

I. Grundsätze

1. Zusammenhänge zwischen GIS, Kartographie und Fernerkundung

a. Raumbezogene Informationsverarbeitung:

- *Erfassung raumbezogener Information*: Fernerkundung
- *Analyse*: GIS
- *Kommunikation/Darstellung*: Kartographie

Aquivalent gilt:

- *Technische Herangehensweise*: Fernerkundung
- *Inhaltliche Eingrenzung („what for whom“)*: GIS
- *Gestaltung*: Kartographie

Beispiel Kartenerstellung:

1. Luftbild: Fernerkundung
2. Bildverarbeitung: GIS
3. Darstellung/Implementierung eines Layouts: Kartographie

Beachte: Fließende Übergänge zwischen den Disziplinen!

II. Kartographie

4. Projektionen und Bezugssysteme

4.1. (Rotations-) Ellipsoide

Mathematische Beschreibung der Erde als elliptisches Gebilde (auch Sphäroid genannt)

Ellipsoid	Große Halbachse a (m)	Kleine Halbachse b (m)	Abplattung
Bessel 1841	6377397	6356079	1:299,15
Clarke 1880	6378249	6356515	1:293,47
Hayford 1909 (International 1924)	6378388	6356912	1:297,00
Krassowskij 1940	6378245	6356863	1:298,3
WGS1984/ GRS80 (IUGG 1980)	6378137	6356752	1:298,26

4.2. Geoid (Fläche der Normalschwere)

„Ein Geoid definiert sich über eine in Ruhe befindliche Meeresoberfläche, die sich theoretisch unter den Kontinenten fortsetzt und durch eine stets senkrecht zur Oberfläche stehende Lotrichtung beschreiben lässt. Da die Lotrichtung vom Schwerefeld der Erde bestimmt wird, bewirken Schwereanomalien, dass die Geoidoberfläche leicht gewellt ist.“

Bekannte Geoide: Listing / Gauß (gg. Ende des 19. Jahrhunderts)

4.3. Physische Oberfläche (Topographie)

Tatsächliche Erdoberfläche

4.4. Datum

Das geodätische Datum beschreibt die Lageverschiebung zwischen Ellipsoid, geozentrischem Koordinatensystem und Geoidmodell.

[Verschiebung und Drehung der Ellipsoide, um eine möglichst exakte Wiedergabe von Koordinaten für ein bestimmtes Landesgebiet auf der Erdoberfläche zu erhalten]

Der Wechsel zwischen Ellipsoidmodellen führt zu unterschiedlichen Lageverschiebungen (in Bezug auf Geozentrik/Koordinatensystem und Geoidmodell) und kann durch Datumstransformation vollzogen werden.

Geozentrisches Koordinatensystem:

Der Erdmittelpunkt (Erdschwerpunkt) entspricht genau dem Ursprung des Koordinatensystems (z.B. WGS84).

Ellipsoidische Koordinatensysteme:

Mittelpunkt des Koordinatensystems ist der geometrische Mittelpunkt des Ellipsoids.

4.5. Datumstransformationen

Geozentrische Translation:

Verschiebung anhand von x-, y- und z-Parameter bzw. Änderung der Parameter entsprechend der Ellipsoide.

[Helmert Transformation:

Verschiebung anhand der Translationparameter sowie Rotationsparameter in x-, y und z-Richtung und einen Skalierungsparameter.]

Datum	Ellipsoidmodell	Verschiebungsparameter (dx/dy/dz) in m	Einsatz
-------	-----------------	--	---------

WGS84	WGS84	0/0/0	international
Potsdam	Bessel 1841	606/23/413	Deutschland
RT90	Bessel 1841	-419/-99/-591	Schweden
S-JTSK	Bessel 1841	489/76/480	Tscheschische Republik
Rijksdriehoeks (RD)	Bessel 1841	593/26/478	Niederlande
Austria	Bessel 1841	596/87/473	Österreich
CH1903	Bessel 1841	674,4/15,1/405,3	Schweiz
Europäisches Datum 1950 (ED50)	International 1924 (Hayford 1909)	-87/-96/-120	Europa mit regional unterschiedlichen Parametern
Pulkovo 1942	Krassowskij 1940	28/-130/-95	Russland, ehem. DDR (bis 1990) mit regional unterschiedlichen Parametern

4.6. Geographische Bezugssysteme

Systeme bestehend aus Ellipso(Geo-)id, Projektion und Koordinatensystem (Gitternetz)

4.7. Koordinatenangabe

Winkel Phi = Geographische Breite
Winkel Lambda = Geographische Länge
Parallelkreise = Breitenkreise
Längengrade = Meridiane

Der 0°-Meridian verläuft laut Vereinbarung von 1884 durch die Sternwarte Greenwich.

