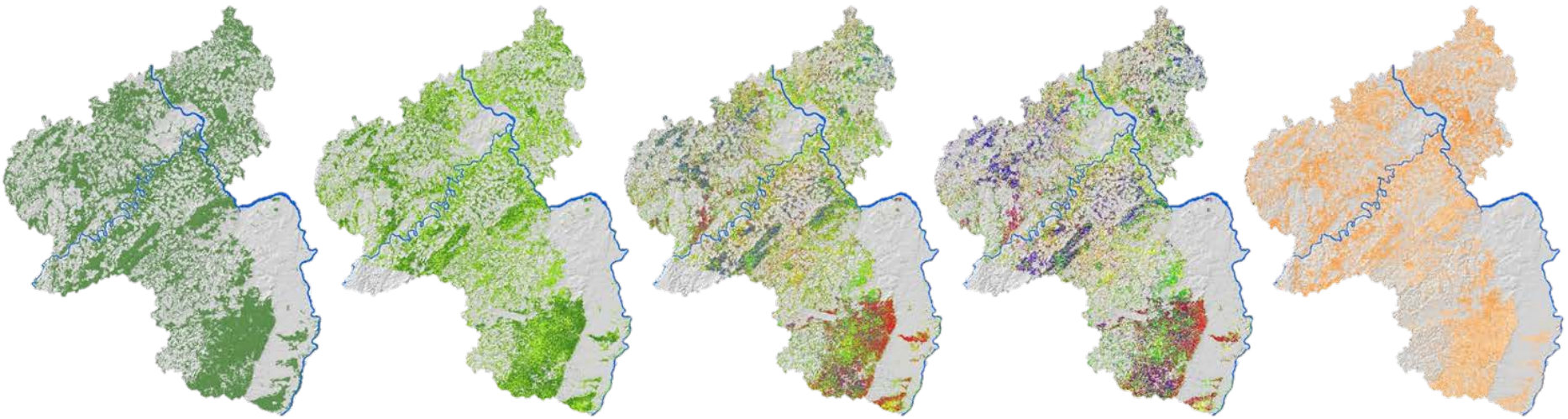
Nationales Forum für Fernerkundung und Copernicus 2015 –
Workshop: Erfolgsgeschichten im Umwelt- und Naturschutzmonitoring



Integration von Satellitendaten in GI-basierte Forstinventur- und Monitoringkonzepte auf Bundeslandebene

Johannes Stoffels, Joachim Hill, Sebastian Mader, Henning Buddenbaum, Oksana Stern, Sascha Nink, Sandra Dotzler, Erik Haß, David Frantz
Universität Trier, Umweltfernerkundung und Geoinformatik

Joachim Langshausen, Jürgen Dietz, Reiner Forstbach, Godehard Ontrup
Landesforsten Rheinland-Pfalz, Zentralstelle der Forstverwaltung, Koblenz

Landesforsten Rheinland-Pfalz

Universität Trier Environmental Remote Sensing & Geoinformatics

Gliederung

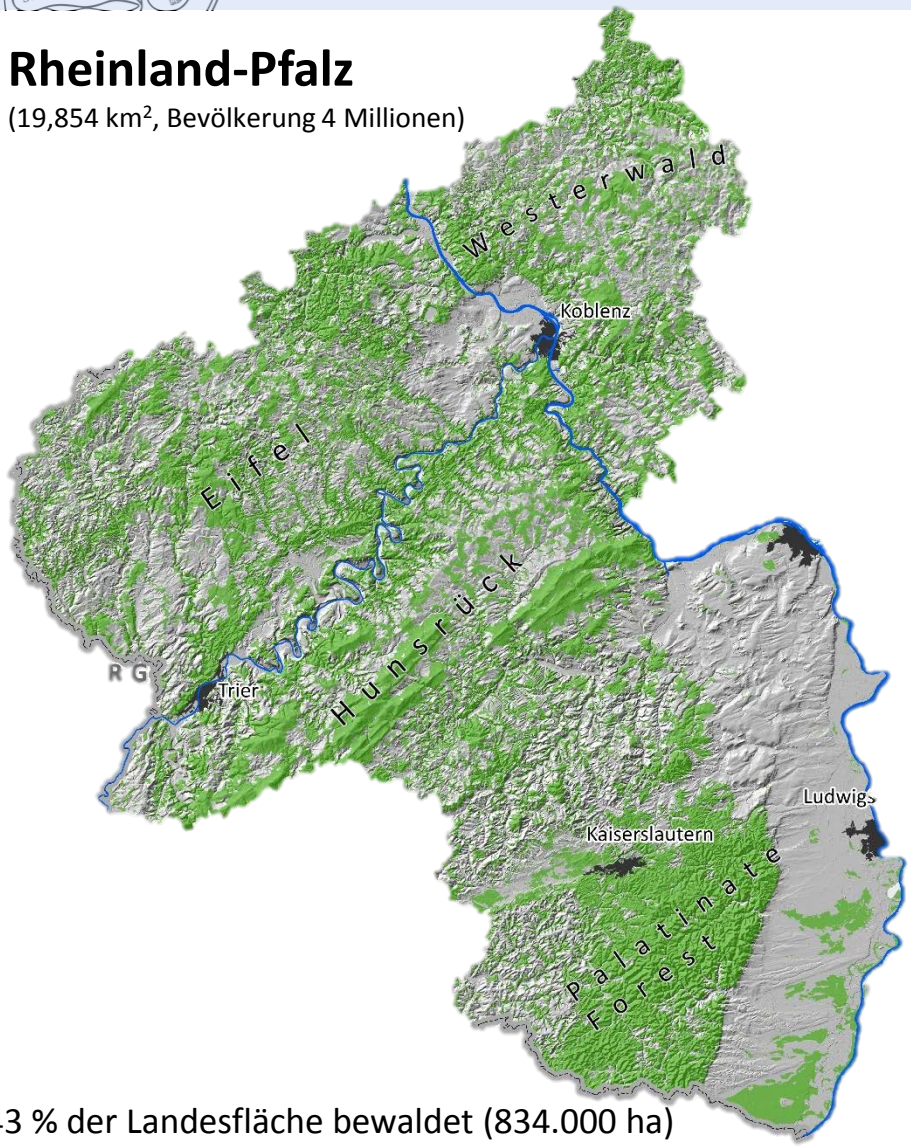
Integration von Satellitendaten in GI-basierte Forstinventur- und Monitoringkonzepte auf Bundeslandebene

- Ausgangslage / Zielsetzung
- Besondere Herausforderungen
- Herangehensweise
- Ergebnisse
- Qualität der Ergebnisse
- Integration in operative Prozesse
- Mehrwert durch Forstinformationsebenen
- Mehrwert durch Copernicus

Ausgangslage / Zielsetzung

Rheinland-Pfalz

(19,854 km², Bevölkerung 4 Millionen)



43 % der Landesfläche bewaldet (834.000 ha)

- Fortschreibung Waldinventur etc.
- Zusätzliche Zukunftsaufgaben in den Bereichen FFH-Monitoring, Nationalpark
- Rückläufiger Personalbestand

