

Working Note: „Atmosphärenkorrektur multispektraler Fernerkundungsdaten“

– DRAFT –

By S. Hese

Institut für Geografie
LS für Fernerkundung
Friedrich-Schiller-Universität Jena
07743 Jena
Löbdergraben 32
Soeren.hese@uni-jena.de

Versioning:

V0.1: 03.03.2006	initial documentation start
V0.2: 03.2007	reformat for atcor
V0.3: 27.11.2007	Geomatica added for GEO409
V0.4: 15.11.2009	Update and Correction for GEO409 in 2009
V0.5: 09.11.2010	Rapideye Specs
V0.6: 02.05.2012	RE Update
V0.7: 05.05.2013	L1G ETM+ update for GEO214, GRASS Update f. GEO409

Mit Handreichungen zu Geomatica 2013 und ERDAS Imagine 2010
bzw. GRASS6.3 6S

Unter der Datenvorverarbeitung versteht man in der Regel geometrische Korrektur, Entfernung von Datenfehlern, atmosphärische Korrektur, topographische Normalisierung und die Orthokorrektur.

Einführung:

Erster Schritt ist i.d.R. der Datenimport in ein proprietäres Datenformat (ENVI Hdr, ERDAS Img, PCIDSK). Hierfür sind je nach Originalformat unterschiedliche Importfunktionen zu verwenden. Sowohl ENVI/IDL (ENVI Import), als auch ERDAS Imagine (Import/Export-Tool) und Geomatica (FIMPORT oder CDASTER(hdf) oder FOCUS Import) verfügen über Import Werkzeuge für native Rasterdatenformate, wie sie z.B. vom USGS oder EOSAT zur Verfügung gestellt werden. Zusätzlich existieren noch diverse stand-alone Lösungen wie z.B. HEG für HDF. Gängige Formate sind in der Regel Geotiff (einfaches TIFF mit Georeferenzierungsinformation), HDF (Hierarchical Data Format), FAST (i.d.R. für Landsat Daten).

Beim Import von Quickbird-Daten z.B. aus dem Geotiff Format kann in OrthoEngine sofort eine RPC-basierende Georeferenzierung bzw. Orthokorrektur durchgeführt werden.

Bei der „Verbesserung“ der Datenqualität: z.B. Despik-Filterung in Landsat Daten möglichst nur selektive Filterverfahren verwenden ohne Median oder gar Mean-Filterungen – intakte Grauwerte nicht verändern (Geomatica: FFT, Modeler, bzw. Treshold-basierende Despik-Routinen nehmen.).

Daten Geometrie:

Umprojektionen, geometrische Korrekturen mit Referenz und Orthokorrektur:

Prinzipiell gilt: immer Nearest Neighbour (NN) interpolieren wenn eine thematische Klassifikation angestrebt wird. Einzig mögliche Ausnahme: räumlich sehr hochauflösende Datensätze ab 6 m räumlicher Auflösung und bei panchromatischen Datensätzen, wenn keine rein spektrale Datenauswertung angestrebt wird, aber die Geometrie von Landnutzungsobjekten möglichst präzise wiedergegeben werden soll.

Angaben im Header in der Art „Resampling=CC“ bedeuten, dass der Datensatz bereits vom Datenprovider „Cubic“ interpoliert wurde – so etwas ist meist ungünstig (siehe Ausnahmen oben). Daten der Sensoren Ikonos oder Quickbird sollten möglichst nicht NN bestellt werden, da so die geometrische Auflösung durch Pixeldoppel der Interpolation (Artefakte) zerstört wird. Ein NN interpolierter Quickbirdatensatz hat dann z.T. nur noch eine reale Auflösung von 2 Metern!

Bei der traditionellen geometrischen Korrektur sind Polynome 2.Ordng i.d.R. völlig ausreichend, RMSE bei orbitalen Daten möglichst unter einem Pixel halten (bei Flugzeugdaten ist eh eine systematische Korrektur der Geometrie durch INS/DGPS Informationen nötig). Für Ikonos Geo Ortho Kit und Quickbird Basic Set Daten möglichst immer die RPCs (Rational Polynomial Coefficients) verwenden, um eine Georeferenzierung durchzuführen. Hier werden die besten Ergebnisse mit zusätzlichen GCPs erreicht. I.d.R. reichen die RPCs jedoch bereits aus.

Geomaticas OrthoEngine sucht bei der Durchführung einer RPC-Korrektur automatisch nach den nötigen Informationen und liest den *.RBP-File automatisch aus. Diese Datei wird immer mitgeliefert. Ist dies nicht der Fall sucht OE im Header nach der Information.

