

# Datenfusion von TerraSAR-X und RapidEye Daten für Forstanwendungen – Konzepte und Ideen

**Prof. Stefan Hinz**

Photogrammetrie und Fernerkundung  
Karlsruher Institut für Technologie



Forschungszentrum Karlsruhe  
in der Helmholtz-Gemeinschaft



Universität Karlsruhe (TH)  
Forschungsuniversität • gegründet 1825

# Motivation

## ■ Bisherige Praxis:

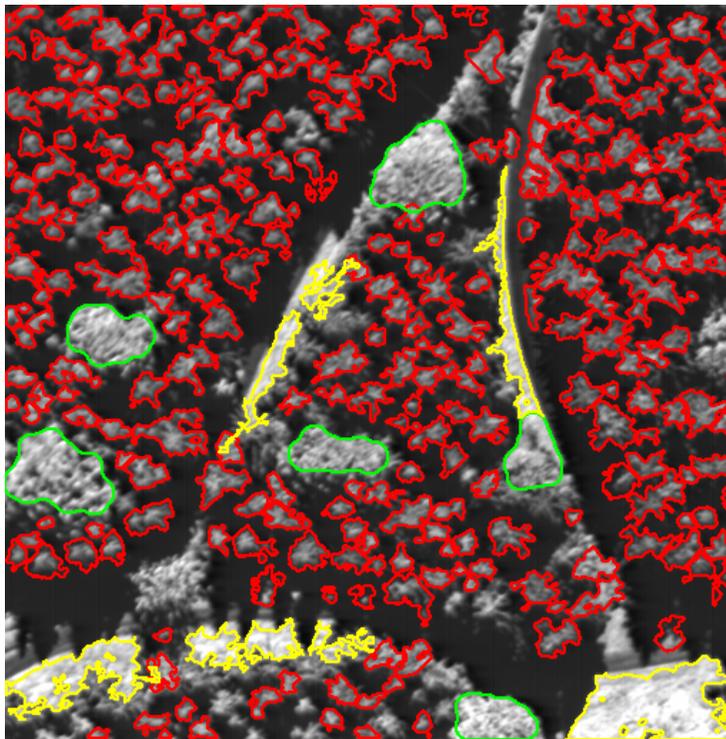
- Stichprobenartige Erfassung von Forstparametern durch Begehungen von Testflächen
- Luftbildinterpretation und –Kartierung
- Regionale Analysen mittels Satellitendaten

## ■ Derzeitige Entwicklungen:

- Automatisierung der Luftbildinterpretation
- Methodische Erweiterungen von Klassifikationsalgorithmen
  - Support Vector Machines, Relevance Vector Machines
  - Conditional Markov Random Fields, Discriminative MRFs
- Full-waveform Laserscanning
- Geometrisch und spektral hochauflösende Satellitendaten

# Beispiele

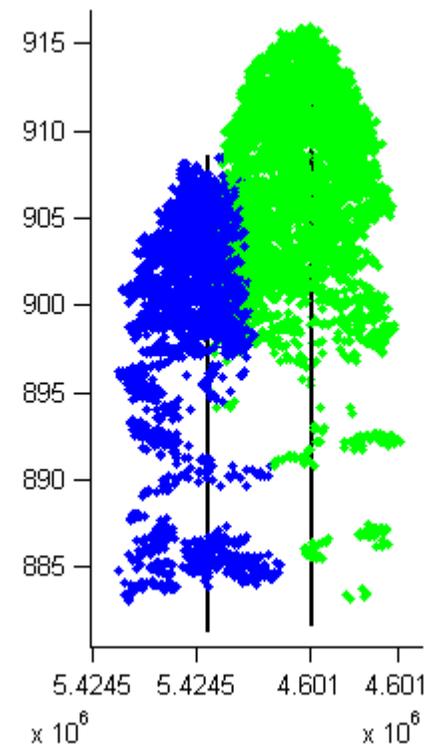
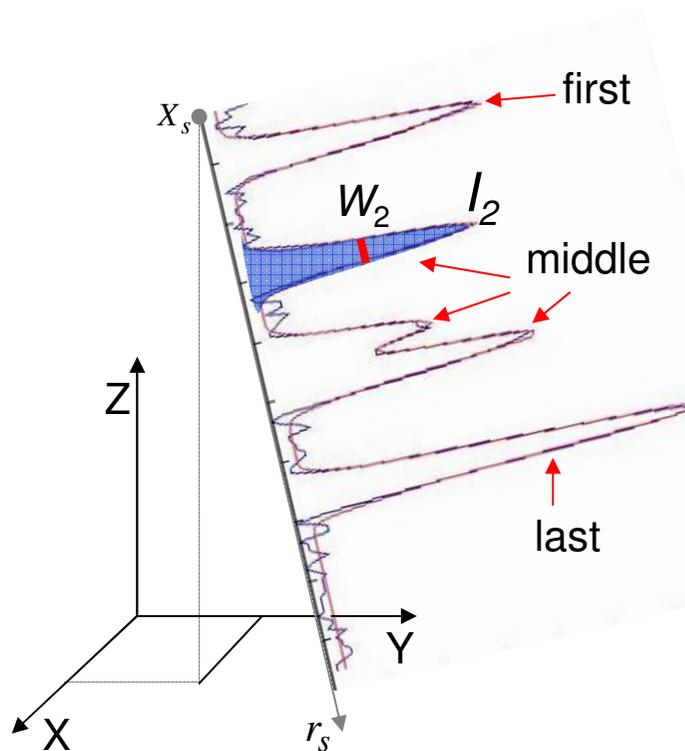
- Einzelbäume aus Luftbildern
  - Texturfilter
  - Höhenmodell
  - Formanalyse



