



(12)

## Patentschrift

- (21) Anmeldenummer: A 1029/1999 (51) Int. Cl.<sup>8</sup>: **G06T 7/00** (2006.01)  
(22) Anmeldetag: 1999-06-10  
(43) Veröffentlicht am: 2008-02-15

(56) Entgegenhaltungen:  
DE 4102579A1 JP 6300845A  
JP 63201875A

(73) Patentanmelder:  
ORTHABER HARALD J. DIPL.ING.  
A-1170 WIEN (AT)

(72) Erfinder:  
ORTHABER HARALD J. DIPL.ING.  
WIEN (AT)

(54) **VERFAHREN ZUR BILDDATENORIENTIERTEN ATMOSPHERISCHEN KORREKTUR VON SATELLITENBILDERN BEI DER AUSWERTUNG, ERDBEOBACHTUNG UND KARTIERUNG VEGETATIONSDOMINIERTER GEBIETE**

- (57) Speziell für vegetationsbedeckte alpine Räume wurde ein schnell ablaufendes Verfahren zur Atmosphärenkorrektur für Satellitenbilddaten entwickelt, welche zumindest einen kurzwelligen Spektralkanal (blau), einen roten Spektralkanal und einen infraroten Spektralkanal (NIR) besitzen (z.B. Erdbeobachtungssensor LANDSAT-TM). Bei dem Korrekturverfahren wird ein bekanntes physikalisches atmosphärisches Strahlungsübertragungsrechenmodell, unter Auswahl geeigneter Standardatmosphärenmodelle, zur Errechnung der Korrekturparameter bzw. Korrekturfunktionen anhand eines Haze-Indikators, insbesondere die sensorspezifisch erfasste vierte Tasseled Cap Komponente (TC4), simuliert aus den Kennwerten der zu korrigierenden Bilddaten, herangezogen.
- Die Erfindung betrifft ein Verfahren, wobei zusätzlich visuell hell reflektierende vegetationsbedeckte Oberflächen zu den bei herkömmlichen Korrekturprozessen verwendeten visuell dunklen Reflexionsflächen als direkter Korrekturprozess, insbesondere als Stützpunkte, einbezogen werden. Dies ermöglicht im alpinen vegetationsbedeckten Gelände mit seinen kleinräumigen, auch reliefbedingten sehr wechselhaften Situationen der Aerosoldichte, eine aus den zu korrigierenden Bilddaten aktuell abgeleitete Atmosphärenkorrektur.
- Zusätzlich sind Verfahrensschritte einer vorangehenden Atmosphärenkorrektur jener Datensätze zur Ausmaskierung von Nichtvegetationsflächen und weitere bekannte Messgrößeneinheit, wie beispielsweise Visibility etc., zur Ermittlung von Korrekturdaten bzw. -parametern im Korrekturprozess integrierbar, um die Korrekturgenauigkeit weiter zu erhöhen. Als weiterer Vorteil gegenüber bisherigen Verfahren sind Höheninformationen zur Atmosphärenkorrektur nicht zwingend notwendig, jedoch ebenfalls integrierbar.

