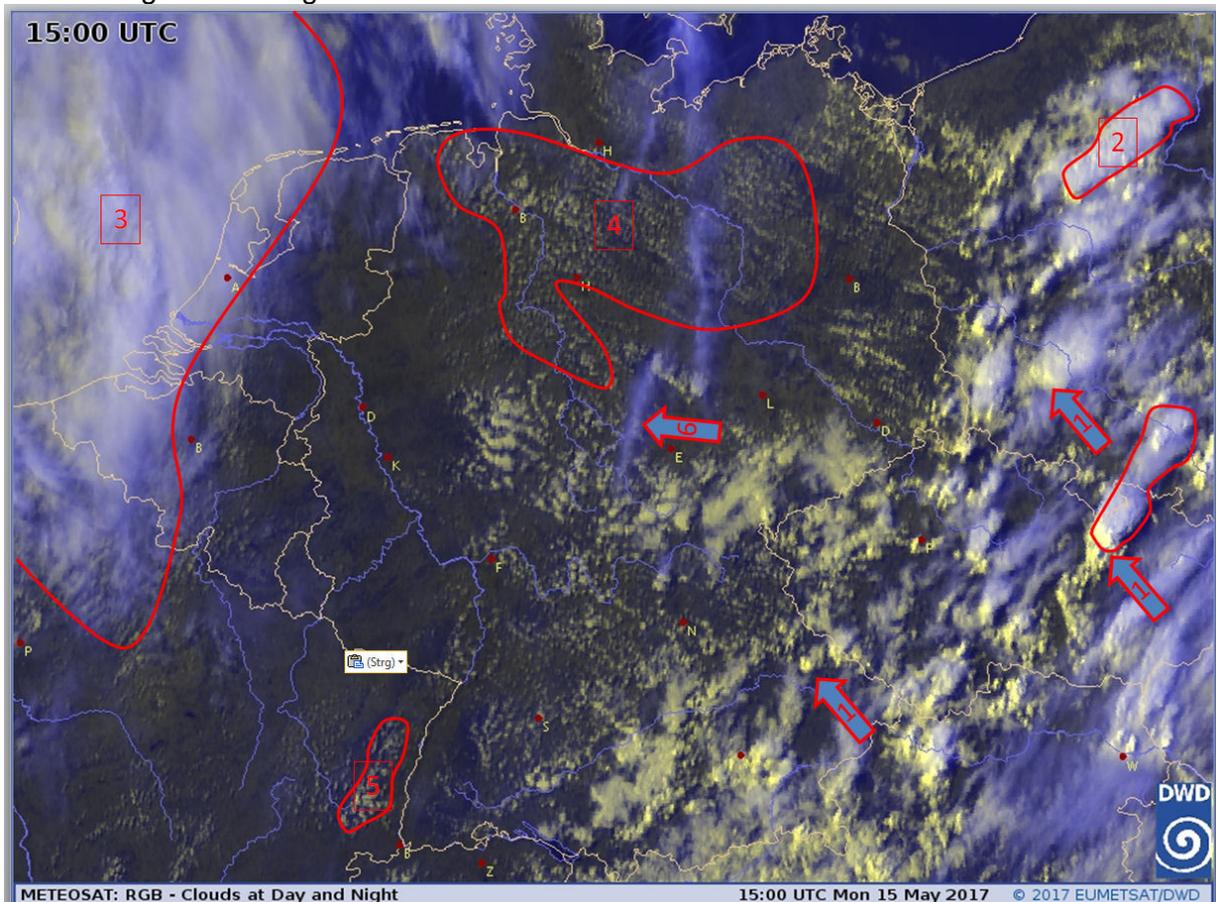


Abbildung 10: RGB Bild mit ausgewählten Wolkenstrukturen

Die Interpretation ist dieselbe wie im HRV-Bild, man erkennt allerdings wesentlich besser die Cirren anhand der bläulichen Einfärbung. Auch hochreichende Bewölkung (weiß) setzt sich recht gut von der tiefen und mittelhohen Bewölkung (Gelbton) ab.

Nachts bzw. während der Dämmerung stehen nur IR-Kanäle zur Verfügung. Siehe hierzu die Ausführungen bei den HRV-Bildern (Interpretation nachts).

3.6 SAT RAD BLITZ

Hierbei handelt es sich um ein Kombiprodukt, welches Satelliten-, Radar und Blitzdaten kombiniert und daher gut für eine erste Beurteilung der Wetterlage geeignet ist.