*Aus Geomatica: „The image distribution agency computes the polynomial coefficients for each image and distributes the data with the images. This is only available for IKONOS imagery, QuickBird imagery, or images that are distributed in NITF 2.0 format with the **RPC** image support data included in the NITF file. Space Imaging distributes the IKONOS Ortho Kit imagery with an auxiliary text file, called an Image Geometry Model (IGM), containing the coefficients. The coefficients are automatically imported into PCI OrthoEngine.*

Bei Flugzeugdaten ist die Geometrie i.d.R. durch den Datenprovider bereits korrigiert, da aufwendige Lagekorrekturen zeilenweise zugeordnet werden müssen, um die ursprüngliche Lage der Pixel in der Geometrie (insbesondere bei Zeilenscannern) wieder herzustellen. Diese geometrische Korrektur kann i.d.R. nur der Datenprovider durchführen.

Atmosphärenkorrektur:

Eine Atmosphärenkorrektur ist nicht immer notwendig. Meist zwingend notwendig bei der Verarbeitung von Hyperspektraldaten (da der Vergleich mit Referenzspektren oft notwendig und erwünscht ist), bei starken atmosphärischen Einflüssen in den VIS-Kanälen, bei der Ableitung biophysikalischer Produkte (LAI, FPAR, Ground Albedo etc.), beim Vergleich absoluter „Spectral Radiance“ Werte unterschiedlicher Sensoren und unterschiedlicher Aufnahmezeitpunkte. I.d.R. nicht zwingend notwendig bei der simplen Klassifikation einzelner Klassen zu einem spezifischen Zeitpunkt oder bei der Objekt basierenden Auswertung geometrisch sehr hochauflösender Daten. Standard ist der Modell-basierende Ansatz z.B. implementiert in ATCOR in den Software Lösungen Erdas Imagine oder Geomatica (Richter 1997).

Bei der Atmosphärenkorrektur wird in einem ersten Schritt der ursprüngliche Zustand am Sensor (spectral radiance at sensor) wieder hergestellt, in dem aus dem 8 (oder 16) Bit-Raum zurückgerechnet wird in eine physikalische Einheit der elektromagnetischen Strahlung (mikrowatt sr⁻¹ cm⁻² um⁻¹). Durch die Modellierung der atmosphärischen Zustände durch vereinfachende Annahme wird eine Korrektur basierend auf Beleuchtungsbedingungen, Jahreszeit und Atmosphärentyp durchgeführt (Atmosphärenmodelle). Schließlich wird wiederum in den 8 (oder 16) Bit Raum zurückgerechnet. IdR erhält man nun „scaled“ spectral reflectance und nicht „Reflectance“, da der 8 oder 16 Bitraum vollständig genutzt werden sollte. Für die Rückrechnung in „Reflectance“ muss in der Regel durch einen festen Wert geteilt werden. Bei der Implementierung von ATCOR in Geomatica 10x und 2013 ist der Scaling-Faktor 4 (für den 8 Bit Datenraum) und der Scaling-Faktor 10 für den 16 Bit

Datenraum zu berücksichtigen. Das „Scaling“ kann in der ERDAS Imagine Implementierung und in der Geomatica version 2013 auch manuell geändert werden.

Folgende Definitionen sollten verstanden werden:

1. Radiance at Sensor
2. Spectral Radiance
3. Irradiance
4. Scaled Reflectance
5. Reflectance

INFO: Units of electromagnetic radiation: The unit of electromagnetic radiation is $[mW\ cm^{-2}\ sr^{-1}\ \mu m^{-1}]$. That is, the rate of transfer of energy (MicroWatt, mW) recorded at a sensor, per square centimeter on the ground, for one steradian (sr) (three dimensional angle from a point on Earth's surface to the sensor), per unit wavelength being measured. This measure is referred to as the *spectral radiance*. Prior to the launch of a sensor, the relationship between measured spectral radiance and DN is determined. This is known as the sensor calibration. It is worth clarifying terminology at this point. The term *radiance* refers to any radiation leaving the Earth (i.e. upwelling, toward the sensor). A different term, *irradiance*, is used to describe downwelling radiation reaching the Earth from the sun. The ratio of upwelling to downwelling radiation is known as *reflectance*. Reflectance does not have units and is measured on a scale from 0 to 1 (or 0-100%).

(aus Jensen 2002)

Es existieren 3 verschiedene ATCOR Modulnummern:

ATCOR2: Atmosphärenkorrektur ohne Höheninformation (ohne topographische Normalisierung),

ATCOR3: Atmosphärenkorrektur mit DTM und topografischer Normalisierung,

ATCOR4 für optische Flugzeugscanner (incl. topogr. Normalisierung).