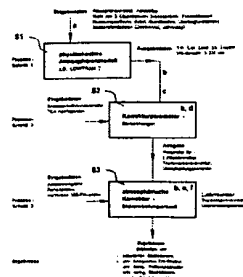


Fig. 1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur bilddatenorientierten atmosphärischen Korrektur von Satellitenbildern im solaren Spektralbereich bei der Auswertung, Beobachtung und Kartierung der Erdoberfläche, wobei als wesentliches Kennzeichen zusätzlich visuell hell reflektierende vegetationsbedeckte Oberflächen zu den bei herkömmlichen Korrekturprozessen wie beim bekannten Verfahren gemäß DE 4102579 verwendeten visuell dunklen Reflexionsflächen, gemäß JP 6300845 A als Wasserflächen ausgewiesen, als direkter Korrekturprozess, insbesondere als Stützpunkte, einbezogen werden und die Korrektur anhand eines Abgleichverfahrens zwischen den errechneten Luftlichtwerten und Transmissionsgraden aus einem bekannten physikalischen atmosphärischen Strahlungsübertragungsrechenmodell und jenen aus einem Haze-Indikator (insbesondere der vierten Tasseled Cap Komponente) zur Beschreibung der Streuungs- und Transmissionseigenschaften der Atmosphäre durchgeführt wird. Das entgegengehaltene Verfahren gemäß JP 63201875 A beschreibt indes ein Korrekturverfahren, das aus dem Gesamtbild oder statistisch relevanten Ausschnitt davon Korrekturparameter ableitet. Lokale Schwankungen der Atmosphäre, wie sie beim vorliegenden Verfahren konkret im Ortsraum erfasst werden, werden durch ein Verfahren im Frequenzraum nicht sicher erfasst, da sie eben nur auf bestimmte räumliche Verteilungsmuster bzw. Schwankungen der Bildinformation ansprechen.

Zur atmosphärischen Korrektur von Satellitenbilddaten existieren bereits eine Reihe von Routinen, die auf physikalischen Atmosphärenmodellen basieren (mit unterschiedlich exakten Strahlungstransportmodellierungen), sowie Verfahren, die auf eine solche verzichten. Letztere verwenden stattdessen zum Teil einfache Korrekturen der Bilddaten über Histogrammanalysen oder Korrekturen mittels aus den Bilddaten abgeleiteter sogenannter Streulicht(haze)parameter. Im Vergleich zur vorliegenden Erfindung sind besonders jene Verfahren interessant, die möglichst wenig (oder gar keine) Zusatzdaten (z.B. meteorologische Daten) für die Korrektur benötigen. Die Parameter werden aus dem Bild selbst erfasst. Bilddaten vom TM-Scanner der Satellitenplattform Landsat ermöglichen z.B. die Ableitung eines sogenannten 'haze'-Parameters. Sie bilden die relativen Schwankungen des Streulichts in allen Bildbereichen ab. Eine Kalibrierung in absoluten Werten erfordert dann zumindest eine genaue Referenzberechnung. Physikalische Verfahren sind dagegen zwar punktgenau, die Genauigkeit der Korrektur hängt letztlich aber auch entscheidend von der Verfügbarkeit über das Gebiet verteilter Zusatzdaten, wie Höheninformationen, Visibility, Referenzflächen, ab.

Eines der derzeit bekannten physikalischen Atmosphärenmodelle, das in Form spezieller Programmpakete operationell zur atmosphärischen Korrektur eingesetzt wird, ist das Lowtran-Modell (Low Resolution Transmission Code). Es wurde modifiziert und in ein schneller arbeitendes Tabellenverfahren mit vorberechneten Parametern (ATCOR) integriert. Das Modell berücksichtigt verschiedene atmosphärische Standardmodelle mit optionaler Integration von aktuellen Ballonaufstiegen, es berücksichtigt radiometrische Referenzflächen (dunkle oder konstant reflektierende Flächen), die Höhenlage (interpolativ zwischen mehreren Werten verschiedener Meereshöhen) zur Errechnung der atmosphärischen Dicke sowie den Nachbarschaftseffekt. Ohne die Erfassung von lokalen Schwankungen der atmosphärischen Dicke bleibt das Modell aber entsprechend ungenau. Bereits die Modellungenauigkeit von Lowtran7 (das 2-Strom Modell nähert die Mehrfachstreuung durch einen Term bestehend aus 2 isotropen Strahlungsrichtungen - nach oben und nach unten - an) beträgt 10 bis 20%. Nachfolgende Modelle (4 bis 8-Strom Modelle) sollen die Genauigkeit von Strahldichteberechnungen auf etwa 5% verbessern. Das Korrekturpaket ATCOR2 bietet interaktiv die Möglichkeit zur Kontrolle und Optimierung des Korrekturvorgangs. Der Einfluß der Topographie wird mit Ausnahme der Höhenmodellierung nicht in den Rechenvorgang integriert. Eine Anwendung im engräumig reliefgegliederten Alpenraum ist daher nur sehr bedingt möglich. Die derzeit bereits erhältliche Version ATCOR3 bringt diesbezüglich eine Verbesserung. Das Verfahren ATCOR1 und 2 weist durch die Tabellarisierung hohe Operationalität auf. Es kann im flachen und nur mäßig reliefierten Gelände hohe Genauigkeit erreichen (Albedofehler von 0.03 in einem Wertebereich von 0.05 bis 0.5) Aber auch Modellungenauigkeiten von bis zu 20% können auftreten. Im gebirgigen Gelände werden mitunter aufgrund schnell wechselnder Aerosolkonzentrationen bzw. optischer Dicken (Feuchte,