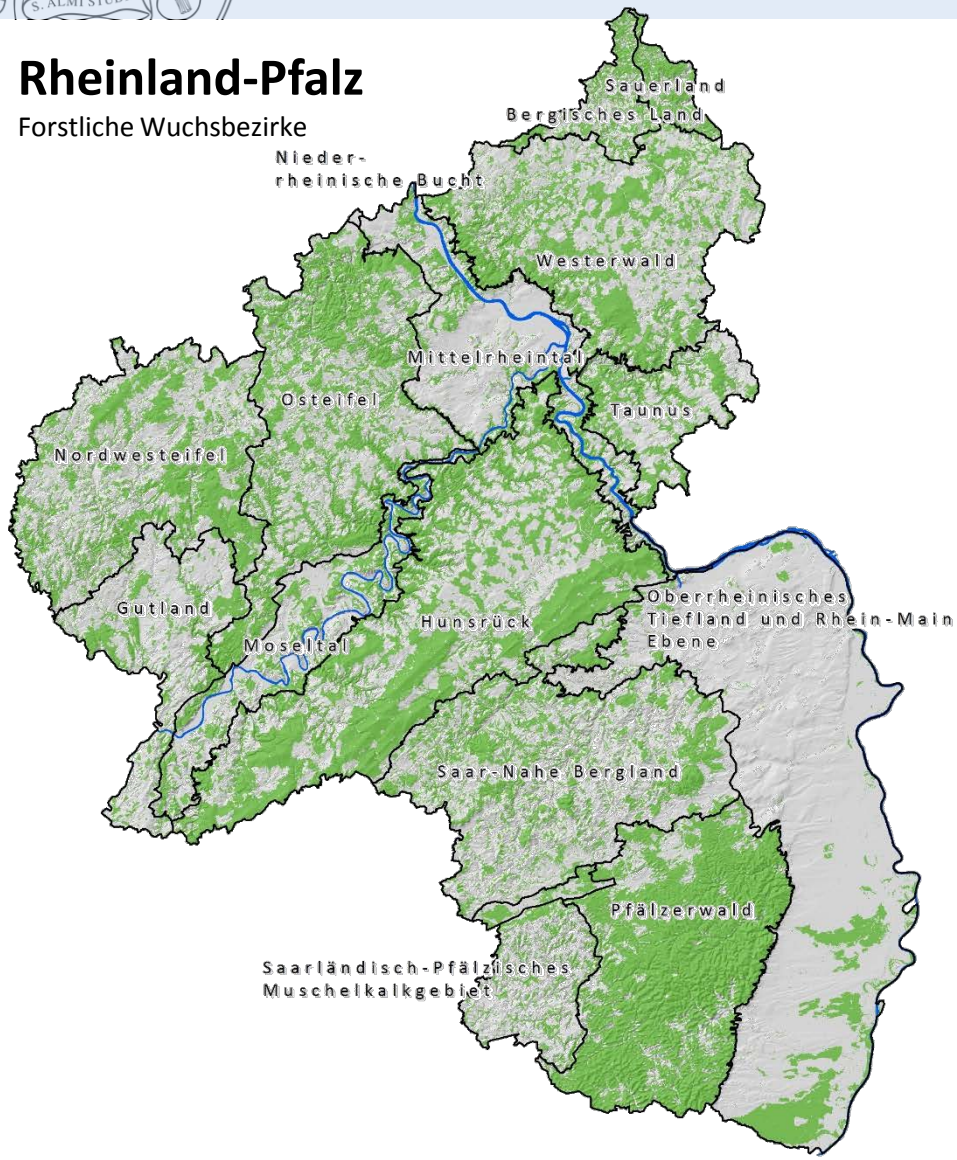
Bedarf an innovativen Erhebungs- und Dokumentationsverfahren für den operativen Einsatz

Ziele

- Integration von aktuellen Satellitenbilddaten (offen für unterschiedlicher Systeme)
- Ableitung von aktuellen, landesweiten Forstinformationsebenen (u.a.: Wichtigste Hauptbaumarten und Entwicklungsphasen)
- Training: Ausschließliche Nutzung von bestehenden Daten / Informationssystemen
- Integration in den operativen Betrieb

Besondere Herausforderung
- **Naturraum**

Rheinland-Pfalz
Forstliche Wuchsbezirke



Große Variabilität der naturräumlichen und wuchsklimatischen Standort-bedingungen

Länge der forstlichen Vegetationszeit
146 Tage → 159 Tage ← 185 Tage

Mittlere Temperatur (Mai-Sep.)
13,6°C → 14,6°C ← 17,0°C

Mittlerer Niederschlag (Mai-Sep.)
18 mm → 343 mm ← 366 mm

Geländehöhe (m ü. NN)
150 → 334 ← 900

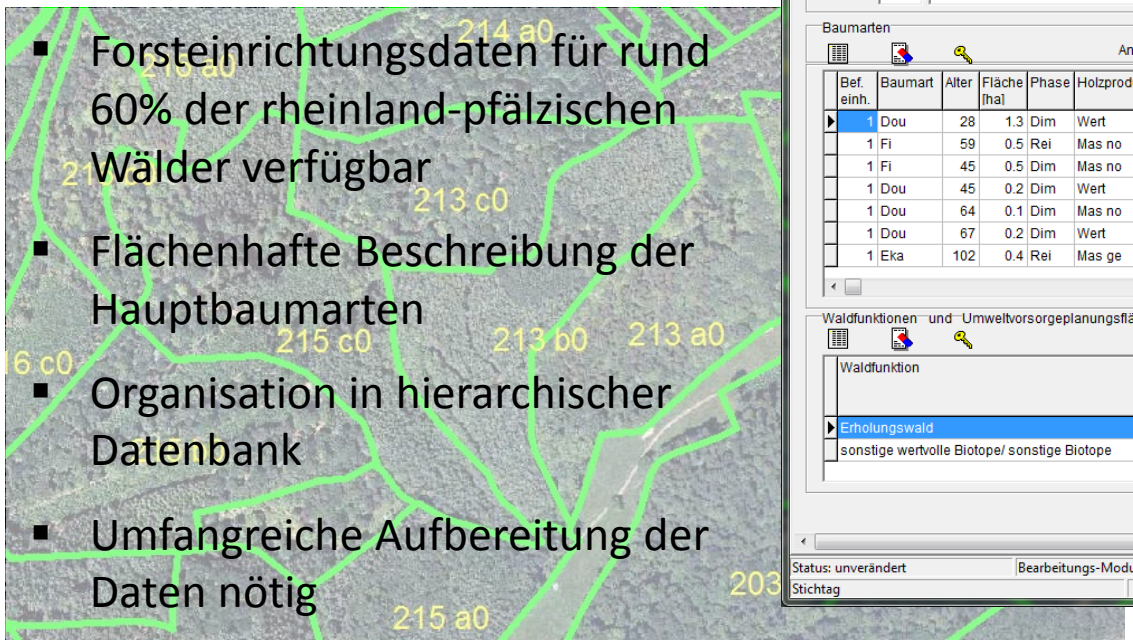
Gauer, J. and E. Aldinger (2005). "Waldökologische Naturräume Deutschlands - Forstliche Wuchsbezirke und Wuchsgebiete."

Besondere Herausforderung
- **Verfügbare Forsteinrichtungsdaten**

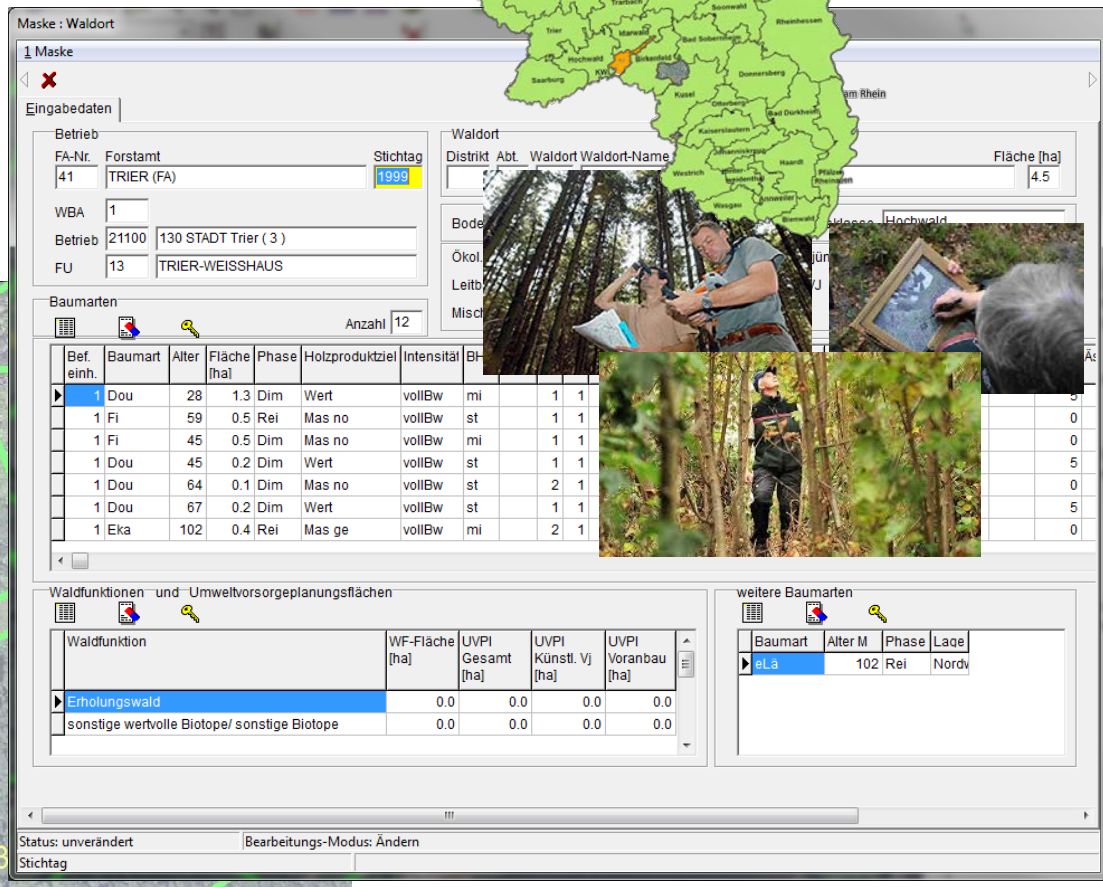
Waldökologisches Forstinformationssystem (WöFIS)