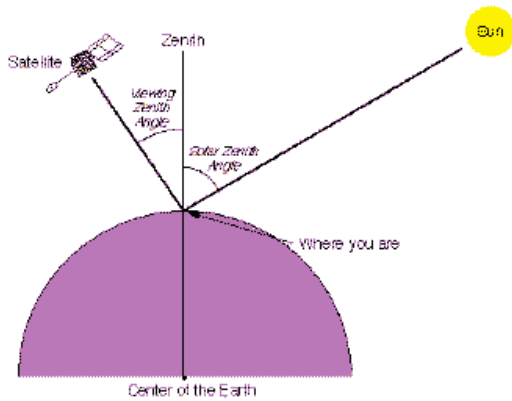
Die Atcor Modulnummer sollte nicht verwechselt werden mit der ATCOR Versionsnummer: in 2.1. unter Erdas Imagine 9.1

Folgende Informationen sind für eine Atmosphärenkorrektur nötig:

1. Sensortype
2. Ggf. Geländemodell
3. Ggf. Aufnahmezeitpunkt (time of day, day, month, year),
4. Ggf. Position longitude, latitude (z.B.: Landsat ETM+136/21: von 2000/05/27 Aufnahmezeitpunkt: 01:26:5066891 long 102 53' 25" E, lat 55 54' 46" N,
5. Sonnenhöhe und Azimuth: z.B.: USGS Sun Elevation=53.4° -> Solar Zenit Angle=90°-53.4°=36.6°; Sun Azimuth Angle=154.3° (Achtung: „Solar Zenit Angle“ ungleich „Solar Sun Elevation“!).

The *solar azimuth angle* is the [azimuth](#) angle of the [sun](#). It is most often defined as the angle from due north in a clockwise direction.

The *solar elevation angle* is the [elevation angle](#) of the [sun](#). That is, the angle between the direction of the geometric center of the sun's apparent disk and the (idealized) [horizon](#).



6. Kalibrationsfile mit Bias und Gain (c0/c1 – Kalibrationsfile) i.d.R. im Datenheader oder als extra Headerfile vorliegend. Unrechnung für ATCOR in ERDAS: durch 10 teilen [mW/cm2 sr micron] z.B.:

```

7      c0      c1  [mW/cm2 sr micron] // erste Ziffer gibt die Anzahl der Kanäle an

1  -0.0001  0.0800
2  -0.0300  0.1480
3  -0.0897  0.1150
4  -0.0242  0.0885
5  -0.0200  0.0130
6   0.1240  0.00563
7  -0.0103  0.00752

```

Der Kalibrationsfile kann auch iterativ selbst neu hergestellt werden (wenn keine sinnvollen Spektren im ERDAS SPECTRA oder im Spectrum View von Geomatica angezeigt werden). Dafür ist allerdings etwas Zeit und Geduld nötig, da das Ergebnis von Werteänderungen ja immer mit einem Referenzspektrum verglichen werden sollte, bevor neue Änderungen an den Gain- und Bias-Einstellungen vorgenommen werden können. Auch muss hierfür eine dunkle Referenzfläche (Wasser) und eine helle Referenzfläche (z.B. Sand) sicher bestimmt werden können. Man benötigt also zuverlässige Bodendaten und genaue Informationen über z.B. den Status des Forstbestandes etc..

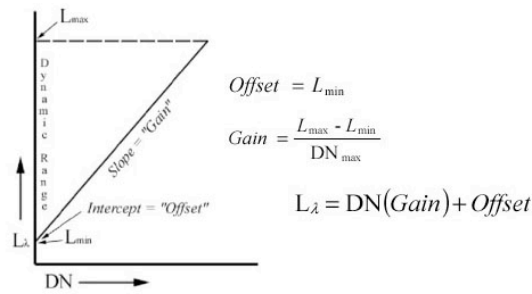
Die Möglichkeit zur iterativen Bestimmung der Kalibrationskoeffizienten ist in der neuesten Version der ATCOR Implementierung in Erdas Imagine bereits als automatische Option enthalten.

In Geomatica besteht die Option die c0/c1 Koeffizienten aus einem Referenzspektrum berechnen zu lassen, dafür müssen die c0/c1 Werte jedoch in den Metadaten des PCIDSK Files vorliegen. Dies ist jedoch idR. nicht der Fall. Sollten die Metadaten als xml File vorliegen, so kann man diesen XML File in die Metadaten des PCIDSK Files durch das Programm METAİN einlesen. Dann ist mit SP2RT eine direkte Berechnung der c0/c1 Koeffizienten möglich.

L1G ETM+ Daten können über die folgende Formel mit aktualisierten c0/c1 Werten aus den Metadatenfiles in Radiance kalibriert werden:

$$L_{\lambda} = \left(\frac{LMAX - LMIN}{QCALMAX - QCALMIN} \right) * (DN - QCALMIN) + LMIN \quad (\text{siehe Metadatenfile})$$

Z.B. Blue: (191,6 – (-6,2)) / (255-1) * (DN – 1) + (-6.2)



Gain represents the gradient of the calibration (**c1** in ATCOR).
Bias (also called **Offset**; **c0** in ATCOR) defines the spectral radiance of the sensor for a DN of zero (also called "dark current").

