

Waldtypisierung – Steiermark

Projekt FORSITE

Erarbeitung der ökologischen Grundlagen für eine dynamische Waldtypisierung

Vom Punkt zur Fläche – Regionalisierung von Punktdaten in FORSITE

Klebinder K., Huber T., Fromm R. und Färber V.

Bundesforschungszentrum für Wald (BFW)

Graz, 10.03.2022

FORSITE

Vom Punkt zur Fläche

Ausgangslage

- ❖ Boden ist ein relevanter Standortfaktor
- ❖ Für den österreichischen Wald existieren keine homogenen, flächendeckenden Datengrundlagen zum Boden in praxisrelevanter räumlicher Auflösung
- ❖ Eine terrestrische Kartierung ist unter gegebenem Zeit- und Ressourcenbudget nicht möglich
- ❖ Wichtige Kennwerte können nicht terrestrisch kartiert werden

MIT UNTERSTÜTZUNG VON BUND, LAND UND EUROPÄISCHER UNION

 Bundesministerium
Landwirtschaft, Regionen
und Tourismus

 LE 14-20
Förderung für den Ländlichen Raum



Das Land
Steiermark

→ Land- und Forstwirtschaft

EUROPÄISCHE UNION

Europäischer Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums:
Hier investiert Europa in die ländlichen Gebiete

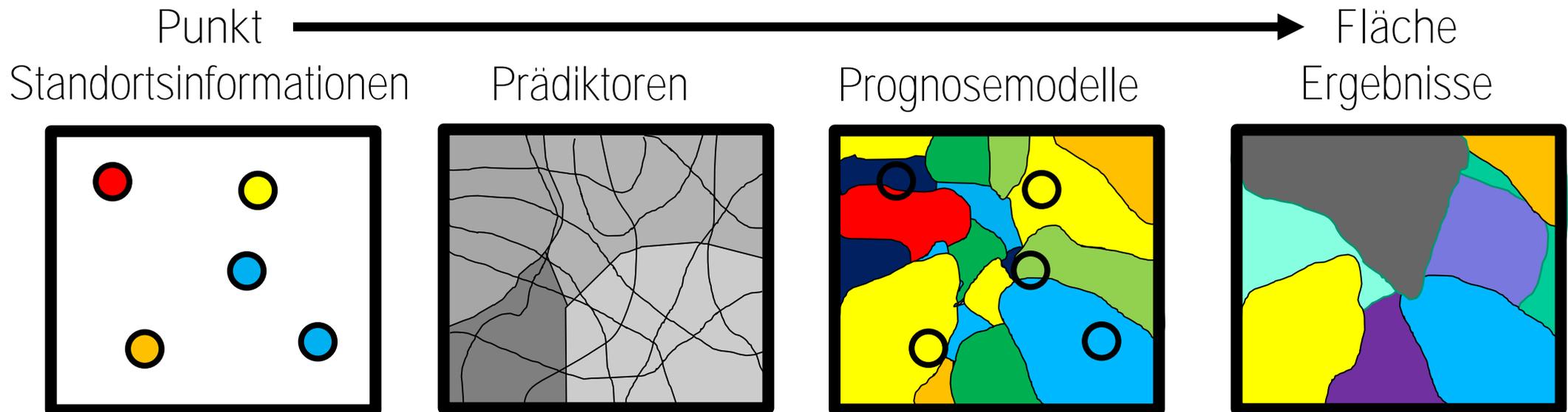


FORSITE

Dynamische Waldtypisierung (2)

Vom Punkt zur Fläche

Regionalisierung im Projekt FORSITE



MIT UNTERSTÜTZUNG VON BUND, LAND UND EUROPÄISCHER UNION

 Bundesministerium
Landwirtschaft, Regionen
und Tourismus

 LE 14-20
Förderung für den Ländlichen Raum

 Das Land
Steiermark
→ Land- und Forstwirtschaft

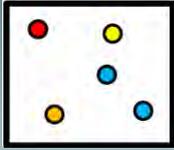
EUROPÄISCHE UNION

Europäischer Landwirt-
schaftsfonds für die Entwick-
lung des ländlichen Raums:
Hier investiert Europa in die
ländlichen Gebiete

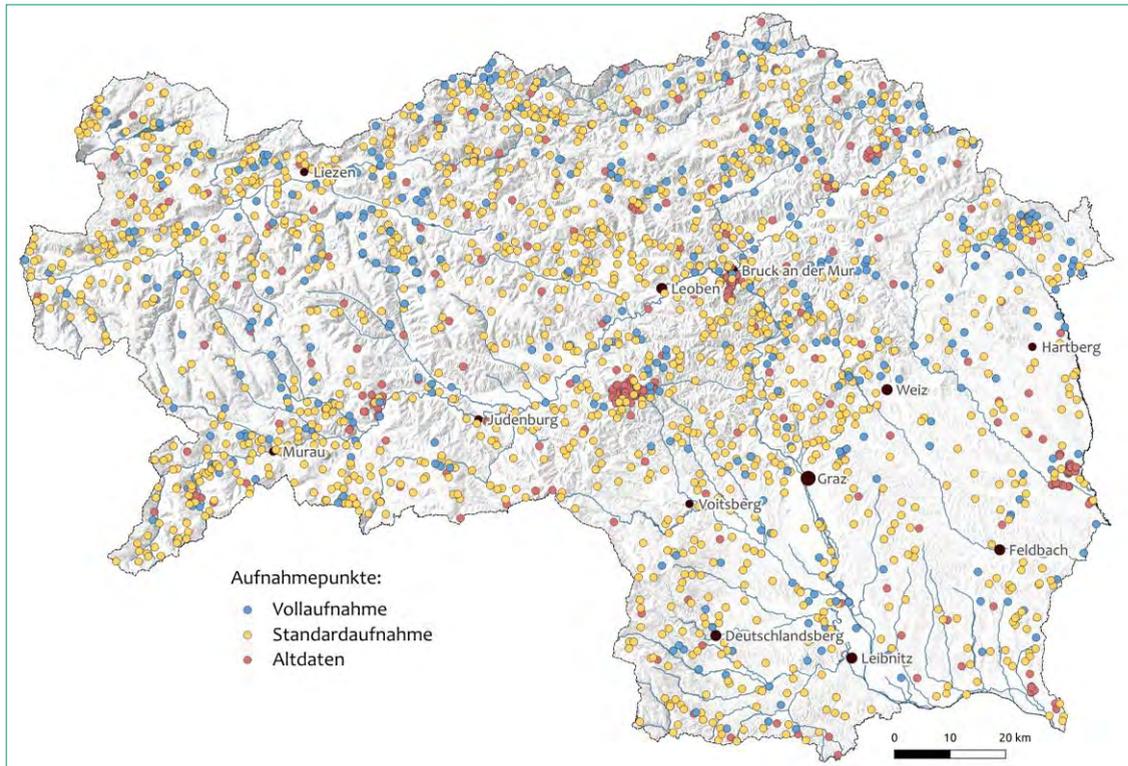


FORSITE

Dynamische Waldtypisierung (3)



Standortinformationen



-  FORSITE Aufnahmepunkte
 - Terrestrische Erhebungspunkte
 - 1800 Standorte
-  FORSITE Vollerhebungspunkte
 - Terrestrische Erhebungspunkte
 - inkl. Laboranalysen
 - 400 aus 1800 Standorte
-  Altdaten
 - tlw. Laboranalysen
 - 400 Standorte
 - Unabhängige Validierungsdaten

MIT UNTERSTÜTZUNG VON BUND, LAND UND EUROPÄISCHER UNION

 Bundesministerium
Landwirtschaft, Regionen
und Tourismus

 LE 14-20
Förderung für den Ländlichen Raum

 Das Land
Steiermark
→ Land- und Forstwirtschaft

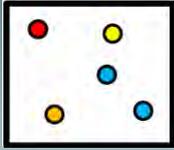
EUROPÄISCHE UNION

Europäischer Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums:
Hier investiert Europa in die ländlichen Gebiete

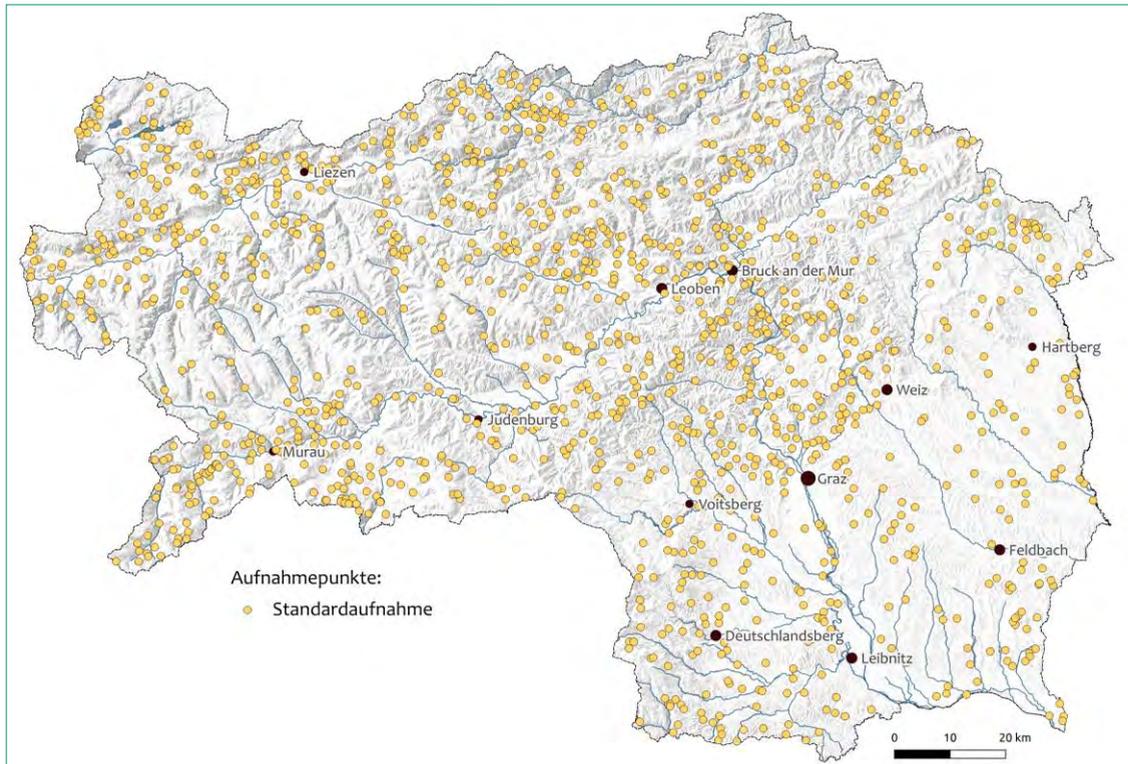


FORSITE

Dynamische Waldtypisierung (4)



