

# Dynamische Waldtypisierung der **rote** Faden durch das Projekt

Fachtagung Wald im Klimawandel

Dynamische Waldtypisierung

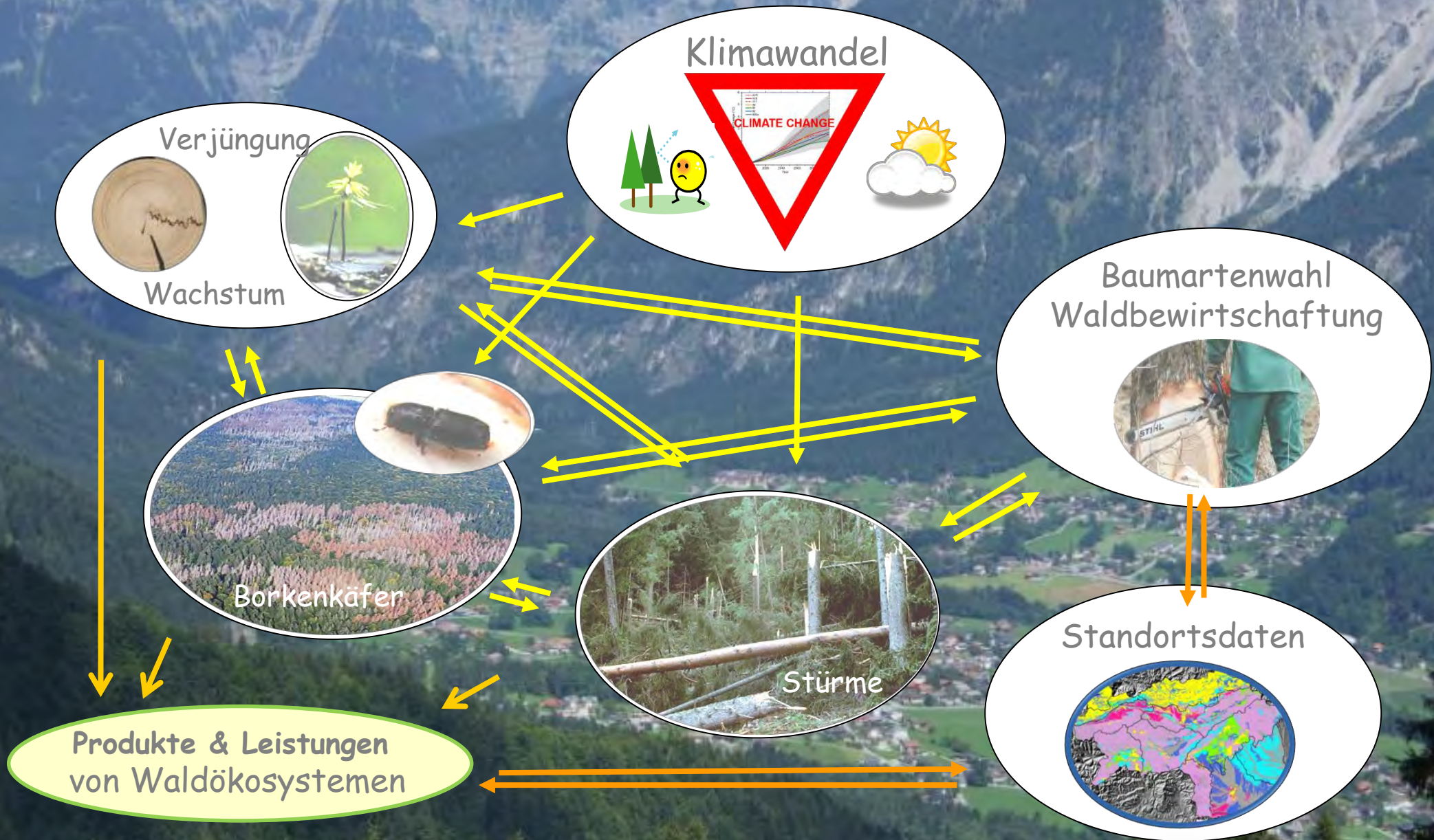
neues Instrument für die Baumartenwahl

Harald Vacik & Yasmin Dorfstetter

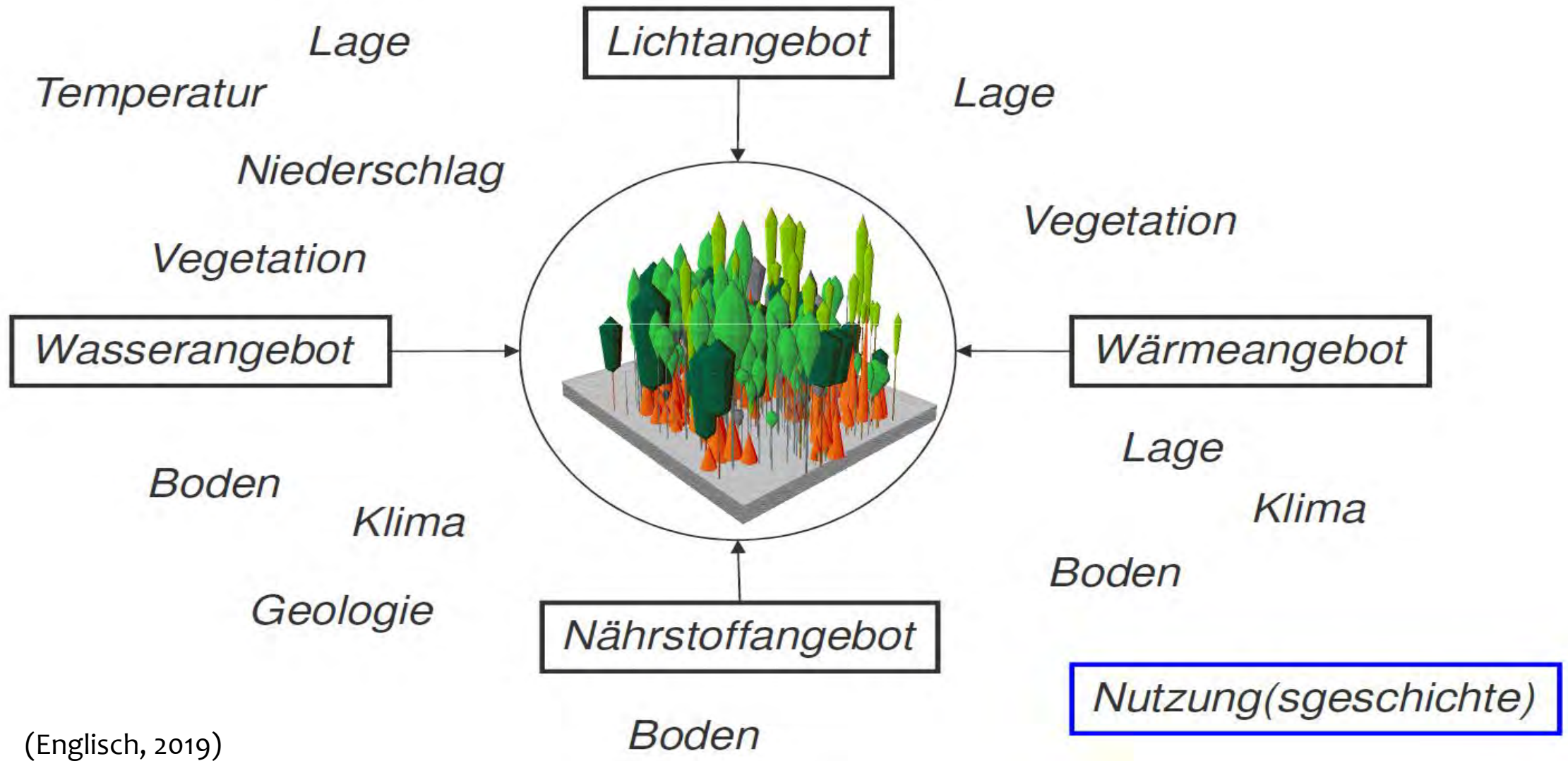
unter Mitwirkung von Manfred J. Lexer, Klaus Katzensteiner, Herbert Formayer, Michael Grabner, Michael Englisch, Klaus Klebinder, Ralf Klosterhuber, Gerfried Winkler, Markus Wilhelmy, Herwig Proske, Walter Poltnik, Alexander Podesser, u.v.m.

Institut für Waldbau, Universität für Bodenkultur Wien

10.03.2022, Messe, Graz



# Waldstandort wird geprägt von...

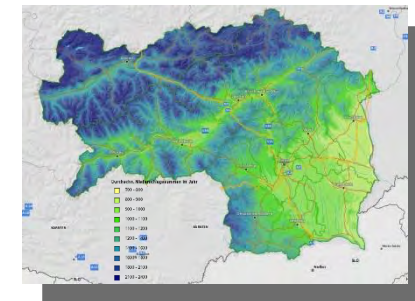
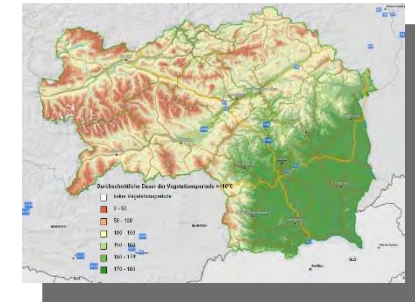


(Englisch, 2019)

MIT UNTERSTÜTZUNG VON BUND, LAND UND EUROPÄISCHER UNION

# Idee zur Dynamischen Waldtypisierung - FORSITE

- dynamisches System von temporären Standort-Zuständen entlang 3 ökologischer Achsen: **Wärmehaushalt, Wasserhaushalt Nährstoffhaushalt**
- Erarbeitung eines **GIS-gestützten geoökologischen Stratifizierungsmodell** von Waldstandorten für gesamte Waldfläche der Steiermark
- **Nutzung vorhandener Daten** (digitales Höhenmodell, geologische Karten, vorliegende Standorts- und Klimadaten) sowie neu **zu erhebende Standorts- und Bestandesparameter**
- Modellierung der Waldtypenkarte auf Basis **von Themenkarten** für die Faktoren Wärme-, Wasser- und Nährstoffhaushalt
- Waldtypen werden **waldbaulich beschrieben** und enthalten Angaben zu **geeigneten Baumarten** und möglichen **Behandlungsvarianten** in Hinblick auf den Klimawandel



MIT UNTERSTÜTZUNG VON BUND, LAND UND EUROPÄISCHER UNION

 Bundesministerium  
Landwirtschaft, Regionen  
und Tourismus

 LE 14-20  
Entwicklung 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)

# Teilmodule - Waldtypisierung

Terrestrische Erhebungen zu Geologie und Substrat

## Klassifikation der Substrate

Genetischer Substrattyp  
(Mineral-)Chemischer Substrattyp  
Physikalischer Substrattyp

## Terrestrische Erhebungen zu Boden und Waldvegetation

- Grundlagen zur Modellerstellung von Wasser-, Nährstoffhaushalt und Klimazone
  - Grundlagen zur Charakterisierung der Waldtypen
  - Grundlagen zur Validierung der Modelle

## Regionalisierung von Klimadaten (akt./zu)

Niederschlag,  
Temperatursumme,  
Kontinentalität, Frost,  
Trockenheit  
Waldvegetationszonen

