

**Waldböden in der Bodenseeregion:  
Funktionen und Gefährdungen im Klimawandel**  
Tagung „Boden des Jahres“ in St. Arbogast, Vorarlberg, 22.10.2024  
Jörg Ewald, Hochschule Weihenstephan-Triesdorf, Freising



## Waldböden in der Bodenseeregion: Funktionen und Gefährdungen im Klimawandel

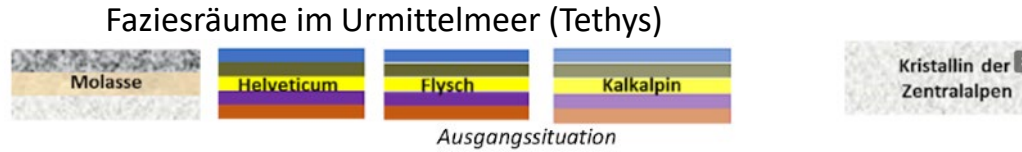
1. Bodenlandschaft Bodenseeregion
2. Bodenfunktionen und Ökosystemleistungen
3. Gefährdung und Schutz
4. Klimafitter Wald braucht gesunde Böden!



## 1. Bodenlandschaft



Ablagerung



Tiefengesteine

Faltung  
Hebung



Erosion



**Stark vereinfachte, schematische Darstellung der Entstehung der tektonischen Einheiten des Allgäus.**  
(Skizze Hohl, nach SCHOLZ 2016, FROITZHEIM 2015)



# 1. Bodenlandschaft



# WINALP 21

Bergwälder fit im Klimawandel

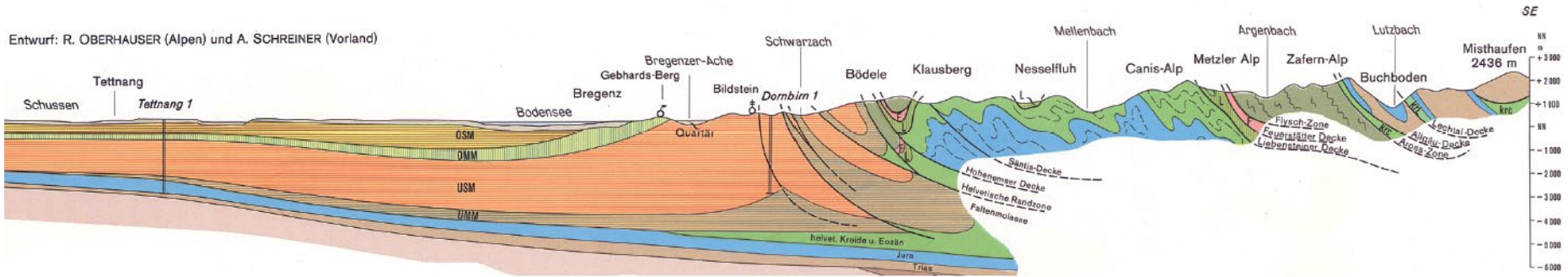
Jungmoräne

Faltenmolasse

Helvetikum

Kalkalpin

Entwurf: R. OBERHAUSER (Alpen) und A. SCHREINER (Vorland)

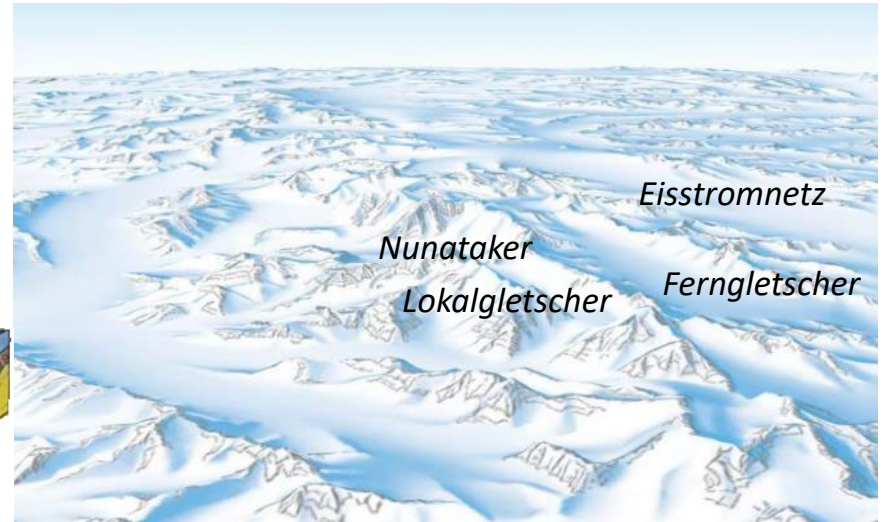


Geologische Übersichtskarte 1:200.000  
 Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover 1991



