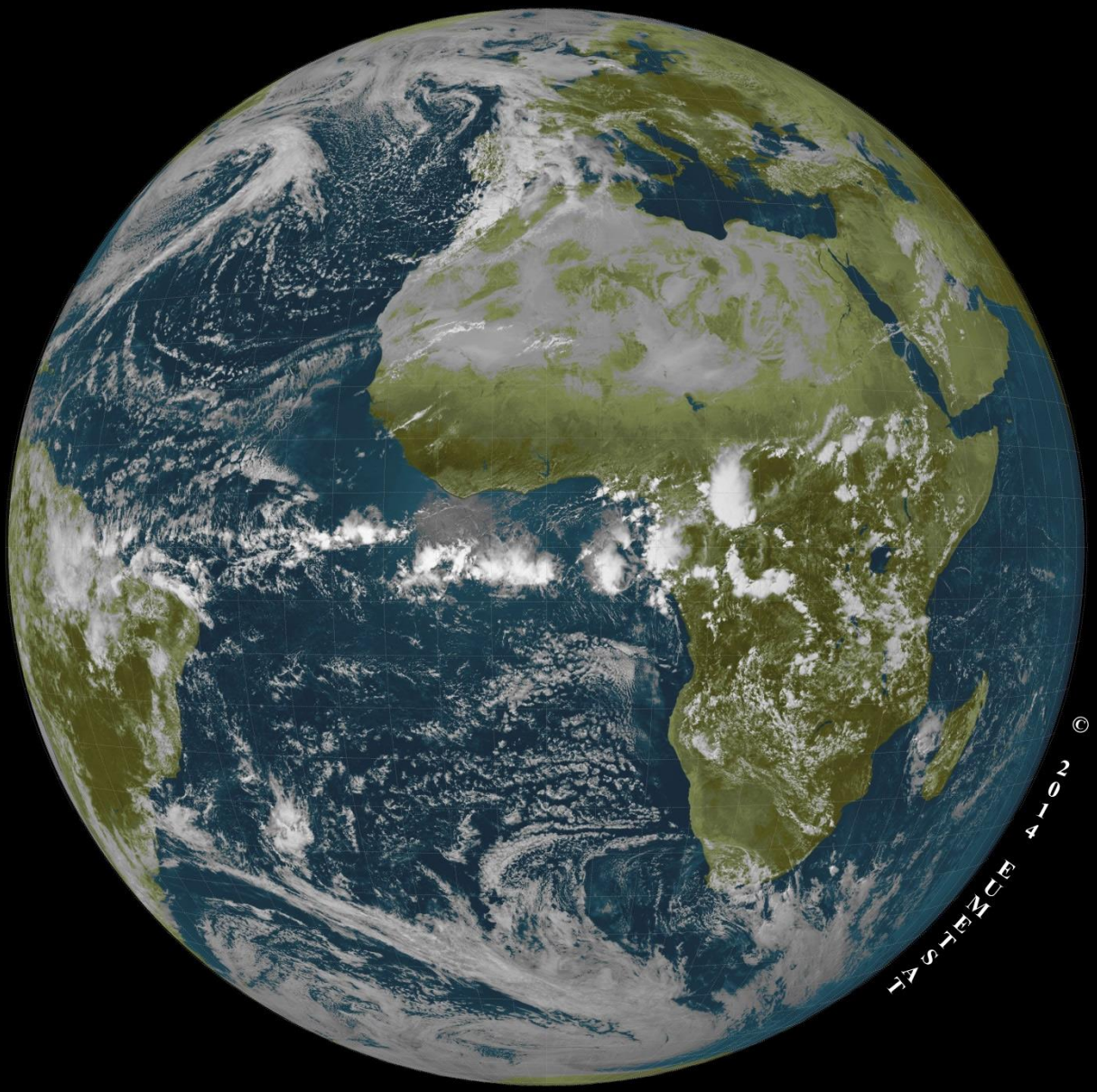
Carl-Fuhlrott-Gymnasium
Jung-Stilling-Weg 45
42349 Wuppertal

Projektkurs Astronomie, Stufe Q1
Schuljahr 2013/2014
Abgabedatum: 04.06.2014

Aufbau einer Meteosat-Empfangsstation



Verfasser:

Annika Spindler
spindlerannika@aol.de
Oberbergische Straße 169
42285 Wuppertal

Alexander Walter
Lbx.wahe@web.de
Erbschlöer Straße 101
42369 Wuppertal

Kursleiter: Bernd Koch

Betreuungslehrer: Thomas Daniels

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung 4

2 Sternwarte des Carl-Fuhlrott-Gymnasiums, Wuppertal 6

2.1 Allgemeines 6

2.2 Nutzen der Meteosat-Empfangsstation 8

3 EUMETSAT 9

3.1 Allgemeines 9

3.2 EUMETCast 10

3.3 Meteosat 11

3.3.1 Meteosat First Generation (MFG) 11

3.3.2 Meteosat Second Generation (MSG) 13

3.3.3 Technische Instrumente der MSG-Satelliten 16

3.3.4 0° Service (Meteosat-10) 19

3.3.5 Rapid Scanning Service und Full Earth Scan Modus (Meteosat-8/9) 20

4 Bestandteile der Meteosat-Empfangsstation 22

4.1 Hardware 22

4.1.1 Satellitenschüssel 22

4.1.2 Computer 23

4.2 Registrierung bei EUMETSAT im Earth Observation Portal (EOP) 25

4.3 Softwares zur Datenverarbeitung 26

4.3.1 EUMETCast Client Software, EUMETCast Unit Key und Tellicast 26

4.3.2 MSG Toolset Plus 28

4.4 Webseite 31

4.4.1 Ziel 31

4.4.2 Rechtliches 31

4.4.3 Zeitgesteuertes FTP-Programm von Second Copy Centered Systems 32

5 Installation der Programme 33

5.1 Tellicast-Software 33

5.2 MSG Data Manager 33

5.3 MSG Animator 33

5.4 GeoSatSignal 34

5.5 Zeitgesteuertes FTP-Programm von Second Copy Centered Systems 34
6 Bedienung der Meteosat-Empfangsstation 35
6.1 Einstellungen 35
6.1.1 Technisat 35
6.1.2 MSG Data Manager 37
6.1.3 Zeitgesteuertes FTP-Programm von Second Copy Centered Systems 38
6.2 Überprüfung der Einstellungen beim Starten des Computers 40
6.2.1 Technisat 40
6.2.2 Verbindung zu Tellicast 40
6.2.3 Starten des MSG Data Managers 40
6.2.4 Starten des MSG Animators 41
6.2.5 Starten der GeoSatSignal Software 41
7 Bilder und Animationen 42
8 Probleme 47
9 Zukunftsplanung 49
10 Anhang 50
10.1 Literaturverzeichnis 50
10.2 Danksagung 52
10.3 Autorenliste 53
10.4 Abschlusserklärung 54

1 Einleitung

Als uns Herr Winkhaus, Mathematik- und Physiklehrer, außerdem Begründer sowie Leiter der Sternwarte unserer Schule, dem Carl-Fuhlrott-Gymnasium in Wuppertal, am Ende der Einführungsphase auf einer Stufenversammlung den Projektkurs Astronomie vorstellte, war für uns- Annika Spindler und Alexander Walter- schon längst klar, dass wir diesen belegen. Bei einem sich an die Veranstaltung anschließendem Gespräch über den Projektkurs und mögliche Themen berichtete uns Herr Winkhaus, dass dieses Jahr zudem die Idee im Raum stände, als Projektarbeit eine „Wetterstation“ für die Sternwarte zu errichten.

Die Aussicht auf dieses Thema hat unser Interesse noch zusätzlich geweckt. Wetter und Klima sind Gegenstand unseres alltäglichen Lebens und spielen eine an Wichtigkeit mehr und mehr zunehmende Rolle. Eine weitere Motivation zu einer Projektarbeit in diesem Themenfeld war für mich, Annika Spindler, dass ich nach der Schule Meteorologie studieren möchte. Obwohl wir im Theorieunterricht bei unserem Kursleiter, Herrn Koch, viele interessante Aspekte aus der Astronomie erfahren haben und uns ansprechende Themen vorgestellt wurden, stand unser Entschluss, eine „Wetterstation“ einzurichten, trotzdem schnell fest.

Wenn man den Begriff „Wetterstation“ hört, assoziiert man damit möglicherweise zuerst einmal eine analoge oder digitale Messstation. Auch wir konnten uns anfangs nicht genau vorstellen, wie unser Projekt letztendlich aussehen sollte.

Das Ergebnis unserer Projektarbeit, bei der uns Herr Daniels, Informatiklehrer an unserer Schule, betreute und unterstützte, sollte jedoch vielmehr eine Empfangsstation von Satellitendaten sein. Diese Daten stammen von den geostationären Wettersatelliten Meteosat-7, -8, -9 und -10, weshalb das Thema dieser Arbeit der „Aufbau einer Meteosat-Empfangsstation“ ist.

Nach dem Empfang der Daten über das EUMETCast-System der Organisation EUMETSAT, die die Meteosat-Satelliten betreibt, mit einer handelsüblichen Satellitenschüssel, werden diese auf einem Computer von Softwares zu Wetterbildern und Wetteranimationen weiterverarbeitet. Diese Bilder und Animationen sollen dann wiederum auf eine eigene Webseite des Schülerlabors Astronomie unserer Schule automatisch hochgeladen werden, um über die aktuellen Wetterverhältnisse zu informieren.

Dabei stellt sich die Frage, welchen Bezug die Meteosat-Empfangsstation zur Astronomie hat. Diese lässt sich einfach beantworten, da die Sternwarte des Carl-Fuhlrott-Gymnasiums vor allem von der aktuellen Wettervorhersage profitiert und beispielsweise Beobachtungsabende besser geplant werden können.

Während des Aufbaus der Meteosat-Empfangsstation wurden uns durch viele auftretende Probleme immer wieder Steine in den Weg gelegt. Dank der Unterstützung durch unseren Betreuungslehrer, Herrn Daniels, konnten wir diese beseitigen und haben nun als Ergebnis unserer Projektarbeit eine einsatzfähige Meteosat-Empfangsstation in der Sternwarte unserer Schule.

Mit dieser Projektarbeit wollen wir allen Interessierten einen Einblick in den Aufbau einer Meteosat-Empfangsstation geben. Wir würden uns freuen, wenn wir dadurch andere zu der Einrichtung einer Meteosat-Empfangsstation motivieren könnten.

2 Sternwarte des Carl-Fuhlrott-Gymnasiums, Wuppertal

2.1 Allgemeines

Die Sternwarte, in der wir unsere Meteosat-Empfangsstation errichtet haben, befindet sich auf dem Dach des Carl-Fuhlrott-Gymnasiums in Wuppertal (roter Kasten in Abbildung 1) und wurde im Oktober 2009 eingeweiht. Sie stellt einen wichtigen Bestandteil des Schülerlabors Astronomie der Schule dar, zu dem außerdem ein Astroraum mit Planetarium und ausgestellten Projekten gehört.

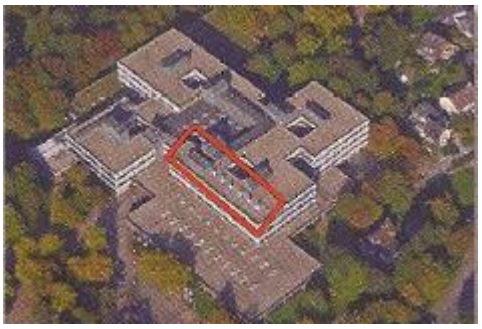


Abbildung 1: Sternwarte auf dem Dach des Carl-Fuhlrott-Gymnasiums, Wuppertal
Foto: Schülerlabor Astronomie

Die Sternwarte ist europaweit die erste Sternwarte, die als Bildungseinrichtung gegründet wurde. „Das Schülerlabor Astronomie wird neben schulischen Bildungsangeboten für alle Schulformen vor allem als Bestandteil des ‚BSL' (Bergisches Science Lab) der Universität Wuppertal und der Kinder- und Jugenduniversität (‚Junior-Uni') genutzt. Ferner finden dort Lehrveranstaltungen im regulären Studiengang des universitären Lehramtsstudiums Physik, Lehrerfortbildungen und auch Lehrgänge für Amateurastronomen jeden Alters statt. Ein Hauptbestandteil des Angebots ist die Durchführung und Betreuung von Schülerarbeiten (Facharbeiten, Projektarbeiten für ‚Jugend forscht', den Röntgen-Physikpreis, andere Wettbewerbe und für ‚Besondere Lernleistungen') und Studentenarbeiten […]." (Schülerlabor Astronomie am Carl-Fuhlrott-Gymnasium, 2013) Unter das große Angebot des Schülerlabors fällt auch der von uns gewählte Projektkurs Astronomie.

Zu Verfügung stehen mittlerweile sechs Beobachtungsinseln, die als Montierung für die Teleskope genutzt werden. Zu jeder Insel gibt es Teleskope und einen Zubehörwagen mit jeweils identischer Ausrüstung. In Abbildung 2 sieht man die aufgebauten Teleskope an den 6 Beobachtungsinseln mit ihren Zubehörwagen.[1]

Abbildung 2: Die 6 Beobachtungsinseln der Sternwarte mit aufgebauten Teleskopen und ihren Zubehörwagen
Foto: Schülerlabor Astronomie

[1] Vgl. http://schuelerlabor-astronomie.de/images/ueber_uns/Digitale_Broschre_Schlerlabor_Astronomie_2013.pdf, Seite 9-10

Abbildung 3: Arbeitsplätze im Aufenthaltsraum der Sternwarte
Foto: Schülerlabor Astronomie

Diese Zubehörwagen befinden sich in einem Aufenthaltsraum, der zusätzlich drei Computerarbeitsplätze bereitstellt (siehe Abbildung 3) oder zum Aufwärmen genutzt werden kann. Unsere Meteosat-Empfangsstation haben wir ebenfalls in diesem Aufenthaltsraum der Sternwarte errichtet.

Zusätzlich zu den sechs Inseln gibt es noch eine siebte Station, die sich direkt neben dem Aufenthaltsraum im Sternwartengebäude (siehe Abbildung 4) in einem Raum mit abschiebbarem Dach befindet. Dort hat man die Möglichkeit das Teleskop, das dort fest montiert ist, in einem geschlossenen Raum in Ruhe vorzubereiten. Die Bedienung dieses Teleskops kann über einen der Computer in dem Aufenthaltsraum erfolgen, was vor allem bei kälteren Temperaturen oder bei länger andauernden Beobachtungen von Vorteil ist.[2]

Abbildung 4: Sternwartengebäude mit Station 7 und Aufenthaltsraum - Foto: Schülerlabor Astronomie

Für mehr Informationen über das Schülerlabor Astronomie des Carl-Fuhlrott-Gymnasiums in Wuppertal lohnt sich ein Besuch auf der Homepage http://schuelerlabor-astronomie.de/ (siehe dazu auch Kapitel 4.4 Webseite).

[2] Vgl. http://schuelerlabor-astronomie.de/images/ueber_uns/Digitale_Broschre_Schlerlabor_Astronomie_2013.pdf, Seite 9-10

2.2 Nutzen der Meteosat-Empfangsstation

Die Einrichtung einer Meteosat-Empfangsstation an unserer Schule ist eine sinnvolle und hilfreiche Ergänzung zur Sternwarte. Zuerst einmal bietet die Meteosat-Empfangsstation eine Erweiterung des Horizonts des Schülerlabors Astronomie, wodurch weitere Forschungsmöglichkeiten im naturwissenschaftlichen Bereich für unsere Schule geschaffen werden (siehe dazu auch Kapitel 9 Zukunftsplanung). Dies unterstreicht den Status des CFGs als MINT-EC Schule[3].

Nicht nur, dass das Themengebiet Wetter und Klima in unserer Gesellschaft insbesondere aufgrund des Klimawandels immer wichtiger wird, es spielt auch vor allem in der Astronomie eine große Rolle.

Ein Beobachtungsabend beispielsweise muss gut geplant werden, damit er reibungslos ablaufen kann. Neben der inhaltlichen Vorbereitung ist es wichtig, sich mit den aktuell gegebenen Wetterverhältnissen vertraut zu machen. Hierbei sind vor allem die Fragestellungen interessant, ob der Himmel klar bleibt, eine Wolkendecke die Sicht und damit die Chance auf eine erfolgreiche Beobachtung erschwert oder Regen einen Beobachtungsabend komplett ins Wasser fallen lassen würde. Mit der Meteosat-Empfangsstation ist es möglich, aktuelle Bilder und Animationen der Wetterverhältnisse besonders in dem für Beobachtungen an unserer Sternwarte relevanten Bereich zu erstellen und auf diese Weise frühzeitig entscheiden zu können, ob eine Beobachtung stattfinden kann oder nicht. Auf nichtkostenpflichtigen Internetseiten von Wetterdiensten sind Vorhersagen oft mehrere Stunden alt, unsere Bilder und Animationen sind dagegen immer aktuell und vor Ort abrufbar.

Noch während der Phase der Errichtung der Meteosat-Empfangsstation konnte die Sternwarte bereits mehrere Male davon profitieren.

Vorstellbar wäre in der Zukunft auch eine fächerübergreifende Benutzung der Meteosat-Empfangsstation zum Beispiel im Fach Erdkunde (siehe dazu ebenfalls Kapitel 9).

[3]Exzellenz-Center für Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik

3 EUMETSAT

3.1 Allgemeines

Der Name EUMETSAT steht für „**Eu**ropean Organisation for the Exploitation of **Met**eorological **Sat**ellites" (EUMETSAT, 2014). EUMETSAT wurde 1986 gegründet, nachdem 1981 auf einer Regierungskonferenz von 17 europäischen Ländern entschieden wurde, dass eine neue Organisation benötigt wird, die sich auf die Arbeit mit den Meteosat-Satelliten spezialisiert. Der erste Meteosat-Satellit war bereits 1977 von der European Space Agency[4] (ESA) gestartet worden, die zu dem Zeitpunkt noch European Space Research Organisation (ESRO) hieß. Am 15. November 1995 wurde die Kontrolle über die Meteosat-Satelliten von der ESA komplett an EUMETSAT abgegeben. Neben den aktuell vier aktiven Meteosat-Satelliten betreibt EUMETSAT außerdem den Satelliten Jason-2 sowie die METOP-Satelliten.