7. Channel Gainsettings: hier werden die am Sensor eingestellten Empfindlichkeiten eingestellt. Diese Settings können auch auf 1 gestellt werden, wenn die Gainsettings bereits in den c0/c1 Koeffizienten berücksichtigt sind (Achtung: dies ist fast immer bei Landsat Daten der Fall).
8. Je nach Implementierung die Pixelgröße in Metern.

Gain States (Landsat 7, ETM+):

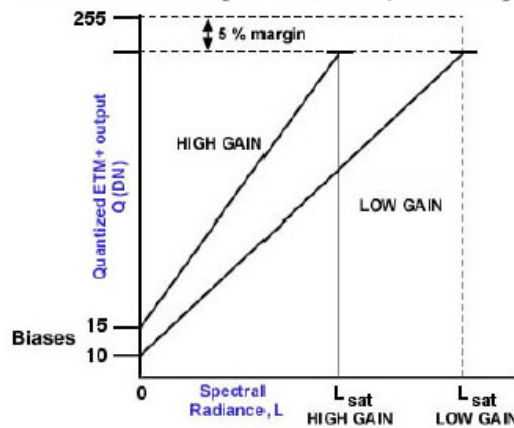


Abb. 1: Gain States LS7 ETM+ (aus ERDAS Imagine Tour Guide 2005)

7	c0	c1	[mW/cm2 sr micron]
1	-0.62000	0.07862745	
2	-0.60000	0.08172549	
3	-0.50000	0.06396078	
4	-0.50000	0.06352941	
5	-0.10000	0.01284705	
6	-0.00000	0.00600866	
7	-0.03500	0.00442431	

Note: In the ATCOR *.cal-File 'BIAS' is the c0 value
 And 'GAIN' is the c1 value.

Abb. 2: Beispiel c0/c1 Koeffizienten (ERDAS Imagine Tour Guide 2005)

Atmosphärenkorrektur von Rapideye Daten

L1B Daten von RE werden bereits absolut radiometrisch kalibriert (AtSat.Radiance) ausgeliefert. Es müssen also keine c0/c1 Koeffizienten mehr aus den Metadaten (xml files) ausgelesen werden! Allerdings werden die Daten von RE trotzdem nicht in mW/cm2 sr-1 um-1 ausgeliefert, sondern skaliert auf den 16 Bit Datenraum. Daher müssen die Daten umskaliert werden, um in ATCOR2/3 verwendet zu werden.
 Der Skalierungsfaktor für alle Daten liegt bei 1/1000 für mW/cm2 sr-1 um-1 und bei 1/100 wenn es W/m2 sr-1 um-1 werden soll (im Metadatensatz steht genau genommen:

radiometricScaleFactor>9.99999776482582e-03).

Das bedeutet, dass man den Faktor von 1/1000 nutzen muss, um in ATCOR L1B RE Daten umzurechnen (ATCOR erwartet mW). Dies wird durch den im ATCOR bereits implementierten c0c1 cal.-File bereits automatisch erledigt in welchem dies hier drin steht:

```
5  c0    c1 [mW/cm2 sr micron]
1  0.0  0.001
2  0.0  0.001
3  0.0  0.001
4  0.0  0.001
5  0.0  0.001
```

Diese Werte sind also korrekt und sollten i.A. auch verwendet werden (s.a.u.). Im Prinzip macht der c0/c1 Cal File nicht das was er klassischerweise machen sollte, sondern der Cal File skaliert die Daten nur in die richtige Einheit zurück.

Nach erfolgter Korrektur der atmosphärischen Einflüsse in ATCOR2/3 skaliert ATCOR (in der Geomatica Implementierung) die Reflectance Werte wieder in den 16 Bit Raum, dies passiert erneut mittels eines Skalierungsfaktors. Der beträgt 10 bei 16U Bit Daten und 4 bei 8U Bit Daten in älteren ATCOR Geomatica Implementierungen. In neueren Implementierungen kann der Scalingfaktor angegeben werden („OutUnits“-Parameter in EASI) Erhält man nun also einen für die Atmosphäre korrigierten Datensatz aus ATCOR (in Geomatica) in Reflectance so muss man diesen noch durch den Scalefaktor teilen, um auf die "echten" Reflectance Werte zu kommen (0-100 oder 0-1).

Weitere Details stehen auch im "Rapideye Standard Image Product Specifications"-Dokument.

Achtung: Die c0/c1 Werte für Rapideye Daten sollten u.U. für optimale Ergebnisse etwas modifiziert werden. Auf dem RESA Nutzerworkshop am DLR im März 2011 wurden modifizierte c0-Werte bis 1.8 und c1-Werte bis 0.0012 vorgeschlagen. Diese Anpassung ist aber schätzungsweise nicht immer sinnvoll. Unveränderte c0 Werte erzeugen jedoch wohl etwas zu geringe reflectance_Werte (Links-Shift) in den korrigierten Daten (mindestens 10% zu geringe Reflectance Werte für Vegetation im NIR).