# 1. Bodenlandschaft

Eiszeitliche Abtragung und Ablagerung



Terrassen

Endmoränen

Seebecken

Grundmoränen

Talfüllungen

Trogtäler

Kare Grate

Terra - Erdkunde für Baden-Württemberg 1982

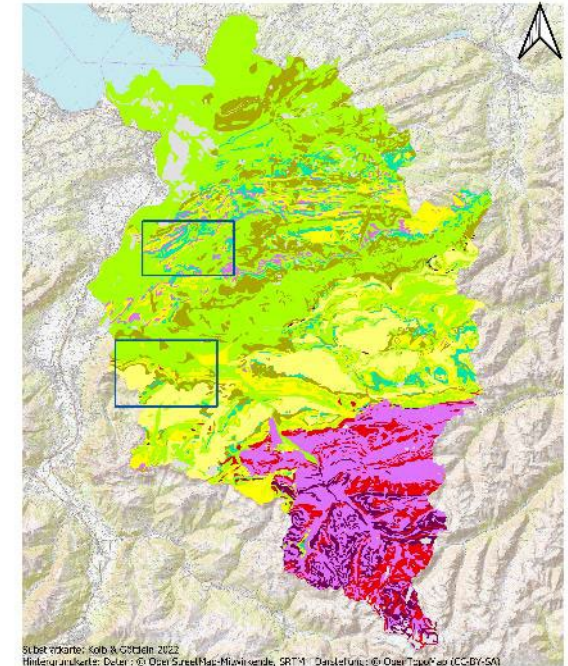
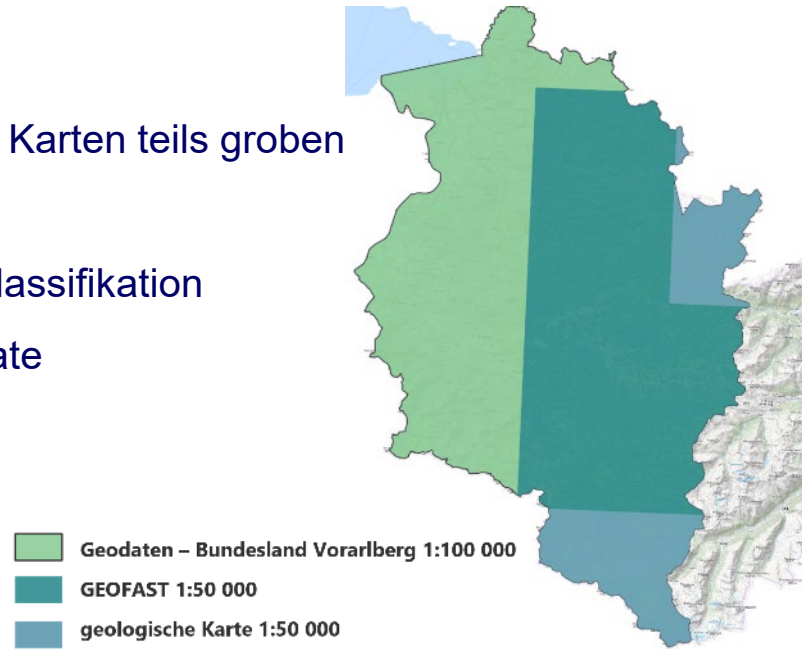
atlasderschweiz.ch



## 1. Bodenlandschaft

### Waldstandorte im WG 4.1 Nördliche Randalpen (Vorarlberg)

- keine Bodenkarten
- Mosaik geologischer Karten teils groben Maßstabs
- standortkundliche Klassifikation geologischer Substrate



Substratkarte: Kolb & Gröbde 2022  
Hintergrundkarte: Daten: © OpenStreetMap-Mitwirkende, SRTM3 | Darstellung: © OpenTopoMap (CC-BY-SA)

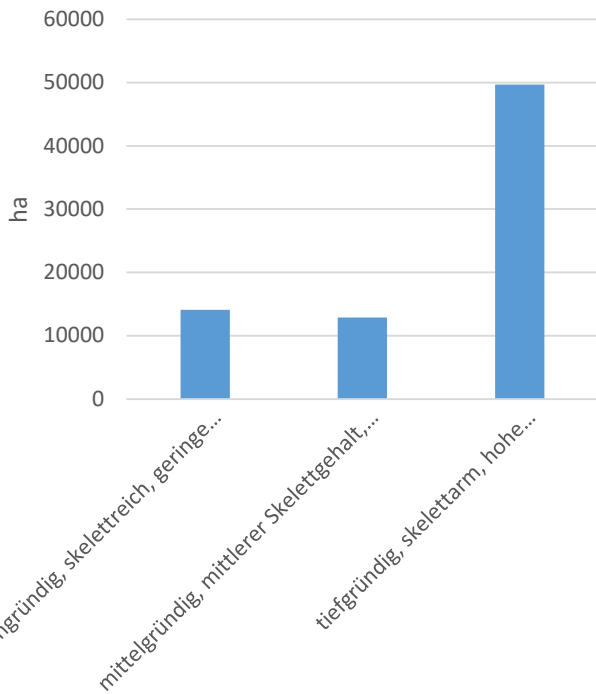
Eckart Kolb, unveröffentlicht



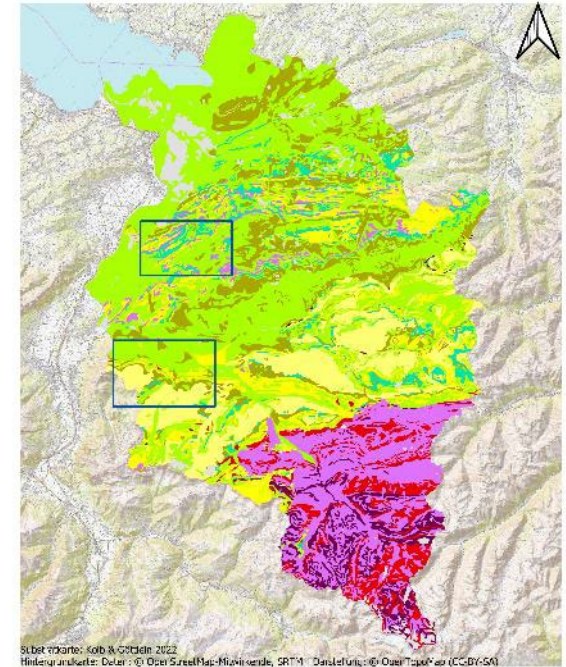
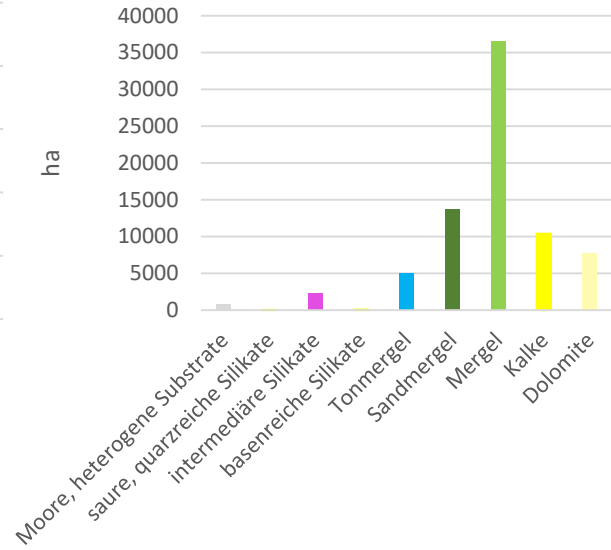
## 1. Bodenlandschaft

### Waldstandorte im WG 4.1 Nördliche Randalpen (Vorarlberg)

Substratphysik (Verwitterbarkeit)



Substratchemie (Basengehalt)



Substratkarte: Kolb & Grödin 2022  
Hintergrundkarte: Daten: © Oberösterreich-Mitteleuropa, SRTM10 | Darstellung: © Oberösterreich (CC-BY-SA)



