

# Machbarkeitsstudie zur Nutzung von Satellitenfernerkundungsdaten (Copernicus) für Zwecke der Ableitung ökologischer Belastungsgrenzen und der Verifizierung von Indikatoren der Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel

Nationales Forum für Fernerkundung und Copernicus 2017  
Copernicus@Work  
Berlin, 15.03.2017



**Gunter Zeug**

**Terranea UG** (haftungsbeschränkt)  
Bahnhofstr. 120, 82269 Geltendorf

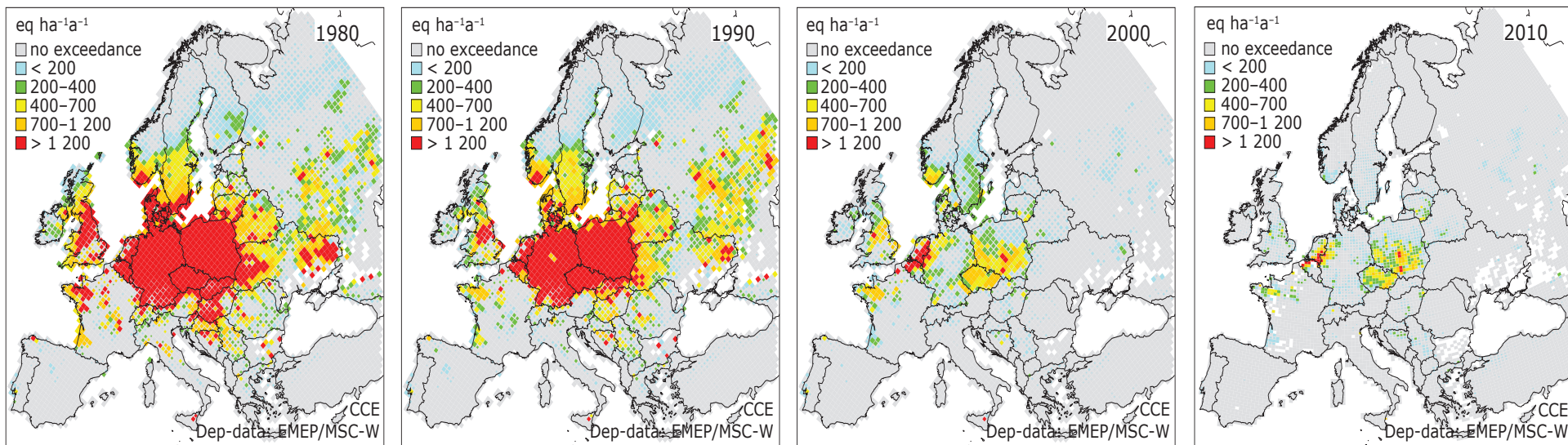


**Clement Atzberger & Markus Immitzer**

**Universität für Bodenkultur Wien**  
Department für Raum, Landschaft und Infrastruktur  
Institut für Vermessung, Fernerkundung und Landinformation

# 1 - Ökologische Belastungsgrenzen für Versauerung

- Kritische Belastungsraten für luftgetragene Stickstoff- und Schwefeleinträge, bei deren Überschreitung nach heutigem Stand des Wissens schädliche Veränderungen von Struktur und Funktion eines Ökosystems langfristig nicht ausgeschlossen werden können.

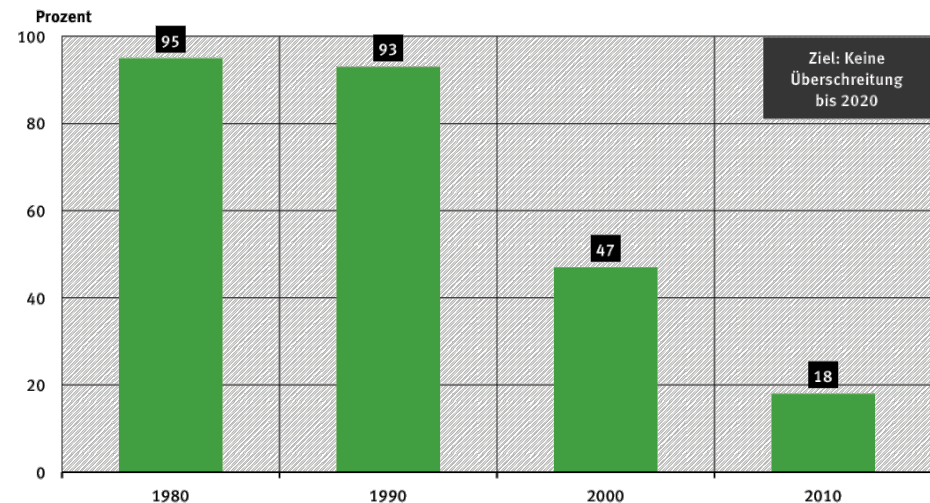


Durchschnittliche Überschreitung kritischer Belastungsraten für Versauerung 1980, 1990, 2000 und 2010), EEA (2014)

# 1 - Ökologische Belastungsgrenzen für Versauerung

- 2010 lagen auf etwa 18 % der Waldfläche die atmosphärischen Säureeinträge noch immer über den kritischen Belastungsschwellen
- Folgen:
  - Nährstoffungleichgewichten in Böden und Pflanzen
  - Bäume anfälliger für Windwurf, Austrocknung und Frostschäden
  - Erhöhtes Risiko für Schädlingsbefall
  - Veränderung der Bodenvegetation mit Folgen für die biologische Vielfalt
  - Erhöhte Nitratauswaschungen ins Grundwasser