Praktische Vorgehensweise/Prozedere in ATCOR2/3 in Geomatica 10:

In Geomatica 10 existieren 4 verschiedene Möglichkeiten eine Atmosphärenkorrektur mit ATCOR durchzuführen: 1. über das EASI Interface (Programmmodule ATCOR2 und ATCOR3), über die sog. „Algorithm Library“ (Modul ATCOR2 und ATCOR3), über den „Modeler“ (graphische Programmierumgebung) und über die Focus Funktionalität unter -> Analysis -> „Atmosphere Correction“.

Nutzt man die Implementierung im Focus, so wird nach dem Verlassen der „Configuration“ (Abb.3) im Focus Viewer (Maps Tab) ein spezielles Meta-Daten-Layer angezeigt. In diesem Metadatenlayer können durch das Kontext-Menü weitere Funktionen und Einstellungen vorgenommen werden: 1. Spectra Plot: ermöglicht es die Reflektionswerte, die man nach der Korrektur erhalten würde in einem Plot Fenster zu überprüfen, 2. „Configuration“: öffnet wiederum ein Fenster, in dem die Grundeinstellungen modifiziert werden können (Abb.3), 3. „Define Haze and Clouds“: hier kann eine zusätzliche Cloud und Haze-Maske angegeben werden. 4. „Advanced Options“: erlaubt die Einbindung eines „Visibility Layers“, die Berechnung der Visibility durch Referenzpixel und spezieller Ratiowerte, der Definition zusätzlicher Parameter für die topographische Normalisierung (ATCOR3) und die thermale Korrektur. 5. „Run Atmosphere Correction“ öffnet ein weiteren Dialog, in dem der Ausgabefile angegeben werden kann und zusätzliche sog. „Value-Added Data Outputs“ angegeben werden können (LAI, FPAR ...).

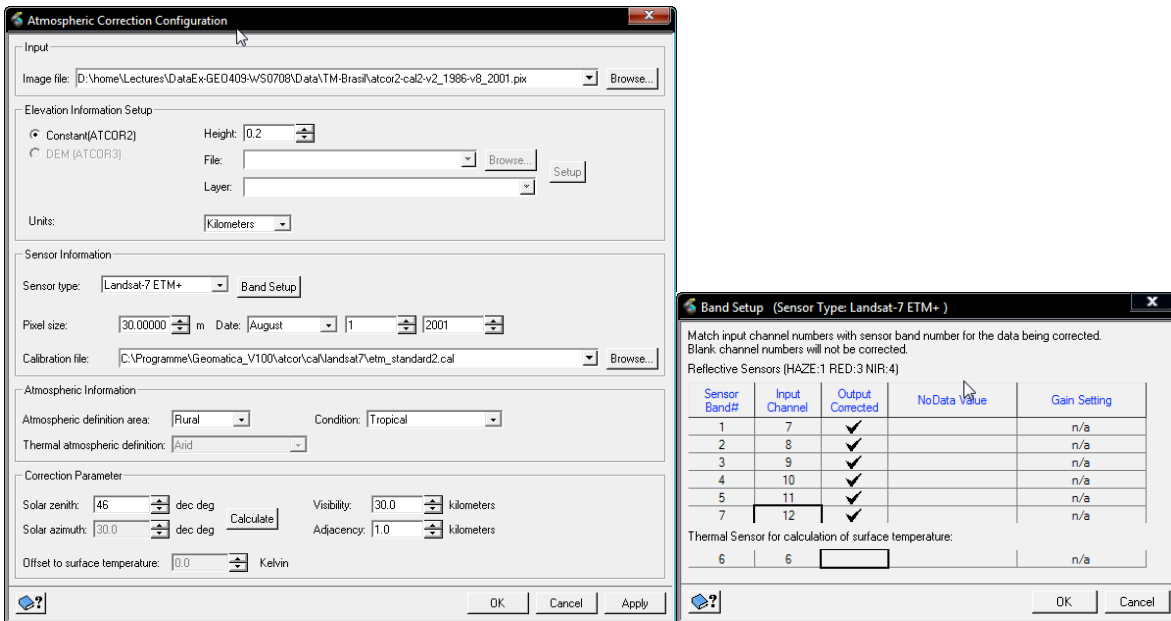


Abb. 3 ATCOR2/3 Implementierung im FOCUS (Geomática 10). In der Regel sollten unbedingt die im Datenheader befindlichen c0/c1 Kalibrationsparameter verwendet werden und nicht die Standard-c0c1 Werte (wie in dieser Abb.). In vielen Fällen ist es nötig die c0/c1 Werte zusätzlich iterativ zu verändern, um auf sinnvolle Werte nach der Atmosphärenkorrektur zu kommen (hierfür sind zum Vergleich Gelände- bzw. Vegetationsspektren nötig).