4.8. Konstruktionen von Projektionen

Bestimmte Projektionsverfahren sind bei der Koordinatenprojektion auf zweidimensionale Karten aufgrund einer unmöglichen Flächen-, Winkel- und Streckentreue erforderlich.

Die Art der Projektion richtet sich nach Maßstab und Anwendungsgebiet.

1. Echte Projektionen:

Bei dieser Konstruktionsmethode wird eine Abbildung geometrisch vom Ellipsoid übernommen.

2. Unechte Projektionen:

Die Projektion wird mathematisch erzeugt.

[s. Azimutalprojektionen]

4.9. Projektionsarten

Art der Flächendarstellung:

- 4.9.1.1. Konische Projektion (Kegelform)
- 4.9.1.2. Azimutalprojektion (Ebenenprojektion: orthografische, gnomische, stereographische Konstruktionsmethoden)
- 4.9.1.3. Zylindrische Projektion

Lage des Projektionszentrum:

- 1. normal (polständig)
- 2. transversal (äquatorständig)
- 3. schiefachsig (oblique)

Verzerrungsarten:

- 1. konform / winkeltreu
- 2. äquidistant / längentreu
- 3. äquivalent / flächentreu

Bewährte Projektionsarten:

- 1. Mercatorprojektion (winkeltreu), Anwendung: Seefahrt, Luftfahrt
- 2. Orthografische Azimutalprojektion (längentreu), Anwendung: Planetendarstellung
- 3. Lambertsche Azimutalprojektion (flächentreu)
- 4. Goodes Projektion (flächentreu)

Verbreitete, wichtige Projektionen/ Koordinatensysteme:

- 1. Gauß-Krüger:
 - 4. Darstellung in kartesischem Koordinatensystem.
 - 5. Darstellung für kleine Gebiete / große Maßstäbe geeignet.
 - 6. Bezugsmeridiane im 3°-Abstand, Nummerierung ab 3° E mittels 1, 2, 3...(nummerierte Zonen)
 - 7. Rechtswert Zahlenbeispiel:
 - $34^{59} = 41 \text{ km westlich von } 9^\circ$
 - $35^{10} = 10 \text{ km östlich von } 9^\circ$
 - [500 km als Trennung w/e]
 - 8. Hochwert: Einfache (Kilo-) Meterangabe, nördlich des Äquators
 - 9. Berührungszylinder
 - 10. Transversale Mercatorprojektion
 - 11. Datum / Ellipsoid variieren (i.d.R. Bessel-Ellipsoid)
- 2. UTM (universal transverse mercator grid):

4. 6°-Meridianabstände, Nummerierung ab Zentralmeridian (180° E/W) in 60 Zonen
5. 8-Breitengrad-Intervalle mit Großbuchstaben benannt (zwischen 80° N/S)
6. Zwei Schnittzylinder
7. Hayford-Ellipsoid
8. Transversale Mercatorprojektion
9. WGS84

Loxodrome:

Verbindung zweier Punkte, schneidet die Meridiane unter gleichem Winkel

Orthodrome:

Kürzeste Verbindung zweier Punkte.

5. Georeferenzierung

5.1. Definition

Eindeutige Festlegung der Bildelemente zu Ihrem räumlichen Bezug (innerhalb eines geographischen Bezugssystems).

→ Je nach Ellipsoid, Projektionsmethode und Koordinatensystem (Gitternetz) herrschen Diskrepanzen zwischen zweidimensionaler Bilddarstellung und tatsächlicher, geographischer bzw. geodätischer Lage der dargestellten Punkte.

5.2. Ziele

→Eindeutige Identifikation jeden Punktes auf der Erde

→Exakte Berechnung von Flächen und Strecken

→Beseitigung von Verzerrungen

5.3. Verzerrungen

Aufnahmeverzerrung entstehen bei Fernerkundungsbildern durch den Aufnahmewinkel sowie den Lichteinfallswinkel in den Aufnahmesensor oder die Aufnahmelinse (Bei Flugzeugaufnahmen stärker als bei Satellitenaufnahmen)

Topographische Verzerrungen entstehen in reliefiertem Gebiet und bedeuten eine ungleichmäßige Repräsentation der tatsächlichen Flächen und Strecken durch die Aufnahme (-pixel).

5.4. Methoden

- 5.4.1.1. Eindeutige Identifizierung von Punkten (z.B. im Fernerkundungsbild) innerhalb des geographischen Bezugssystems (Ermittlung von Ground Control Points – GCPs).