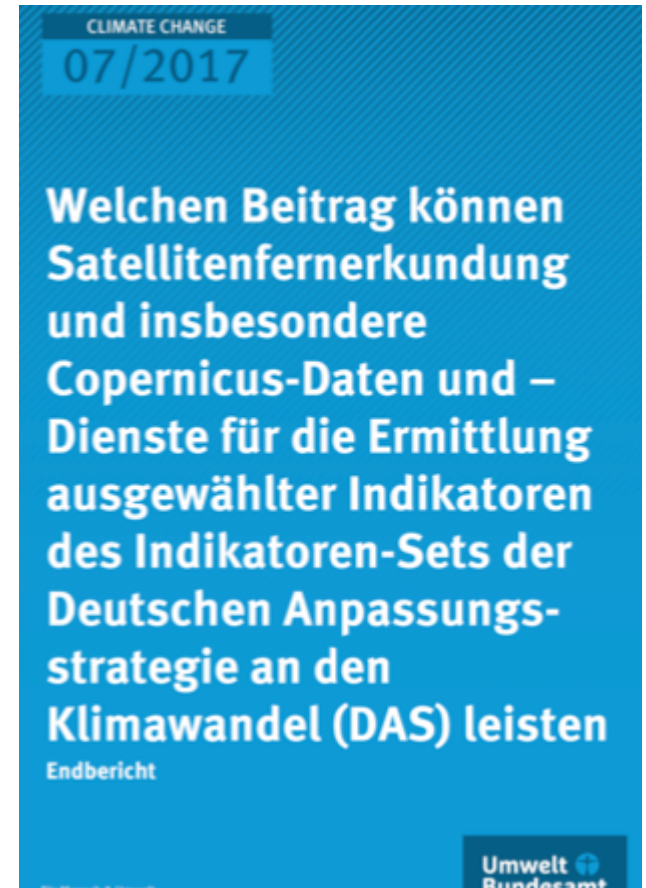
Flächenanteile mit Überschreitung der Belastungsgrenzen für Versauerung



Quelle: Europäische Umweltagentur (EEA), Technical Report No.11, 2014

## 2 – Verifizierung von Indikatoren der DAS

- Der globale Klimawandel bedeutet eine große Herausforderung für die Forstwirtschaft und erfordert eine kontinuierliche Standortanpassung.
- DAS Indikatoren
  - FW-I-7: Waldzustand
  - FW-I-1: Baumartenzusammensetzung in Naturwaldreservaten



# Projektziel & Komponenten

- Dem UBA eine belastbare Entscheidungsgrundlage für eine eventuell nachfolgende bundesweite Kartierung von Wald- und Forstökosystemtypen mit ihren Baumarten in die Hand zu geben
- Klassifizierung von 11 Baumarten: Fichte, Kiefer, Rotbuche, Traubeneiche, Stieleiche, Birke, Esche, Schwarzerle, Lärche, Douglasie und Bergahorn (90 % der dt. Waldfläche)
- Komponenten
  - Analyse geeigneter Daten und Methoden zur satellitengestützten Ableitung von Baumarten
  - Entwicklung eines methodischen Konzepts für die Ableitung einer bundesweiten Karte der Hauptbaumarten
  - Bearbeitung von Fallstudien anhand repräsentativer Testgebiete
  - Erfassung und Bereitstellung von Daten zur bundesweiten Validierung (sowie für die Modellerstellung)
  - Bedarfserfassung von anderen Bundeseinrichtungen und Ressorts

# Bedarfe

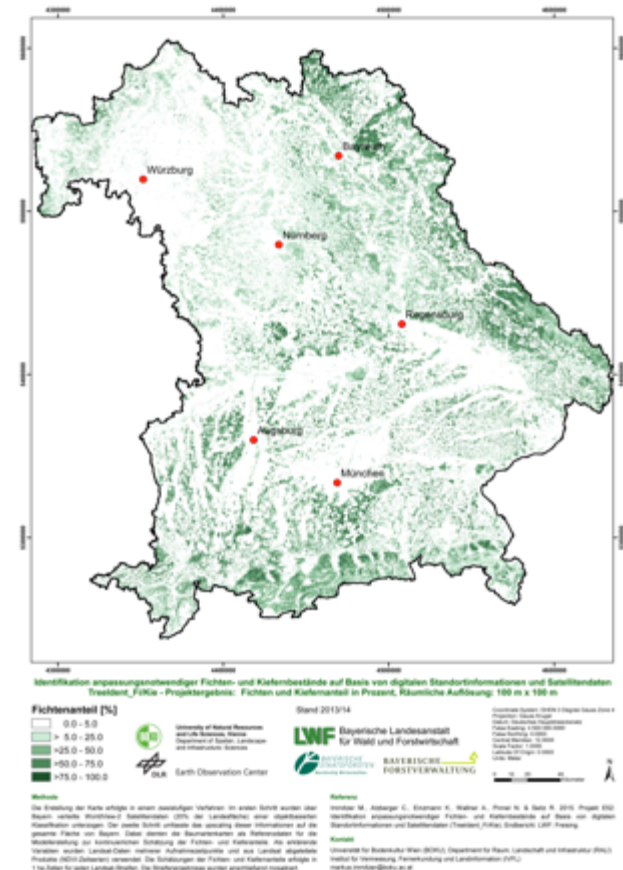
- Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS)
- Synergien im Rahmen der Bundeswaldinventur (BWI)
- „Datenspeicher Wald“ - gemeinschaftliches forstliches Informationssystem mehrerer Bundesländer
- Bedarfe und Anwendungsmöglichkeiten bei Landesbehörden
- Privatwaldbesitzer

# Waldkarten – gibt's doch schon

- bislang lediglich in einzelnen Bundesländer FE-basierte Verbreitungskarten auf Baumartenniveau, z.B. Fichten- und Kiefernkarten Bayern
- Copernicus HRL Forest Type & Tree Cover Density



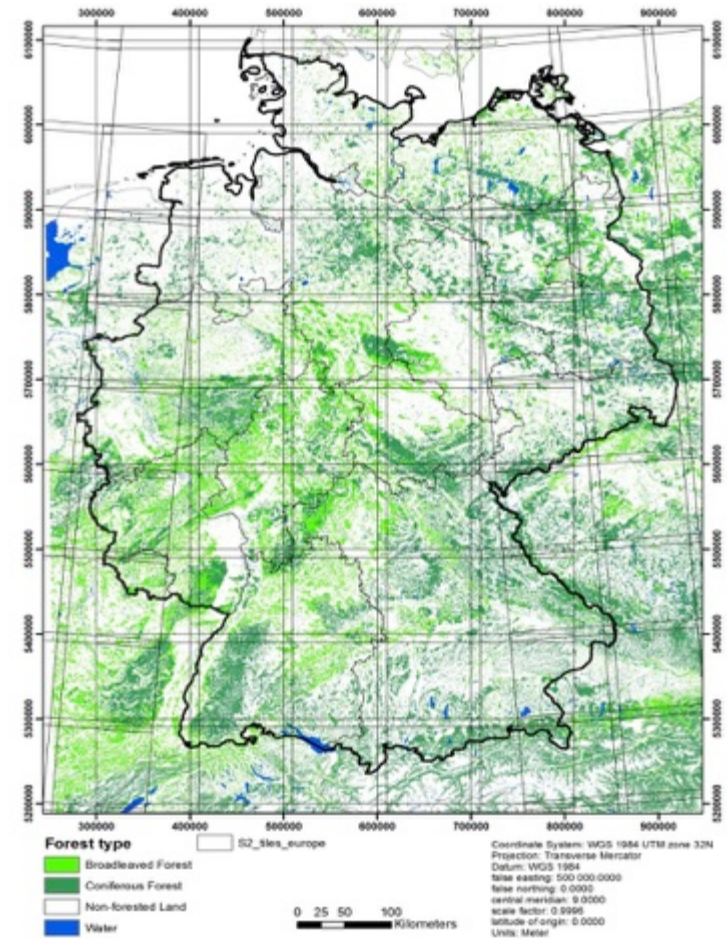
Ausschnitt aus der Copernicus HRL Forest Cover Map 2012