Höhenlage, klimatologische Kessellagen, Prallhänge u.a.) allerdings keine zufriedenstellenden Ergebnisse erzielt. Ebenso treten entsprechende Probleme in industriellen städtischen Bereichen mit konzentrierten Rauchgasaerosolen auf.

- 5 Zur exakten atmosphärischen Korrektur werden bei den diversen Modellen Reliefinformationen  
miteinbezogen (Höhenmodell zur Berechnung der atmosphärischen Dicke, reliefabhängige  
nachbarschaftliche Sichtbeziehungen zur Erfassung der Streulichte effekte, Horizont-Sichtwin-  
kelerfassung). Die Weiterentwicklung des 5S-Modells zum 6S-Modell verwendet Reliefinforma-  
10 tionen zur Erfassung der Nachbarschaftseinflüsse (z.B. Überstrahlungseffekte). So wurde ver-  
sucht den verfahrensimmanenten Absolutfehler der Korrektur mittels eines exakten iterativen  
Verfahrens, basierend auf SOS (Successive Orders of Scattering), auf einen beliebig genauen  
Wert zu reduzieren. Aerosol- und Bodentyp (Indikatrix) bleiben dabei jedoch die entschei-  
den Unsicherheitsfaktoren. Der verfahrensimmanente Absolutfehler kann zwar stets unter 1%  
15 gehalten werden, die schon erwähnte Unzulänglichkeit nötiger Zusatzdaten vergrößert aller-  
dings den Fehler wieder entsprechend. Die letztendliche Genauigkeit des atmosphärischen  
Korrekturergebnisses hängt entscheidend von der Vorgabe der optischen Dicke ab. Eine wich-  
tige Einflussgröße ist dabei die streuoptisch wirksame atmosphärische Schichtstärke. Diese ist  
wesentlich von der Meereshöhe abhängig. Damit bietet sich die Einbeziehung des Höhenmo-  
dells inklusive der Ableitung topographischer Parameter (Geländeneigung und -exposition)  
20 einerseits zur Modifizierung der Korrekturparameter und andererseits eine höhenmodellbeding-  
te Interpolation der Maske der optischen Dicke an.

- Einerseits werden streng physikalische Modelle angestrebt, um exakte radiometrische Mess-  
werte zu ermitteln, andererseits besteht die Neigung, einen top-down Fernerkundungsansatz zu  
25 verfolgen, mit dem möglichst aus den Bilddaten allein die gewünschte Information abgeleitet  
werden kann. Häufig bedient man sich dazu statistischer Verfahren. Statistische Verfahren  
können für eingeschränkte spezifische Operationen eine gute Alternative zu exakten physikali-  
schen Verfahren oder einfacheren Näherungsverfahren sein. Die Gründe sind zu rechenintensi-  
ve Operationen bei physikalisch exakten Verfahren, ungenaue Eingabedaten oder häufig zu  
30 große Fehler bei einfachen Näherungsverfahren. Besonders engräumige Schwankungen wer-  
den verursacht durch Einflüsse wie z.B. Dunstbereiche bei Kaltluftansammlungen, industrielle  
Abgase, natürliche Cirrenwolken oder schwache Kondensstreifen von Flugzeugen. Aufbauend  
auf die Erfahrungen in den 70er Jahren wurde die Tasseled Cap Transformation für Landsat5-  
TM-Daten 1985 entwickelt und zur Untersuchung land- und forstwirtschaftlicher Nutzflächen  
35 herangezogen. Die vierte Komponente der Tasseled Cap Transformation erlaubt Rückschlüsse  
auf die atmosphärischen Streulichteinflüsse. Diese Transformation wurde auch zur Ableitung  
einer linearen Beziehung zwischen ungetrübter und getrübter Atmosphäre verwendet. Prakti-  
sche Anwendung zeigten aber gravierende Fehlkorrekturen und verrauschte Ergebnisse.

