



AUTOMOTIVE



INFOKOM



MOBILITÄT, ENERGIE &
UMWELT



LUFTFAHRT



RAUMFAHRT



VERTEIDIGUNG &
SICHERHEIT

Bestandsanalyse von Waldflächen unter Verwendung von Planet Daten

Dr. Peter Hofmann

München, 21.06.2017

Inhalt

1. Planet Daten

- 1.1 Technologie
- 1.2 Besondere Eigenschaften

2. Potenzial von Planet Daten für die Forstwirtschaft

- 2.1 Inventarisierung, Bestandsmonitoring
- 2.2 Schadenserfassung (Bsp. Sturmschäden)
- 2.2 Baumartenbestimmung (Bsp. Freising)

3. Ergebnisse und Ausblick

- 3.1 Verfeinerung der Methoden durch verbesserte Datenlage
- 3.2 Wald-Monitoring mittels eCognition

Ihr Ansprechpartner

IABG mbH

Abteilung TAE1

Jörg Ullrich

Hermann-Reichelt-Str. 3

01109 Dresden

Telefon +49 351 8923-120

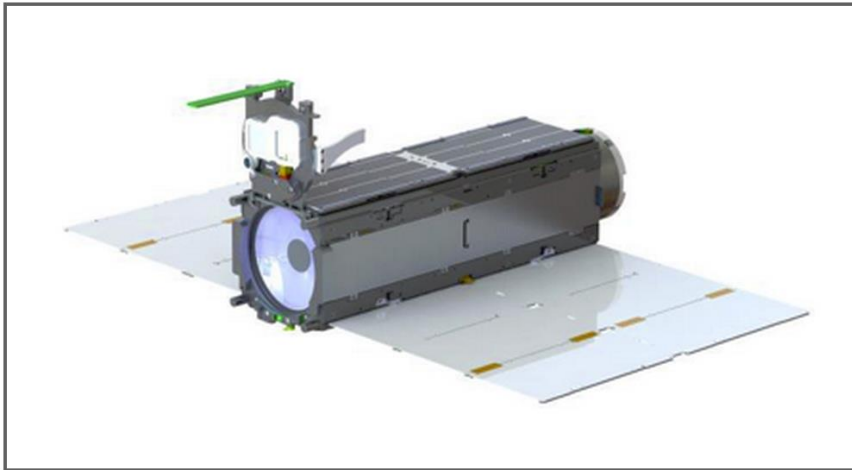
Fax +49 351 8923-133

ullrich@iabg.de

www.iabg.de

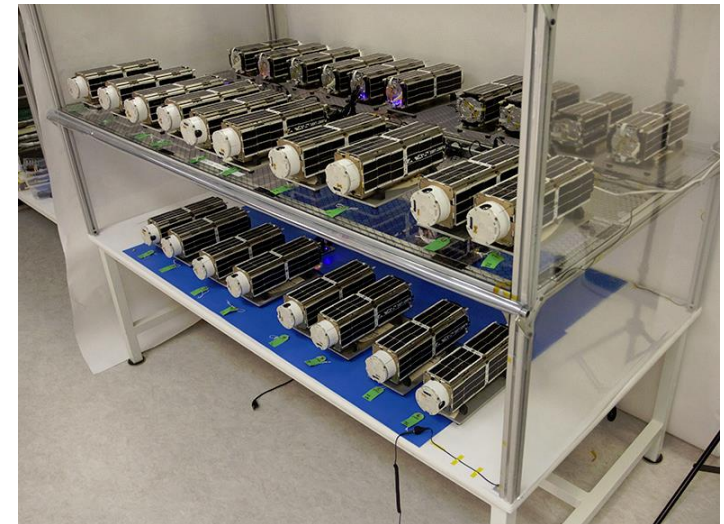
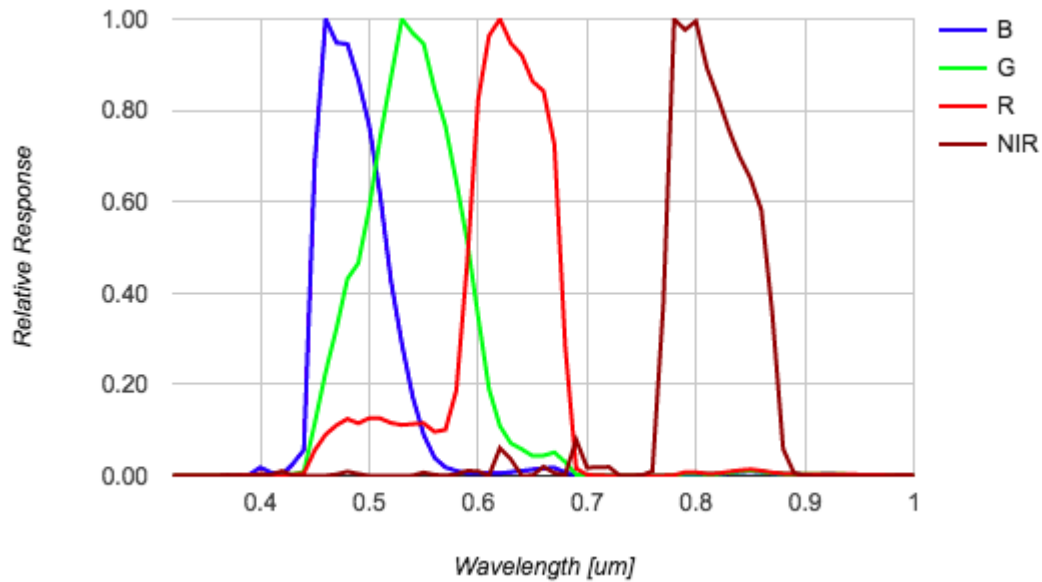
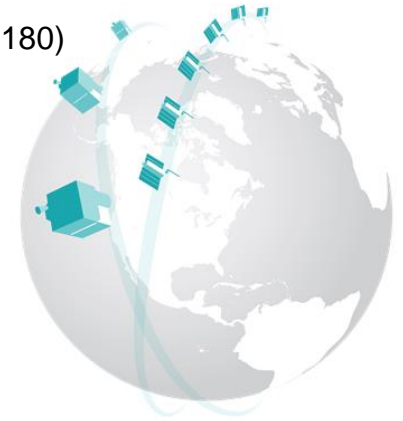
Planet Daten und ihre besonderen Eigenschaften

Planet Scope Daten – Dove Flotte



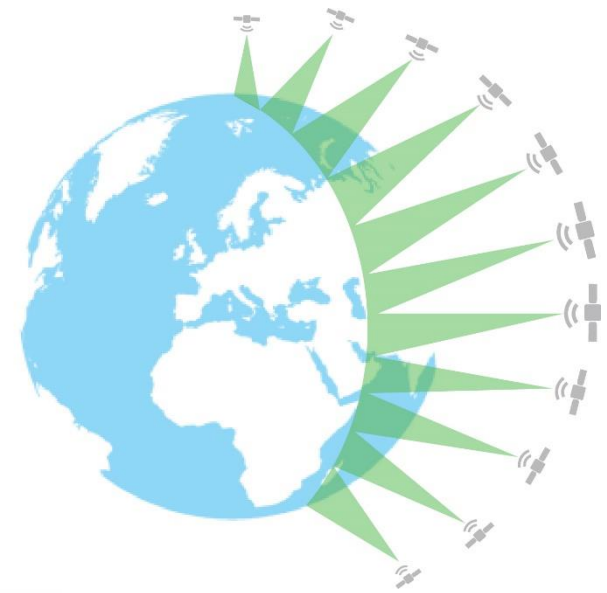
Flotte von 3U Cube Sats (bis zu 180)

3U Formfaktor: 10 x 10 x 30cm



Planet Scope Daten – Dove Flotte

- Flottenumfang zunehmend, z.Zt. ~100 (Stand: Februar 2017)



Mission Characteristic	International Space Station Orbit	Sun Synchronous Orbit
Orbit Altitude (reference)	400 km (51.6° inclination)	475 km (~98° inclination)
Max/Min Latitude Coverage	±52° (depending on season)	±81.5° (depending on season)
Equator Crossing Time	Variable	9:30 - 11:30 am (local solar time)
Sensor Type	Three-band frame Imager or four-band frame Imager with a split-frame NIR filter	Three-band frame Imager or four-band frame Imager with a split-frame NIR filter
Spectral Bands	Blue 455 – 515 nm Green 500 – 590 nm Red 590 – 670 nm NIR 780 – 860 nm	Blue 455 – 515 nm Green 500 – 590 nm Red 590 – 670 nm NIR 780 – 860 nm
Ground Sampling Distance (nadir)	3.0 m (approximate)	3.7 m (approximate)
Frame Size	20 km x 12 km (approximate)	24.6 km x 16.4 km (approximate)
Maximum Image Strip per orbit	8,100 km ²	20,000 km ²
Revisit Time	Variable	Daily at nadir (early 2017)
Image Capture Capacity	Variable	150 million km ² /day (early 2017)
Camera Dynamic Range	12-bit	12-bit

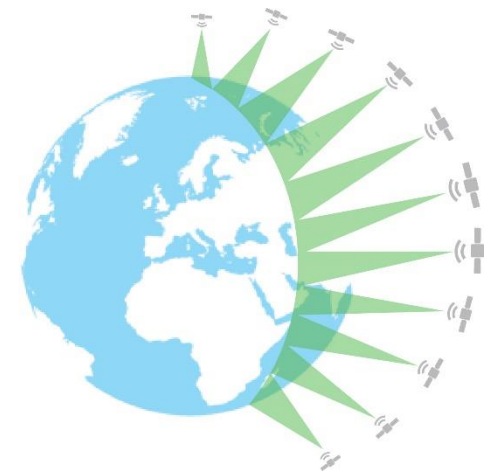
- Bodenauflösung ca. 3-4m

- Effektive Repititionsrate: 1 Tag

Quelle: Planet Labs

Rapid Eye Daten

- Flottenumfang: 5



Mission Characteristic	Information										
Number of Satellites	5										
Orbit Altitude	630 km in Sun-Synchronous Orbit										
Equator Crossing Time	11:00 am local time (approximately)										
Sensor Type	Multispectral push broom										
Spectral Bands	<table border="0"> <tr> <td>Blue</td> <td>440 - 510 nm</td> </tr> <tr> <td>Green</td> <td>520 - 590 nm</td> </tr> <tr> <td>Red</td> <td>630 - 685 nm</td> </tr> <tr> <td>Red Edge</td> <td>690 - 730 nm</td> </tr> <tr> <td>NIR</td> <td>760 - 850 nm</td> </tr> </table>	Blue	440 - 510 nm	Green	520 - 590 nm	Red	630 - 685 nm	Red Edge	690 - 730 nm	NIR	760 - 850 nm
Blue	440 - 510 nm										
Green	520 - 590 nm										
Red	630 - 685 nm										
Red Edge	690 - 730 nm										
NIR	760 - 850 nm										
Ground Sampling Distance (nadir)	6.5 m										
Swath Width	77 km										
Maximum Image Strip per Orbit	Up to 1500 km of image data per orbit										
Revisit Time	Daily (off-nadir) / 5.5 days (at nadir)										
Image Capture Capacity	>6 million km ² /day										
Camera Dynamic Range	12-bit										