In der Implementierung in der Algorithmenbibliothek ist kein interaktives Vorgehen vorgesehen. Daher müssen dort alle Parameter eingegeben werden ohne den Effekt der Einstellungen auf den Datensatz überprüfen zu können (Vergleich mit Referenzspektren usw.) Dies ist eher ungünstig und die Nutzung dieser Modullösung ist eher sinnvoll für die Massenverarbeitung, bei der bekannt ist welche Kalibrationsparameter verwendet werden müssen.

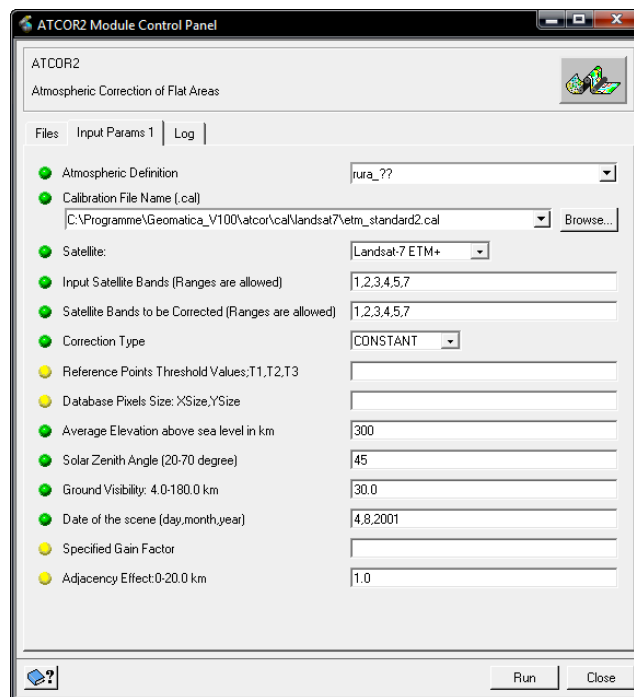


Abb. 4: ATCOR2 Implementierung in der Algorithm Library (Geomatica 10). In der Regel sollten unbedingt die im Datenheader befindlichen c0/c1 Kalibrationsparameter verwendet werden und nicht die Standard-c0/c1 Werte (wie in dieser Abb.).

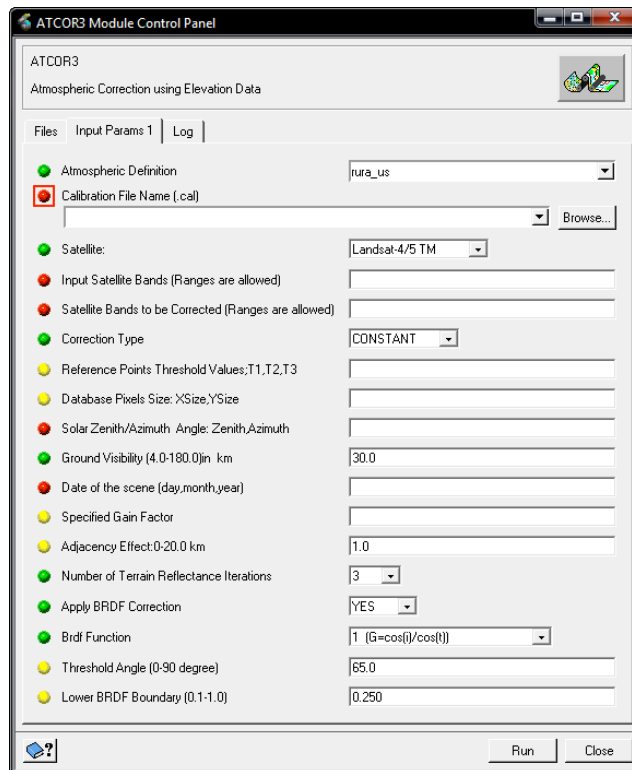


Abb. 5: ATCOR3 Implementierung in der Algorithm Library (Geomatica 10)

Die ATCOR3 Implementierung (Abb.5) in der Algorithmen Bibliothek zeigt eine Vielzahl von konfigurierbaren Parametern, von denen jedoch nur wenige wirklich gesetzt werden müssen.

Sind die Werte nach der Atmosphärenkorrektur negativ oder 0 so wurde entweder mit falschen Beleuchtungswinkeln gearbeitet oder die Daten vorher umskaliert, die Daten vorher mosaikiert (image matching!?) oder es wurden andere ATCOR Parameter falsch eingestellt.

Es empfiehlt sich außerdem die EASI/Algorithmenbibliothek Implementierung von ATCOR2/3 zu verwenden, in der Version 10.3.2 läuft jedoch auch ATCOR im Focus ohne Probleme.