## Regionalisierung von Standortdaten

Bodenmächtigkeit, Basensättigung, ph-Wert, nWSK, Transpirationsdefizit, ks-Wert, Stau- und Grundwasser, Bodenart, Skellettgehalt, Lagerungsdichte

## Wasserhaushalt

## Nährstoffhaushalt

## Klimazone

## Baumarteneignung (akt./zuk.)

## Standortsklassifikation (akt./zuk.)

Waldbauliche Empfehlungen und Anpassungsmaßnahmen

# Partner im Projekt FORSITE

## \* Universität für Bodenkultur Wien

- \* Institut für Waldbau
- \* Institut für Waldökologie
- \* Institut für Meteorologie
- \* Institut für Holztechnologie und Nachwachsende Rohstoffe



## \* Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft

- \* Institut für Waldökologie und Boden
- \* Institut für Naturgefahren



NAWI Graz  
GEOCENTER



## \* Karl-Franzens-Universität Graz

## \* JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH

## \* JR-AquaConSol GmbH



JR-AquaConSol  
ein Unternehmen der JOANNEUM RESEARCH

## \* WLM Büro für Vegetationsökologie und Umweltplanung Klosterhuber & Partner OG



## \* ALPECON Wilhelmy Geowissenschaften GmbH

## \* Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik



ZAMG

Zentralanstalt für  
Meteorologie und Geodynamik



MIT UNTERSTÜTZUNG VON BUND, LAND UND EUROPÄISCHER UNION

 Bundesministerium  
Landwirtschaft, Regionen  
und Tourismus

 LE 14-20  
Entwicklung 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

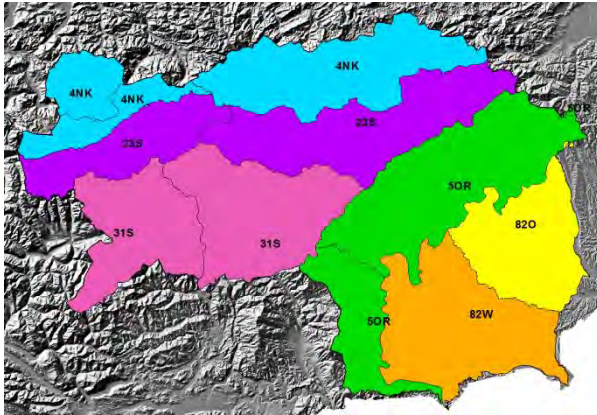


# FORSITE

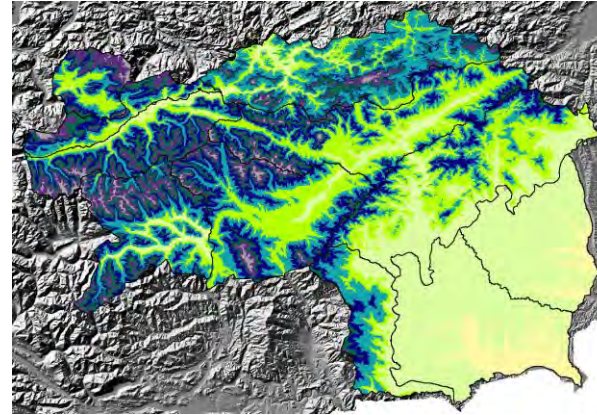
Dynamische Waldtypisierung (6)

# Terrestrik - Standortserkundung - Vorstratifizierung

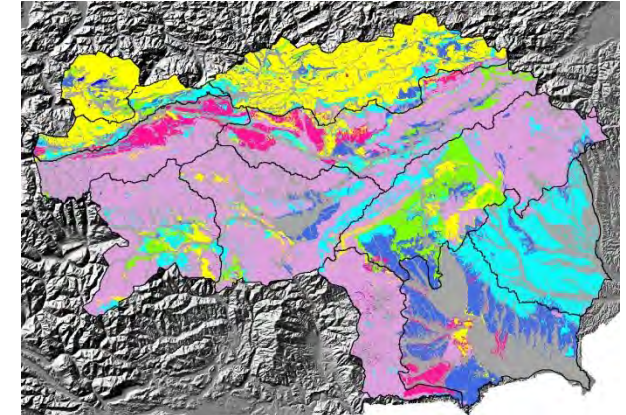
Stratum = Kombination aus Wuchszone, Höhenstufe, Substrat, Hanglage, Waldkategorie



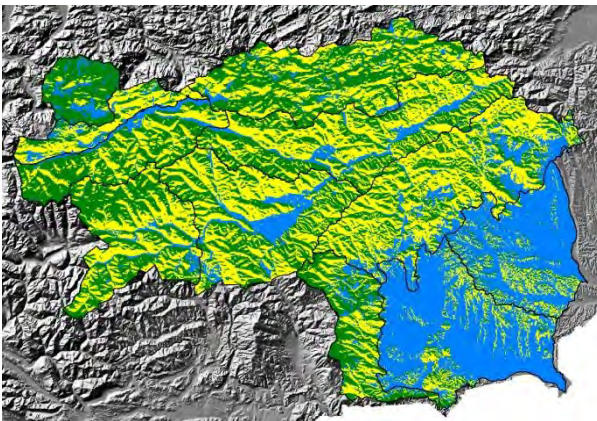
6 Wuchszonen



7 Höhenstufen

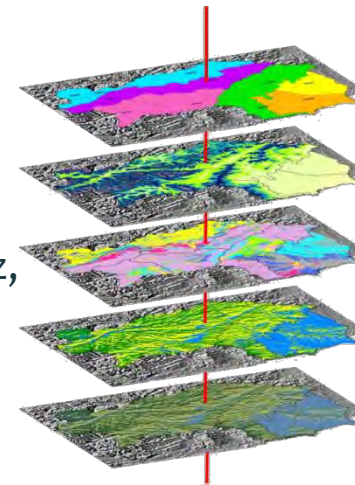


8 Substratgruppen



3 Hanglagen (Sonn-, Schatt-, Flachlage)

+ 3 Waldkategorien  
(Hochwald, Krummholz,  
Verbuschung)



1443 Straten  
>166.000 Flächen  
(von 1 ha bis 30376 ha)

Klosterhuber, 2019

MIT UNTERSTÜTZUNG VON BUND, LAND UND EUROPÄISCHER UNION

Bundesministerium  
Landwirtschaft, Regionen  
und Tourismus

LE 14-20  
Entwicklung 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

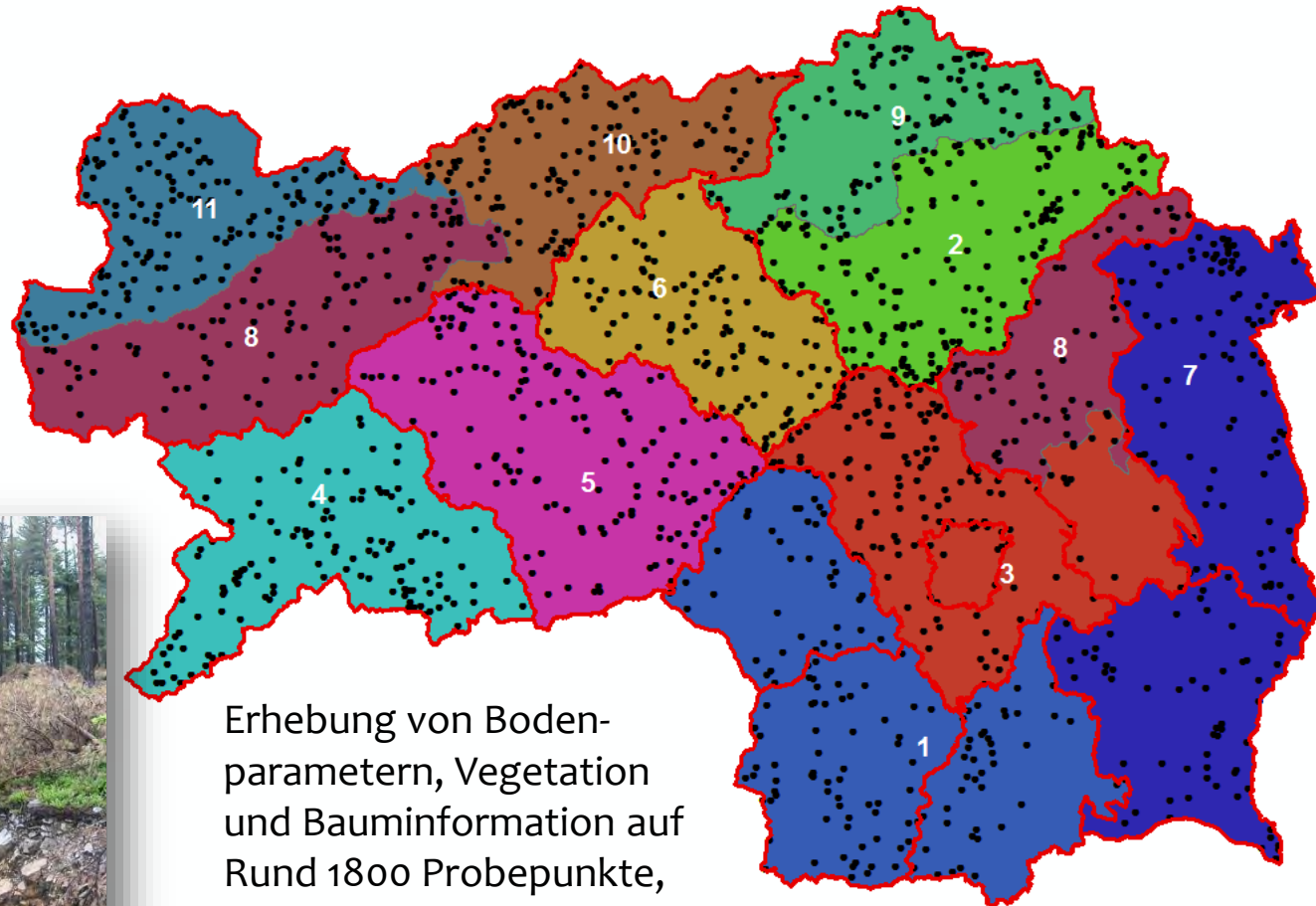


**FORSITE**

Dynamische Waldtypisierung (7)

# Terrestrik - Standortserkundung - Erhebungen

12 Teams in der Steiermark unterwegs im Jahr 2019 in unterschiedlichen Lagen



Erhebung von Bodenparametern, Vegetation und Bauminformation auf Rund 1800 Probepunkte, davon 400 Intensivflächen