Die Hauptaufgabe von EUMETSAT ist es, das Wetter und das Klima, die Atmosphäre und die Ozeane unserer Erde zu beobachten und Meteorologen dabei zu unterstützen, die Entwicklung von möglicherweise gefährlichen Wettersituationen frühzeitig zu erkennen. Das ist besonders wichtig, damit Warnungen herausgegeben und auf diese Weise Menschenleben geschützt werden können. Außerdem werden durch die ständige Wetterbeobachtung die Sicherheit in Luft-, Schifffahrts- und Straßenverkehr verbessert oder die Landwirtschaft sowie andere in irgendeiner Weise von den Wetterverhältnissen abhängenden Industrien unterstützt. Die Beobachtungen des Klimas und der Ozeane, insbesondere der Polarregionen, helfen dabei den Klimawandel besser einzuschätzen und Ideen zu entwickeln, diesen abzuschwächen.

Die Daten von EUMETSAT werden über das EUMETCast- System (siehe 3.2 EUMETCast) an meteorologische Dienste in allen 30 EUMETSAT-Mitgliedsstaaten und einem Kooperationsland in Europa, sowie an Nutzer weltweit vertrieben.

[4] Europäische Weltraumorganisation

3.2 EUMETCast

„EUMETCast is a multi-service dissemination system based on standard Digital Video Broadcast (DVB) technology. It uses commercial telecommunication geostationary satellites to multi-cast files (data and products) to a wide user community. EUMETCast also delivers a range of third-party products." (EUMETSAT). Weltweit gibt es ungefähr 4000 Benutzerstationen, die die Daten empfangen, die EUMETCast von den Satelliten Meteosat, Metop, Jason-2, GOES, MT-SAT und FY2 erhält. „At their most frequent, these data are delivered to users within five minutes of processing." (EUMETSAT)

Über EUMETCast vertreibt EUMETSAT Produkte wie numerische Wettervorhersagen oder globale sowie regionale meteorologische Daten.

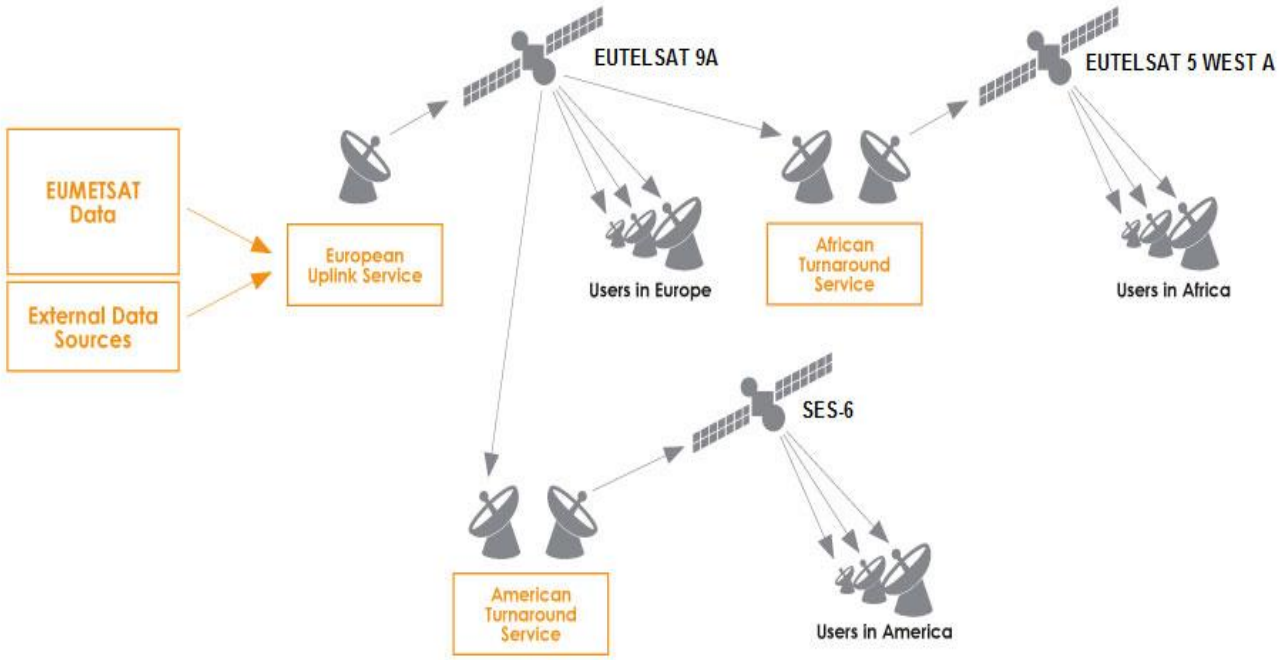


Abbildung 5: EUMETCast-System © 2014 EUMETSAT

Wie in Abbildung 5 zu sehen ist, werden die von den Satelliten aufgenommenen Bilder an die Bodenstationen von EUMETSAT geschickt und von da weiter an die Satelliten des EUMETCast-Systems gesendet. Das sind EUTELSAT 9A, EUTELSAT 5 WEST A, sowie SES-6. Als Benutzer aus Europa empfangen wir die Daten über den EUMETCast- Satelliten EUTELSAT 9A.

3.3 Meteosat

Meteosat ist die „Kurzbezeichnung für […] **Meteo**rological **sat**ellite, […] der Name für geostationäre Wettersatelliten, die die europäische Organisation EUMETSAT betreibt und in enger Zusammenarbeit mit der European Space Agency (ESA) entwickelt.“ (Meteosat, 2014) Im Folgenden werden die Meteosat-Satelliten der ersten und zweiten Generation, sowie ihre Instrumente und Aufgaben vorgestellt.

3.3.1 Meteosat First Generation (MFG)

„The primary role of the Meteosat satellites is to help detect and forecast rapidly developing high impact weather, such as thunderstorms or fog, up to six hours ahead.” (EUMETSAT)

Auf diese Weise helfen geostationäre Wettersatelliten wie die Meteosat-Satelliten tagtäglich dabei, das Leben vieler Menschen zu schützen und zu verbessern, indem sie uns vor gefährlichen Wetterverhältnissen warnen. Die Meteosat-Satelliten sind nicht nur für die Katastrophenprävention von Bedeutung, sondern werden auch von Meteorologen für die Abstimmung ihrer kurzfristigen Vorhersagen benutzt, da die Satelliten mit ihren detaillierten Bildern über die aktuelle Wettersituation unserer Erde und ihrer Atmosphäre informieren.

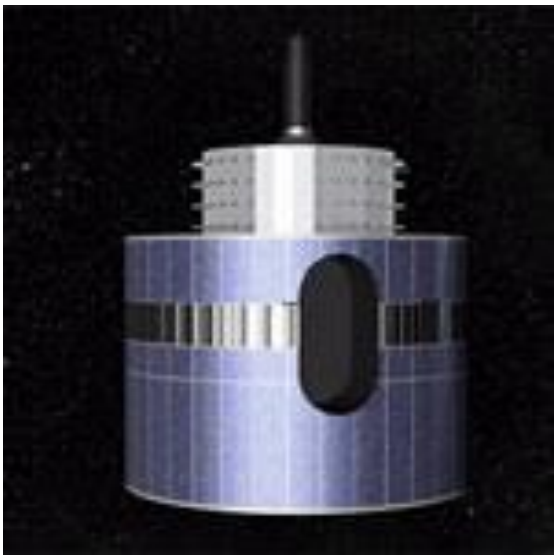


Abbildung 6: Satellit der Meteosat First Generation
© 2014 EUMETSAT

Der erste Meteosat-Satellit der Meteosat First Generation (MFG) wurde bereits am 09. Dezember 1977 auf seine Umlaufbahn gebracht. Seitdem gab es sieben MFG-Satelliten, die alle zwischen 1977 und 1997 ihren Dienst angetreten haben. In Tabelle 1 sind die aktiven Zeiten der Meteosat-Satelliten 1-6 mit ihren Abschussdaten und ihren Rückholdaten aufgeführt.

SATELLITE	PRIME DATE	RETIREMENT DATE
Meteosat-6	21/10/1996	15/04/2011
Meteosat-5	02/05/1991	16/04/2007
Meteosat-4	19/06/1989	04/02/1994
Meteosat-3	11/08/1988	31/05/1995
Meteosat-2	16/08/1981	11/08/1988
Meteosat-1	09/12/1977	25/11/1979
Meteosat First Generation Satellites		

Tabelle 1: ehemalige Meteosat-Satelliten der Meteosat First Generation © 2014 EUMETSAT

Der einzige noch aktive Meteosat-Satellit der Meteosat First Generation ist Meteosat-7, der am 02. September 1997 ins All geschossen wurde und auch noch bis voraussichtlich 2016 dort im Dienst sein wird. Meteosat-7 befindet sich in einer Höhe von 36.000 km über dem Äquator auf der Position 57° Ost und liefert die Daten aus dem Bereich des Indischen Ozeans, wie man auch der Tabelle 2: aktueller Meteosat-Satellit der Meteosat First Generation entnehmen kann.

SATELLITE	LIFETIME	POSITION	SERVICES
Meteosat-7 (MFG)	02/09/1997–2016	57° E/36,000 km	Indian Ocean Coverage. Real-time Imagery
Current Meteosat Satellites			

Tabelle 2: aktueller Meteosat-Satellit der Meteosat First Generation © 2014 EUMETSAT

3.3.2 Meteosat Second Generation (MSG)

Nach der Meteosat First Generation folgte die deutlich weiter entwickelte Meteosat Second Generation mit aktuell drei Satelliten. Im Folgenden geht es um die Hauptinformationen zu den MSG-Satelliten. Technische Details zu ihren Bordinstrumenten findet man in Kapitel 3.3.3 Technische Instrumente der MSG-Satelliten.

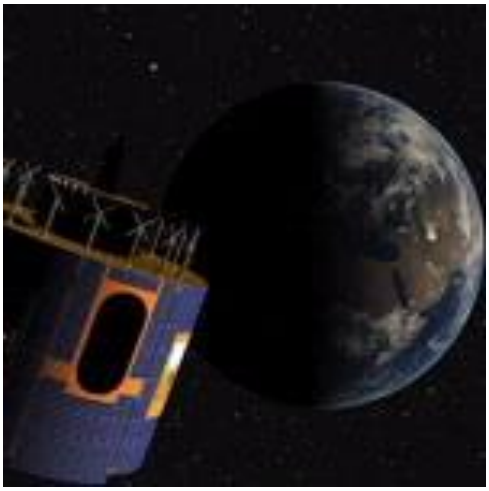


Abbildung 7: Satellit der Meteosat Second Generation
© 2014 EUMETSAT

Alle drei aktuellen geostationären Wettersatelliten der zweiten Meteosat Generation- Meteosat 8, 9 und 10- befinden sich in einer Höhe von 36.000 Kilometern über dem Äquator. Die MSG-Satelliten (siehe Abbildung 7) sind zylindrisch geformt und haben einen Durchmesser von 3,2 m sowie eine Höhe von 2,4 m. „The satellites spins counter-clockwise at 100 rpm around their longitudinal axis, which is aligned with the Earth's rotational axis." (EUMETSAT, 2014)

„For its initial boost into geostationary orbit, as well as for station keeping, the satellite uses a bi-propellant system. This includes small thrusters, which are also used for altitude control. The MSG solar array, built from eight curved panels, is wrapped around the satellite body" (EUMETSAT).

SATELLITE	LIFETIME	POSITION	SERVICES
Meteosat-10 (MSG)	05/07/2012 – Nominal fuel lifetime is until 2022	0°/36,000 km	0º SEVIRI Image Data. Real-time Imagery
Meteosat-9 (MSG)	22/12/2005 – Fuel lifetime is expected to be extended until 2021	9.5° E/36,000 km	Rapid Scan Service from 9 April 2013. Real-time Imagery
Meteosat-8 (MSG)	28/08/2002 – Fuel lifetime is expected to be extended until 2019	3.5° E/36,000 km	Backup service for 0°, plus RSS from 9 April 2013
Current Meteosat Satellites			

Tabelle 3: aktuelle Meteosat-Satelliten der Meteosat Second Generation © 2014 EUMETSAT

„Meteosat-10 (MSG-3) […] is the prime operational geostationary satellite, positioned at 0 degrees and providing full disc imagery every 15 minutes." (EUMETSAT) Er wurde am 05. Juli

2012 aus dem Raumfahrtzentrum Guyana in Französisch-Guyana auf seine Position gebracht und übernimmt die Hauptarbeit der Meteosat-Satelliten.

Meteosat-9 (MSG-2) ist seit dem 22. Dezember 2005 aktiv. Seit der Satellit Meteosat-10 den Dienst der „Real-Time Imagery“ (EUMETSAT) auf der Position von 0° Ost übernommen hat, befindet sich Meteosat-9 auf der Position 9,5° Ost. Er betreibt seit dem 09. April 2013 den Rapid Scanning Service sowie zeitweise den Full Earth Scan Modus (siehe Kapitel 3.3.5)

Meteosat-8 (MSG-1) ist der älteste der Meteosat Second Generation-Satelliten und bereits seit dem 28. August 2002 im Einsatz. Auf seiner Position 3,5° Ost fungiert er als Ersatzsatellit für Meteosat-10. Außerdem übernimmt er seit dem 09. April 2013 zeitweise den Rapid Scanning Service von Meteosat-9.

„The current policy is to keep two operable satellites in orbit and to launch a new satellite close to the date when the fuel in the elder of the two starts to run out. “ (EUMETSAT) Die MSG-Satelliten werden bis 2019 (Meteosat-8), 2021 (Meteosat-9) und 2022 (Meteosat-10) aktiv sein. Anfang 2015 wird der letzte Satellit der Meteosat Second Generation Meteosat-11 (MSG-4) auf seine Bahn geschossen werden. Nach der Meteosat Second Generation wird voraussichtlich ab dem Jahre 2018 die Meteosat Third Generation (MTG) folgen.

Die unbemannte Primary Ground Station (PGS), also die Hauptbodenstation, für die Satelliten der Meteosat Second Generation, befindet sich in Usingen in Deutschland. Sie besteht aus drei lenkbaren Parabolantennen mit einem Durchmesser von 13 Metern, die von dem Mission Control Centre (MCC) von EUMETSAT in Darmstadt aus beobachtet und gesteuert werden. „Each antenna is capable of supporting all transmissions and data reception required for one spacecraft and is used for telemetry and telecommands; raw image reception; Data Collection System (DCS) report collection, and LRIT[5] Direct Dissemination” (EUMETSAT).

Abbildung 8: Primary Ground Station der Meteosat Second Generation in Usingen
© 2014 EUMETSAT

[5] Low Rate Information Transmission (Daten mit niedriger Auflösung)

Zusätzlich zu der Primary Ground Station in Usingen gibt es in Maspalomas auf Gran Canaria die Back-Up and Ranging Ground Station (BRGS). „This location is sufficiently separated from the PGS to allow accurate ranging measurements to be made to determine the precise location and orbit of the MSG satellites“ (EUMETSAT). Die Back-Up and Ranging Ground Station übernimmt zusätzlich die Arbeit der Primary Ground Station im Falle eines Komplettausfalls. Eine weitere Back-Up Ground Station steht in Cheia in Rumänien.

Abbildung 9: Mission Control Centre von EUMETSAT in Darmstadt
© 2014 EUMETSAT

„The ground stations are the main communication channel between the Meteosat satellites and the EUMETSAT Mission Control Centre […]. The raw data are relayed via the ground station to the control centre for processing and then transmission on to users.” (EUMETSAT, 2014).Abbildung 9 zeigt das Mission Control Centre in Darmstadt.

3.3.3 Technische Instrumente der MSG-Satelliten

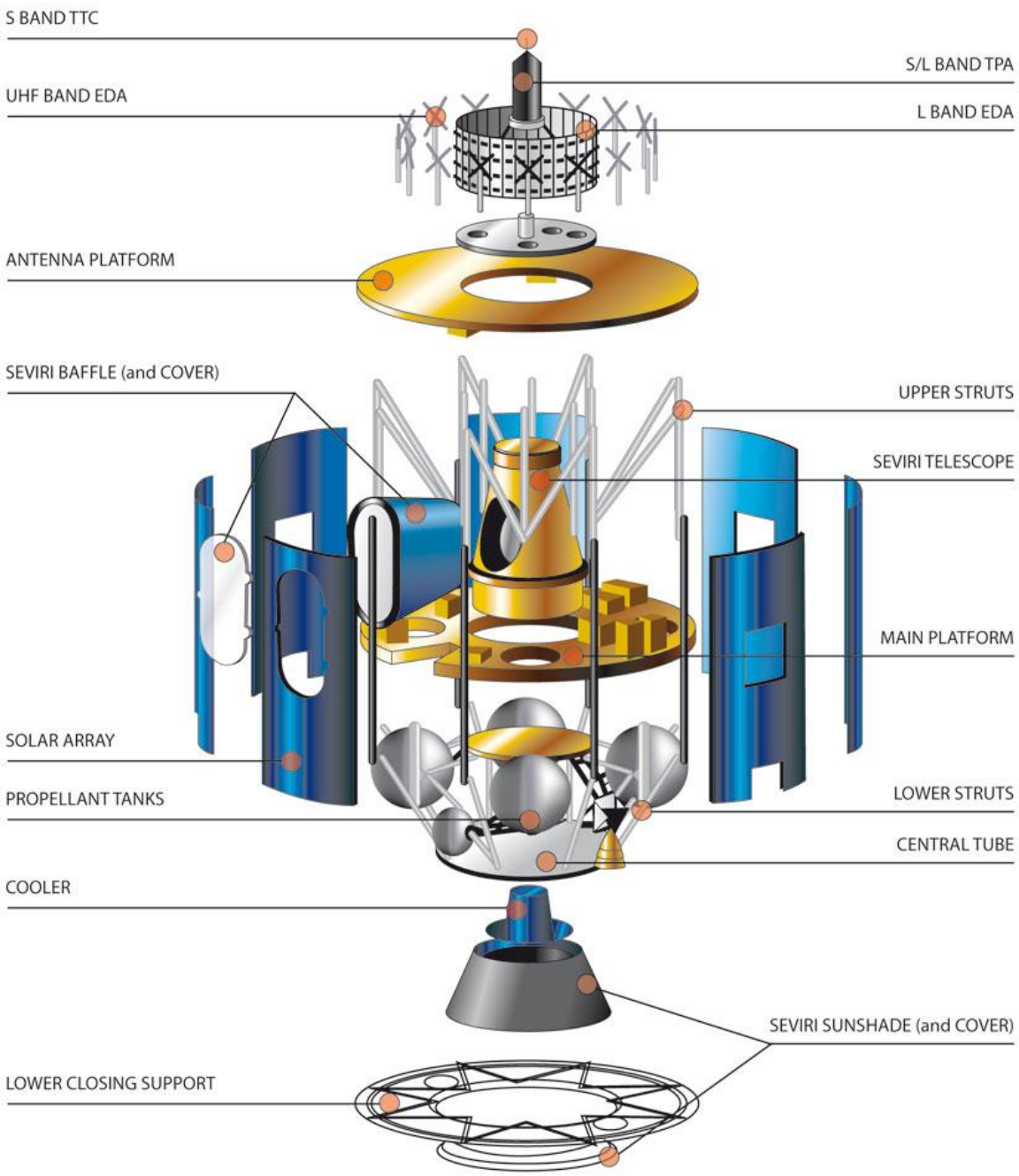


Abbildung 10: Aufbau von Meteosat-10 © 2014 EUMETSAT

Um ihrer Funktion als Lieferant von Informationen über das Wetter gerecht werden zu können, sind die Meteosat-Satelliten mit verschiedenen technischen Instrumenten ausgestattet. In dieser Projektarbeit beschränken wir uns auf die Instrumente der zweiten Meteosat Generation, da die MSG-Satelliten für unsere Meteosat-Empfangsstation eine wichtigere Rolle spielen und der einzige noch aktive Satellit der Meteosat First Generation anders und noch nicht so fortschrittlich ausgestattet ist. Die Abbildung 10 zeigt den Aufbau von Meteosat-10 mit seinen Bestandteilen.