# Beispiele

## ■ Baumparameter aus Full-Waveform Laserdaten

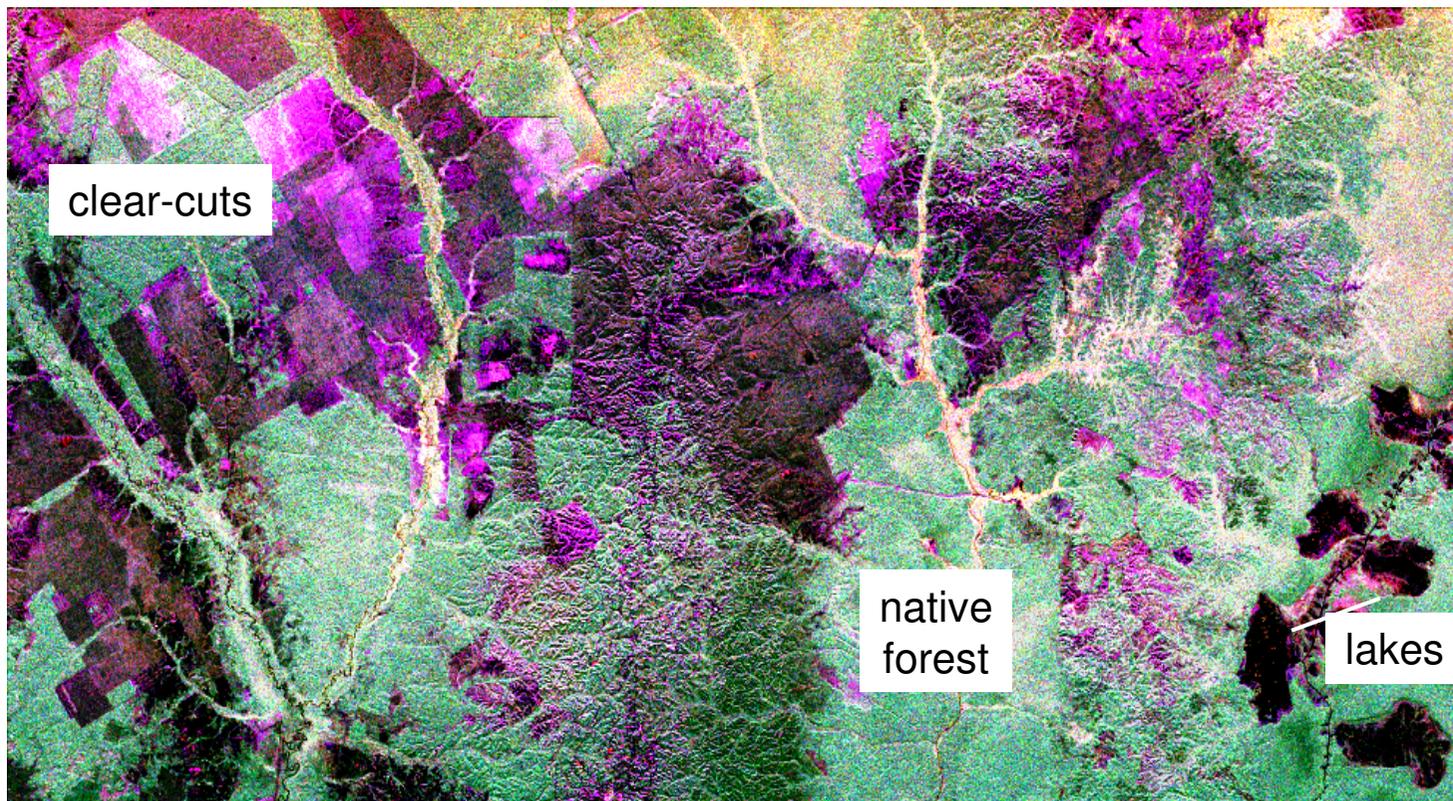
- Stammdetektion
- 3D-Clustering
- Dichteschätzung



Reitberger  
et al. 2008

# Beispiele

- Waldparameter aus polarimetrischem (In-)SAR
  - Physikalisches Modell für Rückstreuverhalten
  - Polarimetrische Dekomposition



red = L-HH

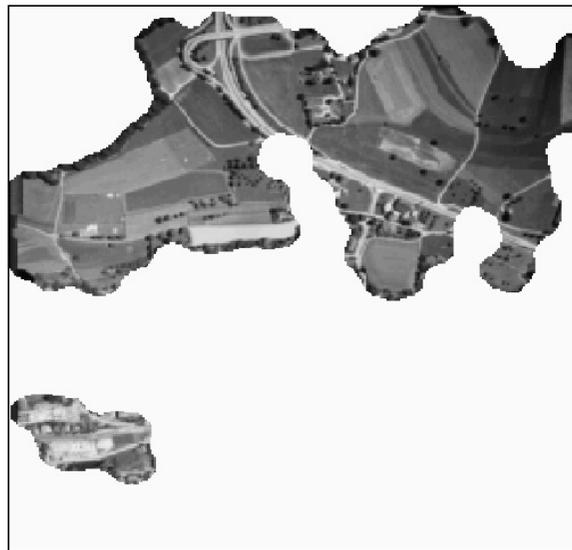
green = L-HV

blue = L-VV

courtesy of JPL

# Beispiele

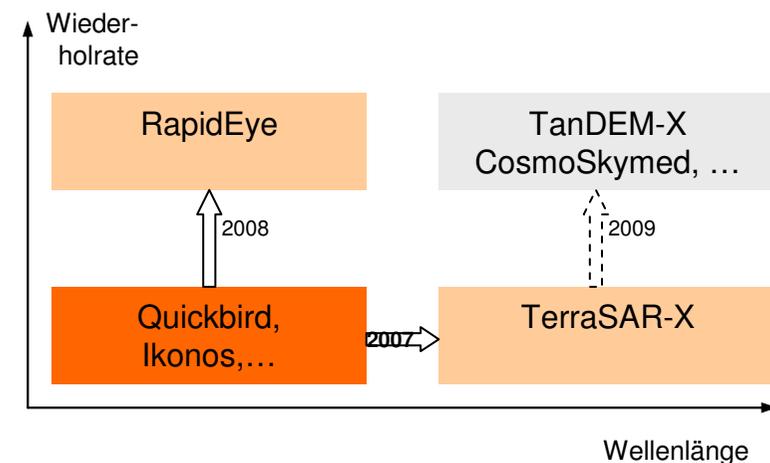
- **Waldparameter aus polarimetrischem (In-)SAR**
  - **Physikalisches Modell für Rückstreuverhalten**
  - **Polarimetrische Dekomposition**
  - **Klassifikation von “Kontextgebieten”**



# Nutzung von Satellitendaten

- Kostengünstiger für langfristiges Monitoring
- für kurzfristige großräumige Analysen schneller verfügbar
- Hohe Auflösung inzwischen verfügbar
  - spektral: z.B. 5 Kanäle (RapidEye)
  - polarimetrisch: quad-pol (TerraSAR-X)
  - geometrisch: 1m und besser