MIT UNTERSTÜTZUNG VON BUND, LAND UND EUROPÄISCHER UNION

 Bundesministerium  
Landwirtschaft, Regionen  
und Tourismus

 LE 14-20  
Entwicklung 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



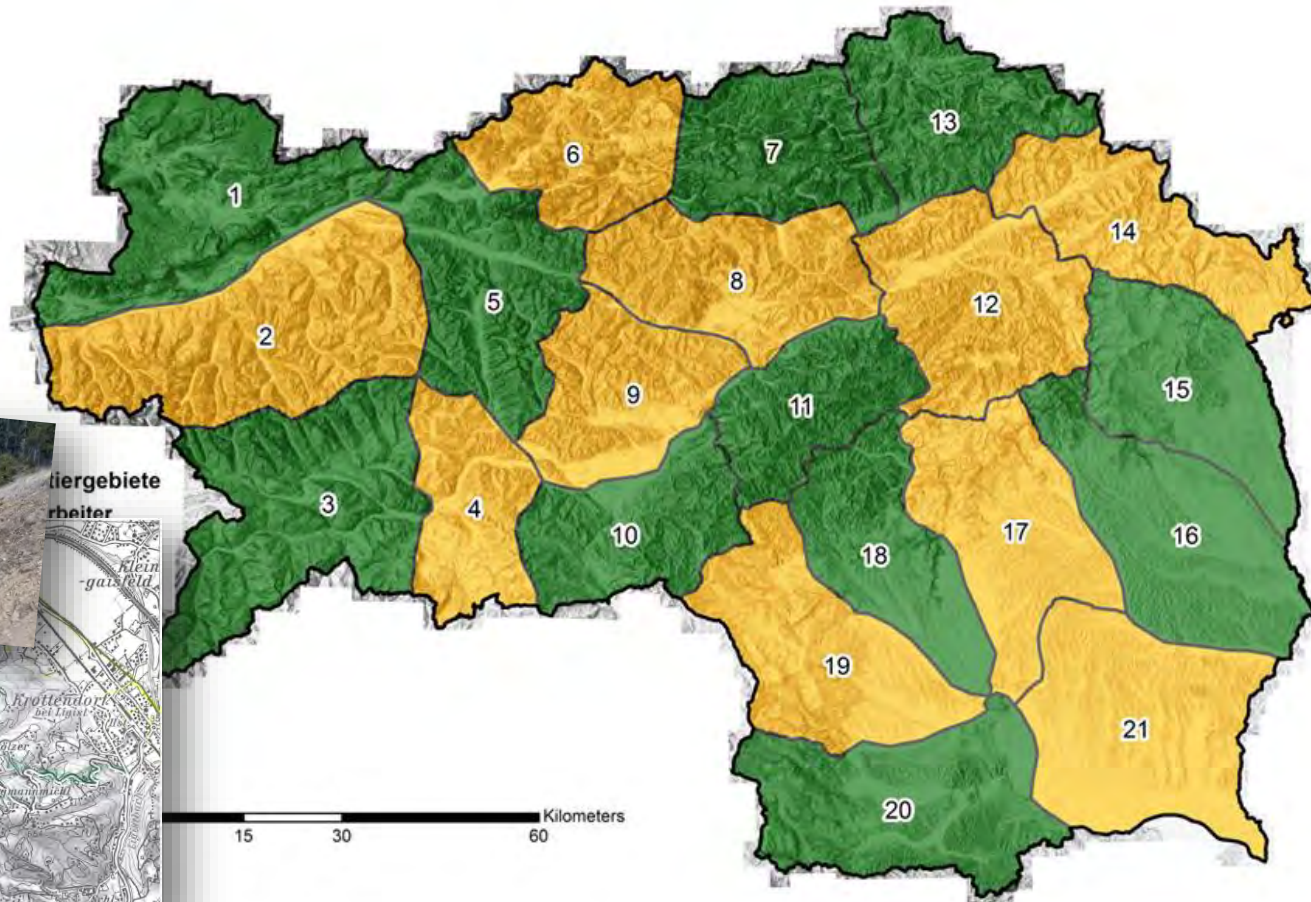
**FORSITE**

Dynamische Waldtypisierung (8)



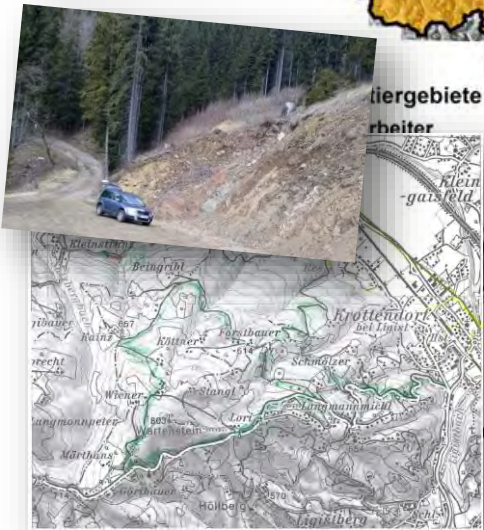
# Geologie - Substratklassifikation - Erhebungen

Mineralchemische und bodenphysikalische Klassifizierung von Fest- und Lockergesteinen



Bohrstockpunkt

7 Teams haben auf rund 2900 Aufnahmepunkten ca. 1.000 Gesteinsproben für Analyse gewonnen



Aufnahme entlang von Forststraßen

MIT UNTERSTÜTZUNG VON BUND, LAND UND EUROPÄISCHER UNION

 Bundesministerium  
Landwirtschaft, Regionen  
und Tourismus

 LE 14-20  
Entwicklung für den ländlichen Raum

 Das Land  
Steiermark  
→ Land- und Forstwirtschaft

EUROPÄISCHE UNION

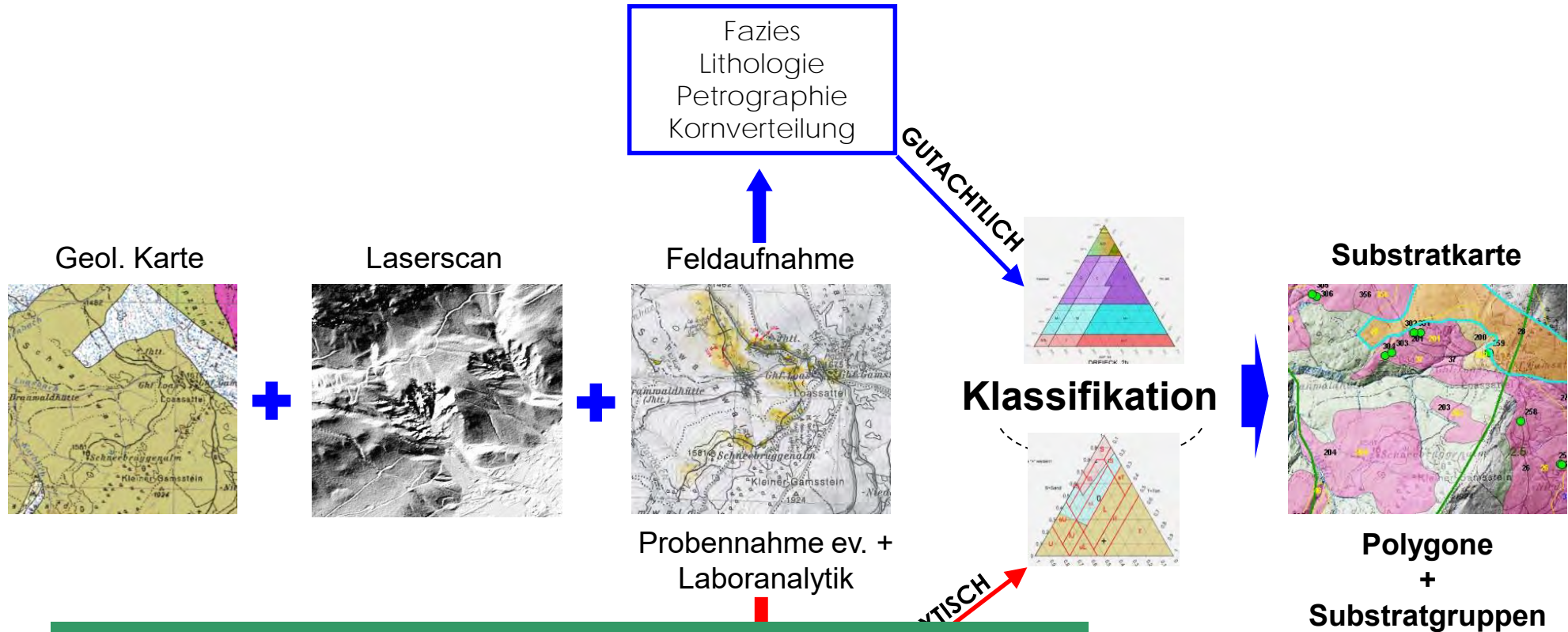
Europäischer Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums:  
Hier investiert Europa in die ländlichen Gebiete



**FORSITE**

Dynamische Waldtypisierung (9)

# Geologie - Substratklassifikation



**Ausgangsgesteine und Substratklassifizierung  
in der Waldtypisierung**  
Gerfried Winkler und Marcus Wilhelmy

Analyse diffraktometr.  
Analyse

Winkler & Wilhelmy, 2019

MIT UNTERSTÜTZUNG VON BUND, LAND UND EUROPÄISCHER UNION

Bundesministerium  
Landwirtschaft, Regionen  
und Tourismus

LE 14-20  
Entwicklung 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 (10)

# Regionalisierung - Laboranalysen

## Ableitung hydropedologischer Kenngrößen

### physikalische Kennwerte (Lockermaterial)

- \* Grobstoff
- \* Sand (Grobsand, Mittelsand, Feinsand)
- \* Schluff (Grobschluff, Mittelschluff, Feinschluff)
- \* Ton
- \* Feststoffdichte
- \* Organische Substanz



### hydrologische Kennwerte (Zylinder)

- \* Porenverteilung
- \* Ungesättigte und gesättigte Leitfähigkeit
- \* Wurzelmasse
- \* Lagerungsdichte



MIT UNTERSTÜTZUNG VON BUND, LAND UND EUROPÄISCHER UNION

 Bundesministerium  
Landwirtschaft, Regionen  
und Tourismus

  
LE 14-20  
Entwicklung 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

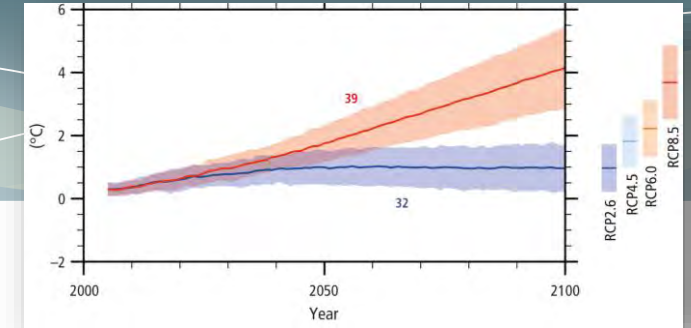


**FORSITE**

Dynamische Waldtypisierung (11)

