

Großskalige Modellierung und Bewertung forstlicher und hydrologischer Standortseigenschaften

Klaus Klebinder

Innsbrucker Hofburggespräche, 25. Juni 2026



Großskalige Modellierung und Bewertung
Was verstehen wir darunter?



Hydrologische Bodenkenndaten



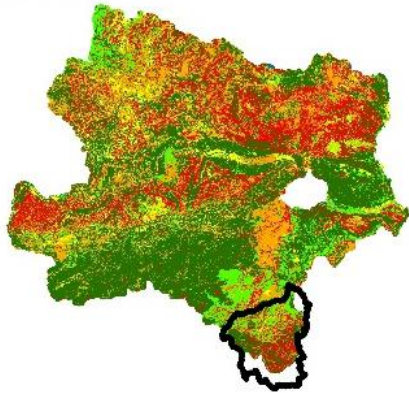
Exkurs: digitale Kartierung



Dynamische Waldtypisierung

Skalenebenen

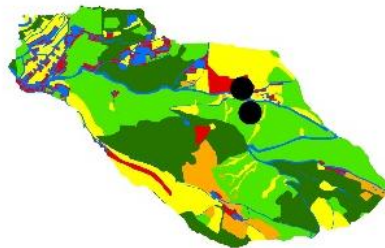
Dataset A



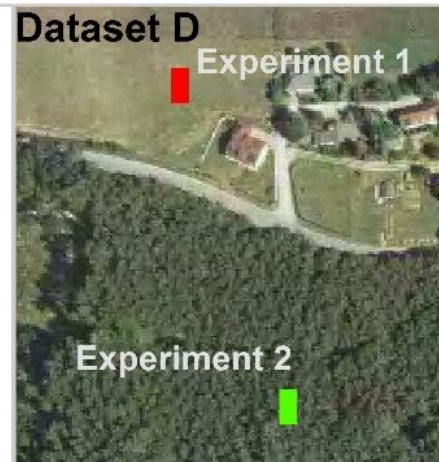
Dataset B



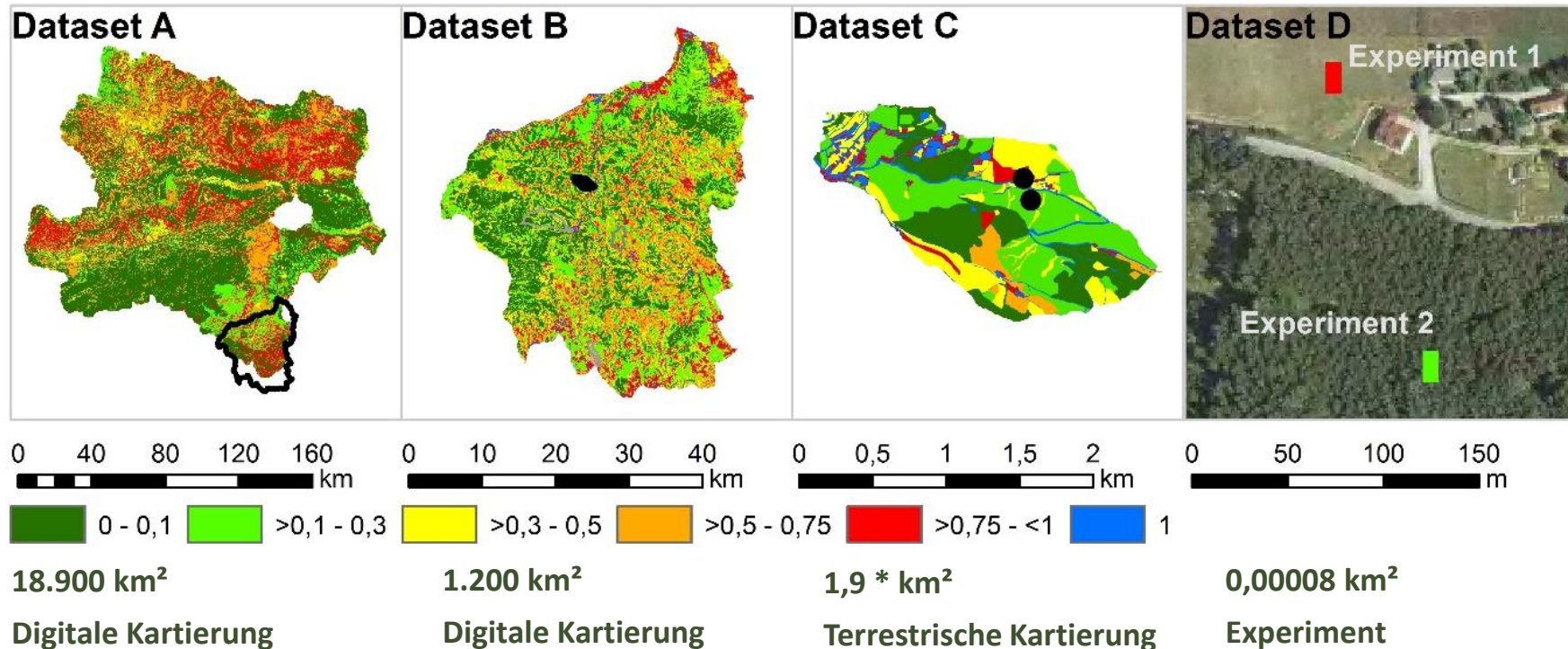
Dataset C



Dataset D

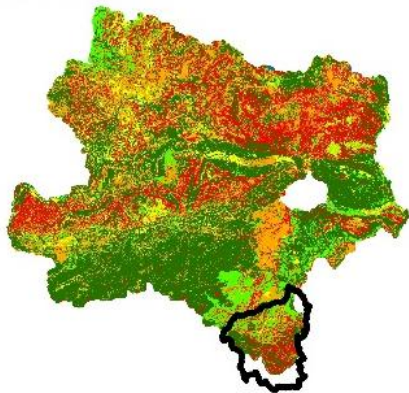


Skalenebenen



Skalenebenen

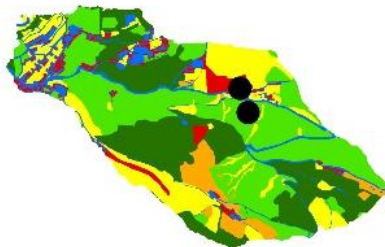
Dataset A



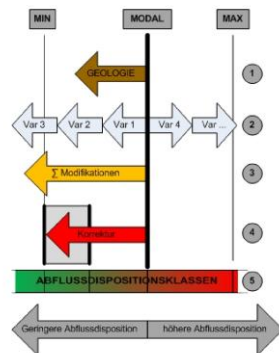
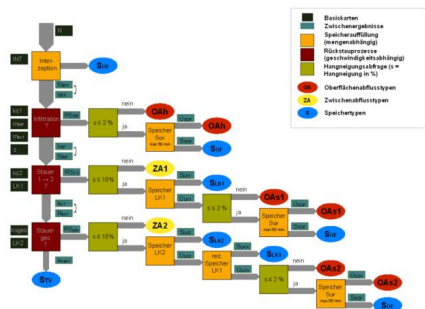
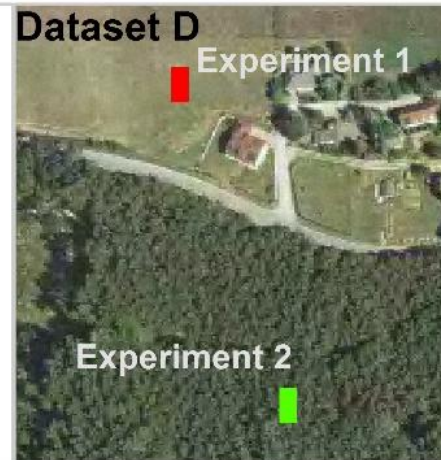
Dataset B