=> Entwicklung geeigneter Fusionsmethoden nötig

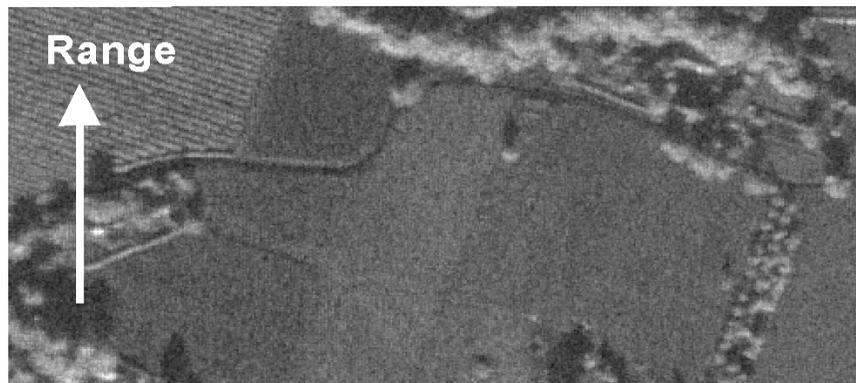


# RapidEye und TerraSAR-X Daten

- **Konzept: Fusion basierend auf strukturellen Merkmalen**  
(bedingt nur für Einzelbäume gültig)
  
- **Informationen aus geometrischen Parametern:**
  - Höhen von Waldrändern
  - Abgrenzung von Sturmwurfflächen, Schädlingsbefall, etc.
  - Ausdehnung verschiedener Bestandsarten
  
- **Informationen aus radiometrischen Parametern**
  - Bestandsdichten, -volumina
  - Durchschnittliche Waldhöhen

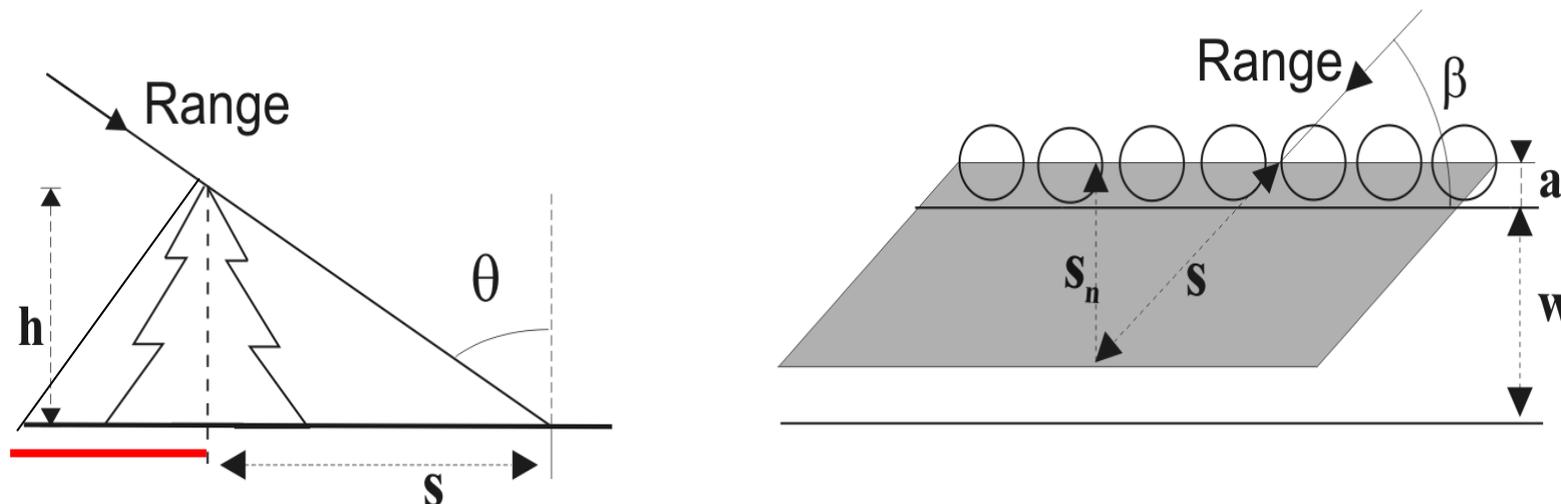
# Geometrische Parameter

- Beispiel: Waldrandhöhen aus Radar-Layoverbereich
  - Differentialgeometrische Linienextraktion:
    - Linienmittelachsen
    - Linienbreiten
- => Höhenschätzung in Abhängigkeit des Aspektwinkels



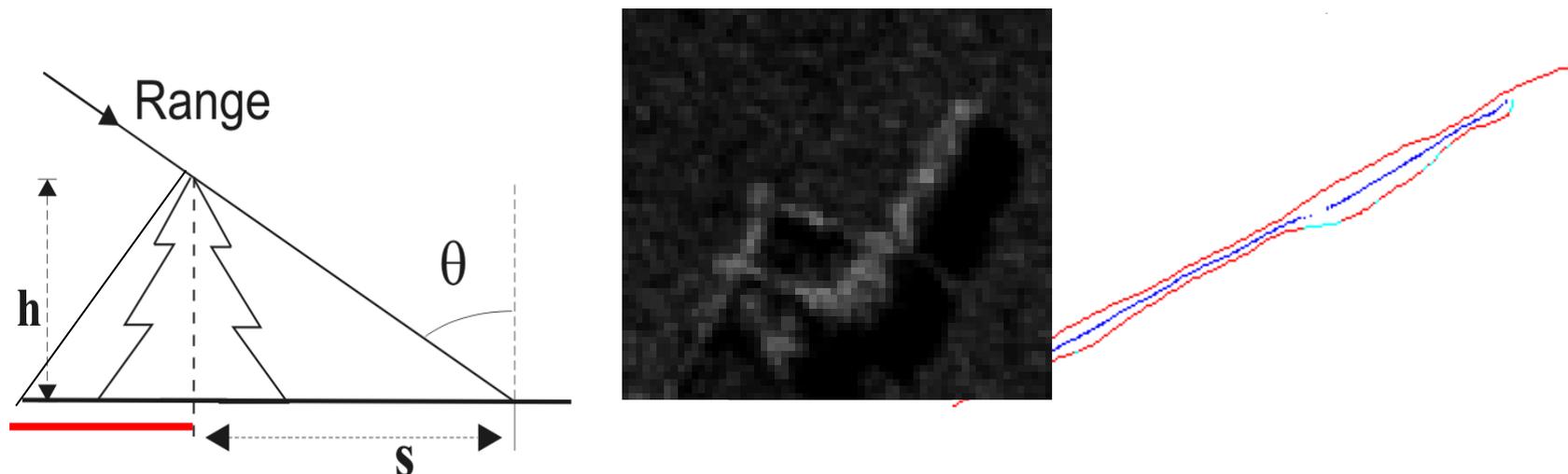
# Geometrische Parameter

- Beispiel: Waldrandhöhen aus Radar-Layoverbereich
  - Differentialgeometrische Linienextraktion:
    - Linienmittelachsen
    - Linienbreiten
- => Höhenschätzung in Abhängigkeit des Aspektwinkels