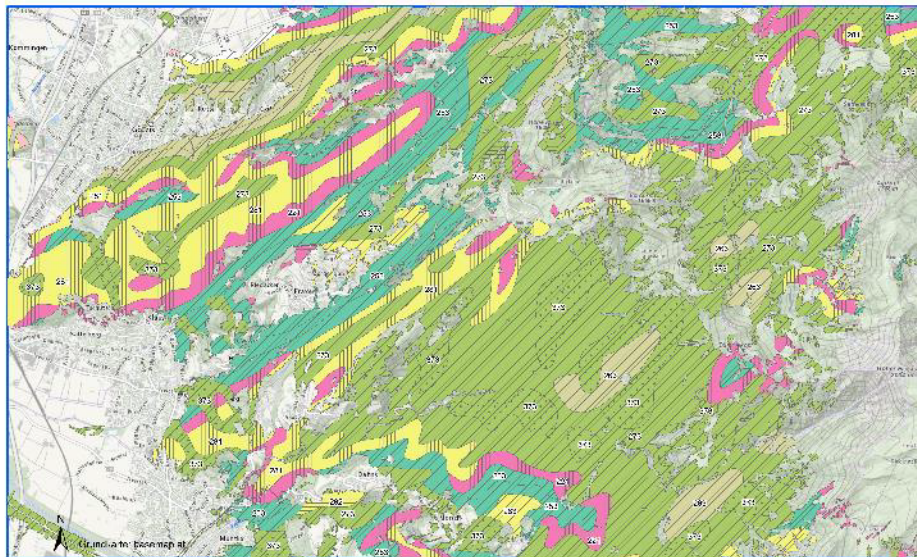
Eckart Kolb, unveröffentlicht



## 1. Bodenlandschaft

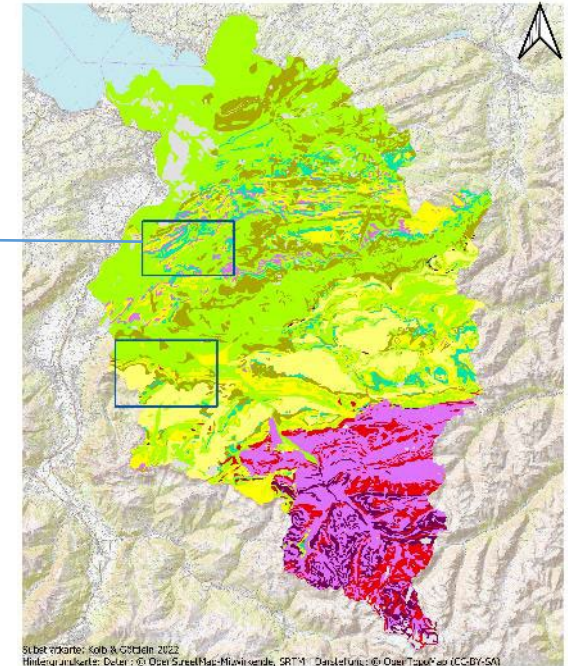
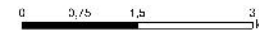
### Waldstandorte im WG 4.1 Nördliche Randalpen (Vorarlberg)

Substratkarte  
Götzis



**Substrattyp**

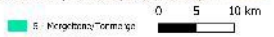
- |   |   |  |
|---|---|--|
| 0 - Gewässer, Gletscher, Siedlungen                                   | 273 - Mergel, rückstandsreich                         | 563 - Sandig-mergelige Rutschungen, rückstandsreich      |
| 212 - Saure, quarzreiche Festsedimente, mäßig rückstandsreich         | 281 - Kälke, langsam verwitterbar                     | 573 - Mergelige Rutschungen, rückstandsreich             |
| 221 - Intermediäre, carbonatfreie Siliziklaste, rückstandsarm         | 282 - Kälke, mäßig rückstandsreich                    | 583 - Kalkige Rutschungen, rückstandsreich               |
| 222 - Intermediäre, carbonatfreie Siliziklaste, mäßig rückstandsreich | 283 - Kälke, rückstandsreich                          | 663 - Sandig-mergelige Flusssedimente, rückstandsreich   |
| 223 - Intermediäre, carbonatfreie Siliziklaste, rückstandsreich       | 284 - Dolomite, rückstandsarm                         | 673 - Mergelige Flusssedimente, rückstandsreich          |
| 253 - Mergeltonne und Tonmergel, rückstandsreich                      | 291 - Dolomite, rückstandsarm                         | 773 - Mergelige See- und Neoresedimente, rückstandsreich |
| 262 - Sandmergel, mäßig rückstandsreich                               | 373 - Mergelige Moränen, rückstandsreich              | 903 - Moore  |
| 263 - Sandmergel, rückstandsreich                                     | 382 - Dolomitische Moränen, mäßig rückstandsreich     |  |
| 272 - Mergel, mäßig rückstandsreich                                   | 483 - Kalkige Hangschutte, rückstandsreich            |  |
|   | 492 - Dolomitische Hangschutte, mäßig rückstandsreich |  |



Substratkarte: Kolb & Gröbde 2022  
Hintergrundkarte: Daten: © OpenStreetMap-Mitwirkende, SRTM; Darstellung: © OpenTopoMap (CC-BY-SA)

**Substratchemie**

- |  |                            |
|--|----------------------------|
| 0 - Kleine und heterogene Substrate                    | 5 - Kalkigtonnig-mergelige |
| 1 - Saure, quarzreiche Gesteine                        | 6 - Sandmergel             |
| 2 - Intermediäre, carbonatfreie Silikate oder Silikate | 7 - Kalk-Mergel            |
| 3 - Basaltische oder basaltische                       | 8 - Kalk                   |
|  | 9 - Dolomite               |