- zus. Red Edge-Band

- Bodenauflösung ca. 6m

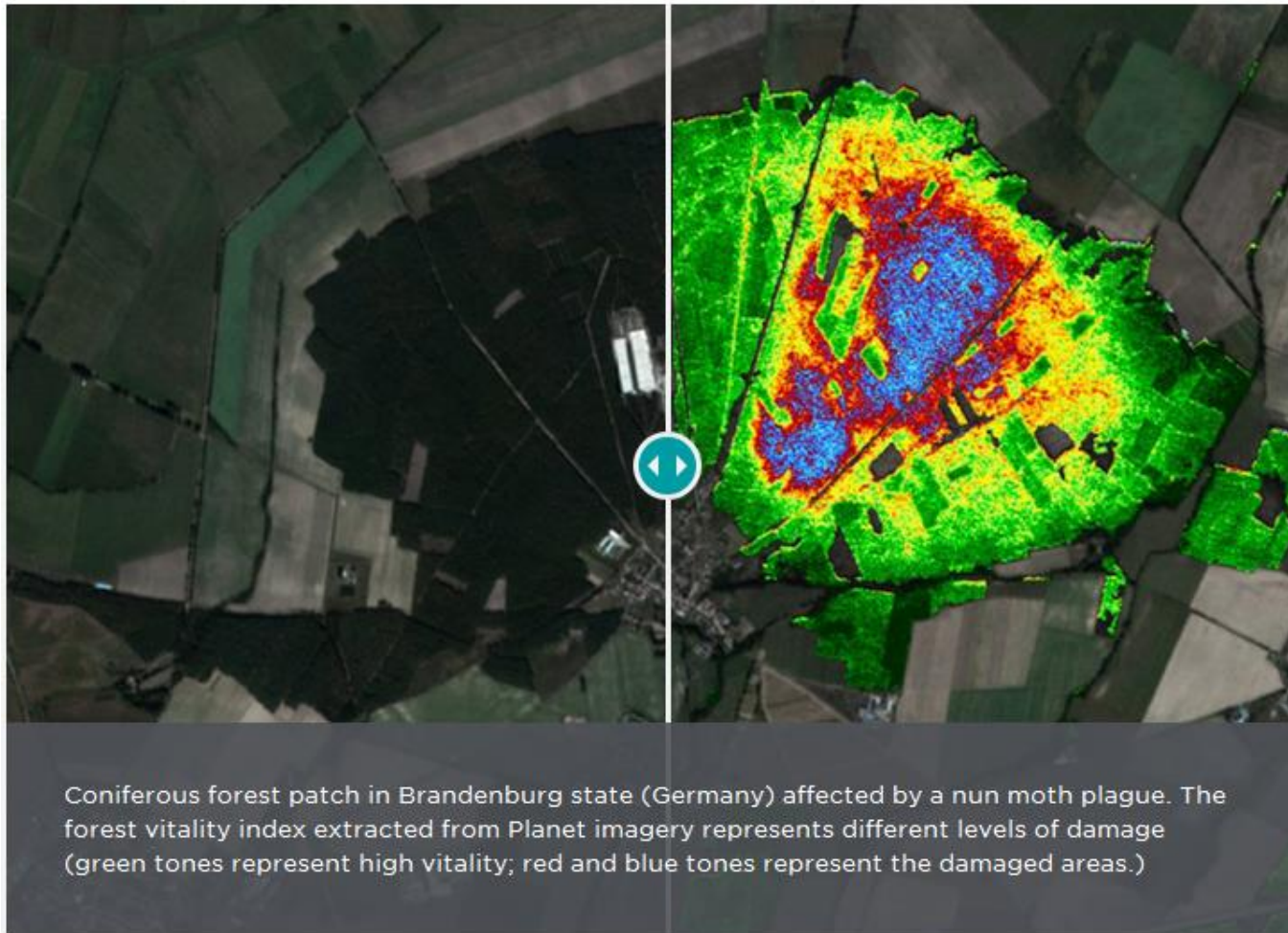
- Effektive Repititionsrate: 5.5 Tage

Quelle: Planet Labs

Potenzial von Planet Daten für die Forstwirtschaft

Inventarisierung und Bestands Monitoring

- Hohe zeitliche Auflösung erlaubt sehr genaues Monitoring
 - Monitoring von Holzeinschlag (eher in den Tropen relevant)
 - Entwicklungsprognosen
- Einfache Trennung Wald / Nicht-Wald
- Einfache Trennung Laub- / Nadel- / Mischwald



Quelle: Planet Labs

Erfassung von Sturmschäden

- Hohe zeitliche Auflösung erlaubt Fokussierung der Erfassung auf:
 - Zeitpunkt kurz vor dem Ereignis
 - Zeitpunkt kurz nach dem Ereignis
- Spektralen Eigenschaften erlauben Differenzierung von bestockten Flächen und Sturmwurfflächen



Quelle: Landwirtschaftsmin. Niedersachsen



Quelle: Nordkurier

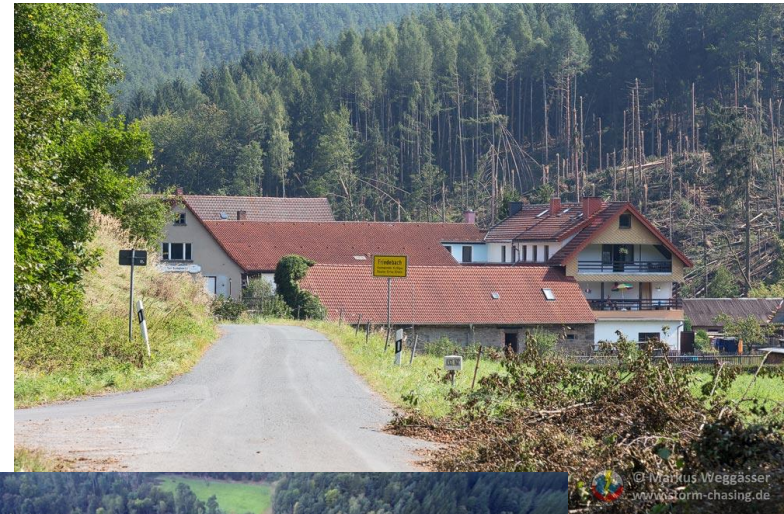
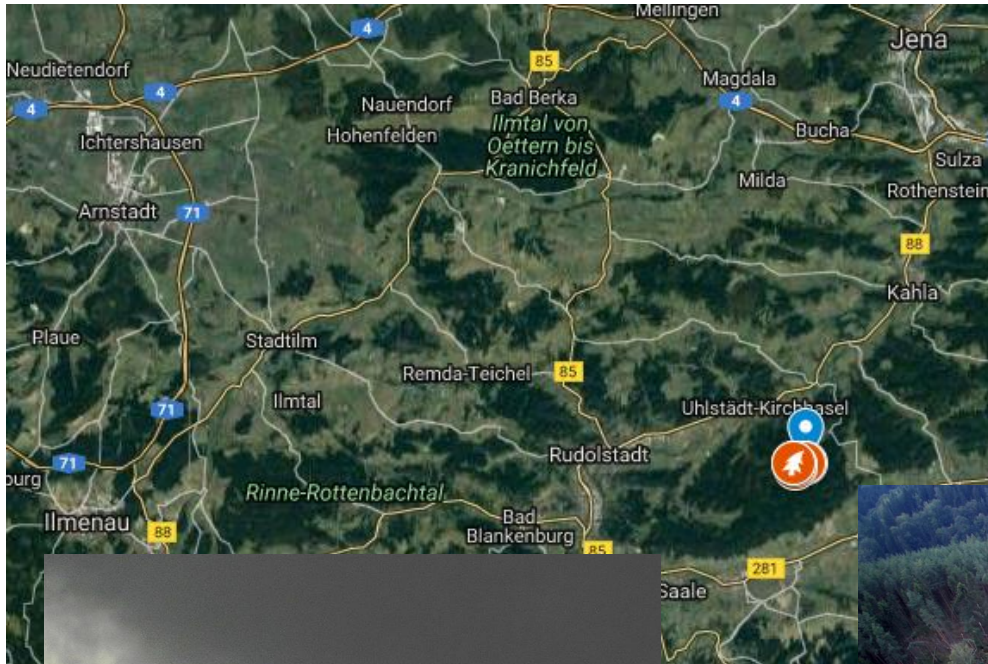


Quelle: <http://www.meteoweb.eu>

- Räumliche Auflösung ausreichend zur Erfassung relevanter Flächen

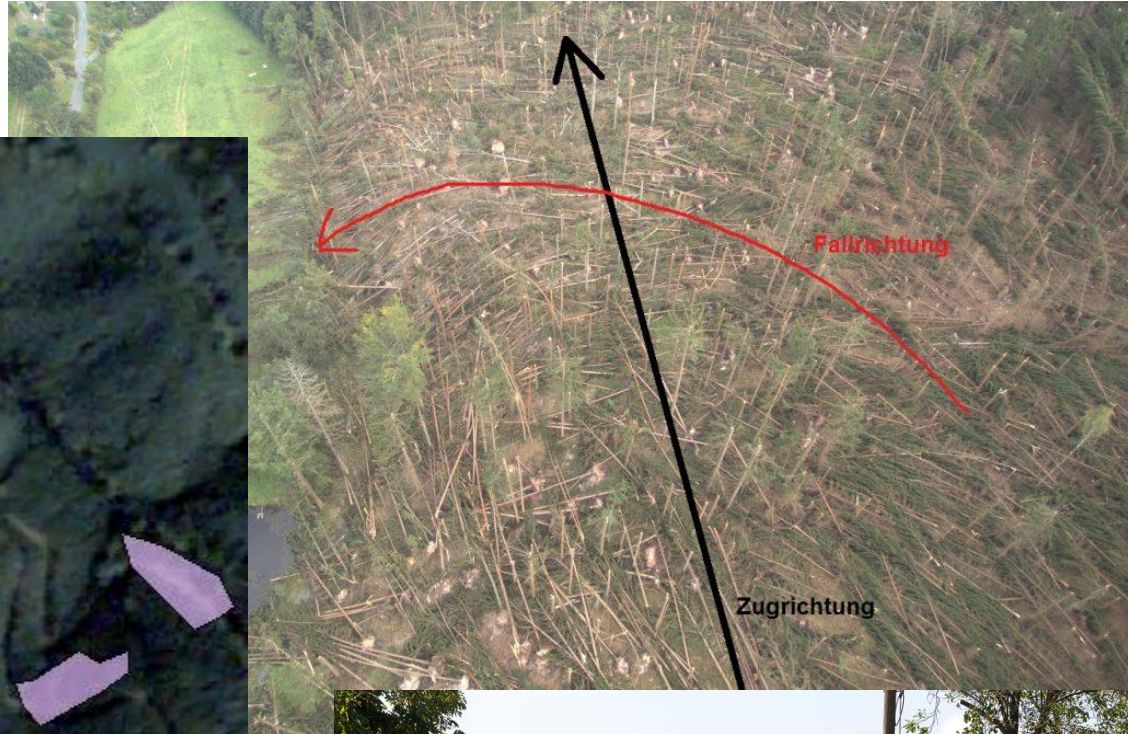
Erfassung von Sturmschäden – Beispiel Friedebach

Beispiel: Tornado am 04. September 2016 in Friedebach (Thüringen)



Erfassung von Sturmschäden – Beispiel Friedebach

Schaden: ca. 10 ha Baumfläche



Quelle eigene Bearbeitung / Thüringen Forst



Erfassung von Sturmschäden – Beispiel Friedebach

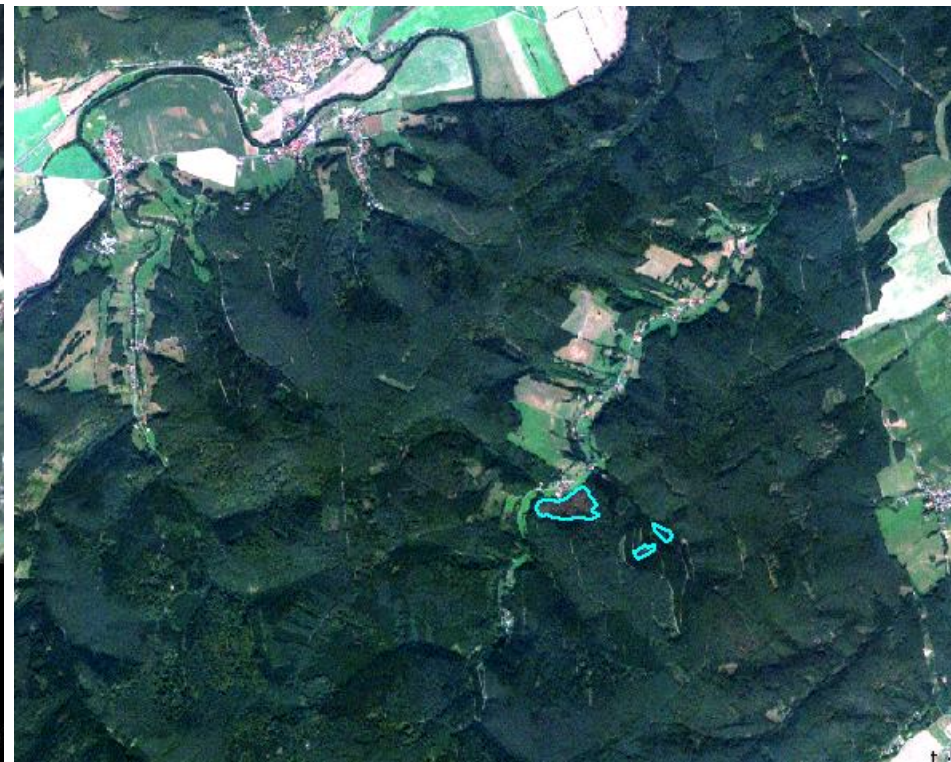
Change Detection mittels Planet Scope und RapidEye Daten:

T0: Planet Scope, 31. August 2016

T1: RapidEye, 12. September 2016



B=Blau, G=Grün, R=Rot



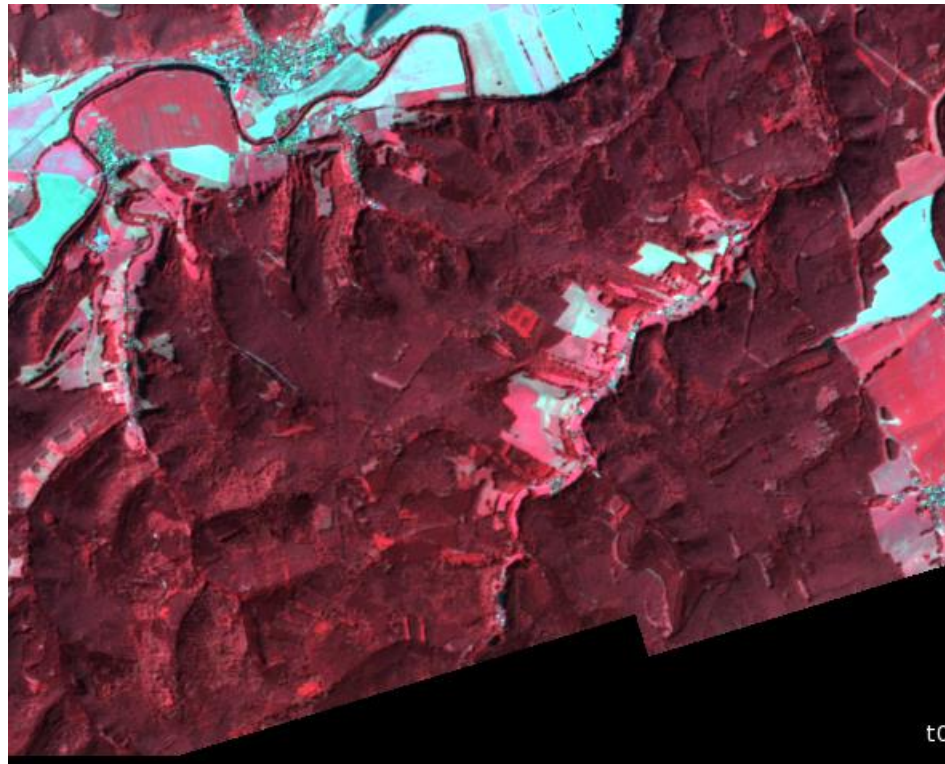
B=Blau, G=Grün, R=Rot

Erfassung von Sturmschäden – Beispiel Friedebach

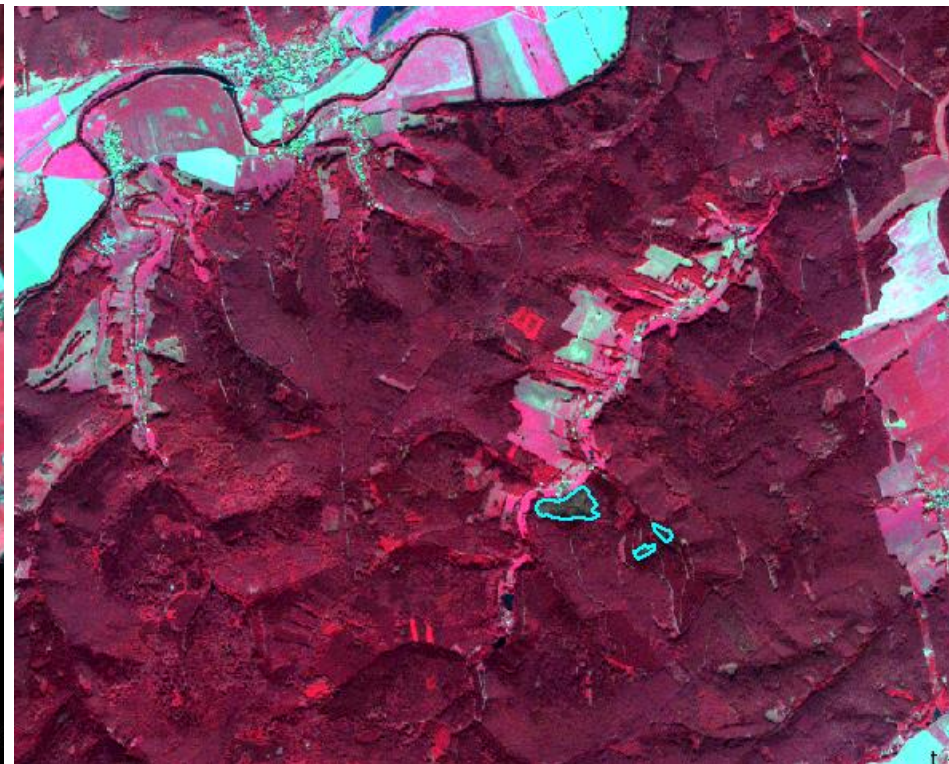
Change Detection mittels Planet Scope und RapidEye Daten:

T0: Planet Scope, 31. August 2016

T1: RapidEye, 12. September 2016



B=Grün, G=Rot, R=NIR



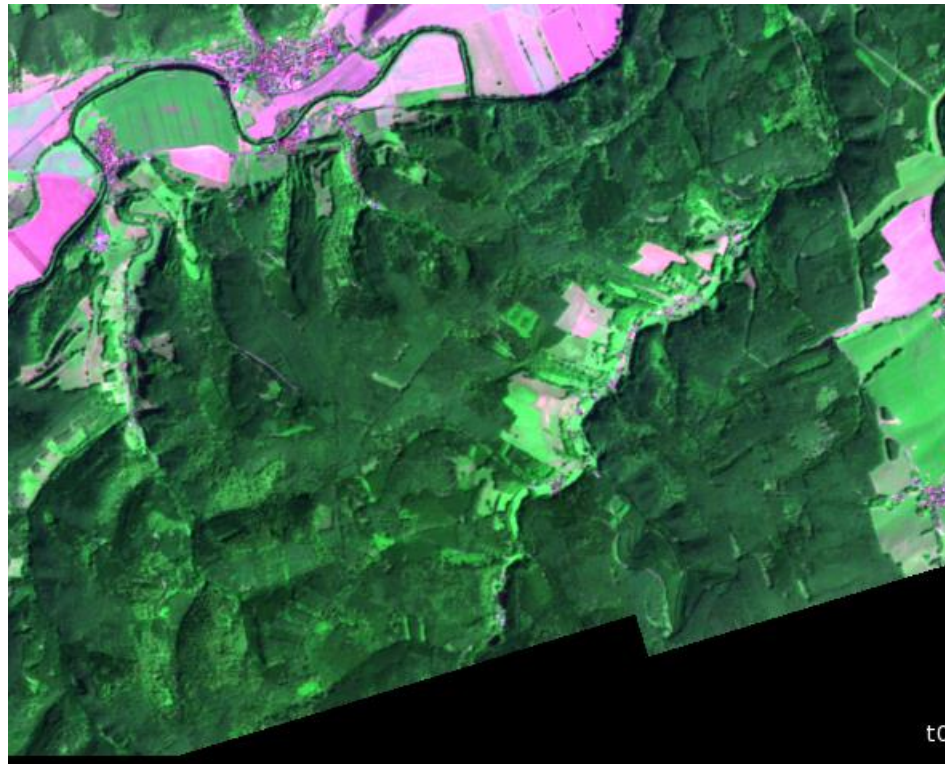
B=Grün, G=Rot, R=NIR

Erfassung von Sturmschäden – Beispiel Friedebach

Change Detection mittels Planet Scope und RapidEye Daten:

T0: Planet Scope, 31. August 2016

T1: RapidEye, 12. September 2016



B=Blau, G=(grün+nir)/2, R=rot



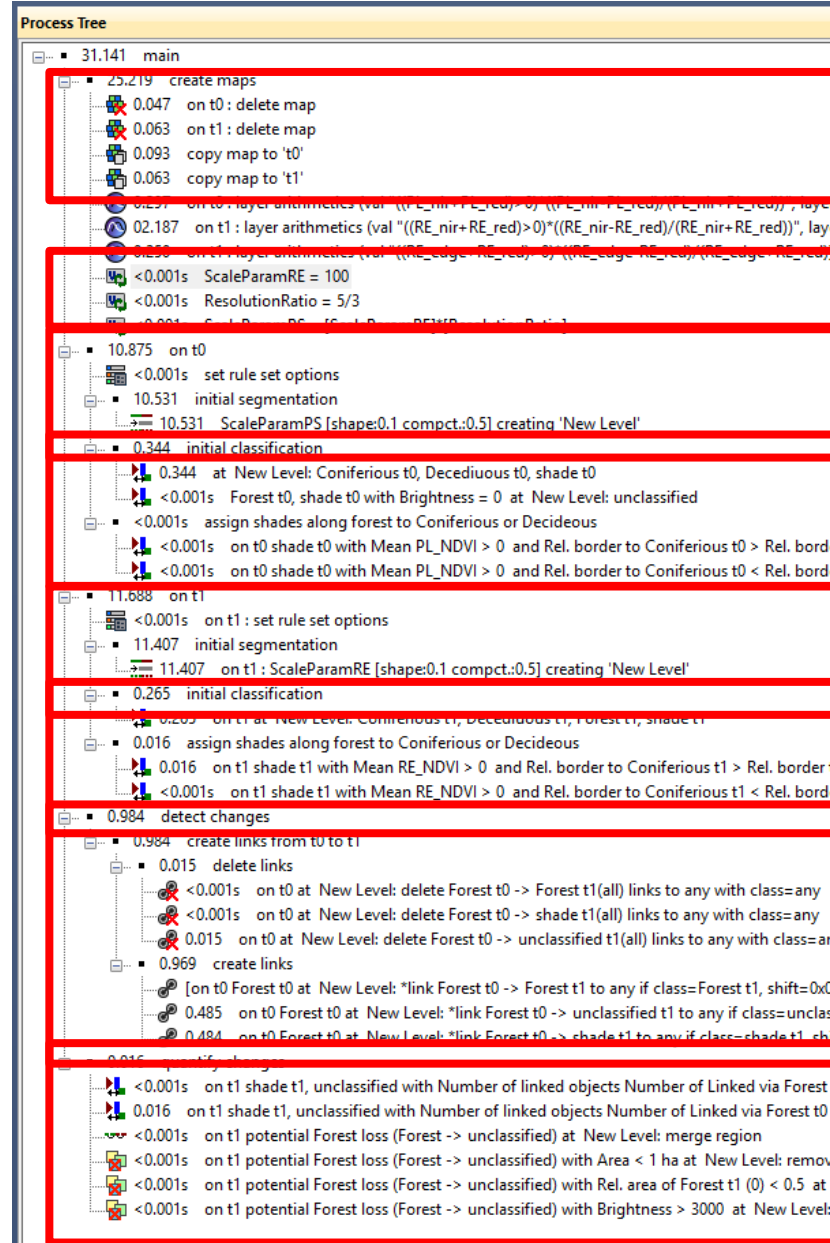
B=Blau, G=(grün+red edge+nir)/3, R=rot

Erfassung von Sturmschäden – Beispiel Friedebach

Change Detection mittels **Planet Scope** und **RapidEye** Daten:

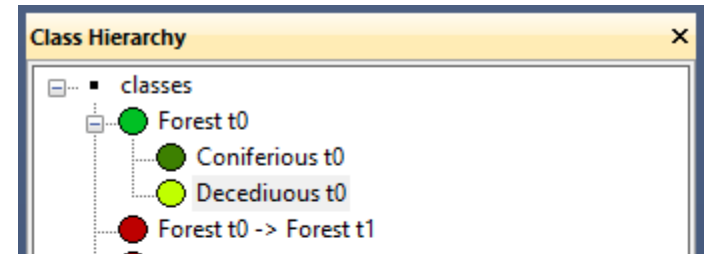
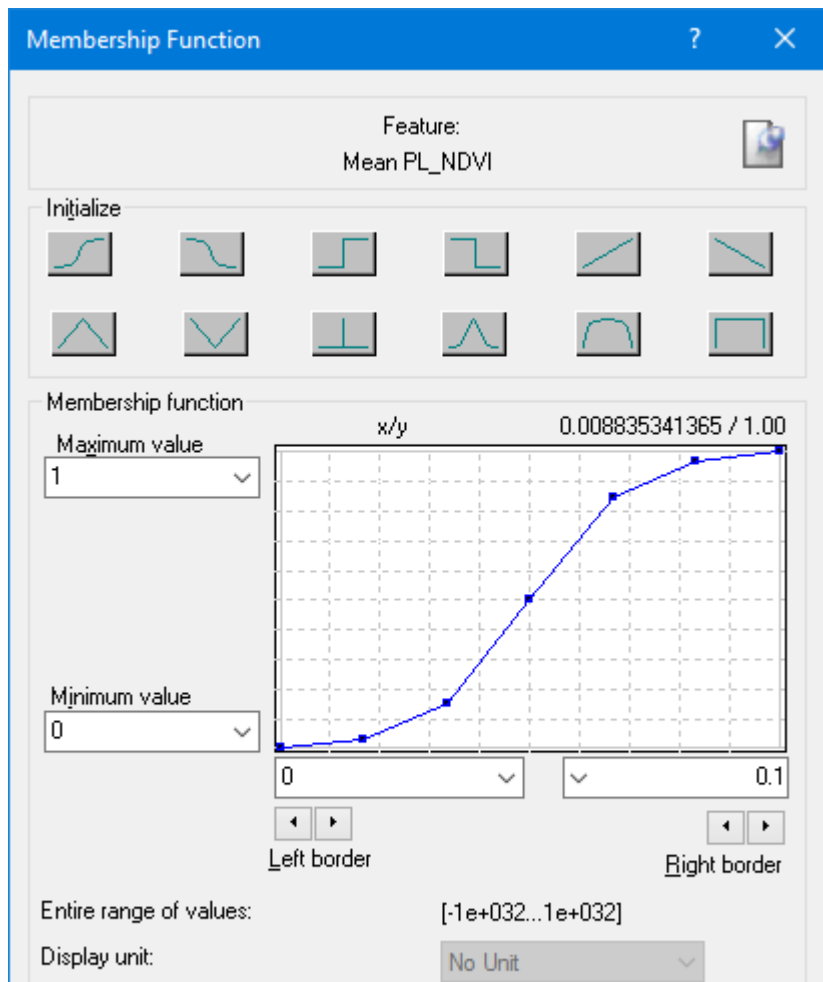
eCognition Regelsatz (Strategie):

- **Unabhängige Segmentierung von T0 und T1**
 - Da unterschiedlich viele Layer und unterschiedliche räumliche Auflösung keine Handhabung als Zeitreihe möglich.
 - ⇒ T0 und T1 als Maps
 - ⇒ Multi-Resolution Segmentierung mit adaptiertem Scale Parameter für PlanetScope Daten
- **Unabhängige Fuzzy-Klassifikation der Waldflächen** (grobe Laub- und Nadelwald-Unterscheidung) mittels:
 - NDVI
 - Farbanteile (Ratio) blau und NIR
 - Standardabweichung pro Objekt im blau und NIR
- **Verlinkung korrespondierender Segmente** aus T0 und T1
- **Link-Klasse:** „T0 Wald -> T1 Nicht-Wald“ **verknüpft potenziellen Windbruch**
- **Quantifizierung** (in ha) durch Um-Klassifizierung der betroffenen T1 Nicht-Wald-Objekte



Erfassung von Sturmschäden – Beispiel Friedebach

- **Unabhängige Fuzzy-Klassifikation der Waldflächen** (grobe Laub- und Nadelwald-Unterscheidung) mittels:
 - NDVI
 - Farbanteile (Ratio) blau und NIR
 - Standardabweichung pro Objekt im blau und NIR



Class Description

Name: Coniferious t0

Display: Always

Class Description

Name: Decediuous t0

Display: Always

Parent class for display: Forest t0

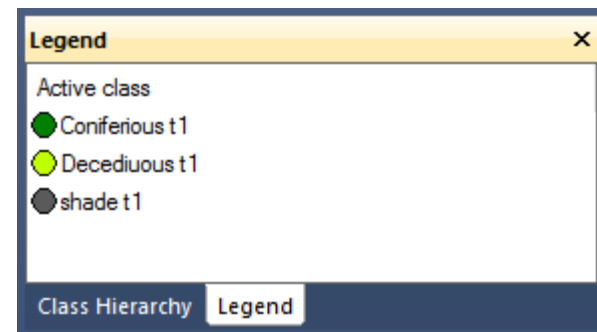
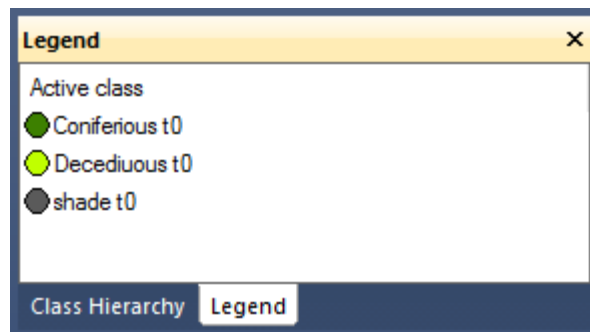
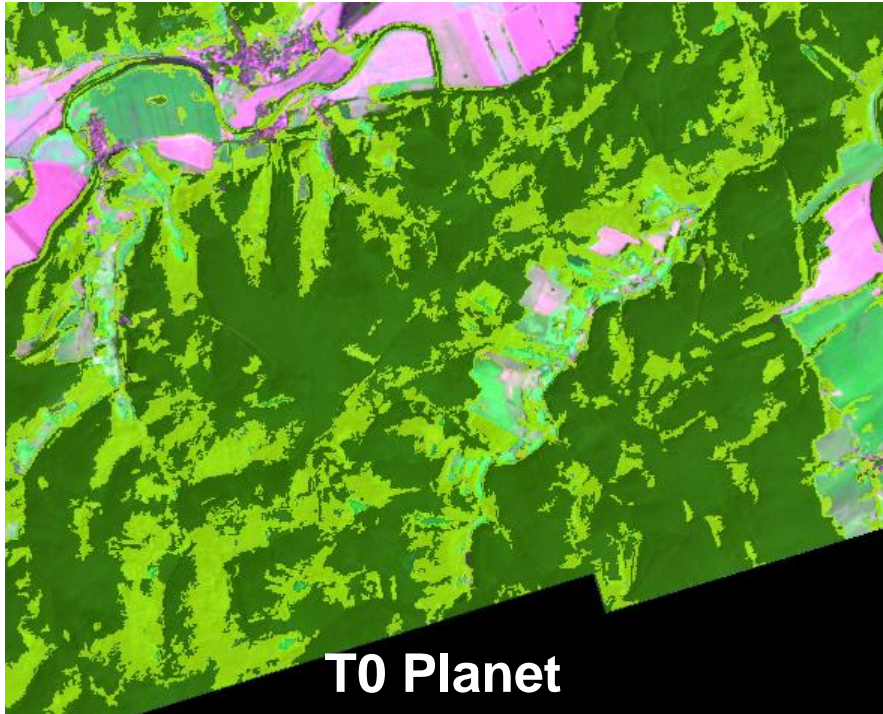
Modifiers: Shared Abstract Inactive Use parent class color

All: Contained Inherited

- Contained
 - and (min)
 - Brightness
 - Mean PL_NDVI
 - Ratio PL_nir
 - Standard deviation PL_blue
 - Standard deviation PL_nir
- Inherited

Erfassung von Sturmschäden – Beispiel Friedebach

- Unabhängige Fuzzy-Klassifikation der Waldflächen



Erfassung von Sturmschäden – Beispiel Friedebach

- Verlinkung der Maps T0 und T1

Edit Process

Name
 Automatic
on t0 Forest t0 at New Level: *link Forest t0 -> unclassified

Algorithm
create links

Domain
image object level

Parameter	Value
Level	New Level
Class filter	Forest t0
Condition	---
Map	t0
Region	From Parent
Max. number of objects	all

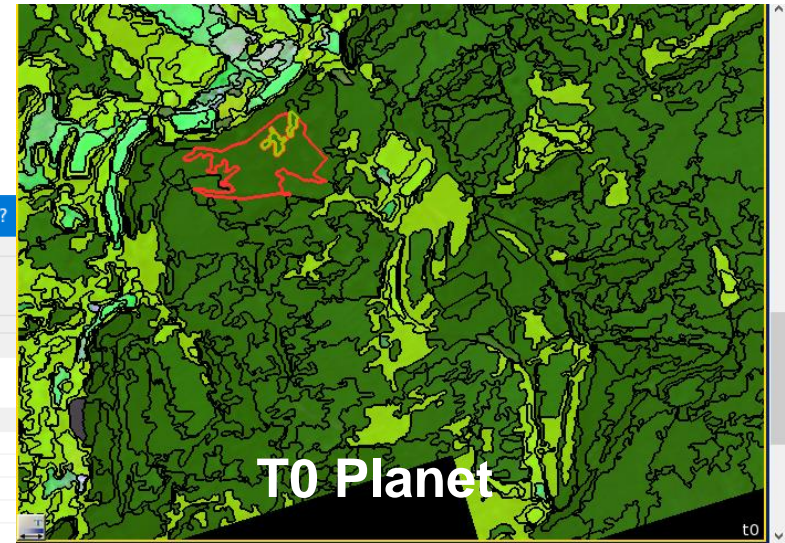
Loops & Cycles
 Loop while something changes only
Number of cycles: 1

Algorithm Description
creates classified links between two image objects

Algorithm parameters

Parameter	Value
Link Class	Forest t0 -> unclassified t1
Candidate Object Domain	
Class filter	unclassified
Threshold condition	---
Map	t1
Level	New Level
Candidate PPO	"", ""
Overlap Settings	
Link to	all
Overlap calculation	Relative to current object [0..1]
X-position shift	0
Y-position shift	0
Z-position shift	0
T-position shift	0
Min. required overlap	0.1
Transformation Parameter Set	

Execute Ok Cancel



Erfassung von Sturmschäden – Beispiel Friedebach

- Erfassung potenzieller Sturmwurfflächen über die Link-Klasse

The screenshot displays the QGIS interface for editing a classification process. The 'Edit Process' dialog box is open, showing the following configuration:

- Name:** on t1 shade t1, unclassified with Number of linked objects N
- Algorithm:** classification
- Domain:** image object level
- Parameter table:**

Parameter	Value
Level	New Level
Class filter	unclassified
Condition	Number of linked objects ...
Map	t1
Region	From Parent
Max. number of objects	all
- Algorithm Description:** Evaluate the membership value of an image object to a list of selected classes.
- Algorithm parameters:**
 - Parameter: Active classes
 - Erase old classification, if there
 - Use class description
- Loops & Cycles:**
 - Loop while something changes or
 - Number of cycles: 1

The 'Edit condition' dialog box is also open, showing an AND condition with the value 'Number of linked objects Number of t1'.