Fichtenbestände Bayern, LWF, BOKU, DLR

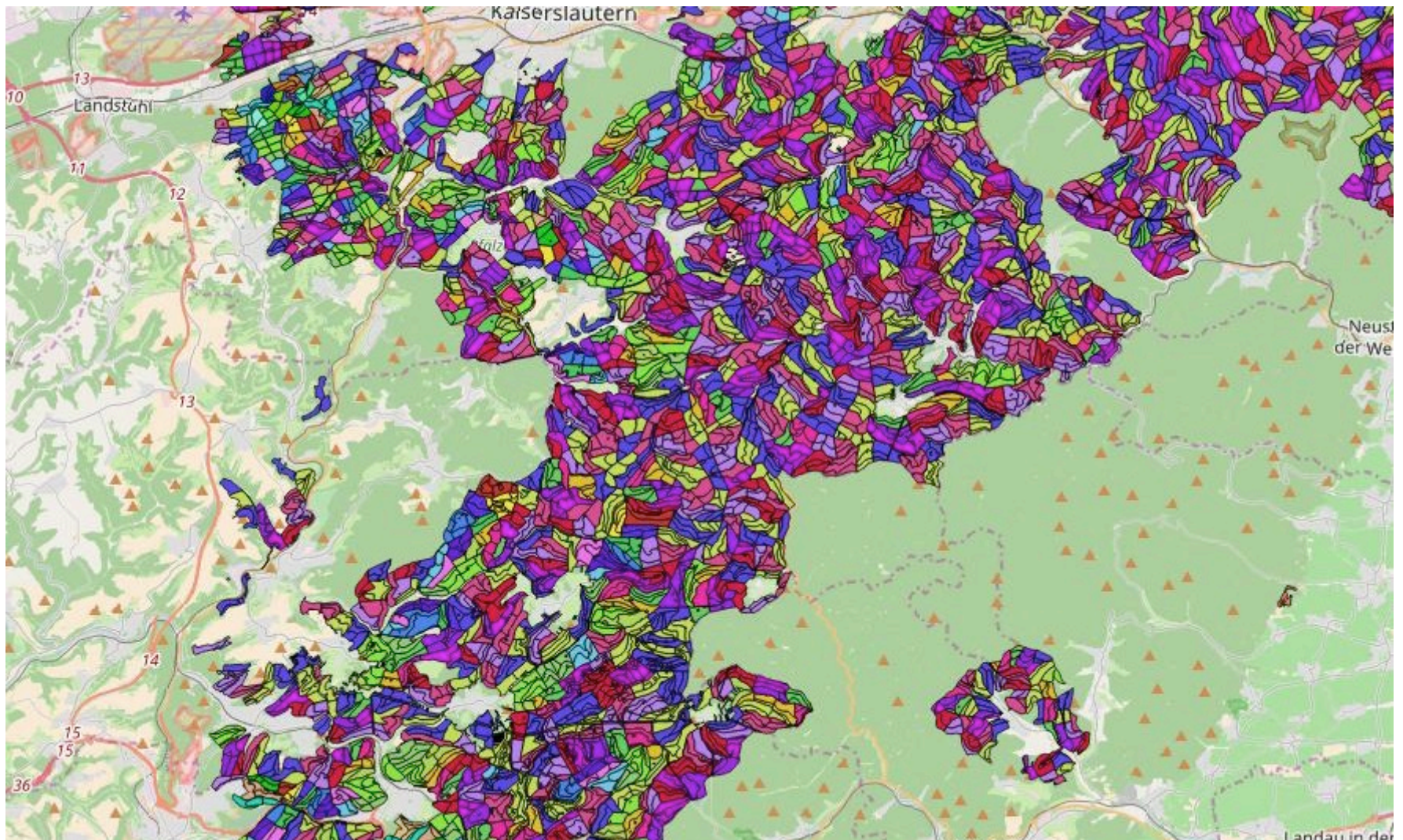
# Anforderungen für eine bundesweite Kartierung

- Prozessierung von „Big Data“
- 65 Kacheln (100 x 100 km<sup>2</sup>) um Deutschland abzudecken
- Ca. 600 MB pro granule
- Ca. 40 TB Deutschland monotemporal!