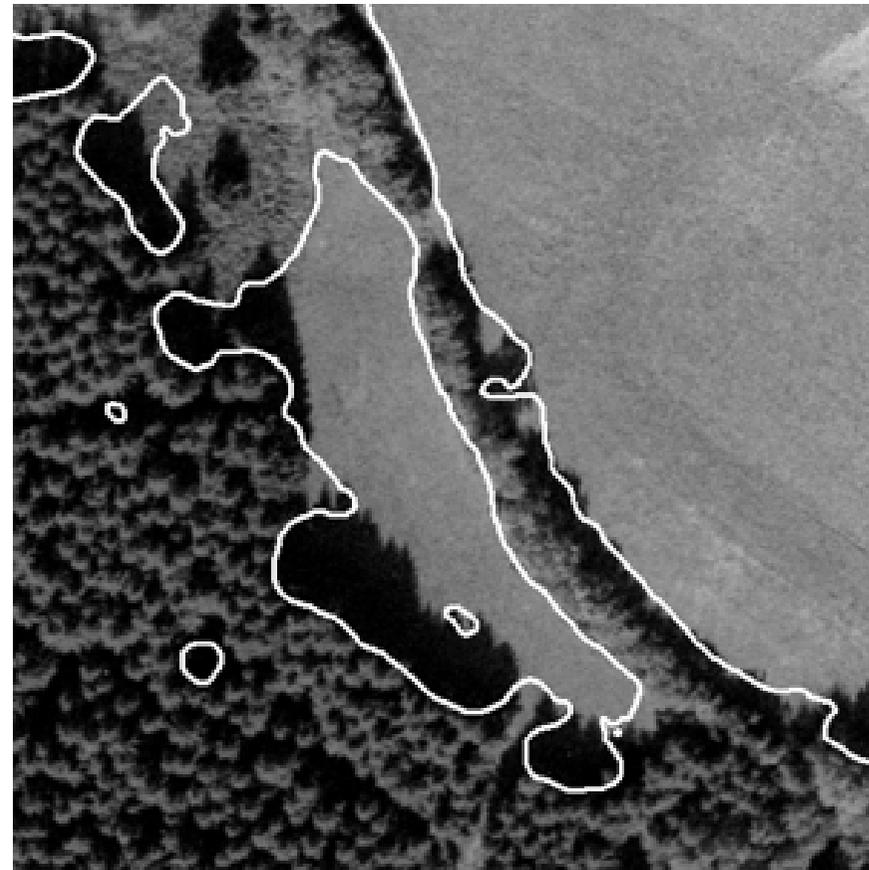
# Geometrische Parameter

- Beispiel: Waldrandhöhen aus Radar-Layoverbereich
  - Differentialgeometrische Linienextraktion:
    - Linienmittelachsen
    - Linienbreiten
- => Höhenschätzung in Abhängigkeit des Aspektwinkels



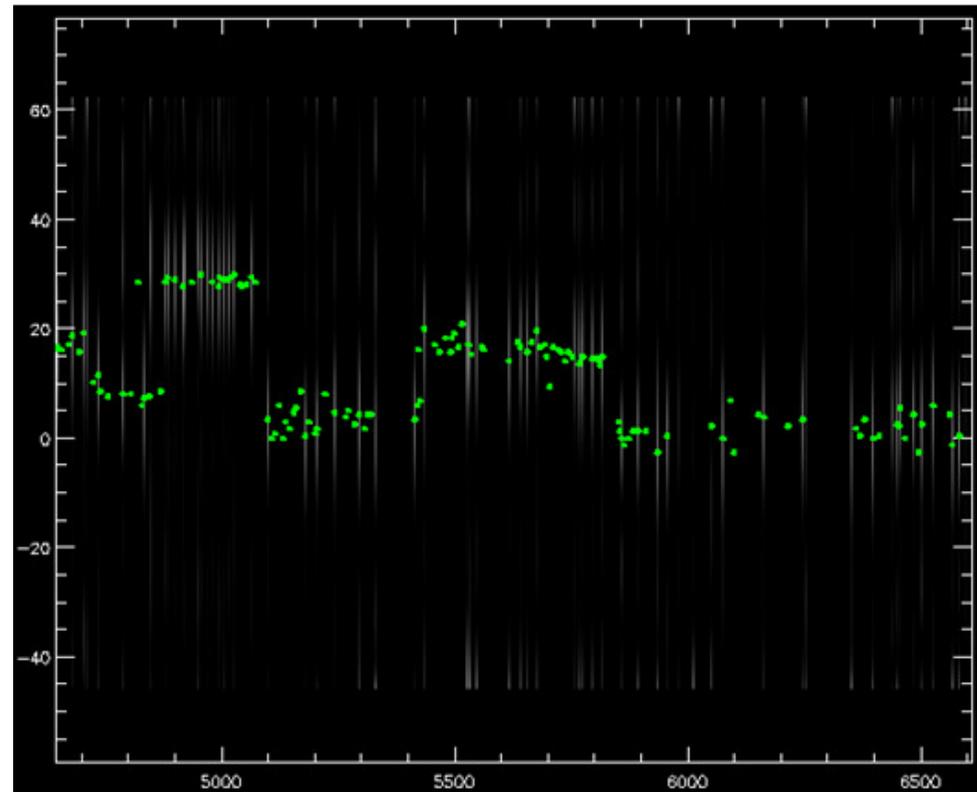
# Geometrische Parameter

- Beispiel: Lichtungen aus optischen Daten
- Texturanalyse:
  - Gaborfilter
  - Detektion von Texturanomalien