- 40 Die unbefriedigende Situation, ein gegenüber einem rein physikalischen Verfahren grundsätz-  
lich vorteilhaftes Verfahren nutzen zu können, Parameter aus den Bilddaten zu erfassen, ohne  
auf aufwendig zu erhebende Zusatzdaten angewiesen zu sein, jedoch damit verrauschte Er-  
gebnisse und eine physikalisch nicht zuzuordnenden Atmosphärenkorrektur zu erhalten, führte  
zur vorliegenden Erfindung.

- 45 Zur Durchführung der atmosphärischen Korrektur gemäß der vorliegenden Erfindung, sind  
vorerst mehrere Infrarotkanäle, der rote Spektralkanal und insbesondere der blaue Spektralka-  
nal notwendig. Das Verfahren wurde anhand der Kanalkonfiguration von Landsat-TM getestet.  
Sensoren anderer Spektralkonfigurationen müssen erst getestet und die maßgebende haze-  
50 Komponente daraus optimiert werden. Der Verfahrensablauf und das Verfahrensprinzip bleibt  
davon aber unberührt. Bei manchen der neu geplanten Sensoren fehlt der blaue Spektralbe-  
reich. Jedoch wird glücklicherweise aufgrund der besseren Verkäuflichkeit zukünftiger hochauf-  
lösender Bilddatenprodukte (zur Echtfarbendarstellung) dieser Bereich nun meist eingeplant.  
Für Datenprodukte, die inklusive der visuellen Spektralkanäle nur vier Spektralkanäle besitzen,  
55 ist eine verlässliche Anwendung jedoch aufgrund einer noch fraglichen Ableitung der haze-

Information derzeit nicht gesichert und muss erst geprüft werden.

Die aus den Simulationstests mit dem Atmosphärenmodell Lowtran7 gewonnen Erkenntnisse werden zur Entwicklung eines praktikablen Korrekturverfahrens, das in vegetationsdominierten Gebieten die derzeitige Unzulänglichkeit anderer Verfahren entscheidend verbessern soll, herangezogen.

Die wesentlichen Anforderungen, die durch das Verfahren erfüllt werden, sind:

- flexible Anwendbarkeit und Anpassung an möglichst viele Sensorsysteme,
- schnelle Prozessierung wegen hoher Datendichten.

Gegenüber den im Kapitel "Stand der technischen Entwicklung" erwähnten Korrekturverfahren entstehen folgende Vorteile:

- Verwendbar im alpinen Gelände mit lokal differenzierten optischen Dicken,
- kein Höhen-/Geländemodell notwendig, wenn nicht sehr hohe Genauigkeitsansprüche vorliegen müssen; dadurch Kosten- und Arbeitersparnis.

Eine entsprechende Softwareschnittstelle für die Nutzung von den derzeit am Markt erhältlichen physikalischen Atmosphärenmodellen für die Berechnung der für das vorliegende Korrekturverfahren notwendigen Parameter des Strahlungspfades muss noch flexibilisiert werden. Derzeit kann die Durchführung der Korrektur mit dem Modell Lowtran7 über manuelle Berechnungsschritte erfolgen.

Aus den Untersuchungen konnte nachweislich gezeigt werden, dass für den Korrekturvorgang nur Objektgruppen mit dichter bis mäßig dichter (spärlicher) Vegetation verwendbar sind. Unbewachsene Böden und technische Oberflächen (z.B. Asphalt- und Betonflächen) haben bei gleichbleibender atmosphärischer Situation einen sehr starken Einfluss auf die abgeleitete haze-Komponente und scheiden deshalb aus. Auch unterschiedliche Wasserflächen zeigen bereits stärkere Abweichungen und werden nicht für das vorliegende Korrekturverfahren empfohlen. Diese Erkenntnisse machen eine der Korrektur vorausgehende Ausmaskierung der Nicht-Vegetationsflächen nötig.

