

SENSOR

Ein Simulationspaket für die Fernerkundung

A. Börner, RM-OS, 12. Juni 2007



Inhalt

- Motivation
- SENSOR-Konzept
- Simulation
 - Geometrie
 - Radiometrie
 - Sensorik
- Resultate
- Zusammenfassung



Motivation

- Komplexe wissenschaftliche und/oder kommerzielle Aufgaben in der Fernerkundung
- Bewertung, Optimierung, Anpassung von ...
 - Systemdesign (z.B. Position und Breite spektraler Bänder, ...)
 - Auswertelgorithmen (z.B. hinsichtlich Geschwindigkeit, ...)
 - Beobachtungsbedingungen (z.B. Orbit, Blickrichtung, ...)
- Genauigkeits- und Fehlerabschätzungen (Was können wir erwarten?)
- Aufwand-Nutzen-Verhältnis (Einfluss von „low-budget“-Lösungen)
- Zwei herkömmliche Ansätze:
 - einfache physikalische Modelle für simple I/O-Beziehungen (z.B. Blende vs. SNR)
 - Testaufbauten (z.B. elektronischer vs. mechanischer Shutter)



Motivation (II)

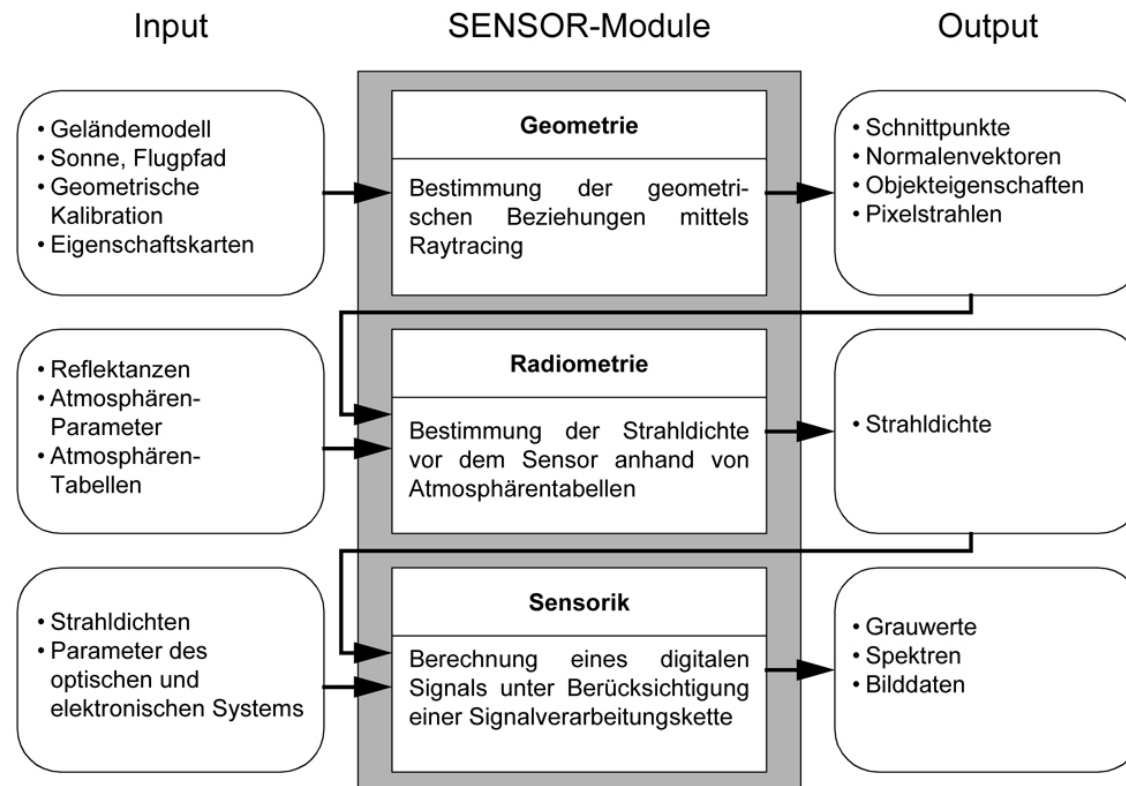
- Beide Lösungen nicht anwendbar für komplexe Aufgaben (Mangel an Ressourcen)
- Dritte Möglichkeit: Software-Simulation
- Modellierung des Gesamtsystems inkl. Strahlungsquelle, Atmosphäre, Objekt und Sensorik in einem konsistenten, Physik-basierten End-to-End Simulators
- Geschichte:
 - DLR: WAOSS (Stereozeilenscanner für Mars94/96 Mission)
 - Universität Zürich: APEX (abbildendes Spektrometer, 400 ... 2500 nm, ca. 300 Bänder)