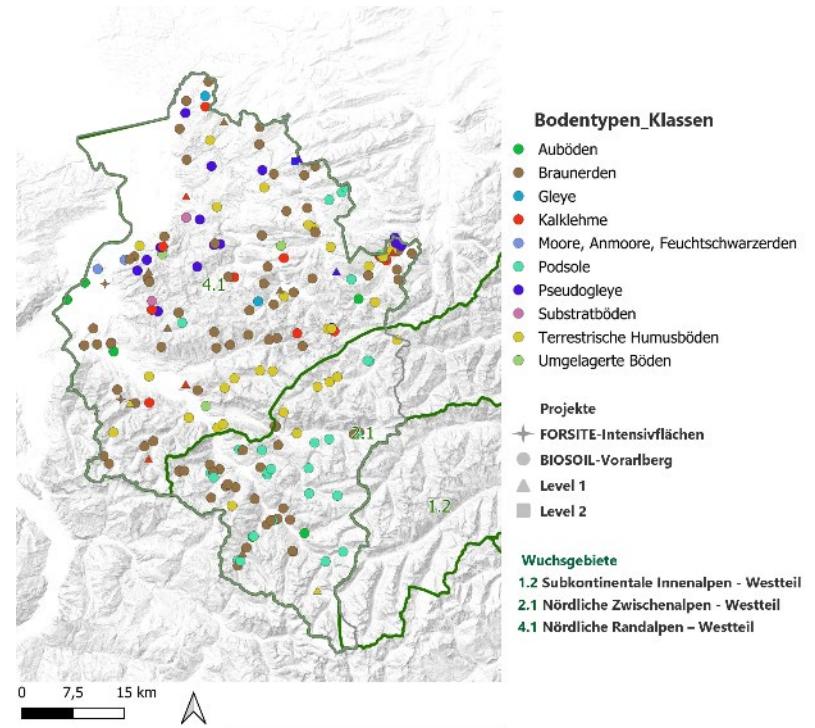
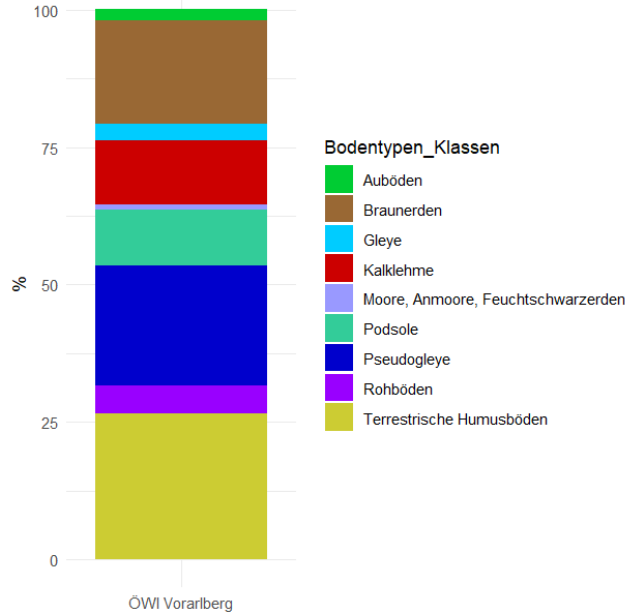
Eckart Kolb, unveröffentlicht



# 1. Bodenlandschaft Waldbodenprofile in Vorarlberg



Häufigkeitsverteilung von Bodentypen (in Klassen) in Vorarlberg nach der österreichischen Waldinventur