The background map shows an aerial view of a forest area with a color-coded classification. The legend window in the bottom left corner identifies the active classes:

- Coniferous t1 (green circle)
- Decediuous t1 (yellow-green circle)
- shade t1 (grey circle)
- potential Forest loss (Forest -> unclassified) (magenta circle)

Erfassung von Sturmschäden – Beispiel Friedebach

- Von potenziellen zu tatsächlichen Sturmwurfflächen

on t1 potential Forest loss (Forest -> unclassified) with Area

Algorithm

on t1 potential Forest loss (Forest -> unclassified) with Rel. a

Algorithm

on t1 potential Forest loss (Forest -> unclassified) with Bright

Algorithm

remove objects

Domain

image object level

Parameter	Value
Level	New Level
Class filter	potential Forest loss (Fores...
Condition	Brightness > 3000
Map	t1
Region	From Parent
Max. number of objects	all



Erfassung von Sturmschäden – Beispiel Friedebach

- Von potenziellen zu tatsächlichen Sturmwurfflächen

on t1 potential Forest loss (Forest -> unclassified) with Area

Algorithm

on t1 potential Forest loss (Forest -> unclassified) with Rel. a

Algorithm

on t1 potential Forest loss (Forest -> unclassified) with Bright

Algorithm

remove objects



Image Object Table

ID	Class	Area (ha)
0	potential Forest loss (Forest -> unclassified)	2.8503000

Custom

Thematic Layer Attribute Table

Active layer: Referenz

No.	SHAPE_Leng	SHAPE_Area
1	1237.95209889	67301.3587418
2	402.002094241	7638.9102119
3	418.156430928	8893.94262679

Beispiel Baumartenbestimmung

- Hohe zeitliche Auflösung der Planet Daten erlaubt Differenzierung anhand der Phänologie:
 - Zeitpunkte kurz vor und kurz nach baumart-typischer Zustandsänderungen.
 - Erfassung und Auswertung baumart-typischer, zeitlicher „Signatur“.
- Insbes. Zustandsänderungen der Belaubung von Laubbäumen charakteristisch und erfassbar.
- Für Nadelbäume meist nur der Nadeltrieb erfassbar (Ausnahme: Lärche).



Quelle: DVD

Beispiel Weihenstephan (Lkrs. Freising)

- Lt. Phänologischem Kalender des DWD sind **folgende Baumarten** anzutreffen:

- Tanne	- Stiel-Eiche	- Eberesche
- Kiefer	- Rotbuche	- Hängebirke
- Lärche	- Esche	- Spitzahorn
- Fichte	- Sommerlinde	- Roßkastanie
- Zwei **Stationen (Weihenstephan und Attenkirchen)**, die erfassten phänologischen Zeitpunkte sind:

- Nadelbäume (außer Lärche):	- Laubbäume
- Nadeltrieb	- Blattaustrieb
- Blüte	- Blattentfaltung
	- Blüte
	- Blattverfärbung
	- Blattfall



Baumartenbestimmung Beispiel Weihenstephan (Lkrs. Freising)

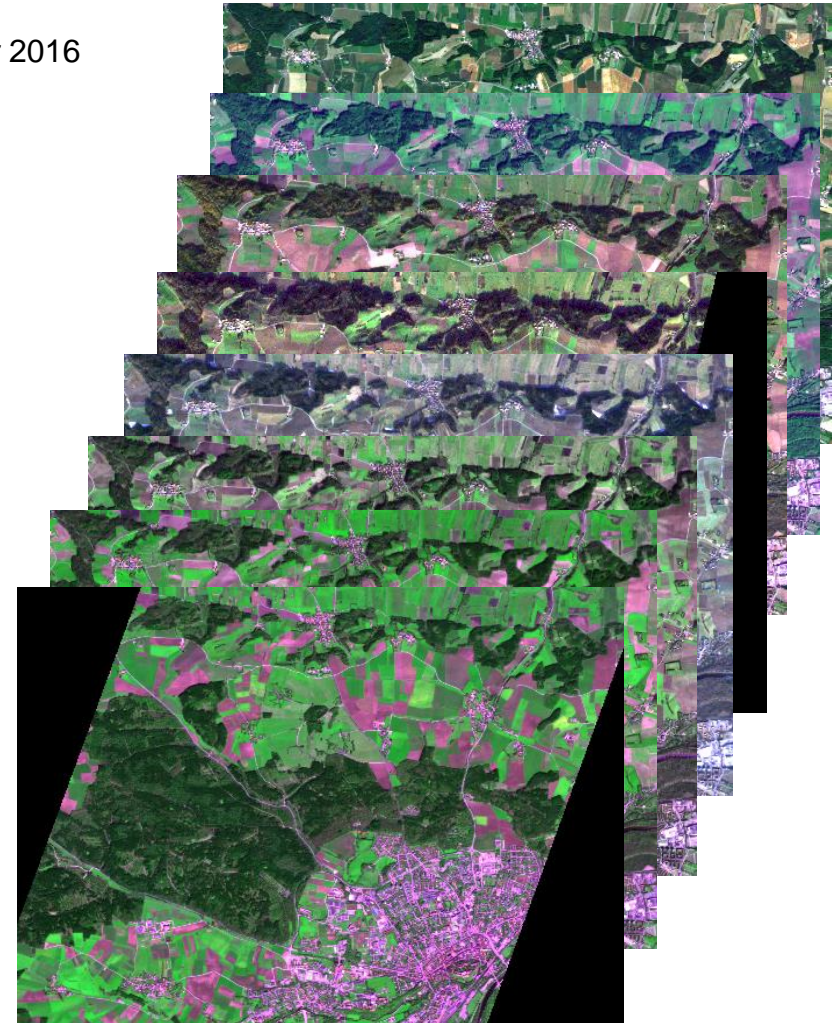
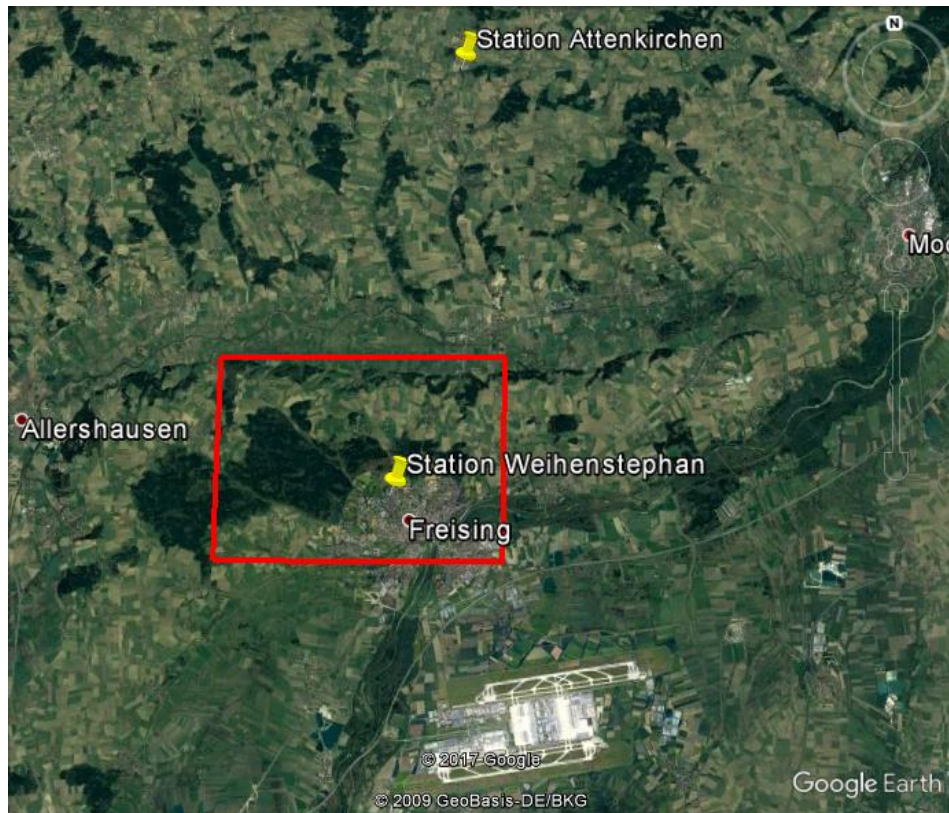
- Verwendete Fernerkundungsdaten und Untersuchungsgebiet: insges. acht Szenen

Rapid Eye:

- 8. Juli 2016
- 31. Oktober 2016
- 10. Dezember 2016
- 15. Februar 2017

Planet Scope:

- 22. September 2016
- 12. März 2017
- 10. April 2017
- 30. April 2017



Baumartenbestimmung durch Erfassung der Phänologie

- Generell **Laub-Nadelwald-Trennung** mittels Ratio aus VI_{t1} und VI_{t0} mit $t0 = \text{Winter}$ und $t1 = \text{Sommer}$ möglich:

$$\text{Ratio} = \frac{VI_{t1}}{VI_{t0}} \quad \begin{array}{l} \Rightarrow \text{Wenn Baum unverändert (} \Leftrightarrow \text{ Nadelbaum), dann Ratio} \approx 1, \\ \Rightarrow \text{Wenn Baum veränderlich, dann Ratio} > 1 \text{ (} \Leftrightarrow \text{ Laubbaum)} \end{array}$$

- Grobe Quantifizierung der **Blattfärbung** mittels VI:

$$VI = \frac{NIR}{Red} \quad \begin{array}{l} \Rightarrow \text{Wenn Blatt vital, dann VI} > 1, \\ \Rightarrow \text{Wenn Blattverfärbung von NIR zu rot, dann VI} < 1 \end{array}$$

- Erfassung des Zeitpunkts der **Blattfärbung** mittels Ratio aus VI_{t1} und VI_{t0} , sofern $t0$ vor, und $t1$ nach der Blattfärbung (und vor dem Blattfall) liegen:

$$\text{Ratio} = \frac{VI_{t1}}{VI_{t0}} \quad \begin{array}{l} \Rightarrow \text{Wenn Baum unverändert, dann VI} \approx 1, \\ \Rightarrow \text{Wenn herbstl. Blattverfärbung zwischen } t0 \text{ und } t1 \text{ eingetreten, dann Ratio} < 1 \end{array}$$

- Erfassung des **Blattfalls** mittels Ratio aus VI_{t1} und VI_{t0} , sofern $t0$ vor, und $t1$ nach dem Blattfall (und nach der Blattfärbung) liegen:

$$\text{Ratio} = \frac{VI_{t1}}{VI_{t0}} \quad \begin{array}{l} \Rightarrow \text{Wenn Baum unverändert, dann VI} \approx 1, \\ \Rightarrow \text{Wenn herbstl. Blattfall zwischen } t0 \text{ und } t1 \text{ eingetreten, dann Ratio} < 1 \end{array}$$

- Erfassung der **Blattentfaltung** mittels Ratio aus VI_{t1} und VI_{t0} , sofern $t0$ vor, und $t1$ nach der Blattentfaltung liegen:

$$\text{Ratio} = \frac{VI_{t1}}{VI_{t0}} \quad \begin{array}{l} \Rightarrow \text{Wenn Baum unverändert, dann VI} \approx 1, \\ \Rightarrow \text{Wenn Blattentfaltung zwischen } t0 \text{ und } t1 \text{ eingetreten, dann Ratio} > 1 \end{array}$$

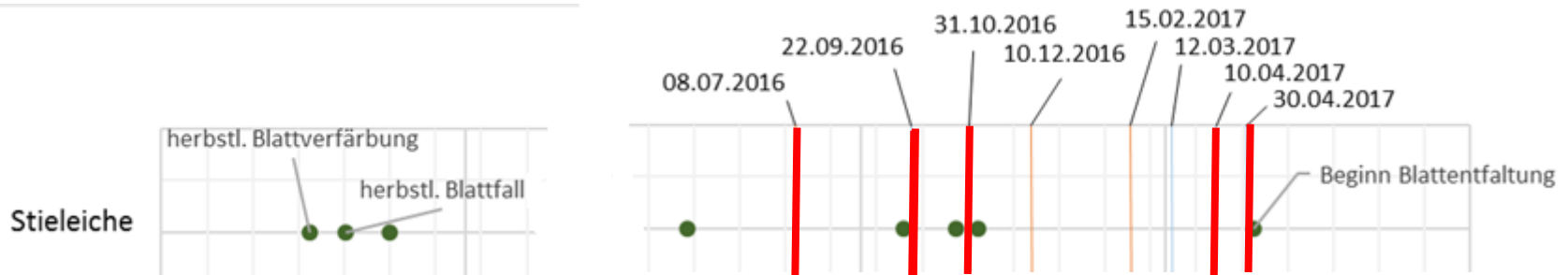
Da o.a. Zustände für jede Baumart charakteristisch sind (phänologischen Zeitpunkte), ist theoretisch eine Baumartbestimmung mittels multi-temporalen Daten möglich.

Voraussetzung: hohe zeitliche Auflösung, so dass baumart-spezifische Zeitpunkte erfasst werden können.