Verknüpfung von Geometrie- und Sachdaten zu

Baumarten, Standorteigenschaften, Waldentwicklungszielen, Besitzverhältnissen, Infrastruktur, ökologischem Wert, …



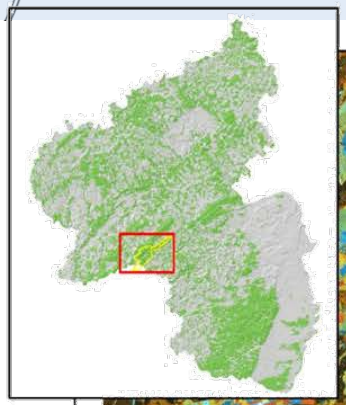
- Forsteinrichtungsdaten für rund 60% der rheinland-pfälzischen Wälder verfügbar
- Flächenhafte Beschreibung der Hauptbaumarten
- Organisation in hierarchischer Datenbank
- Umfangreiche Aufbereitung der Daten nötig

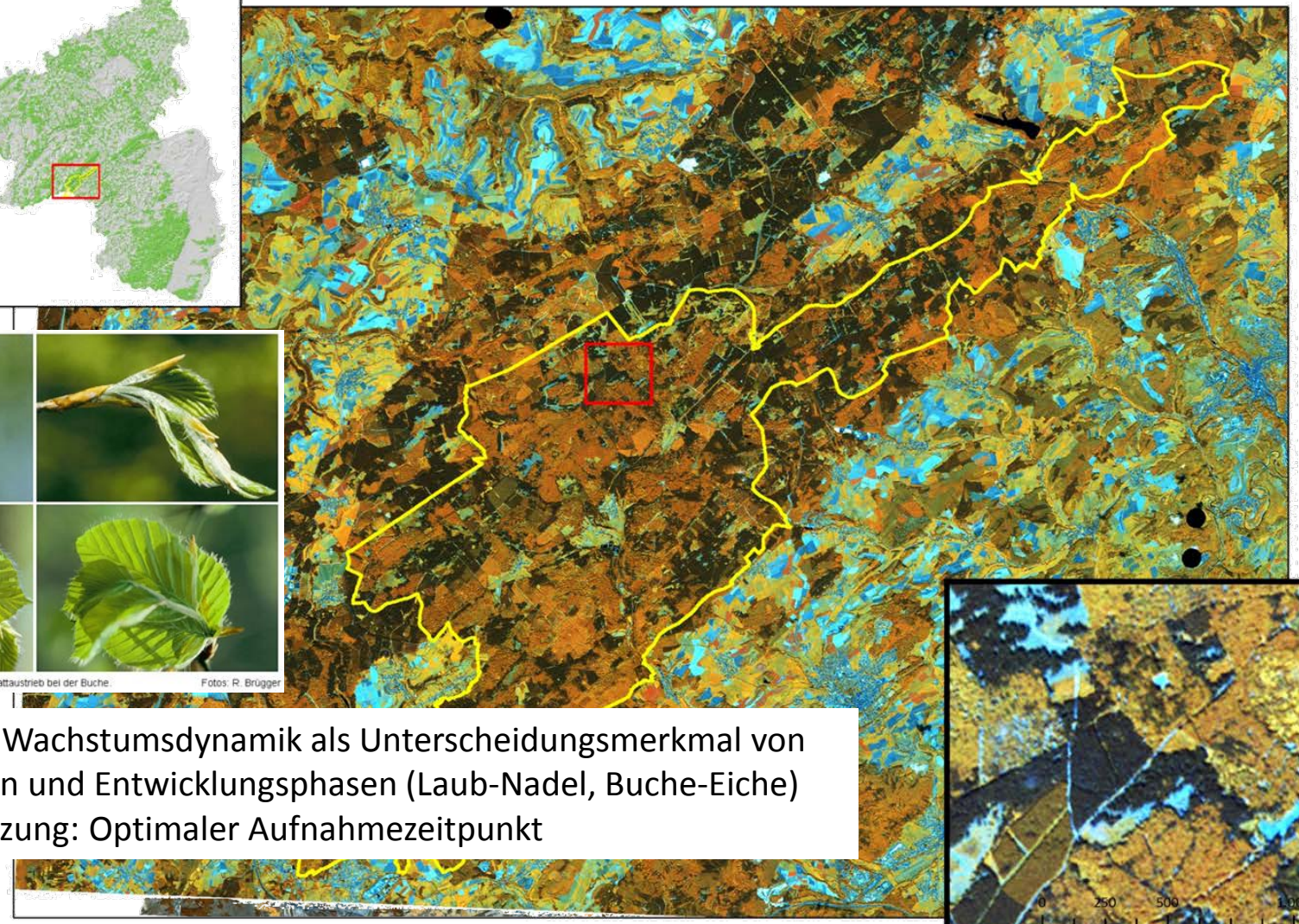


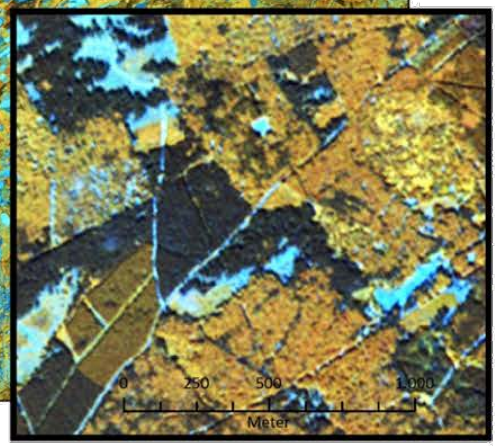
Kombination von Geodaten und relationaler Datenbank

Besondere Herausforderung

- **Unterscheidung von Laubbaumarten**







- Saisonale Wachstumsdynamik als Unterscheidungsmerkmal von Baumarten und Entwicklungsphasen (Laub-Nadel, Buche-Eiche)
- Voraussetzung: Optimaler Aufnahmezeitpunkt