Das wichtigste Instrument der Meteosat-Satelliten ist der **Spinning Enhanced Visible and InfraRed Imager (SEVIRI)** (siehe Abbildung 11**)**, der Bilder in 12 verschiedenen Spektralkanälen aufnimmt.

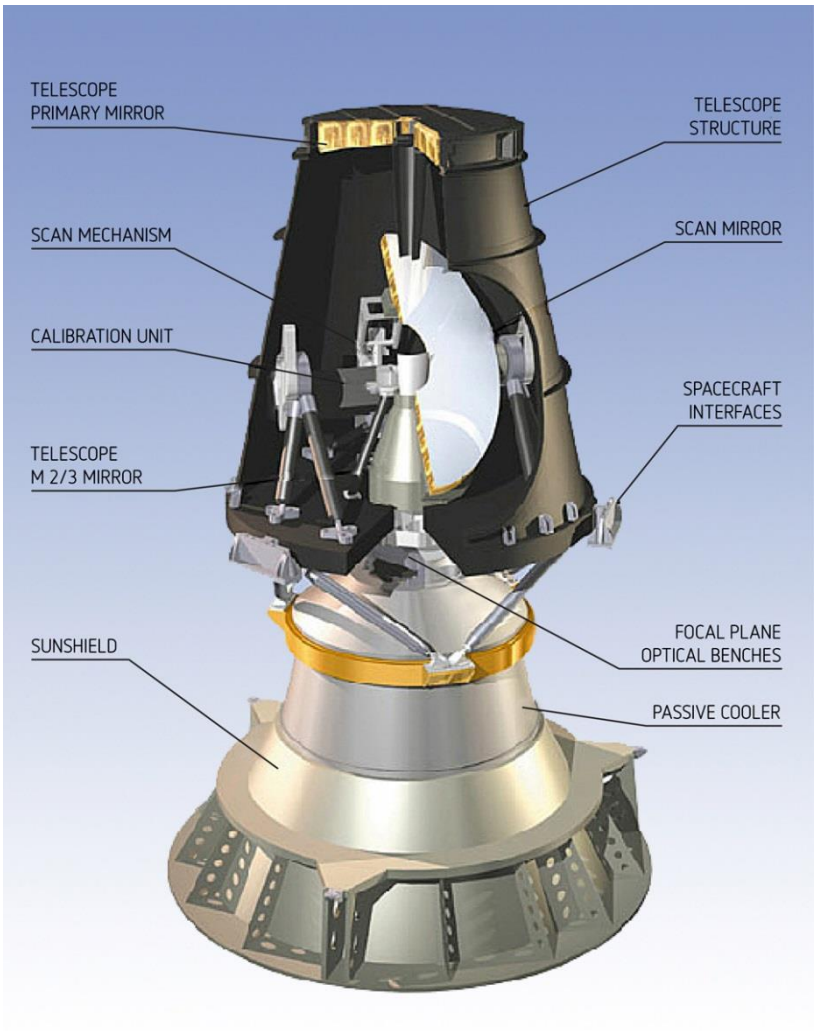


Abbildung 11: Spinning Enhanced Visible and InfraRed Imager (SEVIRI)
© 2014 EUMETSAT

Der Schwerpunkt liegt dabei bei drei verschiedenen Spektralbändern, dem Infrarotbereich (IR), Wasserdampf (WV) und dem sichtbaren Bereich (VIS).

Die Bilder aus Kanal 1 (VIS 0,6µm) und 2 (VIS 0,8µm) sind Aufnahmen im sichtbaren Lichtspektrum und werden bei Tageslicht aufgenommen. Mit den sichtbaren Kanälen wird die Sonnenstrahlung beobachtet, die aufgrund der so gut wie durchsichtigen Gase der Atmosphäre bei ihrer Reflexion von dem sichtbaren Spektralband erfasst wird.

Um die Menge von Wasserdampf in der oberen Troposphäre zu bestimmen, werden die Bilder aus den Kanälen 5 (WV 6,2µm) und 6 (WV 7,3µm) des Wasserdampf- Absorbtionsspektralbands benutzt. Da Wasserdampf in der Atmosphäre die Wärmestrahlung der Erde stark absorbiert, gilt, dass viel Wasserdampf in der Atmosphäre ist, wenn diese undurchsichtig ist und dass im Umkehrschluss die Luft der Atmosphäre trocken ist, wenn diese auf den Bildern der Wasserdampf-Kanäle durchsichtig ist.

Das thermische Infrarotband umfasst die Kanäle 3 (IR 1,6µm), 4 (IR 3,9µm), 7 (IR 8,7µm), 9 (IR 10,8µm) und 10 (IR 12,0µm). Über dieses Spektralband werden Tag und Nacht Bilder erstellt, sowie die Temperatur von Ozeanoberflächen oder Wolken bestimmt. Wie auch bei dem sichtbaren Spektralband können die Gase der Atmosphäre vernachlässigt werden, da

diese nahezu durchsichtig sind. Die Temperatur wird über die Strahlenreflexion von der Erdoberfläche bestimmt.

Die Kanäle 8 (IR 9,7µm O_3) und 11 (IR 13,4 µm CO_2) gehören ebenfalls zu dem Infrarotspektralband, sind aber auf die Aufnahme von Ozon bzw. Kohlendioxid spezialisiert.

Diese elf Kanäle erstellen Bilder mit einer Auflösung von drei Kilometern. Der Zwölfte Kanal wird auch High Resolution Visible (HRV) Kanal genannt, da dieser Bilder mit einer Auflösung von nur einem Kilometer aufnimmt.

„The SEVIRI instrument allows for a complete image scan (Full Earth Scan) once every 15-minute period. Each 15-minute period, or repeat cycle, consists of eight segments of image data, with the exception of the HRV channel, which has 24 segments. Each segment has 464 lines of image data." (EUMETSAT)

Im Zentrum der MSG-Satelliten befindet sich das **Geostationary Earth Radiation Budget (GERB) Instrument**, das zweite wichtige Instrument. „It makes accurate measurements of the short wave (SW) and long wave (LW) components of the radiation budget at the top of the atmosphere" (EUMETSAT). Die durch das GERB erfassten Daten sind zu der reflektierten Sonnenstrahlung sowie der von der Erde und der Atmosphäre abgegebenen Wärmestrahlung.

„The GERB instrument is a scanning radiometer with two broadband channels — one covering the solar spectrum (0.32 to 4.0 µm), the other covering a wider portion of the electromagnetic spectrum (0.32 to 30 µm). Together these channels are used to derive the thermal radiation emitted by the Earth in the spectral range 4.0 to 30 µm" (EUMETSAT).

Zu der Ausstattung der MSG-Satelliten gehören außerdem einige Untersysteme wie das **Telemetry, Tracking and Command (TT&C) Subsystem**, das sich im unteren Bereich des Satelliten befindet und für den Kontakt und die Übermittlung von Informationen über die Satelliten mit den Bodenstationen zuständig ist.

Zusätzlich gibt es im oberen Bereich das **Mission Communication Payload (MCP) Subsystem**, zu dem auch die Antennen und Transponder gehören, die die Kommunikation mit den Satelliten ermöglichen.

3.3.4 0° Service (Meteosat-10)

Der 0° Service ist die Hauptaufgabe von Meteosat-10, da dieser sich an der Position 0° befindet. Dieser Dienst deckt ganz Europa, Afrika und den Atlantischen Ozean ab, sowie alle Regionen „where the elevation to the satellite is greater than or equal to 10°“ (EUMETSAT) (EUMETSAT). Er besteht aus den High Rate SEVIRI und den Low Rate SEVIRI Bilddaten.

Bevor die High Rate SEVIRI Daten an den Benutzer weitergegeben werden, werden sie auf ihre radiometrische sowie geometrische Nichtlinearität korrigiert. Später ist es dem Nutzer sogar möglich, von jedem einzelnen Pixel, mit jeweils einer Größe von zehn Datenbits, die genaue geographische Position zu bestimmen.

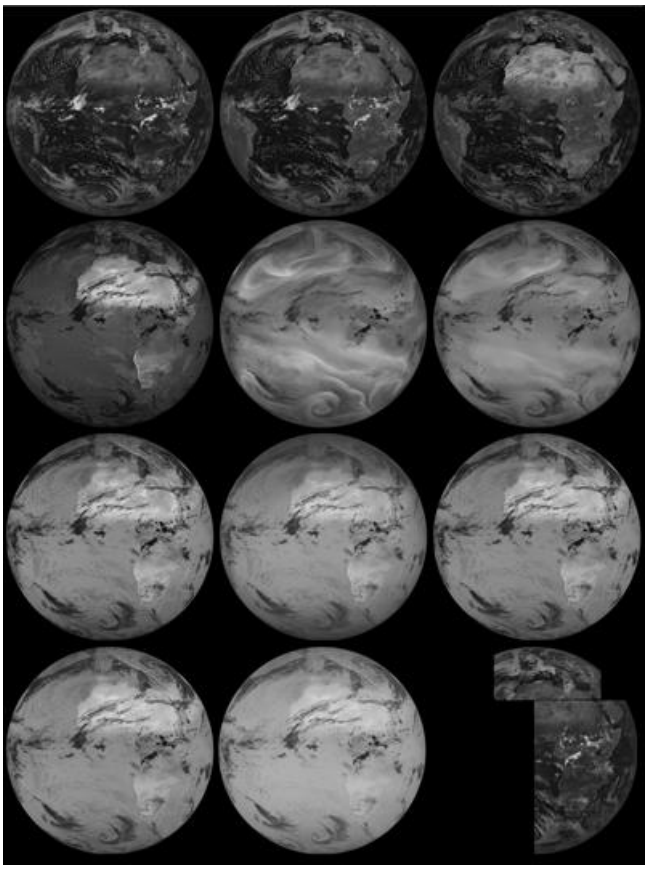


Abbildung 12: Beispielbilder aus den 12 Spektralkanälen der MSG-Satelliten © 2014 EUMETSAT

Wie in Kapitel 3.3.3 Technische Instrumente der MSG-Satelliten beschrieben wird, erstellen die MSG-Satelliten die Bilder in 12 verschiedenen Kanälen (siehe Abbildung 12). Der Schwerpunkt liegt dabei entweder bei Infrarotbildern (IR), Wasserdampfbildern (WV) oder sichtbaren Bildern (VIS).

Seit dem 31. August 2005 passt sich der 12. Kanal, der HRV-Kanal, automatisch an das Tageslicht an und wandert mit diesem mit. Zwischen 00:00 und 14:00 UT ist die HRV Kanalöffnung östlich ausgerichtet, um den Bereich des Indischen Ozeans abzudecken. Danach bewegt sich die HRV Kanalöffnung jede Stunde zwischen 14:00 und 17:00 UT stückweise in Richtung Westen, bevor sie zwischen 17:00 und 00:00 UT westwärts ausgerichtet bleibt, um den Atlantischen Ozean abzudecken.

Der Low Rate SEVIRI Dienst beschränkt sich auf die fünf Spektralkanäle 1 (VIS 0,6µm), 3 (IR 1,6µm), 4 (IR 3,9µm), 5 (WV 6,2µm) und 9 (IR 10,8µm). „Data are compressed using lossy JPEG compression prior to onward distribution to the user” (EUMETSAT) (EUMETSAT).

3.3.5 Rapid Scanning Service[6] und Full Earth Scan[7] Modus (Meteosat-8/9)

Für den Rapid Scanning Service (RSS), den EUMETSAT im Mai 2008 mit der Meteosat Second Generation wieder gestartet hat, nachdem dieser bereits mit der Meteosat First Generation von 2001 bis Januar 2007 lief, nimmt der geostationäre Wettersatellit Meteosat-9 (MSG-2), dessen Position 9,5° Ost ist, seit dem 9. April 2013 alle fünf Minuten Bilder von Afrika und Europa auf. „Only the northern-most part of the globe is scanned, resulting in just three image segments being transmitted" (David Taylor, 2013). Dadurch wird dieser schnelle Scan ermöglicht. Über elf Monate im Jahr betreibt Meteosat-9 abwechselnd mit dem Full Earth Scan (FES) den Rapid Scanning Service. Die zeitliche Verteilung sieht dabei folgendermaßen aus: „The baseline operational period for full RSS is 26 days of continuous rapid scanning followed by two days of full earth disc scanning" (EUMETSAT).

Im zwölften Monat, der ungefähr um den Jahreswechsel bei Dezember und Januar liegt, ist es nötig, dass der gesamte Service von Meteosat-9 vorrübergehend unterbrochen und gestoppt wird. „These temporary outages […] are used to exercise the Meteosat-9 SEVIRI instrument mechanics in Full Earth Scan (FES) mode, which is required to keep the mechanism in good repair" (EUMETSAT). Während dieses Monats übernimmt der Satellit Meteosat-8 (MSG-1) alle Aufgaben des Meteosat-9.

„During Meteosat-9 FES mode, Meteosat-9 image data and meteorological products are not disseminated" (EUMETSAT). Deshalb ersetzen auch in dieser Zeit die RSS-Bilddaten von Meteosat-8 die Dienste von Meteosat-9. Da Meteosat-8 sich an einer anderen orbitalen Position befindet als Meteosat-9,nämlich bei 3,5° Ost, werden die Bilddaten -„rectified to 9.5 deg E" (EUMETSAT)- wie die von Meteosat-9 ausgerichtet.

Tabelle 4 kann man die Daten entnehmen, an welchen Tagen in diesem Jahr[8] in den Monaten April bis Dezember Meteosat-8 für zwei Tage den Rapid Scanning Service betreibt, während sich Meteosat-9 im Full Earth Scan Modus befindet. Ein Full Earth Scan startet und endet immer um 9:00 UT. Zum Beispiel wird Meteosat-9 am 01. Juli 2014 um 9:00 UT den Rapid Scanning Service stoppen, um in den Full Earth Modus überzugehen, während Meteosat-8 die RSS-Daten verbreitet. Nach 48 Stunden am 03. Juli 2014 um 9:00 UT übernimmt Meteosat-9 wieder den Rapid Scanning Service. „There will be up to a 15-minute gap when transitioning from Met-9 to Met-8 (and from Met-8 to Met-9) image data dissemination" (EUMETSAT).

[6] Modus, in dem nur bestimmte Teile der Erde und diese dadurch besonders schnell gescannt werden
[7] Modus, in dem die komplette Erde gescannt wird
[8] 2014

START DATE	END DATE	DURATION
08 Apr, 2014	10 Apr, 2014	48 hours (Met-8 image data disseminated in lieu)
06 May, 2014	08 May, 2014	48 hours (Met-8 image data disseminated in lieu)
03 June, 2014	05 June, 2014	48 hours (Met-8 image data disseminated in lieu)
01 July, 2014	03 July, 2014	48 hours (Met-8 image data disseminated in lieu)
29 July, 2014	31 July, 2014	48 hours (Met-8 image data disseminated in lieu)
26 August, 2014	28 August, 2014	48 hours (Met-8 image data disseminated in lieu)
23 September, 2014	25 September, 2014	48 hours (Met-8 image data disseminated in lieu)
21 October, 2014	23 October, 2014	48 hours (Met-8 image data disseminated in lieu)
18 November, 2014	20 November, 2014	48 hours (Met-8 image data disseminated in lieu)
16 December, 2014	18 December, 2014	48 hours (Met-8 image data disseminated in lieu)
RSS monthly mission swaps and interruptions		

Tabelle 4: Anfang und Ende des FES Modus‘ von Meteosat-9 bzw. der Übernahme des RSS durch Meteosat-8
© 2014 EUMETSAT

4 Bestandteile der Meteosat-Empfangsstation

Im folgenden Kapitel werden die Bestandteile unserer Meteosat-Empfangsstation vorgestellt. Falls Schüler und Lehrer von anderen Schulen oder weitere Hobbymeteorologen auch eine Meteosat-Empfangsstation aufbauen wollen, können sie sich an den von uns benutzten Bestandteilen orientieren. EUMETSAT schreibt in der Learning Zone[9], die sich an Schüler aus der Sekundarstufe II richtet und für den Aufbau einer Meteosat-Empfangsstation eine gute Hilfe sein kann: „ All you need is a computer and satellite dish, set-up with specialist processing and visualisation software.“ (Lancaster, 2014) Welche Voraussetzungen für diese Bestandteile gelten und welche Funktion sie haben, darum geht es in diesem Kapitel.

4.1 Hardware

4.1.1 Satellitenschüssel

Da der Empfang der Daten bei schlechtem Wetter entscheidend vom Durchmesser der Satellitenschüssel abhängt, wurde auf dem Dach der Schule eine Schüssel mit einem Durchmesser von einem Meter installiert (siehe Abbildung 13). Damit ist gewährleitstet, dass die Satellitenbilder bei jedem Wetter ohne Probleme empfangen werden können. Die Satellitenschüssel ist auf den Satelliten EUTELSAT 9A auf 9° Ost ausgerichtet, über den EUMETCast die Daten liefert. Die weiteren Daten für den Empfang: Frequenz 11977.00, Polarisation H, Transponder 63, Ausleuchtungszone EB9a, Sendenorm DVB-S, Modulation QPSK, Symbol – FEC 27500 3/4, Bitrate 38 Mbps, Network-ID 158, Transponder-ID 6300.