5.4.1.2. Transformation aller übrigen Punkte mittels einer geeigneten Transformationfunktion

5.4.1.2.1. Räumliche Transformation (Kombinationen möglich):

- 10. Verschiebung / Versetzen des Ursprungs (Translation / Scherung)
- 11. Größenanpassung (Skalierung)
- 12. Drehung der Achsen (Rotation)

→ Zusammenfassend: *affine Transformationen*

5.4.1.2.2. Resampling (Grauwertinterpolation / keine Kombinationen möglich):

- 13. Nearest Neighbor (Übernahme desjenigen Wertes, der die größte Überlappung zwischen alter Rasterzelle und neuer Rasterzelle besitzt)

→ Nachteil: blockige Struktur

→ Vorteil: Erhalt der Grauwerte

- 14. Bilinear Convolution (Gewichtetes Mittel der vier nächsten Zellwerte)

→ Nachteil: Wischeffekt / Schwächung der „Signaturdifferenzen“ (Klassenkonturen)

→ Vorteil: weichere Darstellung

- 15. Cubic / bicubic convolution (Gewichtetes Mittel der 16 nächsten Zellwerte)

→ Nachteil: Veränderung der Signaturen

→ Vorteil: weichere Darstellung sowie geringerer Wischeffekt bzw. Erhalt von Signaturdifferenzen

5.5. RMS Error (Root Mean Square Error)

Beschreibt die Genauigkeit der obigen Transformationen in Bezug auf die Stärke der Verschiebung von Koordinaten bzw. Pixel.

Gilt als Gütemaß für Transformationen.

$$\text{RMS Error} = \sqrt{(X_r - X_i)^2 + (Y_r - Y_i)^2}$$

Mit X_i, Y_i – Ursprungskordinaten
 X_r, Y_r – Transformierte Koordinaten

5.6. Transformationspolynome

Transformationmethoden können je nach Anwendung und Komplexität des mathematischen Vorgehens in Polynomen n-ter Ordnung ausgedrückt werden:

5.6.1.1. Polynome 1. Ordnung:

(Translation/Verschiebung, Skalierung) Anwendung bei Karten großen Maßstabs für kleine Regionen

5.6.1.2. Polynome 2. Ordnung:

(Translation, Skalierung, Rotation) Anwendung für Karten größerer Räume, schließt eine leichte Anpassung an die Erdkrümmung mit ein

5.6.1.3. Polynome 3. Ordnung:

(Translation, Skalierung, Rotation) Anwendung bei Karten großer Aufnahme- und Topographieverzerrung, Komplexere Transformation

III. GIS

1. Definition

System aus Hardware, Software zur Erfassung, Analyse und Präsentation von raumbezogenen Daten (Geoinformationen).

→ HSDA = **H**ARDWARE, **S**OFTWARE, **D**ATEN, **A**NWENDUNGEN

→ EVAP = **E**RFASSUNG, **V**ERWALTUNG, **A**NALYSE, **P**RÄSENTATION

Die Analysefunktion steht im Vordergrund des GIS.

2. Datenmodelle / Datentypen

a. Rasterdaten

Rasterdaten werden in Pixel (Rasterzelle eines Bildes) ausgedrückt (z.B. Fotos / Satellitenaufnahmen).

Jeder Rasterzelle können verschiedene Attribute wie Farbwerte zugeordnet werden.

Als *Fausregel* gilt: Die Rastergröße darf maximal halb so groß wie das kleinste darzustellende Objekt sein!

Wie im Vektormodell (s.u.) können Punkte, Linien und Flächen dargestellt werden. Für topologische Darstellungen sind keine expliziten Konnektivätsvorschriften notwendig.

→ Allgemeine Vorteile:

- Einfache Durchführung logischer oder algebraischer Operationen (z.B. Flächenberechnung)
- Einfache Verschneidung oder Überlagerung von Objekten
- Simple Datenstruktur

→ Allgemeine Nachteile:

- hoher Speicherbedarf
- schlechte Abbildung von diskreten Einzelobjekten
- geringere Koordinatengenauigkeit

b. Vektordaten

1. Punkte
2. Linien:

→ Darstellung komplexer Netze mittels *Konnektivitätstafel*. So können *topologische* Darstellungen beispielsweise eines U-Bahnnetzes erstellt werden.

3. Polygone

→ Polygone können einfach, aus Punktverzeichnissen und Kanten-Knoten-Topologien (s. Linien) bestehen. Sie dienen der Flächendarstellung.