Jordan, unveröffentlicht

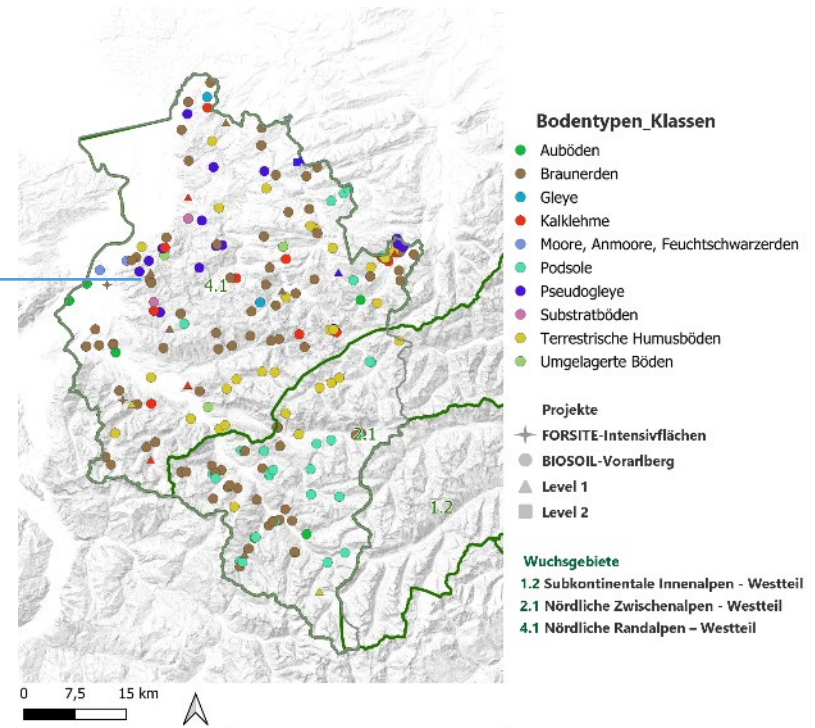


## 1. Bodenlandschaft

### Waldbodenprofile in Vorarlberg

ÖBS podsolige, pseudovergleyte Braunerde,  
Humusform: aktiver Rohhumus

KA6 (podsolige), flach pseudovergleyte Braunerde mit  
mächtiger Streuauflage



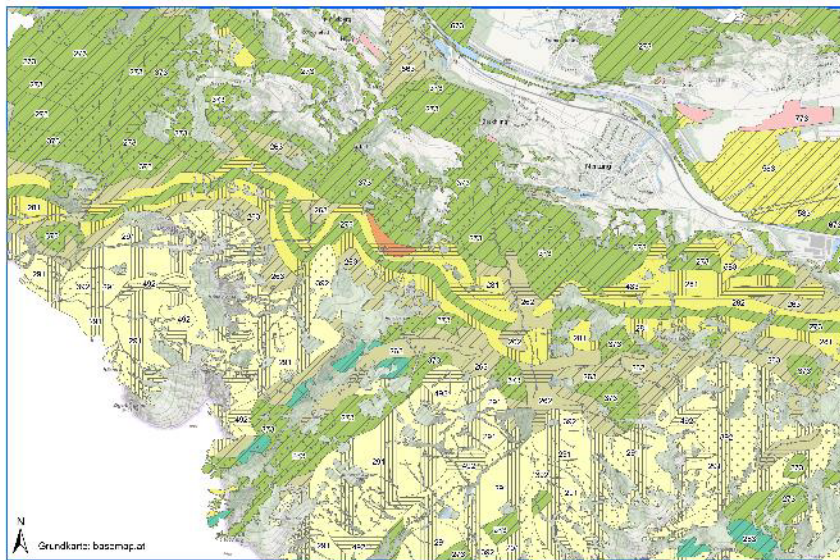
Jordan, unveröffentlicht

## 1. Bodenlandschaft



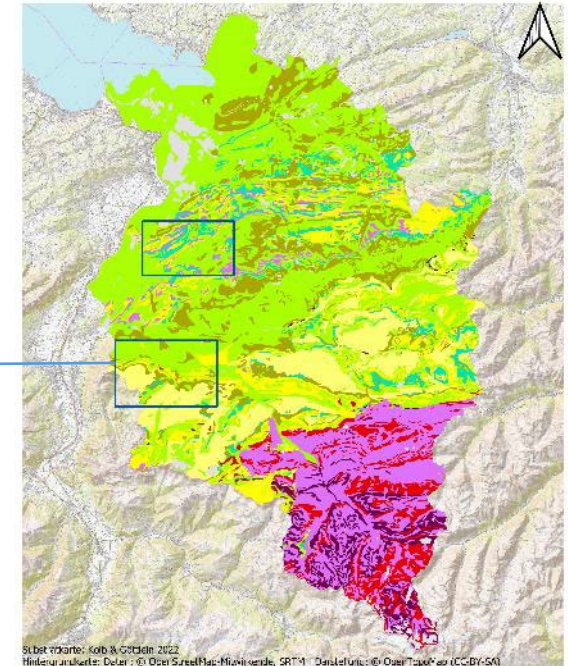
### Waldstandorte im WG 4.1 Nördliche Randalpen (Vorarlberg)

Substratkarte  
Nenzing



Substrattyp

- |   |  |  |
|---|--|--|
| 0 - Gewässer, Gletscher, Siedlungen                                     | 273 - Mergel, ruckstandsreich                        | 563 - Sandig-mergelige Rutschungen, ruckstandsreich        |
| 212 - Savria, quarzreiche Festsedimente, mäßig ruckstandsreich          | 281 - Kalke, langsam verwitterbar                    | 573 - Mergelige Rutschungen, ruckstandsreich               |
| 221 - Intermediäre, carbonathaltige Siliziklaste, ruckstandsarm         | 282 - Kalke, mäßig ruckstandsreich                   | 583 - Kalkige Rutschungen, ruckstandsreich                 |
| 222 - Intermediäre, carbonathaltige Siliziklaste, mäßig ruckstandsreich | 283 - Kalke, ruckstandsreich                         | 663 - Sandig-mergelige Flusssedimente, ruckstandsreich     |
| 223 - Intermediäre, carbonathaltige Siliziklaste, ruckstandsreich       | 291 - Dolomite, ruckstandsarm                        | 673 - Mergelige Flusssedimente, ruckstandsreich            |
| 253 - Mergelige und Tonmergelige, ruckstandsreich                       | 373 - Mergelige Moränen, ruckstandsreich             | 773 - Mergelige Sand- und Mergelsedimente, ruckstandsreich |
| 262 - Sandmergel, mäßig ruckstandsreich                                 | 392 - Dolomithche Moränen, mäßig ruckstandsreich     | 903 Moore  |
| 263 - Sandmergel, ruckstandsreich                                       | 483 - Kalkige Hangschutte, ruckstandsreich           |  |
| 272 - Mergel, mäßig ruckstandsreich                                     | 482 - Dolomithche Hangschutte, mäßig ruckstandsreich |  |



Substratkarte: Kolb & Gröbde 2022  
Hintergrundkarte: Daten: © OpenStreetMap-Mitwirkende, SRTM | Darstellung: © OpenTopoMap (CC-BY-SA)

- Substratchemie
- |  |                 |
|--|-----------------|
| 0 - Keine und heterogene Substrate                       | 6 - Kalkmergel  |
| 1 - Savria, quarzreiche Gesteine                         | 7 - Kalk/Merdel |
| 2 - Intermediäre, carbonathaltige Silikate oder Silikate | 8 - Kalk        |
| 3 - Basaltische oder Silikate                            | 9 - Dolomite    |

Eckart Kolb, unveröffentlicht





## 1. Bodenlandschaft

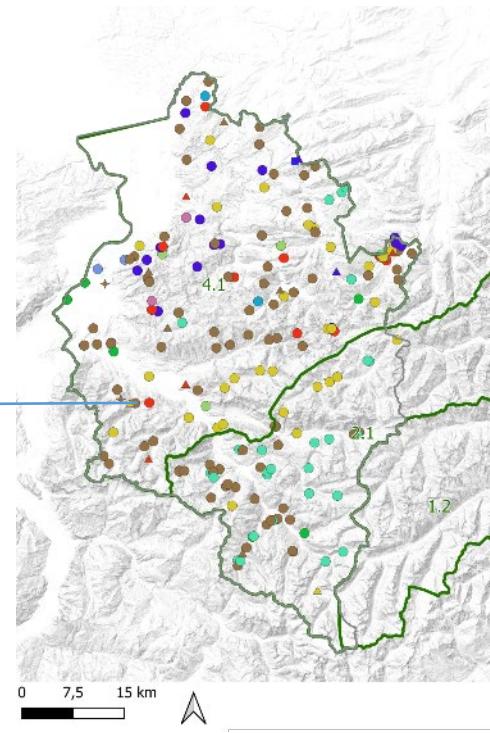
### Waldbodenprofile in Vorarlberg

ÖBS Rendzina mit typischem Moder,  
KA5: Skeletthumusboden



ÖBS KA6

LF	O <sub>lf</sub>
H <sub>wf</sub>	O <sub>dbh</sub>
A <sub>hb</sub>	A <sub>h</sub>
B <sub>va</sub> C <sub>v</sub>	B <sub>v-el</sub> C <sub>v</sub>
B <sub>v</sub> C <sub>v</sub>	B <sub>v-el</sub> C <sub>v</sub>
C <sub>vb</sub>	clC <sub>v1</sub>
C <sub>v</sub>	clC <sub>v2</sub>



#### Bodentypen\_Klassen

- Auböden
- Braunerden
- Gleye
- Kalklehme
- Moore, Anmoore, Feuchtschwarzerden
- Podsole
- Pseudogleye
- Substratböden
- Terrestrische Humusböden
- Umgelagerte Böden

#### Projekte

- ✦ FORSITE-Intensivflächen
- BIOSOIL-Vorarlberg
- ▲ Level 1
- Level 2

#### Wuchsgebiete

- 1.2 Subkontinentale Innenalpen - Westteil
- 2.1 Nördliche Zwischenalpen - Westteil
- 4.1 Nördliche Randalpen - Westteil