Theoretische Klassifikationsregeln zur Baumartenbestimmung

Stieleiche:

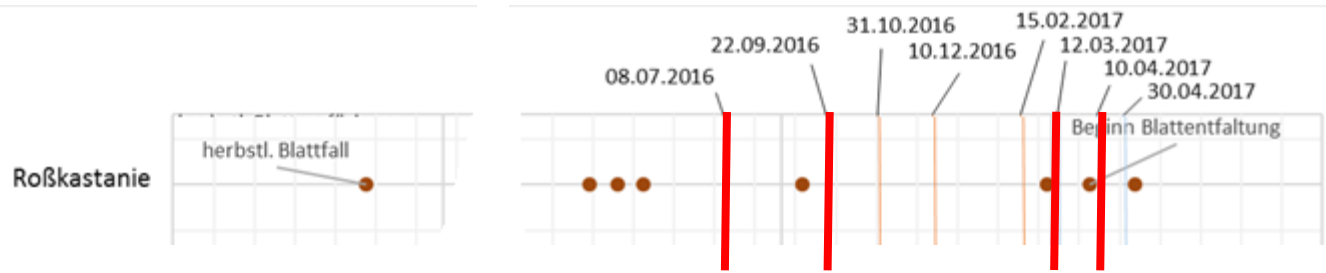
- Blattverfärbung Mitte September $\Rightarrow \frac{VI_{\text{September}}}{VI_{\text{Juli}}} < 1.0$
- Blattfall Mitte Oktober $\Rightarrow \frac{VI_{\text{Oktober}}}{VI_{\text{September}}} < 1.0$
- Blattentfaltung Anfang Mai $\Rightarrow \frac{VI_{\text{Ende April}}}{VI_{\text{Anfang April}}} \approx 1.0$



Theoretische Klassifikationsregeln zur Baumartenbestimmung

Roßkastanie:

- Blattfall Ende August $\Rightarrow \frac{VI_{September}}{VI_{Juli}} < 1.0$
- Blattentfaltung Anfang April $\Rightarrow \frac{VI_{Anfang April}}{VI_{Anfang März}} \approx 1.0$



Theoretische Klassifikationsregeln zur Baumartenbestimmung

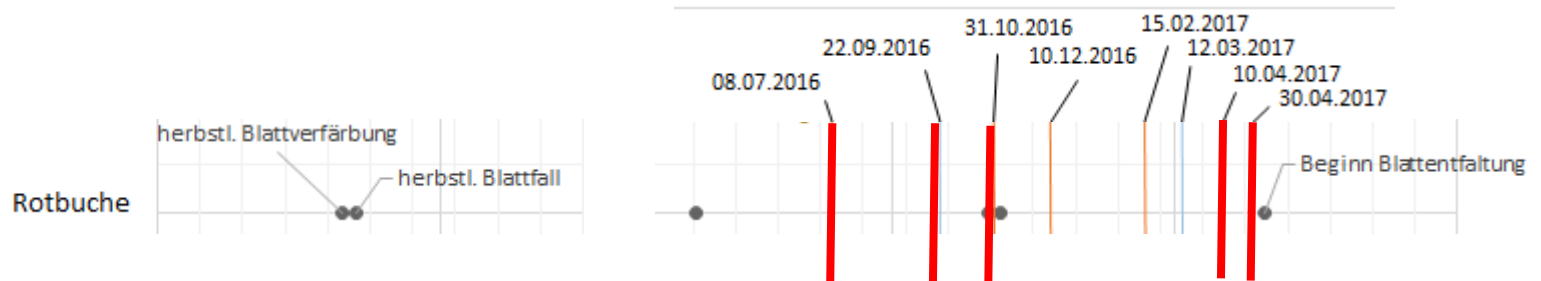
Rotbuche:

- Blattverfärbung und Blattfall Ende Oktober bis Anfang November

$$\Rightarrow \frac{VI_{\text{Oktober}}}{VI_{\text{September}}} < 1.0$$

$$\Rightarrow \frac{VI_{\text{September}}}{VI_{\text{Juli}}} \approx 1.0$$

- Blattentfaltung Anfang Mai $\Rightarrow \frac{VI_{\text{Ende April}}}{VI_{\text{Anfang April}}} \approx 1.0$



Strategie für Analyse mit eCognition

- Erfassung des Walds (Waldmaske) mittels verlinkter maps
 - Jedes Aufnahme-Datum eine Map
 - Eine Main Map mit allen Layern und Zeitpunkten

=> Wald muss in mehreren maps existieren: Wenn Wald in T0 und T1 ... Tn, dann Wald in Main Map

- Pixelweise Differenzierung des Walds in Laub- und Nadelwald mittels Sommer-Winter-Vergleich, direkt in der Main Map durch zeitliche Ratio (Sommer / Winter):

$$\text{Ratio} = \frac{VI_{Sommer}}{VI_{Winter}} \quad \begin{array}{l} \Rightarrow \text{Wenn Baum unverändert } (\Leftrightarrow \text{Nadelbaum}), \text{ dann Ratio} \approx 1, \\ \Rightarrow \text{Wenn Baum veränderlich, dann Ratio} > 1 \text{ } (\Leftrightarrow \text{Laubbaum}) \end{array}$$

- Pixelweise Differenzierung des Laubwalds mittels entsprechender Zeit-Ratio-Regeln direkt in der Main Map:

$$\text{IF } \frac{VI_{September}}{VI_{Juli}} < 1.0 \text{ AND } \frac{VI_{Oktober}}{VI_{September}} < 1.0 \text{ AND } \frac{VI_{Ende April}}{VI_{Anfang April}} \approx 1.0 \text{ THEN } \{\text{Stieleiche}\}$$

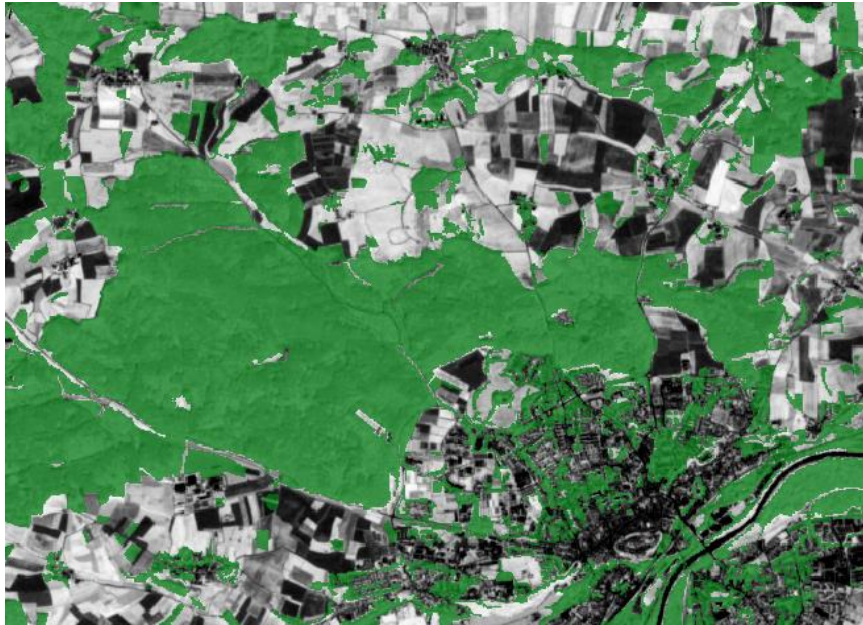
$$\text{IF } \frac{VI_{September}}{VI_{Juli}} < 1.0 \text{ AND } \frac{VI_{Anfang April}}{VI_{Anfang März}} \approx 1.0 \text{ THEN } \{\text{Roßkastanie}\}$$

$$\text{IF } \frac{VI_{Oktober}}{VI_{September}} < 1.0 \text{ AND } \frac{VI_{September}}{VI_{Juli}} \approx 1.0 \text{ AND } \frac{VI_{Ende April}}{VI_{Anfang April}} \approx 1.0 \text{ THEN } \{\text{Rotbuche}\}$$

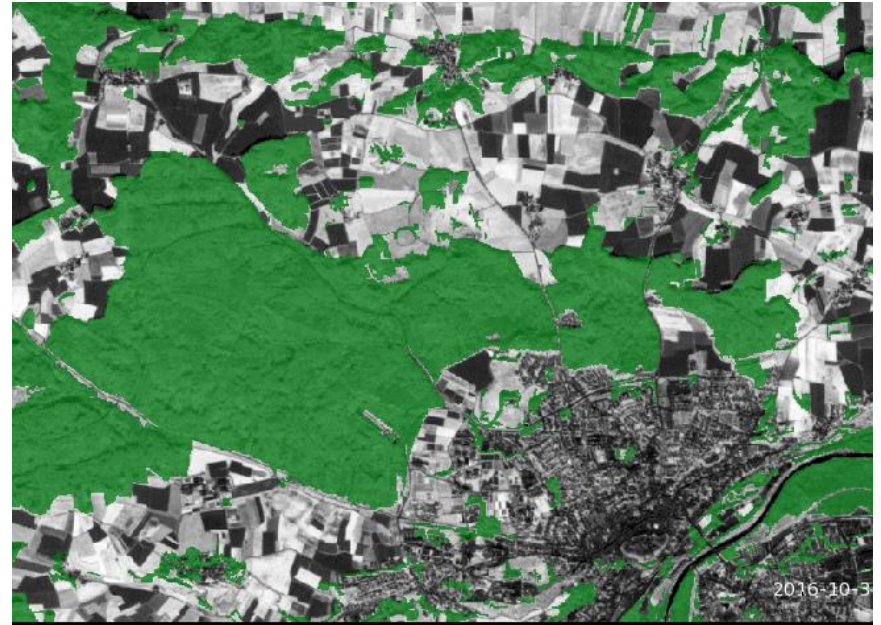
Theoretische Klassifikationsregeln umgesetzt in eCognition

Erstellen einer Waldmaske

Klassifikation zweier Szenen



22. Sept. 2016 Planet Scope

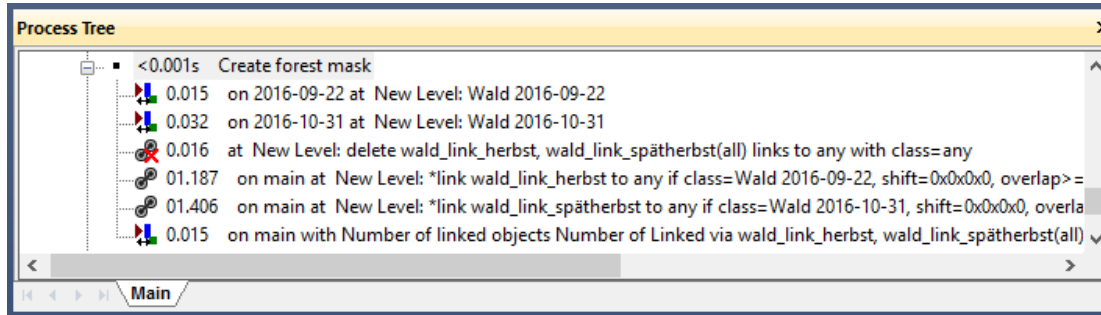


31. Okt. 2016 Rapid Eye

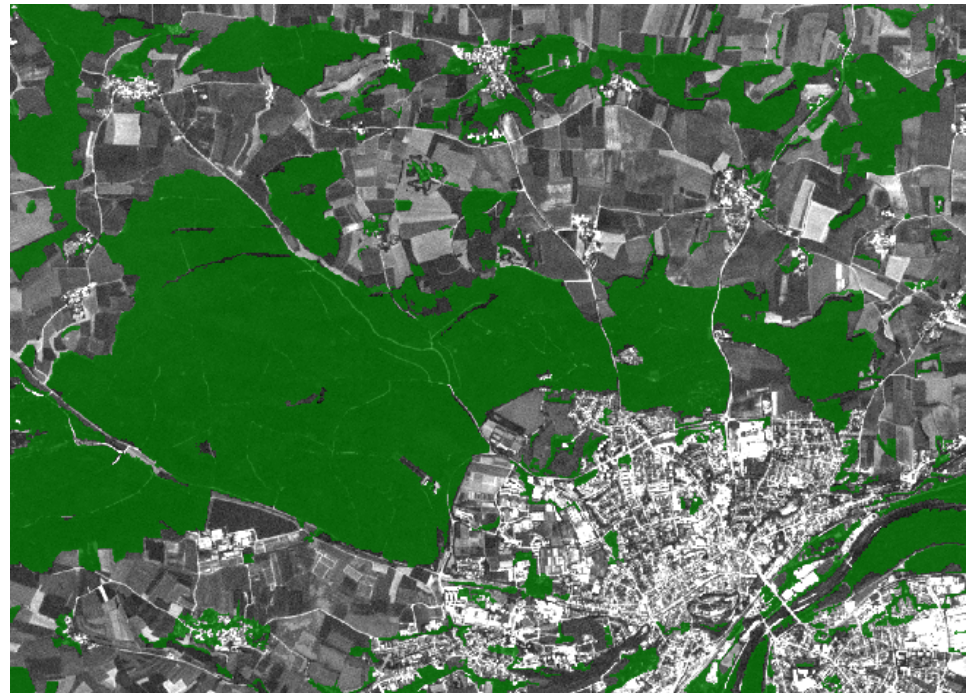
Theoretische Klassifikationsregeln umgesetzt in eCognition

Erstellen einer Waldmaske

Wald dort, wo in beiden Szenen Wald:



IF (No. of linked Obj. {Wald} with [22. Sept. 2016 Planet Scope])
 AND No. Of linked Obj. {Wald} with [31. Okt. 2016 Rapid Eye] \geq 2
THEN {Wald} in main map.