→ Allgemeine Vorteile:

- Geringe Speicherintensität
- Simple Berechnung von Transformationen
- Gute Modellierung von diskreten Einzelobjekten (z.B. Baum)

→ Allgemeine Nachteile:

- Schlechte Darstellung von kontinuierlich, flächenhaft verteilten Objekten
- Hoher rechnerischer Aufwand logischer oder algebraischer Operationen (z.B. Flächeninhalt)
- Komplexe Datenstruktur (z.B. bei Topologien)

Vektoren besitzen bestimmte Attribute, wie Koordinaten etc.

c. Datenformate

1. Bilddateitypen:

- BMP, JPEG, TIF, PNG, GIF...
- SVG ... (Vektorbasiert)

2. Datenbank- / Geoinformationsdateitypen:

- SHP, SHX, SBN, SHP.XML...
- DBF, Dbase, DB4...

3. Werttypen:

Grundsätzlich gilt, dass ein Bit 0 oder 1 binär darstellen kann. Ein Bit ist somit die kleinste Speichermöglichkeit. Ein Byte ist hingegen als 8-Bit definiert und kann somit im Speicher acht Bit/Plätze zu je 0,1. So ergeben sich 256 Kombinationsmöglichkeiten.

- String = Alphanumerische Zeichen
- Byte, Char = -128 – 127 / 3 Stellen (8-Bit bzw. 2^3)
- Integer, short = -32.768 – 32.767 / 5 Stellen (16-Bit)
- Double = 0 – 4.294.967.295 / 10 Stellen (32-Bit)
- Float = wie Double, Fließkomma (32-Bit, davon 23-Bit für Genauigkeit)
- Real = 12 Stellen (48-Bit)
- Long = 0 – ca $18 \cdot 10^{18}$ / 20 Stellen (64-Bit)
- Date = Datumsformate
- BLOB = Binäre Datenformate (z.B. Bilder)

→ Alle Datentypen können als signed (mit Vorzeichen) oder unsigned (ohne Vorzeichen) definiert werden. Der Wertebereich wird so komplett ins Positive oder halbiert bis ins Negative verschoben.

3. Datenbanken /DBMS

a. DBMS (Datenbank Management System)

Voraussetzungen eines sinnvollen DBMS:

- Ermöglichung von Ablage und Bearbeitung sehr großer Datensätze und –mengen
- Überprüfung und Sicherung der Datenkonsistenz (Nutzung durch mehrere Anwender)
- Beinhaltung einer High-Level Declarative Query Language (z.B. SQL)
- Unterstützung von Datenmodellen bzw. Prozessierung von Daten
- Unterbrechungsfreie Verfügbarkeit von Daten (vor allem bei Zugriff mehrerer Benutzer)
- Kontrolle der Redundanzfreiheit (doppelte Datensätze)

b. Datenbankmodelle

1. Hierarchisch

Jedem untergeordneten Wert wird genau ein übergeordneter zugeordnet (1:n)

2. Netzwerk

Entweder werden einem untergeordneten Wert mehrere übergeordnete oder einem übergeordneten mehrere untergeordnete Werte zugeordnet (1:n oder n:1)

3. Objektorientiert

Ein Datenbankobjekt besitzt bestimmte Tabellen mit Eigenschaftsobjekten. Diese Eigenschaftsobjekte können wiederum selbst Unterobjekte besitzen etc. Dabei werden Untereigenschaften immer an das übergeordnete Objekt weitervererbt.

4. Relational

Die bestehenden Tabellen können anhand bestimmter Attributfelder miteinander verknüpft werden, sodass komplexe Datenrelationen entstehen: Tabelle Briefe → |Feld Markennummer| → Tabelle Briefmarken ← |Feld Markennummer| ← Ausstellendes Postamt

Die Beziehungen können in 1:n, n:1, 1:1, und n:m, m:n ausgedrückt werden.

c. SQL / ArcGIS-Abfragen

1. Syntax:

Einfache Abfrage:

SELECT *fieldname* **FROM** *tablename* **WHERE** *fieldname = value*

Komplexe Abfragen mittels:

- DELETE
- CREATE
- UPDATE
- INSERT
- JOIN
- ...

2. Logische Operatoren (und ArcGIS in Klammern)

AND = Und (Intersect)

OR = Oder (Union)

XOR = Entweder Oder (Contain)

NOT = Nicht

AND NOT = Ausschließendes Und Nicht (Minus)

...

3. Abfragetypen in ArcGIS

- Topologische Abfrage (Select By Location)
- Eigenschaftsabfrage (Select By Attributes)
- Metadaten-Abfrage

4. Interpolationsverfahren

a. Definition / Zweck

Interpolation bietet die Möglichkeit punktuelle Information in die Fläche zu übertragen bzw. Werte für alle Punkte zwischen zwei Messpunkten abzuschätzen (Für Werte außerhalb eines Punktes bzw. außerhalb eines Punktnetzes gilt die *Extrapolation*).