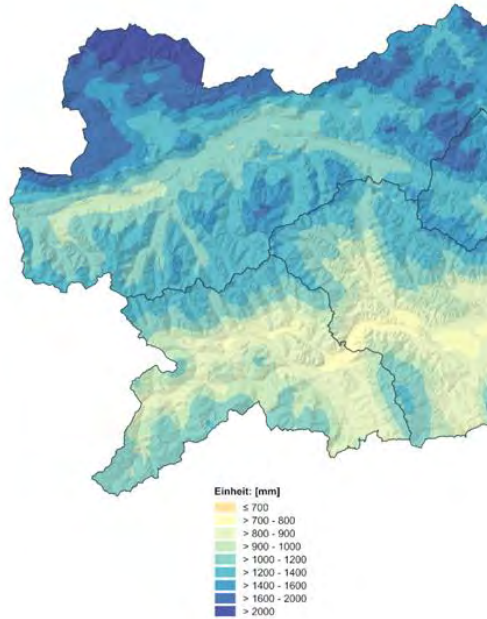
# Regionalisierung - Klimadaten

Meteorologische Zeitreihen, Klimaindikatoren für Szenarien



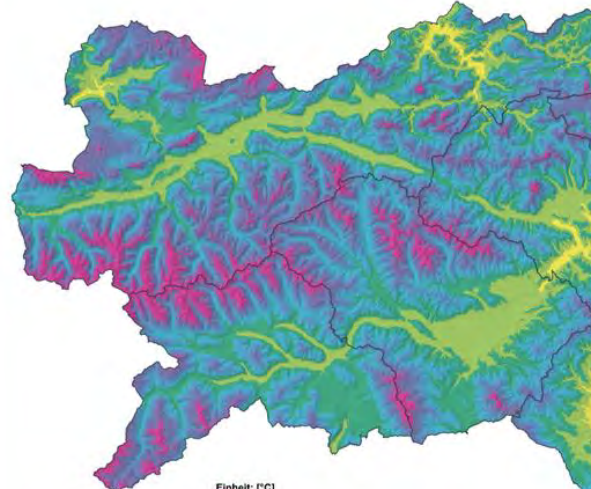
## Jahresniederschlag

Zeitraum: 1989 - 2018



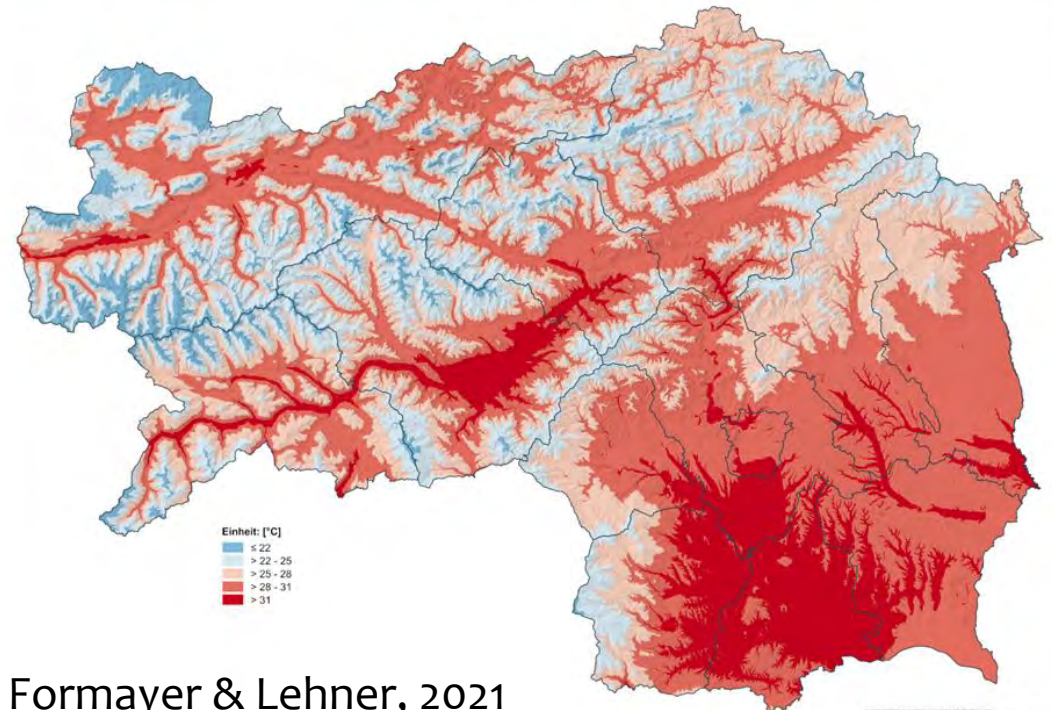
## Jahresmitteltemperatur

Zeitraum: 1989 - 2018



## Jährliche Temperaturamplitude

Zeitraum: 1989 - 2018



**Klimatische Charakterisierung der Steiermark - Fabian Lehner und Herbert Formayer**

Formayer & Lehner, 2021

MIT UNTERSTÜTZUNG VON BUND, LAND UND EUROPÄISCHER UNION

Bundesministerium  
Landwirtschaft, Regionen  
und Tourismus

**LE 14-20**  
Entwicklung 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



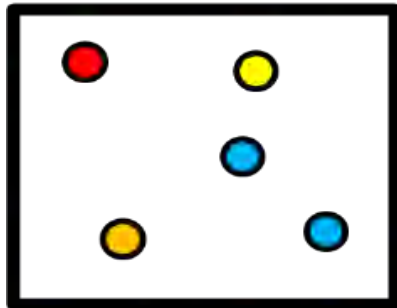
**FORSITE**

Dynamische Waldtypisierung (12)

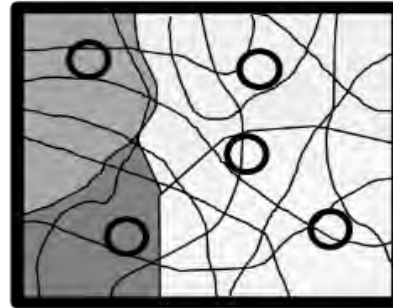
# Regionalisierung - Neuronales Netz

vom Punkt in die Fläche mit unterschiedlichen Prädiktoren

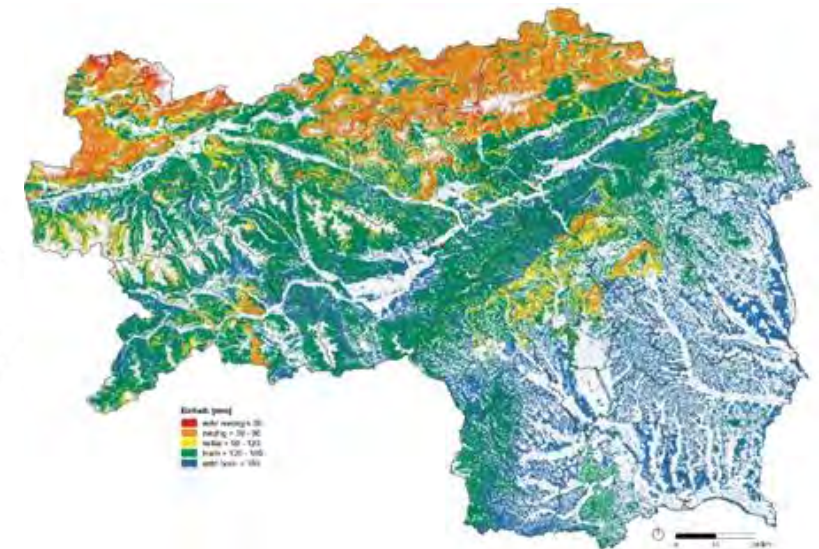
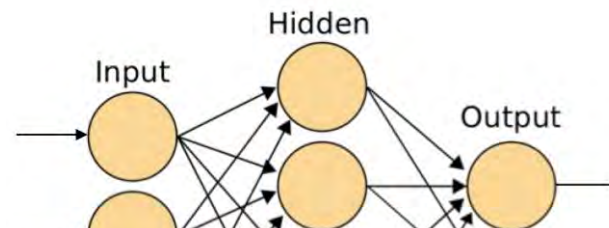
Punkte



Prädiktoren



Prognosen



Vom Punkt in die Fläche – Regionalisierung  
von Punktdaten in FORSITE  
Klaus Klebinder, Tobias Huber, Reinhard  
Fromm und Vanessa Färber

Klebinder, 2020

MIT UNTERSTÜTZUNG VON BUND, LAND UND EUROPÄISCHER UNION

Bundesministerium  
Landwirtschaft, Regionen  
und Tourismus

LE 14-20  
Entwicklung 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 (13)

# Standortmodell 3 Achsensystem

Code der Waldstandortseinheiten für Wasserhaushaltsstufe, Basenklasse und Klimazone

## Wasserhaushaltsstufe

WHH	Wasserhaushaltsstufe	T <sub>diff</sub>
0	sehr trocken	250 - 350
1	trocken	175 - 250
2	mäßig trocken	110 - 175
3	mäßig frisch	55 - 110
4	frisch	15 - 55
5	sehr frisch	-4 - 15
6	feucht	T <sub>diff</sub> + Regelsystem
7	nass	Regelsystem

Die Rolle des Wasserhaushalts für die Standortklassifikation  
Klaus Katzensteiner und Josef Gadermaier

**EB23m** Eichen-Buchenwald-Standort, mild, mäßig trocken-mäßig frisch, mäßig-basenhaltig

**BU4r** Buchenwald-Standort, mäßig mild, frisch, basenreich

**FTB45c** Fichten-Tannen-Buchenwald-Standort, mäßig kühl, frisch-sehr frisch, carbonatisch

Waldvegetationszone	Code	LGES	Höhenstufe
sehr kalte Nadelwald-Zone	1	ZI	hochsubalpin
kalte Nadelwald-Zone	2	FZ	mittelsubalpin
mäßig kalte Nadelwald-Zone	3	FS	tiefsubalpin
mäßig kalte Nadelwald-Zone	3	FS	tiefsubalpin
mäßig kalte Nadelwald-Zone	3	FS	tiefsubalpin
sehr kühle Nadelwald-Zone	3	FS	tiefsubalpin
kühle Mischwald-Zone	4	FT	hochmontan
kühle Mischwald-Zone	5	BFT	hochmontan
mäßig kühle Mischwald-Zone	5	BFT	hochmontan
mäßig milde Mischwald-Zone	6	FTB	mittelmontan
mäßig milde Mischwald-Zone	7	BU	tiefmontan
milde Laubwald-Zone	7	BU	tiefmontan
milde Laubwald-Zone	8	EB	submontan
milde Laubwald-Zone	8	EB	submontan
milde Laubwald-Zone	8	EB	submontan
milde Laubwald-Zone	8	EB	submontan
milde Laubwald-Zone	8	EB	submontan
milde Laubwald-Zone	9	EH	collin

## Basenklasse

BAS	Basenklasse	BSP [%]
c	carbonatisch	> 90 (einseitige Basenversorgung)

Nährstoffe als Grundlage für das Baumwachstum  
Michael Englisch, Judith Schauffler und David Keßler

10 Standorte wurden für Steiermark als Normalwaldstandorte definiert

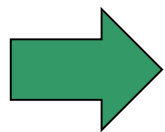
# Standortmodell Sonderwaldstandorte

8 Einheiten flächig modelliert und 3 konzeptionell beschrieben

Codierung	Bezeichnung
P	Stark Pseudovergleyte Standorte
U	Ultrabasite – Serpentinstandorte
K	Krummholz-Standorte
O	Organische Standorte und Moor
A	Auwald-Standorte
W	Wasser-beeinflusste Standorte
N	Nasstandorte
L	Lawinar- und Schneelagenstandorte
B	(Blockwaldstandorte)
S	(Schuttstandorte)
R	