Das Blockdiagramm mit den groben Prozessschritten ist in Fig. 1 ersichtlich.

Diesen Prozessschritten sind fünf Arbeitsschritte (ohne Überstrahlungskorrektur (f), die vorläufig nicht empfohlen wird) zu integrieren (s. Fig. 1):

- (a) Wahl eines optimalen Atmosphärenmodells und des Aerosoltyps.

Eine Erfassung der Aerosoltyp-Verteilung wäre für eine genaue Korrektur unter Umständen nötig. Derzeit existiert dazu über Landflächen aber kein verlässliches Verfahren.

- (b) Atmosphärische Erstkorrektur von TM3 und TM4 inklusive Restaurationsverfahren.

Die atmosphärische Erstkorrektur umfasst ebenfalls bereits zum Teil den Arbeitsschritt (d) sowie die Arbeitsschritte (e) (und f). Dadurch wird eine verbesserte Unterscheidung zwischen Vegetationsflächen und Nicht-Vegetationsflächen für die nachfolgende Ausmaskierung von Nicht-Vegetationsflächen (c) erzielt.

- (c) Ausmaskieren von Nicht-Vegetationsflächen.

- (d) Kreation der Tasseled Cap4 Komponente mit Interpolation der Nicht-Vegetationsflächen. In diesem Arbeitsschritt werden bekannte Bildverarbeitungsoperatoren (Glättungsoperatoren

und Maskierungen) verwendet. Dieser Arbeitsschritt ist für die nachfolgende Korrektur elementar.

- (e) Luftlicht- und Transmissionskorrektur anhand der Korrektur- und Anpassungsfunktionen. Die atmosphärische Korrektur ist durch komplexe Interaktionen zwischen Transmission, Streuung und Bodenreflexion der Strahlung in sich ein untrennbarer geschlossener Vorgang. Die Erfassung aller Korrekturparameter mit einem physikalischen Modell dokumentiert diesen Sachverhalt.

- (f) Überstrahlungskorrektur

Die Überstrahlungskorrektur muss in das vorliegende Verfahren erst gesondert implementiert werden.

- Prozessschritt 1 (S1): Errechnung von strahlungsrelevanten atmosphärischen Parametern unter für das Verfahren spezifisch vorgegebenen Varianzen der atmosphärischen Bedingungen und Objektreflexionsbedingungen.

Mittels einer zur Verfügung stehenden möglichst hochwertigen Software zur Simulation der atmosphärischen Strahlungsverhältnisse und Strahlungsgänge werden, unter Zugrundelegung von für das Verfahren repräsentativen Reflexionsoberflächen (Kardinalwerte unterschiedlicher Vegetationsoberflächen sowie von Totalschatten mit annähernd Reflexion Null) und von atmosphärischen Varianzen, atmosphärische Strahlungspfadparameter errechnet.

- Prozessschritt 2 (S2): Errechnung der Korrekturparameter.

Die aus dem Prozessschritt 1 ermittelten Strahlungswerte (zur 'haze'-Korrektur) und Parameter (Transmissionsparameter zur Transmissionskorrektur) werden als polynome Funktionen (sogenannte Anpassungsfunktionen) der Tasseled Cap- haze-Komponente dargestellt.

Folgende Anpassungsfunktionen inklusive deren Koeffizienten werden errechnet. Die mathematischen Formeln beinhaltenden folgende Parameter:

*Lray336* ... Rayleigh-Strahldichte am Sensor, - bei 336km VIS

*TMC* ... korrigierte Bilddaten, *TMx* ... unkorrigierte Bilddaten des Kanals x,

*TC4* ... Tasseled Cap 4 - Komponente, *TC4n* ... Tasseled Cap 4 - Komponente, geglättet

*TC0* ... Tasseled Cap 4 - Komponente bei aerosolfreier Atmosphäre (336km VIS)

*VIS* ... Visibility,  $\tau_{dir}' + \tau_{diff}'$  ... direkter und diffuser Transmissionsgrad

*bb* ... Spektrale Bandbreite des Bildkanals, *RSR* ... normalized Relative Spectral Response

Zur 'haze'- und Luftlichtkorrektur: Koeffizienten: *Ax* (bzw. *A1*, *A2*), Parameter *Lray336*

Korrekturfunktion:  $TMC = TMx - (TC4^2 - TC0^2) * A1 - (TC4 - TC0) * A2$

Die Koeffizienten *A1*, *A2* (für Polynom 2. Grades) werden durch Lowtran-Simulationen bei Reflexionsgrad=0 und verschiedenen VIS-Werten abgeleitet.