Eine Interpolation ist nur dann sinnvoll, wenn die zu bestimmenden Werte metrisch sind, Flächenhaft vorkommen, aber nur punktuell gemessen wurden (z.B. Niederschlag, Höhenwerte).

b. Verfahren

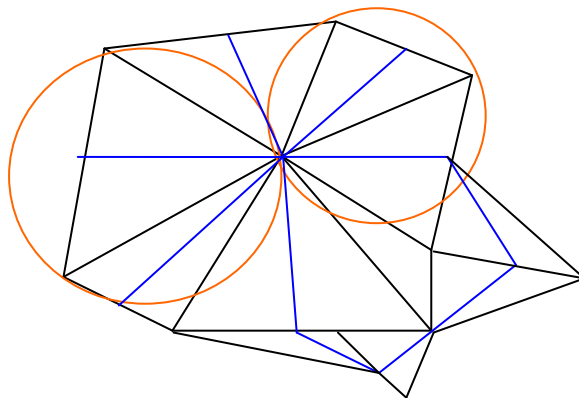
1. Vektorielle Interpolation / TIN:

TIN = Trianguläre Irreguläre Netze

Triangulation nach *Delauny*:

Ein Kreis um drei Punkte (also die Ecken eines Dreiecks) darf keinen weiteren bzw. vierten Punkt beinhalten.

Aus den Mittelsenkrechten der Dalunydreiecke (bzw. deren Netzstruktur) entsteht ein Netz von *Thiessenpolygonen* (s.u. *blau*).



Vorteile:

- wenige Stützpunkte ausreichend
- Stützpunkte werden an das Gelände angepasst (?):
 - In gering reliefiertem Gelände werden wenige Punkte und somit wenig Speicher benötigt
 - (In stark reliefiertem Gebiet kann sich dieser Effekt allerdings auch umkehren)
- wenige Stützpunkte ausreichend
- auch Bruchlinien (z.B. Trockentäler bei Höhenmodellen) können integriert werden

Nachteile:

- Bruchlinien müssen manuell erstellt werden, um Probleme bei der korrekten Darstellung z.B. von Tälern zu vermeiden
- Flache Dreiecke müssen z.B. bei Gipfelrücken ebenfalls mittels Strukturlinien vermieden werden

2. Rasterinterpolation

Im gegensatz zum vektoriiellen auf Triangulation basierenden Verfahren wird der Raum im Rahmen der Rasterinterpolationsverfahren kontinuierlich in Abhängigkeit von der Rasterweite bzw. der Auflösung interpoliert.

2.1 Kriging (statistisch / linear)

Kriging kann als die Übertragung der statistischen Regressionsrechnung in den Raum betrachtet werden.

Dabei sollen der mittlere Fehler gleich Null sowie Varianz der Fehler minimal werden.

Als Grundlage dient das sog. *Variogramm*. Dieses zeigt den räumlichen Zusammenhang der geschätzten Werte anhand der Standardabweichung und Schätzvarianz. Entscheidend ist jedoch die räumliche Korrelation und Gewichtung der korrelierenden Messwerte, die anders als beim IDW, nicht nur durch eine Nähe zueinander in einem stetigen Zusammenhang stehen müssen.

Es können verschiedene Variogramme herangezogen werden (z.B. Exponentiell, Sphärisch, Gauss etc.)

2.2 Inverse Distance Weighting (lineare Interpolation)

Hierbei wird für eine Rasterzelle jeweils der gewichtete Mittelwert aus den Nachbarzellen berechnet.

Die Distanz der Rasterzelle zu den Stützpunkten (also Zellen gemessenen Wertes) gehen hierbei invers ein.

Entscheidend ist der Distanzexponent β . Je geringer die Distanz der Stützstellen (also β), desto geringer das Risiko des *Fettaugeneffektes*.

2.3 Splines (Polynome 3. Ordnung)

Bei der Interpolation mittels Splines sind pro Polynom mindestens 4 Stützstellen notwendig.

Nachteilig bei der Interpolation mittels Polynomen 3. Grades ist die Tatsache, dass die Maxima bzw. Minima der tatsächlichen Messwerte über- bzw. unterschätzt werden können.