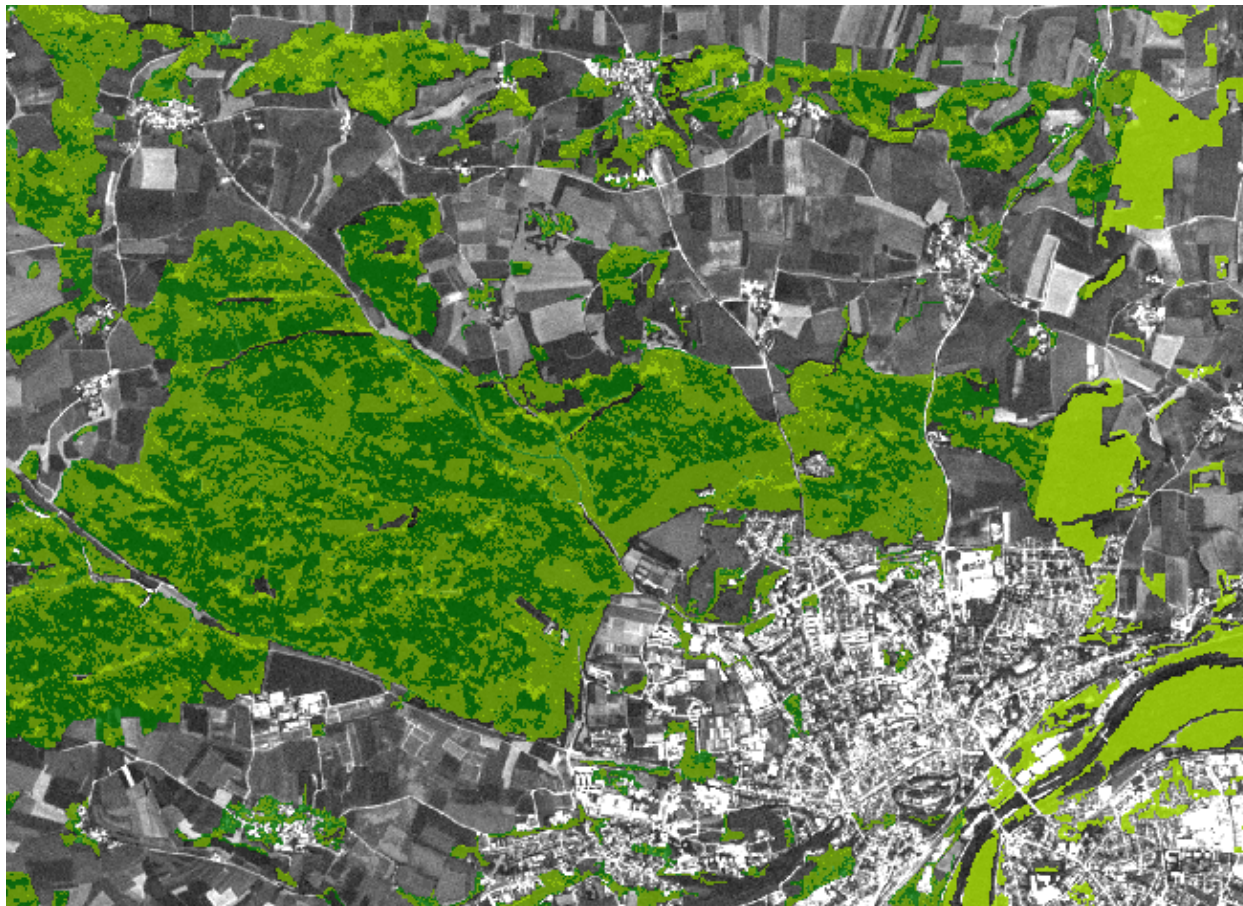


Theoretische Klassifikationsregeln umgesetzt in eCognition

Differenzierung der Waldmaske in Laub- und Nadelbäume, bzw. sonstigen Bewuchs

Verwendung der Sommer-Winter-Ratio des VI:

$$\Rightarrow \frac{VI_{Sommer}}{VI_{Winter}} > 1.0 \Leftrightarrow \text{Laubbaum}; \frac{VI_{Sommer}}{VI_{Winter}} \approx 1.0 \Leftrightarrow \text{Nadelbaum}$$



Legend

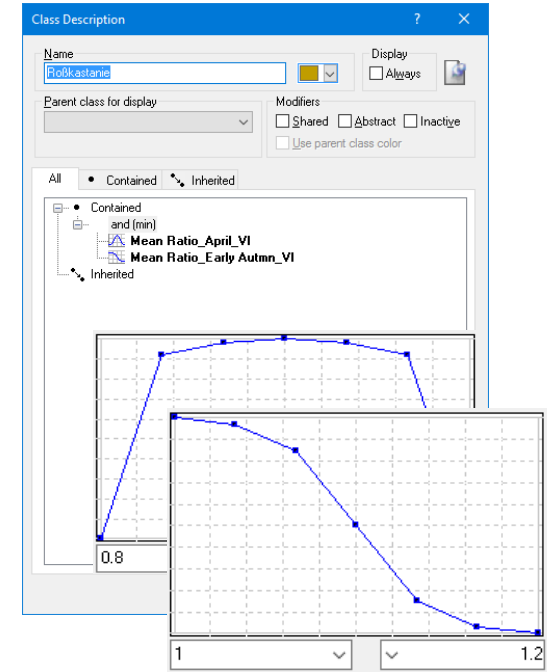
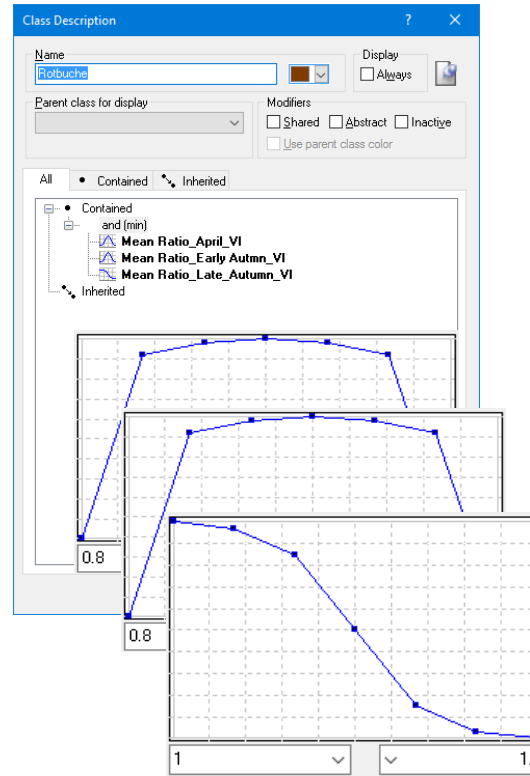
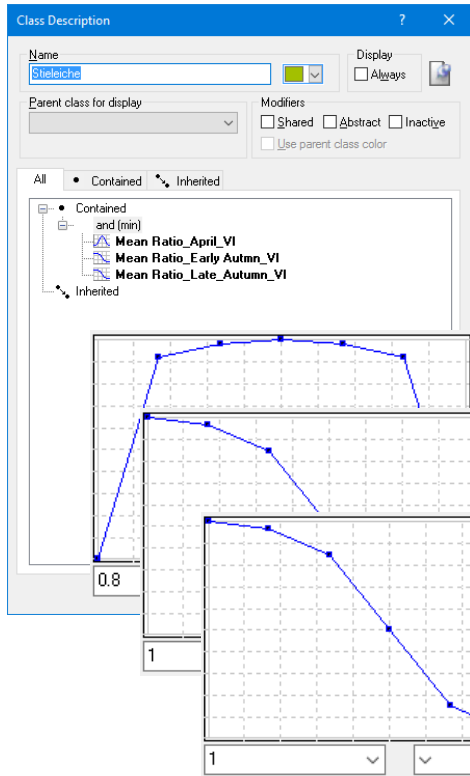
Active class

- Nadelbaum
- Laubbaum
- sonstige Bestockung

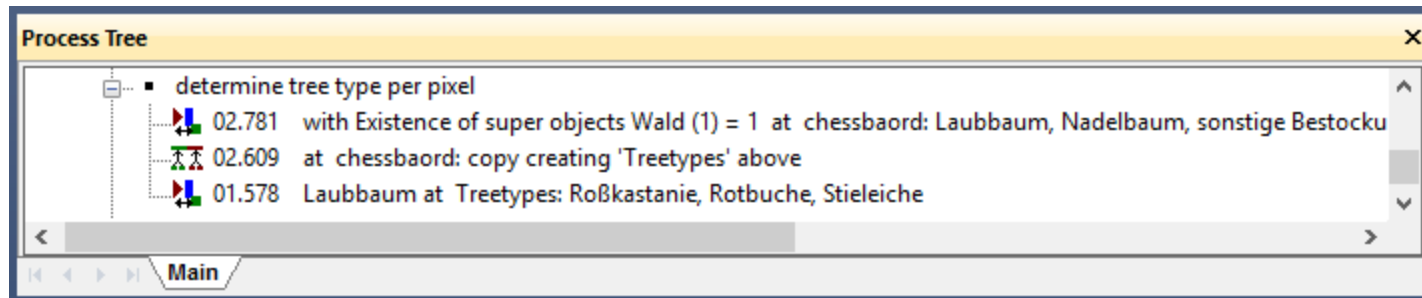
Class Hierarchy Legend

Theoretische Klassifikationsregeln zur Baumartenbestimmung

Als Fuzzy Regeln:

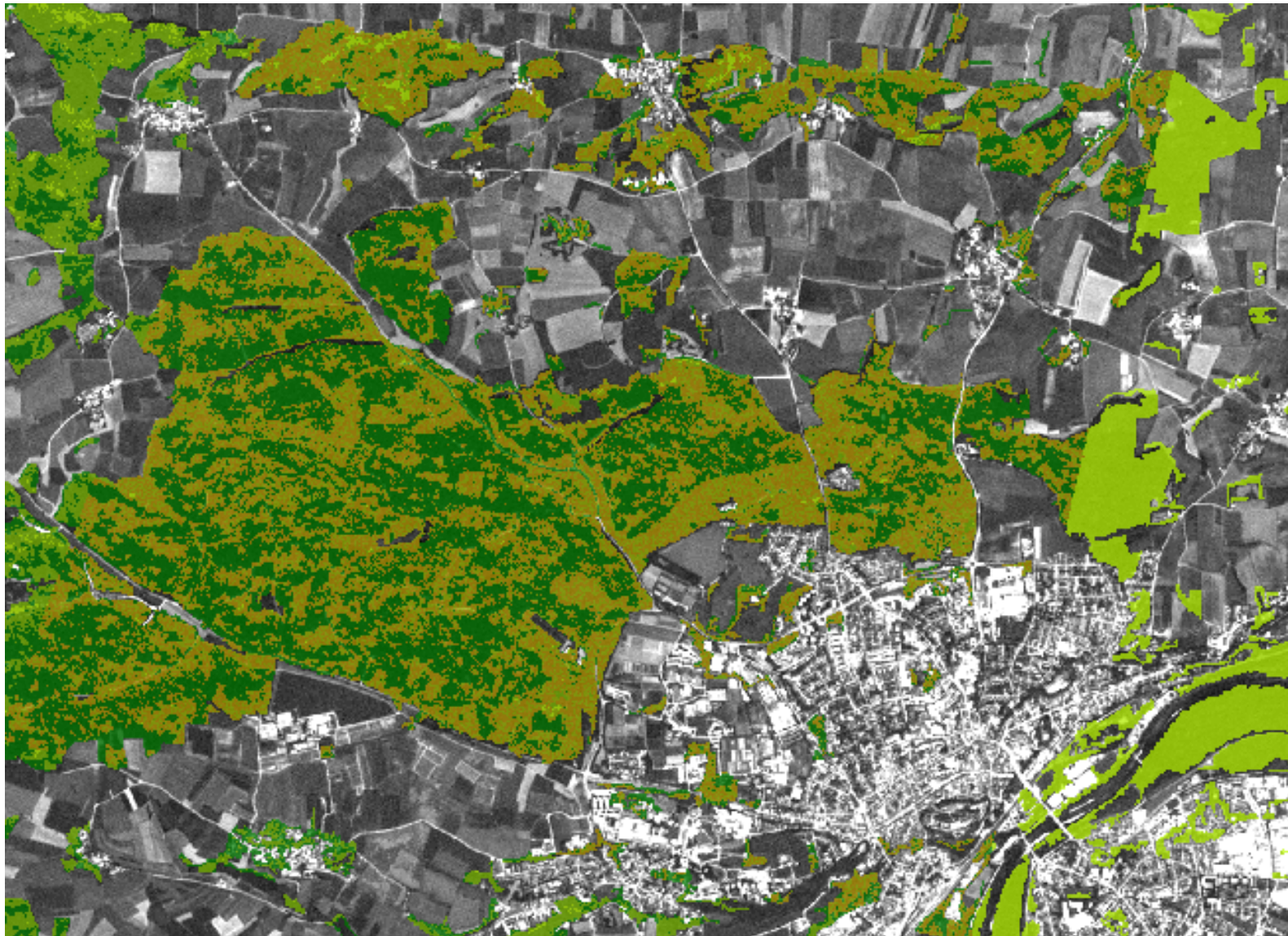


Angewandt auf alle Laubbaum-Objekte:



Theoretische Klassifikationsregeln zur Baumartenbestimmung

Angewandt auf alle Laubbaum-Objekte als Fuzzy-Klassifikationsregeln:



Legend ✕

Active class

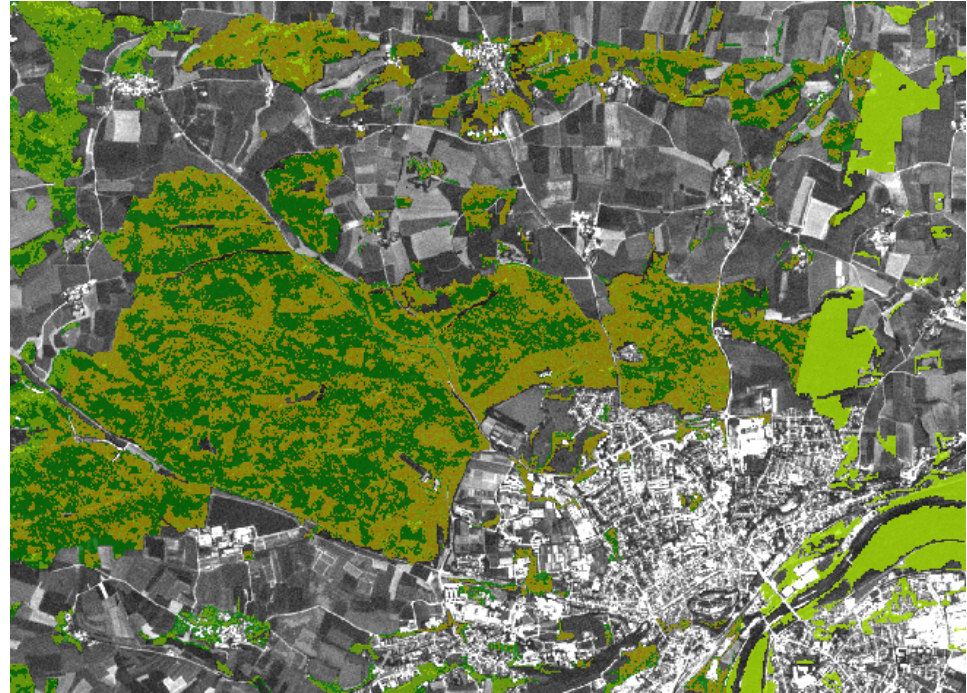
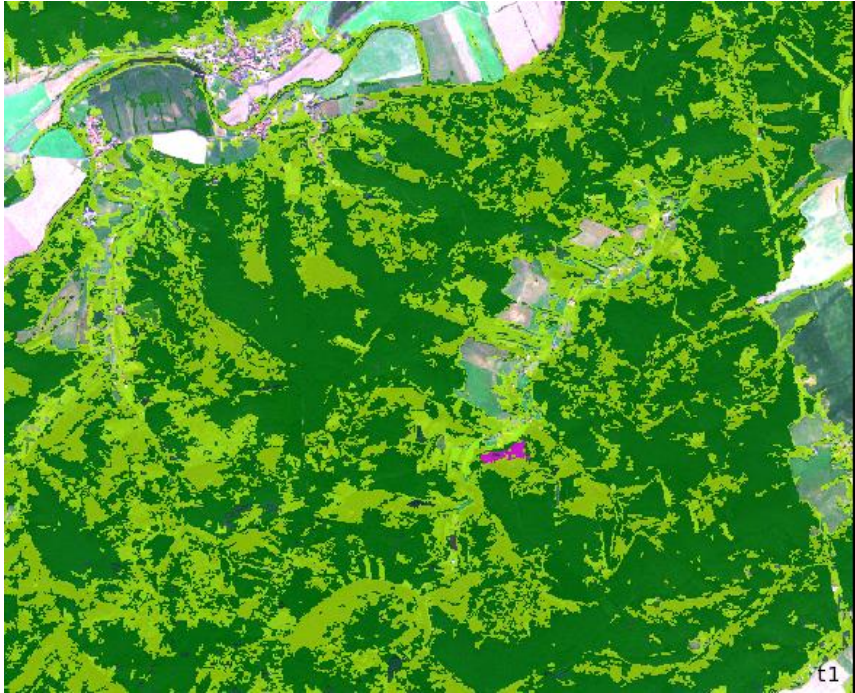
- Stieleiche
- Roßkastanie
- Rotbuche
- Nadelbaum
- Laubbaum
- sonstige Bestockung

Class Hierarchy Legend

$$\mu_{\min} = 0.5$$

Ergebnisse und Ausblick

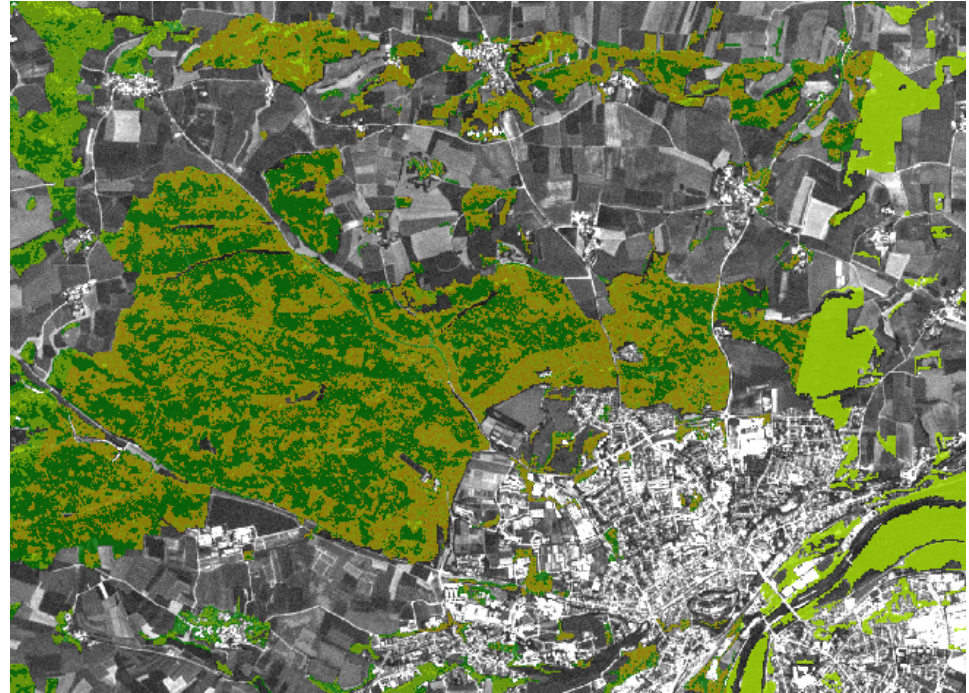
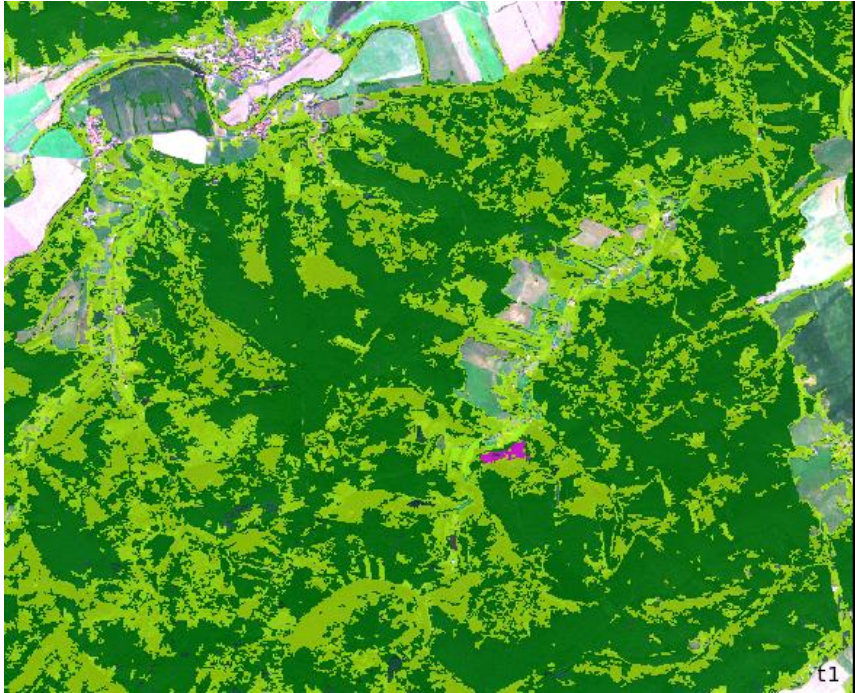
Ergebnisse und Ausblick



- Erste Ergebnisse vielversprechend
- Hohe zeitliche Auflösung der Planet-Daten:
 - Erlaubt zeitnahe Erfassung von Kalamitäten
 - Präzise Erfassung des tatsächlichen Schadens
 - Hat Potenzial zur Differenzierung von Baumarten

- Hohe zeitl. Auflösung der Planet Daten noch nicht gegeben
- Dadurch noch keine „phänologische Signatur“ möglich (z.B. typischer Verlauf des NDVI, des VI des Rot- und IR-Anteils, etc.)
- Validierung der bisherigen Ergebnisse noch ausständig.
- Lediglich methodischer Ansatz (kein „Feintuning“).

Ergebnisse und Ausblick



- Weitere Anwendungsmöglichkeiten:
 - Erfassung von Schädlingsbefall (Borkenkäfer) => präzisere Ausbreitungsmodelle.
 - Generelle Waldinventur durch zeitlich hochaufgelöstes Monitoring.
 - ...
- Hohes Automatisierungspotenzial mit eCognition.
- Objekt-Links erlauben vielseitige raum-zeitliche Analysen.
- Wünschenswert: (einfacheres) Handling heterogener, multi-temporalen Bilddaten.

Fragen & Diskussion