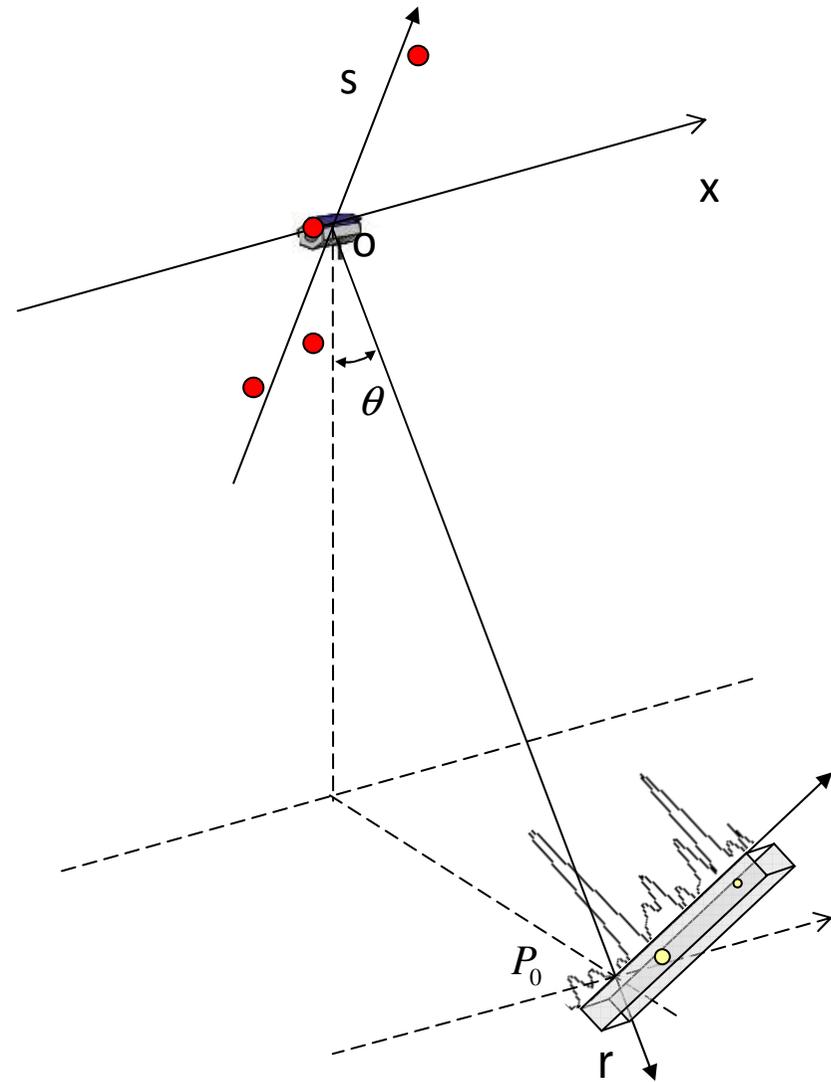
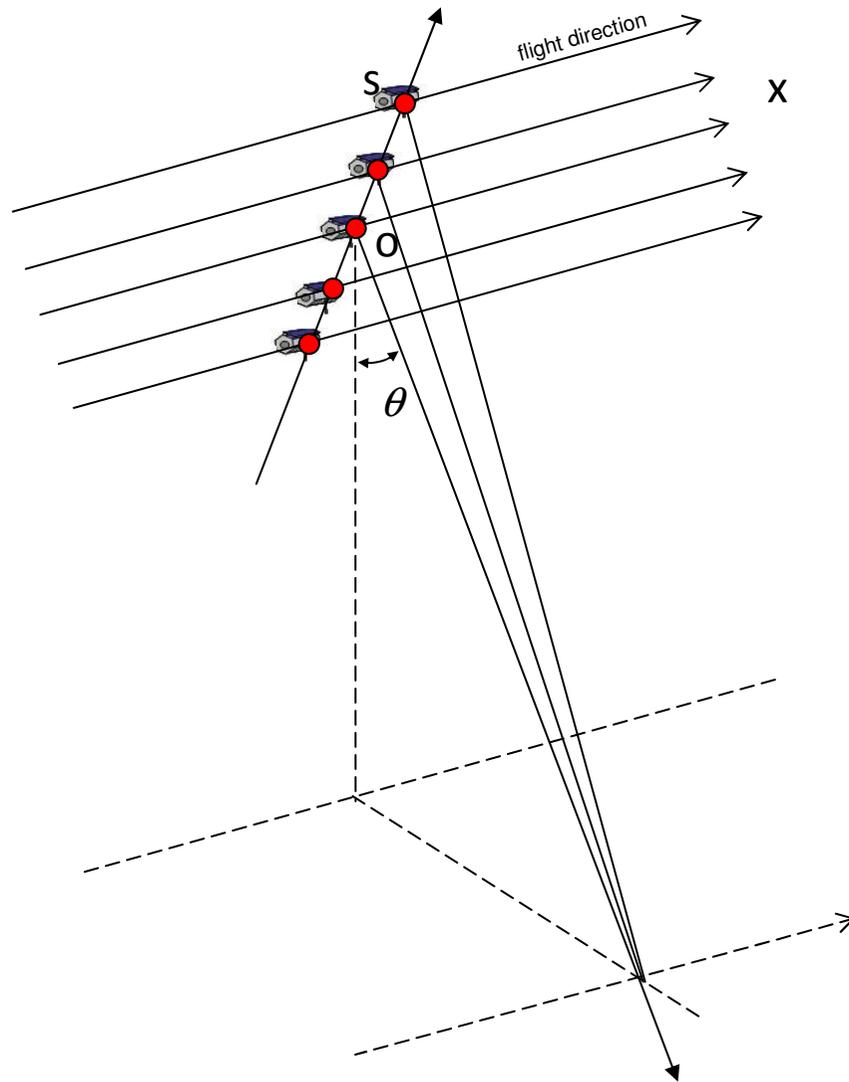
# Radiometrische Parameter

- Polarimetrie (monotemporal), SAR-Tomographie (multitemporal, eher L-Band):