SENSOR-Konzept (I)

- SENSOR: **S**oftware **EN**vironment for the **S**imulation of **O**ptical **R**emote sensing systems
- Simulation einer großen Zahl optoelektronischer Systeme (panchromatisch → hyperspektral, verschiedene Plattformen, verschiedene Prinzipien, ...)
- Drei Module:
 - Geometrie
 - Radiometrie
 - Sensorik
- Datenverarbeitung muss berücksichtigt werden
- Es ist nicht die Absicht, VR-Daten zu produzieren! Ziel ist die Erzeugung von Bilddaten unter Berücksichtigung relevanter Eigenschaften des Gesamtsystems für spezielle Aufgaben.

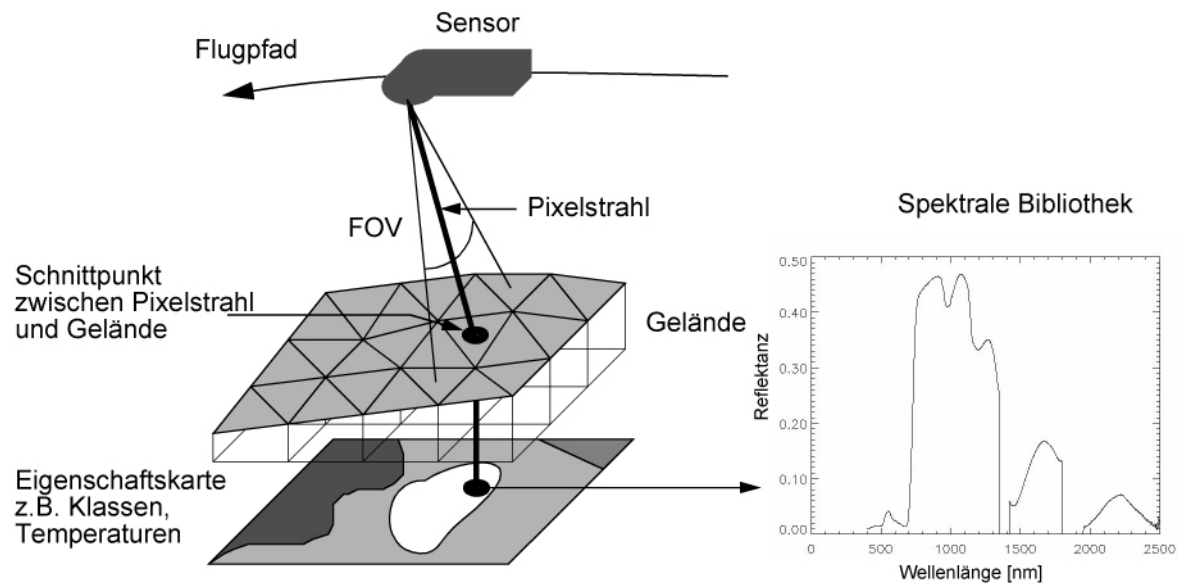
SENSOR-Konzept (II)





Geometrie

- Definition von Pixelstrahlen über Kenntnis der Kalibrations- und Lagedaten
- Raytracing





Radiometrie

- Nutzung von vorberechneten Atmosphärentabellen (MODTRAN4)
- Acht Eingangsparameter:
 - Atmosphärentyp (US standard, ...)
 - Aerosol type (rural, ...)
 - Visibility (23km, ...)
 - Sensorhöhe(10km, ...)
 - Oberflächenhöhe (100m, ...)
 - Sonnenzenitwinkel (50°, ...)
 - Blickzenitwinkel (180°, ...)
 - Relativer Azimutwinkel (0°, ...)
- Skript zur Erzeugung der Tabellen (Wellenlängenbereich von 400...2500nm)