Jordan, unveröffentlicht

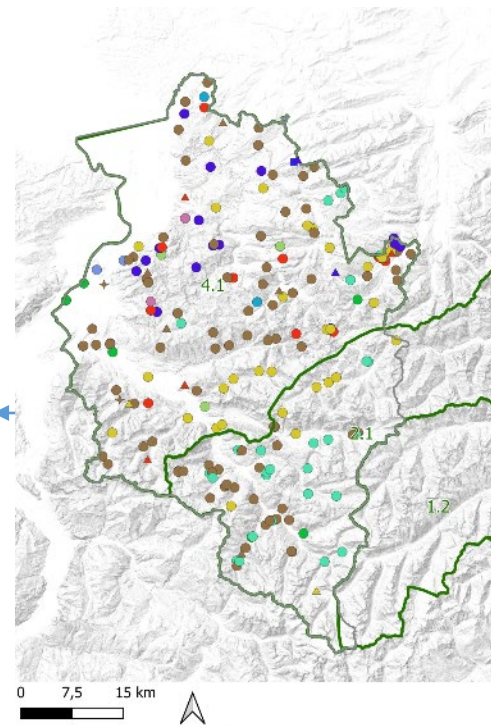


# 1. Bodenlandschaft Waldbodenprofile in Vorarlberg



ÖBS Rendzina mit  
typischem Moder,  
KA5: Skeletthumusboden

>30 cm mächtige,  
rötliche Auflage



- Bodentypen\_Klassen**
- Auböden
  - Braunerden
  - Gleye
  - Kalklehme
  - Moore, Anmoore, Feuchtschwarzerden
  - Podsole
  - Pseudogleye
  - Substratböden
  - Terrestrische Humusböden
  - Umgelagerte Böden
- Projekte**
- ✦ FORSITE-Intensivflächen
  - BIOSOIL-Vorarlberg
  - ▲ Level 1
  - Level 2
- Wuchsgebiete**
- 1.2 Subkontinentale Innenalpen - Westteil
  - 2.1 Nördliche Zwischenalpen - Westteil
  - 4.1 Nördliche Randalpen - Westteil

Jordan, unveröffentlicht

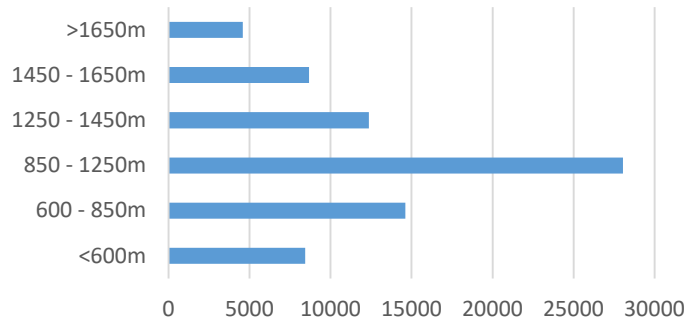


## 1. Bodenlandschaft

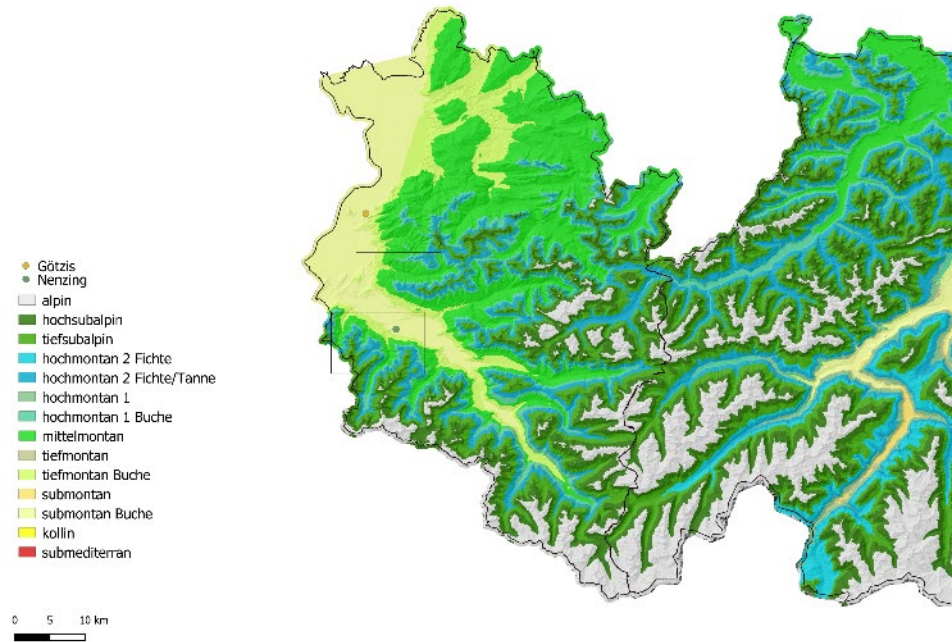


## Wald-Höhenstufen in Vorarlberg

Waldfläche nach Höhengschichten



Modellierte Höhenstufen Vorarlberg (Aktuell)