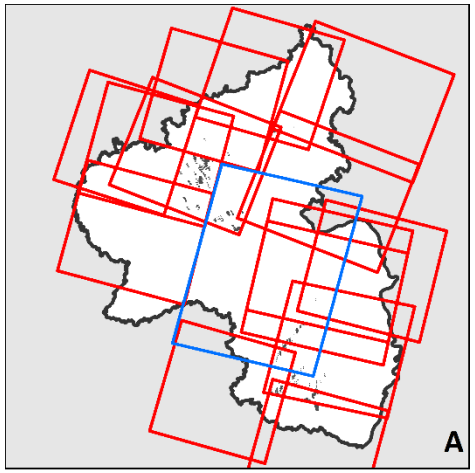
Satellitendaten: RapidEye

Besondere Herausforderung

- **Akquise Satellitendaten**

Aufnahmefenster

Frühjahr



Early-spring acquisition period

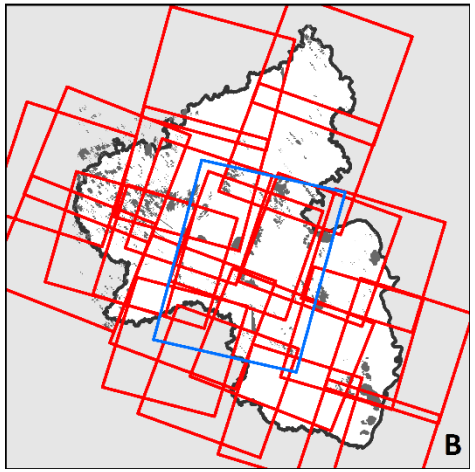
SPOT 5 Scenes

RapidEye Scenes

Total cloud cover

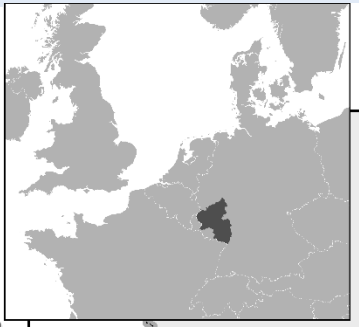
Summer acquisition period

Sommer

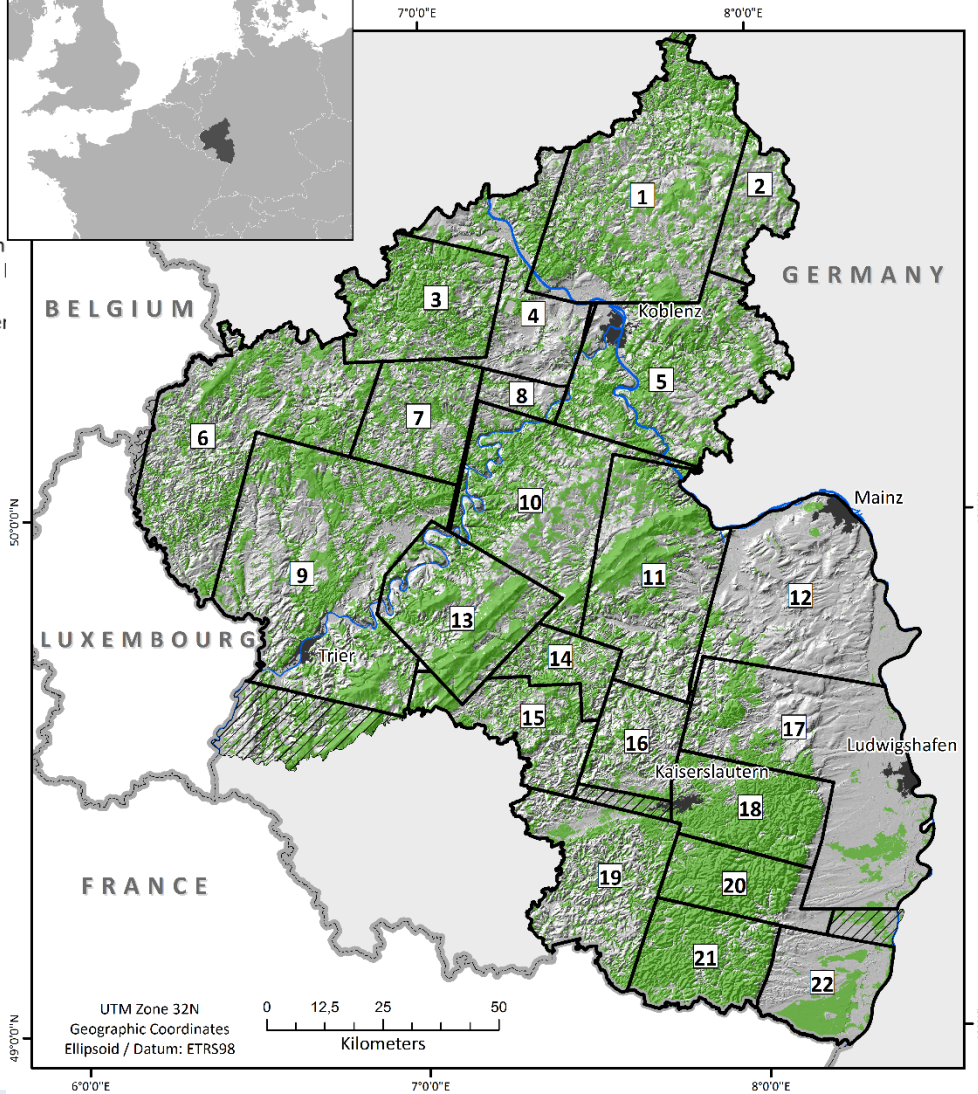


- 36 einzeln
- von 2005

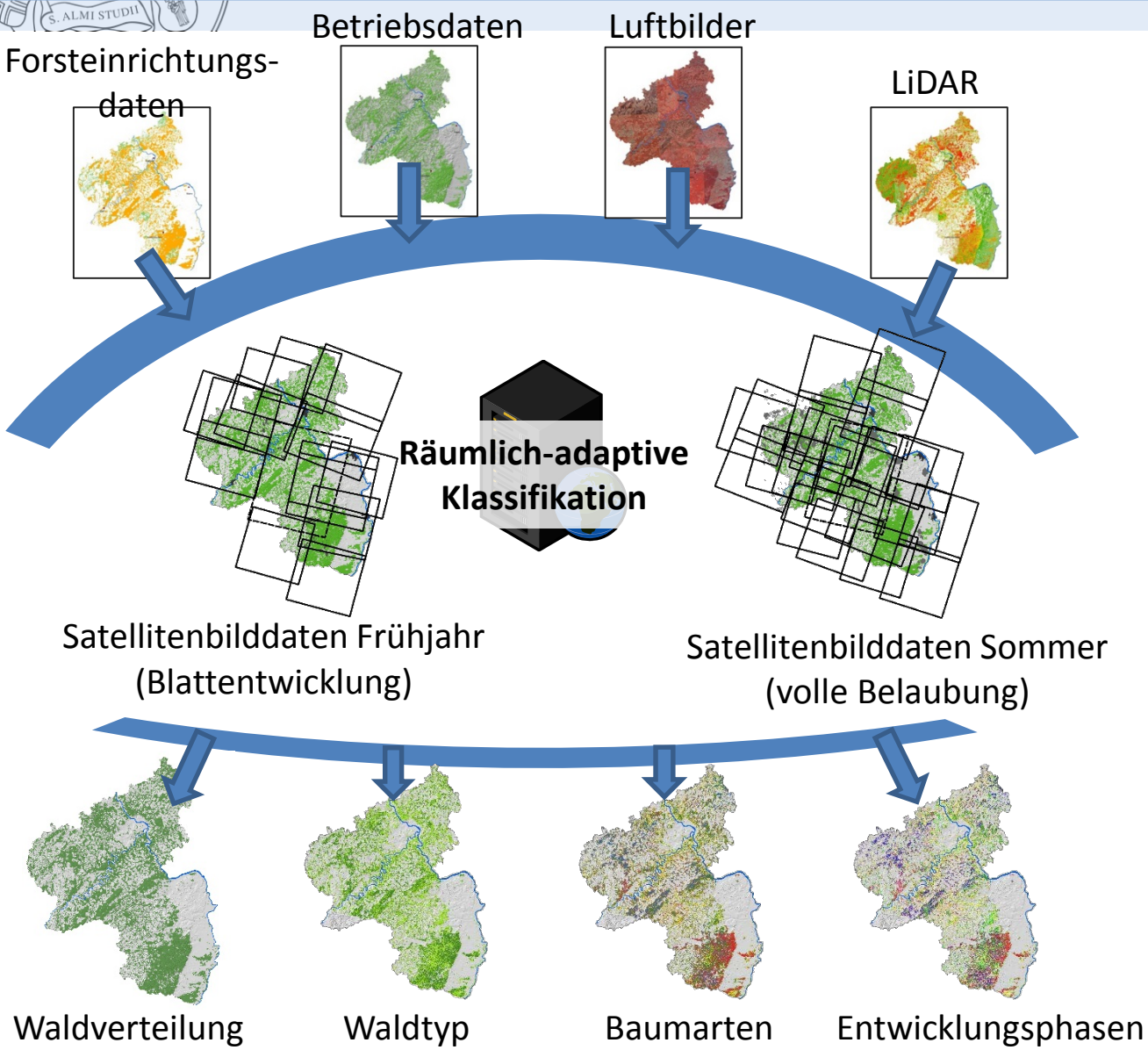
(rot: Sommer



Rhineland-Palatinate



Herangehensweise



Referenzdaten:
Ausschließlich vorhandene Forsteinrichtungsdaten, Luftbilder, LiDAR