Sensorik

- Beschreibung der wesentlichen Eigenschaften der optischen und elektronischen Systemkomponenten
- Grundgleichungen:

- Anzahl der Photonen
- Photonenrauschen
- Elektronisches Rauschen
- Anzahl der Elektronen
- AD-Wandlung
- Quantisierungsrauschen
- Systemrauschen
- System-MTF

$$n_p = A_e \Omega t_{int} \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} R_0(\lambda) \frac{\lambda}{h c} L(\lambda) d\lambda$$

$$n_{np} = P(\sqrt{n_p}, \sqrt{n_p})$$

$$n_{ne} = N(0, \sigma_{electronic})$$

$$n_e = (n_p + n_{np}) \eta + n_{ne}$$

$$G = \frac{n_e}{n_{sat}} (2^p - 1)$$

$$n_{na} = U(0, \sigma_{ADC})$$

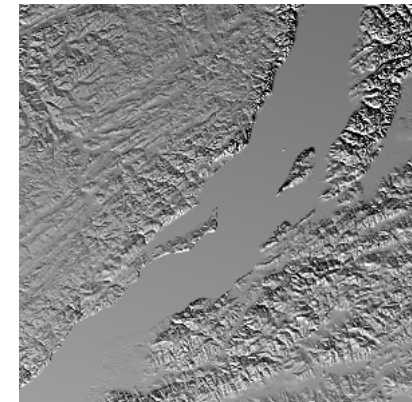
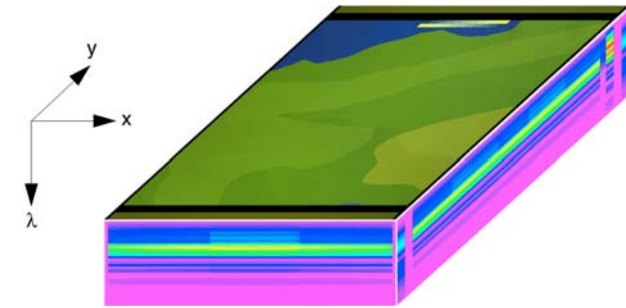
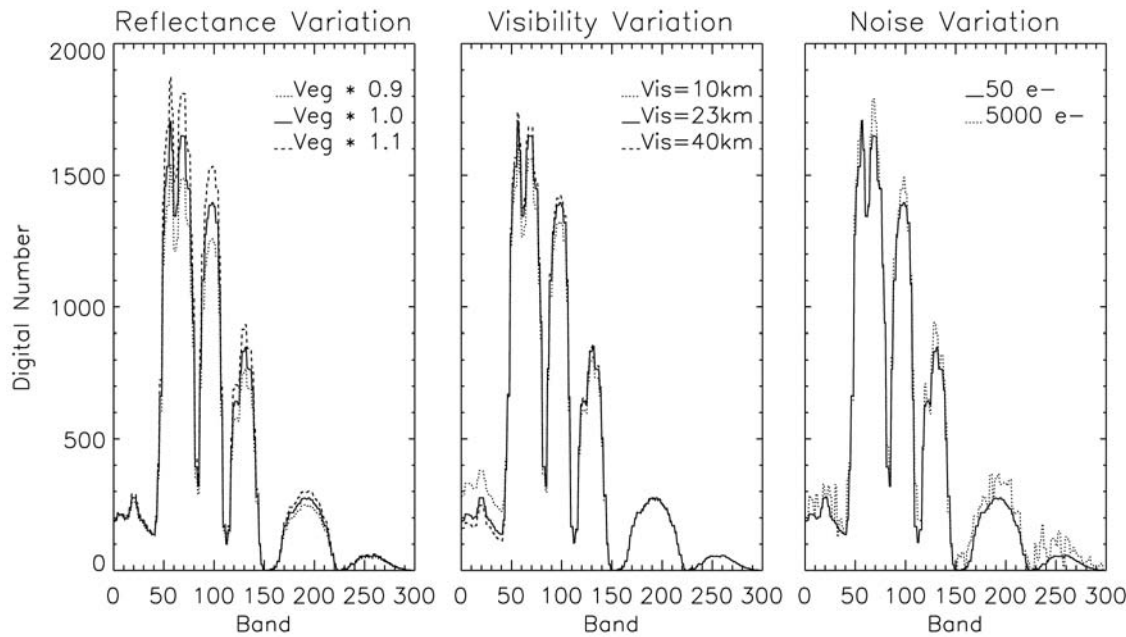
$$\sigma_{noise} = \sqrt{\sigma_{photon}^2 + \sigma_{electronic}^2 + \sigma_{ADC}^2}$$