Abbildung 13: Satellitenschüssel der Meteosat-Empfangsstation auf dem Dach des CFGs in Wuppertal

Die Satellitenschüssel ist mit einer im PC eingebauten DVB-S2-Karte verbunden. Obwohl EUMETCast zurzeit als DVB-S-Signal gesendet wird und eine DVB-S-Karte vollkommen ausreichend wäre, ist von EUMETSAT für Juni 2014 der Testbetrieb von EUMETCast in der Sendenorm DVB-S2 angekündigt. Der Dienst soll zukünftig über den Satelliten EUTELSAT 10A (Position 10° Ost) mit der neuen Übertragungsnorm ausgestrahlt werden. Ab 1. August 2014 soll EUMETCast auf dem neuen Satelliten zur Verfügung stehen. Zum 31. Dezember 2014 soll die DVB-S Übertragung eingestellt werden.[10]

[9] http://l-zone.info/
[10] http://www.eumetsat.int/website/home/TechnicalBulletins/EUMETCast/DAT_2082113.html

4.1.2 Computer

Für unser Projekt haben wir uns einen leistungsfähigen Computer zusammenstellen lassen, der in Abbildung 14 zu sehen ist. Dieser kann sowohl Daten empfangen, als auch verarbeiten. Normalerweise sind für eine Empfangsstation von Wetterdaten zwei Rechner vorgesehen, ein PC für den Empfang der Daten vom Satelliten und einer für die weitere Bearbeitung der Bilder bzw. die Erstellung von Animationen von Wolken. Die Anschaffung von zwei Computern hätte jedoch unser Budget für das Projekt gesprengt, sodass wir uns dazu entschlossen haben, nur einen Rechner anzuschaffen, diesen jedoch mit besserer Hardware und höherer Leistungsfähigkeit auszustatten.

Abbildung 14: Computer der Meteosat-Empfangsstation in der Sternwarte des CFGs in Wuppertal

Der Computer verfügt über einen Intel i5 Prozessor, 16 GB Arbeitsspeicher und zwei Festplatten mit 250 und 1.000 GB. Bei der kleineren Festplatte handelt es sich um eine SSD[11], die es erlaubt, das Betriebssystem[12] und die Verarbeitungsprozesse der Bilder durch einen schnellen Schreib-/Lesezugriff auf die gespeicherten Daten zu beschleunigen. In Verbindung mit den 16 GB Arbeitsspeicher erreichen wir damit eine ausreichende Verarbeitungsgeschwindigkeit. Die große Festplatte mit 1 TB dient dazu, die vom Satelliten heruntergeladenen Bilddateien und die daraus erstellten Animationen zu speichern. Dabei geht es nicht so sehr um schnelle Zugriffszeiten wie bei der SSD, sondern eher um ausreichend Platz für die Speicherung der großen und vor allem vielen Bilddateien.

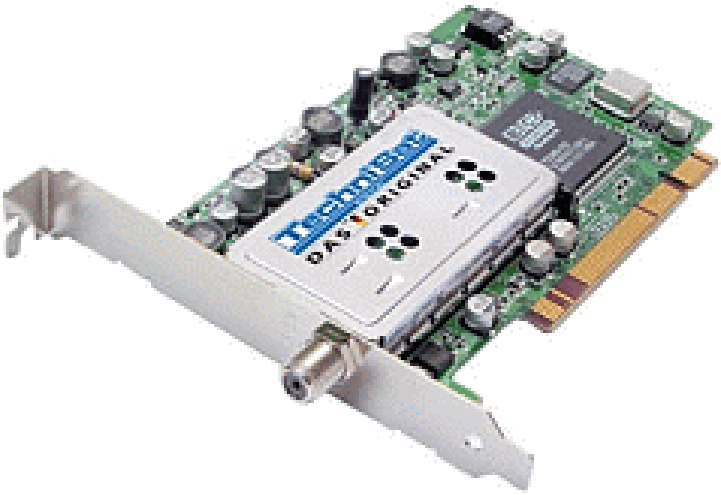


Abbildung 15: Skystar 2 DVB-S-Karte (Rupprecht, 2010)

Für den Empfang der Daten vom Satelliten ist eine Skystar 2-DVB-S-Karte[13] von TechniSat wie in Abbildung 15 eingebaut, die für den Empfang der Bilddaten empfohlen worden ist. Auf den Einbau einer sehr leistungsfähigen Grafikkarte wurde verzichtet. Eine hohe Leistung, wie sie für Spiele benötigt wird, ist nicht erforderlich, da die Darstellung der Bilder auf dem Monitor in normaler Auflösung erfolgt.

[11] Solid State Disk
[12] Windows 7, 64 bit
[13] Digital video broadcasting Karte für den Empfang via Satellit

4.2 Registrierung bei EUMETSAT im Earth Observation Portal (EOP)

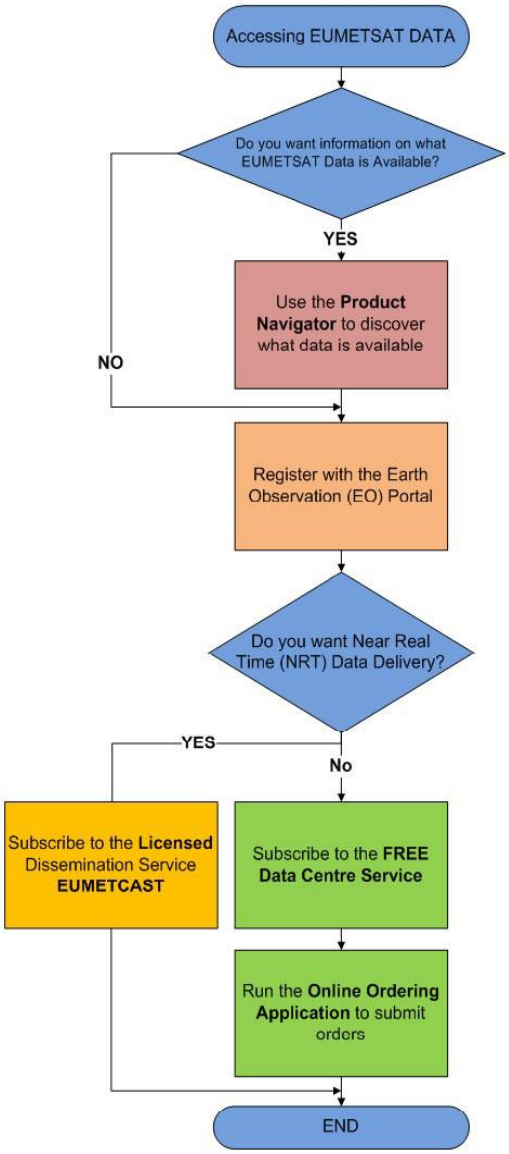


Abbildung 16: Ablauf des Registrierungsvorgangs bei EUMETSAT © 2014 EUMETSAT

Um Zugriff auf Daten wie „all near real-time […] data and products delivered via EUMETCast, Direct Dissemination and FTP over the internet" (EUMETSAT), sowie Daten aus dem Eumetsat-Archiv und alle Daten von Dritten, „delivered via EUMETCast" (EUMETSAT), zu haben, ist eine Registrierung bei dem Earth Observation Portal (EOP) nötig. Danach kann man sich als Nutzer immer wieder einloggen „to view and modify [one's] profile, service subscriptions and licence arrangements" (EUMETSAT).

Die nebenstehende Abbildung 16 zeigt den Registrierungsprozess, der von der Überlegung, welche angebotenen Daten für einen von Interesse sein könnten, über die eigentliche Registrierung bis hin zur Bestellung der Hard- bzw. Software zum Datenempfang führt.

Um sich zu registrieren, klickt man auf der Webseite des EOPs[14] zuerst unten auf den Button NEW USER - CREATE NEW ACCOUNT. Danach muss das Formular zu den Benutzerdaten ausgefüllt werden. Bei der Frage nach der „costumer organisation" haben wir Primary/Secondary Educational Institute angekreuzt, da unsere Meteosat-Empfangsstation vor allem für die Sternwarte des Carl-Fuhlrott-Gymnasiums Wuppertal von Nutzen sein soll (siehe dazu auch das Kapitel 2.2 Nutzen der Meteosat-Empfangsstation). Dann wird der Registrierungsprozess abgeschlossen, es sei denn man benötigt Soft-und Hardware zum Empfangen von Daten (siehe Kapitel 4.3.1 EUMETCast Client Software, EUMETCast Unit Key). Diese können bereits während des Registrierungsprozesses bestellt werden. Nach der Registrierung wird man nach einigen Tagen von EUMETSAT kontaktiert „to confirm the payment of any decryption hardware and software" (EUMETSAT), insofern dies notwendig ist, „to discuss any licensing matters, and to acknowledge the activation of any service subscriptions" (EUMETSAT).

[14] https://eoportal.eumetsat.int/userMgmt/login.faces

4.3 Softwares zur Datenverarbeitung

4.3.1 EUMETCast Client Software, EUMETCast Unit Key und Tellicast

„Hat man sich bei der Registrierung nur für die Essential Services entschieden, benötigt man keine Lizenz" (Rupprecht, 2010). Dann reicht es, die EUMETCast Client Software zu erwerben. Diese ist erhältlich für die Betriebssysteme MS Windows sowie Linux. Die EUMETCast Client Software wird benutzt für folgende Prozesse: „decryption of data based on a key code" (EUMETSAT) sowie „error correction and management of received files" (EUMETSAT). Die Tellicast Client Software, die die DVB-S Signale in noch verschlüsselte Dateien umwandelt, ist außerdem obligatorisch, da EUMETCast über einen Tellicast Server ausgeführt wird. Für dieses Softwarepaket fällt eine Gebühr von 60€ an. Dafür erhält man eine CD/DVD von EUMETSAT mit Tellicast- „owned by Tellitec" (EUMETSAT)-und der EUMETCast Client Software. Bei der Installation von der Tellicast Client Software muss am Ende des Installationsvorgangs ein Benutzername und ein „user_key/password" (EUMETSAT), welche von EUMETSAT mitgeliefert werden, eingegeben werden.

„Möchte man die Licenced Services[15] nutzen […][,] benötigt man eine Lizenz, mit [welcher] man eine[n] EUMETCast Key Unit erhält" (Rupprecht, 2010). „The EUMETCast Key Unit (EKU) is the USB device used in conjunction with the EUMETCast Client Software to get access to the data distributed via EUMETCast" (EUMETSAT). 40 Euro kostet der EUMETCast Key Unit, der in Abbildung 17 erkennbar ist.

Abbildung 17: Der EUMETCast Key Unit (EKU) (Rupprecht, 2010)

Die für unsere Meteosat-Empfangsstation interessanten Bestandteile der Licenced Services sind vor allem die Daten des Low Rate SEVIRI[16], die alle 30 und 60 Minuten gesendet werden, die des High Rate SEVIRI[17], die in den gleichen Zeitintervallen wie die Daten des Low Rate SEVIRI und zusätzlich alle 15 Minuten gesendet werden, sowie die in Abständen von 10 Minuten gesendeten hoch aufgelösten Bilder des Rapid Scanning Services (siehe Kapitel 3.3.5 Rapid Scanning Service und Full Earth Scan Modus (Meteosat-8/9)). Ebenfalls in den Licenced Services enthalten sind beispielsweise der Empfang der Bilder, die Meteosat-7 von der Region des Indischen Ozeans aufnimmt, oder der Zugriff auf das Archiv aller Daten von der Meteosat First Generation und der Meteosat Second Generation, wie man auch der Tabelle 5 entnehmen kann.

[15] Lizensierte Dienste
[16] Daten des Spinning Enhanced Visible and InfraRed Imager mit niedriger Datenrate
[17] Daten des Spinning Enhanced Visible and InfraRed Imager mit hoher Datenrate

CATEGORY	SERVICE	TIMELINESS (REPEAT CYCLES/SLOTS)
Near Real-time Data Services	Meteosat Rapid Scanning Service	10-min
	Meteosat High Rate SEVIRI	15-min, 30-min and 1-hourly
	Meteosat Low Rate SEVIRI	30-min and 1-hourly
	Meteosat High Resolution Image (HRI) Indian Ocean Data Coverage	30-min and 1-hourly
	Metop Global IASI Level 1	135 minutes
	Metop Global GRAS Level 1	135 minutes
	Metop Global GOME Level 1	135 minutes
	Metop Global ASCAT Level 1	135 minutes
Archived/Historical Data Service	Archive Direct Service — 7-day rolling archive of Indian Ocean Image Data from Meteosat First Generation	Data older than 24 hours
	Meteosat archived data — the complete historical archive of Meteosat first and second generation image data	
Data subject to licensing terms and conditions		

Tabelle 5: Die Leistungen der Licensed Services © 2014 (EUMETSAT)

Ein EUMETCAST-Paket enthält die aktuelle Version der EUMETCast Client Software, die Tellicast-Software, das „EKU Run-Time-Environment“ (EUMETSAT), sowie die Treibersoftware für die DVB-Karte und Dokumente wie troubleshooting notes[18] oder Readme files[19], sodass alle wichtigen Voraussetzungen für den Aufbau einer Meteosat-Empfangsstation auf einmal erworben werden können.

[18] Hilfen zur Fehelerbehandlung
[19] Liesmich- Dateien

4.3.2 MSG Toolset Plus

Um die von EUMETSAT empfangenen Daten verarbeiten zu können, haben wir von David Taylor[20] das „MSG Toolset Plus“-Paket[21] erworben und installiert. Bei der Bestellung muss der Hardware Fingerprint des Computers mit angegeben werden, damit gewährleistet wird, dass die Softwares ausschließlich auf einem Computer benutzt wird. Wie sich der Hardware Fingerprint ermitteln lässt, wird während der Bestellung beschrieben.

Das „MSG Toolset Plus“-Paket wurde 2004 nach einer Präsentation auf der EUMETSAT Meteorological Satellite Konferenz in Prag als beste Möglichkeit zum Empfangen und Verarbeiten von Meteosat-8 Daten ausgezeichnet.

In dem Paket sind drei Softwares enthalten: der MSG Data Manager, durch den die Daten decodiert und verwaltet werden, der MSG Animator, der mehrlagige, einkanalige Animationen erstellt, sowie die Software GeoSatSignal, die die Daten in mehrkanalige, falschfarbige Bilder und Animationen umwandelt. Im folgenden Kapitel werden diese drei Softwares im Detail vorgestellt. Unsere benutzerdefinierten Einstellungen dieser Softwares bzw. eine Anleitung zum Erstellen von Bildern oder Animationen sind in Kapitel 6 (Bedienung der Meteosat-Empfangsstation) bzw. in Kapitel 7 (Bilder und Animationen) vermerkt.

4.3.2.1 MSG Data Manager

Um mit dem MSG Data Manager überhaupt Daten empfangen zu können, muss eine Lizenz von EUMETSAT vorliegen, die durch eine Registrierung erworben wird (siehe Kapitel 4.2 Registrierung bei EUMETSAT im Earth Observation Portal (EOP)). Der MSG Data Manager ist für Windows 7 und 8 entwickelt worden

Die Software wird von großen Wetterinstitutionen wie dem meteorologischen Institut Finnlands oder Meteo-Swiss verwendet, außerdem von Universitäten und Museen, sowie von Nutzern aus ganz Europa, die diese Software entweder zu professionellen oder wie wir zu amateurhaften Zwecken benutzen.

Wie sich aus dem Namen der Software bereits schließen lässt, regelt der MSG Data Manager den immensen Datenfluss von geostationären Wettersatelliten wie den von denen für uns interessanten Satelliten Meteosat-8, 9 und 10 (Europa, Afrika), aber auch den Datenfluss von MTSAT-2 (Asien), GOES-East und GOES-West (Amerika) und Meteosat-7 (Indischer Ozean).

---

[20] Ein schottischer Softwareentwickler, http://www.satsignal.eu/davids.html
[21] http://www.swreg.org/com/storefront/50031/product/50031SW962

Die über das EUMETCast-System empfangenen High Rate Information Transmission (HRIT)[22]- und Low Rate Information Transmission (LRIT)[23]-Dateien werden von dem MSG Data Manager decodiert und automatisch in Bilder weiterverarbeitet. Darüber hinaus gibt es viele weitere verschiedene Möglichkeiten, den MSG Data Manager zu nutzen[24].

In den Einstellungen kann festgelegt werden, aus welchen der 12 Kanälen des Satelliten die Dateien benutzt werden sollen. Außerdem besteht die Möglichkeit, dass der MSG Data Manager die Dateien nach einer individuell festlegbaren Zeit automatisch löscht, damit kein unnötig verbrauchter Speicherplatz verloren geht. „As there are now twelve channels delivered four times an hour, the total data rate is some 1.5GB per hour, 15000 files per day, requiring significant management on your computer" (David Taylor, 2013). Das bedeutet, dass pro Tag ungefähr 36 GB für die Datenmenge an Speicherplatz benötigt werden, was sich in etwa mit unseren Erfahrungen deckt.

4.3.2.2 MSG Animator

Die Software MSG Animator verarbeitet die Bilder, die der MSG Data Manager aus den über die geostationären Wettersatelliten empfangenen EUMETSAT- Daten erstellt, zu Echtzeitanimationen weiter.

Ebenfalls wie mit dem MSG Data Manager ist es auch mit dem MSG Animator möglich, Daten von Satelliten weltweit zu verwenden (siehe MSG Data Manager). Eine weitere Parallele zum MSG Data Manager ist, dass für das Benutzen der MSG Animator Software Windows-7 oder Windows-8/8.1 als Betriebssystem vorausgesetzt wird, da die Software auf älteren Windowsversionen nicht funktioniert. Die Animationen werden im AVI-Format gespeichert.

Sobald neue Daten verfügbar sind, erstellt der MSG Animator die Echtzeitanimationen, auch aus mehreren Kanälen gleichzeitig, jedoch immer nur mit Daten aus einem Kanal pro Animation. Auch bei dieser Software kann man zwischen den Daten aus allen 12 Kanälen der für uns wichtigen Meteosat-Satelliten wählen. Die Animationen werden entzerrt und geglättet. Darüber hinaus ist es möglich, durch ein Histogramm und Kontrasterhöhung die Bildqualität zu verbessern.

Auf einer falschfarbigen Animation, wie sie mit dem MSG Animator erstellt werden kann, werden Wasser und Land zur besseren Erkennbarkeit blau bzw. grün eingefärbt. Die Wolken, die die niedrigste Temperatur aufweisen, sind dagegen dunkel. Durch diese Falschfärbung

[22] Daten mit hoher Auflösung
[23] Daten mit niedriger Auflösung
[24] Diese sind nachlesbar unter http://www.satsignal.eu/software/msg_dm.htm

wird besonders gut visualisiert, wo die höchste Regenwahrscheinlichkeit herrscht, nämlich da wo die Wolken am dunkelsten sind.