69 Einheiten wurden für die Steiermark als Sonderwaldstandorte definiert



**Neue Wege der Standortklassifikation in der Steiermark** Michael Englisch und Ralf Klosterhuber

MIT UNTERSTÜTZUNG VON BUND, LAND UND EUROPÄISCHER UNION

 Bundesministerium  
Landwirtschaft, Regionen  
und Tourismus

 LE 14-20  
Entwicklung 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

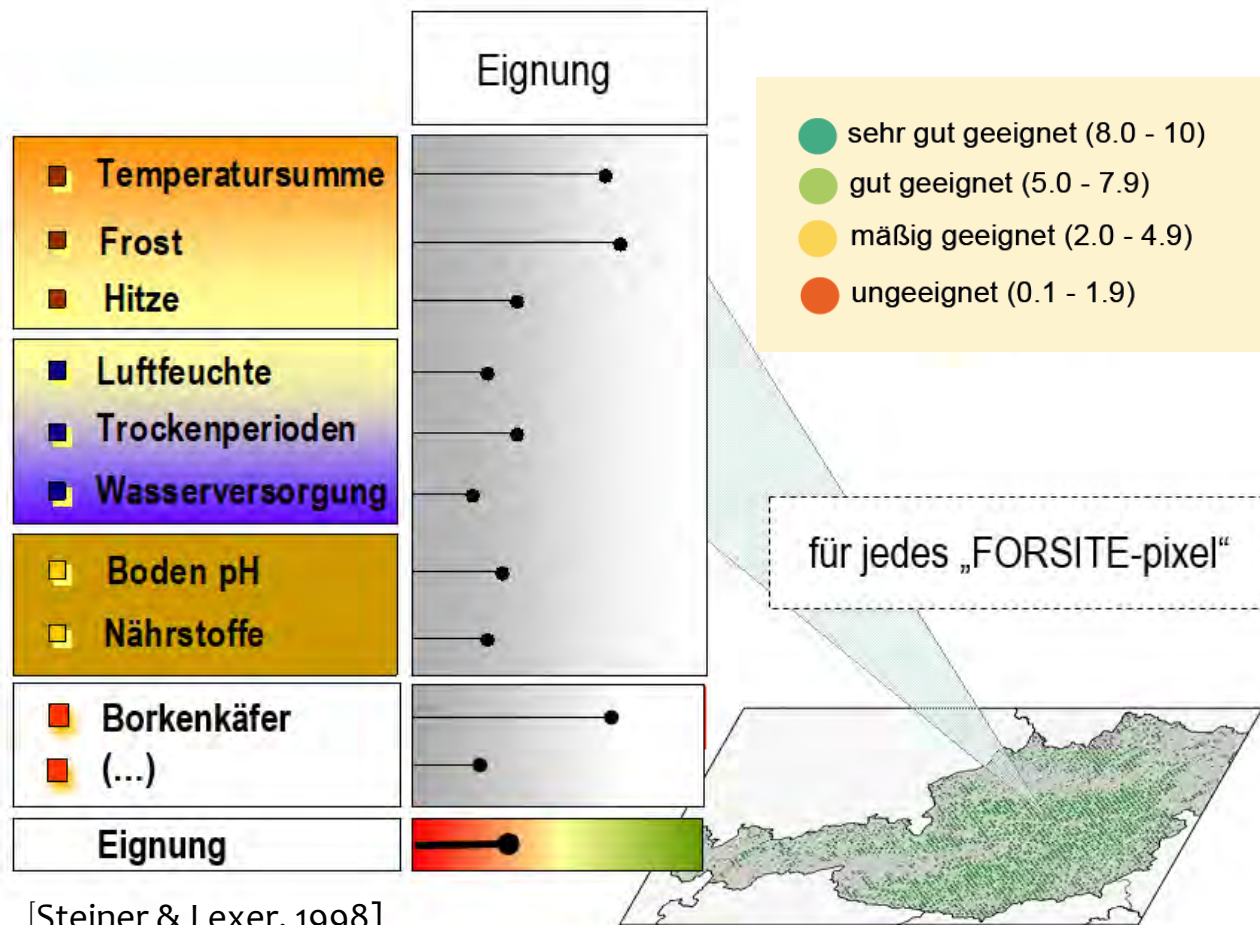


**FORSITE**

Dynamische Waldtypisierung (15)

# Baumarteneignung - Zielsetzung und Konzept

## Entwicklung und Anwendung eines Baumarteneignungsmodells



- \* **Aufbereitung von Expertenwissen und Daten**
  - \* Literatur, Inventurdaten
  - Verbreitungsgrenzen
- \* **Ableitung der Baumarteneignung**
  - \* für *heimische und nicht heimische* Baumarten
  - \* für *aktuelle und zukünftige* Klimabedingungen
- \* **Flächige Darstellung der Eignung für 18 Baumarten**

MIT UNTERSTÜTZUNG VON BUND, LAND UND EUROPÄISCHER UNION

 Bundesministerium  
Landwirtschaft, Regionen  
und Tourismus

 LE 14-20  
Entwicklung 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 (16)



# Baumarteneignung Ergebnisse

## Veränderung der Eignungsklassen

Stiel-Eiche

1989-2018



Fichte

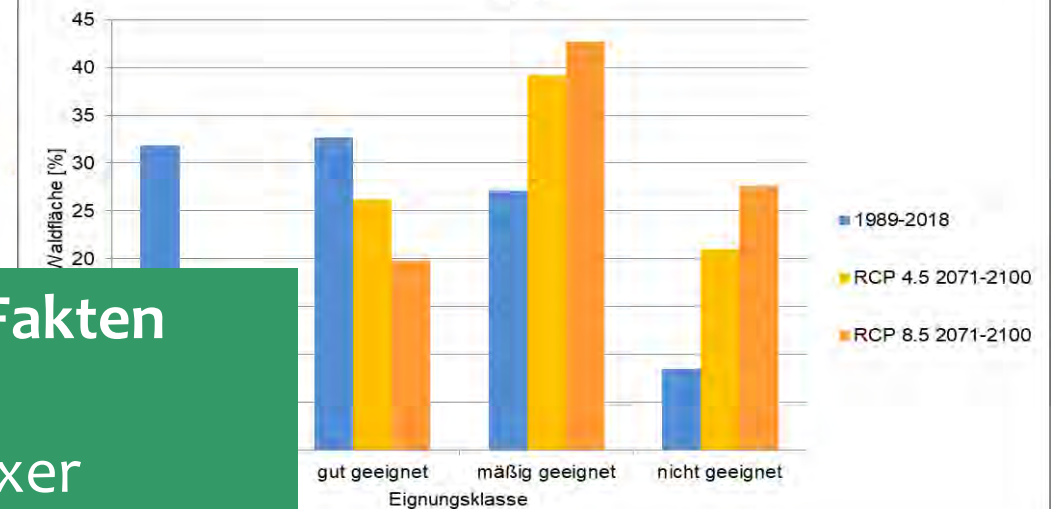
1989-2018



Stiel-Eiche

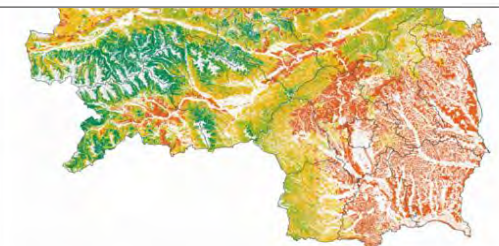
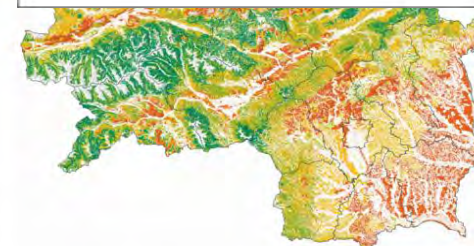