Dataset C

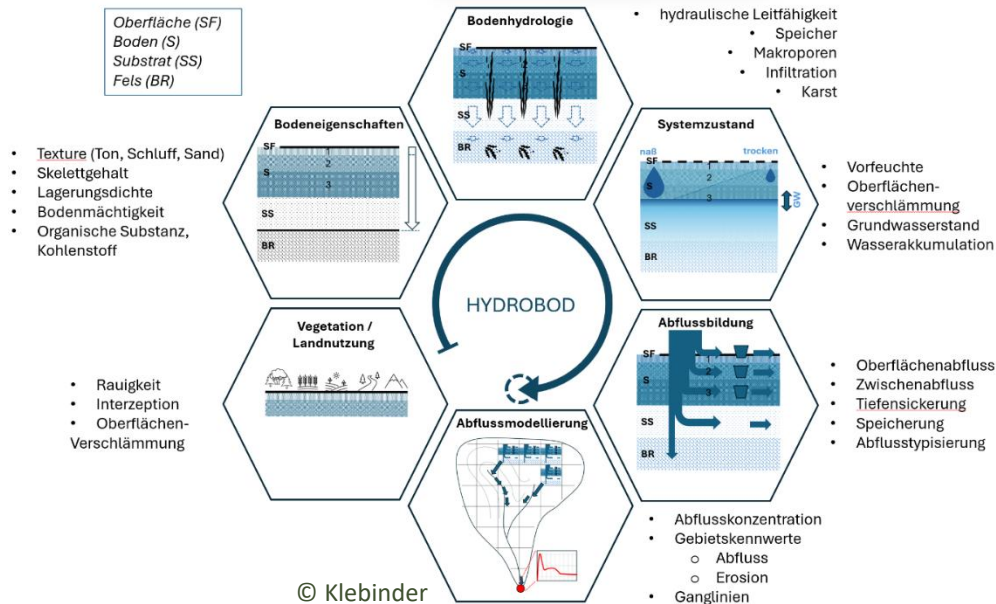


Dataset D



Hydrologische Bodenkennwerte (HydroBOD)

HydroBOD (Workflow)



basiert auf

- Vegetation/Landnutzung
- physikalische Bodeneigenschaften
- Systemzustandsszenarien

verwendet

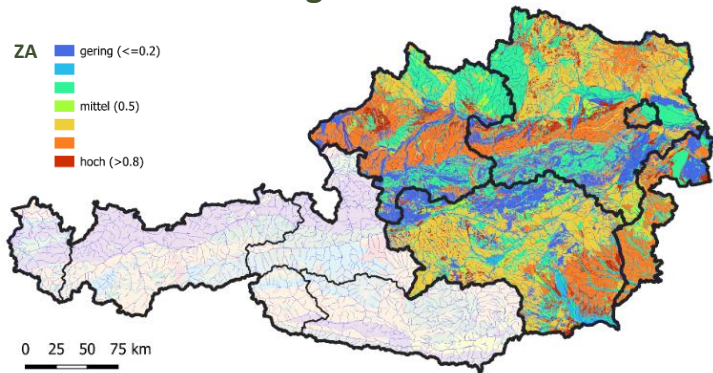
- bestehende Datengrundlagen
- digital kartierte Datengrundlagen

erzielt

- bodenhydrologische Kennwerte
- Abflusskennwerte
- Abflusstypen

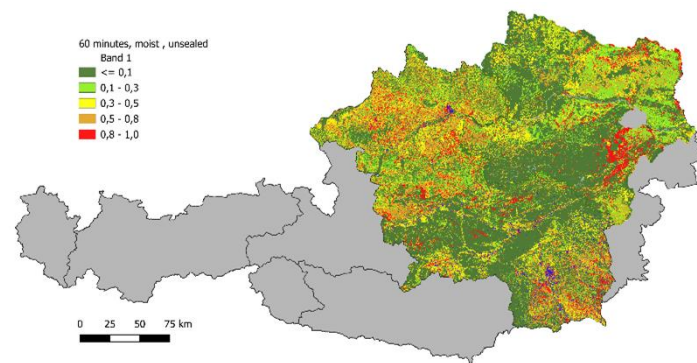
Hydrologische Bodenkennwerte (HydroBOD)

Bewertete Grundlagendaten

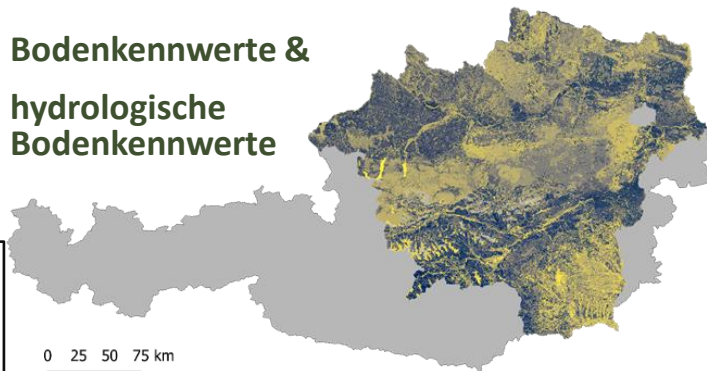


Geol. Karte
DKM, INVEKOS
eBOD

Modellierte Abflusskennwerte



Bodenkennwerte &
hydrologische
Bodenkennwerte



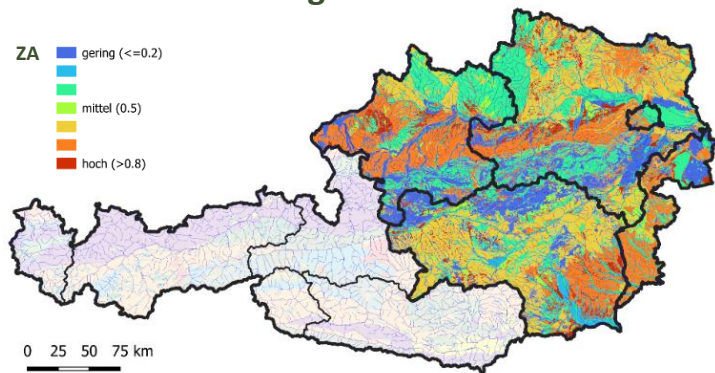
S,U,T,LD,Corg,G,BM
Leitfähigkeit
Porenvolumen
Infiltration

Abflussbeiwerte
Abflussfrachten
Dominante Abflusstypen

NÖ ✓
OÖ ✓
Stmk ✓

Hydrologische Bodenkennwerte (HydroBOD)

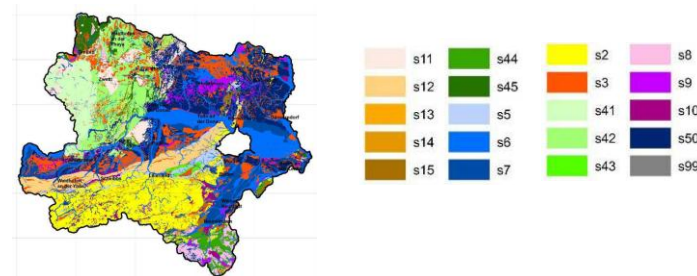
Bewertete Grundlagendaten



Bewertung der Serien nach Beschreibung,
Literatur & Expertenwissen

Legenden-, Maßstab & Blattschnitte
machen es schwierig!