In den Optionen lässt sich einstellen, welche Länge die erstellten Animationen haben und wie viele Bilder dabei animiert werden sollen. Außerdem kann man festlegen, ob die Animationen den gesamten Tag über produziert werden sollen oder nur zu bestimmten Tageszeiten, vorrangig dann, wenn es hell ist und auf den zu verarbeitenden Bildern auch etwas zu sehen ist. Durch das Auswählen einer bestimmten Region bzw. das Auflegen von Gitterlinien an den Landesgrenzen, ist eine detaillierte Ansicht eines individuell zu bestimmenden Ortes möglich.

4.3.2.3 GeoSatSignal

GeoSatSignal ist wie der MSG Data Manager und der MSG Animator eine von David Taylor entwickelte Software zum Verarbeiten von Daten geostationärer Satelliten. Anders als diese beiden Softwares kann GeoSatSignal falschfarbige Bilder erstellen aus Daten mehrerer Kanäle, wobei die Unterschiede der einzelnen Kanäle in einem Bild vereint werden. Außerdem gibt es viele weitere Funktionen der GeoSatSignal Software[25]. Für die 5000 x 5000 Pixel großen Bilder benötigt man zusätzlich viel Speicherplatz.

Zusätzlich zu Amateurnutzern wie uns machen viele nationale Wetterdienste und Flughafenwetterdienste, sowie führende Universitäten weltweit und Forschungseinrichtungen Gebrauch von GeoSatSignal. Sogar Segelteams haben bereits für ihre Teilnahme am Volvo Ocean Race GeoSatSignal als Vorbereitung genutzt.

GeoSatSignal kann wie der MSG Data Manager und der MSG Animator Daten von mehreren geostationären Satelliten beziehen und schafft auf diese Weise die Möglichkeit auf eine Weltansicht.

[25] Diese findet man unter http://www.satsignal.eu/software/geosatsignal.htm

4.4 Webseite

4.4.1 Ziel

Die von uns mit eingerichtete Internetseite www.schuelerlabor-astronomie.de soll allen Interessierten einen Einblick in die Astronomie an unserer Schule geben. In den verschiedenen Rubriken findet man Informationen über das Schülerlabor, die Sternwarte und das Planetarium, Lehrveranstaltungen und aktuelle Termine, sowie bereits verfasste Arbeiten und geplante Projekte. Auch die Bilder der in diesem Jahr im Zuge einer anderen Projektarbeit digitalisierten Meteorkamera findet man dort.

Für unsere Meteosat-Empfangsstation wurde ein eigener Bereich angelegt. In diesem ist der Aufbau der Meteosat-Empfangsstation wie in dieser Projektarbeit beschrieben. Zusätzlich wurden zwei Bereiche angelegt, in die die verarbeiteten Wetterbilder mit Hilfe eines zeitgesteuerten ftp-Programms hochgeladen werden sollen, sodass wir unsere Ergebnisse präsentieren können. Dabei ist geplant, dass ein Bereich mit bereits älteren Satellitenbildern öffentlich zugänglich ist, während der Zugriff auf den zweiten Bereich nur einigen wenigen Personen möglich gemacht wird. In diesem passwortgeschütztem Bereich sollen nach Möglichkeit die aktuellsten Bilder abrufbar sein, damit von den befugten Personen beispielsweise entschieden werden kann, ob ein Beobachtungsabend an der Sternwarte stattfinden kann oder nicht.

4.4.2 Rechtliches

Bei der Veröffentlichung der Meteosat-Bilder auf der unter anderem für diesen Zweck eingerichteten Webseite müssen die Vorschriften der EUMETSAT Data Policy[26] eingehalten werden. Um alle Richtlinien zu erfüllen, haben wir uns in das pdf-Dokument[27] der EUMETSAT Data Policy eingearbeitet. Da dieses Dokument in Juristenenglisch verfasst ist, war es für uns jedoch schwierig die Richtlinien komplett zu verstehen.

Auf der Internetseite von David Taylor[28] sind die wichtigsten Fakten der EUMETSAT Data Policy zusammengefasst. Diese Informationen waren zwar bereits deutlich verständlicher, wurden von den am Aufbau der Meteosat-Empfangsstation beteiligten Personen aber dennoch unterschiedlich interpretiert.

Um sicher zu gehen, dass unser Vorhaben vollkommen legal ist, haben wir uns mit einer Beschreibung unserer Pläne per E-Mail direkt an EUMETSAT gewendet.

---

[26] Von den EUMETSAT-Mitgliedsstaaten verfasstes Dokument mit den Richtlinien zur Veröffentlichung der EUMETSAT-Daten
[27] http://www.eumetsat.int/website/home/AboutUs/LegalInformation/DataPolicy/index.html?lang=EN
[28] http://www.satsignal.eu/software/publishing-data.htm

Da wir eine Schullizenz für den Empfang der EUMETSAT-Daten haben, dürfen wir alle Bilder, auch aktuelle, in den passwortgeschützten Bereich hochladen, weil sie dort nur für Teile der Schulgemeinde sichtbar gemacht werden.

Für das Veröffentlichen von Bildern für alle Besucher der Internetseite kommen nur die Bilder in Frage, die aus nicht lizenzierten Daten erstellt werden. Das sind alle Bilder, die älter als 24 Stunden sind und die Bilder, die nur alle drei Stunden veröffentlicht werden. Das bedeutet, dass beispielsweise die Bilder von 00:00 UT auf die Webseite geladen werden und danach erst wieder die von 03:00 UT, die von 06:00 UT usw. Die in der Zwischenzeit empfangenen Bilder dürfen nicht veröffentlicht werden. Es ist sehr wichtig, diese dreistündige Veröffentlichungspause einzuhalten, da man bei häufigeren Veröffentlichungen, lizenzierte Daten veröffentlichen würde, was mitunter gravierende rechtliche Konsequenzen mit sich ziehen kann.

Zum Thema Copyright schreibt EUMETSAT Folgendes: „EUMETSAT grants all users the right to use, download and copy information, images, documents and materials from the website on the condition that each information, image, document and material taken from the website carries the EUMETSAT copyright credit "copyright {year} EUMETSAT" (where {year} is the current year)" (EUMETSAT).

4.4.3 Zeitgesteuertes FTP-Programm[29] von Second Copy Centered Systems

Das FTP-Programm von Second Copy Centered Systems dient dazu, Verzeichnisse und Dateien in regelmäßigen Abständen automatisch auf einen anderen Speicherplatz zu kopieren oder zu verschieben. Bei diesem Speicherplatz kann es sich auch um einen FTP-Server handeln. In unserem Fall ist der Speicherort die Webseite des Schülerlabors Astronomie. Durch die Verwendung dieses zeitgesteuerten Programms erspart man sich den Einsatz eines normalen FTP-Programms wie FileZilla. Außerdem umgeht man das Problem, dass der Dateitransfer auf den FTP-Server manuell ausgeführt werden muss, da Second Copy Jobs anlegt, die in regelmäßigen Abständen automatisch ausgeführt werden.

[29] File Transfer Protocol Programm

5 Installation der Programme

5.1 Tellicast-Software

Die Installation der Tellicast-Software ist sehr gut im Dokument „Quickinstall_Tellicast_-Windows7.pdf“ beschrieben, das sich im Verzeichnis D:\CD\Windows\Tellicast befindet.

5.2 MSG Data Manager

Der MSG Data Manager kann von der Seite http://www.satsignal.eu/ heruntergeladen werden.

Das Programm findet man auf oben genannter Internetseite unter der Rubrik „Satellite Tools“. Durch einen Klick auf den Eintrag „MSG Data Manager“ wird man auf die Seite weitergeleitet, auf der das Programm beschrieben ist. Dort findet sich auch der Link „Download the MSG Data Manager“, mit dem man das Programm als ZIP-Datei herunterladen kann. Mit dem Windows-Explorer entpackt man die in der Zip-Datei enthaltenen Dokumente in den Ordner „msg-data-manager.2.6.18“. Man wechselt in diesen Ordner und startet das Installationsprogramm „msgdatamanager-setup“ Das Programm kann mit den Standardeinstellungen, die während des Installationsprozesses vorgeschlagen werden, installiert werden.

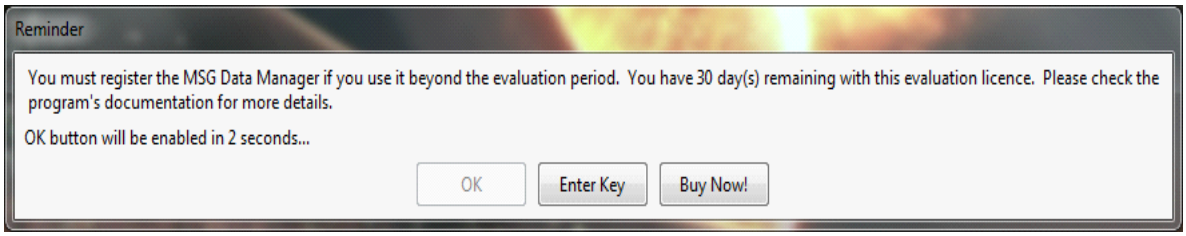


Abbildung 18: Erinnerung zum Erwerb des Lizenzschlüssels

Wie in Abbildung 18 zu sehen, erscheint direkt nach der Installation und bei jedem Start des Programms, eine Erinnerung, solange man noch keinen Lizenzschlüssel für die Vollversion eingegeben hat. Nach dem Kauf des Programms hat es noch einige Zeit gedauert, bis der Lizenzschlüssel gekommen ist. Durch Klicken auf „Enter Key“ kommt man in die Eingabemaske des Lizenzschlüssels und muss ihn dort einmal eingeben, um die Vollversion freizuschalten.

5.3 MSG Animator

Der MSG Animator wird ebenfalls von der Seite http://www.satsignal.eu/ heruntergeladen.

Das Programm findet man auf oben genannter Internetseite unter der Rubrik „Satellite Tools“. Durch einen Klick auf den Eintrag „MSG Animator“ wird man auf die Seite weitergeleitet, auf der das Programm beschrieben ist. Dort findet sich auch der Link „Download the

MSG Animator“, mit dem man das Programm als ZIP-Datei herunterladen kann. Mit dem Windows-Explorer entpackt man die in der Zip-Datei enthaltenen Dokumente in den Ordner „msg-animator.2.6.12“. Das Programm erfordert keine weitere Installation, sondern wird aus diesem Verzeichnis heraus gestartet. Man sollte sich eine Desktopverknüpfung für dieses Programm erstellen (rechte Maustaste auf die Datei, senden an, Desktop (Verknüpfung erstellen)).

5.4 GeoSatSignal

Die Software GeoSatSignal wird ebenfalls von der Seite http://www.satsignal.eu/ heruntergeladen.

Das Programm findet man auf oben genannter Internetseite unter der Rubrik „Satellite Tools“. Durch einen Klick auf den Eintrag „GeoSatSignal“ wird man auf die Seite weitergeleitet, auf der das Programm beschrieben ist. Dort findet sich in der ersten Zeile der Link „GeoSatSignal download“, mit dem man das Programm als ZIP-Datei herunterladen kann. Für alle Fälle sollte man auch das „GeoSatSignal mini-tutorial“ herunterladen, das später zum Erlernen des Umgangs mit dem Programm dient. Mit dem Windows-Explorer entpackt man die in der Zip-Datei enthaltenen Dokumente in den Ordner „geosatsignal.7.4.4“. Man wechselt in diesen Ordner und startet das Installationsprogramm „geosatsignal-setup“. Das Programm kann mit Standardeinstellungen installiert werden

5.5 Zeitgesteuertes FTP-Programm von Second Copy Centered Systems

Das zeitgesteuerte FTP-Programm kann unter http://www.secondcopy.com/download.html heruntergeladen werden.

Für die Installation wird auf der angegebenen Seite der Download gestartet und die Datei auf dem Rechner zwischengespeichert. Das Programm kann mit den Standardeinstellungen installiert werden, die während des Installationsprozesses vorgeschlagen werden. Bei dem Programm handelt es sich um Shareware. Laut den Lizenzbedingungen ist die Benutzung der Software in den ersten 30 Tagen als Testversion kostenlos. Wird das Programm danach regelmäßig benutzt, muss für $ 29,95 eine Lizenz[30] erworben werden. Wenn man das nicht macht, können nach Ablauf der 30 Tage keine neuen Jobs mehr angelegt oder vorhandene Jobs geändert werden.

[30] über die Webseite http://www.secondcopy.com/order.html

6 Bedienung der Meteosat-Empfangsstation

6.1 Einstellungen

In diesem Abschnitt wird beschrieben, welche Einstellungen an der DVB-S Karte und den vorhergegangenen Programmen vorgenommen werden müssen, um Satellitenbilder empfangen und verarbeiten zu können.

6.1.1 Technisat

Um den Satelliten für den Datenempfang auf der DVB-S-Karte einzurichten, ruft man das Programm „Technisat Setup4PC“ über einen Doppelklick auf (das Satelliten- symbol) in der Taskleiste auf. Auf der hier abgebildeten Eingangsmaske wird dann ein neuer Satellit angelegt. Dazu klickt man auf die Schaltfläche „Neu“ im Rahmen „Satellit“. Es erscheint ein Fenster wie in Abbildung 20.

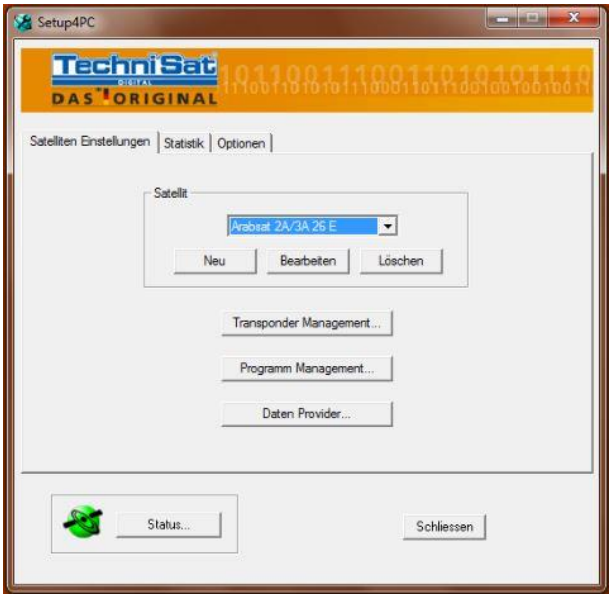


Abbildung 20: Setup4PC Startmaske

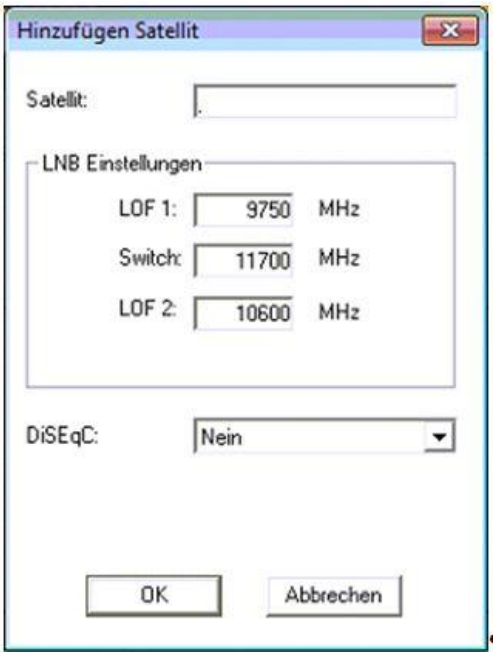


Abbildung 19: Hinzufügen eines Satelliten

In das Feld „Satellit“ (siehe Abbildung 19) trägt man zuerst einen Namen für den neuen Eintrag ein. Darunter können dann noch LNB[31]-Einstellungen eingerichtet werden. Diese können erst einmal so bleiben, wie sie vom Programm vorgeschlagen werden. Durch Klicken auf „OK“ ist der neue Satellitenname gespeichert. In einem zweiten Schritt müssen dann die genauen Einstellungen für den Empfang gewählt werden. Hierzu wird im Feld Satellit der neu angelegte Satellitenname eingetragen. Man wählt ihn durch einen Klick auf den Pfeil neben dem Eingabefeld aus den vorgeschlagenen Satellitennamen aus.

[31] Low Noise Block

Durch einen Klick auf die Schaltfläche „Transponder Management“ (siehe Abbildung 21) gelangt man in das Fenster für die Empfangseinstellungen. Auf Basis der Daten, die man über den Satelliten hat, stellt man in diesem Fenster im Feld „Suche & Scan“ die Start- und Endfrequenz, die Schrittweite und die Symbolrate ein, um mit diesen Daten anschließend einen Suchlauf zu starten. Der Suchlauf wird mit einem Klick auf den Knopf „Suche & Scan“ gestartet und kann einige Zeit in Anspruch nehmen. Am Ende des Suchlaufs sollte links im Fenster eine gefundene Transponderfrequenz stehen. Man kann das Fenster jetzt schließen und sich im Hauptfenster den weiteren Einstellungen zuwenden. Als nächstes drückt man auf die Schaltfläche „Daten Provider“.

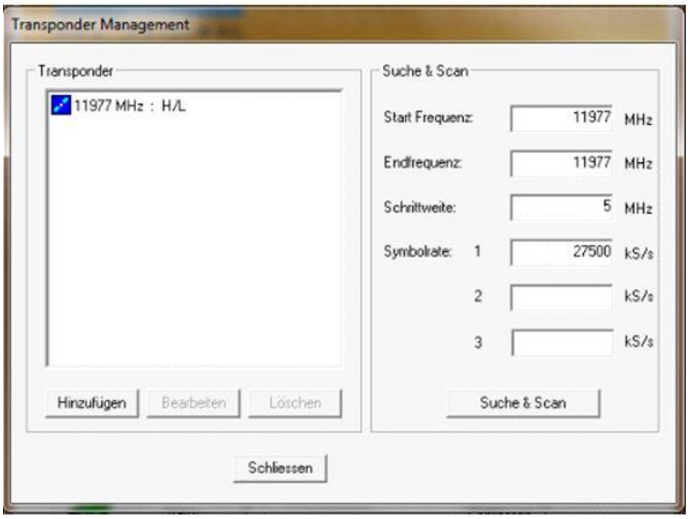


Abbildung 21: Transponder Management

Oben links bei „Provider Name“ (Abbildung 22) muss der Name des Providers eingetragen werden, von dem man die Daten erhält. Dies geschieht, indem man dort auf „Neu“ klickt und einen Namen einträgt. In unserem Fall wurde dort „EUMETCast“ eingetragen. Anschließend kann man auf der rechten Seite des Fensters den oben ermittelten Transponder mit seinem Namen eingetragen. In die PID-Liste links unten im Fenster werden die Kennzahlen eingetragen, mit denen festgelegt wird, welche Art von Bildern man empfangen will. Diese Zahlen können entweder als dezimale oder hexadezimale Ziffern eingetragen werden, je nachdem welche Daten man vorliegen hat und welches Kästchen angekreuzt ist. In diesem Fenster wird auf der linken Seite die MAC Adresse angezeigt. Auf der rechten Seite kann außerdem noch eine Proxy-Anmeldung durchgeführt werden, die für uns nicht erforderlich war. Damit sind die Grundeinstellungen für den Empfang der Satellitendaten abgeschlossen.