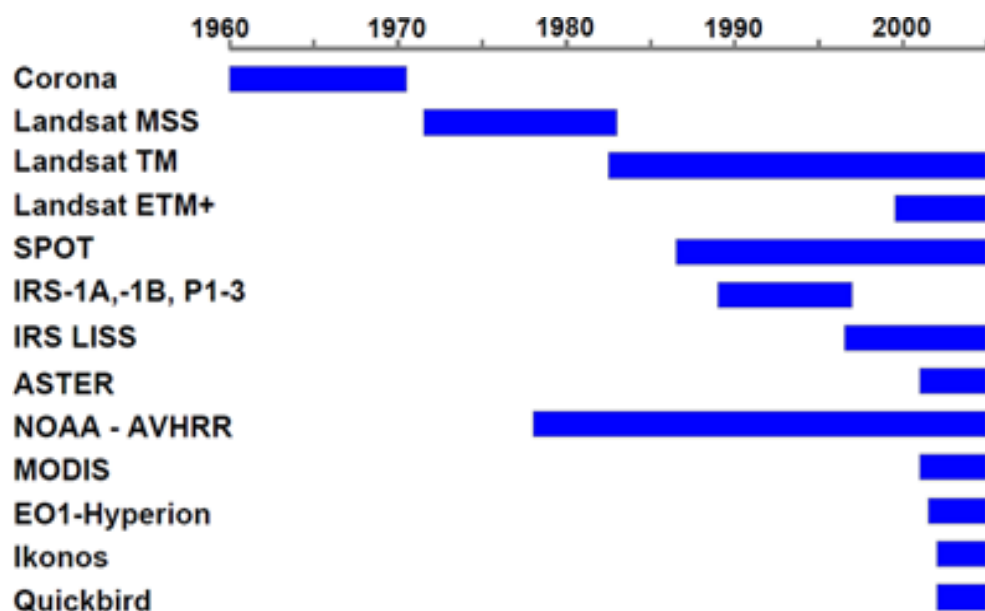
Eine Anpassung bei der Anwendung kann mittels der Elastizität (Tension) vorgenommen werden.

6. Fernerkundung

6.1. Definition

Fernerkundung ist ein indirektes Beobachtungsverfahren und ermöglicht die Gewinnung von Information über Art und Eigenschaft von Objekten unter Vermeidung des direkten physikalischen Kontaktes

6.2. Satelliten und ihre Laufzeiten



6.3. Wichtige Strahlungsgesetze (bezogen auf Schwarzlörper)

6.3.1. Schwarzlörper

Ein Schwarzkörper zeichnet sich dadurch aus, dass die gesamte Einstrahlung von diesem absorbiert wird.

6.3.2. Stefan-Boltzmann-Gesetz

Die gesamte emittierte Strahlung eines Schwarzkörpers ist proportional zur vierten Potenz seiner Temperatur:

$$M = \sigma T^4$$

Die Menge der Strahlung ist eine Funktion seiner Temperatur.

6.3.3. Wien'sches Verschiebungsgesetz

Beschreibt den Zusammenhang zwischen Temperatur und Maximum der Ausstrahlung:

Je heißer ein Körper, desto kurzwelliger ist das Maximum seiner Ausstrahlung (vgl. Sonne).

Mithilfe dieses Gesetzes lässt sich die maximale, dominierende Wellenlänge der ausgestrahlten Strahlung eines Schwarzkörpers berechnen:

$$\lambda_{\max} = k / T, \text{ mit } k = 2898 \mu\text{m } ^\circ\text{K}$$

6.3.4. Planck'sches Strahlungsgesetz

beschreibt die Ausstrahlung (M) eines Körpers als Funktion der Temperatur (T) und der Wellenlänge (λ).