SKL (bisher)	SKL (neu differenziert)	Prozent ZWA zur Perkolations in Untergrund in %	Geologisch-lithologische Serien hauptsächlich
S1	S11	75	Granulit, Migmatite, Feinkorngranite im Waldviertel; Gneise im Wechselgebiet
	S12	50	Flyschserien Voralpen und Wienerwald
	S13	25	Mergelige, sandige und konglomeratische Serien in den Kalkalpen und der Kalkalpenbasis
	S14	25	Serien der NÖ Grauwackenzone
	S15	50	Basische und ultrabasische Serien der Böhmisches Masse; Flyschserien im Weinviertel; div. Konglomeratserien
S2	S2	75 – 100 (10-20 bei steilen Felsflanken)	Karbonatserien der Nördlichen Kalkalpen und Marmore der Böhmisches Masse
S3	S3	10 - 20	Lithologisch heterogene Lockersedimentserien der Molasse und der inneralpinen Becken
S4	S41	50 - 75	Grobkorngranite der Böhmisches Masse (i.a. Weinsbergergranit)
	S42	25 - 50	div. Paragneise der Böhmisches Masse
	S43	10 - 20	Teile der Laab-Formation in der Flyschzone
	S44	20 - 40	Phyllit, Gneisserien im Semmering-Wechselgebiet, Bucklige Welt und Leithagebirge
	S45	50	Grusig-grobsandig verwitternde Gesteinstypen in der Böhmisches Masse, der Kalkalpen, Grauwackenzone und des ostalpinen Kristallins
S5	S5	10	Mergel- und Tonserien
S6	S6	10 - 100	Lockersedimente; Talalluvionen
S7	S7	100	Lockersedimente; Terrassenkörper – Sand-Kies-Serien
S8	S8	50	Lockersedimente; schluffig-sandige Serien
S9	S9	100	Lockersedimente; ältere Sand-Kies-Serien
S10	S10	10 - 20	Lockersedimente mit lehmig-toniger Matrix
S50	S50	10	Löss, Lösslehm



Hydrologische Bodenkennwerte (HydroBOD)

Landwirtschaftliche Flächen sind terrestrisch kartiert
S,U,T,G,Humus (LD) → Bodenkarte eBod

Wald, Almen und Hochlagen werden aus
Standortsaufnahmen digital kartiert (digital soil mapping)

Siedlungsraum wird über LN/LB bewertet

DSM: Geostatistik (NÖ), NN (Stmk), RF (OÖ)

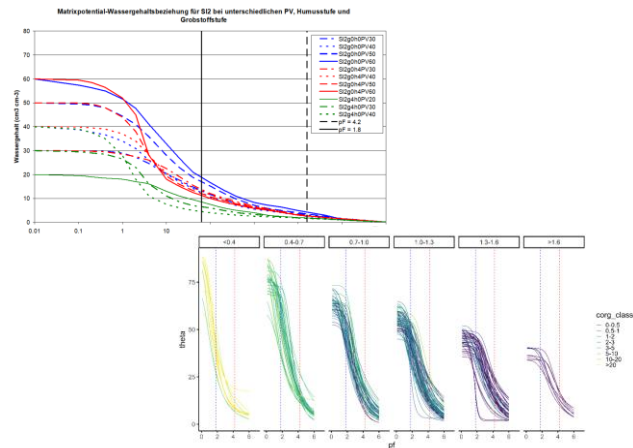
Almen &
Hochlagen: sehr
wenige Standort-
aufnahmen

physikalische &
hydrologische
Bodenkennwerte



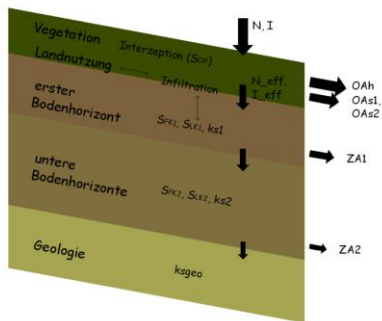
Mit **Pedotransferfunktionen (PTF)**
können aus bodenphysikalischen
Werten **bodenhydrologische
Kennwerte** abgeleitet werden.

(S,U,T,LD,Corg,G)→(LK,nFK,TW,kf)

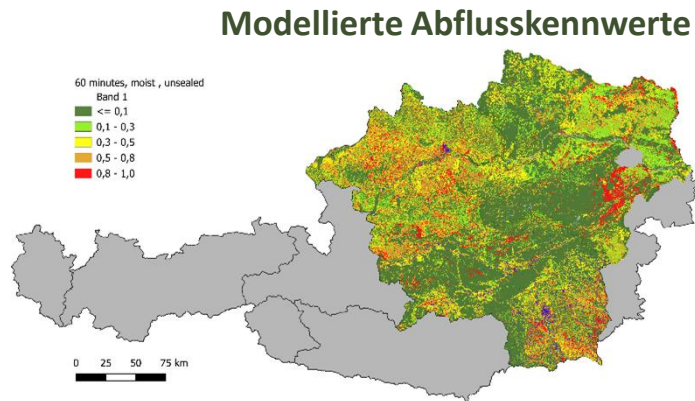


Wähle das richtige PTF-Modell !!

Hydrologische Bodenkennwerte (HydroBOD)

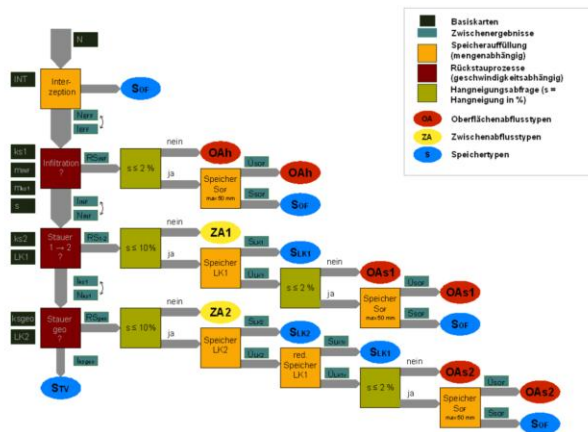


Tiefendiskrete
(0-20, 20-50, 50-80 cm)
hydrologische
Bodenkennwerte,
Geologie

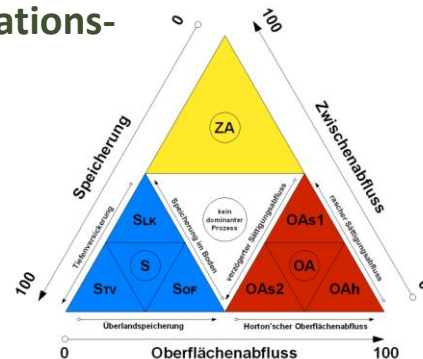


Hydrologisches Modell

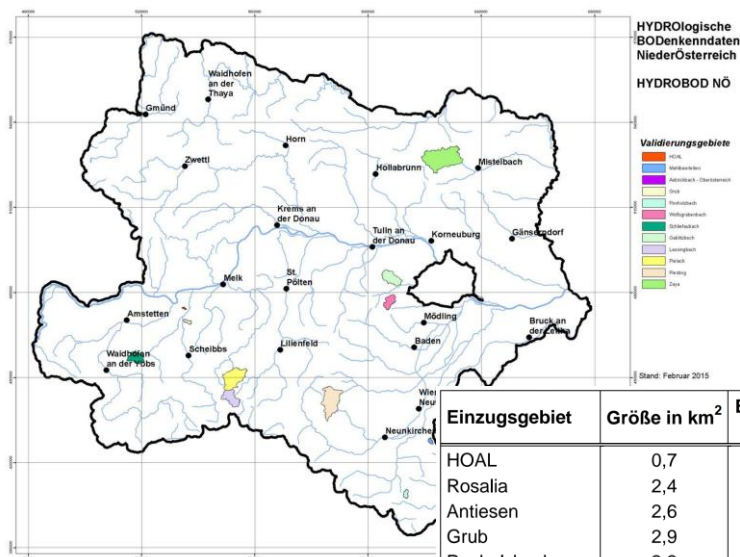
- Niederschlag
- Infiltrationsmodell
- Speicherfüllung und Perkolation