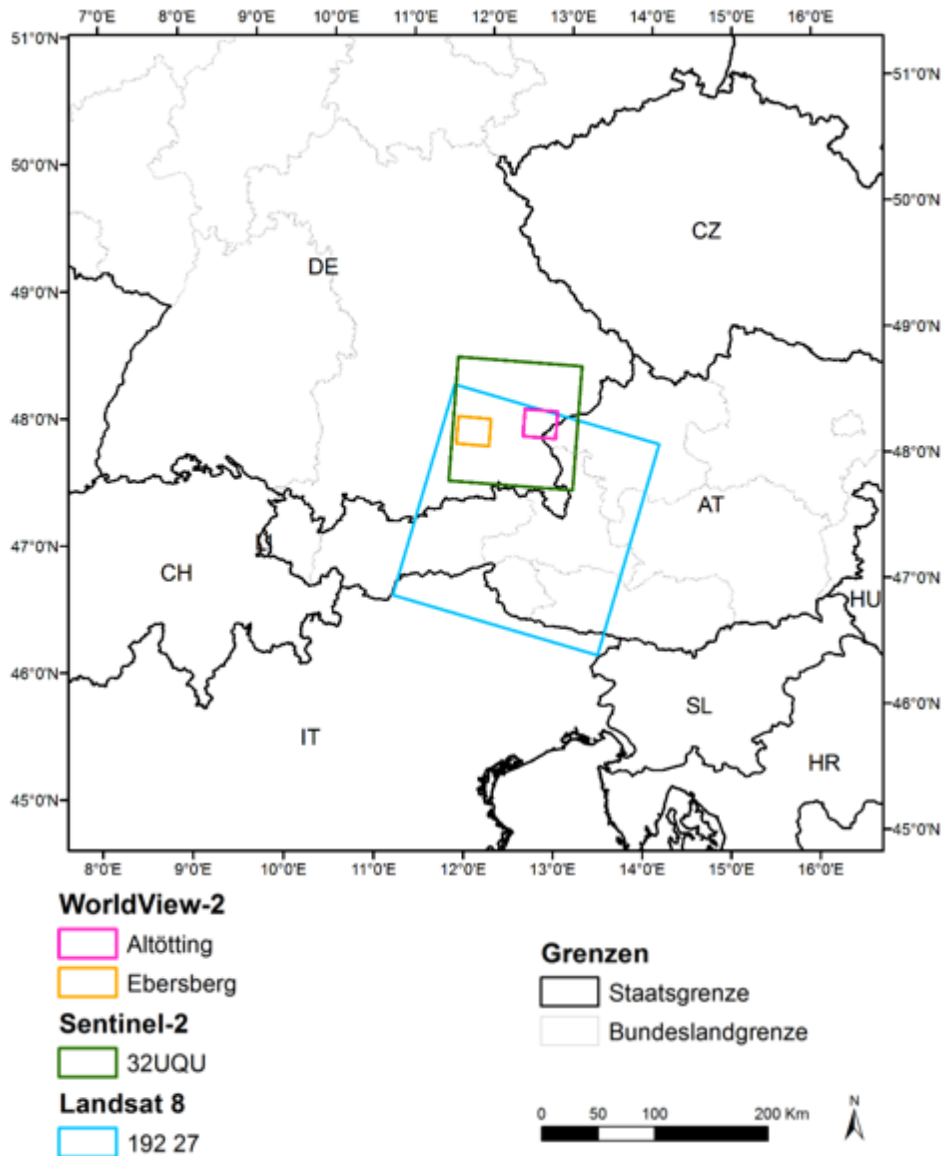


# Referenzdaten



Forsteinrichtungsdaten Pfälzer Wald, Landesforsten Rheinland-Pfalz

# Sentinel-2 mono-temporal – first results



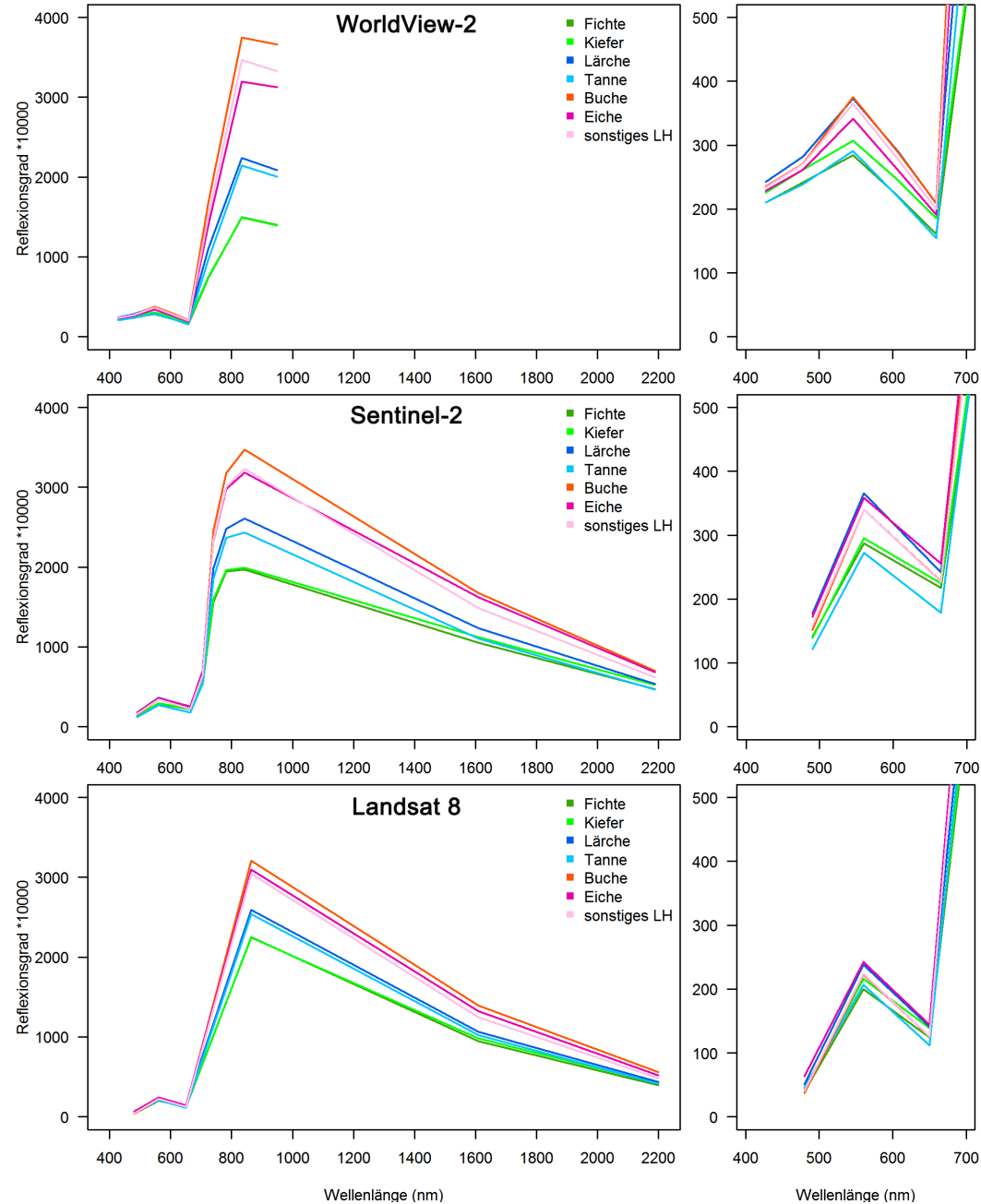
Baumart		Occurance
Fichte	<i>Picea abies, (L) Karst.</i>	dominant
Buche	<i>Fagus sylvatica, L.</i>	sub-dominant
Kiefer	<i>Pinus sylvestris, L.</i>	sub-dominant
Eichen	<i>Quercus sp.</i>	sub-dominant
Tanne	<i>Abies alba, Mill.</i>	vorkommend
Lärche	<i>Larix decidua, Mill.</i>	vorkommend
Douglasie	<i>Pseudotsuga menziesii</i>	vorkommend
Hainbuche	<i>Carpinus betulus, L.</i>	vorkommend
Ahorne	<i>Acer sp.</i>	vorkommend
Birken	<i>Betula sp.</i>	vorkommend
Erlen	<i>Alnus sp.</i>	vorkommend
Weiden	<i>Salix sp.</i>	vorkommend