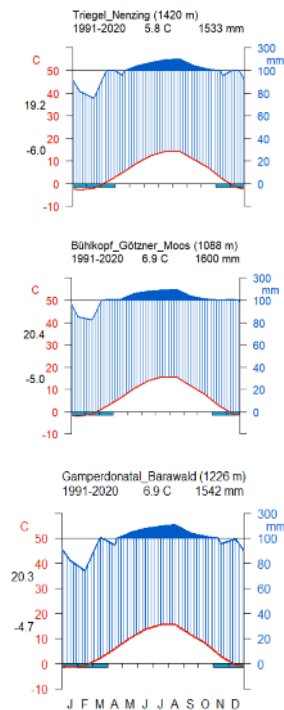
Eckart Kolb, unveröffentlicht



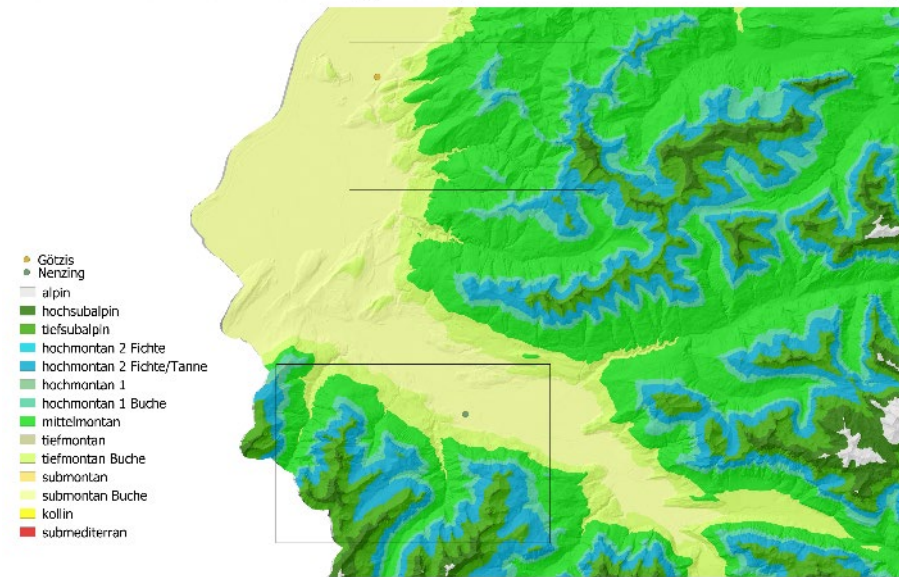
## 1. Bodenlandschaft



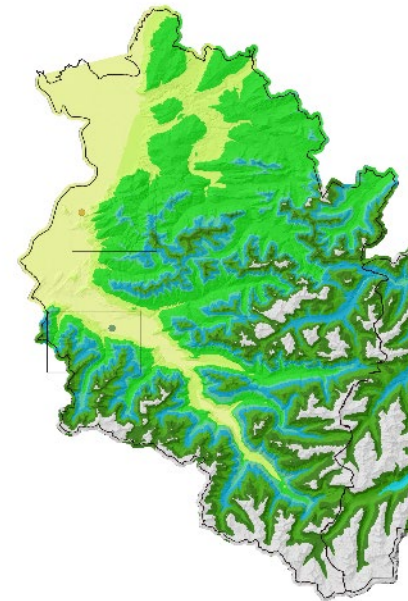
### Waldstandorte im WG 4.1 Nördliche Randalpen (Vorarlberg)



Modellierte Höhenstufen Vorarlberg (Aktuell)



Modellierte Höhenstufen Vorarlberg (Aktuell)



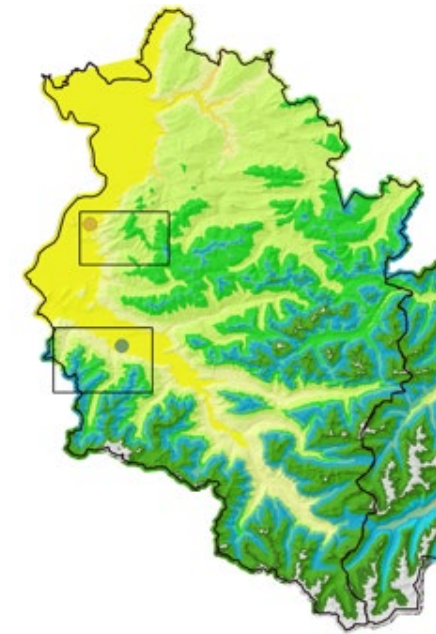
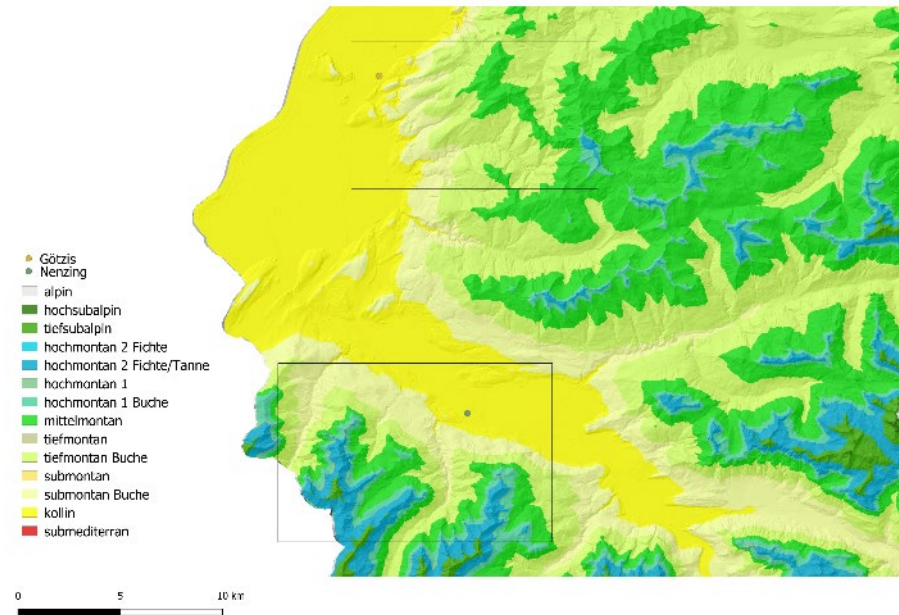
Van Galen & Simon, unveröffentlicht



## 1. Bodenlandschaft

### Waldstandorte im WG 4.1 Nördliche Randalpen (Vorarlberg)

Modellierte Höhenstufen Vorarlberg 2071-2100 (Grüner Weg)



Van Galen & Simon, unveröffentlicht





## 2. Funktionen & Leistungen

### Bodenfunktionen

- **Naturhaushalt**
  - ✓ Lebensraum
  - ✓ Kreislauf (Wasser, Nährstoffe)
  - ✓ ökologische Regelung
- **Archiv**
- **Nutzung**
  - ✓ Lagerstätte
  - ✓ Siedlung & Erholung
  - ✓ Land- und Forstwirtschaft
  - ✓ Verkehr, Ver- und Entsorgung

Bundes-Bodenschutzgesetz §2(1) (D)

### Ökosystemleistungen

- **Unterstützung („Basis“)**
  - ✓ Photosynthese
  - ✓ Biologische Aktivität
- **Regulierung**
  - ✓ C-Speicher
  - ✓ Klima
  - ✓ Naturgefahren
  - ✓ Hochwasser
- **Kulturell**
  - ✓ Naturerbe
  - ✓ Tourismus
- **Versorgung**
  - ✓ Holz
  - ✓ Wasser
  - ✓ Nahrung

Kommission Bodenschutz beim  
Umwelt-Bundesamt 2019 (D)

### Bodengesundheit

(„Soil Health“)

Artikel 3

Physikalische[r],  
chemische[r] und  
biologische[r] Zustand des  
Bodens und die sich daraus  
ergebende Fähigkeit des  
Bodens, als lebenswichtiges  
Ökosystem zu  
funktionieren und  
Ökosystemleistungen zu  
erbringen.