Ggf. mit verschiedenen Atmosphärenmodellen und Sichtbarkeitseinstellungen experimentieren (geht schnell und einfach über ein EASI Script).

In der Geomatica2013 Implementierung wurde die Syntax für ATCOR unter EASI verändert und das DGM für ATCOR3 muss erst mit TERSETUP umgerechnet werden in Slope und Aspect Layer.

```
!EASI
! v1 2.2011 (cleaned) geomatica10
! by SHESE ATCOR2 Batchroutine
doc 1 Details
status_title "ATCOR2_BATCH"
status_end
```

```
local string in_dir
local string out_dir
local integer tfid
local string type
local mstring dirlist
local integer i
local string ext
local string fn
local string bn
```



```

local $Z
let $Z = "/"

print @reverse,"ATCOR2_BATCH.EAS",@alloff
print ""
print "Please enter the directory which contains the files to be ATCOR2 corrected:"
input ">" in_dir
print "Please enter the directory in which to place the corrected files:"
input ">" out_dir

print "Please enter suffix - pix - for files to be used:"
input ">" type
dirlist = getdirectory(in_dir)

for i = 1 to f$len(dirlist)
  fn = in_dir + $Z + dirlist[i]
  ext = getfileextension(fn)
  bn = getfilebasename(fn)

  if (ext ~= type) then
    FILE=in_dir + $Z + dirlist[i]
    FILO=out_dir + $Z + bn + "_atcor2.pix"
    DBIC=1,2,3,4,5
    DBOC=1,2,3,4,5
    ASENSOR="Rapideye Mode1"
    ISBAND=1,2,3,4,5
    OSBAND=1,2,3,4,5
    HFILE=
    DBHZCL=
    ATYPE="CONSTANT"
    ATMDEF="mari_ss"
    CFILE="rapideye_mode1high.cal"
    ATCTHR=
    APXSZ=6.5
    GELEV=0.1
    TILTANG=
    SATAZIM=
    SAZANGL=60
    VISIBIL=10
    DATE=15,7,2009
    ADJACEN=1
    MONITOR="ON"
    run ATCOR2
  endif
endfor
print ""
print "All file corrected with ATCOR2!"
print ""
return

! easi
! atcor3 topographic correction in Geomatica 2013
! fixed path PCI ATCOR3-SCRIPT.EAS for atcor3
! has to be adapted to data set name and path changes
!
! Kommentare werden durch ein Ausrufungszeichen markiert
!
!
!----- ATCOR3 Section -----
! Achtung String Eintraege fuer Text immer in Anfuhrungszeichen setzen
! Achtung alle Zahlenwerte ohne Anfuhrungszeichen einsetzen, jedoch Mehrfacheintraege
! durch Kommata trennen.
! MONITOR="off"
! MONITOR="on"
!
!-----FAV Section -----
FILE="SRTM90.pix"
DBIC=1
DBOC=2
FLSZ=13,13
MASK=
BGRANGE=
FAILVALU=
BGZERO=
r FAV
!-----TERSETUP Section -----
FILEDEM="SRTM90.pix"
DBEC=2
TERFILE="output-from-TERSETUP.pix"
BACKELEV=
ELEVREF="MSL"
ELEVUNIT="METER"
ELFACTOR=0.0,1.0
r TERSETUP
!----- ATCOR3 Section -----
FILI="2000-0426-NN-ETM-SRTM90.pix"
FILO="output.pix"
! Achtung String Einträge - Text - immer in Anführungszeichen setzen
DBIC=1,2,3,4,5,6

```

```

SRCBGD="NONE"
ASENSOR="Landsat-7 ETM+"
CFILE="metadata_scaling.cal"
MASKFILE=
TERFILE="output-from-TERSETUP.pix"
ILLUFILE=
MEANELEV=
VISTYPE="Constant,30"
VISFILO=
ATMDEF="desert"
ATMCOND="dry"
SATILAZ=
! zénith angle (=90-sol-elev), azimuth angle
SAZANGL=42,48
ADJACEN="OFF"
BRDFFUN=2
TERREFL=
OUTUNITS="Scaled_Reflectance,4"
FTYPE="PIX"
FOPTIONS=
! Achtung alle Zahlenwerte ohne Anführungszeichen einsetzen, jedoch Mehrfacheinträge
! durch Kommata trennen. status atcor

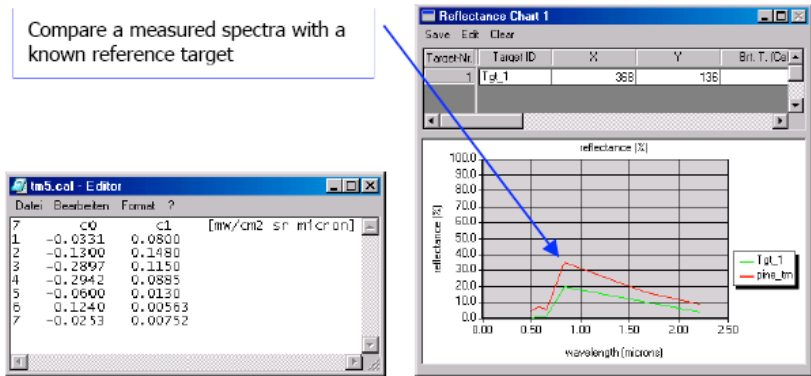
```