- 7 Baumartenklassen analysiert:  
Fichte, Kiefer, Lärche, Tanne  
Buche, Eiche, sonst. Laubholz

(Immitzer et al. 2016, Dreiländertagung der DGPF, der OVG und der SGPF)

# Sentinel-2 mono-temporal

- Referenzpolygone: Objektmetriken für alle Spektralkanäle berechnet
- Spektrale Signaturen basieren auf den durchschnittlichen Objektmittelwerten
- Sehr ähnliche Verläufe, WV2 und S2 etwas mehr Dynamik im VIS Bereich



(Immitzer et al. 2016, Dreiländertagung der DGPF, der OVG und der SGPF)

# Modellergebnisse

- WorldView-2
  - 8 Spektralkanäle
  - 2 m räumliche Auflösung
  - Höchste Klassifikationsgenauigkeit
  
- Sentinel-2
  - 4+6 Spektralkanäle
  - 10/20 m räumliche Auflösung
  
- Landsat 8
  - 6 Spektralkanäle
  - 30 m räumliche Auflösung

WV2		Referenz								
		Fichte	Kiefer	Lärche	Tanne	Buche	Eiche	soLH	Σ	NG
Klassifiziert als	Fichte	121	5	5	6	0	0	3	140	0.864
	Kiefer	2	42	3	0	0	0	0	47	0.894
	Lärche	4	3	48	1	0	1	2	59	0.814
	Tanne	1	0	0	22	0	2	2	27	0.815
	Buche	0	0	0	0	73	11	26	110	0.664
	Eiche	0	0	1	3	5	33	14	56	0.589
	soLH	0	0	0	1	15	12	33	61	0.541
	Σ	128	50	57	33	93	59	80	500	
	PG	0.945	0.840	0.842	0.667	0.785	0.559	0.413	GG	0.744
									Kappa	0.691

S2		Referenz								
		Fichte	Kiefer	Lärche	Tanne	Buche	Eiche	soLH	Σ	NG
Klassifiziert als	Fichte	70	14	3	3	0	0	0	90	0.778
	Kiefer	2	5	0	0	0	0	0	7	0.714
	Lärche	1	1	28	1	0	3	4	38	0.737
	Tanne	2	0	3	19	2	0	2	28	0.679
	Buche	0	0	0	2	48	10	8	68	0.706
	Eiche	1	1	2	0	1	9	6	20	0.450
	soLH	1	0	2	1	15	10	37	66	0.561
	Σ	77	21	38	26	66	32	57	317	
	PG	0.909	0.238	0.737	0.731	0.727	0.281	0.649	GG	0.681
									Kappa	0.611

LS8		Referenz								
		Fichte	Kiefer	Lärche	Tanne	Buche	Eiche	soLH	Σ	NG
Klassifiziert als	Fichte	50	13	5	9	3	4	5	89	0.562
	Kiefer	6	4	0	1	0	0	0	11	0.364
	Lärche	6	3	22	4	2	2	3	42	0.524
	Tanne	3	0	1	4	1	0	2	11	0.364
	Buche	6	1	2	4	41	12	12	78	0.526
	Eiche	3	0	2	1	5	6	6	23	0.261
	soLH	3	0	6	3	14	7	29	62	0.468
	Σ	77	21	38	26	66	31	57	316	
	PG	0.649	0.190	0.579	0.154	0.621	0.194	0.509	GG	0.494
									Kappa	0.380

(Immitzer et al. 2016, Dreiländertagung der DGPF, der OVG und der SGPF)