$$\sigma_{MTF} = \sqrt{\sigma_{optic}^2 + \sigma_{filter}^2 + \sigma_{pixel}^2 + \sigma_{blur}^2}$$



Resultate (I)

Synthetischer APEX-Bildwürfel

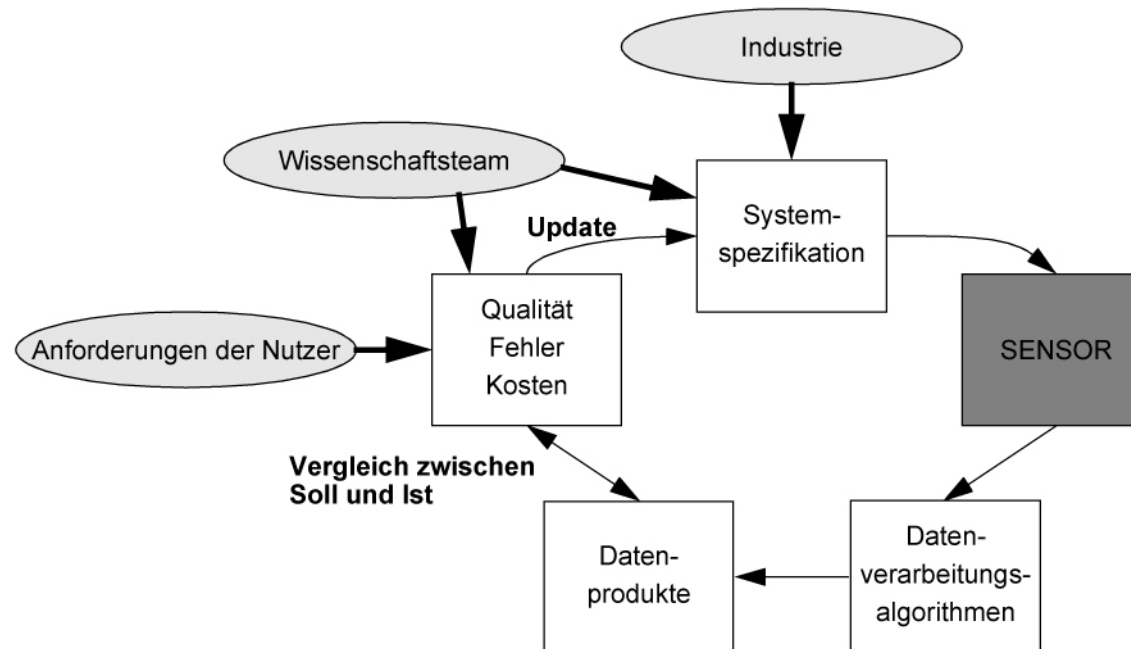


Beispiele für den Einfluss verschiedener Inputparameter auf die Daten eines Abbildenden Spektrometers

Simulierte BIRD-Daten

Resultate (II)

➤ Optimierungsprozess





Zusammenfassung

➤ SENSOR

- basiert auf konsistenten, physikalischen Modellen
- anwendbar für eine große Zahl opto-elektronischer Fernerkundungssensoren (luftgestützt → weltraumgestützt, panchromatisch → hyperspektral, Einzeldetektor → Zeilensensor → Matrixsensor)

➤ Beispiele:

- Optimierung des Stereowinkels des Zeilenscanners WAOSS
- Test der APEX-Verarbeitungs- und Kalibrationssoftware
- Auswahl der Farbkanäle der ADS40
- Bewertung der Lagedaten des BIRD-Kleinsatelliten