Standortinformationen



....aus dem Boden

- ❖ Gesamtgründigkeit
- ❖ Humusprofil
 - Humusform
 - Mächtigkeit
- ❖ Mineralbodenprofil
 - Bodenart
 - Skelettgehalt
 - Lagerungsdichte
 - Bodenfarbe
 - Karbonatgehalt
 - Durchwurzelung

DYNAMISCHE
WALDTYPISIERUNG
STEIERMARK

FORSITE

AUFNAHMEMANUAL
STANDORTSERKUNDUNG

VERSION 3 (JUNI 2019)

MIT UNTERSTÜTZUNG VON BUND, LAND UND EUROPÄISCHER UNION

 Bundesministerium
Landwirtschaft, Regionen
und Tourismus

LE 14-20
Förderung für den Ländlichen Raum



Das Land
Steiermark

→ Land- und Forstwirtschaft

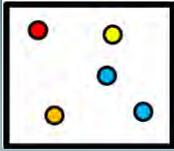
EUROPÄISCHE UNION

Europäischer Landwirt-
schaftsfonds für die Entwick-
lung des ländlichen Raums:
Hier investiert Europa in die
ländlichen Gebiete

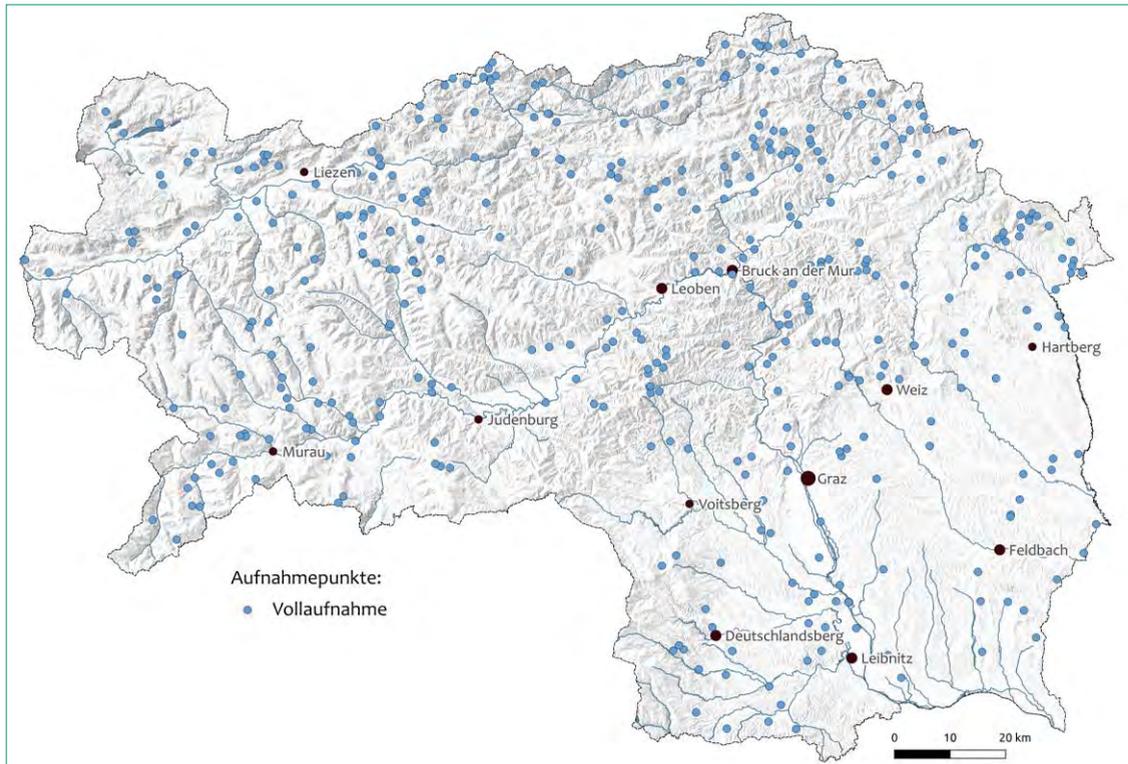


FORSITE

Dynamische Walddtypisierung (5)



Standortinformationen



Chemische Analysen



- Corg, Ntot, pH(CaCl₂), Carbonat
- Ca, Mg, K, Na, Mn, Fe, Al, H⁺ austauschbar
- KAK, BS
- Gesamtgehalte P Ca Mg K Fe Al (1830/402)

MIT UNTERSTÜTZUNG VON BUND, LAND UND EUROPÄISCHER UNION

 Bundesministerium
Landwirtschaft, Regionen
und Tourismus

 LE 14-20
Förderung für den Ländlichen Raum

 Das Land
Steiermark
→ Land- und Forstwirtschaft

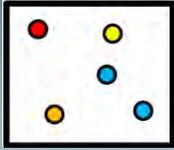
EUROPÄISCHE UNION

Europäischer Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums:
Hier investiert Europa in die ländlichen Gebiete



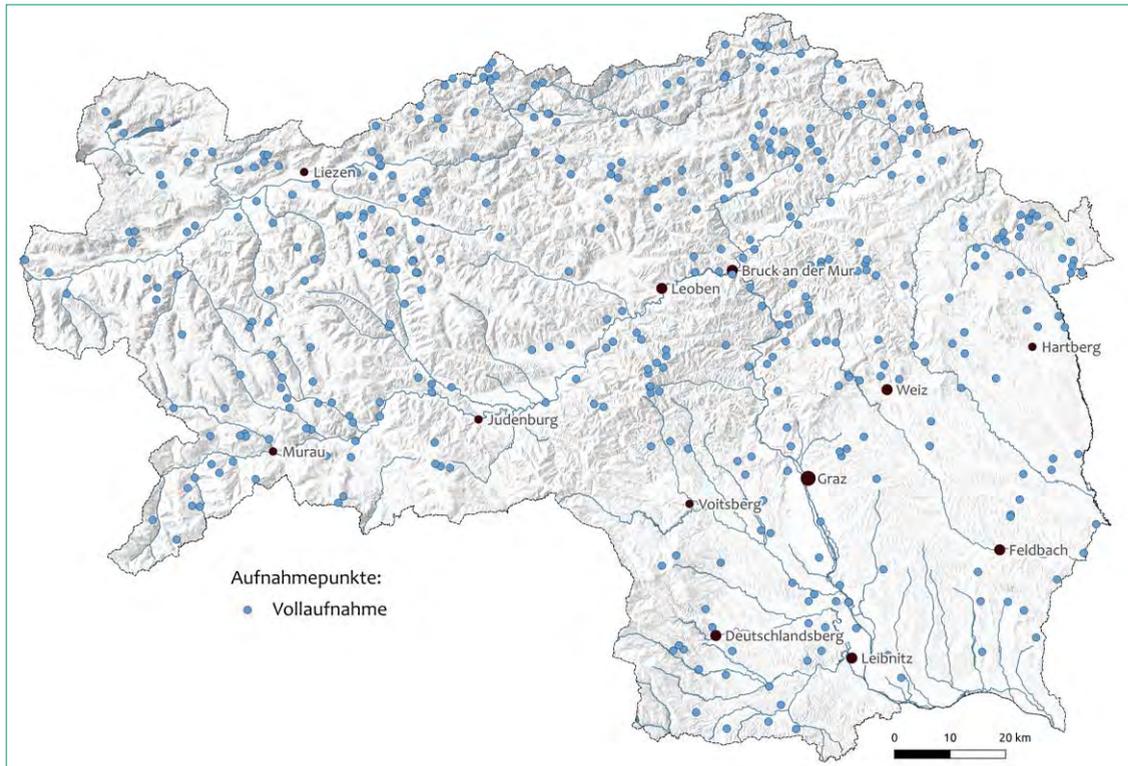
FORSITE

Dynamische Waldtypisierung (6)

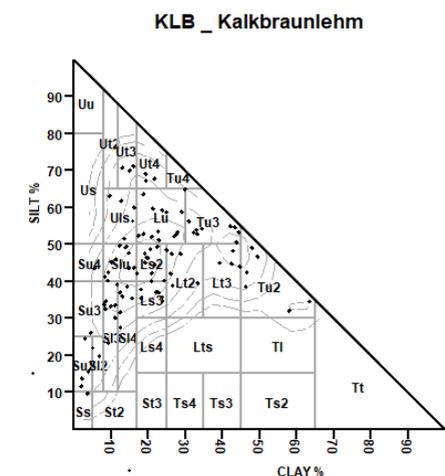
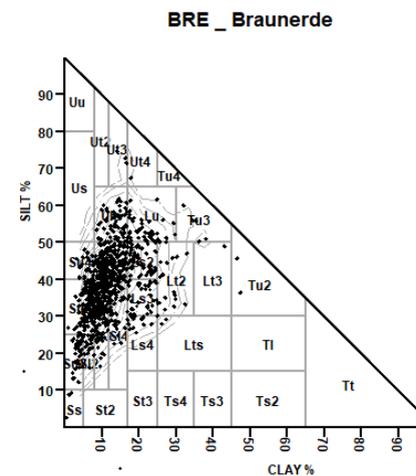


Standortinformationen

Physikalische und bodenhydrologische Analysen



- Grobstoff
- Sand (Grobsand, Mittelsand, Feinsand)
- Schluff (Grobschluff, Mittelschluff, Feinschluff)
- Ton
- Feststoffdichte
- Organische Substanz (1788/396)
- Lagerungsdichte (694/197)
- Bodenhydrologische Kennwerte (101/24)



MIT UNTERSTÜTZUNG VON BUND, LAND UND EUROPÄISCHER UNION

Bundesministerium
Landwirtschaft, Regionen
und Tourismus

LE 14-20
Förderung für den Ländlichen Raum



Das Land
Steiermark

Land- und Forstwirtschaft

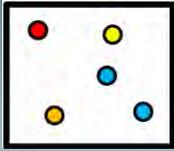
EUROPÄISC

Europäischer Landwirt-
schaftsfonds für die Entwick-
lung des ländlichen Raums:
Hier investiert Europa in die
ländlichen Gebiete



FORSITE

Dynamische Waldtypisierung (7)



Standortinformationen

Laboranalysen

Feldansprache

Bodenaufgabe (chem.)