# Modellanwendung

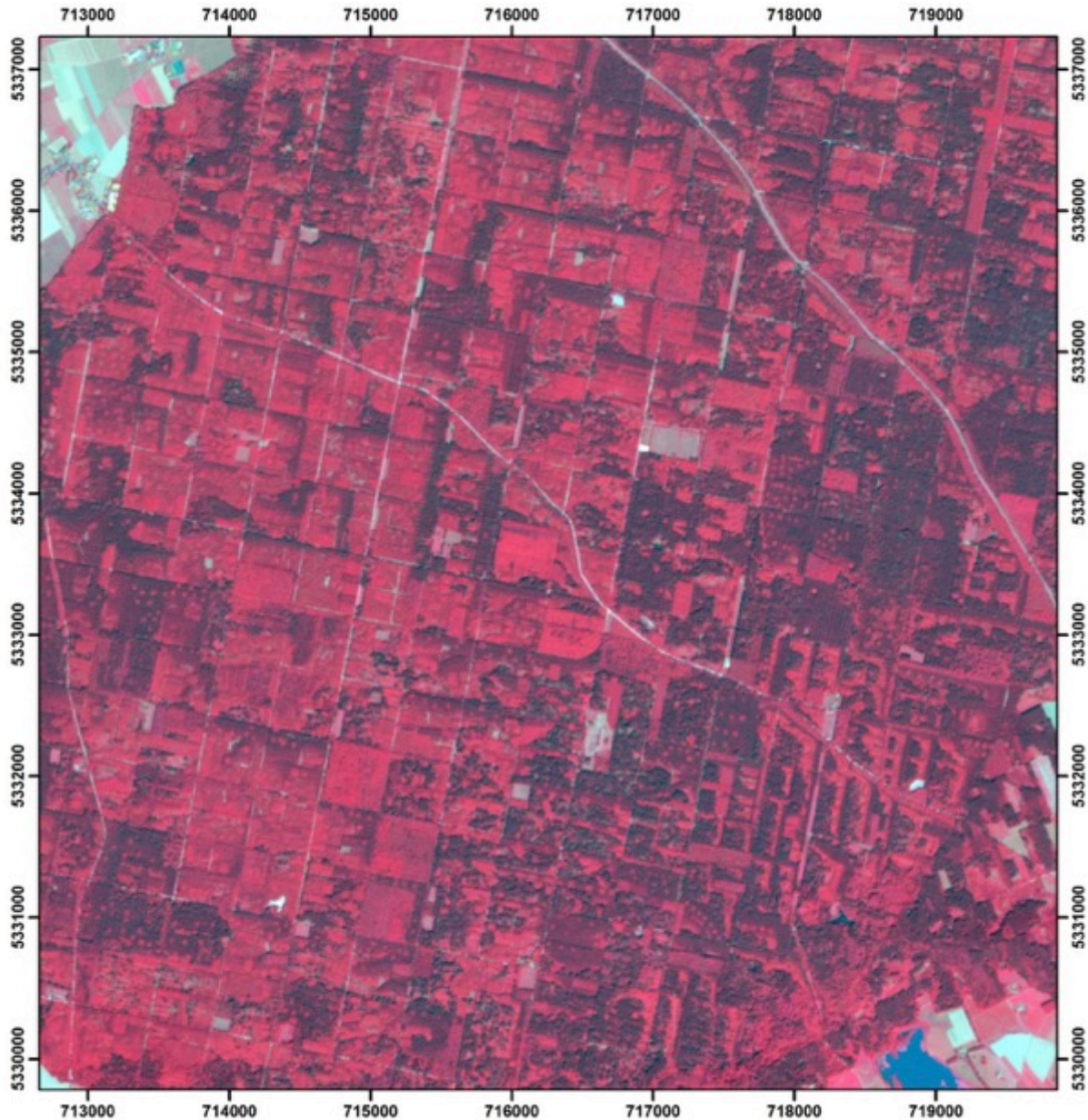
- Sentinel-2 CIR Darstellung

## Sentinel-2

### RGB

-  Red: Band\_4
-  Green: Band\_3
-  Blue: Band\_2

0 250 500 1 000 M



(Immitzer et al. 2016, Dreiländertagung der DGPF, der OVG und der SGPF)