Fichte



Baumarteneignung – Zahlen und Fakten  
statt „Götterblick“

Michael Kessler und Manfred J. Lexer

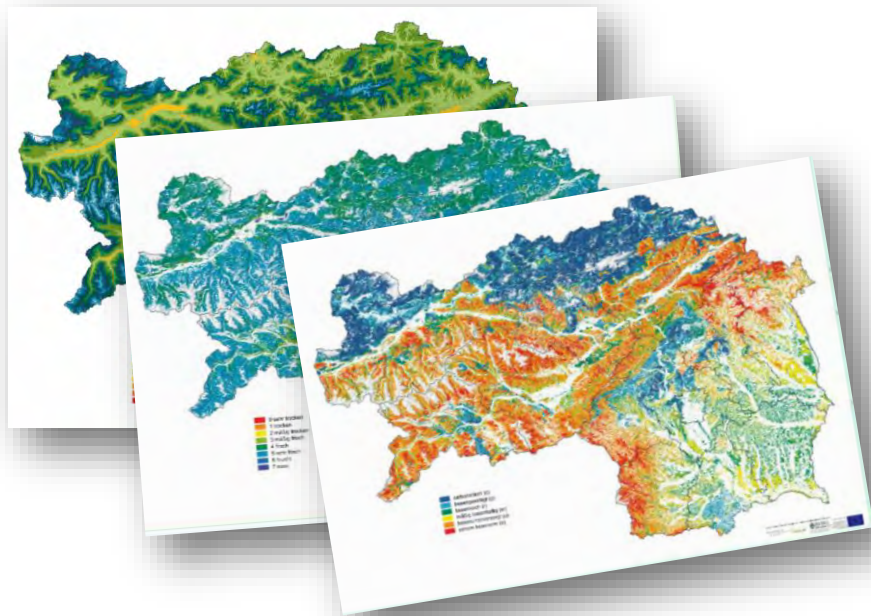


# Endprodukte

## Thematische Karten, Karte der Standortseinheiten und Schlüssel

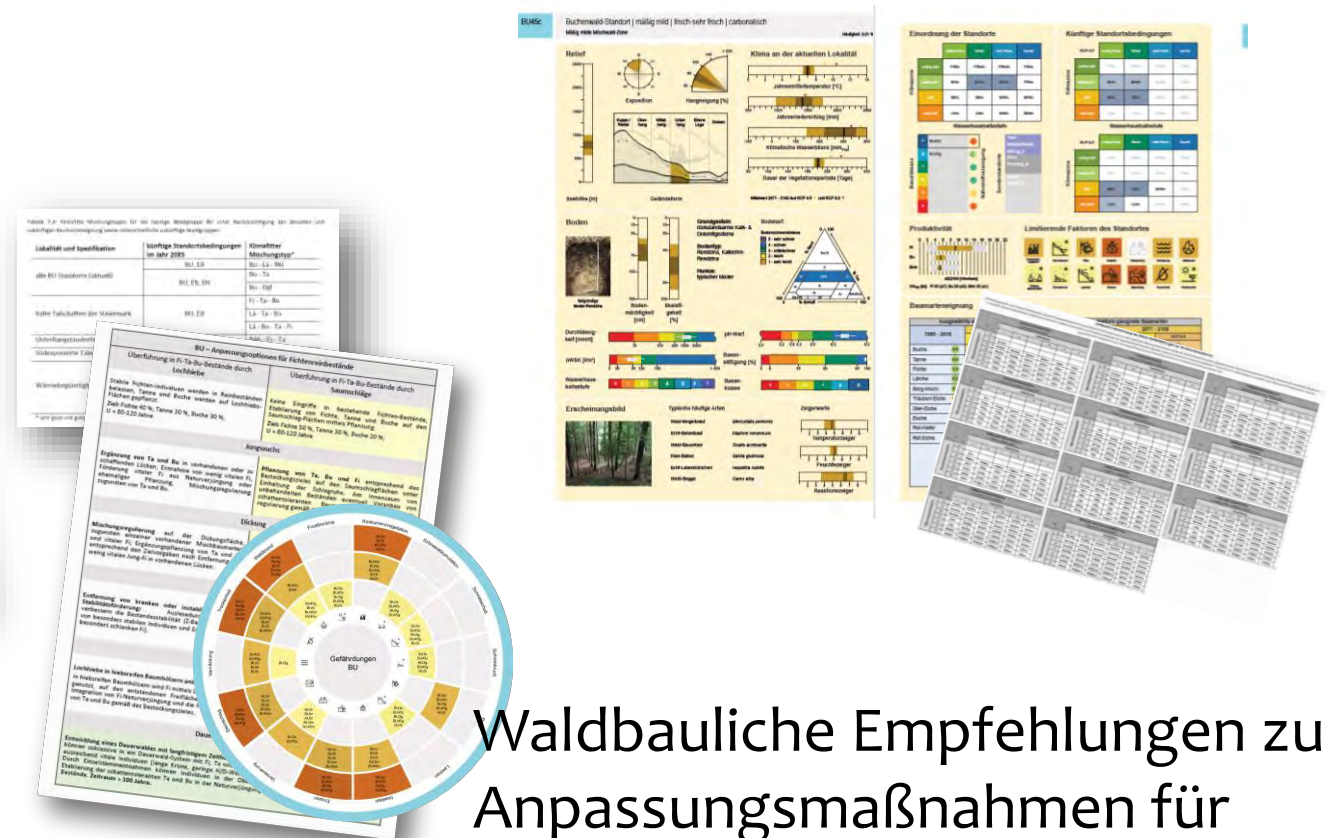
### Thematische Karten und Standortseinheiten

aktuelle / zukünftige Verbreitung



> 400 einzelne Kartenlayer

### Beschreibungen zu 116 Waldstandortseinheiten & Schlüssel



Waldbauliche Empfehlungen zu Anpassungsmaßnahmen für 16 Waldgruppen

MIT UNTERSTÜTZUNG VON BUND, LAND UND EUROPÄISCHER UNION

Bundesministerium  
Landwirtschaft, Regionen  
und Tourismus

LE 14-20  
Entwicklung für den Ländlichen Raum

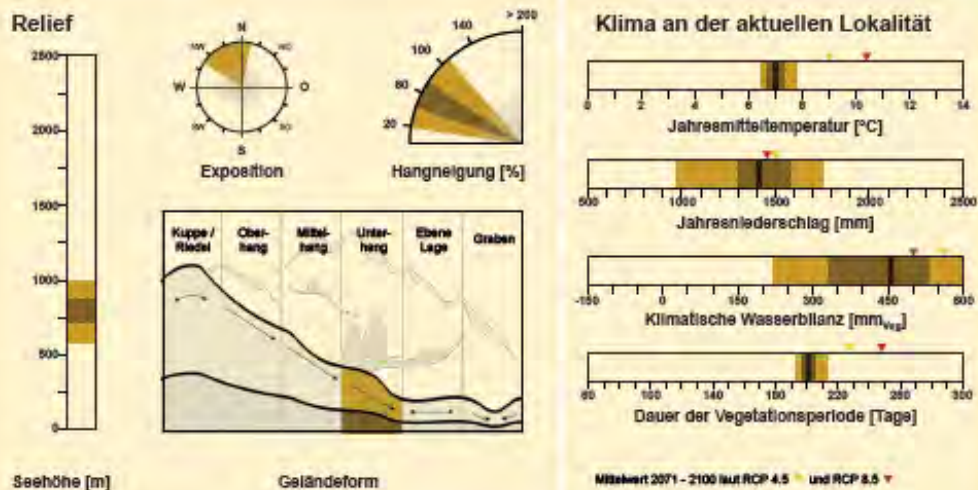
Das Land  
Steiermark  
Land- und Forstwirtschaft

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



**FORSITE**

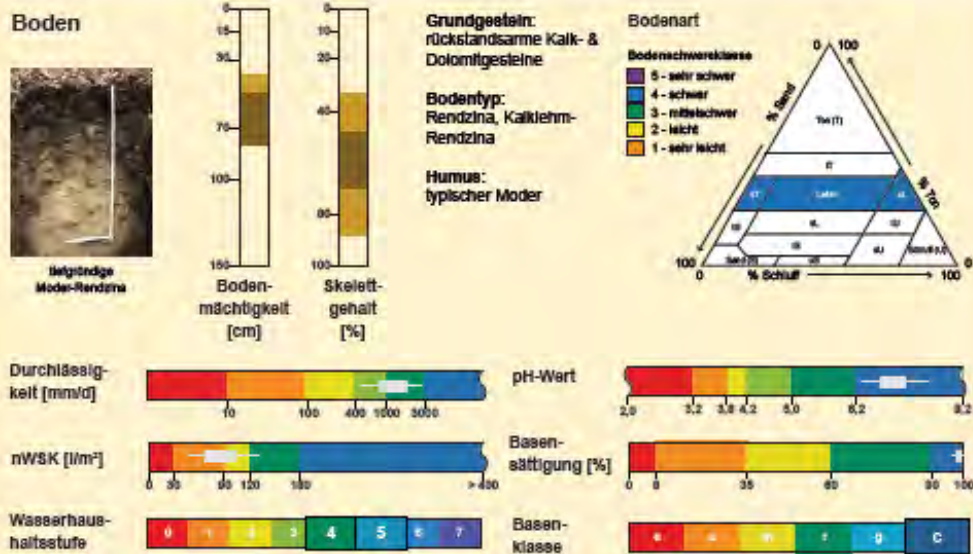
Dynamische Waldtypisierung (18)



„Klimatische Charakterisierung“

Topographische und klimatische Aspekte

– Klimaänderungsszenarien farblich abgehoben



„Nährstoff- und Wasserhaushalt“

Angaben zu Geologie, Boden, Nährstoffen, Basen-

Sättigung und Gesamtwasserhaushalt, Zeigerwerte



„Erscheinungsbild“

Angaben zu Vegetation und Bild (wenn verfügbar)

## „Standortssystem“

Einordnung des Standorts aufgrund der dynamischen Komponenten Klimazone und Wasserhaushalt für aktuelle (2020) und zukünftige (2085) Bedingungen – 2 Klimaänderungsszenarien (RCP 4.5, RCP 8.5)

Darstellung möglicher benachbarten Standorte hinsichtlich Basenklasse und Sonderwaldstandorte

## „Produktivität“

Darstellung ausgewählter Baumarten hinsichtlich DGZ und Oberhöhe (Ertragstafelwerte)

## „Limitierende Faktoren“

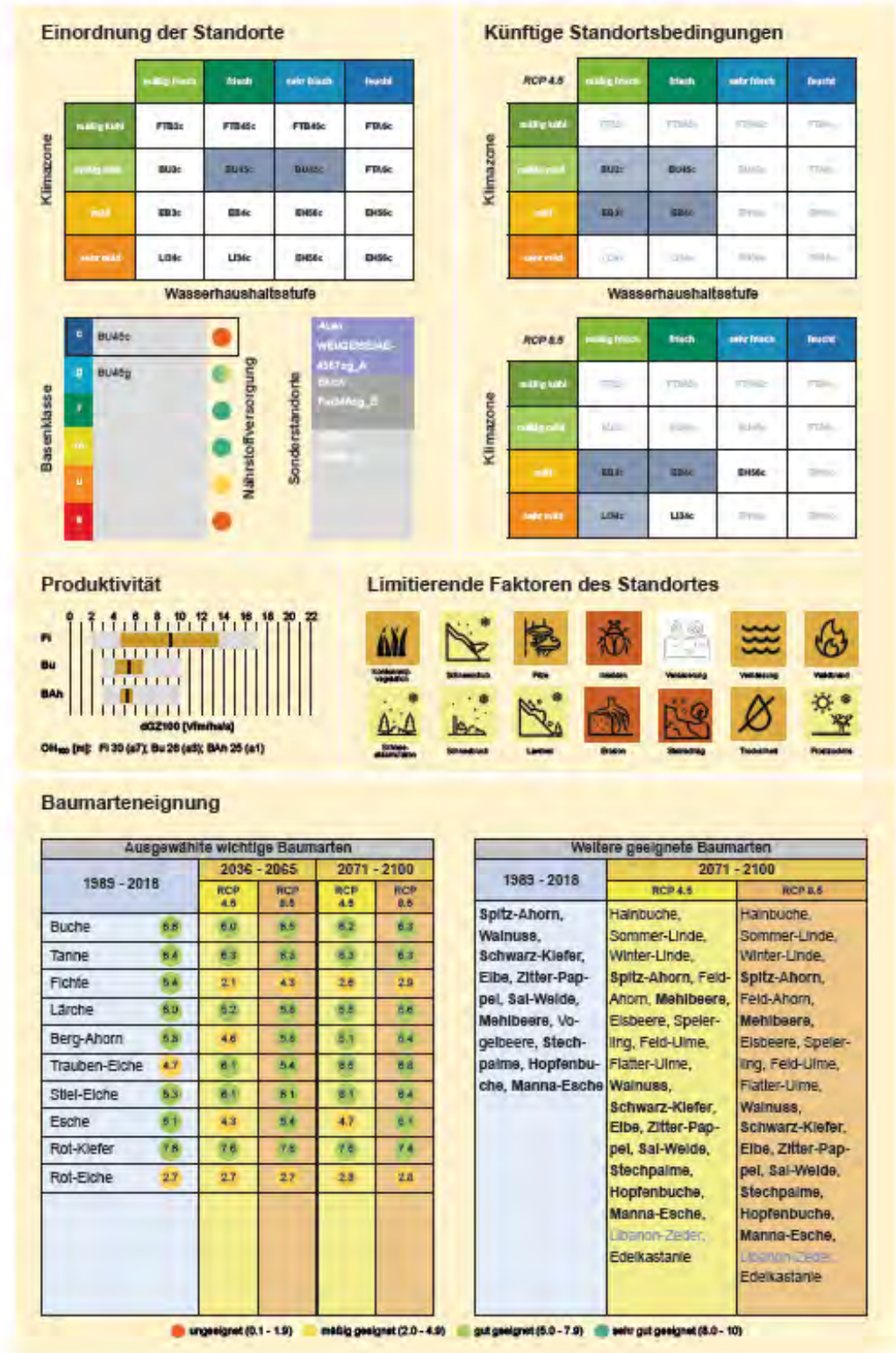
Bedeutenden limitierenden Standortfaktoren

## „Baumarteneignung“

Darstellung der Baumarteneignung für ausgewählte wichtige und weitere geeignete Baumarten, Angaben der Eignungsziffer für ausgewählte Baumarten,