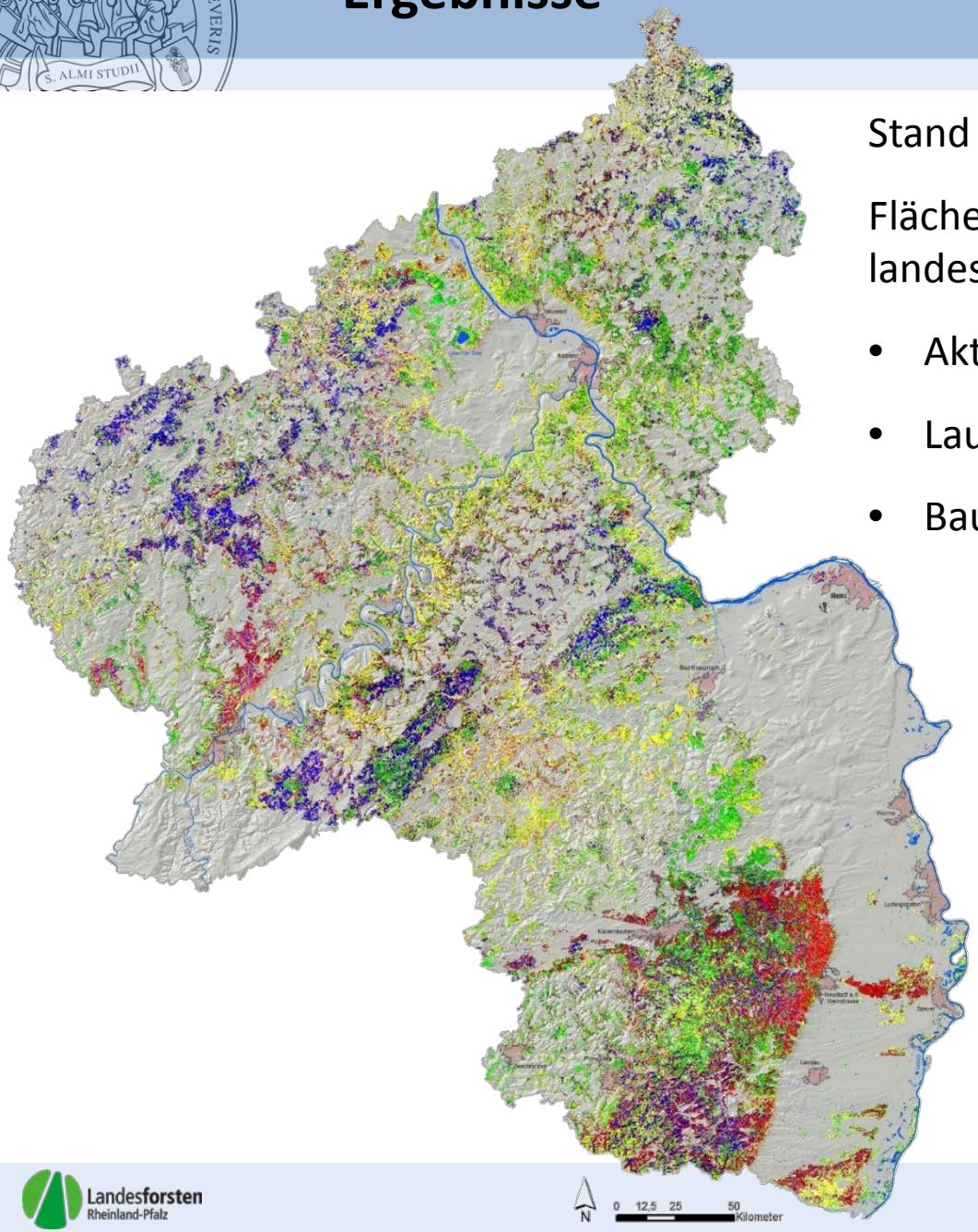
Satellitenbilddaten:
Daten unterschiedlicher Systeme (SPOT5, Rapideye). System ist vorbereitet für Sentinel 2.

Datenverarbeitung:
Geometrische und radiometrische Korrekturen der Satellitendaten.

Algorithmus:
An naturräumliche Situation von Mittelgebirgsräumen angepasstes Klassifikationsverfahren

Ergebnis:
Räumlich hochauflösende Forstinformationsebenen für die gesamte Landesfläche

Ergebnisse



Stand 2013/14

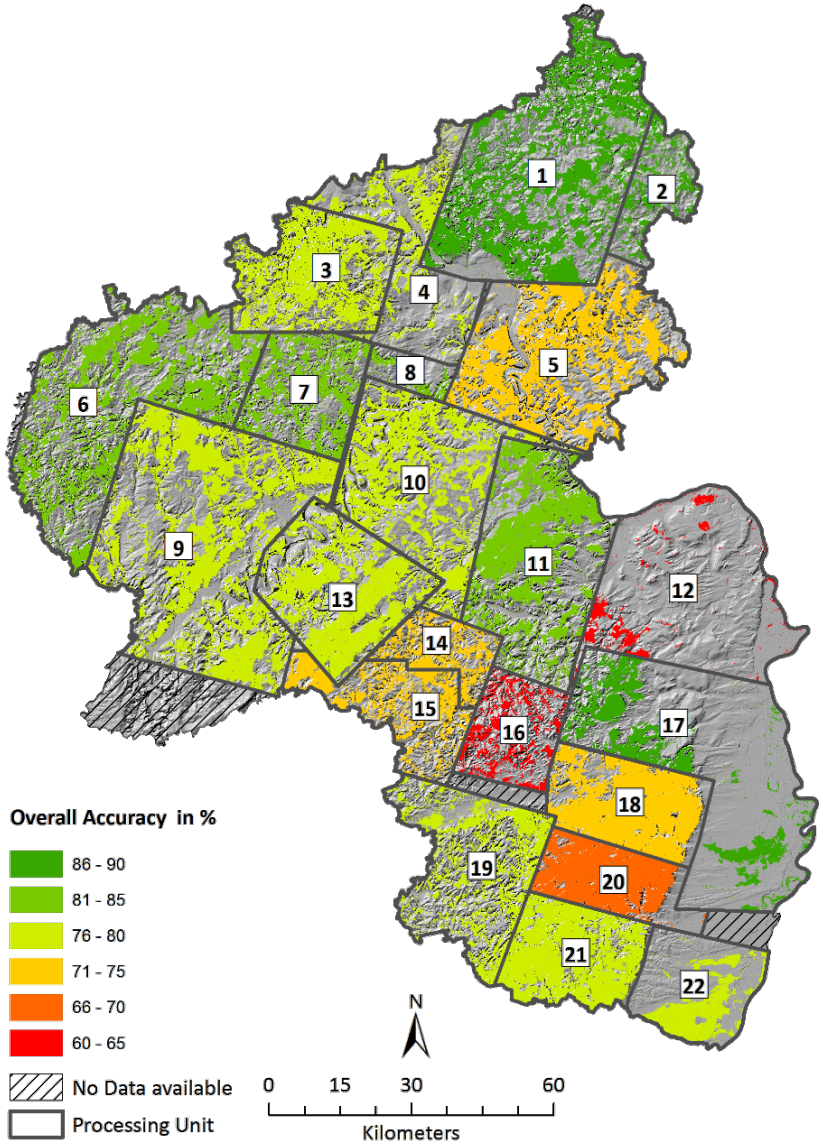
Flächendeckende Bereitstellung der ersten landesweiten Forstinformationsebenen:

- Aktuelle Waldverteilungskarte (OAA ~97%)
- Laub- Nadelwaldstratifizierung (OAA ~ 95%)
- Baumartenverteilung (OAA ~ 71%)

- Eiche-Qualifizierung
- Eiche-Dimensionierung
- Eiche-Reife
- Buche-Qualifizierung
- Buche-Dimensionierung
- Buche-Reife
- Fichte-Qualifizierung
- Fichte-Dimensionierung
- Fichte-Reife
- Douglasie-Qualifizierung
- Douglasie-Dimensionierung
- Douglasie-Reife
- Kiefer-Qualifizierung
- Kiefer-Dimensionierung
- Kiefer-Reife

Qualität der Ergebnisse

- **Klassifikationsgenauigkeit**



	producer's accuracy	user's accuracy
Eiche	73.9	77.1
Buche	74.9	64.0
Fichte	87.5	72.5
Douglasie	46.1	71.0
Kiefer	55.2	71.4

Gesamt-genauigkeit = 71.5 %

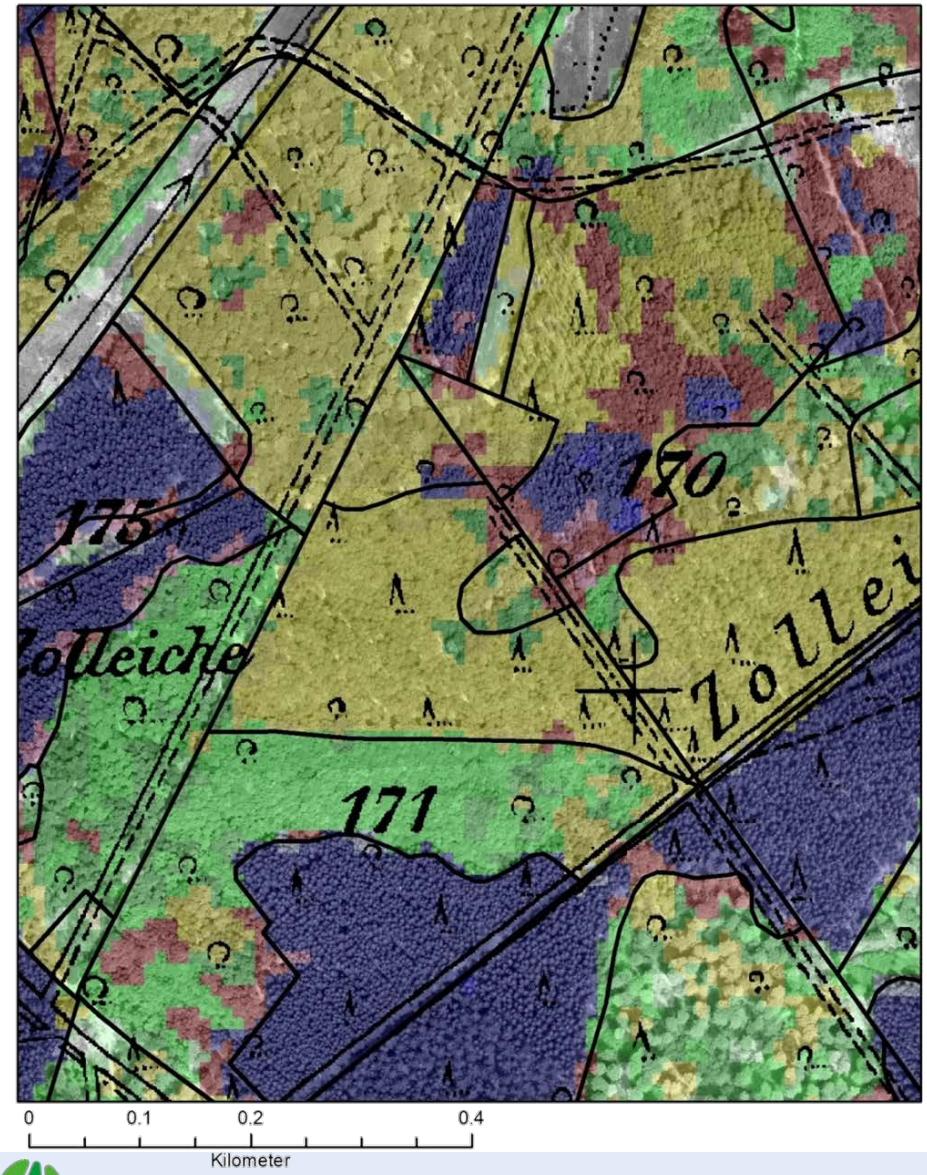
Unterschiedliche Klassifikationsgenauigkeiten auf der Ebene einzelner „Prozessierungseinheiten“

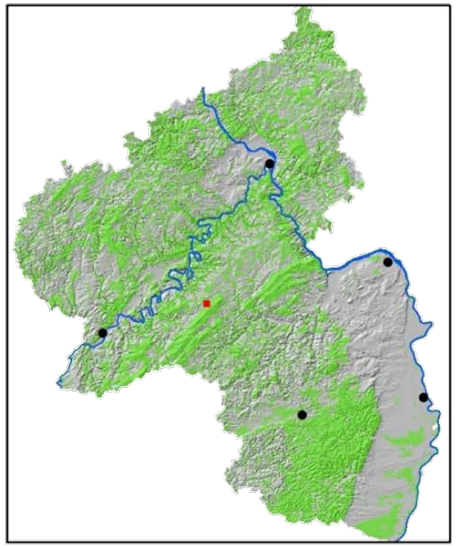
Ursachen:

- Unterschiedliche Komplexität der Baumartenzusammensetzung
- Regional nicht angemessene Generalisierung (5 Hauptbaumarten)
- Datenlage (phänologische Phasen, Größe des Zeitfensters …)

Qualität der Ergebnisse

- **Tatsächliche operative Eignung**





Eiche-Qualifizierung
Eiche-Dimensionierung
Eiche-Reife
Buche-Qualifizierung
Buche-Dimensionierung
Buche-Reife
Fichte-Qualifizierung
Fichte-Dimensionierung
Fichte-Reife
Douglasie-Qualifizierung
Douglasie-Dimensionierung
Douglasie-Reife
Kiefer-Qualifizierung
Kiefer-Dimensionierung
Kiefer-Reife

Digitale und analoge Prognosekarten, Statistiken und „Verdachtsflächen“

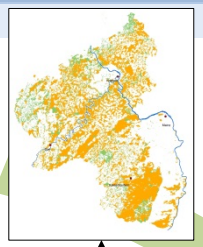
(RapidEye, 6 m)

Hohe Akzeptanz des Produktes nach Einarbeitung und offener Diskussion über Vorteile und Limitierungen.