Klassifikationsdreieck



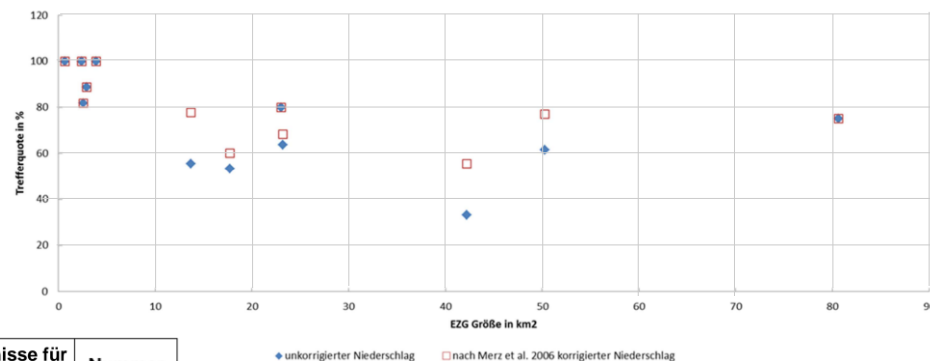
Hydrologische Bodenkennwerte (HydroBOD)



Abflussanalyse
12 EZG,
0,7 bis 80,6 km²,
207 Ereignisse

Einzugsgebiet	Größe in km ²	Ereignisse für Validierung	Nummer
HOAL	0,7	18	1
Rosalia	2,4	16	2
Antiesen	2,6	11	3
Grub	2,9	9	4
Ponholzbach	3,9	3	5
Wolfgrabenbach	13,7	9	6
Schliefaubach	17,7	30	7
Gablitzbach	23,0	5	8
Lassingbach	23,2	44	9
Pielach	42,2	45	10
Piesting	50,3	13	11
Zaya	80,6	4	12

Trefferquote vs. EZG Größe



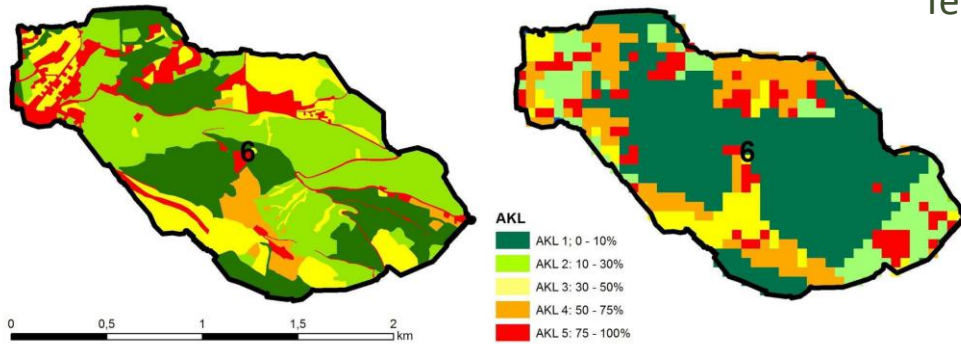
Abflussfrachten konnten bei kleinen Gebieten (<10 km²) gut wiedergegeben werden!

Niederschlag bei größeren Gebieten fraglich (Korrektur).

Hydrologische Bodenkennwerte (HydroBOD)

Terrestrische Kartierung (li) vs. Modellierung (re)

Räumliches Muster und Gebietsmittelwerte
zeigen **Abweichung**

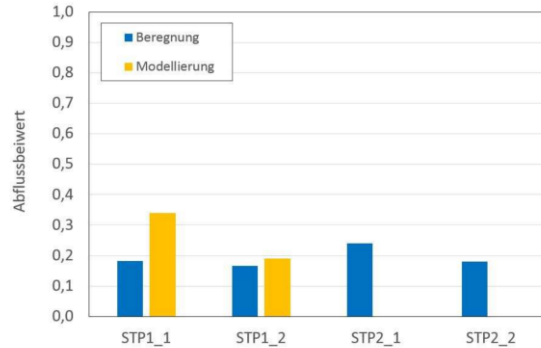


Nr.	Einzugsgebiet	Region	Fläche [km ²]	ψ_{const} [--]		Abweichung [-]	Abweichung [%]
				kartiert	HYDROBOD		
1	Weißbachgraben	Waidhofen/Ybbs	3,1	0,11	0,08	-0,03	-27%
2	Lugerbach	Waidhofen/Ybbs	4,4	0,13	0,11	-0,02	-12%
3	Winkelbach	Waidhofen/Ybbs	1,4	0,13	0,05	-0,08	-62%
4	Glashüttenbach	Waidhofen/Ybbs	0,8	0,25	0,13	-0,12	-48%
5	Schöpfgraben oder kleiner Pestingbach	Wechselregion	10,1	0,18	0,26	0,08	45%
6	Plötzbauergraben	Wechselregion	2,1	0,31	0,27	-0,04	-12%
7	Ponholzbach inkl. Tiefenbach	Bucklige Welt	9,9	0,34	0,39	0,05	15%

Bei der N-A Modellierung
können sich diese
Abweichungen deutlich
verschärfen

Hydrologische Bodenkennwerte (HydroBOD)

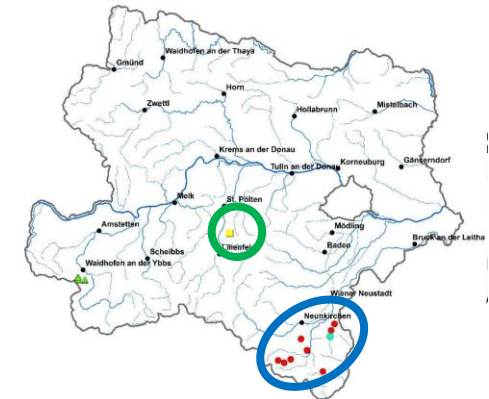
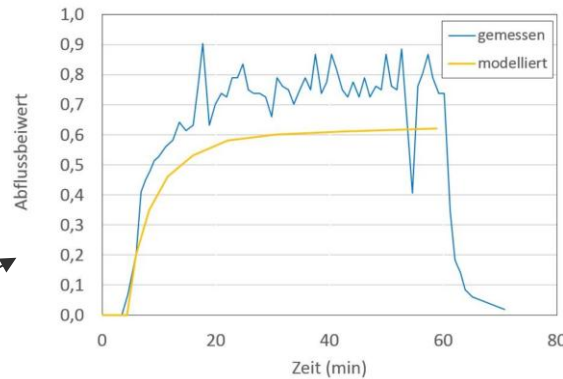
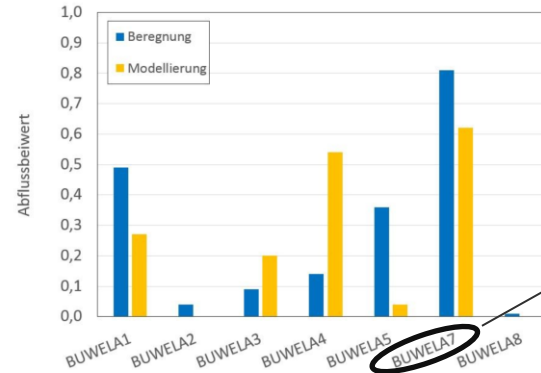
Kreisbach