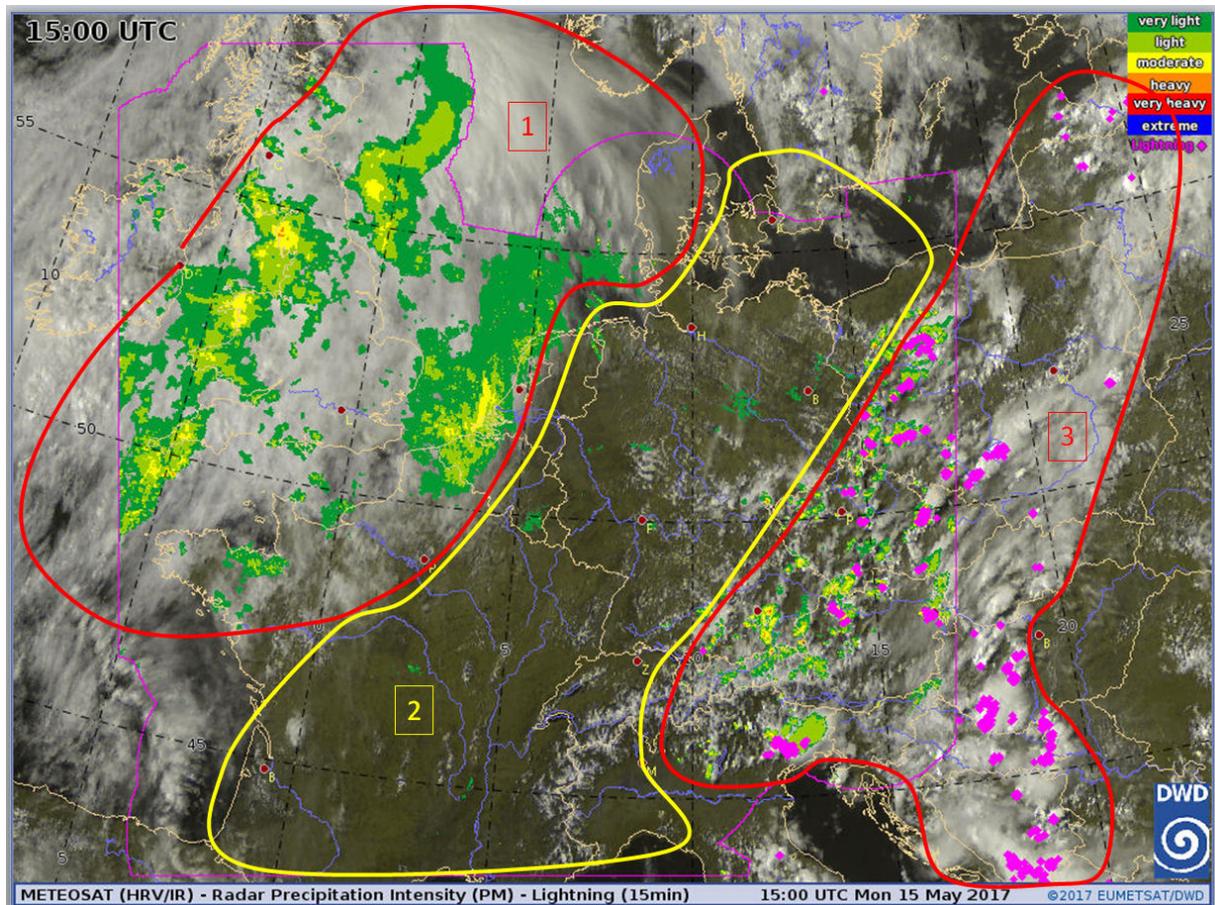


Abbildung 11: RAD SAT BLITZ-Bild

Es werden im Einzelnen folgende Daten in einem Bild kombiniert

- Meteosat HRV-Kanal (tags)/IR-Kanäle (nachts)
- Radar Komposit Europa
- Blitzdaten der letzten Stunde

Aufgrund des größeren Ausschnitts hat das Bild eine maximale Auflösung von 5 km. Dennoch eignet es sich sehr gut, um einen Überblick über die Wettersituation zu gewinnen.

Folgende Bereiche können in dem Bild gut differenziert werden:

1. Wolkenaufzug mit frontalem Niederschlag
2. Zwischenhocheinfluss mit aufgelockerten Quellwolken bei stabiler Schichtung
3. Trogvorderseite mit labil geschichteter Warmluft und Gewittern

4. Verfügbarkeit

Alle Produkte werden im Abstand von 15 Minuten zur Verfügung gestellt. Da das Radiometer die Erde in einzelnen Zeilen scannt, stammen nicht alle Daten von einem fixen Zeitpunkt – es ist also kein „Schnappschuss“. Der Scanvorgang dauert etwa 10 Minuten, so dass die Informationen aus eine etwa 10-minütigen Zeitfenster stammen.

Beispiel: mit Kopfzeit 15:00 UTC (Bild 9 und 10)

- Beginn Scanvorgang: 14:45 UTC
- Ende Scanvorgang: 14:55 UTC
- Verfügbarkeit: ca. 15:10 UTC

5. Kontakt

Deutscher Wetterdienst, Abteilung Flugmeteorologie, Frankfurter Str. 135, 63067 Offenbach
Stand: Juni 2017

Anregungen und Fragen bitte an:

Per E-Mail: lufffahrt@dwd.de

Wir helfen Ihnen per E-Mail auf schnellstem Weg weiter.

Per Telefon: +49 (0)69 8062 2695

Sie erreichen diese Telefonnummer während der normalen Bürodienstzeiten.

Per Telefax: +49 (0)69 8062 11925