# Modellanwendung

- Pixelbasierter Ansatz

Immitzer et al. 2016, Remote Sensing

## Klassifikationsergebnis

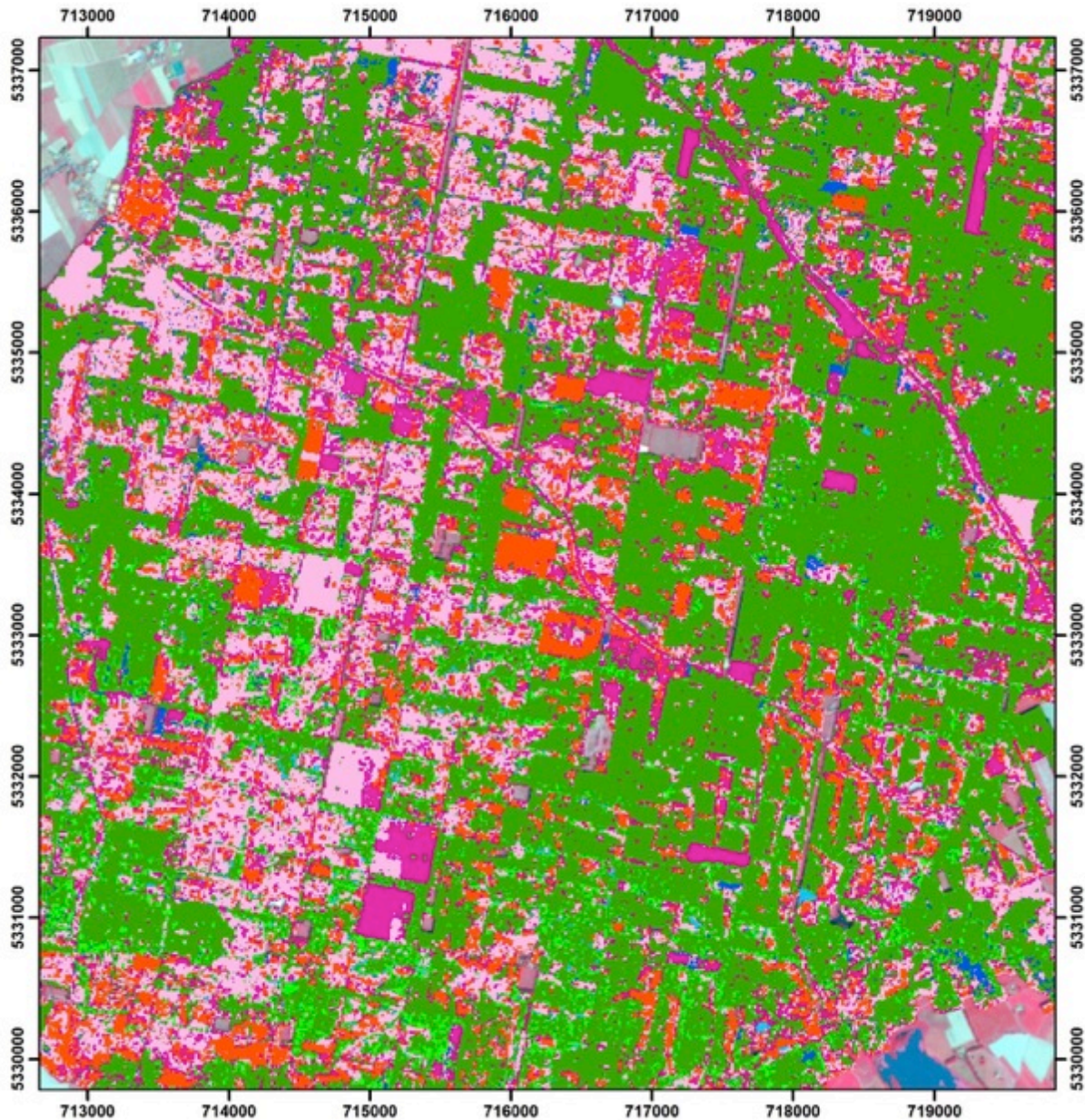


## Sentinel-2

### RGB



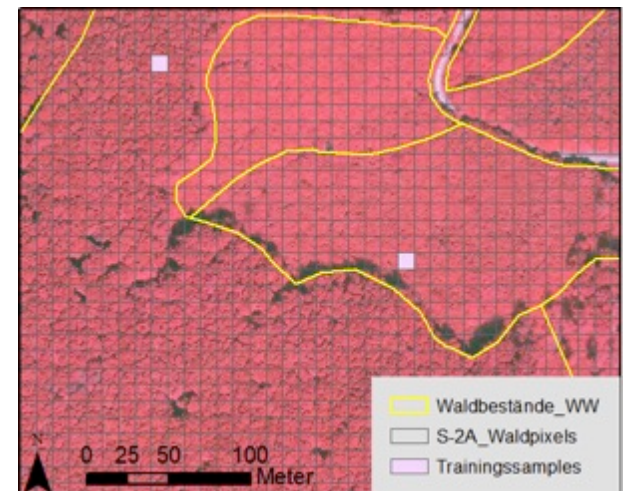
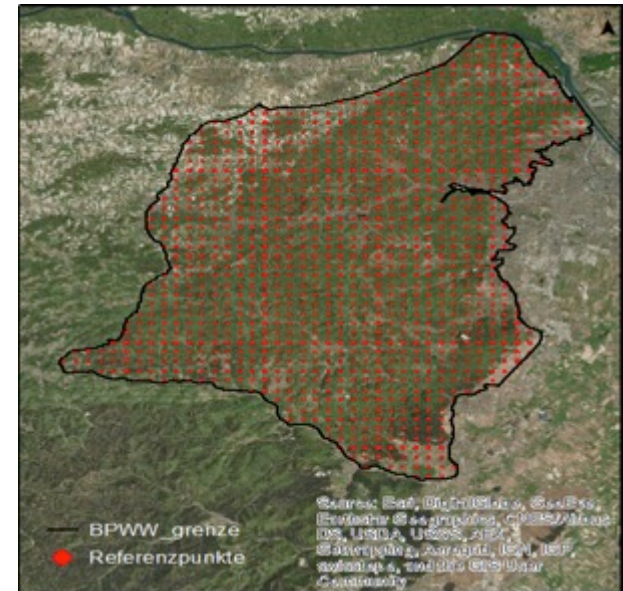
0 250 500 1 000 M



(Immitzer et al. 2016, Dreiländertagung der DGPF, der OVG und der SGPF)

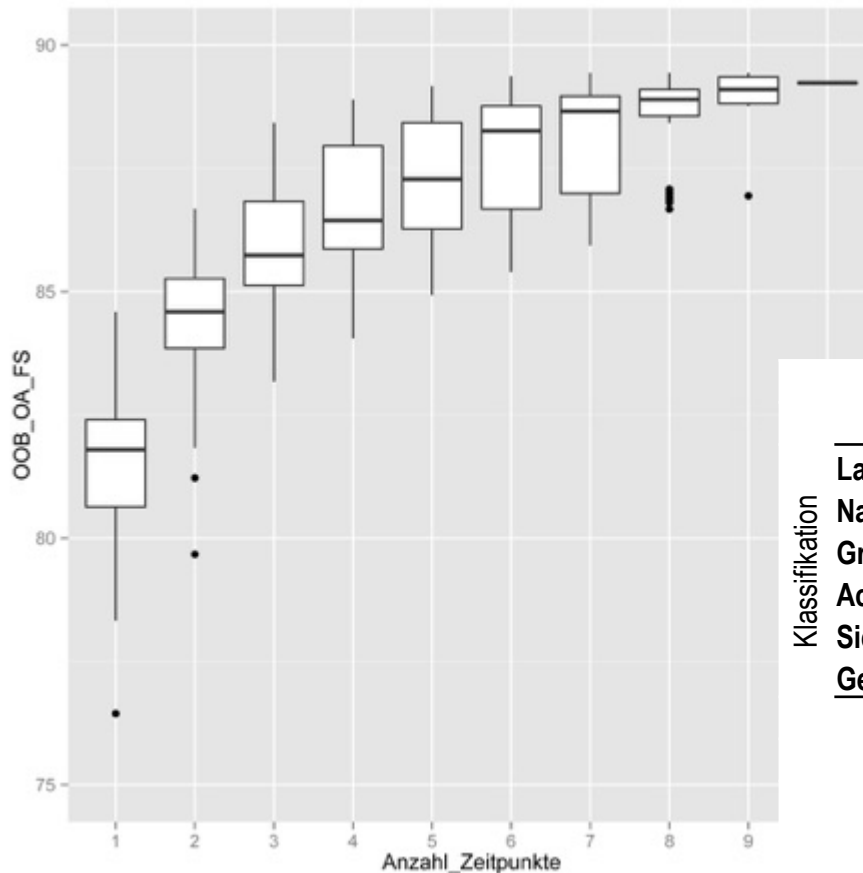
# Erfahrungen mit Sentinel-2 (multi-temporal)

- Biosphärenpark Wienerwald
- Sentinel-2 multi-temporal
- Zusatzlayer (nDSM,..)
- Referenzdaten 1: Regelmäßiges Raster
  - Punkt interpretiert / Referenzinformation
  - Buchen dominierter Wald -> Grobe Klassifikation NH, LH, ...
- Referenzdaten 2: Forsteinrichtungsdaten
  - Auswahl von einzelnen Pixeln in eindeutigen Beständen
  - Bei seltenen Baumarten auch mehrere Pixel



# Erfahrungen mit Sentinel-2 (multi-temporal)

- Nadelholz, Laubholz + vier weitere Landcover-Klassen – Modellergebnis OOB



Klassifikation	Referenzdaten						Σ	UA
	LH	NH	GL	AC	SG	GE		
Laubwald	1266	114	22	0	4	1	1407	<b>0.90</b>
Nadelwald	34	234	0	0	0	1	269	<b>0.87</b>
Grünland	12	1	167	10	6	1	197	<b>0.85</b>
Ackerfläche	0	0	3	68	2	0	73	<b>0.93</b>
Siedlung	7	0	11	7	245	1	271	<b>0.90</b>
Gewässer	0	0	0	0	0	11	11	<b>1.00</b>
Σ	1319	349	203	85	257	15	2228	
PA	<b>0.96</b>	<b>0.67</b>	<b>0.82</b>	<b>0.80</b>	<b>0.95</b>	<b>0.73</b>		
					<b>Overall Accuracy</b>			<b>0.89</b>
					<b>Kappa</b>			<b>0.82</b>

