

Satellitenbilder

Satellitenbilder

Die im Internet angebotenen Satellitenbilder stammen vom europäischen Wettersatelliten METEOSAT der von EUMETSAT (European organisation for the exploitation of METeorological SATellites) mit Sitz in Darmstadt (Deutschland) betrieben wird. METEOSAT ist ein geostationärer Satellit der über dem Äquator bei 0° in einer Höhe von rund 36000 km die Erde beobachtet. Geostationär bedeutet, dass die Umlaufzeit des Satelliten für eine Erdumrundung 24 Stunden dauert, das wiederum derselben Zeit entspricht die die Erde für eine Drehung um ihre eigene Achse benötigt. Durch die gleichen Umlaufzeiten von Erde und Satellit, scheint der Satellit über dem Äquator an einem fixen Punkt still zu stehen.

METEOSAT liefert alle 15 Minuten ein Bild von der Erde in 12 verschiedenen spektralen Kanälen (von 0.6 bis 13.4 μm). Von seiner Position deckt der Satellit ein theoretisches Gebiet bis zu einer geographischen Breite von 81° ab (für einen Beobachter auf der Erde würde an dieser Position der Satellit am Horizont stehen). Dies würde einer Abdeckung von 40 % der Erdoberfläche entsprechen. In der Realität ist auf Grund von Kommunikationsproblemen die Abdeckung etwas geringer und erstreckt sich nur bis etwa 75° .

Im Internet werden zwei verschiedene Satellitenbilder angeboten. Ein Bild im sogenannten sichtbaren Spektrum (0.6 μm) und ein zweites im thermischen oder infraroten Spektrum (10.8 μm). Während das sichtbare oder VIS-Bild (VISible) nur während des Tages bei entsprechend hohem Sonnenstand zur Verfügung steht gibt es das thermische oder IR-Bild (InfraRed) sowohl am Tag als auch in der Nacht.

Thermisches oder IR-Bild:

Im thermischen, oder IR-Bild wird die zum Satelliten gesendete Wärmestrahlung gemessen. Diese Wärmestrahlung wird im Bild durch unterschiedliche Grauwerte dargestellt. So erscheinen Wolken mit tiefen Oberflächentemperaturen im Bild in weiß und jene mit hohen Oberflächentemperaturen in dunkelgrau. Da die Strahlung in diesem spektralen Bereich sich in einem atmosphärischen Fenster befindet (die Strahlung wird von der Atmosphäre ungehindert durchgelassen und nicht durch Absorption von atmosphärischen Gasen verändert) und die Graustufenwerte im Bild kalibriert sind, kann man jeder Graustufe eine Temperatur zuordnen. Da in der Regel die Temperatur in der Atmosphäre mit der Höhe abnimmt kann auf Grund der geeichten Temperaturwerte im Satellitenbild auch eine Höhenzuordnung der Bewölkung gemacht werden. In der Praxis bedeutet das, dass hochreichende Bewölkung wie Cumulonimben oder Nimbostratus aber auch vertikal dünne Bewölkung in hohen Schichten auf Grund ihrer kalten Temperatur wie zum Beispiel Cirren weiß sind während tiefe Wolken wie Stratocumulus oder Stratus grau bis dunkelgrau sind.

In Satellitenbildern sind Schlechtwetterzonen, in denen auch die meisten Gefahren für die Luftfahrt auftreten, an typischen Bewölkungskonfigurationen zu erkennen. Man unterscheidet im Prinzip zwischen bandförmigen und zellularen Wolkenformationen. Zu den bandförmigen gehören die Fronten, die eine große horizontale Ausdehnung besitzen und häufig in Spiralförmigkeit auftreten. Unter Fronten versteht man durchschnittlich 300-500 km breite Übergangszonen zwischen verschiedenen temperierten Luftmassen. Verdrängt eine warme Luftmasse eine kalte, dann spricht man von einer Warmfront, daher bei Frontpassage steigt die Bodentemperatur. Im umgekehrten Fall, wenn Warmluft durch Kaltluft ersetzt wird, ist eine Kaltfront durchgezogen. Neben der Warmfront und Kaltfront gibt es noch die Okklusion, die aus beiden Typen zusammengesetzt ist. In den Fronten werden die Luftmassen zum Aufsteigen gezwungen, wodurch signifikante Bewölkung entsteht.