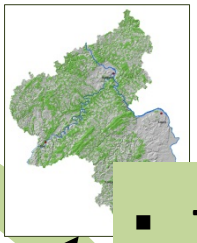
→ Quality flag / Metadaten

Geplante Integration in operative Prozesse

Großrauminventur- und Planungssystem (GRIPS)

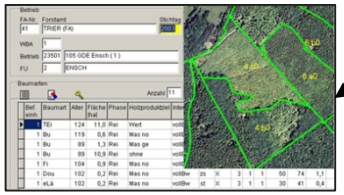


Forsteinrichtungsdaten



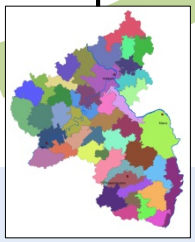
Betriebsdaten

Mobile Endgeräte
Forsteinrichtung vor Ort



Desktop
Planung und Analyse

- **Technologische Basis: Virtueller Wald NRW**
- **einheitliches objektorientiertes Datenschema**
- **Offene Standards und internationale Normen (ISO OGC)**
- **Arbeit mit Web-Services**
- **Modulare Erweiterungsmöglichkeit (Daten, Funktionen)**



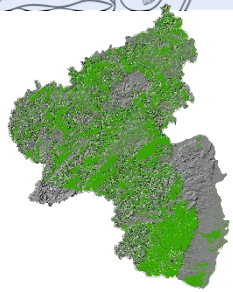
Administrative Daten

LiDAR

daten:

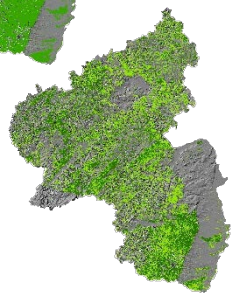
Baumarteninventur …

Mehrwert



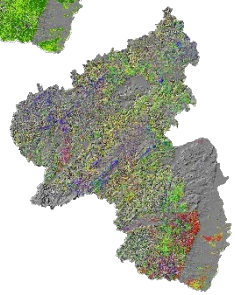
Aktuelle Wald-Nichtwald-Kartierung

- Daten: Luftbilder, LiDAR, Satellitenbilddaten
- Erreichte Gesamtgenauigkeit 97%



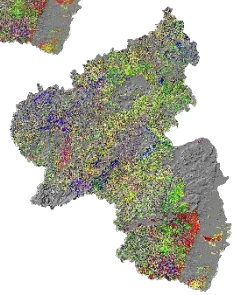
Laubwald- Nadelwaldstratifizierung

- Daten: Luftbilder, LiDAR, Satellitenbilddaten
- Erreichte Gesamtgenauigkeit 91% - 97%



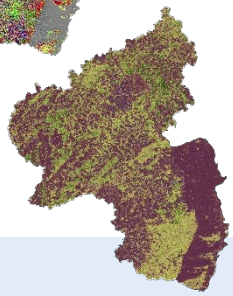
Baumartenkartierung

- Daten: Multiphänologische Satellitenbilddaten
- Erreichte Gesamtgenauigkeit 84%



Baumarten- und Entwicklungsphasen

- Daten: Multiphänologische Satellitenbilddaten, LiDAR
- Erreichte Gesamtgenauigkeit 55-75%



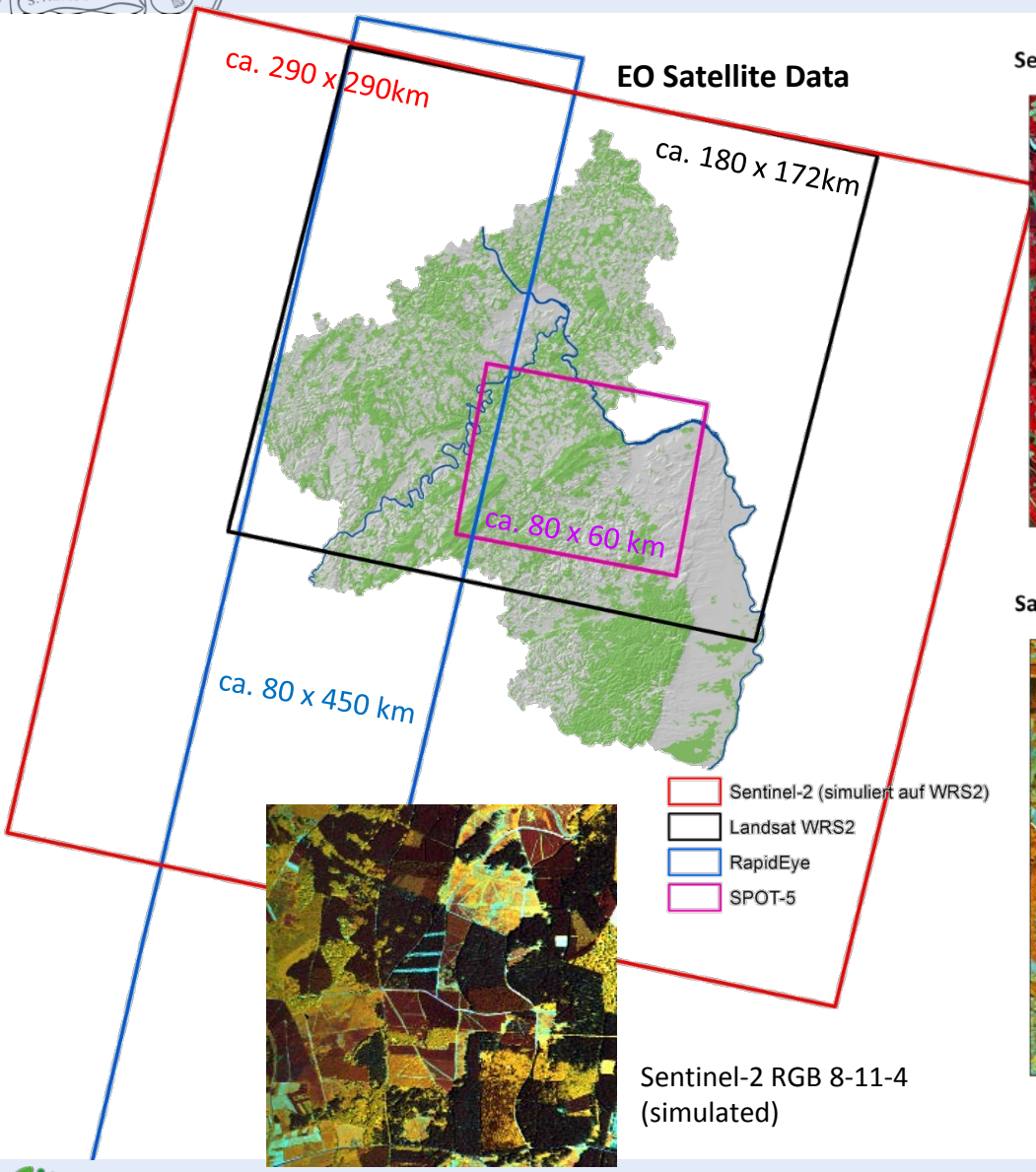
Detaillierte Bestandsinformationen

- Waldstruktur, Baumhöhen, Treecover
- Hyperspektraldaten
- Biophysikalische und biochemische Parameter

- **Flächendeckende Information**
- **Genauigkeit für operative Nutzung**
- **Schnelle Aktualisierung**
- **Effizienzsteigerung**

Mehrwert durch Copernicus

EO Satellite Data

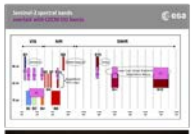


Sentinel-2 RGB 8-11-4 (simulated)

Sentinel-2-Mission

Sentinel-2

- geometrische Auflösung 10-20m
- Hohe Wiederholrate
- Große räumliche Abdeckung



Satellitenbilddaten nationaler Missionen (Contributing Missions)

RapidEye

- Hohe geometrische Auflösung (~6 m GSD)
- Tägliche Aufnahmekapazität
- Fünf Spektralbänder

http://www.dlr.de/rd/Portaldata/28/Resources/images/RE/RapidEyeSystem_hire

Mögliche Anpassung für Umwelt- und Naturschutzmonitoring

Article
Forstwissenschaftliches Centralblatt
December 1987, Volume 106, Issue 1, pp 141-168

First online:

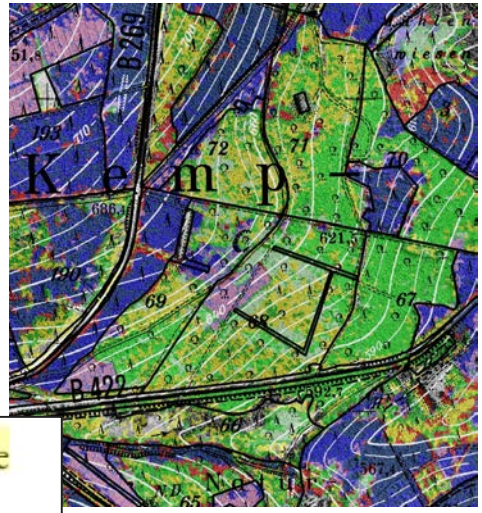
TOY or TOOL—Fernerkundung aus dem Weltraum: Spiel- oder Werkzeug für die Forstwirtschaft?