Der Parameter *Lray336* wird durch die Lowtran-Simulation bei Reflexionsgrad=0 und bei VIS=336km ermittelt. Die Kalibrierkoeffizienten werden im Header der Bilddaten gelistet oder sind aus Tabellen zu entnehmen

Zur Transmissionskorrektur: Parameter:  $(\tau_{dir}' + \tau_{diff}')$ , Koeffizienten: *a*, *b*, *c*

Kalibrierkoeffizienten: *c0*, *c1*, *bb*, *RSR*

Anpassungsfunktion:  $T' = a * TC4n^2 + b * TC4n + c$

Die Koeffizienten *a*, *b*, *c* der Anpassungsfunktion zur Modellierung der Transmissionskoeffizien-

ten werden durch Lowtran-Simulationen bei den Objektreflexionen Albedo 0.01, Wiese und Nadelwald sowie bei verschiedenen VIS-Werten abgeleitet.

Die Objektreflexionen 0.01 Albedo, Wiese und Nadelwald werden als Eckpunkte für grundsätzlich verschiedene Vegetationstypen sowie für Schatten herangezogen, um eine möglichst hohe Objektvariabilität für die Festlegung von Korrektur-Stützpunkten zu erfassen.

Reflexionswerte (%): Wiese (TM1-5,7): 4/7/6/52/25/9%  
Nadelwald: 2/4/2/20/9/3%

Prozessschritt 3 (S3): Durchführung der Korrektur unter Kombination strahlungsphysikalisch definierter mathematischer Operationen sowie des über Anpassungsfunktionen eruierten Korrekturanteils.

Die physikalisch definierte Operation liefert den plausiblen Hintergrund des Korrekturvorgangs bis zur Simulation eines atmosphärenfreien Zustands. Über der Anpassungsfunktionen werden die aktuellen aus den Bilddaten gewonnen Zustandsdaten der Atmosphäre (Tasseled Cap-haze-Komponente) als wesentlicher Schritt in den Berechnungsprozess integriert.

Im Zusammenhang mit der Tasseled Cap-haze-Komponente ist die Aufteilung des Korrekturvorgangs in die haze/Luftlichtkorrektur und die Transmissionskorrektur elementar. Eine Korrektur mittels einer einzigen Anpassungsfunktion ist nicht möglich.

Der Integrationsvorgang zur atmosphärischen Korrektur wird durch folgende mathematische Berechnungsgänge bestimmt. Es wird jeweils nur die Berechnung ohne Korrektur des Transmissionsgrads dargestellt. Neu hinzugekommene Parameter und Symbole haben folgende Bedeutung:

[DN] ... Digital Number / Grauwert eines Bildpunktes

TMCC1 ... Endergebnis - atmosphärisch korrigiert [DN]

TMCC2 ... Endergebnis - atmosphärisch korrigiert [mW/cm<sup>2</sup>sr]

TMC2 ... Ergebnis nach 'haze'-Korrektur (Anteil der Aerosolstreuung)

T' ... Ergebnis der Modellierung des Transmissionsparameters  $\tau_{dir}' + \tau_{diff}'$