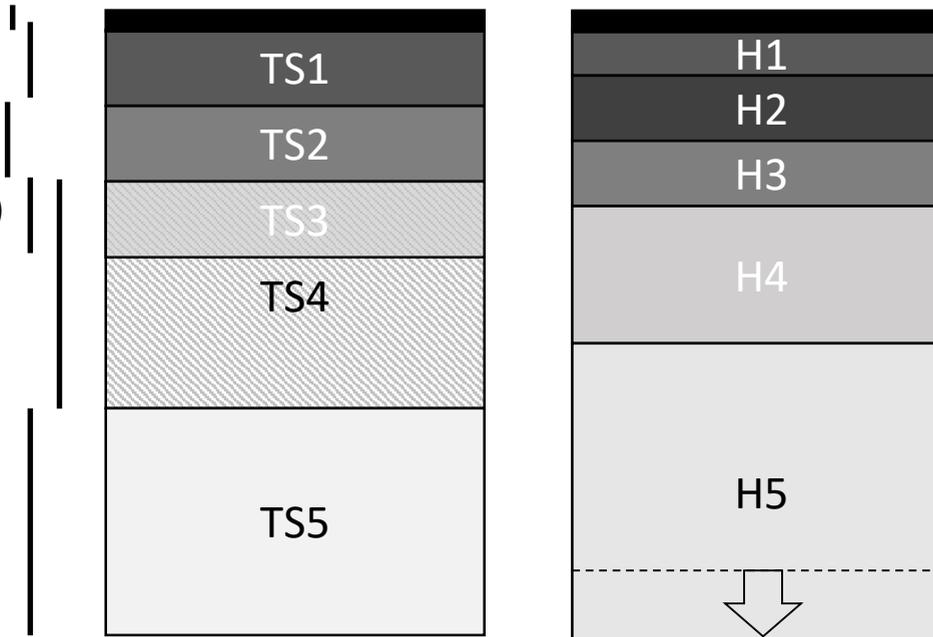
Mineralboden 0-10 cm

Mineralboden 10-20 cm

Mineralboden 20-30 cm (phys.)

Mineralboden 20-50 cm

Mineralboden 50-80 cm



Homogenisierung Felddaten



Ersetzen von Fehlwerten

MIT UNTERSTÜTZUNG VON BUND, LAND UND EUROPÄISCHER UNION

Bundesministerium
Landwirtschaft, Regionen
und Tourismus

LE 14-20
Förderung für den Ländlichen Raum



Das Land
Steiermark

Land- und Forstwirtschaft

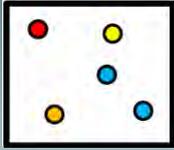
EUROPÄISCHE UNION

Europäischer Landwirt-
schaftsfonds für die Entwick-
lung des ländlichen Raums:
Hier investiert Europa in die
ländlichen Gebiete



FORSITE

Dynamische Waldtypisierung (8)



Standortinformationen

Laboranalysen

Feldansprache

Modellebenen

Bodenaufgabe (chem.)

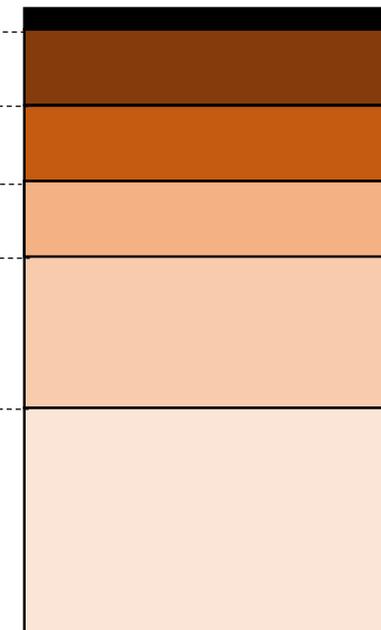
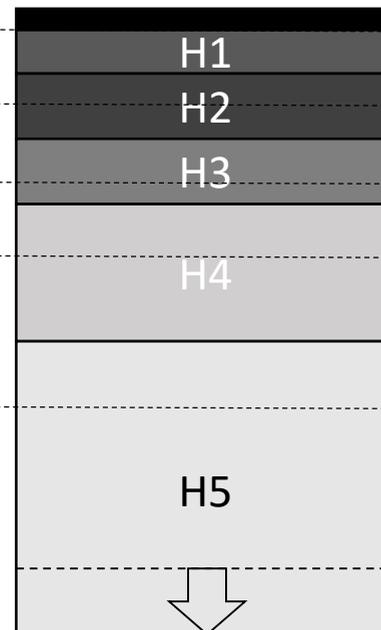
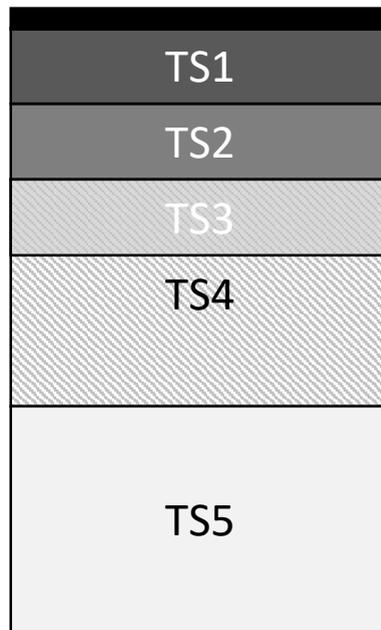
Mineralboden 0-10 cm

Mineralboden 10-20 cm

Mineralboden 20-30 cm (phys.)

Mineralboden 20-50 cm

Mineralboden 50-80 cm



0: Auflage

1: 0-10 cm

2: 10-20 cm

(3: 20-30 cm)

4: 20-50 cm

5: 50-80 cm



Homogenisierung Felddaten



Ersetzen von Fehlwerten



Anteilmäßige Gewichtung

MIT UNTERSTÜTZUNG VON BUND, LAND UND EUROPÄISCHER UNION

Bundesministerium
Landwirtschaft, Regionen
und Tourismus

LE 14-20
Förderung für den Ländlichen Raum



Das Land
Steiermark

Land- und Forstwirtschaft

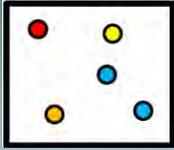
EUROPÄISCHE UNION

Europäischer Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums:
Hier investiert Europa in die ländlichen Gebiete



FORSITE

Dynamische Waldtypisierung (9)



Standortinformationen

Basis für die Regionalisierung in FORSITE

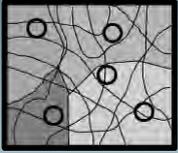
- I. aus den **Labordaten** (400)
- II. aus den **Felddaten** (1800)
- III. aus **hybriden Daten** (1800)
 - a) Labordaten ersetzen Felddaten wo vorhanden
 - b) Daten werden mit Teilmodellen (nested) berechnet

Teilmodelle

Variable	lin. Reg.	GAM	R ²
pH		x	0,74 – 0,81
BS		x	0,66 – 0,79
KAK		x	0,32 – 0,69
C _{org}	x		0,64
N _{tot}		x	0,14 – 0,7
P		x	0,19 – 0,42
CO ₃		x	0,10 – 0,49
LD	x		0,76

MIT UNTERSTÜTZUNG VON BUND, LAND UND EUROPÄISCHER UNION





Prädiktoren (Vorhersagevariablen)

Prädiktoren (Vorhersagevariablen) „erklären“ die Zielvariablen

Anforderungen an Prädiktoren

- ✓ Inhaltlicher Zusammenhang zu den Zielvariablen
- ✓ Flächendeckend vorhanden
- ✓ Homogen
- ✓ Räumliche Qualität, Maßstab, Zielmaßstab
- ✓ Inhaltliche Qualität

MIT UNTERSTÜTZUNG VON BUND, LAND UND EUROPÄISCHER UNION

 Bundesministerium
Landwirtschaft, Regionen
und Tourismus

 LE 14-20
Förderung für den ländlichen Raum

 Das Land
Steiermark
→ Land- und Forstwirtschaft

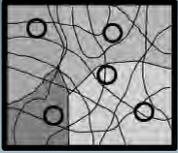
EUROPÄISCHE UNION

Europäischer Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums:
Hier investiert Europa in die ländlichen Gebiete

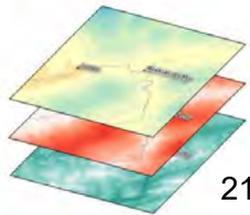


FORSITE

Dynamische Waldtypisierung (11)

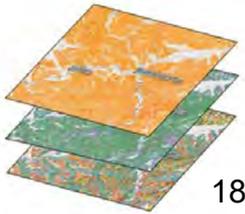


Prädiktoren (Vorhersagevariablen)



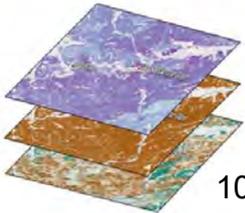
Klima

21 Layer



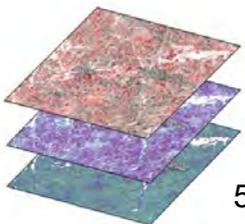
Topographie

18 Layer



Geologie

10 Layer



Fernerkundung

5 Layer

MIT UNTERSTÜTZUNG VON BUND, LAND UND EUROPÄISCHER UNION

 Bundesministerium
Landwirtschaft, Regionen
und Tourismus

 LE 14-20
Förderung für den Ländlichen Raum



Das Land
Steiermark

→ Land- und Forstwirtschaft

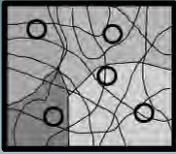
EUROPÄISCHE UNION

Europäischer Landwirt-
schaftsfonds für die Entwick-
lung des ländlichen Raums:
Hier investiert Europa in die
ländlichen Gebiete

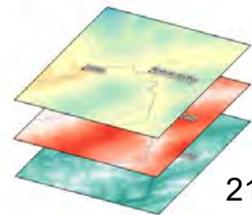


FORSITE

Dynamische Waldtypisierung (12)

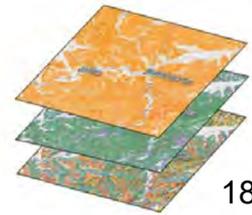


Prädiktoren (Vorhersagevariablen)