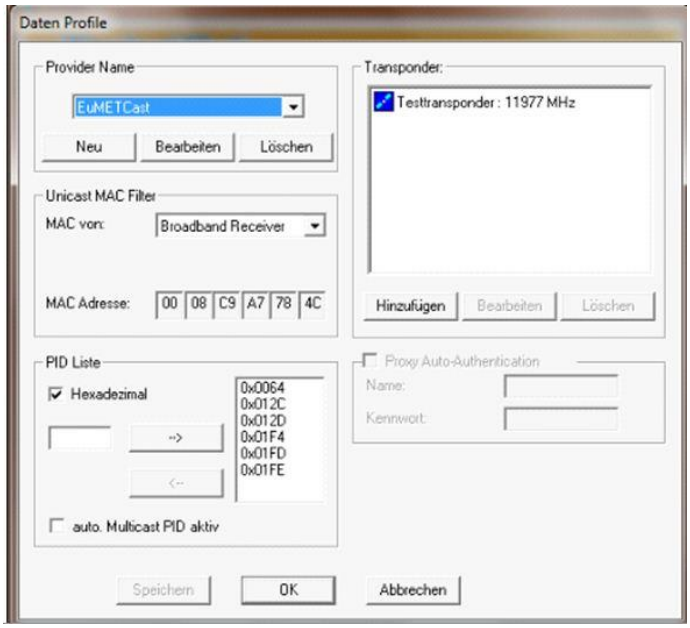


Abbildung 22: Daten Profile

6.1.2 MSG Data Manager

Damit die Wetterbilder korrekt empfangen werden können, müssen einige Voreinstellungen im MSG Data Manager vorgenommen werden. Das Fenster des Programms weist mehrere Karteireiter auf, z.B. „MSG HRIT“, „Welt FSD“, „Detailansicht“, „Nachrichten“ etc. Ganz rechts findet sich der Karteireiter „Einstellungen“, der sich beim Anklicken weiter unterteilt in die Bereiche „Optionen“ und „Kanalauswahl“. Unter „Optionen“ werden die wichtigsten Einstellungen für das Programm vorgenommen. Auf der rechten Seite befindet sich ein Bereich, der mit „Programmsteuerung“ überschrieben ist. Dort müssen die in Abbildung 23 sichtbaren Punkte angehakt und damit aktiviert werden.

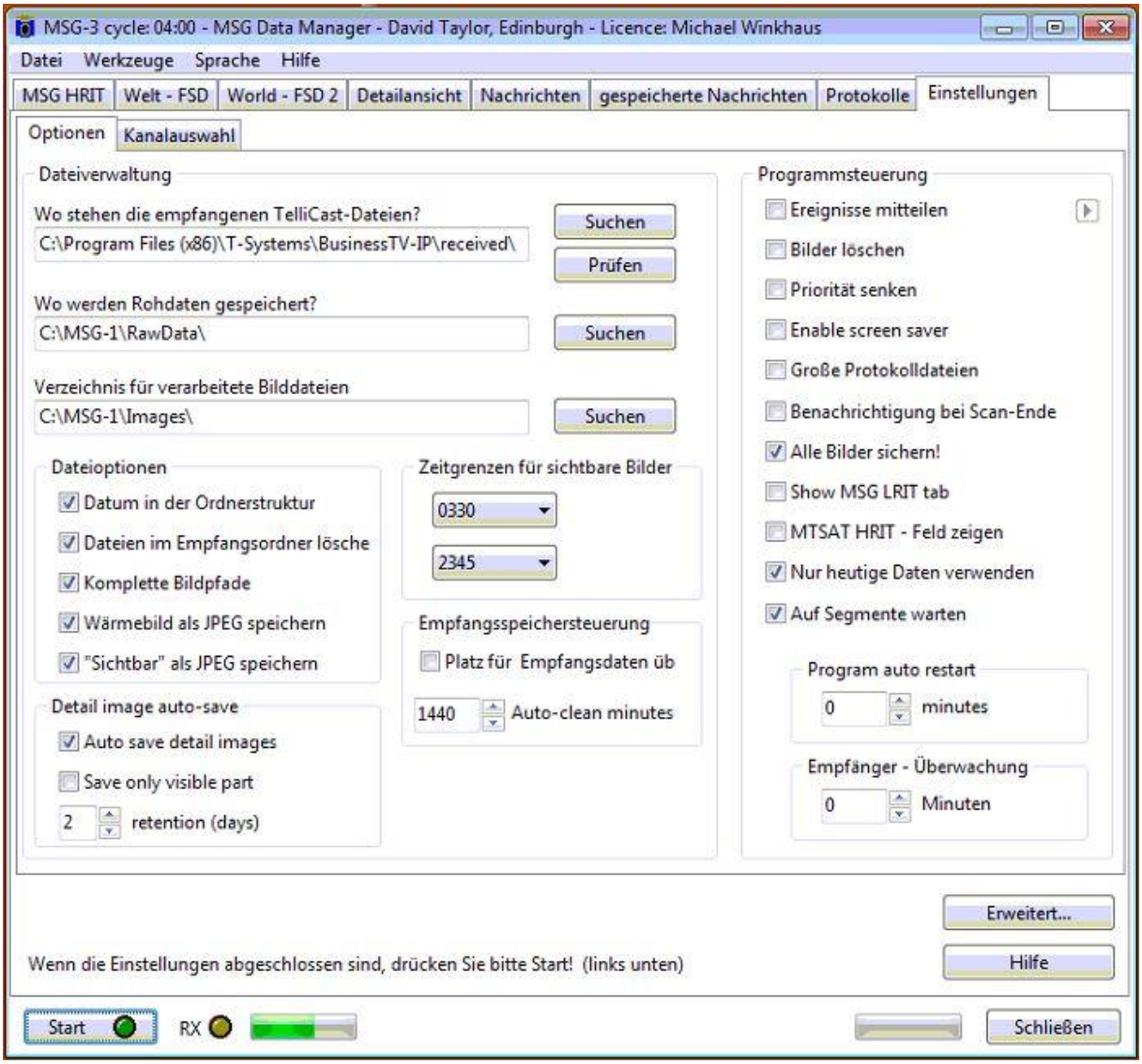


Abbildung 23: Unsere benutzerdefinierten Einstellungen des MSG Data Managers

Links oben, im Bereich „Dateiverwaltung“, werden die Pfade und Ordner festgelegt, in denen die empfangenen Dateien gespeichert werden. Es muss jeweils eine Einstellung für die empfangenen Tellicast-Daten, für die daraus entschlüsselten Rohdateien und für die verarbeiteten Bilddateien vorgenommen werden. Bei der Einstellung der „Dateioptionen“ ist zu beachten, dass erst einmal alle Optionen angehakt werden. Besonders wichtig ist der Bereich „Detail image auto-save“ unten links. Dort wird angegeben, wie lange die Daten gespeichert bleiben sollen, bevor sie gelöscht werden. Wählt man den Zeitraum zu groß, wird die Festplatte zu voll und es können keine aktuellen Bilder mehr vom Satelliten empfangen werden, da der Platz für ihre Speicherung auf der Festplatte fehlt. Bei uns ist der Zeitraum im Moment mit 2 Tagen („retention (days)“) angegeben. Als Ergänzung zu dieser Einstellung ist das Feld „Empfangsspeichersteuerung“ zu sehen. Dort wird festgelegt, wie lange die über das Tellicast-System empfangenen Daten auf der Festplatte gespeichert bleiben. Sobald aus diesen Dateien die Rohdaten entschlüsselt wurden, sind diese Dateien eigentlich überflüssig. Trägt man in das Feld „Auto-clean minutes“ einen Wert ein, dann werden die empfangenen Dateien nach Ablauf des dort angegebenen Zeitraums gelöscht. Wir haben dort 1440 Minuten, also 24 Stunden eingetragen. Die empfangenen TelliCast-Dateien werden also nach 24 Stunden gelöscht. Durch das Löschen der Dateien sollte immer ausreichend Platz für neue Bilder auf der Festplatte sein.

Genauso wichtig wie die Speicherdauer ist das in der Mitte des Fensters befindliche Feld „Zeitgrenzen für sichtbare Bilder“. Hier wird der Zeitraum festgelegt, in dem Bilder vom Satelliten empfangen werden (Format: Uhrzeit ohne Doppelpunkt oder Trennzeichen = SSMM). Da wir zurzeit nur Bilder im sichtbaren Bereich des Lichts betrachten, ist die Start- und Endzeit durch den Sonnenaufgang und Sonnenuntergang bestimmt. Nach Sonnenuntergang sind alle Bilder schwarz, sodass man auf Ihre Speicherung verzichten kann. Da sich die Tageszeiten im Laufe der Jahreszeiten ändern, sollte diese Einstellung in regelmäßigen Abständen angepasst werden.

6.1.3 Zeitgesteuertes FTP-Programm von Second Copy Centered Systems

Das Programm „Second Copy“ wird automatisch mit dem Windows Start gestartet. Es läuft im Hintergrund und hat das Symbol in der Taskleiste. Durch einen Doppelklick wird das Programm gestartet. Bei der ersten Verwendung sollte man im Menü unter dem Punkt „Language“ die Sprache auf „German“ ändern. Unter dem Menüpunkt „Datei“ gelangt man über den Punkt „Neues FTP Profil…“ in das Menü für die Einrichtung des Datentransfers auf den FTP-Server.

Die Einrichtung startet mit der Frage, ob man Daten auf den FTP-Server hochladen oder von ihm empfangen möchte. Wir wollen Daten hochladen und wählen „Lokal zu FTP“ aus.

Im zweiten Schritt geht es dann um die Festlegung, was übertragen werden soll. Man wählt im Feld Quellordner den Speicherordner aus, in dem die zu übertragenden Dateien stehen. Will man nicht nur Dateien, sondern ganze Verzeichnisstrukturen übertragen, setzt man bei „Unterordner einschließen“ einen Haken.

Im dritten Schritt können die zu übertragenen Dateien gezielt festgelegt werden. Wählt man „Alle Dateien und Ordner“ aus, so werden alle Dateien aus dem im zweiten Schritt ausgewählten Verzeichnis auf den FTP-Server übertragen. Will man nur einzelne Dateien übertragen, so wählt man „Nur ausgewählte Dateien und Ordner“ aus und kann diese dann gezielt festlegen. Mit einem Klick auf „Auswählen“ bekommt man die Ordner und Dateien im gewählten Verzeichnis angezeigt und kann sie gezielt auswählen. In unserem Fall wurde die Datei „201405141400-msg-ch12ne.jpg“ ausgewählt.

Im vierten Schritt wird der Zielort festgelegt, also der FTP-Server und das Unterverzeichnis, in das kopiert werden soll. Der Quellordner wird aus dem zweiten Schritt übernommen. Bei Ziel muss die Adresse des FTP-Servers und die für den Zugang erforderliche Anmeldung (Benutzername und Passwort) eingegeben werden. Im Feld „Pfad“ wird das Verzeichnis des FTP-Servers ausgewählt, in den die Datei kopiert werden soll. Als Port ist der Port 21 eingestellt, der normalerweise für Upload-Verbindungen benutzt wird. Er kann jederzeit geändert werden, falls im Netzwerk ein anderer Port für den Upload verwendet wird. Mit einem Klick auf „Verbindung testen …“ wird geprüft, ob mit den eingegebenen Daten eine Verbindung zum FTP-Server aufgebaut werden kann.

Im fünften Schritt legt man dann fest, wann die Dateien übertragen werden sollen. Bei der Auswahl des Intervalls haben wir „Alle xxx Minuten“ eingestellt und 15 Minuten ausgewählt. Man kann mit dem Feld „Nicht ausführen vor“ noch einen bestimmten Starttermin festlegen, worauf wir jedoch verzichtet haben. Wir haben stattdessen im Bereich „Auch ausführen beim“ das Feld „Start“ ausgewählt. Damit ist sichergestellt, dass beim Starten des Computers diese Datenübertragung sofort ausgeführt wird. Da wir den Rechner permanent laufen lassen, haben wir keine Tage festgelegt, an denen die Übertragung nicht ausgeführt wird (Bereich „Nicht an diesen Tagen“). Die Übertragung läuft bei uns auch am Wochenende, damit jederzeit aktuelle Wetterbilder auf der Webseite des Schülerlabors Astronomie abrufbar sind.

Im Sechsten Schritt wird abschließend festgelegt, ob die Datei kopiert oder bewegt wird. Wir haben hier einfaches Kopieren ausgewählt. Dies reicht für unsere Zwecke aus. Man kann dort noch festlegen, ob überflüssige oder ältere Dateien beim Kopieren vom Ziellaufwerk gelöscht werden sollen. Mit der Festlegung eines Namens für das Profil wird die Datenübertragung dann in Second Copy gespeichert und dann entsprechend der getroffenen Einstellungen ausgeführt.

6.2 Überprüfung der Einstellungen beim Starten des Computers

Neben den Grundeinstellungen, die einmal bei der Einrichtung des Computers vorgenommen werden müssen, sind die nachfolgend beschriebenen Punkte bei jedem Neustart des Computers zu überprüfen. Nur so kann gewährleistet werden, dass die Daten korrekt empfangen und weiterverarbeitet werden können. Alle im nachfolgenden Kapitel aufgeführten Programme sollten immer geöffnet sein, um ein schnelles und problemloses Arbeiten zu gewährleisten.

6.2.1 Technisat

Als Erstes muss sichergestellt werden, dass die EUMETSAT-Satelliten ausgewählt sind. Dazu bedient man sich des in Kapitel 6.1.1 beschriebenen Programms „Setup4PC“ von Technisat, das im Systemtray der Taskleiste zu finden ist. Durch einen Doppelklick auf das grüne Satellitensymbol wird das Programm geöffnet. Im Auswahlfeld in der Mitte des Fensters muss als Satellitenname „Test“ stehen. Wenn dies nicht der Fall sein sollte, muss dieser Satellit durch Klick auf den Auswahlpfeil aus der vorhandenen Satellitenliste ausgewählt werden.

6.2.2 Verbindung zu Tellicast

Als nächstes muss kontrolliert werden, ob man mit Tellicast verbunden ist. Das erkennt man daran, dass unten in der Symbolleiste ein weißes rechteckiges Feld mit rosa „T“ angezeigt wird. Wenn das Feld gelb sein sollte, wird die Verbindung noch aufgebaut. Dann muss man einen Augenblick warten, bis sich die Farbe ändert. Danach klickt man mit der rechten Maustaste auf dieses Symbol und wählt aus dem Menü „HTML Shell“ aus. Es öffnet sich ein Browser-Fenster in dem angezeigt wird, mit welcher Übertragungsrate man die Daten von Tellicast empfängt. Ein Empfang muss immer gegeben sein. Die Übertragungsrate sollte nicht zu sehr schwanken.

6.2.3 Starten des MSG Data Managers

Nachdem die Satellitenauswahl und die Übertragungsrate geprüft sind, kann der MSG Data Manager mit Doppelklick auf das Desktop-Symbol gestartet werden. Im Programmfenster in Abbildung 24 befindet sich am unteren linken Rand des Fensters ein „Start“-Knopf mit grüner Signalanzeige. Drückt man den Knopf, wird mit dem Empfang der Satellitenbilder begonnen. Ein weiterer Klick auf diese Schaltfläche würde den Empfang der Bilder beenden. Neben dem Knopf befindet sich eine Signalleuchte. Sie sollte nach dem Start des Datenempfangs leuchten oder blinken. Ein rechts daneben befindlicher Fortschrittsbalken zeigt an, wie weit der Empfang eines Satellitenbildes vorangekommen ist. In der Regel sollten alle 15 Minuten Bilder empfangen werden. Der Fortschrittsbalken müsste also alle 15 Minuten wieder am Anfang stehen.

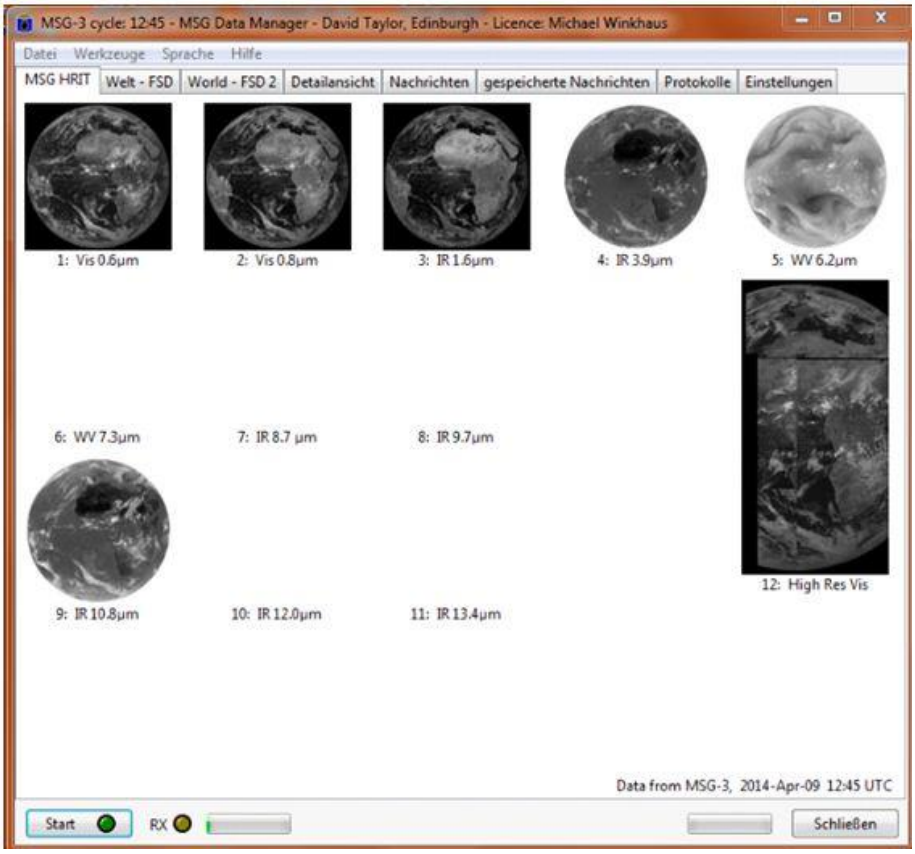


Abbildung 24: Startmaske des MSG Data Managers

6.2.4 Starten des MSG Animators

Nach dem MSG Data Manager wird der MSG Animator durch einen Doppelklick auf das Desktopsymbol gestartet. Dabei öffnet sich aber kein neues Fenster, sondern es wird nur sein entsprechendes Symbol in der Taskleiste unten rechts angezeigt, da dieses Programm im Hintergrund läuft.