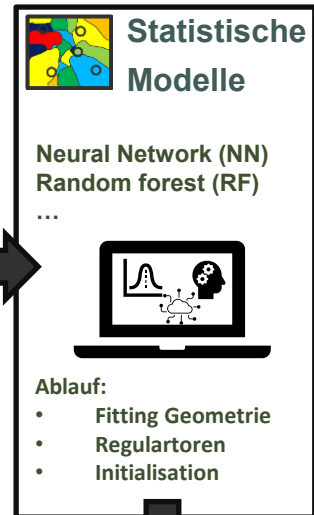
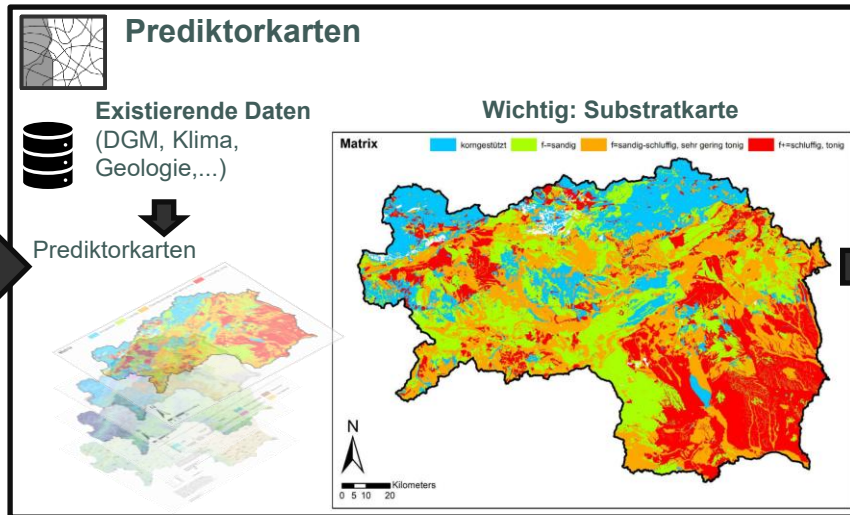
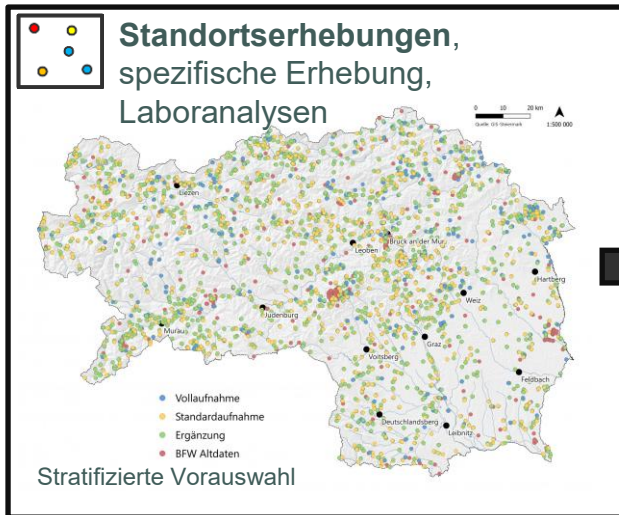
Validierung an Beregnungsexperimenten
zeigen oft deutliche Abweichungen

Zu beachten: räumliche Auflösung =
Maßstabsproblematik

BUWELA

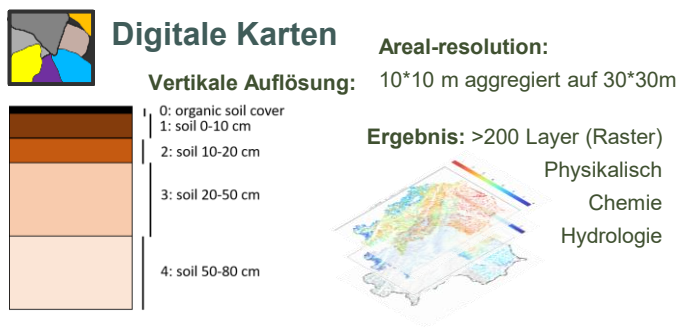


Exkurs: digitale Kartierung



Huber, T., Zieher, T., Simon, A., Gadermaier, J., and Klebinder, K.: Derivation of robust moisture regime indicator maps in Alpine forests considering climate change – balancing uncertainty by multi-algorithm ensembles, EGU General Assembly 2025, Vienna, Austria, 27 Apr–2 May 2025, EGU25-19804, <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu25-19804>

Klebinder K. et al. (2024): Suopporting the management of protection forests in a changing climate. CONFERENCE PROCEEDINGS | INTERPRAEVENT 2024. 134-138. <https://www.interpraevent.at/en/proceedings/ip-2024>

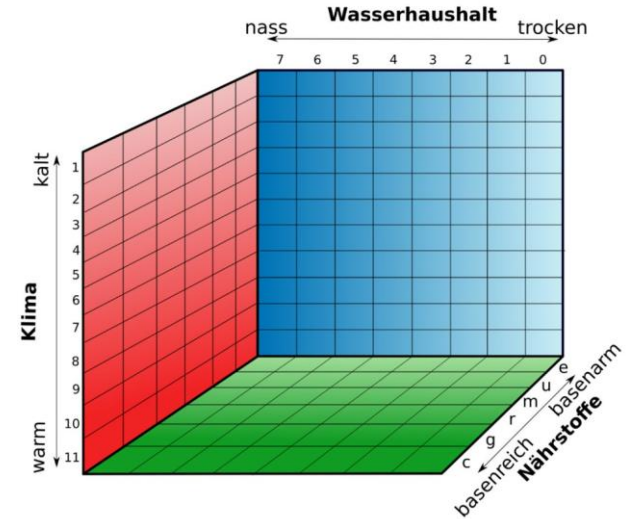
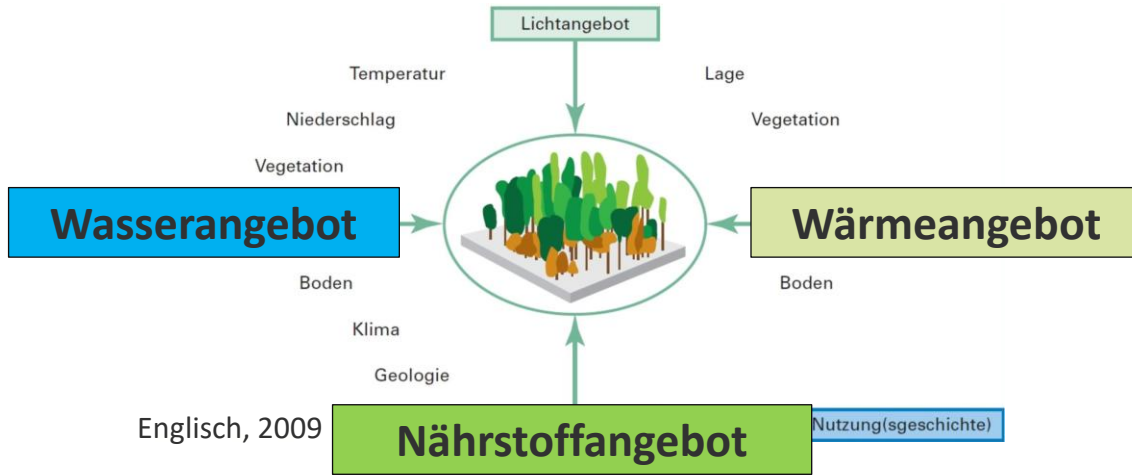


Ergebnis:

- Textur (Sand, Schluff, Ton)
- Grobstoff
- Bodenmächtigkeit
- Wasserspeicherkapazität
- Hydr. Leitfähigkeit
- Wasserstau
- Bodenchemie und Nährstoffe (pH, Basensättigung, ..)