Vorschlag für eine Richtlinie zur  
Überwachung und –resilienz  
(Bodenüberwachungsgesetz)  
Europäische Kommission 2023 (EU)





## 3. Gefährdung & Schutz

Hinweise zum Bodenschutz aus Waldtypenkarte

Befahrbarkeit

feuchte und nasse Standorte (Pseudogleye, Gleye, Anmoore, Moore)  
Seilbringung

Verdichtung

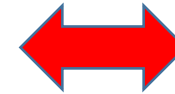
schluffige, skelettarme Substrate (z. B. Mergel)  
weite Gassenabstände/Seilbringung

Nährstoffnachhaltigkeit

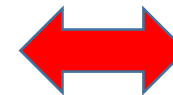
basenarme, stark saure Substrate (z. B. Kieselkalke)  
Kronen belassen

Humuspfleger

Skelett- und Felshumusböden  
Totholz belassen, Schepsen und Liegenlassen



Erschließung

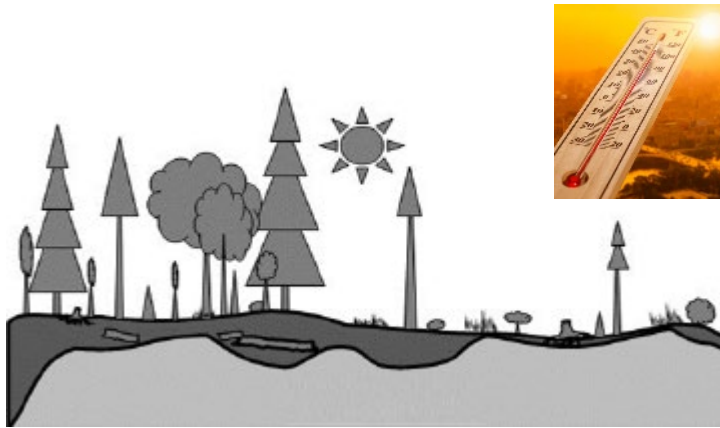


Waldschutz

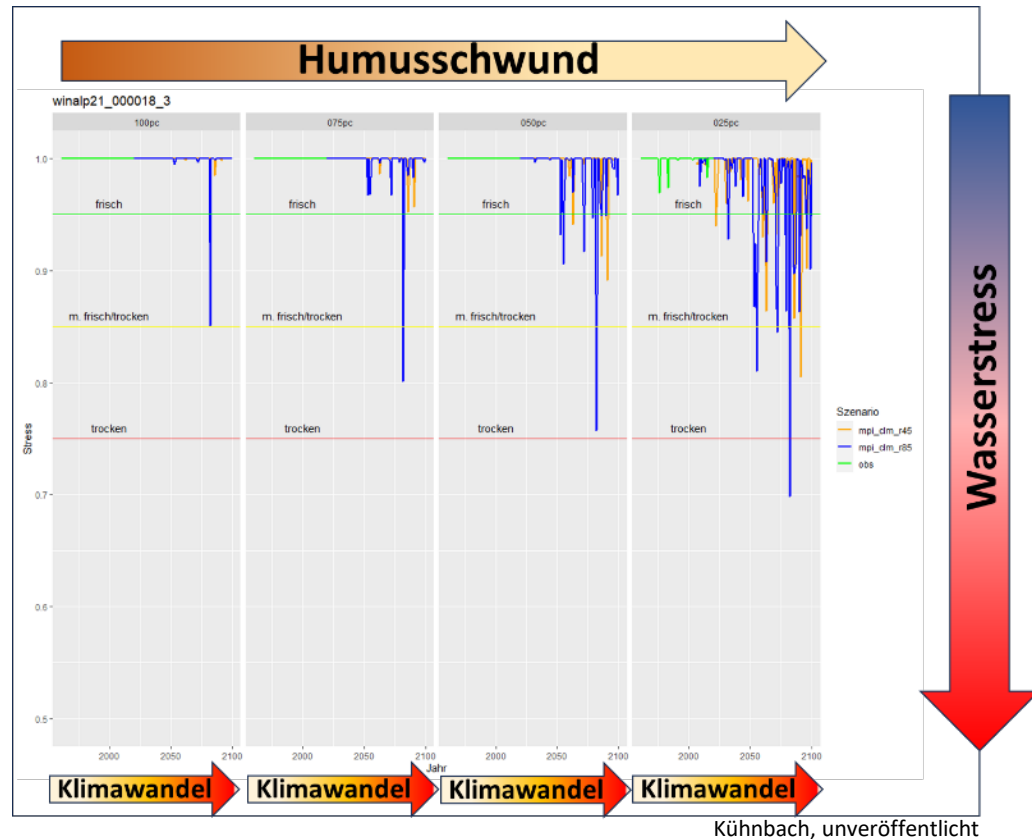




## 3. Gefährdung & Schutz



- Erwärmung und Waldstörung lassen Humusaufgabe abschmelzen
- Häufigkeit und Intensität von Dürren nehmen zu (modelliert mit LWF-Brook 90)





## 4. Klimafitter Wald braucht gesunde Böden

Vorsorgender Bodenschutz;  
Struktur- und artenreiche Waldbestände (Resilienz)  
Vermeiden von Freilagen  
Nährstoffnachhaltigkeit und Humuspflege

Standortgerechte Baumarten für heute und morgen  
natürliche Waldgesellschaft (auf dem Prüfstand)

Erweiterte Baumartenpalette:

- Klimabaumarten aus tieferen Lagen
- Klimabaumarten aus Analogregionen
- Exotische Klimabaumarten?

Dürreerisiken in tieferen Lagen (auf flachgründigen Böden)?  
Produktivität verschiebt sich in höhere Lagen (auf guten Böden)

Ganzbaumverfahren	Befahrung des Bodens
standortsdegradierend	standortsgefährdend
gefährdend	zeitweise kritisch
geringe Auswirkung	vertretbar

LFD Tirol





Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Dank an:  
Michelangelo Olleck  
Eckart Kolb  
David Kessler  
Ellen van Galen  
Eva Jordan  
Gerhard Milbert  
Marc Kühnbach



LAND  
OBERÖSTERREICH



BFW  
BUNDES  
FORSCHUNGS  
ZENTRUM  
FÜR WALD