6.2.5 Starten der GeoSatSignal Software

Beim Starten von GeoSatSignal werden zwei Fenster geöffnet. Auf dem ersten Fenster sind administrative Nachrichten zu sehen. Dieses Fenster kann aber wieder geschlossen werden, beziehungsweise es schließt sich von selber. Im zweiten Fenster ist das Programm selber zu sehen, mit dem man nun arbeiten kann.

7 Bilder und Animationen

Nachdem in Kapitel 5 und 6 beschrieben worden ist, wie die Programme installiert und eingestellt werden, befasst sich dieser Abschnitt damit, wie die bereitgestellten Bilder verarbeitet werden können.

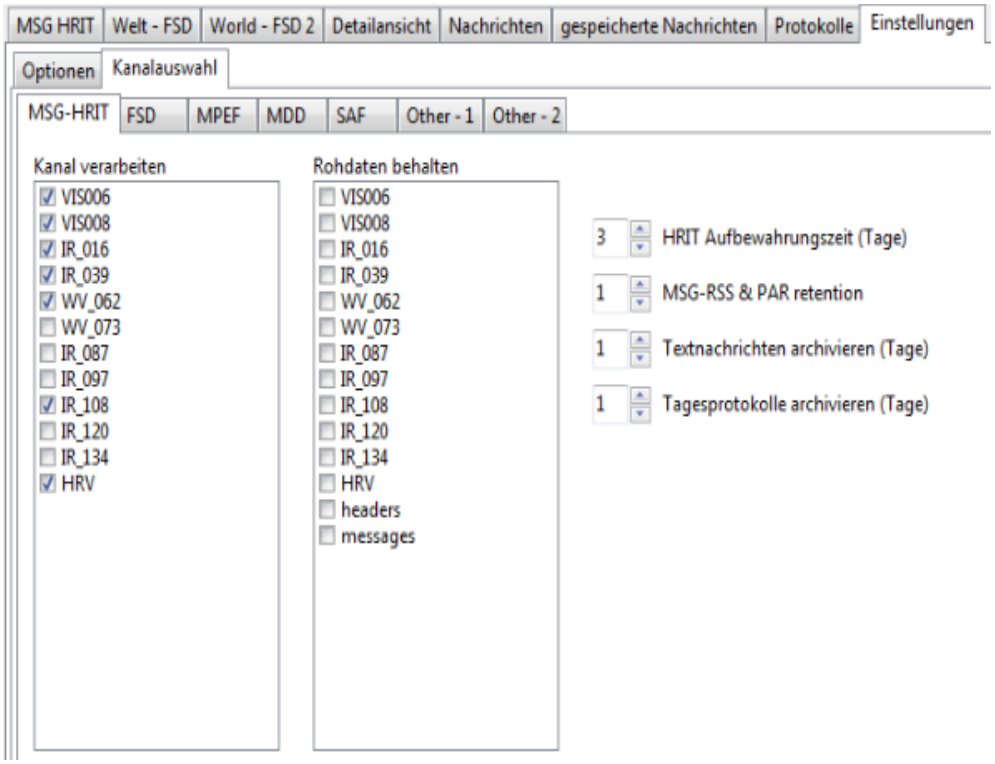


Abbildung 25:Kanalauswahl MSG Data Manager

Die Kanäle, aus denen wir Bilder empfangen, sind in Abbildung 25 angehakt. Die hochauflösenden Bilder der 12 Kanäle (siehe auch Kapitel 3.3.3 Technische Instrumente der MSG-Satelliten) werden im Fenster mit der Reiter-Beschriftung „MSG HRIT“ des MSG Data Managers dargestellt. Die Bilder 1 (Vis 0,6 µm) und 2 (Vis 0,8 µm) sind Aufnahmen im sichtbaren Lichtspektrum (Vis = visible, 0,6 µm = Wellenlänge). Die Bilder 3 (IR 1.6 µm) und 4 (IR 3,9 µm) sind Infrarotaufnahmen (IR = Infrared) der Erde. Die Aufnahmen 5 (WV 6,2 µm) und 6 (WV 7,3 µm) sind Darstellungen des Wasserdampfs in der Atmosphäre. Die Kanäle 7 bis 11 sind wieder Infrarotaufnahmen mit unterschiedlichen Wellenlängen (8,7 µm, 9,7 µm, 10,8 µm, 12,0 µm und 13,4 µm). Bei diesen 11 Bildern handelt es sich um viereckige Aufnahmen, auf denen die kreisförmige Erde mit Europa und Afrika zu sehen ist. Das 12. Bild zeigt einen besonderen, hochauflösenden Bildausschnitt im Seitenverhältnis 2:1. Das Bild ist über 11.000 Pixel hoch und mehr als 5.000 Pixel breit. Bild 12 ist zweigeteilt. Im oberen Teil ist Europa zu sehen, während im größeren unteren Teil ein Ausschnitt von Afrika abgebildet ist.

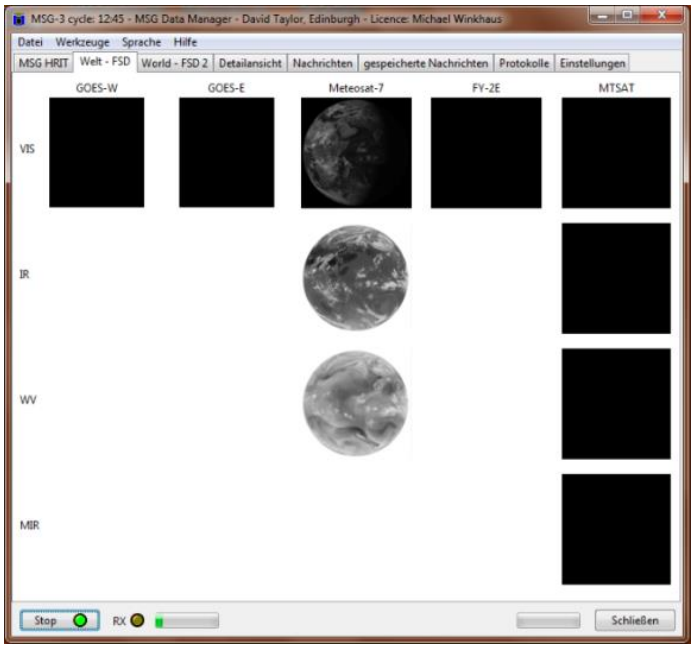


Abbildung 26: Karteireiter Welt FSD im MSG Data Manager

Neben den gerade beschriebenen Bildern von Meteosat 8/9/10 können auch die Bilder anderer Satelliten mit dem MSG Data Manager empfangen werden. Dazu gehören z.B. die Bilder der amerikanischen GOES-W und GOES-E des Meteosat-7, des chinesischen FY-ZE und des japanischen MTSAT. Diese können über das Kanal-Einstellungsmenü für den Reiter „Welt FSD“ ausgewählt und dann dort angesehen werden. Der Reiter ist in Spalten und Zeilen aufgeteilt. In den Spalten werden die Satelliten angezeigt, in den Zeilen kann man die Bilder im sichtbaren Licht (VIS), in Infrarot (IR) und für Wasserdampf (WV) sehen. Bis auf den Meteosat-7 zeigen die Satelliten aber Regionen der Welt, die für unser Projekt nicht relevant sind, sodass auf diese Auswahl verzichtet werden kann.

Um sich ein Bild des Reiters „MSG HRIT“ näher anzusehen, klickt man mit der rechten Maustaste auf das Bild. Man hat dann im aufgehenden Menü die Wahl, ob man das Bild an das Programm GeoSatSignal schicken will oder ob man es in der Detailansicht des MSG Data Managers als „Detail 1“ bis „Detail 4“ öffnen will. Auf diese Weise lassen sich vier verschiedene Bilder in der Detailansicht gleichzeitig öffnen. Die in der Detailansicht angezeigten Bilder können durch den Aufruf spezieller Optionen anders dargestellt werden. So lassen sich mit einem Rechtsklick über das Menü spezielle Optionen für die Farbdarstellung von sichtbaren und infraroten Aufnahmen aufrufen.

Darüber hinaus kann auch die komplette Ansicht eines Detailbildes geändert werden. Mit Rechtsklick auf Menüpunkt Ansicht, kann das Bild von sichtbar auf Infrarot bzw. Wasserdampf umgeschaltet werden. Man ändert damit nicht seine Darstellung, sondern ruft ein neues Bild aus einem anderen Kanal auf.

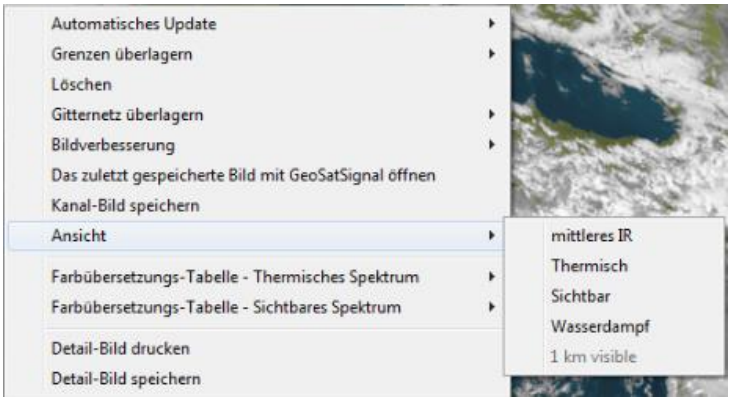


Abbildung 27: Menü für die Darstellungsänderung im MSG Data Manager

Die Darstellung aller Kombinationen von Ansichten und Farbschemata für die Einfärbung der Bilder würde hier zu weit führen.

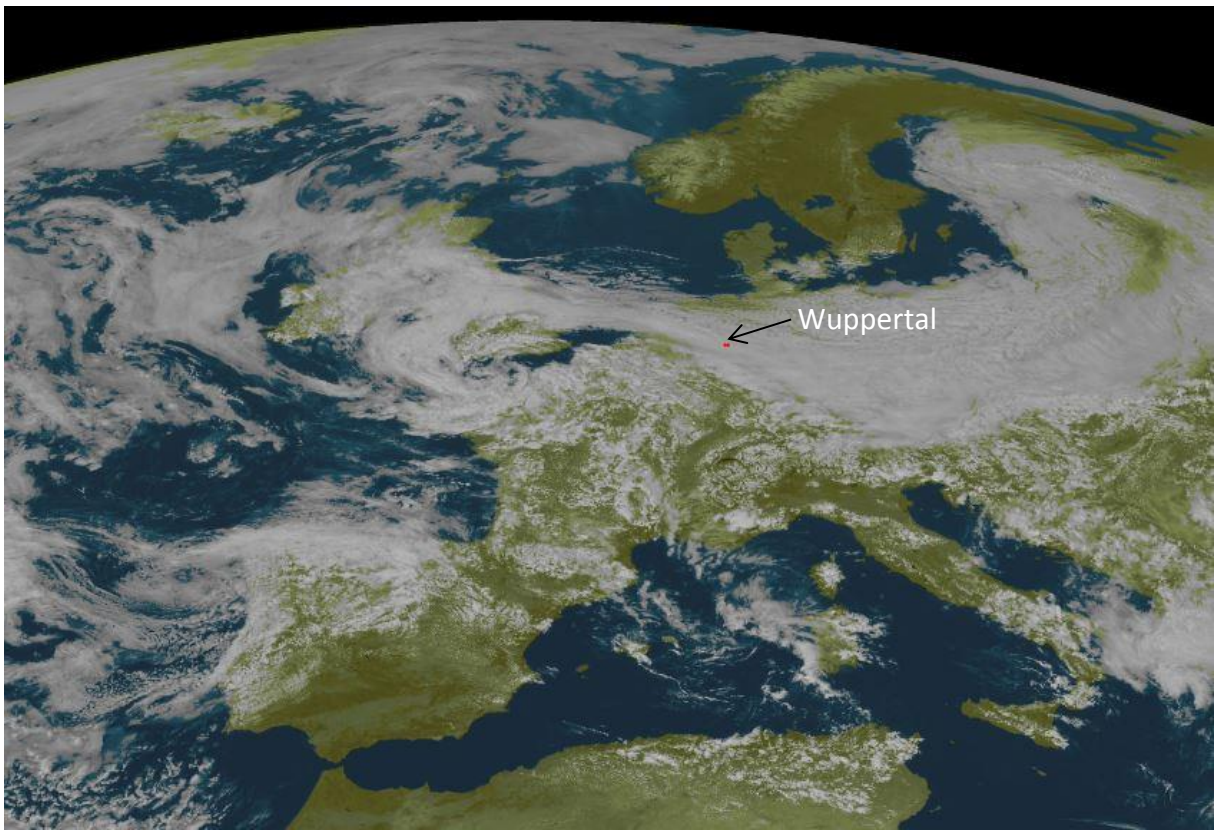


Abbildung 28: Detailbild des MSG Data Managers© 2014 EUMETSAT

Abbildung 28 zeigt ein Detailbild von Europa, erstellt mit dem MSG Data Manager. Der rote Punkt ist der Standort unserer Meteosat-Empfangsstation.

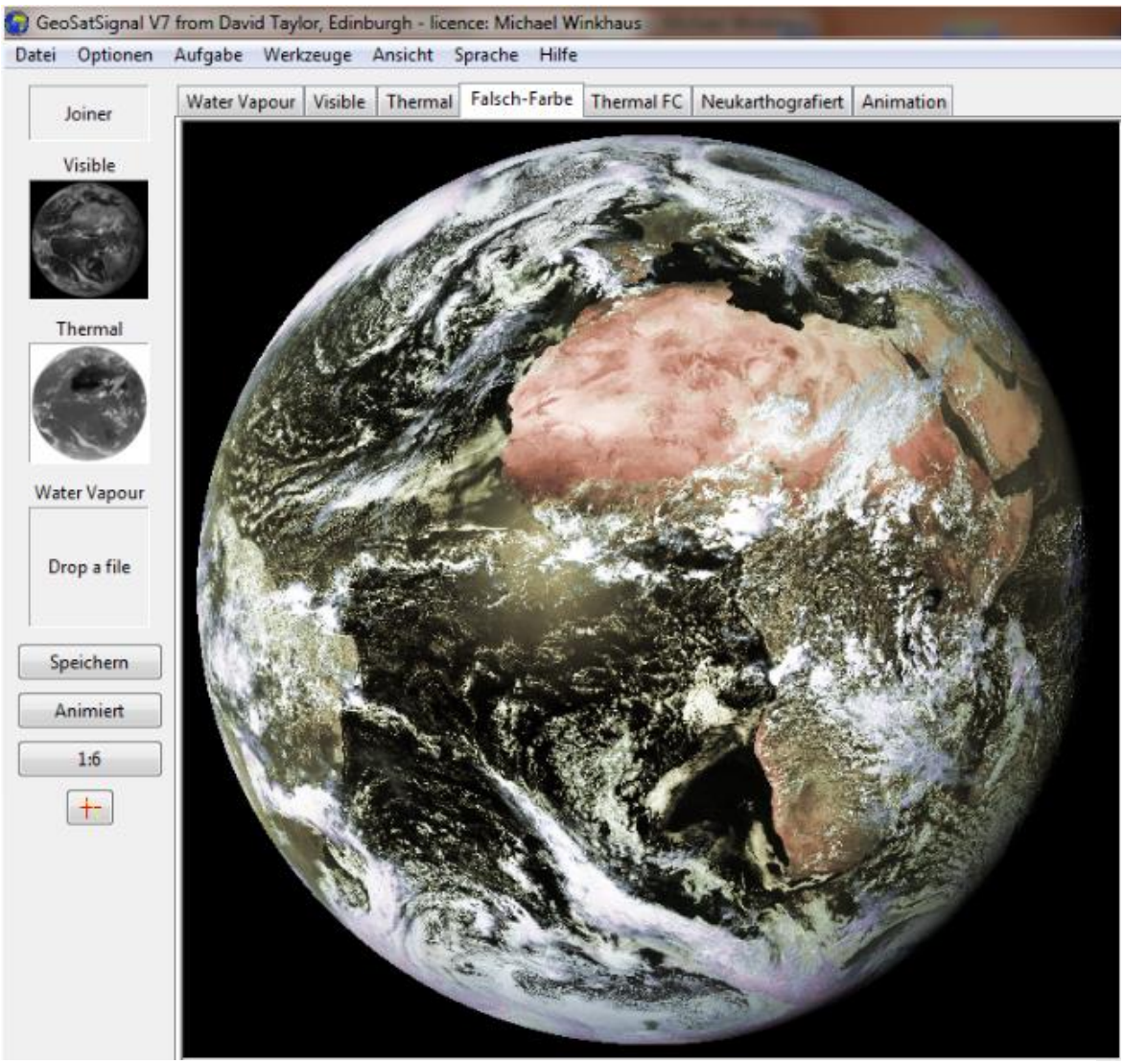


Abbildung 29: Bild mit GeoSatSignal öffnen

Wenn man das Bild an das Programm GeoSatSignal schickt, bekommt man eine Ansicht wie in Abbildung 29.

Bei der Übertragung an GeoSatSignal wird nicht nur ein Bild, sondern es werden die Bilder mehrerer Kanäle (Visible/sichtbar, Thermal/infrarot, WaterVapour/Wasserdampf) übertragen, die man als kleine Vorschaubilder am linken Rand des Fensters sieht. Wenn man darauf klickt, werden Sie groß im Hauptfenster angezeigt. Wenn man auf die Schaltfläche „Animiert“ klickt, wird das angezeigte Bild, zusammen mit den vorher empfangenen Bildern, zu einer Animation verarbeitet. Die Animation wird auf der Festplatte an dem Ort abgelegt, den man in den Einstellungen von GeoSatSignal festgelegt hat.

Eine weitere Möglichkeit, um aus einzelnen Bildern eine Animation zu erstellen, ist die Benutzung des Programms „MSG Animator“. Mit einem Rechtsklick auf das MSG Animator Symbol öffnet sich ein Auswahlmenü für systemeigene bzw. benutzerdefinierte Animationen (siehe Abbildung 30). Für unsere Zwecke ist die Animation „View - 1- West Europe visible“ optimal, da darauf Frankreich und Deutschland zu sehen sind (siehe Abbildung 31). Sobald man „View -1 - West Europe visible“ ausgewählt hat, öffnet sich das Animationsfenster und die Animation wird aus den heruntergeladenen Bildern in 15-Minutenschritten erstellt und abgespielt. Mit dem Programm lassen sich auch eigene Animationen definieren, die unter den Nummern „View – 6“ bis „View – 30“ gespeichert werden können. Mit dieser Funktionalität haben wir uns aber noch nicht näher beschäftigt.