G. Hildebrandt

- Systemverständnis: Diskussion über benötigte Genauigkeiten für operativen Einsatz / verschiedene Anwendungen (Karte oder Werkzeug)

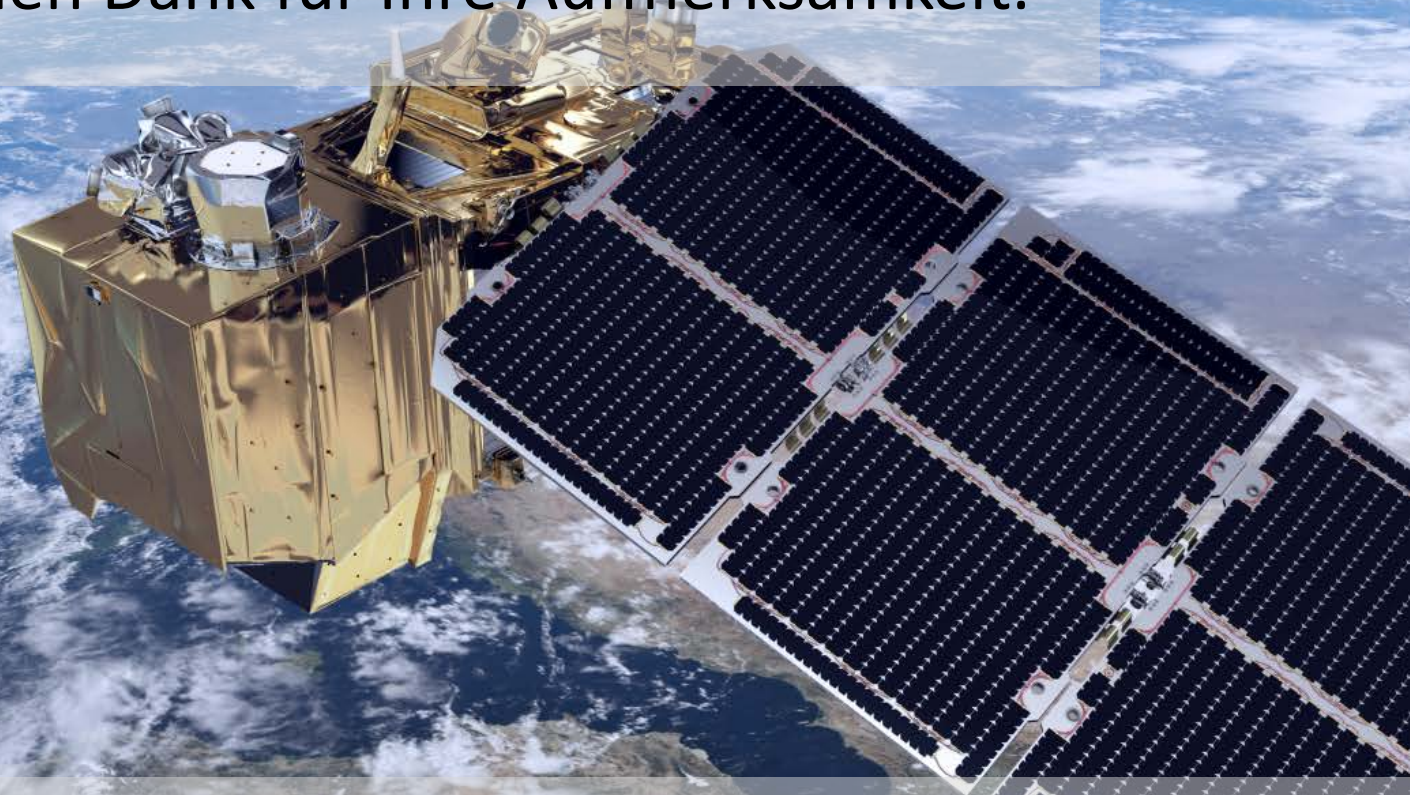
- Identifikation geeigneter Informationsebenen, / Nutzereinbindung (wie lassen sich Daten weiterqualifizieren?)

- Forschung und Entwicklung in RLP
  - Borkenkäfermonitoring
  - Nationalpark-Monitoring
  - Charakterisierung / Monitoring FFH-Gebiete (Wald)
  - Ableitung Waldlebensraumtypen



Wynne, R. H. and Carter, D. B. 1997 Will remote sensing live up to its promise for forest management? Journal of Forestry 95(10): 23-26.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit.



Diese Forschungsarbeiten werden durch das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) und das Bundesministerium für Wirtschaft unterstützt
FKZ No. 50 EE 1202: Extraktion und Klassifikation inventurrelevanter Forstparameter aus multi-temporalen Sentinel-2-Daten
FKZ 50 EE 1258: EnMAP Science Advisory Group

Kontakt: hillj@uni-trier.de, stoffels@uni-trier.de, buddenbaum@uni-trier.de
www.feut.de

Supported by:
Federal Ministry for Economic Affairs and Energy
on the basis of a decision by the German Bundestag

Literatur

Buddenbaum, H.; Hientgen, J.; Dotzler, S.; Werner, W.; Hill, J. A BiomeBGC-based evaluation of dryness stress of central European forests. Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci. **2015**, XL-7/W3, 345–351.

Buddenbaum, H.; Hill, J. Prospect inversions of leaf laboratory imaging spectroscopy—A comparison of spectral range and inversion technique influences. Photogramm. Fernerkund. Geoinf. **2015**, 3, 231–240.

Buddenbaum, H.; Stern, O.; Paschmionka, B.; Hass, E.; Gattung, T.; Stoffels, J.; Hill, J.; Werner, W. Using VNIR and SWIR field imaging spectroscopy for drought stress monitoring of beech seedlings. Int. J. Remote Sens. **2015**, 36, 4590–4605.

Buddenbaum, H.; Rock, G.; Hill, J.; Werner, W. Measuring stress reactions of beech seedlings with PRI, fluorescence, temperatures and emissivity from VNIR and thermal field imaging spectroscopy. Eur. J. Remote Sens. **2015**, 48, 263–282.

Buddenbaum, H.; Stern, O.; Stellmes, M.; Stoffels, J.; Pueschel, P.; Hill, J.; Werner, W. Field imaging spectroscopy of beech seedlings under dryness stress. Remote Sens. **2012**, 4, 3721–3740.

Dotzler, S.; Hill, J.; Buddenbaum, H.; Stoffels, J. The Potential of EnMAP and Sentinel-2 Data for Detecting Drought Stress Phenomena in Deciduous Forest Communities. Remote Sens. **2015**, 7, 14227-14258.

Lamprecht, S.; Stoffels, J.; Dotzler, S.; Haß, E.; Udelhoven, T. aTrunk—An ALS-Based Trunk Detection Algorithm. Remote Sens. **2015**, 7, 9975-9997.

Lamprecht, S., Stoffels, J., Udelhoven, T. VecTree - Concepts for 3D modelling of deciduous trees from terrestrial Lidar. Photogrammetrie - Fernerkundung – Geoinformation. **2014**, 3: 241–255

Stern, O.; Paschmionka, B.; Stoffels, J.; Buddenbaum, H.; Hill, J. Abbildende und nichtabbildende Geländespektrometrie zur Untersuchung von Stressphänomenen an Buchenpflanzen. The use of imaging and non-imaging spectroscopy for the determination of stress phenomena of beech trees. Photogramm. Fernerkund. Geoinf. **2014**, 1, 17–26.

Stoffels, J.; Hill, J.; Sachtleber, T.; Mader, S.; Buddenbaum, H.; Stern, O.; Langshausen, J.; Dietz, J.; Ontrup, G. Satellite-based derivation of high-resolution forest information layers for operational forest management. Forests **2015**, 6, 1982–2013.

Stoffels, J.; Mader, S.; Hill, J.; Werner, W.; Ontrup, G. Satellite-based stand-wise forest cover type mapping using a spatially adaptive classification approach. Eur. J. For. Res. **2012**, 131, 1071–1089