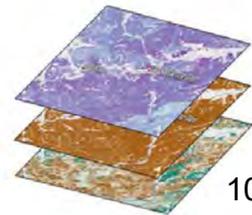
21 Layer

Klima



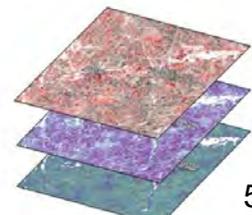
18 Layer

Topographie



10 Layer

Geologie



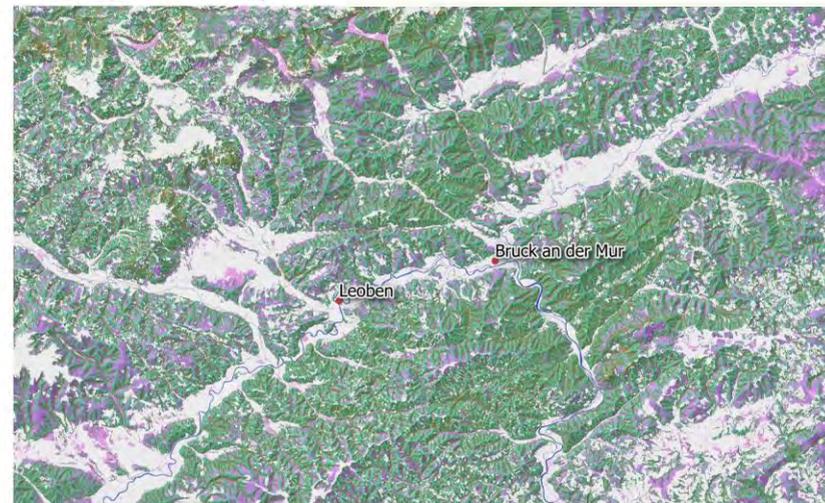
5 Layer

Fernerkundung



BFW

Reliefgliederung



- Ebene, Talsohle, Terrasse
- Kuppe, Ruedcken, Riedel
- Oberhang
- Mittelhang
- Unterhang, Hangfuss
- Mulde, Wanne, Graben



- Basis ist das digitale Geländemodell
- Eine Vielzahl an Indizes verfügbar
- Ableitung über GIS Anwendungen

MIT UNTERSTÜTZUNG VON BUND, LAND UND EUROPÄISCHER UNION

Bundesministerium
Landwirtschaft, Regionen
und Tourismus

LE 14-20
Förderung für den Ländlichen Raum



Das Land
Steiermark

→ Land- und Forstwirtschaft

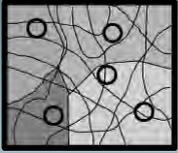
EUROPÄISCHE UNION

Europäischer Landwirts-
schaftsfonds für die Entwick-
lung des ländlichen Raums:
Hier investiert Europa in die
ländlichen Gebiete

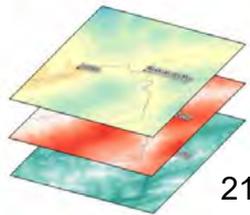


FORSITE

Dynamische Waldtypisierung (13)

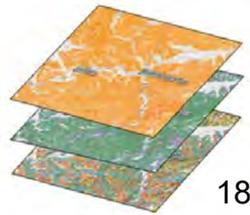


Prädiktoren (Vorhersagevariablen)



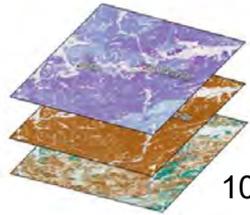
21 Layer

Klima



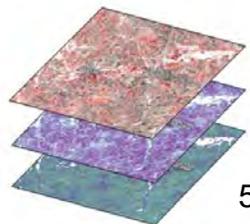
18 Layer

Topographie



10 Layer

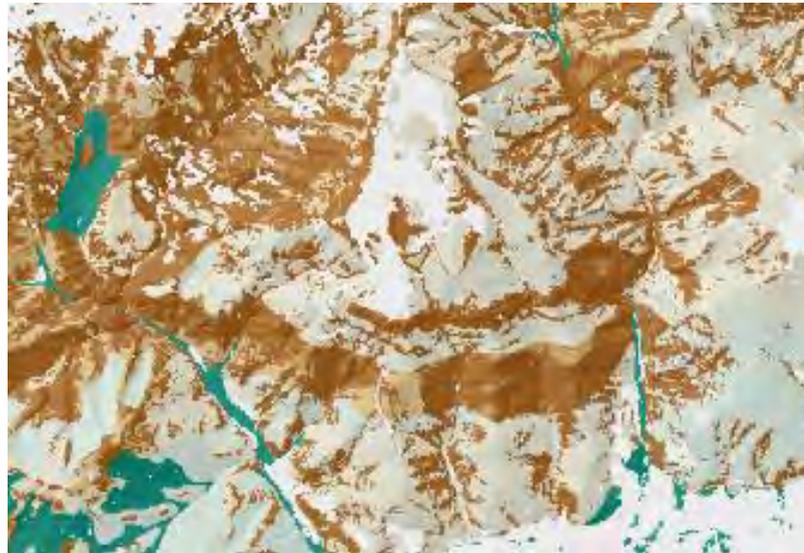
Geologie



5 Layer

Fernerkundung

Räumliches Auftreten von Substrat



Modell auf Basis unterschiedl. topographischer Indizes + Substratkarte

MIT UNTERSTÜTZUNG VON BUND, LAND UND EUROPÄISCHER UNION

Bundesministerium
Landwirtschaft, Regionen
und Tourismus

LE 14-20
Förderung für den Ländlichen Raum



Das Land
Steiermark

→ Land- und Forstwirtschaft

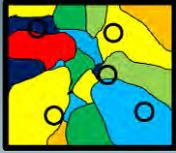
EUROPÄISCHE UNION

Europäischer Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums:
Hier investiert Europa in die ländlichen Gebiete



FORSITE

Dynamische Waldtypisierung (14)



Regionalisierung

Regionalisierung (in FORSITE) soll...

- ❖ mehr machen, als nur zwischen Stützpunkten (linear) interpolieren
- ❖ Thematisch unterschiedliche Informationen verarbeiten
- ❖ keine physikalisch falsche Werte liefern
- ❖ Passende Übergänge schaffen (sanft übergehend, scharf)
- ❖ Formate, wie nominale und ordinale Klassen, Skalare etc. verarbeiten

- ❖ Technisch umsetzbar sein



Rasterzellen (10*10m): 103.962.621

Variablen: 208

MIT UNTERSTÜTZUNG VON BUND, LAND UND EUROPÄISCHER UNION

 Bundesministerium
Landwirtschaft, Regionen
und Tourismus


LE 14-20
Förderung für den Ländlichen Raum

 Das Land
Steiermark
→ Land- und Forstwirtschaft

EUROPÄISCHE UNION

Europäischer Landwirt-
schaftsfonds für die Entwick-
lung des ländlichen Raums:
Hier investiert Europa in die
ländlichen Gebiete



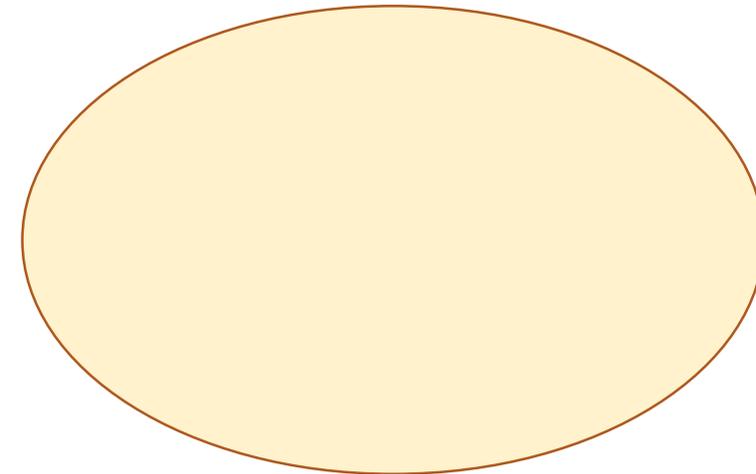
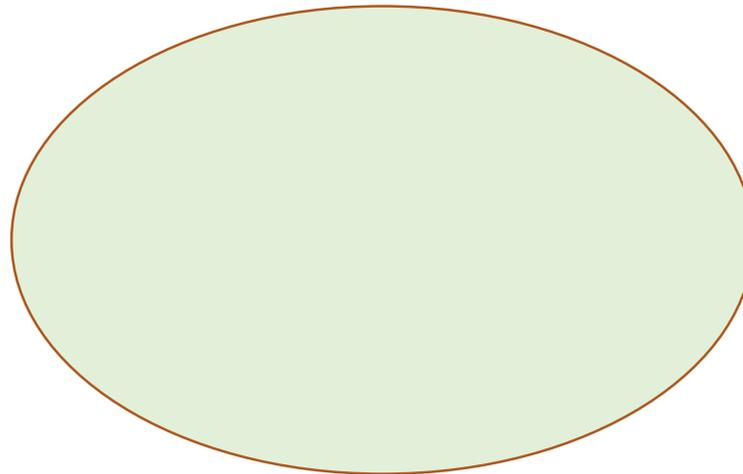
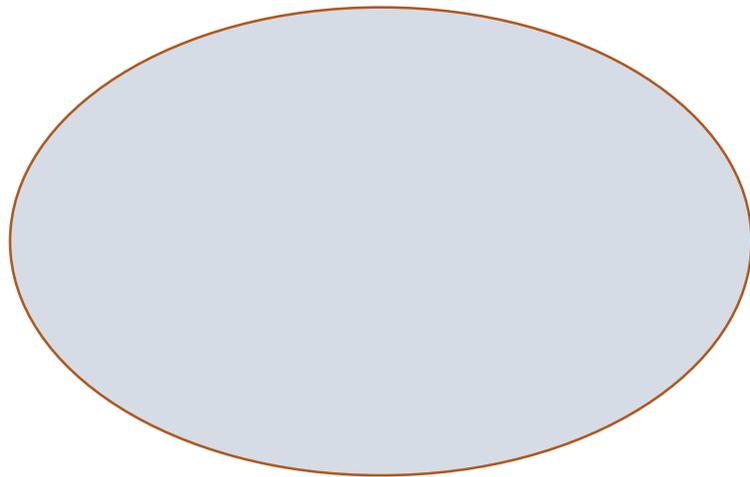
FORSITE

Dynamische Waldtypisierung (15)



Regionalisierung

Regionalisierung in Themengruppen



100%

Sand

Schluff

Ton

Lagerungsdichte

Parameter werden **gemeinsam optimiert**, so dass alle **gemeinsam gut** sind

MIT UNTERSTÜTZUNG VON BUND, LAND UND EUROPÄISCHER UNION

 Bundesministerium
Landwirtschaft, Regionen
und Tourismus

 LE 14-20
Förderung für den Ländlichen Raum

 Das Land
Steiermark
→ Land- und Forstwirtschaft

EUROPÄISCHE UNION
Europäischer Landwirt-
schaftsfonds für die Entwick-
lung des ländlichen Raums:
Hier investiert Europa in die
ländlichen Gebiete