Die Warmfront besteht aus mehrschichtiger, bis zur Tropopause reichender Bewölkung und ist im Satellitenbild in allen Spektralbereichen als weißes, breites Wolkenband zu erkennen. In diesem Frontentyp stellt die Vereisung eine große Gefahr für Flugzeuge dar, die nach Instrumentenflugregeln gesteuert werden, weil die Vereisungszonen kaum umfliegbar sind und häufig bei leistungsschwachen Flugzeugen bis über die Dienstgipfelhöhe hinausreichen. Für Sichtflüge sind die Hauptwolkenuntergrenzen und der Niederschlag von großer Bedeutung. Im Bergland hüllt die Nimbostratusbewölkung häufig die Berggipfel und hohen Pässe ein, zusätzlich tritt unterhalb der Wolkenbasis Stratus mit sehr tiefen Untergrenzen auf. Bei winterlichen Warmfronten mit Schneefall liegen die Flugsichten nicht selten unter 1000 m. Im Sommer kann unterhalb der Nimbostratuswolke in der angefeuchteten Grundschicht Dunst auftreten.

Die Kaltfront ist aus mehrschichtiger, mit Cumulonimben durchsetzter Bewölkung aufgebaut, wobei die Hauptwolkenobergrenze meist tiefer liegt als die bis zur Tropopause reichenden Gewitterwolken. Dadurch erscheint diese Front im IR-Bild hellgrau bis weißen Flecken, die von den kälteren Gewitterwolken stammen. Das Hauptmerkmal der Kaltfront ist ihr sehr langes und relativ schmales Wolkenband, das eine wesentlich größere Horizontalausdehnung aufweist als jenes der Warmfront. Die größte Gefahr für die Luftfahrt stellen die Cumulonimbuswolken dar, die in den kompakten Schichtwolken bis in die Obergrenze eingelagert sind und von Flugzeugen, die nach Instrumentenflugregeln fliegen, nur im Bordradar erkannt werden können. Mit Hilfe von diesem besteht die Möglichkeit, den mit den Cumulonimbuswolken verbundenen gefährlichen Turbulenz- und Vereisungszonen ausweichen. Für Sichtflüge sind wieder Wolkenbasis sowie Art und Intensität des Niederschlages maßgebend. Alpine Kaltfronten weisen tiefe Wolkenbasen auf und aus den eingelagerten Gewitterwolken fällt intensiver Niederschlag, der die Flugsicht drastisch reduziert; im Winter kann die Flugsicht 500 m unterschreiten. Im Flachland treten eher selten extrem tiefe Untergrenzen auf, da der auffrischende Bodenwind die Grundschicht abtrocknet.

Die Okklusion krümmt sich spiralförmig in das Tief und besteht aus mehrschichtiger Bewölkung mit hochreichend eingelagerten Quellungen, wenn Kaltluftzufuhr dominiert. Im anderen Fall, wenn die Okklusion mit signifikanter Warmluftadvektion verbunden ist, treten keine eingebetteten Cumulonimben

auf. In beiden Fällen erscheint die Okklusion im IR-Bild hellgrau. Die mit der Okklusion gekoppelten Gefahren sind im ersten Fall (bei signifikanter Kaltluftzufuhr) mit denen der Kaltfront und im zweiten Fall (bei signifikanter Warmluftzufuhr) mit jenen der Warmfront ident. Allerdings reichen bei der Okklusion mit Kaltfrontcharakter die Gewitterzellen bis zur Tropopause.

Es gibt nicht nur frontale Wolkenbänder im Satellitenbild, sondern auch solche, die abseits von Luftmassengrenzen auftreten. Dazu gehören Wolkenbänder von kleinerer Ausdehnung im Warmsektor, in denen im Sommerhalbjahr am Nachmittag und Abend extrem hochreichende Gewitterzellen auftreten, die auch von Düsenflugzeugen nicht mehr überflogen werden können (die Tops liegen in Europa zwischen FL350 (Flight Level) und FL450, in den Vereinigten Staaten von Amerika zwischen FL450 und FL550). Die Gewitterzellen sind fast immer mit Hagelschlag verbunden, und viele der im Alpenraum auftretenden Unwetter werden von diesen Warmsektorbändern verursacht. Auch für extreme Abwindfelder, Böenlinien und Tornados sind sie verantwortlich. Auf Grund ihrer vertikalen Mächtigkeit und der extrem tiefen Wolkenoberflächentemperaturen erscheinen sie weiß.

Aber auch in der Kaltluft treten kleinräumige Wolkenspiralen mit einem Durchmesser bis 500 km auf. Sie bestehen aus TCU/CB-Wolken (Towering CUmulus/CumulonimBus), die nicht allzu hochreichend sind. In Abhängigkeit der Jahreszeit liegen deren Tops zwischen FL180 im Winter und FL250 im Sommer. Da sie sehr rasch ziehen, treten signifikante Böenlinien mit bis zu 80 kt Spitzen auf. Ausserdem verursachen sie im Winter manchmal Schneegewitter mit Sichten unter 100 m bzw Vertikalsichten unter 100 ft. Im IR-Bild erscheinen diese Wolkenspiralen mittelgrau bis hellgrau.