Beispiel: Bodenmächtigkeit

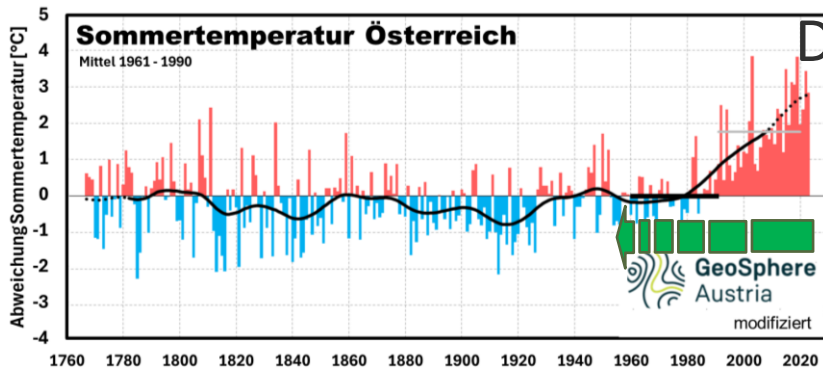
Dynamische Waldtypisierung



Die **Waldtypisierung** klassifiziert Waldstandorte über die primären Standortsfaktoren **Wärme-, Wasser- und Nährstoffversorgung**

Ziel ist die Abschätzung des Standortspotenzial

Dynamische Walddtypisierung



<https://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/news/siebertwaermster-sommer-der-messgeschichte>

**Der Klimawandel führt zu einer
Dynamisierung des Systems**

**Bestehende Waldsystem
gelangen zunehmend an den
Rand ihres ökologischen
Spektrums**



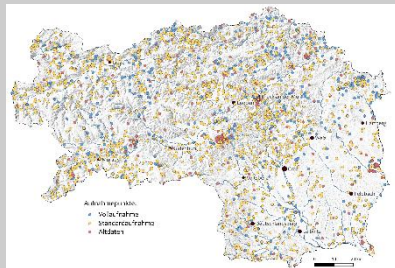
**Störungen
(Waldsterben)
sind die Folge**

Dynamische Waldtypisierung

Erhebungen

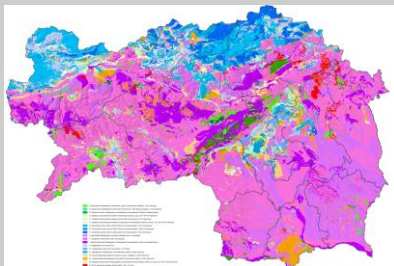
Standortserhebungen

Boden/Vegetation/Bestand



Ausgangssubstrat

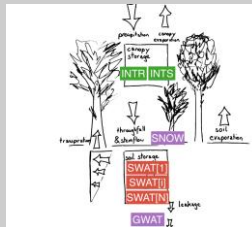
mineralogisch/physikalisch



Standortmodellierung

Wasserhaushalt

Bestand/Gebiet/Boden



LWF
Brook90

<https://docs.juliahub.com/LWFBrook90/r4Hvz/0.1.2/model/>

Nährstoffhaushalt

Wärmehaushalt

Klassifikation

Einheiten (Wärme/Wasser/Nährstoff)

Sonderwald – Einheiten

Klima

3 (4) Zeitscheiben

1961 - 1990

1989 – 2018 (1991 – 2020)

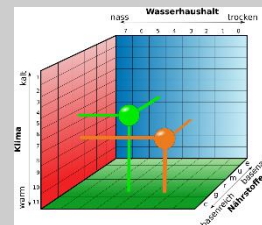
2036 – 2065

2071 – 2100

2 (4) Klimaszenarien

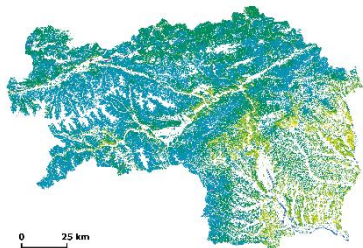
Tageszeitreihen

Flächendaten

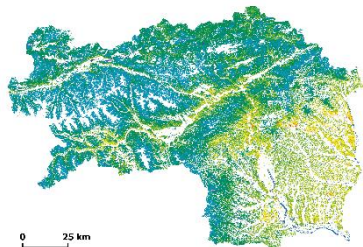


Dynamische Walddtypisierung (FORSITE I, Steiermark)

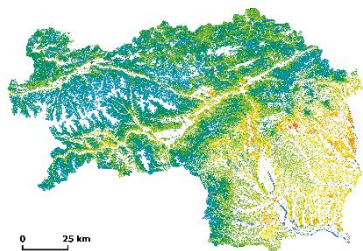
Aktuell (1989 – 2018)



RCP 8.5 (2036-2065)



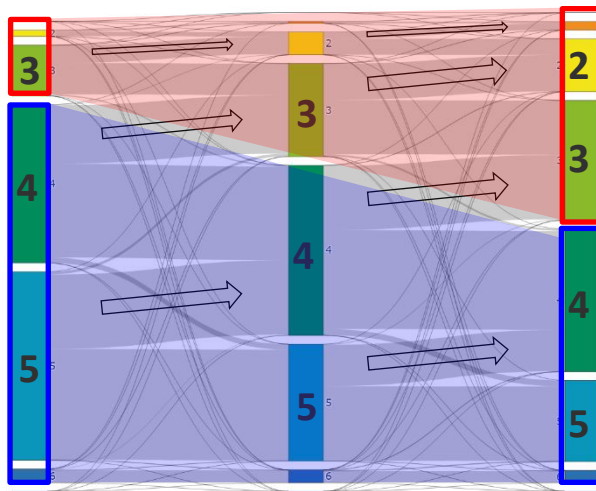
RCP 8.5 (2071-2100)



**Aktuell
(1989 – 2018)**

**RCP 8.5
(2036-2065)**

**RCP 8.5
(2071-2100)**



- 0 sehr trocken
- 1 trocken
- 2 mäßig trocken
- 3 mäßig frisch
- 4 frisch
- 5 sehr frisch
- 6 feucht
- 7 nass

Trockene Standorte gewinnen deutlich an Bedeutung

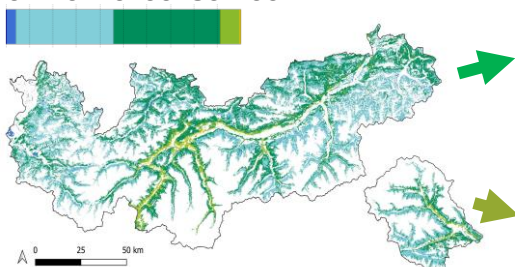
Alle 50 Jahre: 30 – 40% der Standorte werden eine Feuchtekategorie trockener

Dynamische Walddtypisierung (WinAlp 21, Tirol und Vlbg.)