$\rho$  ... Reflexionsgrad, E0 ... solare Einstrahlung, sz ... Sonnen-Zenitwinkel

für die Errechnung von Bilddaten-Grauwerten [DN]:

$$TMCC1 = \{(((TMC2 * c1 + c0) * bb / RSR - L_{ray336}) / T') * RSR / bb - c0\} / c1$$

für die Errechnung von Strahlungswerten [mW/cm<sup>2</sup>sr]:

$$TMCC2 = [(TMC2 * c1 + c0) * bb / RSR - L_{ray336}] / T' * RSR$$

für die Errechnung von Reflexionsgraden (beinhalten topographische Einflüsse; diese können nur mittels eines Geländemodells eliminiert werden) ( $\rho$ , [%]):

$$\rho = [(TMC2 * c1 + c0) * bb / RSR - L_{ray336}] * \pi / T' / E_0 / \cos(sz) * 100$$

Mit Ausnahme von ariden Klimaräumen wird fast immer eine gute Abdeckung an Stützpunkten (vegetationsbedeckte Oberflächen) zur Korrektur über die gesamte Szene erzielt. In Bezug auf das zugrundeliegende physikalische Modell sind die maximalen Reflexionsgrad-Abweichungen mit Einsatz von Höhendaten zumeist deutlich kleiner  $\pm 2\%$ . Für Reflexionsgrade bis 15% ist ohne Höhendaten ebenfalls ein Wert von  $\pm 2\%$  erzielbar. Bei einem Reflexionsgrad von 60% ist mit einem Fehler von bis zu 10% zu rechnen. Für TM3 (Rotbereich) und TM4 (nahes Infrarot), also für Vegetationsuntersuchungen bislang häufig genutzte Bandbereiche, sind auch über den

gesamten untersuchten Wertebereich die Abweichungen ohne Höhenkorrektur nicht größer als  $\pm 3\%$ .

## 5 Patentansprüche:

1. Verfahren zur bilddatenorientierten atmosphärischen Korrektur von Satellitenbildern im solaren Spektralbereich bei der Auswertung, Beobachtung und Kartierung der Erdoberfläche wobei nach Ermittlung von Korrekturdaten bzw. -parametern eine Bilddatenkorrektur durchgeführt wird, *dadurch gekennzeichnet*,  
dass zusätzlich visuell hell reflektierende vegetationsbedeckte Oberflächen zu den bei herkömmlichen Korrekturprozessen verwendeten visuell dunklen Reflexionsflächen als direkter Korrekturprozess, insbesondere als Stützpunkte, einbezogen werden, indem in an sich bekannter Weise anhand der Spektralkanäle rot und nahes Infrarot vor einer Ermittlung der Korrekturdaten bzw. -parameter eine Ausmaskierung von Nichtvegetationsflächen abzüglich dunkler Reflexionsflächen durchgeführt wird, die Korrekturparameter der nicht maskierten Flächen errechnet werden und über die maskierten Flächen interpoliert wird, wobei zur Errechnung der Korrekturparameter Korrekturfunktionen, abgeleitet von errechneten Luftlichtwerten und Transmissionsgraden und von simulierten Bilddaten anhand eines bekannten physikalischen atmosphärischen Strahlungsübertragungsrechenmodells und eines aus diesen simulierten Bilddaten durch einen geeigneten Rechenalgorithmus errechneten Haze-Indikators zur Beschreibung der Streuungs- und Transmissionseigenschaften der Atmosphäre, eingesetzt werden, wobei als Haze-Indikator insbesondere die sensorspezifisch erfasste vierte Tasseled Cap Komponente (TC4) und ergänzend bevorzugte Infrarotkanäle sowie der blaue und rote Spektralkanal herangezogen werden, und  
dass für jedes Bildelement eines aufgenommenen Bildes der Erdoberfläche durch ein Abgleichverfahren ein bekanntes oder selbst erfasstes Atmosphärenmodell sowie ein Aerosoltyp ausgewählt und daraus eine Korrekturfunktion ermittelt werden und eine Korrektur nach bekannten physikalischen mathematischen Beziehungen durchgeführt wird, wobei wahlweise Bodenreflexionsgrade, DN-Werte oder Strahlungsparameter errechnet werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, *dadurch gekennzeichnet*, dass für eine Ausmaskierung von Nichtvegetationsflächen zusätzlich eine vorangehende, atmosphärische Korrektur der Spektralkanäle rot und nahes Infrarot durchgeführt wird.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, *dadurch gekennzeichnet*, dass zusätzlich wenigstens eine bekannte Messgrößeneinheit, wie beispielsweise Visibility etc., zur Ermittlung von Korrekturdaten bzw. -parametern im Korrekturprozess mitverwendet wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, *dadurch gekennzeichnet*, dass zusätzlich in die Korrekturdaten bzw. -parameter Höheninformationen aufgenommen werden.