- 3 Zeitscheiben (heute, nahe und ferne Zukunft)
- 2 Klimaänderungsszenarien (RCP 4.5, RCP 8.5)

**schwarz fett** kommen in allen Szenarien vor  
**blaue Baumarten** bezeichnen nicht heimische Baumarten



# Bestimmungsschlüssel für Normalwaldstandorte

**Schlüssel 1: Bestimmung der BASENKLASSE**

<b>SCHRITT 1:</b>	Angemessenheit standortbarrenhaftig? ↳ Bestimmungsmerkmal 1	oder Angemessenheit barrenhaftig? (Zwei Arten barrenhaftig?) ↳ Bestimmungsmerkmal 2
<b>Ziel 1:</b>	Standort mit (relativ hoher) Eigenfruchtbarkeit (Bodenfruchtbarkeit) (z.B. nach NPK) oder (relativ hoher) Nährstoffgehalt (Stickstoff, Phosphor, Kalium) (z.B. nach NPK) oder (relativ hoher) Nährstoffgehalt (Stickstoff, Phosphor, Kalium) (z.B. nach NPK) oder (relativ hoher) Nährstoffgehalt (Stickstoff, Phosphor, Kalium) (z.B. nach NPK)	Standort mit (relativ hoher) Eigenfruchtbarkeit (Bodenfruchtbarkeit) (z.B. nach NPK) oder (relativ hoher) Nährstoffgehalt (Stickstoff, Phosphor, Kalium) (z.B. nach NPK) oder (relativ hoher) Nährstoffgehalt (Stickstoff, Phosphor, Kalium) (z.B. nach NPK)
<b>SCHRITT 2a:</b>	Wird ein Standortbarrenstandort? (Grundergebnis)	Wird ein Standortbarrenstandort? (Grundergebnis)

**Schlüssel 2: Bestimmung der WASSERHAUSHALTSSTUFE**

<b>SCHRITT 2:</b>	Basen oder Basenarm? ↳ Bestimmungsmerkmal 3	oder Basen mit Wasserüberschuss (Zielwert)? Basenstättigkeit? ↳ Bestimmungsmerkmal 4
<b>Zielgruppen:</b>	Standort mit (relativ hoher) Eigenfruchtbarkeit (Bodenfruchtbarkeit) (z.B. nach NPK) oder (relativ hoher) Nährstoffgehalt (Stickstoff, Phosphor, Kalium) (z.B. nach NPK) oder (relativ hoher) Nährstoffgehalt (Stickstoff, Phosphor, Kalium) (z.B. nach NPK)	Standort mit (relativ hoher) Eigenfruchtbarkeit (Bodenfruchtbarkeit) (z.B. nach NPK) oder (relativ hoher) Nährstoffgehalt (Stickstoff, Phosphor, Kalium) (z.B. nach NPK) oder (relativ hoher) Nährstoffgehalt (Stickstoff, Phosphor, Kalium) (z.B. nach NPK)
<b>SCHRITT 2a:</b>	Standortbarrenstandort?	Standortbarrenstandort?

**Schlüssel 3: Bestimmung der KLIMAZONE**

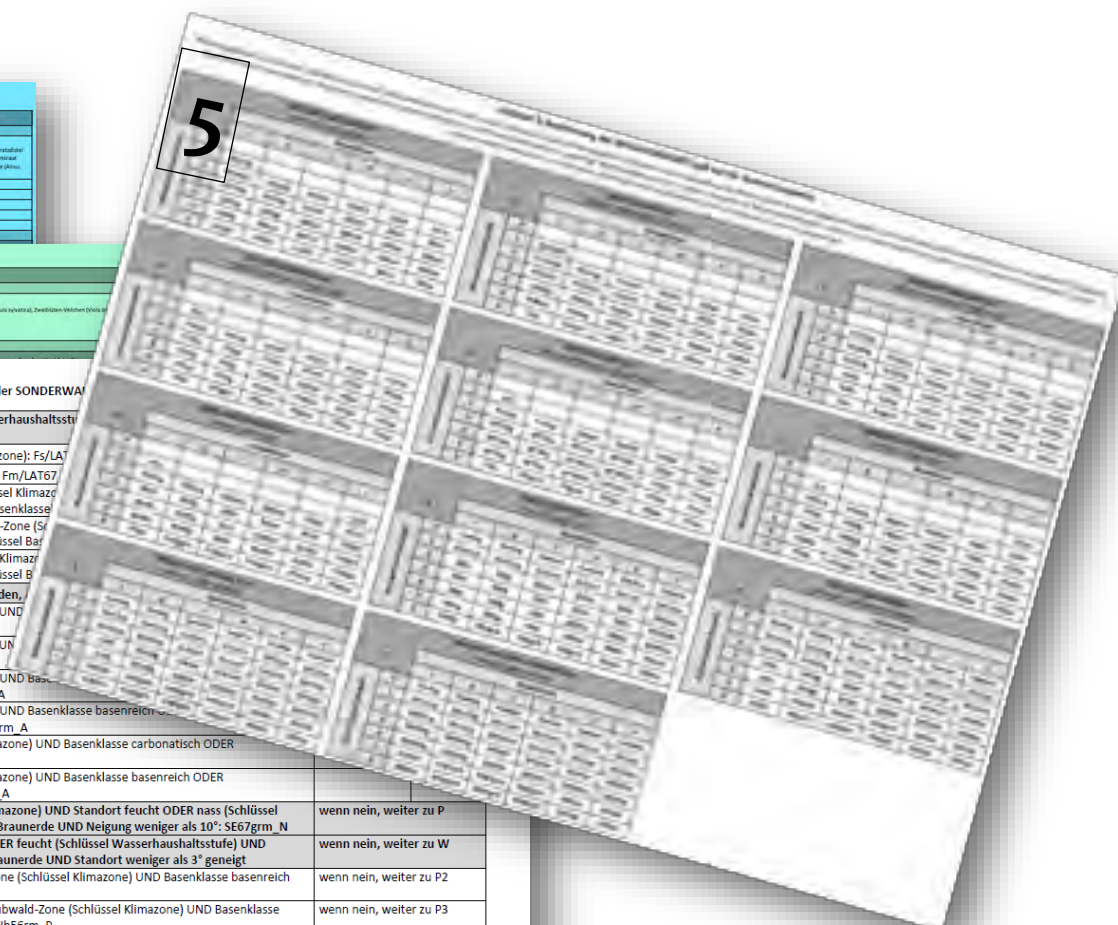
<b>SCHRITT 3:</b>	Wärmer bis sehr milde Klimazone? ↳ Bestimmungsmerkmal 5	oder kühler bis kalte Klimazone? ↳ Bestimmungsmerkmal 6
<b>Zielgruppen:</b>	Standort mit (relativ hoher) Eigenfruchtbarkeit (Bodenfruchtbarkeit) (z.B. nach NPK) oder (relativ hoher) Nährstoffgehalt (Stickstoff, Phosphor, Kalium) (z.B. nach NPK) oder (relativ hoher) Nährstoffgehalt (Stickstoff, Phosphor, Kalium) (z.B. nach NPK)	Standort mit (relativ hoher) Eigenfruchtbarkeit (Bodenfruchtbarkeit) (z.B. nach NPK) oder (relativ hoher) Nährstoffgehalt (Stickstoff, Phosphor, Kalium) (z.B. nach NPK) oder (relativ hoher) Nährstoffgehalt (Stickstoff, Phosphor, Kalium) (z.B. nach NPK)
<b>SCHRITT 3a:</b>	Standortbarrenstandort?	Standortbarrenstandort?

**Schlüssel 4: Bestimmung der SONDERWA**

<b>SCHRITT 4:</b>	Wärmer bis sehr milde Klimazone? ↳ Bestimmungsmerkmal 7	oder kühler bis kalte Klimazone? ↳ Bestimmungsmerkmal 8
<b>Zielgruppen:</b>	Standort mit (relativ hoher) Eigenfruchtbarkeit (Bodenfruchtbarkeit) (z.B. nach NPK) oder (relativ hoher) Nährstoffgehalt (Stickstoff, Phosphor, Kalium) (z.B. nach NPK) oder (relativ hoher) Nährstoffgehalt (Stickstoff, Phosphor, Kalium) (z.B. nach NPK)	Standort mit (relativ hoher) Eigenfruchtbarkeit (Bodenfruchtbarkeit) (z.B. nach NPK) oder (relativ hoher) Nährstoffgehalt (Stickstoff, Phosphor, Kalium) (z.B. nach NPK) oder (relativ hoher) Nährstoffgehalt (Stickstoff, Phosphor, Kalium) (z.B. nach NPK)
<b>SCHRITT 4a:</b>	Standortbarrenstandort?	Standortbarrenstandort?

<b>O (Moore)</b>	Standort feucht ODER nass, selten sehr frisch (Schlüssel Wasserhaushaltsstufe) Niedermoor	
<b>O1</b>	Klimazone kühle Mischwald-Zone ODER kälter (Schlüssel Klimazone): Fs/LAT	
<b>O2</b>	Klimazone mäßig kühle Mischwald-Zone (Schlüssel Klimazone): Fm/LAT67	
<b>O3</b>	Klimazone mäßig milde Mischwald-Zone ODER wärmer (Schlüssel Klimazone) Basenklasse mäßig basenhaltig bis basengesättigt (Schlüssel Basenklasse)	
<b>O4</b>	Klimazone mäßig milde Mischwald-Zone ODER milde Laubwald-Zone (Schlüssel Klimazone) Basenklasse basenunterversorgt ODER extrem basenarm (Schlüssel Basenklasse)	
<b>O5</b>	Klimazone sehr milde Laubwald-Zone ODER wärmer (Schlüssel Klimazone) Basenklasse basenunterversorgt ODER extrem basenarm (Schlüssel Basenklasse)	
<b>A (Auen)</b>	Standort im Nahbereich größerer Flüsse UND Bodentyp Auboden	
<b>A1</b>	Klimazone mäßig kühle Mischwald-Zone (Schlüssel Klimazone) UND basengesättigt (Schlüssel Basenklasse): WEI/GE4567cg_A	
<b>A2</b>	Klimazone mäßig kühle Mischwald-Zone (Schlüssel Klimazone) UND mäßig basenhaltig (Schlüssel Basenklasse): GE567rm_A	
<b>A3</b>	Klimazone mäßig milde Mischwald-Zone (Schlüssel Klimazone) UND basengesättigt (Schlüssel Basenklasse): WEI/GE/SE/AE4567cg_A	
<b>A4</b>	Klimazone mäßig milde Mischwald-Zone (Schlüssel Klimazone) UND Basenklasse basenreich ODER mäßig basenhaltig (Schlüssel Basenklasse): WEI/GE/SE/AE4567rm_A	
<b>A5</b>	Klimazone milde Laubwald-Zone ODER wärmer (Schlüssel Klimazone) UND Basenklasse carbonatisch ODER basengesättigt (Schlüssel Basenklasse): WEI/SE/EIE4567cg_A	
<b>A6</b>	Klimazone milde Laubwald-Zone ODER wärmer (Schlüssel Klimazone) UND Basenklasse basenreich ODER mäßig basenhaltig (Schlüssel Basenklasse): WEI/SE/EIE4567cg_A	
<b>N (Vernässung)</b>	Klimazone milde Laubwald-Zone ODER wärmer (Schlüssel Klimazone) UND Standort feucht ODER nass (Schlüssel Wasserhaushaltsstufe) UND Bodentyp Gley, selten vergleyte Braunerde UND Neigung weniger als 10°: SE67grm_N	wenn nein, weiter zu P
<b>P (Stauwasser)</b>	Klimazone milde Laubwald-Zone UND Standort sehr frisch ODER feucht (Schlüssel Wasserhaushaltsstufe) UND Bodentyp Pseudogley, Stagnogley, selten pseudovergleyte Braunerde UND Standort weniger als 3° geneigt	wenn nein, weiter zu W
<b>P1</b>	Klimazone milde Laubwald-Zone ODER sehr milde Laubwald-Zone (Schlüssel Klimazone) UND Basenklasse basenreich ODER mäßig basenhaltig (Schlüssel Basenklasse): EH56rm_P	wenn nein, weiter zu P2
<b>P2</b>	Klimazone mäßig warme Laubwald-Zone ODER sehr warme Laubwald-Zone (Schlüssel Klimazone) UND Basenklasse basenreich ODER mäßig basenhaltig (Schlüssel Basenklasse): EHb56rm_P	wenn nein, weiter zu P3
<b>P3</b>	Klimazone milde Laubwald-Zone ODER wärmer (Schlüssel Klimazone) UND Basenklasse basenunterversorgt ODER extrem basenarm (Schlüssel Basenklasse): EIK56ue_P	