HIST (1991 – 2020)

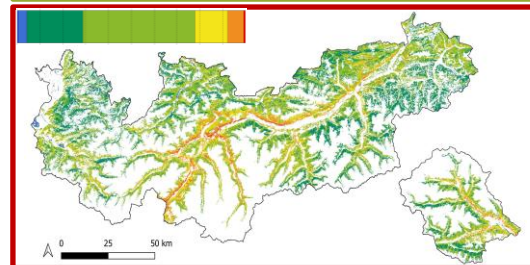
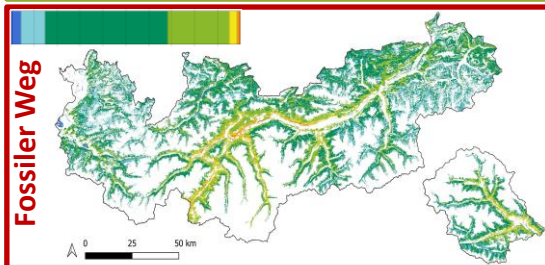
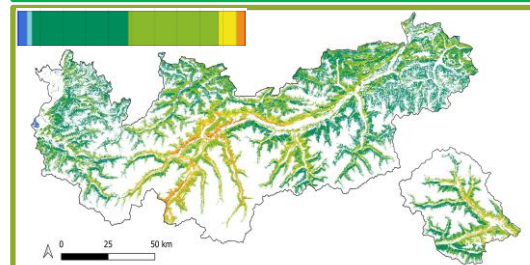
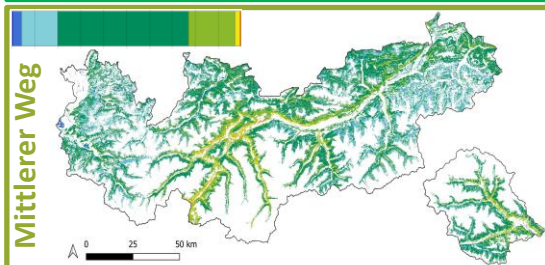
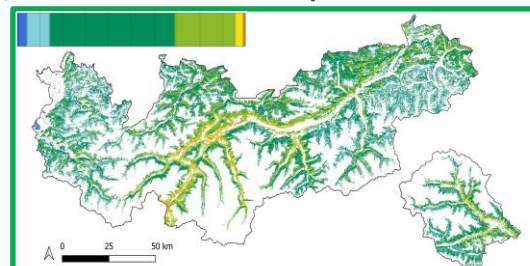
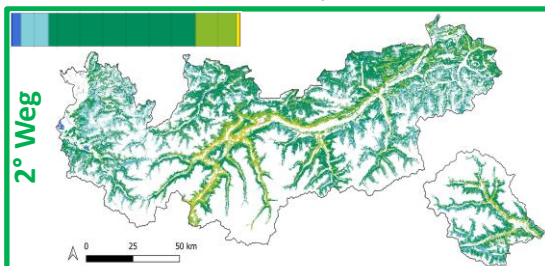
Flächenanteile [%]

0 20 40 60 80 100



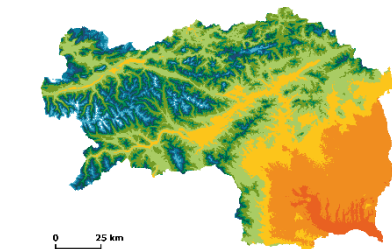
- WHH Stufe 0: **sehr trocken**
- WHH Stufe 1: **trocken**
- WHH Stufe 2: **mäßig trocken**
- WHH Stufe 3: **mäßig frisch**
- WHH Stufe 4: **frisch**
- WHH Stufe 5: **sehr frisch**
- WHH Stufe 6: **feucht**
- WHH Stufe 7: **nass**

MITTE des Jhd. (2036 – 2065) ENDE des Jhd. (2071 – 2100)



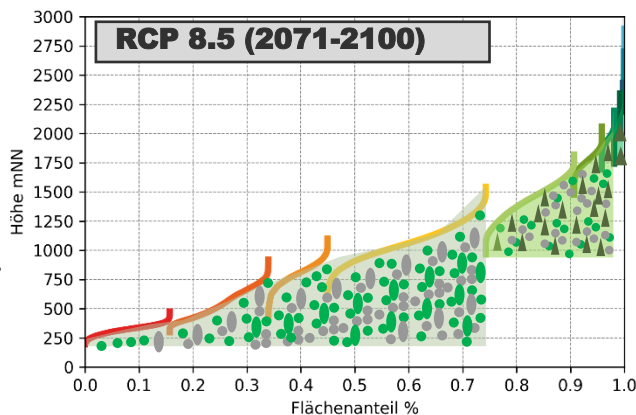
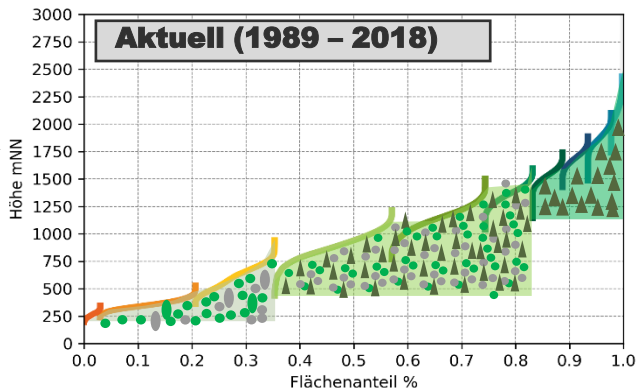
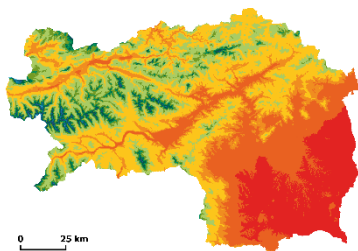
Dynamische Walddtypisierung (FORSITE I, Steiermark)

Aktuell (1989 – 2018)



- waldfreie Zone
- sehr kalte Nadelwald-Zone
- kalte Nadelwald-Zone
- mäßig kalte Nadelwald-Zone
- sehr kühle Nadelwald-Zone
- kühle Mischwald-Zone
- mäßig kühle Mischwald-Zone
- mäßig milde Mischwald-Zone
- milde Laubwald-Zone
- sehr milde Laubwald-Zone
- mäßig warme Laubwaldzone
- sehr warme Laubwaldzone

RCP 8.5 (2071-2100)



Nadelwaldzone

	Höhe [mNN]	Flächenanteil
aktuell	1140 - 2100	17%
RCP 4.5	1490 - 2390	8%
RCP 8.5	1740 - 2700	2%