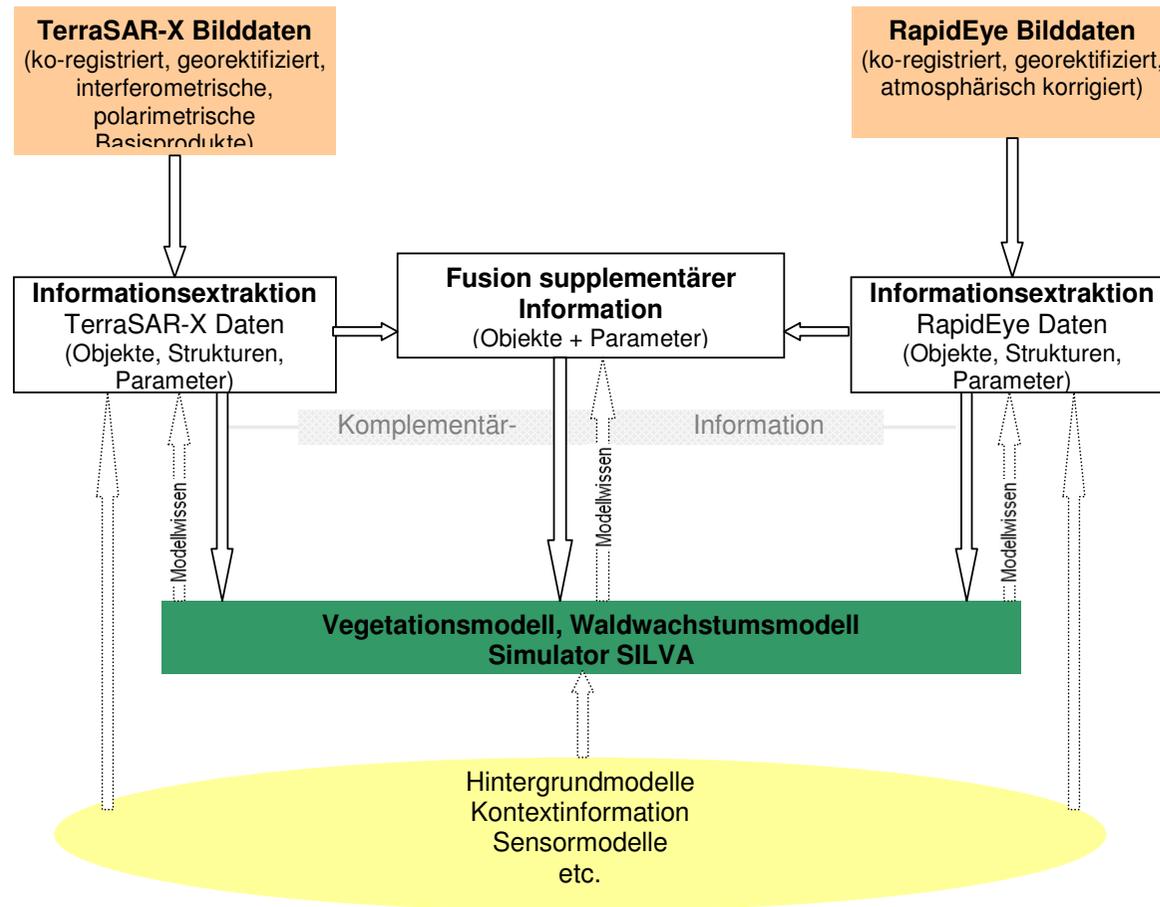
Zhu et al. 2008

# SAR-Tomographie



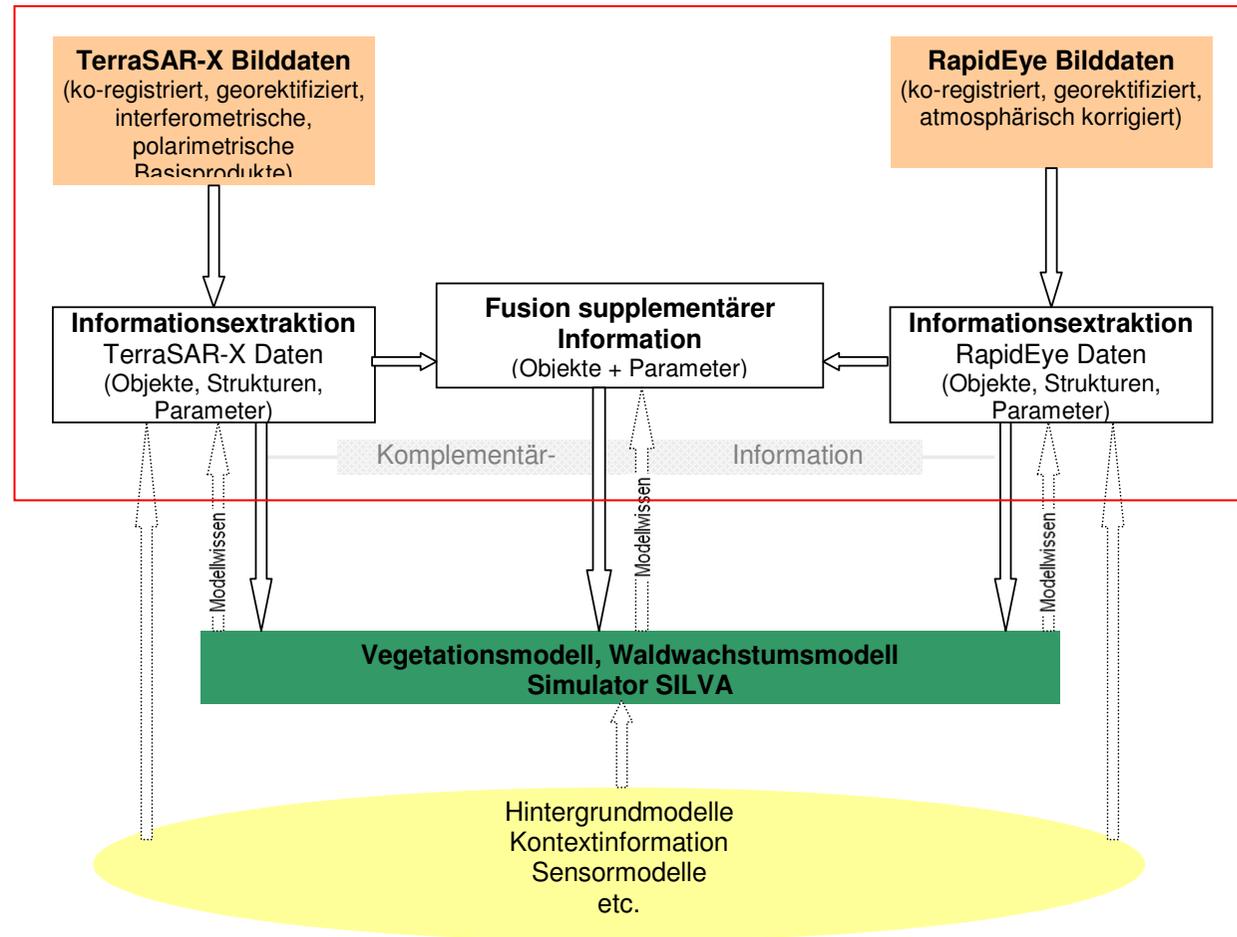
# Fusionskonzept

## ■ Schematisch:



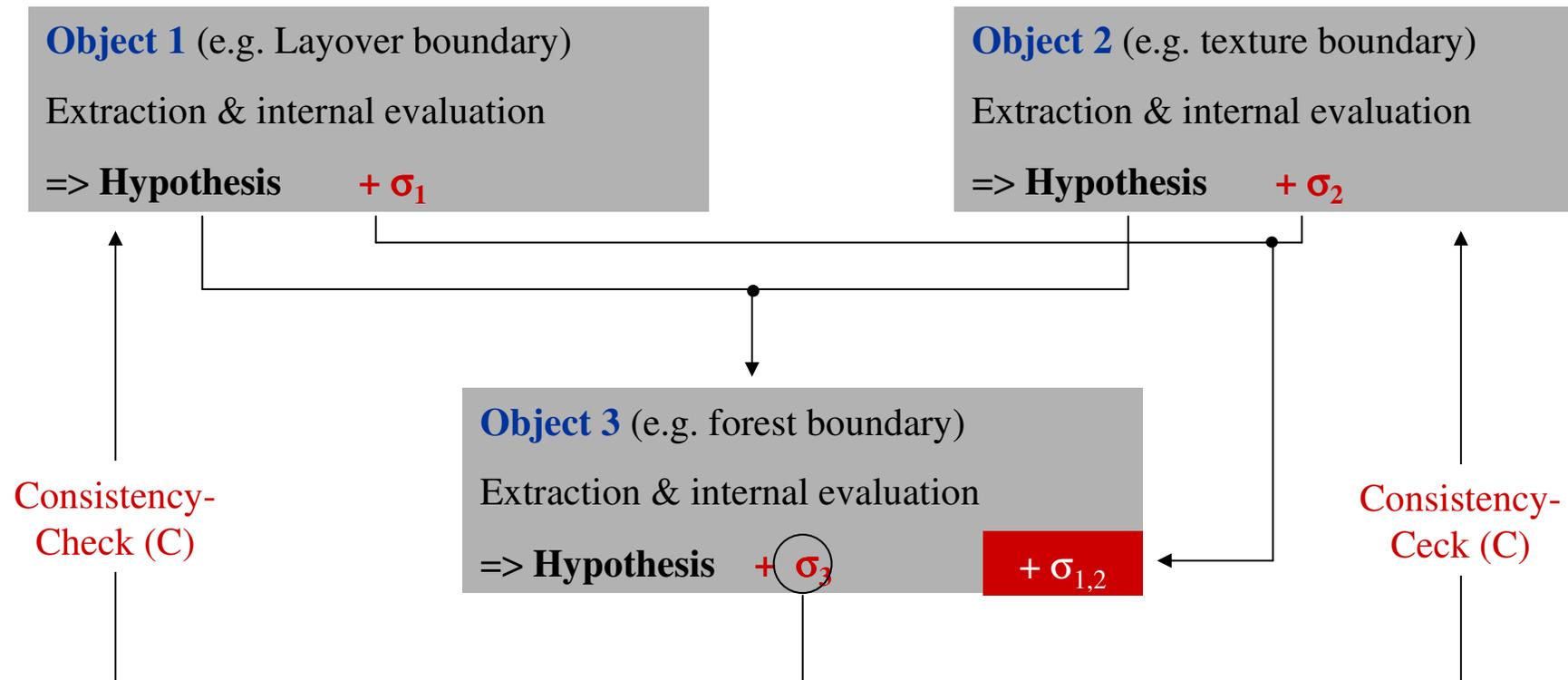
# Fusionskonzept

## ■ Schematisch:



# Fusionskonzept

## ■ Hierarchische Aggregation von Teil-Objekten:



Types of evaluation:

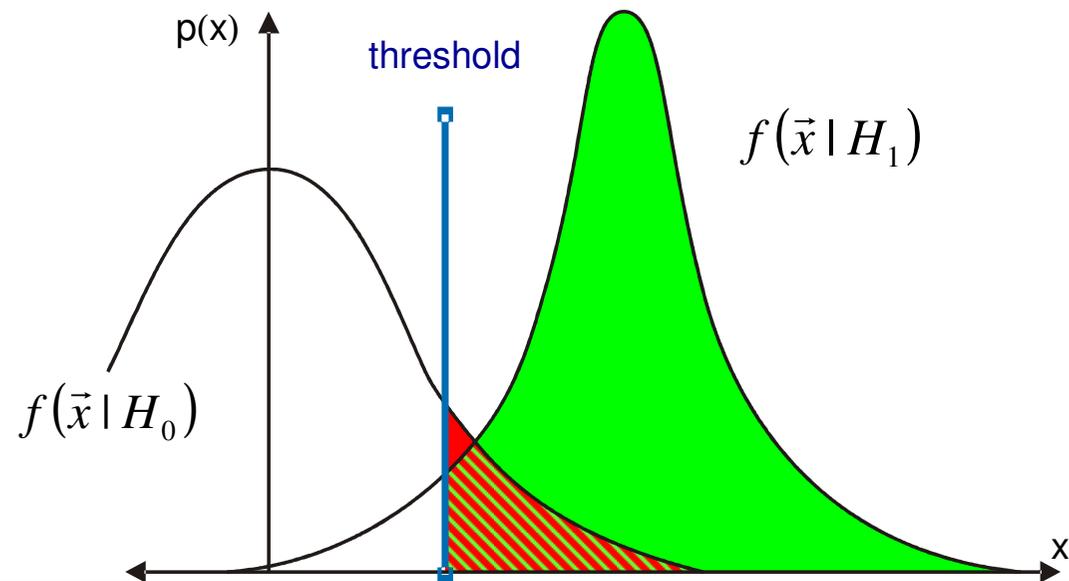
- a) autonomous evaluation ( $\sigma_i$ )
- b) bottom- up evaluation ( $\sigma_{i,j}$ )
- c) top-down evaluation (C)

# Relevanz von Alternativ-Hypothesen

- Hypotheses:
  - $H_0$  : Object parts belong to same object (incl. noise)
  - $H_1$  : Object parts belong to different objects (incl. noise)
- Requirement for hypothesis testing of extracted objects or parameters  $x$ :