## Hiezu 1 Blatt Zeichnungen

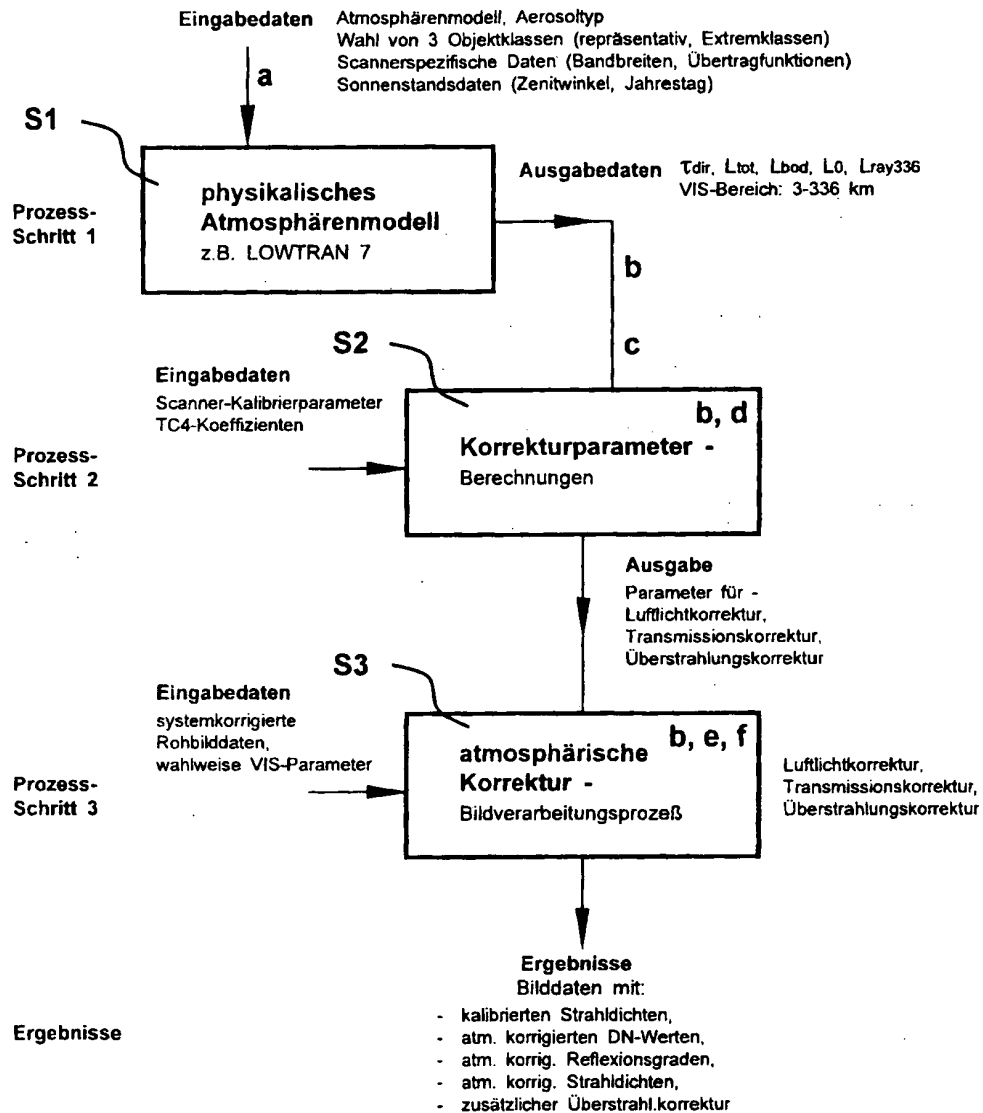


Fig. 1