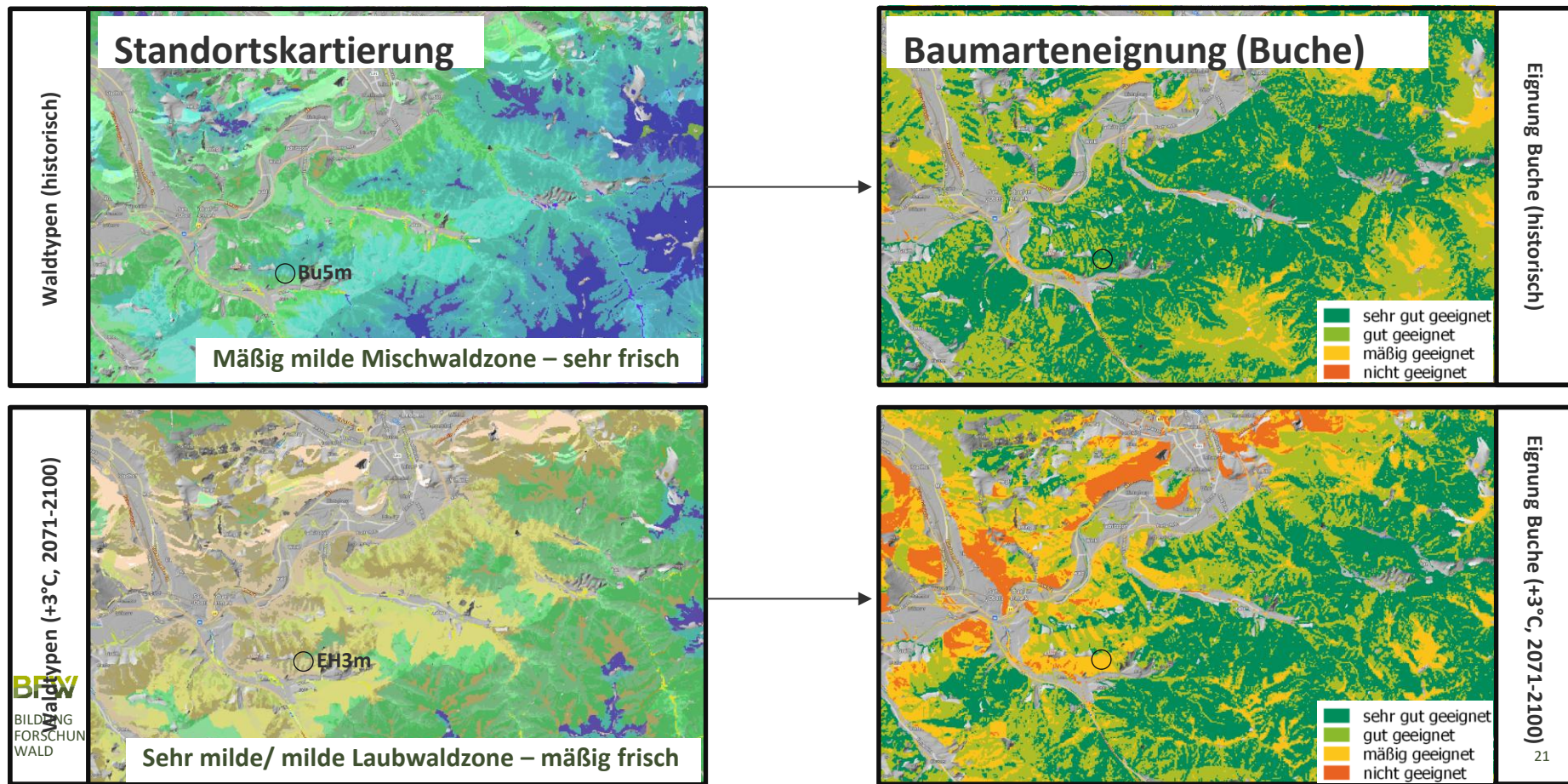
Mischwaldzone

	Höhe [mNN]	Flächenanteil
aktuell	440 - 1600	48%
RCP 4.5	620 - 1890	41%
RCP 8.5	970 - 2200	24%

Laubwaldzone

	Höhe [mNN]	Flächenanteil
aktuell	200 - 940	35%
RCP 4.5	200 - 1230	52%
RCP 8.5	200 - 1540	74%

Dynamische Waldtypisierung



Dynamische Walddtypisierung

Waldfonds
Republik Österreich
Eine Initiative des Bundesministeriums
für Land- und Forstwirtschaft, Regionen
und Wasserwirtschaft

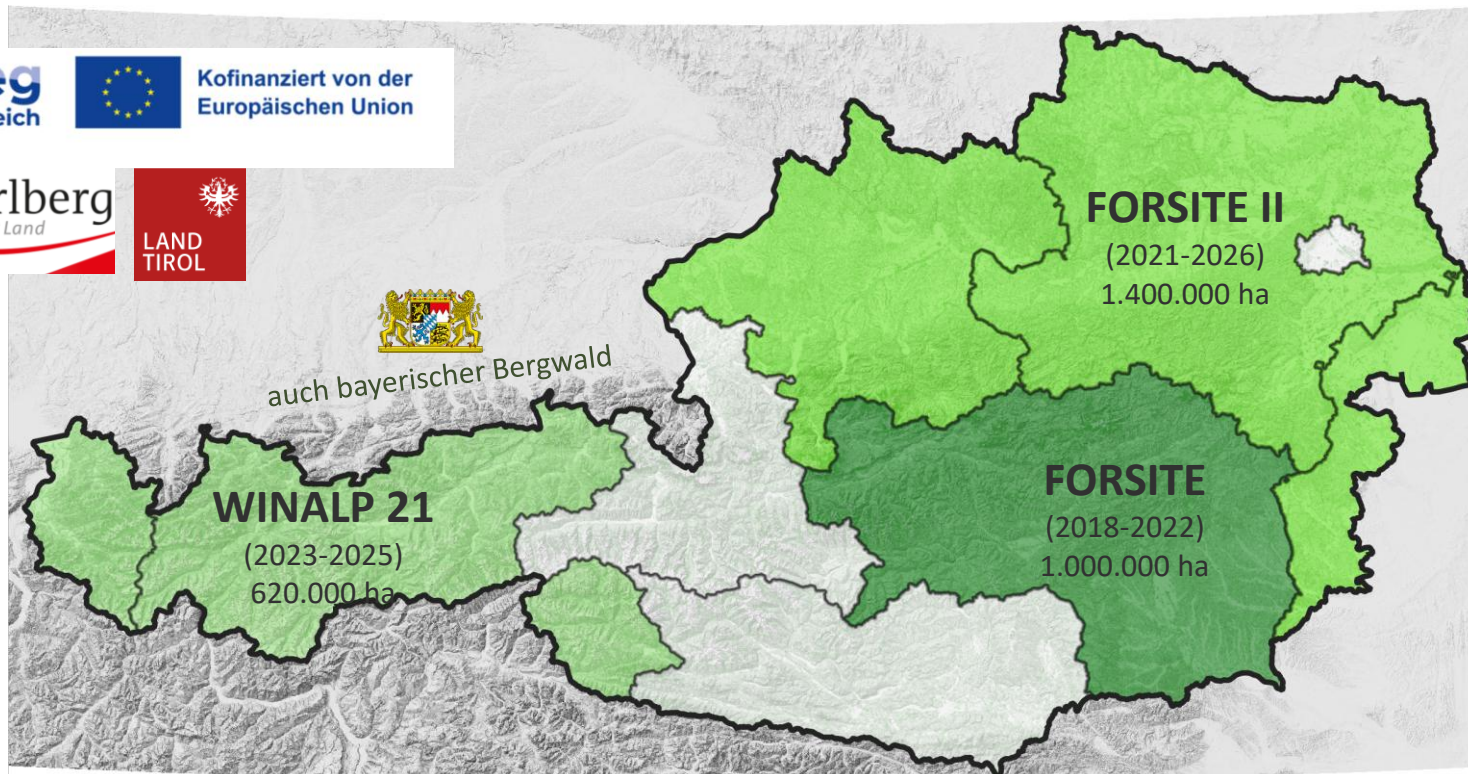


FORSITE II
Dynamische Walddtypisierung

Interreg
Bayern-Österreich



Kofinanziert von der
Europäischen Union



BFW

BILDUNG
FORSCHUNG
WALD

MIT UNTERSTÜTZUNG VON BUND, LAND UND EUROPÄISCHER UNION

Bundesministerium
Land- und Forstwirtschaft,
Regionen und Wasserwirtschaft

LE 14-20
Entwicklung für den ländlichen Raum



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



Kontakt

Bundesforschungszentrum für Wald
Institut für Naturgefahren

Hofburg, Rennweg 1, 6020 Innsbruck
Tel.: +43 1 87838-5100
direktion@bfw.gv.at
<http://www.bfw.gv.at>

Folgen Sie uns

-  www.facebook.com/BundesforschungszentrumWald
-  www.instagram.com/bundesforschungszentrum_wald
-  www.youtube.com/waldforschung
-  [www.linkedin.com/company/
bundesforschungszentrum-wald-bfw](https://www.linkedin.com/company/bundesforschungszentrum-wald-bfw)