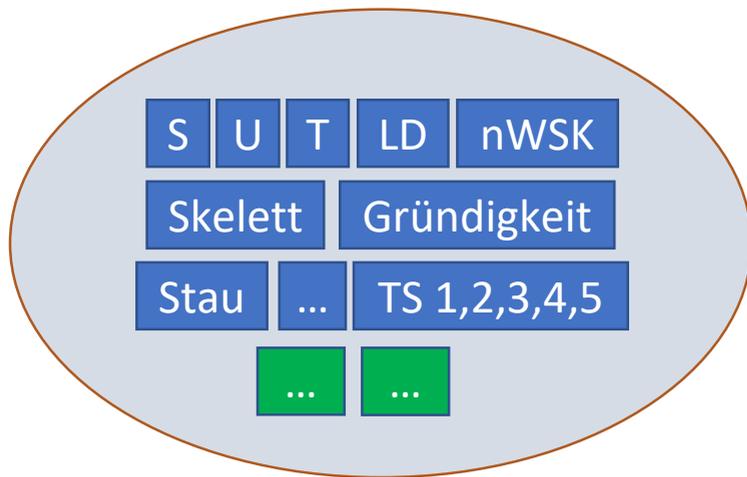
FORSITE

Dynamische Waldtypisierung (16)

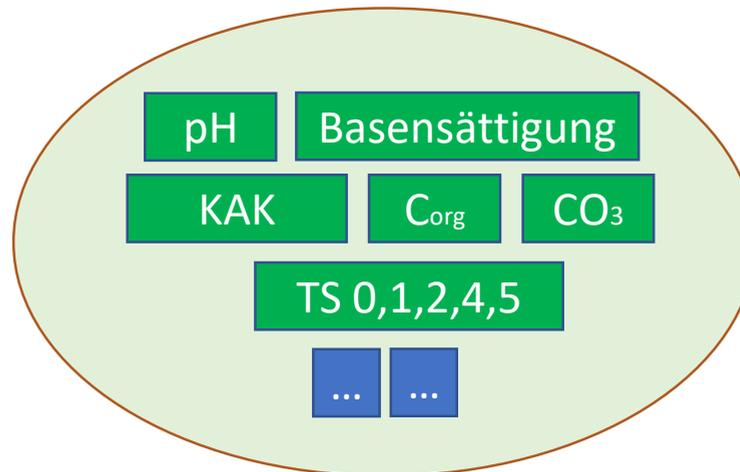


Regionalisierung

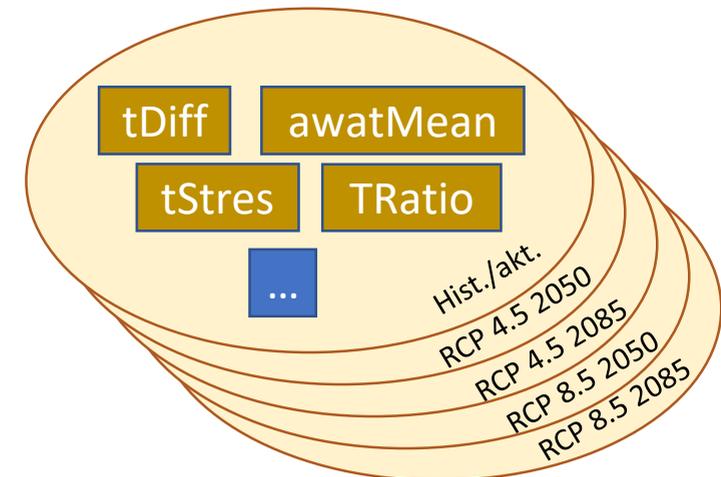
Boden physikalisch & hydrologisch



Boden chemisch



Trockenstressindizes



100%



Parameter werden **gemeinsam optimiert**, so dass alle **gemeinsam gut** sind

MIT UNTERSTÜTZUNG VON BUND, LAND UND EUROPÄISCHER UNION

Bundesministerium
Landwirtschaft, Regionen
und Tourismus

LE 14-20
Förderung für den Ländlichen Raum



Das Land
Steiermark

→ Land- und Forstwirtschaft

EUROPÄISCHE UNION

Europäischer Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums:
Hier investiert Europa in die ländlichen Gebiete



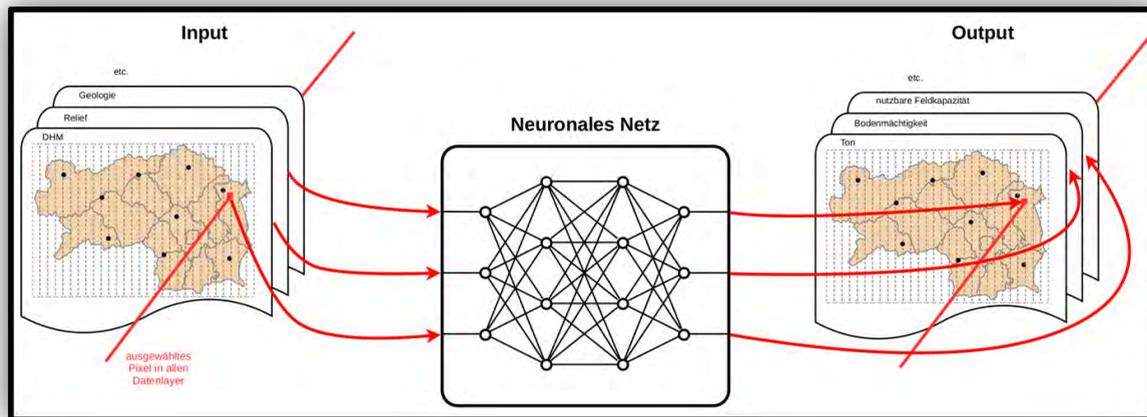
FORSITE

Dynamische Waldtypisierung (17)



Regionalisierung

Künstliche Neuronale Netze (kNN)



- können **Variablen unterschiedlichen Formats** verarbeiten
- **Komplexität** ist anpassbar

Trainingsdaten: Das Modell lernt anhand dieser Daten

Testdaten: Damit wird überprüft, wie gut das Modell funktioniert

Datensätze werden **wiederholt zufällig** ausgewählt → **Stabilität des Modells**

MIT UNTERSTÜTZUNG VON BUND, LAND UND EUROPÄISCHER UNION

 Bundesministerium
Landwirtschaft, Regionen
und Tourismus

 LE 14-20
Förderung für den Ländlichen Raum

 Das Land
Steiermark
→ Land- und Forstwirtschaft

EUROPÄISCHE UNION
Europäischer Landwirt-
schaftsfonds für die Entwick-
lung des ländlichen Raums:
Hier investiert Europa in die
ländlichen Gebiete



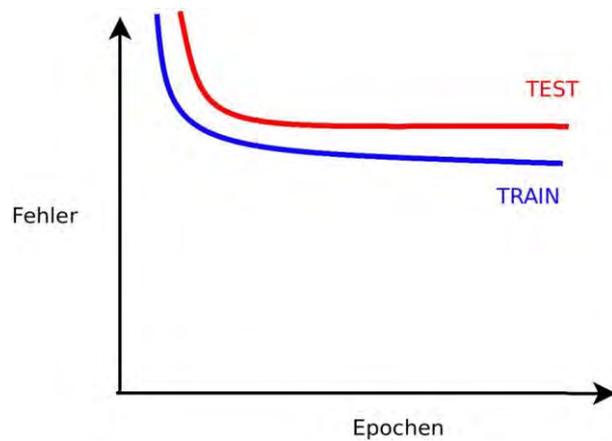
FORSITE

Dynamische Waldtypisierung (18)



Regionalisierung

Optimierung kNN

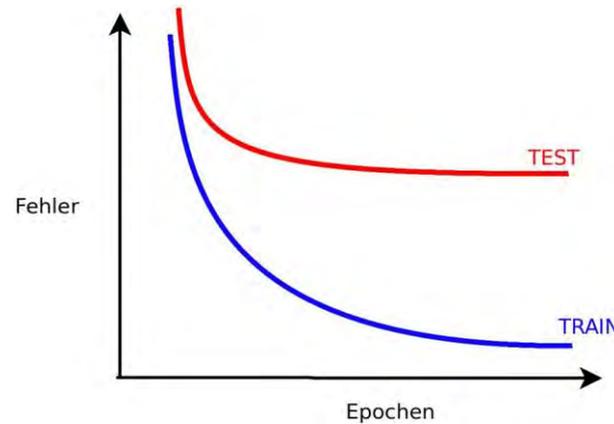


Schlechte Anpassung

Große Fehler für Trainings- & Testdaten

Maßnahme

- Komplexität erhöhen
- Erhöhe Anzahl der Schichten

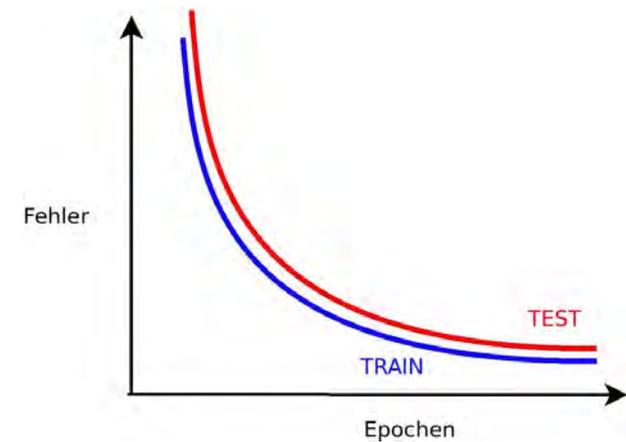


Überanpassung

- Kleine Fehler für Trainingsdaten
- Große Fehler für Testdaten

Maßnahme

- Komplexität verringern
- Reduziere Anzahl der Schichten



Gute Anpassung

Kleine Fehler für Trainings- und Testdaten

Maßnahme

Gutes Ergebnis erreicht

MIT UNTERSTÜTZUNG VON BUND, LAND UND EUROPÄISCHER UNION

 Bundesministerium
Landwirtschaft, Regionen
und Tourismus

 LE 14-20
Förderung für den Ländlichen Raum

 Das Land
Steiermark
→ Land- und Forstwirtschaft

EUROPÄISCHE UNION

Europäischer Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums:
Hier investiert Europa in die ländlichen Gebiete