$$M_\lambda = f(T, \lambda)$$

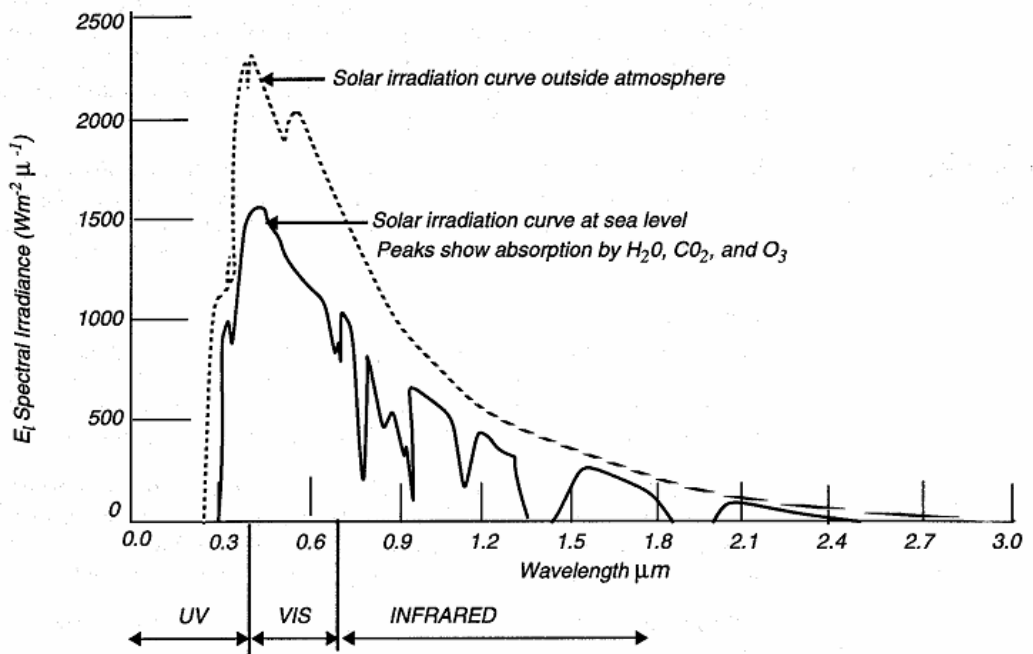
6.3.5. Kirchhoff'sches Gesetz

Das Kirchhoffsche Gesetz legt den Emissionsgrad ε als Quotient aus Abstrahlung des realen Körpers ϕ_e und Abstrahlung des Schwarzkörpers ϕ_s gleicher Temperatur fest:

$$\varepsilon = \frac{\phi_e}{\phi_s}$$

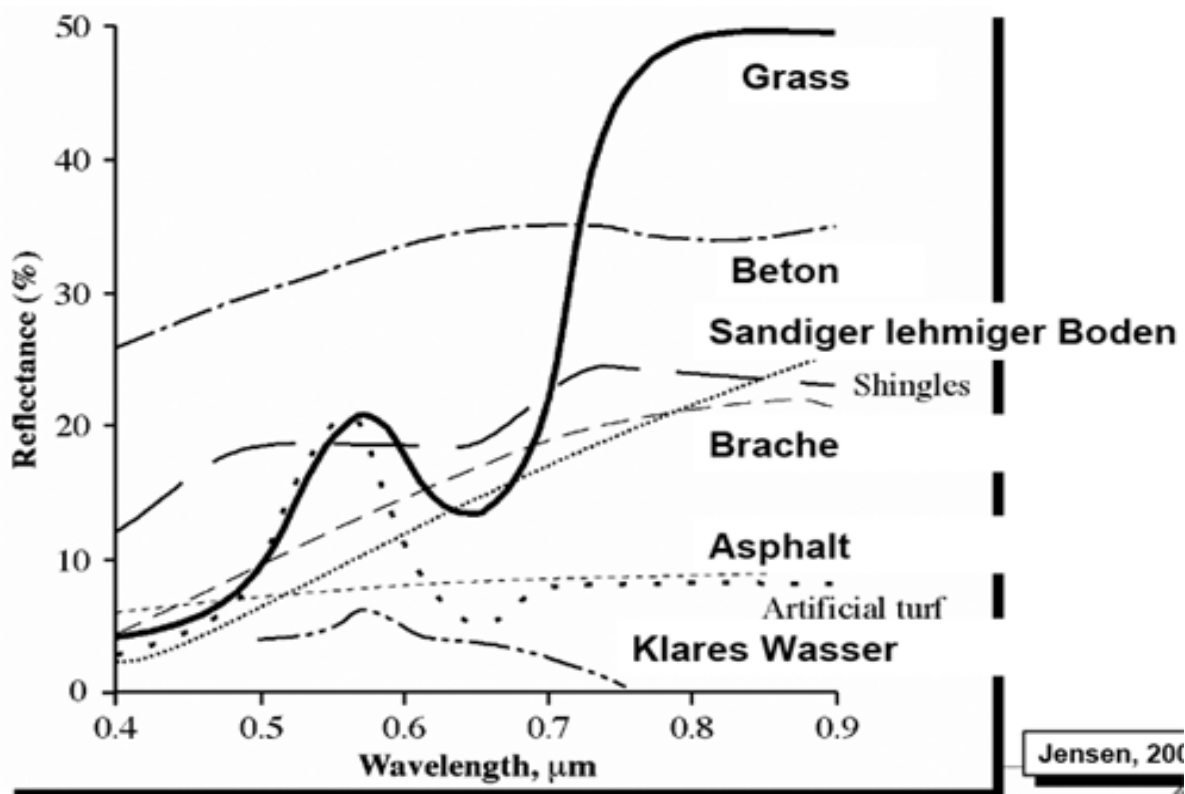
Des Weiteren gilt, dass Emissionsgrad gleich dem Absorptionsgrad eines Körpers ist: $\varepsilon = \alpha$