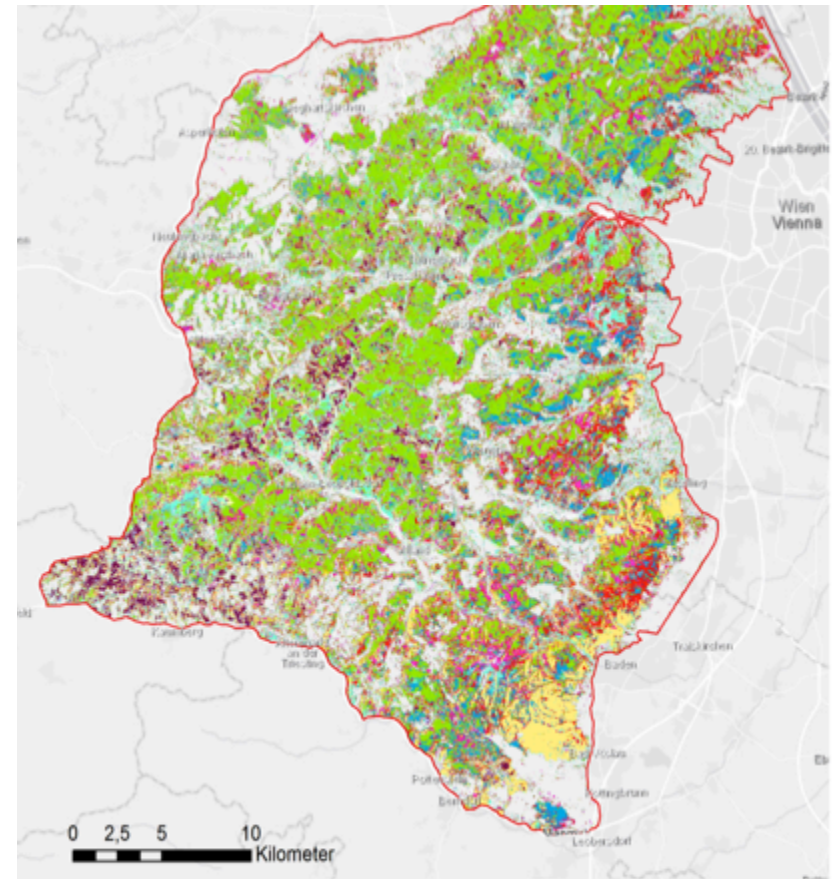
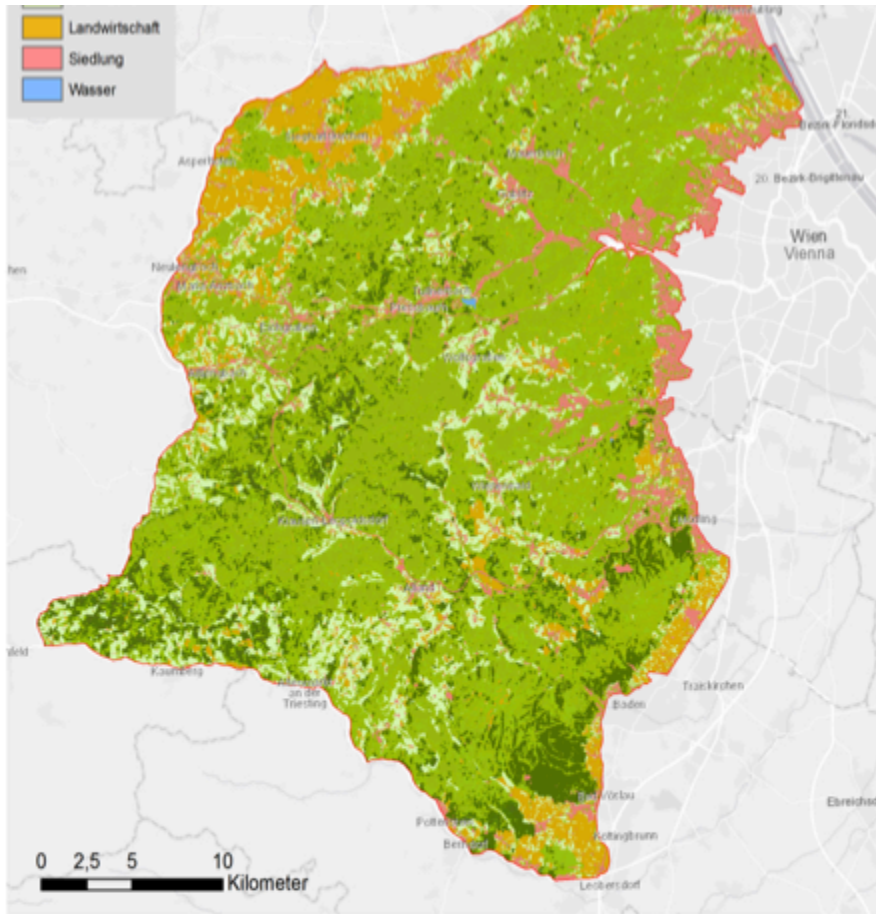
*unpublished!*



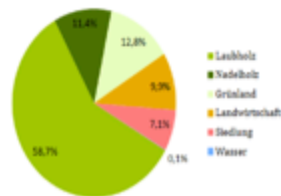
# Fazit: Sentinel-2 Baumartenklassifikation

- Grobe Klassifikation mit sehr hohen Genauigkeiten möglich
- Hauptbaumarten mit guten Genauigkeiten möglich sofern ausreichend gute Eingangsdaten und Referenzdaten vorhanden sind
- **Eingangsdaten**
  - Multi-temporale Sentinel-2 Datensätze erhöhen Genauigkeit
  - Zusatzlayer erhöhen Genauigkeit
- **Referenzdaten**
  - Gute Qualität ist entscheidend !
  - Abdeckung unterschiedlicher Ausprägung (Alter, Bestandesdichte,...)
  - Ausreichende Anzahl
  - Gute Verteilung über Testgebiet
  - Passend für Datensatz (10 m Pixel...)

# Erfahrungen mit Sentinel-2 (multi-temporal)



Flächenbilanz BPWW	Fläche in ha
Laubholz	61593,88
Nadelholz	11964,96
Grünland	13461,35
Landwirtschaft	10396,64
Siedlung	7461,24
Wasser	81,44
Summe	104959,51



## Baumarten

- Buche
- Esche
- Traubeneiche
- Hainbuche
- Fichte
- Kiefer
- Douglasie
- Erle
- Eiche
- Kirsche
- Ahorn
- Schwarzkiefer
- Lärche

*unpublished!*