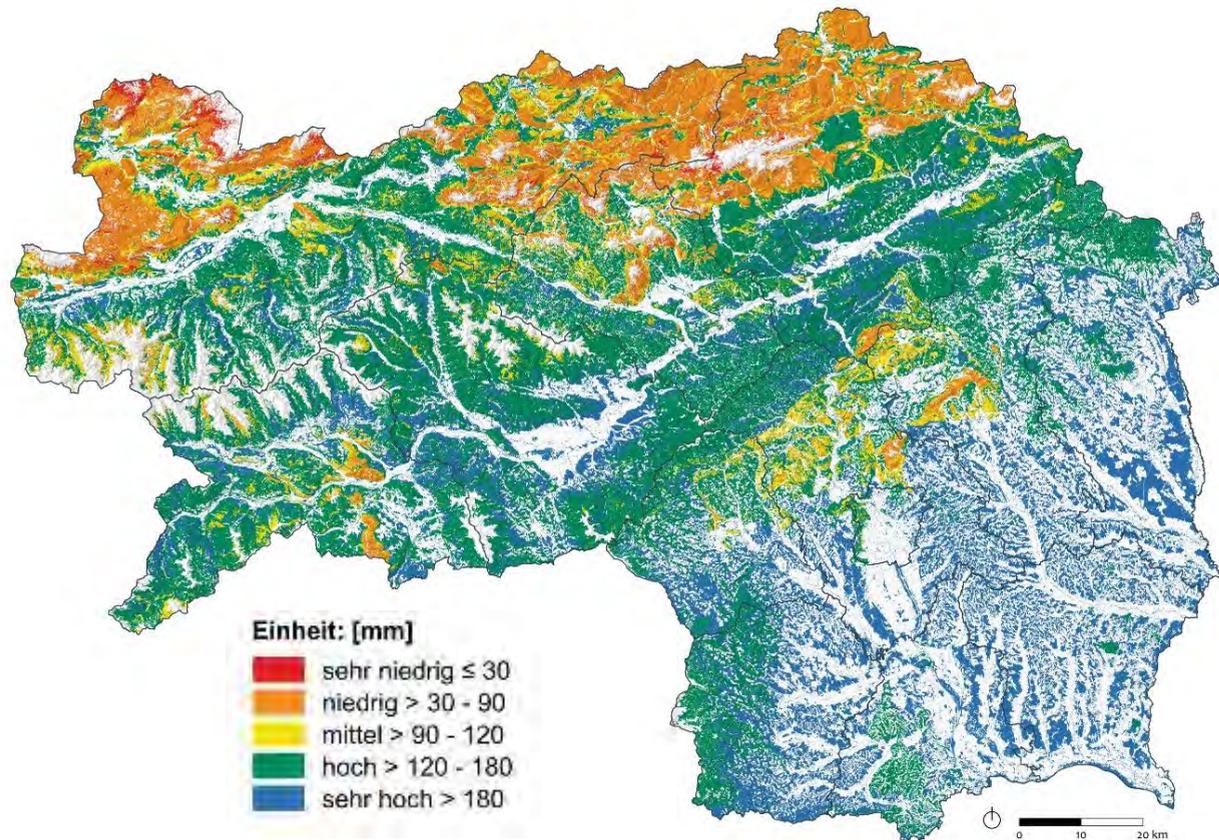
FORSITE

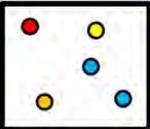
Dynamische Waldtypisierung (19)

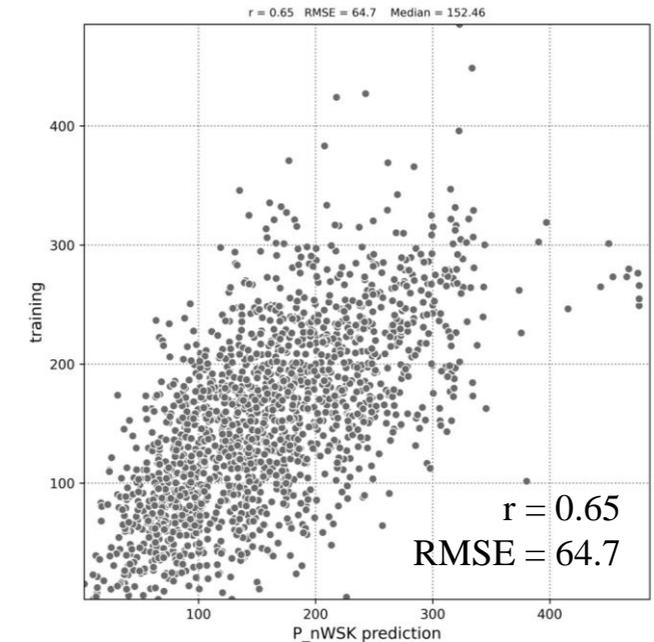
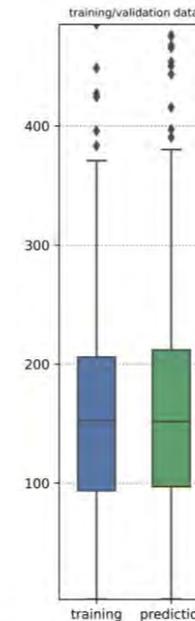


Ergebnisse

Nutzbare Wasserspeicherkapazität (nWSK)




 nWSK wurde für STO über
 Pedotransferfunkt. berechnet



MIT UNTERSTÜTZUNG VON BUND, LAND UND EUROPÄISCHER UNION

Bundesministerium
Landwirtschaft, Regionen
und Tourismus

LE 14-20
Förderung für den Ländlichen Raum



Das Land
Steiermark

Land- und Forstwirtschaft

EUROPÄISCHE UNION

Europäischer Landwirt-
schaftsfonds für die Entwick-
lung des ländlichen Raums:
Hier investiert Europa in die
ländlichen Gebiete



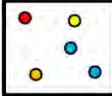
FORSITE

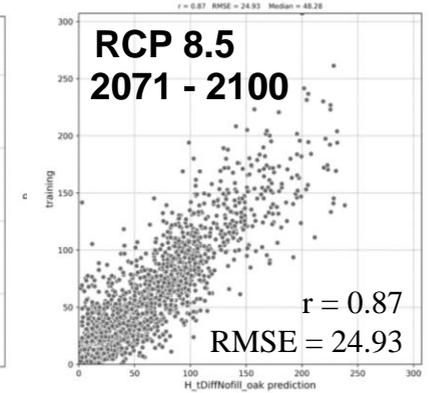
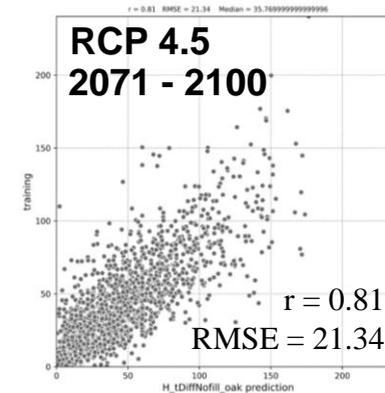
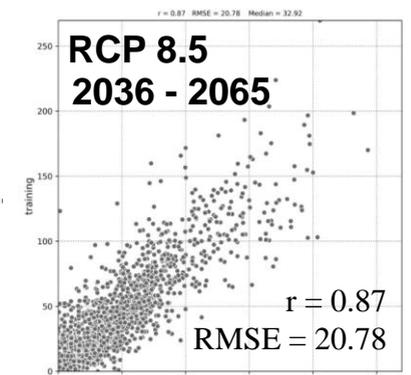
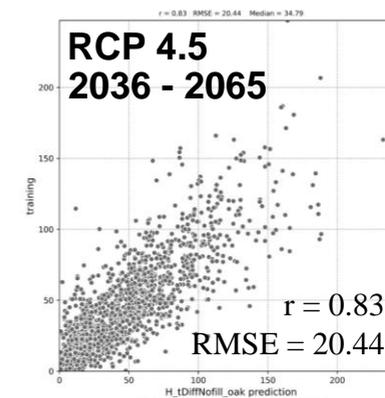
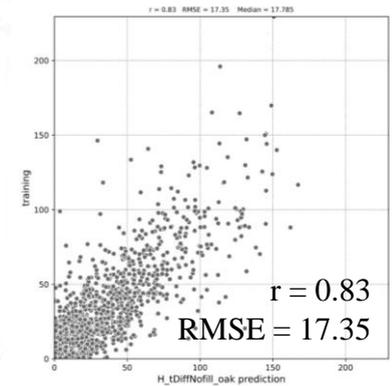
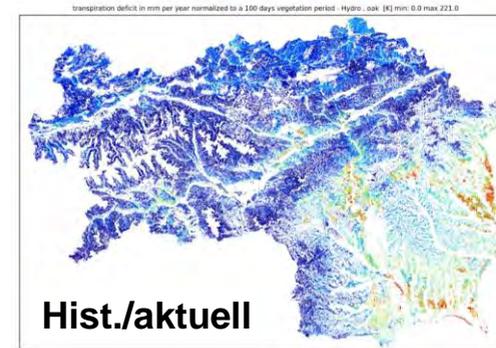
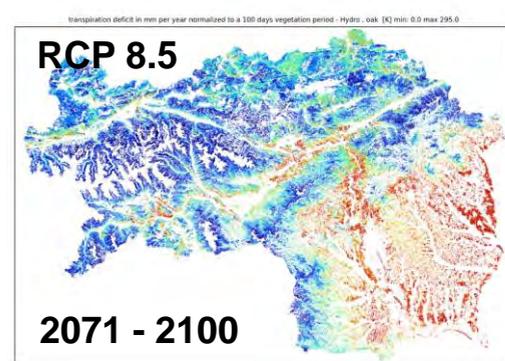
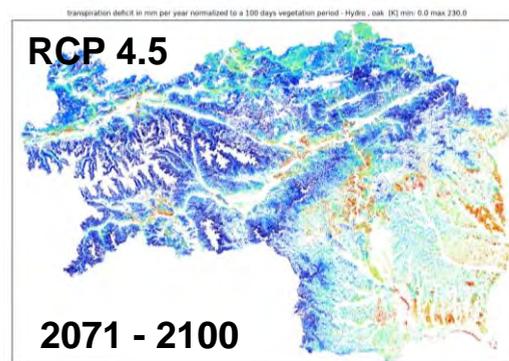
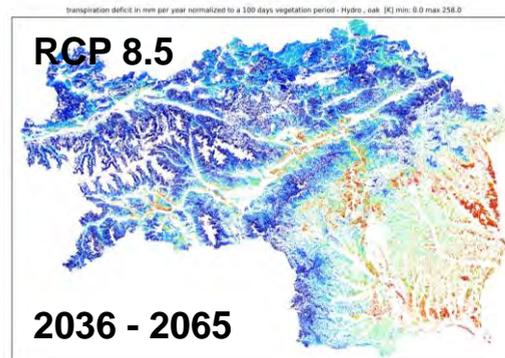
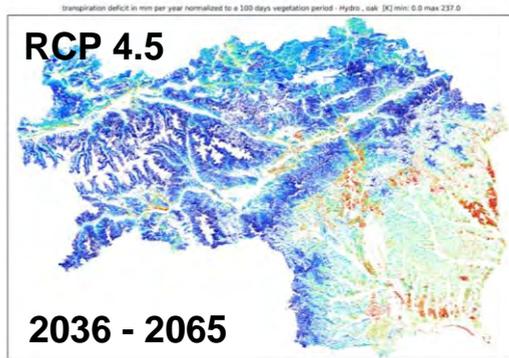
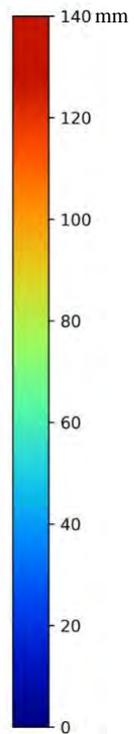
Dynamische Waldtypisierung (20)