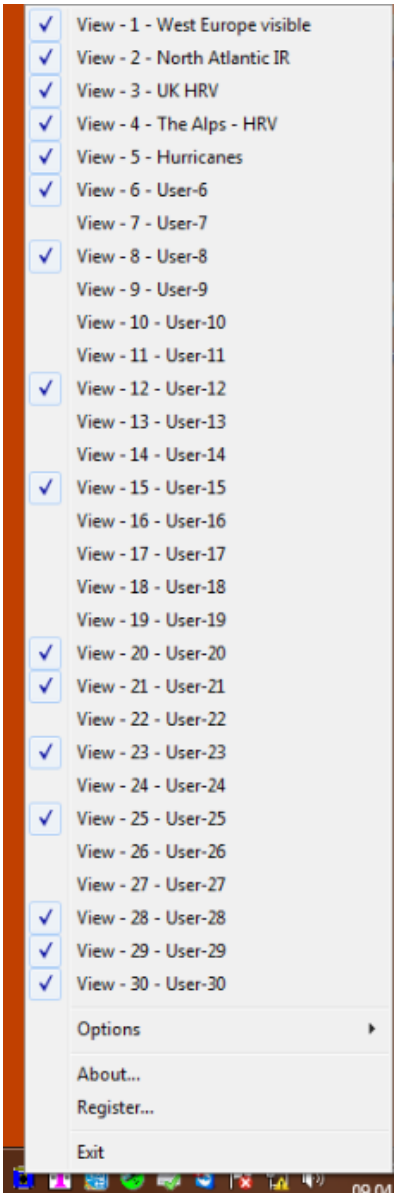


Abbildung 30: Auswahlmenü des MSG Animators

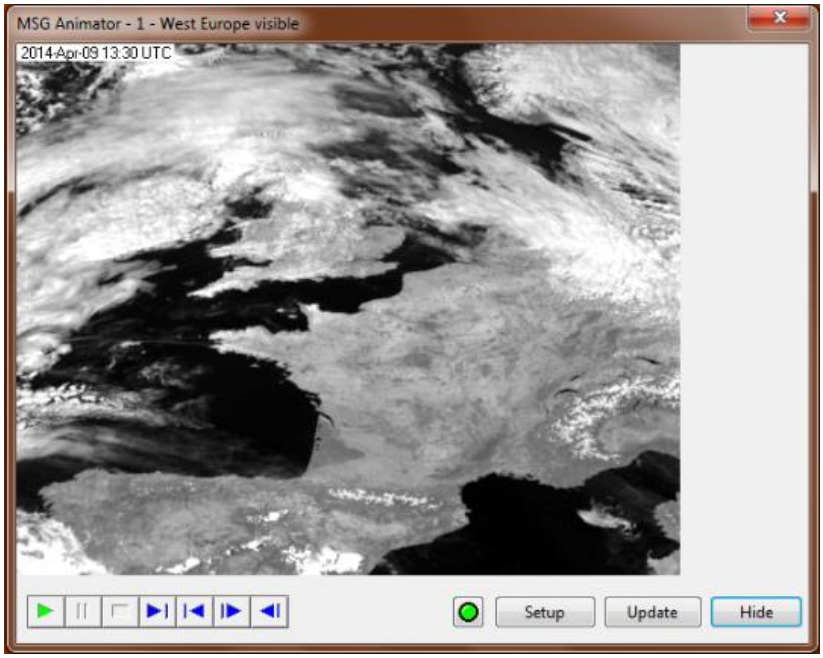


Abbildung 31: Momentaufnahme einer Animation des MSG Animators- West Europe Visible

8 Probleme

Beim Aufbau unserer Meteosat-Empfangsstation sind wir auf einige Probleme gestoßen, die teilweise noch nicht behoben sind und daher den Einsatz der Station behindern. Auf die aufgetretenen und teilweise noch bestehenden Probleme soll im Folgenden eingegangen werden:

a) Tellicast
   Bei der Einrichtung von Tellicast blieb das Tellicast-Symbol in der Taskleiste gelb. Normalerweise bleibt das Symbol für ca. 30 Sekunden nach dem Start des Programms gelb, während eine Verbindung aufgebaut wird. Danach wechselt die Farbe auf weiß und zeigt damit an, dass das Programm richtig arbeitet. Bei uns blieb das Symbol aber gelb und es konnten keine Bilder empfangen werden. Auch die empfohlene Unterbrechung der Internetverbindung führte nicht dazu, dass eine Verbindung mit Tellicast aufgebaut werden konnte. Mit dem Problem der fehlenden Verbindung hatten wir mehrere Tage zu kämpfen.
   Des Weiteren trat das Problem auf, dass es nicht möglich war, gleichzeitig Bilder zu empfangen und ins Internet zu kommen. Dies war problematisch, weil geplant war, gleichzeitig Bilder aus empfangenen Daten zu erstellen und auf eine Webseite hochzuladen. Dieses Problem konnte nach Studium der Anleitung auf der Installations-CD von Tellicast gelöst werden. In der Routingtabelle muss dem Satellitennetzwerk eine höhere Priorität als dem LAN zugewiesen werden.
   Außerdem gab es ein weiteres Problem mit Tellicast, da das Programm plötzlich nicht mehr lief. Ein Hinweis in der Taskleiste verwies darauf, dass die Version von JRE (Java) nicht mehr aktuell war. Ein Update von Java sorgte dafür, dass Tellicast wieder korrekt ausgeführt werden konnte. Daraus lässt sich der Schluss ziehen, dass die Aktualität von Java regelmäßig geprüft werden muss, um plötzliche Ausfälle von Tellicast zu vermeiden.

b) Hardware Fingerprint
   Für die Bestellung der Software musste ein Hardware Fingerprint eingesandt werden. Bei der Ermittlung des Fingerprints ist es jedoch zu Verwirrung gekommen, da schon ein eingesteckter USB-Stick dazu geführt hat, dass ein anderer Fingerprint ermittelt wurde. Nachdem wir dieses Problem erkannt hatten, haben wir den richtigen Hardware Fingerprint ermitteln können, der dann für die Lizensierung genommen wurde. Das heißt aber auch, dass die Lizenz nicht mehr passen könnte, wenn zukünftig Hardwarekomponenten, wie Festplatten oder Grafikkarten, getauscht werden müssen.

c) Teamviewer

Die vom Teamviewer vorgegebene Partner-ID auf dem Computer der Meteosat-Empfangsstation hat sich geändert, sodass der Rechner auf einmal nicht mehr für die Fernwartung erreichbar war. Nach ein paar Tagen hat sich die Nummer dann wieder zurückgeändert. Eigentlich sind Partner-ID und Passwort auf dem Rechner festgelegt.

d) FTP-Programm

Beim Herunterladen des FTP-Programms „FileZilla“ hat der Download-Manager noch weitere Programme heruntergeladen und installiert. Darunter war auch ein Trojaner, der zum Glück von unserem Anti-Viren-Programm sofort erkannt und entfernt wurde, bevor Schäden am System entstanden sind. Aufgrund dieser Erfahrung haben wir bei der Beschreibung der Installation von FileZilla eine andere Download-Quelle für dieses Programm angegeben, als die, die wir benutzt haben.

Das Programm FileZilla hat sich inzwischen für den automatischen Betrieb als nicht geeignet herausgestellt. Der Upload der Dateien auf die Webseite muss in FileZilla von Hand angestoßen werden. Er sollte jedoch automatisch ablaufen. Aus diesem Grund wird jetzt von uns ein FTP-Programm von Second Copy Centered Systems eingesetzt, da sich dort das Hochladen automatisieren lässt. Dies ist uns aber bis zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht gelungen. Das Programm konnte keine Verbindung zum Speicherort auf der Website aufbauen.

9 Zukunftsplanung

Im Rahmen unserer Projektarbeit haben wir mit dem Aufbau der Meteosat-Empfangsstation einen soliden Grundstein gelegt. Wir sind bereits in der Lage, verschiedene Bilder zu empfangen und zu Animationen zu verarbeiten. Allerdings ist uns im Laufe des Projekts aufgefallen, dass man noch viel mehr machen könnte, als das, was bisher umgesetzt worden ist. Folgende Veränderungen sind vorstellbar:

Aufgrund dessen, dass wir noch keinen Erfolg mit dem automatischen Hochladen der Bilder auf die Webseite hatten, sollte geprüft werden, auf ein besseres zeitgesteuertes FTP-Programm (z.B FTPGetter) zu wechseln, bei dem sich mittels Wildcars (* im Dateinamen) besser einstellen lässt, welche Bilder hochgeladen werden sollen

Wir haben uns bisher auf die Einrichtung des Programms MSG Data Manager konzentriert, um schnell zu Ergebnissen zu kommen. Die vielfältigen Möglichkeiten, die das Programm GeoSatSignal bei der Erstellung von Animationen bietet, konnten wir uns noch nicht näher ansehen. Deshalb könnte man sich noch näher damit auseinandersetzen.

Über den Dienst EUMETCast kann man wesentlich mehr Daten von mehr Satelliten empfangen, als wir dies im Augenblick tun. Es sollte also geprüft werden, welche Satelliten und Daten zusätzlich ausgewertet werden können.

Es sollte auch erkundet werden, ob das Satellitenbild von Europa so zugeschnitten werden kann (Wahl des Bildausschnitts, Entzerrung des Blickwinkels), dass unsere Region (Benelux bis Sauerland) deutlicher zu erkennen ist.

Gegebenenfalls könnten auch andere Fächer, wie z.B. Erdkunde von den Satellitenbildern profitieren. So könnten bei bestimmten Wetterlagen (Sturmtiefs über der Biskaya oder über dem Nordatlantik) gezielt Satellitenbilder gesammelt und animiert werden, um sie dann als Anschauungsmaterial für den Erdkundeunterricht zu verwenden.

Im Rahmen der Beschreibung der Satellitenschüssel wurde darauf hingewiesen, dass der Dienst EUMETCast zukünftig von einem anderen Satelliten (EUTELSAT 10a) und in einem anderen Sendeformat (DVB-S2) ausgestrahlt wird. Die im Computer eingesetzte DVB-S-Karte kann die DVB-S2-Signale verarbeiten. Für den Wechsel auf den neuen Satelliten müsste die Satellitenschüssel aber neu ausgerichtet werden. Es müsste ggf. geprüft werden, ob ein neuer Empfänger an der Satellitenschüssel angebracht werden muss, falls dieser die DVB-S2-Signale nicht empfangen kann.

10 Anhang

10.1 Literaturverzeichnis

(2013). Abgerufen am 29. 05 2014 von Schülerlabor Astronomie am Carl-Fuhlrott-Gymnasium: http://schuelerlabor-astronomie.de/images/ueber_uns/Digitale_Broschre_Schlerlabor_Astronomie_2013.pdf

Centre Spatial Guyanais. (16. 04 2014). Abgerufen am 19. 05 2014 von Wikipedia: http://de.wikipedia.org/wiki/Centre_Spatial_Guyanais

David Taylor. (16. 08 2013). *MSG Data Manager*. Abgerufen am 08. 05 2014 von satsignal: http://www.satsignal.eu/software/msg_dm.htm

EUMETSAT. (kein Datum). *0 degree service*. Abgerufen am 22. 05 2014 von EUMETSAT: http://www.eumetsat.int/website/home/Satellites/CurrentSatellites/Meteosat/0DegreeService/index.html

EUMETSAT. (08. 05 2014). Abgerufen am 26. 05 2014 von Wikipedia: http://de.wikipedia.org/wiki/Eumetsat

EUMETSAT. (2014). *spacecraft*. Abgerufen am 22. 05 2014 von l-zone: http://l-zone.info/spacecraft/

EUMETSAT. (2014). *spacecraft*. Abgerufen am 22. 05 2014 von l-zone: http://l-zone.info/spacecraft/

EUMETSAT. (kein Datum). *About this website*. Abgerufen am 20. 05 2014 von EUMETSAT: http://www.eumetsat.int/website/home/AboutUs/LegalInformation/Aboutthiswebsite/index.html?lang=EN

EUMETSAT. (kein Datum). *Data Registration*. Abgerufen am 06. 05 2014 von EUMETSAT: http://www.eumetsat.int/website/home/Data/DataDelivery/DataRegistration/index.html

EUMETSAT. (kein Datum). *EUMETCast*. Abgerufen am 06. 05 2014 von EUMETSAT: http://www.eumetsat.int/website/home/Data/DataDelivery/EUMETCast/index.html

EUMETSAT. (kein Datum). *GERB*. Abgerufen am 27. 05 2014 von EUMETSAT: http://www.eumetsat.int/website/home/Satellites/CurrentSatellites/Meteosat/GERB/index.html

EUMETSAT. (kein Datum). *Meteosat*. Abgerufen am 06. 05 2014 von EUMETSAT: http://www.eumetsat.int/website/home/Satellites/CurrentSatellites/Meteosat/index.html

EUMETSAT. (kein Datum). *Meteosat Design*. Abgerufen am 22. 05 2014 von EUMETSAT: http://www.eumetsat.int/website/home/Satellites/CurrentSatellites/Meteosat/MeteosatDesign/index.html

EUMETSAT. (kein Datum). *Meteosat ground station*. Abgerufen am 22. 05 2014 von eumetsat:

http://www.eumetsat.int/website/home/Satellites/CurrentSatellites/Meteosat/MeteosatGroundStation/index.html
EUMETSAT. (kein Datum). *Past Satellites*. Abgerufen am 19. 05 2014 von EUMETSAT: http://www.eumetsat.int/website/home/Satellites/PastSatellites/index.html
EUMETSAT. (kein Datum). *Rapid Scanning Sservice Schedule*. Abgerufen am 06. 05 2014 von EUMETSAT: http://www.eumetsat.int/website/home/Data/ServiceStatus/RapidScanningServiceSchedule/index.html
EUMETSAT. (kein Datum). *Reception Station Setup*. Abgerufen am 06. 05 2014 von EUMETSAT: http://www.eumetsat.int/website/home/Data/DataDelivery/EUMETCast/ReceptionStationSetup/index.html
EUMETSAT. (kein Datum). *System Description*. Abgerufen am 22. 05 2014 von EUMETSAT: http://www.eumetsat.int/website/home/Data/DataDelivery/EUMETCast/SystemDescription/index.html
EUMETSAT. (kein Datum). *What we do*. Abgerufen am 26. 05 2014 von EUMETSAT: http://www.eumetsat.int/website/home/AboutUs/WhatWeDo/index.html
EUMETSAT. (kein Datum). *Who we are*. Abgerufen am 15. 05 2014 von EUMETSAT: http://www.eumetsat.int/website/home/AboutUs/WhoWeAre/index.html
Fengyun. (27. 5 2014). Von wikipedia: http://de.wikipedia.org/wiki/Fengyun abgerufen
Format. (28. 5 2014). Von EUMETSAT: http://www.eumetsat.int/website/home/Data/Products/Formats/index.html abgerufen
Geostationary Operational Environmental Satellites (GOES). (27. 5 2014). Von ospo.noaa: http://www.ospo.noaa.gov/Operations/GOES/index.html abgerufen
Lancaster, S. (2014). *l-zone*. Abgerufen am 24. 05 2014 von easy access to weather satellite data: http://l-zone.info/2014/02/easy-access-to-satellite-weather-data/
Meteosat. (21. 02 2014). Abgerufen am 19. 05 2014 von Wikipedia: http://de.wikipedia.org/wiki/Meteosat
Rupprecht, M. (03. 05 2010). *Empfang der METEOSAT DVB Daten und Anwendungen*. Abgerufen am 06. 05 2014 von dk3wn: http://www.dk3wn.info/sat/wetter/sat_dvb.shtml
satellite. (27. 5 2014). Von jma.go: http://www.jma.go.jp/jma/jma-eng/satellite/ abgerufen
Taylor, D. (kein Datum). *GeoSatSignal*. Abgerufen am 29. 04 2014 von Satsignal: http://www.satsignal.eu/software/geosatsignal.htm
Taylor, D. (kein Datum). *MSG Animator*. Abgerufen am 06. 05 2014 von Satsignal: http://www.satsignal.eu/software/msg_dm.htm#MSGanimator
The MSG Data Manager. (27. 5 2014). Von satsignal: http://www.satsignal.eu/software/msg_dm.htm abgerufen
Alle Bilder, welche nicht anderweitig gekennzeichnet wurden, stammen von uns.

10.2 Danksagung

Für die Hilfe beim Aufbau der Meteosat-Empfangsstation bedanken wir uns vor allem bei der Heraeus-Stiftung, ohne deren finanzielle Unterstützung die Umsetzung unseres Projekts gar nicht möglich gewesen wäre.

Ein weiterer Dank gilt Herrn Winkhaus, der unser grundsätzliches Interesse für die Astronomie geweckt hat und uns zu diesem Projekt inspiriert hat. Dankenswerterweise hat er für uns den Kontakt zu der Stiftung hergestellt und das Finanzielle geregelt.

Danken wollen wir zudem unserem Kursleiter, Herrn Koch, der uns ein Jahr lang hervorragend im Projektkurs betreut und uns viel interessantes Wissen aus der Astronomie vermittelt hat.

Unser größter Dank gilt unserem Betreuungslehrer, Herrn Daniels, der uns während unserer gesamten Projektarbeit mit sehr viel Engagement begleitet und unterstützt hat. Mit seinem fundierten Wissen und seinem Eifer konnte er uns aus jeder schwierigen Situation helfen.

Außerdem danken wir allen, die uns in irgendeiner Art und Weise bei unserem Projekt, dem Aufbau einer Meteosat-Empfangsstation, unterstützt haben.

10.3 Autorenliste

Autor	Kapitel
Annika Spindler	1 2 3 4.2 4.3 4.4 7 Editierung von anderen Kapiteln
Alexander Walter	4.1 5 6 7 8 9

10.4 Abschlusserklärung

Hiermit versichern wir, dass wir diese Arbeit selbstständig angefertigt, keine anderen als die von uns angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt und die Stellen der Projektarbeit, die im Wortlaut oder dem Inhalt nach aus anderen Werken entnommen wurden, in jedem einzelnen Fall mit genauer Quellenangabe kenntlich gemacht haben. Verwendete Informationen aus dem Internet sind der Arbeit als PDF auf der CD beigefügt.

Wir sind damit einverstanden / nicht einverstanden*, dass die von uns verfasste Projektarbeit der schulinternen Öffentlichkeit zugänglich gemacht wird.

Ort, Datum, Unterschrift

Ort, Datum, Unterschrift

* Nichtzutreffendes streichen