Sehr auffällig sind die Wolkenspiralen, die von Wirbelstürmen verursacht werden. Bei diesen tritt häufig in der Mitte der Spirale ein wolkenfreies Gebiet, das sogenannte Auge, auf. Da die Bewölkung im Regelfall bis über FL500 reicht, erscheint sie in beiden Bildern weiß.

Zu den nichtbandförmigen Wolkenkonfigurationen gehört die im Höhentrog auftretende Zellularbewölkung. Das sind aus Cumuluswolken bestehende Zellen mit einer Horizontalausdehnung von 20-50 km, die von einer Inversion nach oben begrenzt werden. Im IR-Bild erscheinen sie aufgrund ihrer warmen Wolkenobergrenzen dunkelgrau. Diese Zellularbewölkung tritt über dem Meer sehr regelmäßig auf (Sechseckstruktur), über dem Land wird sie von der Topographie beeinflusst. Wenn die für die Kaltluft typische Inversion ausgeheizt wird, dann können sich auch TCU/CB-Wolken bilden. In der Zellularbewölkung über dem Meer treten im Instrumentenflug keine Behinderungen auf, im Sichtflug sind die mitunter sehr tiefen Wolkenbasen und die schlechten Sichten im Nieselregen störend. Über Land trocknet die Bewölkung fallweise ab, manchmal entwickeln sich Luftmassengewitter mit den für Cumulonimben typischen Gefahren.

Wolkenfasern, die aus Cirrus- oder Cirrusstratuswolken bestehen, markieren die Position von Starkwindfeldern, in denen häufig signifikante Turbulenz auftritt.

Die in herbstlichen und winterlichen Satellitenbildern auftretenden Wolkenmustern mit sich an die Topographie anschmiegenden Rändern stehen im Zusammenhang mit Nebelfeldern (Boden- und Hochnebelfelder). Diese erscheinen im IR-Bild dunkelgrau.

Sichtbares oder VIS-Bild:

Das sichtbare oder VIS-Bild steht, wie zu Beginn schon erwähnt wurde, nur während des Tages bei höherem Sonnenstand zur Verfügung. In diesem Bild wird die Intensität der reflektierten Sonnenstrahlung wiedergegeben die nach ihrer Reflexion an den Wolken bzw der Erdoberfläche wieder am Satelliten gemessen wird. Die diversen Graustufen sind daher ein Maß für das unterschiedliche Reflexionsvermögen (auch Albedo genannt) von Wolken oder der Erdoberfläche.

Hohe Albedowerte weisen zum Beispiel Schnee oder Sand auf. Sie werden im Bild entsprechend weiß bzw hellgrau dargestellt. Wälder oder Wasseroberflächen weisen hingegen geringe Albedowerte auf und werden entsprechend dunkel dargestellt. Wolken haben verschiedene Oberflächeneigenschaften in Abhängigkeit von ihrer vertikalen Ausdehnung, Oberflächenstruktur und Aggregatzustand der Hydrometeore (Wassertropfchen bis Regentropfen im flüssigen bzw Schneeflocken bis Hagelkörner im festen Aggregatzustand) und erscheinen daher in unterschiedlichen Graustufen. Vertikal mächtige und somit bis in große Höhen reichende Bewölkung ist im VIS-Bild weiß, wie zum Beispiel die für die Luftfahrt gefährlichen Cumulonimbus- und Nimbostratuswolken. Dünne Schichtwolken in mittelhohen- und hohen Niveaus werden mittelgrau bis hellgrau abgebildet, weil sie ein geringeres Reflexionsvermögen besitzen und auch die vom Erdboden bzw von den Wasseroberflächen zurückgeworfene Sonnenstrahlung durchlassen. Stratus (Hochnebel) oder Bodennebel ist fast immer durch eine Inversion nach oben hin begrenzt und besitzt somit eine glatte Oberfläche, die wiederum einen hohen Prozentsatz der Sonnenstrahlung reflektiert. Somit erscheint dieser Wolkentyp hellgrau bis weiß. Cumulonimbus, Nimbostratus und Stratus sind aufgrund ihrer Helligkeit nicht voneinander zu unterscheiden. Aber auch der Aggregatzustand spielt hinsichtlich der Grauwerte eine wichtige Rolle. Wolken, die aus Schneeflocken oder Eisteilchen bestehen, werden dunkler dargestellt als jene, die aus Regentropfen oder Nieseltröpfchen bestehen.