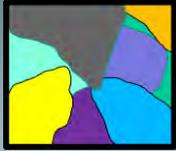


Ergebnisse

Transpirationsdefizit (T_{diff})

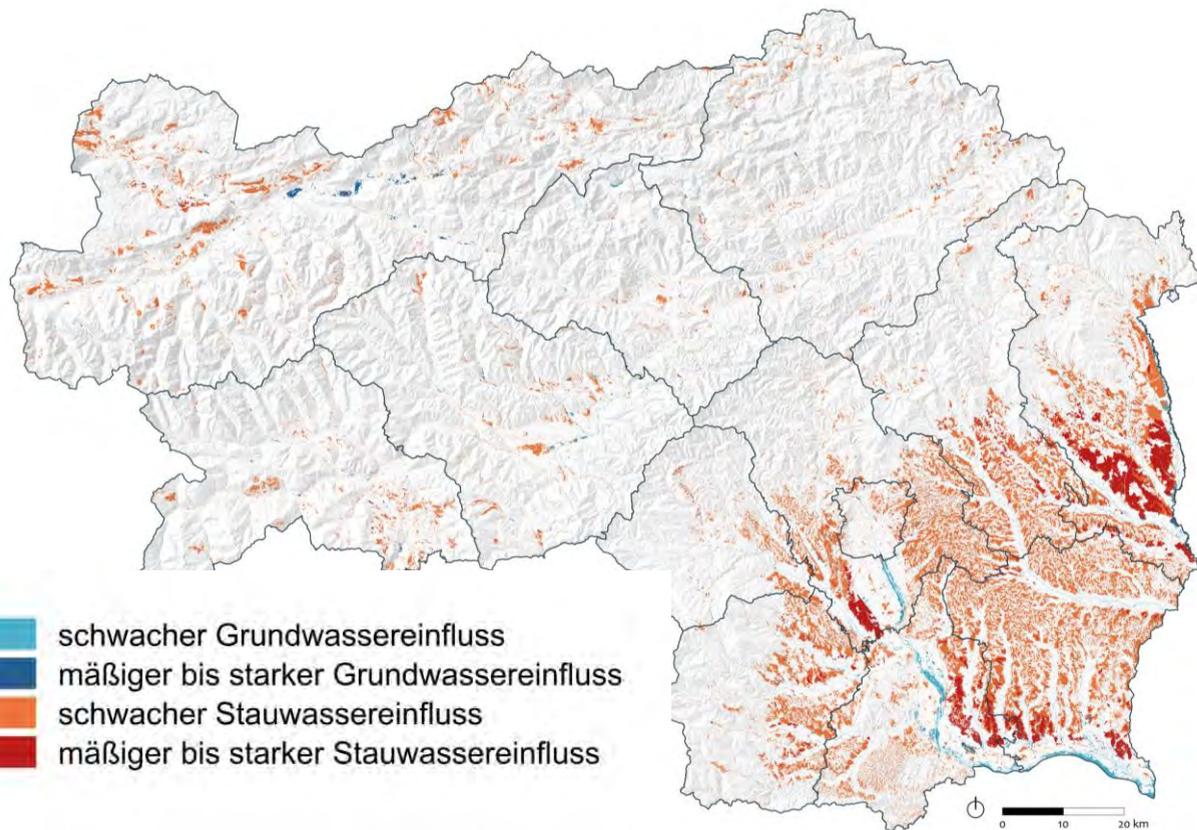
-  Modellierung Brook90
-  Mehr klimatische Prädiktoren
-  Modellgruppen nach Szenarien



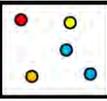


Ergebnisse

Stau- und Grundwassereinfluss (GW)



- schwacher Grundwassereinfluss
- mäßiger bis starker Grundwassereinfluss
- schwacher Stauwassereinfluss
- mäßiger bis starker Stauwassereinfluss

 Klassifizierung der Standorte
Für GW zusätzlich eBOD STO

 GW über Teilmodell regionalisiert,
Random forest

MIT UNTERSTÜTZUNG VON BUND, LAND UND EUROPÄISCHER UNION

 Bundesministerium
Landwirtschaft, Regionen
und Tourismus

LE 14-20
Förderung für den Ländlichen Raum

 **Das Land
Steiermark**
→ Land- und Forstwirtschaft

EUROPÄISCHE UNION

Europäischer Landwirts-
schaftsfonds für die Entwick-
lung des ländlichen Raums:
Hier investiert Europa in die
ländlichen Gebiete



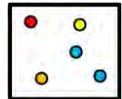
FORSITE

Dynamische Waldtypisierung (22)



Ergebnisse

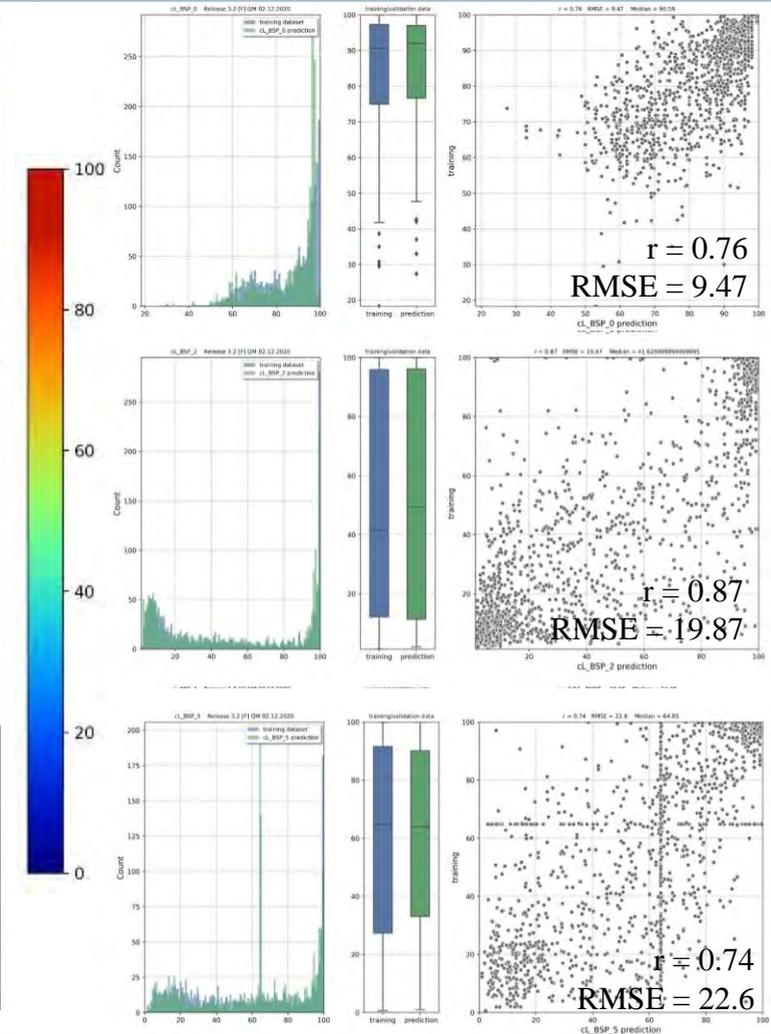
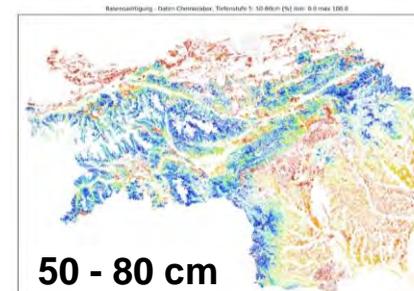
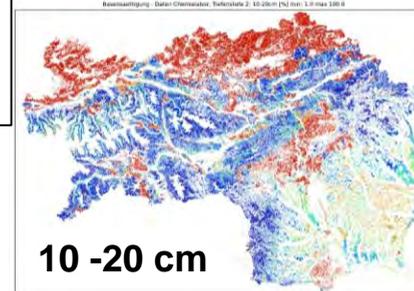
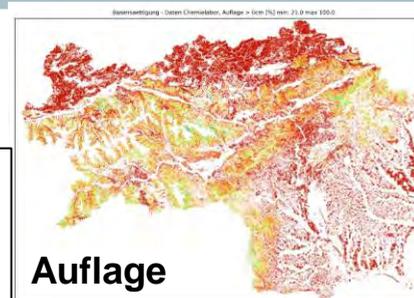
Basensättigung



- Labormessungen
- „nested“ Modell, $r^2 = 0,66 - 0,79$



- Starke bimodale Verteilung



MIT UNTERSTÜTZUNG VON BUND, LAND UND EUROPÄISCHER UNION

Bundesministerium
Landwirtschaft, Regionen
und Tourismus

LE 14-20
Förderung für den Ländlichen Raum



Das Land
Steiermark

→ Land- und Forstwirtschaft

EUROPÄISCHE UNION

Europäischer Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums:
Hier investiert Europa in die ländlichen Gebiete



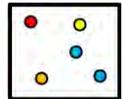
FORSITE

Dynamische Waldtypisierung (23)