6.4. Elektromagnetisches Spektrum



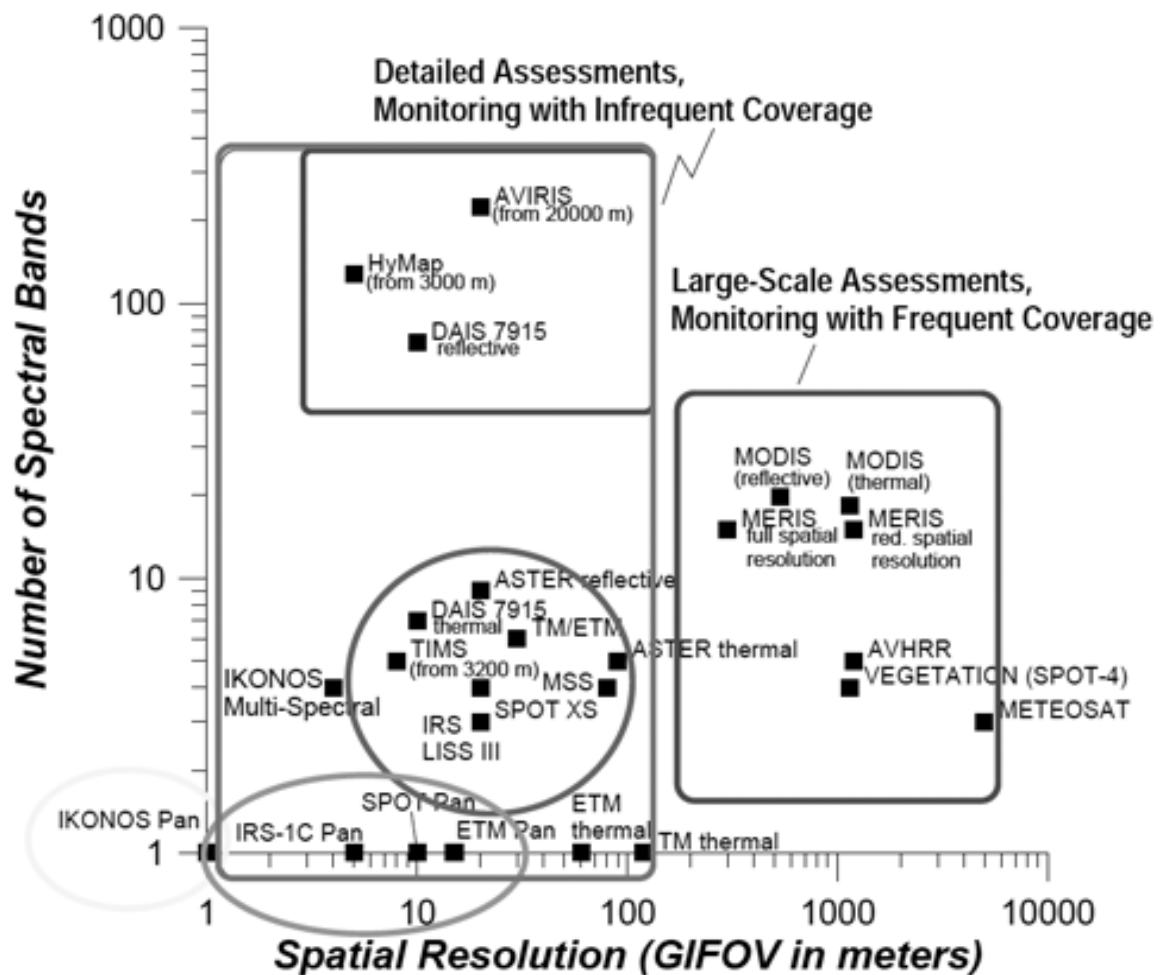
Modified from Chahine, et al 1983

6.5. Reflektanzspektren



6.6. Wichtige Satelliten und ihre Eigenschaften

Name	Räuml. Auflsg	Bänder	Zeitl. Auflsg	Höhe	Inklination °
NOAA - AVHRR	1100 m	R/NIR/3 x TIR [5]	6 h	833 km	98,7
Modis	250 m – 1000 m	[36]		705 km	
Landsat TM/ETM	30 m (ETM: 15 m PAN)	B/G/R/NIR/SWIR/TIR/SWIR/ [7] (ETM: PAN [8])	16 d	705 km	98,2
Spot	20 m / 10 m (PAN)	G/R/NIR/SWIR/PAN [5]	1 – 4 d (Schwenkbar)	822 km	98,7
Quickbird	0,61 m			400 km	



6.7. sad