Praktische Vorgehensweise/Prozedere in ATCOR2 in ERDAS Imagine (bezieht sich auf ERDAS 9.x in 2010 kann der c0c1-File automatisch aus Referenzspektren neu generiert werden):

Festlegung der Kalibrationskoeffizienten (cal-File), des atmosphärischen Modells, der Visibility in km, Azimut, Elevation, Datum,

1. start von "SPECTRA" und
 - a. iterative: compare reflectance with reference spectra or reference values
 - b. Iterative: change atm. model, aerosol type, ground vis. and if needed calibration coefficient to fit the atmospheric model better to the need of the actual atmospheric situation (especially needed if atm. models do not fit to the actual atmosphere)
 - c. iterative change c0 (for dark objects like water) and c1 (for bright objects like sand or vegetation) to fit the image spectra to the reference spectra of water and vegetation. Cal.-coeffis have to fit to both spectra! The c0 and c1 values determine the transformation of DN's back to "Radiance at Sensor". ATCOR needs the c0 and c1 values to reverse the operation of transforming the "radiance at sensor" to DN's. This scaling is different for each sensor and time(sensors deteriorate over time) and also for each receiving station. Also the "Gain States" have to be checked. Sometimes they are included in the c0 c1 coefficient. High gain (HG = 1.5 -2, LG = 1). This is an adaption to very bright and dark targets.

Verification: To verify if the calibration file is correct, you may use the **ATCOR SPECTRA Module** to compare a reference spectra provided in ATCOR with the measured spectra in your image (taking the atmospheric correction into account). If the spectral curves of a selected target are off more than an acceptable 10% from the reference target then the calibration file is likely to be wrong and needs to be updated (provided the GAIN states have been set correctly).



Open Source Alternative ist die Verarbeitung der Daten in GRASS mittels der verfügbaren 6S Implementierung (Vermote et al 1997):

Nach dem Import z.B. durch `r.in.gdal` aus dem PCIDSK Format wird eine einfache Korrektur nach "Radiance at Sensor" mit `r.mapcalc` durchgeführt:

„Radiance at Sensor“ Kalibration mittels `r.mapcalc` durch: $L = \text{gain} * \text{DN} + \text{BIAS}$
bzw.:
`r.mapcalc „tm_c1rad=0.7756 * tm_c1 - 7“`

Dies ist für jeden Kanal extra durchzuführen, GAIN und BIAS sind aus dem Metadatenfile zu entnehmen oder aus den MIN/MAX Werten neu zu berechnen). *c1 entspricht GAIN (der Gradient), c0 entspricht BIAS (oder Offset, spectral radiance of the sensor for a DN of zero – dark current).*

Auf Basis des „Radiance at Sensor“ kalibrierten Datensatzes führt man nun eine Atmosphärenkorrektur des Datensatzes mittels 6S (`i.atcorr`) mit den resultierenden Kanälen aus der Radiance Kalibrierung mit `r.mapcalc` (`tm_c1rad`) durch. `i.atcorr` liest den Inputdatensatz und einen Steuerungsfile mit Inputparametern z.B. in folgender Form:

```
# control file 'icnd.txt' for channel 4 (NIR), based on metadata
#11:40 local time is 15.66 decimal hour GMT(decimal minutes: 40 * 100 / 60):
8
#geometrical conditions=Landsat ETM+
5 24 15.66 -78.691 35.749
#month day hh.ddd longitude latitude ("hh.ddd" is a decimal hour GMT)
2
#atmospheric mode=midlatitude summer
1
#aerosols model=continental
50
#visibility [km] (aerosol model concentration)
-0.110
#mean target elevation above sea level [km]
-1000
#sensor on board a satellite
64 -
#4th band of ETM+ Landsat 7"
```

Diese Konfiguration würde z.B. im File `> icnd_ls4.txt` abgespeichert und dann wie folgt genutzt:

```
i.atcorr -a -o iimg=tm_c1_rad icnd=icndLS_c1.txt oimg=tm_c1_atcorr
```

Achtung: die 6S Implementierung in der Windows GRASS Version 6.4 ist offensichtlich fehlerhaft. Hier sollte unbedingt mit der Linux GRASS Installation gearbeitet werden!