Ergebnisse

Basensättigung

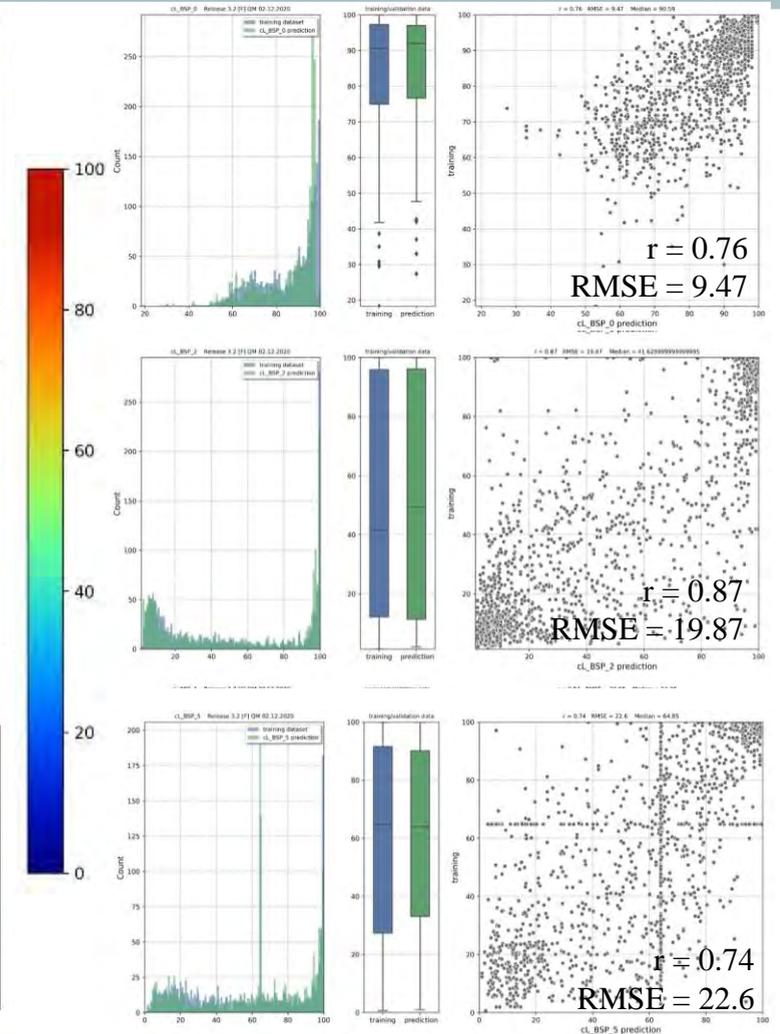
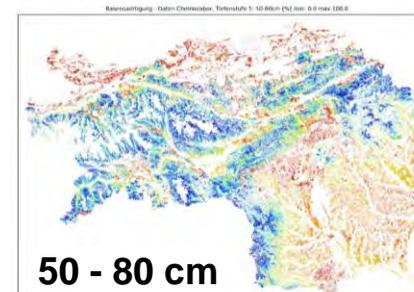
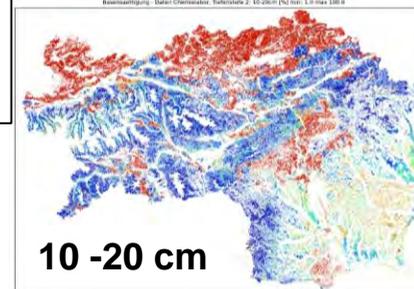
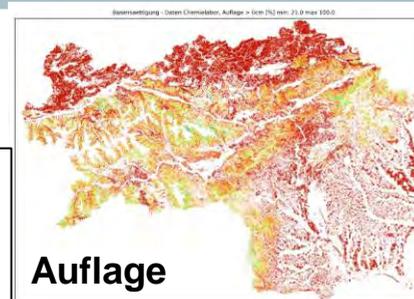


- Labormessungen
- „nested“ Modell, $r^2 = 0,66 - 0,79$



- Starke bimodale Verteilung

Einsetzen des Median für Fehlwerte bei stark bimodaler Verteilung kritisch!!



MIT UNTERSTÜTZUNG VON BUND, LAND UND EUROPÄISCHER UNION

Bundesministerium
Landwirtschaft, Regionen
und Tourismus

LE 14-20
Förderung für den Ländlichen Raum



Das Land
Steiermark

→ Land- und Forstwirtschaft

EUROPÄISCHE UNION

Europäischer Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums:
Hier investiert Europa in die ländlichen Gebiete



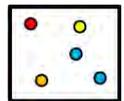
FORSITE

Dynamische Waldtypisierung (24)



Ergebnisse

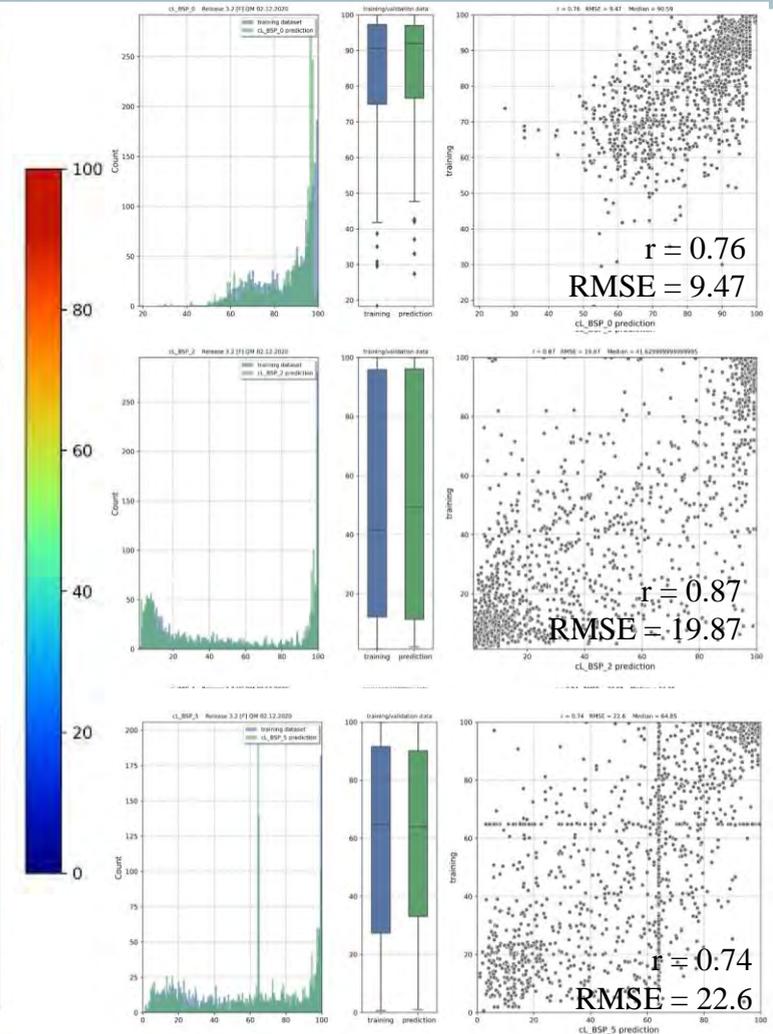
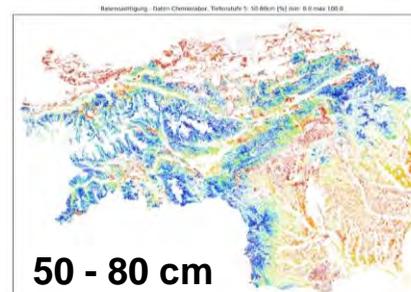
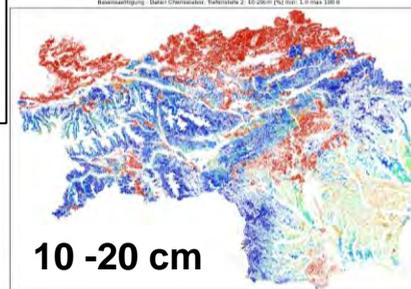
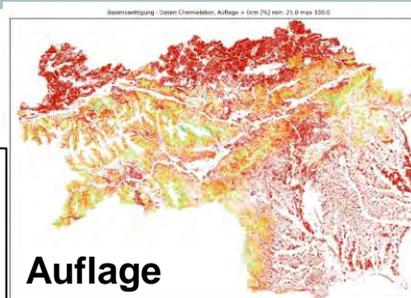
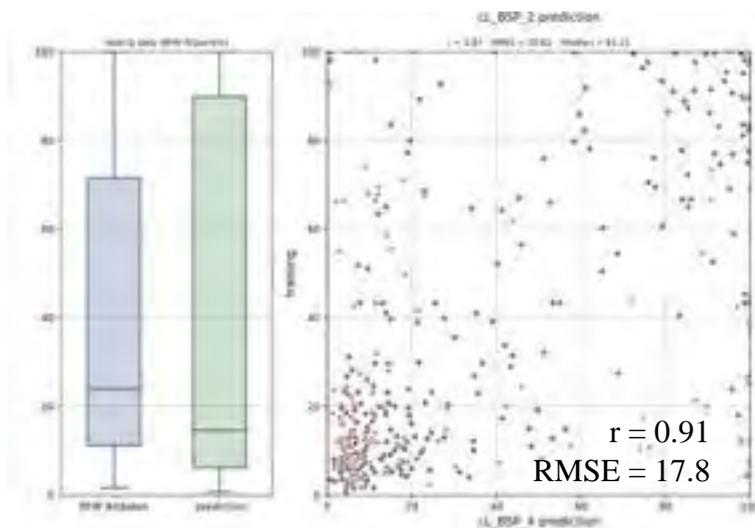
Basensättigung



- Labormessungen
- „nested“ Modell, $r^2 = 0,66 - 0,79$



- Starke bimodale Verteilung



MIT UNTERSTÜTZUNG VON BUND, LAND UND EUROPÄISCHER UNION

Bundesministerium
Landwirtschaft, Regionen
und Tourismus

LE 14-20
Förderung für den Ländlichen Raum



Das Land
Steiermark

Land- und Forstwirtschaft

EUROPÄISCHE UNION

Europäischer Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums:
Hier investiert Europa in die ländlichen Gebiete



FORSITE

Dynamische Waldtypisierung (25)

Schlussfolgerungen

- ❖ Regionalisierung ist ein **taugliches Verfahren**, um homogene und nachvollziehbare Flächendaten zu erzeugen
- ❖ Moderne (künstliche Intelligenz) Verfahren erlauben die **Modellierung komplexer Zusammenhänge**
- ❖ Anwendung erfordert sowohl fachliches als auch **IT-Knowhow**
- ❖ **Entsprechende Datengrundlagen** (sowohl Punkt als auch Prädiktoren) sind Bedingung
- ❖ Themengruppierte Prognose bringt „**Robustheit**“ wenn viele Kennwerte bearbeitet werden
- ❖ Ein **scharfes Expertenauge** ist unersetzlich

MIT UNTERSTÜTZUNG VON BUND, LAND UND EUROPÄISCHER UNION

 Bundesministerium
Landwirtschaft, Regionen
und Tourismus

 LE 14-20
Förderung für den ländlichen Raum

 Das Land
Steiermark
→ Land- und Forstwirtschaft

EUROPÄISCHE UNION
Europäischer Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums:
Hier investiert Europa in die ländlichen Gebiete



FORSITE

Dynamische Waldtypisierung (26)