Probability density functions  $f(\vec{x} | H_0)$  and  $f(\vec{x} | H_1)$

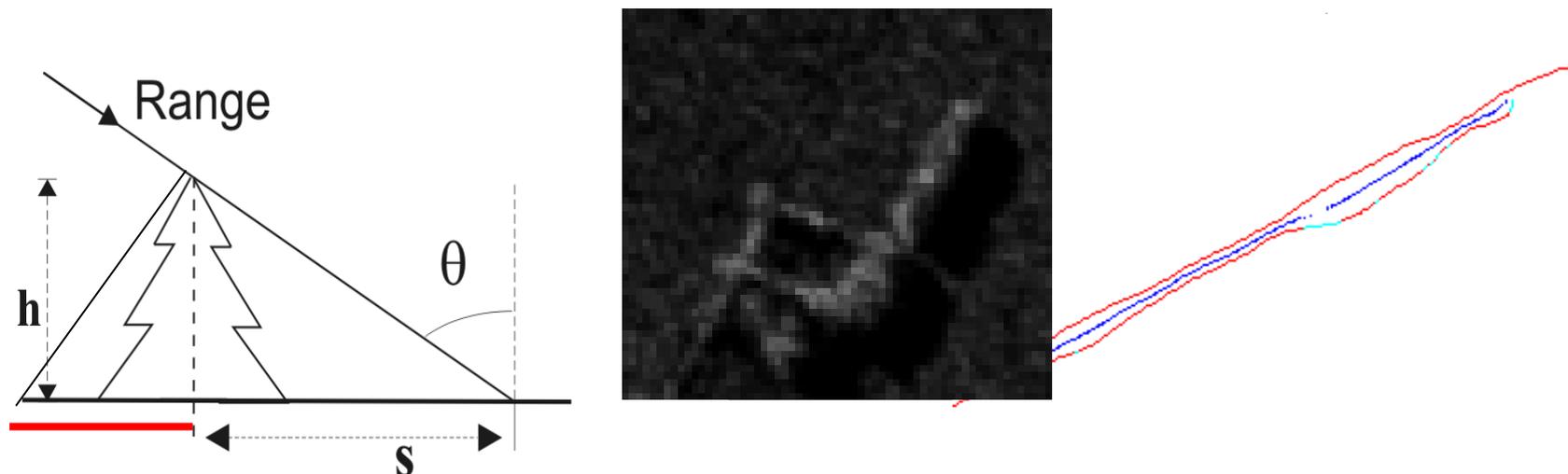
=> Application of test statistics



# Generierung der Wahrscheinlichkeitsdichten

- Trainingsdaten
- Numerische Simulationen  
(analog Lepetit-Operator in Merkmalszuordnung)

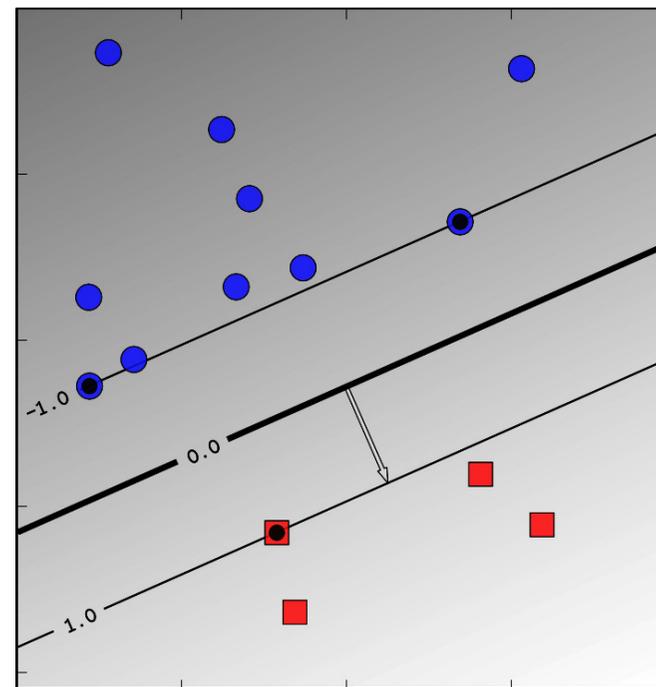
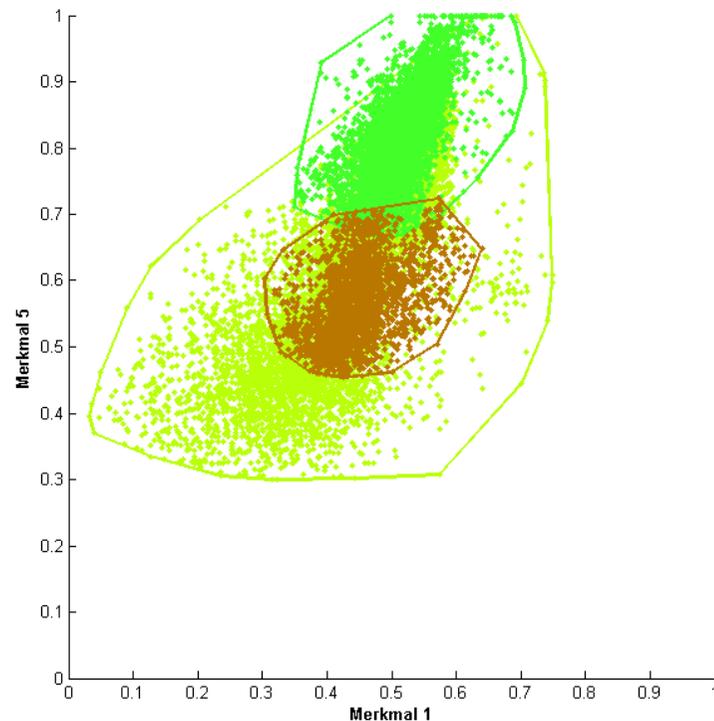
**Beispiel: Aussagekraft von Layover-Linien bzgl. Aspektwinkel**



# Finale Klassifikation (statistisch)

## ■ Support Vector Machines (SVM)

- Handhabung von hochdimensionalen Merkmalsräumen
- Robust gegen Unsicherheiten in Wahrscheinlichkeitsverteilungen
- “Softe” Trennung von überlappenden Klassen



with a polynomial  
el visualization

created by:  
di Aharoni

# Zusammenfassung

- **Extraktion struktureller Merkmale in multisensoriellen Daten**
- **Integration von Sensor- und Modellwissen zur Ableitung von Hinweisen auf (unterschiedliche) Objektklassen**
- **Hierarchische statistische Fusion inkl. Rückkopplungsmechanismus (“Konsistenz-Checks”)**
- **Finale Klassifikation mittels SVM**

**Vielen Dank für die  
Aufmerksamkeit!**

**Stefan.Hinz@kit.edu**