MIT UNTERSTÜTZUNG VON BUND, LAND UND EUROPÄISCHER UNION

Bundesministerium  
Landwirtschaft, Regionen  
und Tourismus

**LE 14-20**  
Entwicklung 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 (21)

# Baumartenportraits

Nadelbaumarten		Kürzel
Fichte	<i>Picea abies</i>	Fi
Lärche	<i>Larix decidua</i>	Lä
Rot-Kiefer	<i>Pinus sylvestris</i>	RKi
Tanne	<i>Abies alba</i>	Ta
Zirbe	<i>Pinus cembra</i>	Zi
Laubbaumarten		
Berg-Ahorn	<i>Acer pseudoplatanus</i>	BAh
Berg-Ulme	<i>Ulmus glabra</i>	BUI
Buche	<i>Fagus sylvatica</i>	Bu
Esche	<i>Fraxinus excelsior</i>	Es
Hainbuche	<i>Carpinus betulus</i>	Hbu
Hänge-Birke	<i>Betula pendula</i>	HBi
Sommer-Linde	<i>Tilia platyphyllos</i>	SLi
Winter-Linde	<i>Tilia cordata</i>	WLi
Stiel-Eiche	<i>Quercus robur</i>	StEi
Trauben-Eiche	<i>Quercus petraea</i>	TrEi
Vogel-Kirsche	<i>Prunus avium</i>	VKi
Gastbaumarten		
Douglasie	<i>Pseudotsuga menziesii</i>	Dou
Rot-Eiche	<i>Quercus rubra</i>	REi

### Die Tanne

*Abies alba*

Die Tanne ist eine klassische Schattbaumart. Sie tritt aktuell sehr häufig in der Waldgruppe FTK und seltener in den Waldgruppen BU, EB, FTB, BFT, W, U, N und FT auf.

**Aktuelle und zukünftige Eignung**  
Aktuell (Zeitraum 1989-2018) weist die Tanne auf 86 % der steirischen Waldfläche eine gute bis gute Eignung auf (siehe Abbildungen A- Karte und B-Diagramm).

### Die Stiel-Eiche

*Quercus robur*

Die Stiel-Eiche kann als Halblicht- bis Lichtbaumart charakterisiert werden. Sie tritt aktuell sehr häufig in den Waldgruppen EH und P auf und ist seltener auch in den Waldgruppe A und EB zu finden.

**Aktuelle und zukünftige Eignung**  
Aktuell (Zeitraum 1989-2018) weist die Stiel-Eiche auf 51 % der steirischen Waldfläche eine gute bis sehr gute Eignung auf (siehe Abbildungen A- Karte und B-Diagramm).  
In der Klimazukunft wird die Stiel-Eiche 2071-2100 auf deutlich größerer Fläche geeignet sein als in der Klimaperiode 1989-2018. So wird sich die Waldfläche mit guter bis sehr guter Eignung auf 77 % (RCP 4.5) bzw. 89 % (RCP 8.5) vergrößern.

**Temperaturregime**  
Die Stiel-Eiche weist hohe Wärmeansprüche auf. Sie toleriert Winterfrost in moderatem Ausmaß und weist eine sehr geringe Toleranz gegenüber Spätfrost auf. Die Hitzetoleranz der Stiel-Eiche ist hoch.

**Wasserversorgung**  
Die Stiel-Eiche stellt geringe Ansprüche an die Wasserversorgung und ihre Toleranz von Trockenperioden ist hoch.

**Nährstoffversorgung und Bodenverhältnisse**  
Die Nährstoffansprüche der Stiel-Eiche sind moderat. Optimal sind pH-Werte im stark sauren bis schwach sauren Bereich. Auf sehr stark sauren Böden ist die Stiel-Eiche noch gut geeignet.  
Auf Böden mit sehr hohem Skeletgehalt weist die Stiel-Eiche ein gutes Durchwurzelungsvermögen auf. Auf sehr schweren Böden ist das Durchwurzelungsvermögen der Stiel-Eiche sehr gut.  
Die Toleranz der Stiel-Eiche gegenüber Stau- und Grundwassereinfluss ist sehr hoch.  
Auf **Austandorten** ist die Stiel-Eiche aufgrund ihrer moderaten Überflutungstoleranz nur mäßig geeignet.

### Tanne

1989-2018

### Stiel-Eiche

1989-2018

2036-2065

2071-2100

RCP 4.5      RCP 8.5

Abb. A: Eignung der Stiel-Eiche in der Steiermark für unterschiedliche Zeitscheiben und Klimaszenarien.

MIT UNTERSTÜTZUNG VON BUND, LAND UND EUROPÄISCHER UNION

Bundesministerium  
Landwirtschaft, Regionen  
und Tourismus

LE 14-20  
Entwicklung 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 (22)

# Konzept zu waldbaulichen Empfehlungen

## Standorte heute

- Verbreitung
- Relief
- Wärme- und Wasserversorgung
- Nährstoffe

## Standorte im Klimawandel

- Wärme- und Wasserversorgung
- Verbreitung

## Limitierende Faktoren und Risiken

### 7. Buchenwald-Standorte in der mäßig milden Mischwaldzone

Tabelle 7.1: Übersicht zu den Standorteinheiten der Waldgruppe der Buchenwald-Standorte (BU) in der mäßig milden Mischwaldzone.

Standortseinheit	Basenklasse	Substrat	Wasserhaushalt	Verbreitung
BU3c	carbonatisch	feinerdearme Karbonatgesteine	mäßig frisch	5.939 ha / 2,7 %
BU45c	carbonatisch	feinerdearme Karbonatgesteine	frisch bis sehr frisch	31.253 ha / 14,2 %
BU3g	basengesättigt	feinerdereiche Karbonatgesteine	mäßig frisch	6.642 ha / 3,0 %
BU45g	basengesättigt	feinerdereiche Karbonatgesteine	frisch bis sehr frisch	24.881 ha / 11,3 %
BU3r	basenreich	basenreiche Silikatgesteine	mäßig frisch	3.580 ha / 1,6 %
BU4r	basenreich	basenreiche Silikatgesteine	frisch	15.743 ha / 7,1 %

	trocken	mäßig trocken	mäßig frisch	frisch	sehr frisch	feucht
carbonatisch			BU3c	BU45c		
basengesättigt			BU3g	BU45g		
basenreich			BU3r	BU4r	BU5r	
mäßig				BU45m		
				BU45u		

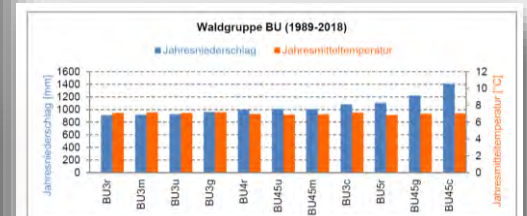
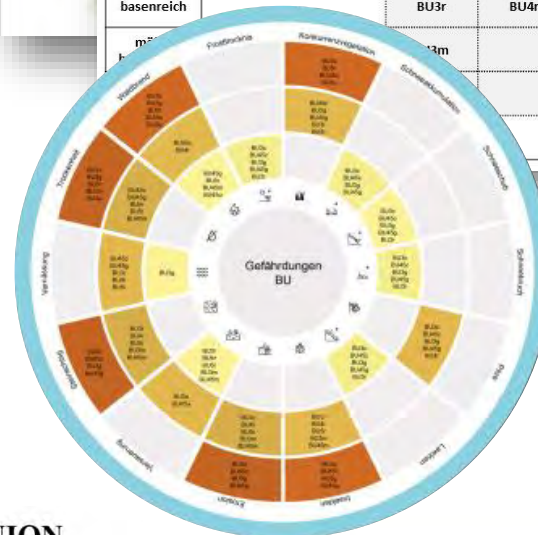


Abbildung 7.2: Vergleich von Jahresniederschlag und Jahresmitteltemperatur der Waldstandorteinheiten in der Waldgruppe BU für den Zeitraum 1989-2018 in der Steiermark.

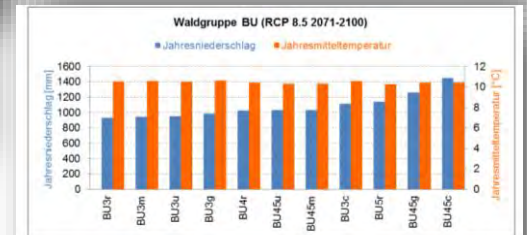


Abbildung 7.7: Vergleich von Jahresniederschlag und Jahresmitteltemperatur der Standorteinheiten in der Waldgruppe BU für den Zeitraum 2071-2100 für das Szenario RCP 8.5 für die Steiermark.

MIT UNTERSTÜTZUNG VON BUND, LAND UND EUROPÄISCHER UNION

Bundesministerium  
Landwirtschaft, Regionen  
und Tourismus

LE 14-20  
Entwicklung 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

FORSITE

# Konzept zu waldbaulichen Empfehlungen

## Anpassungsmaßnahmen

- Einleitung
- Erhöhung der Resistenz
- Erhöhung der Resilienz
- Erhöhung der Anpassungsfähigkeit
- Klimafitte Mischungstypen
- Dringlichkeit der Maßnahmen
- Beispiele für Anpassungsoptionen

Tabelle 7.3: Klimafitte Mischungstypen für die heutige Waldgruppe BU unter Berücksichtigung der aktuellen und zukünftigen Baumarteneignung sowie unterschiedliche zukünftige Waldgruppen.

Lokalität und Spezifikation	künftige Standortsbedingungen im Jahr 2085	Klimafitter Mischungstyp*
alle BU Standorte (aktuell)	BU	
Kalte Talschaften der Steiermark	BU	
Unterhangstandorte	E	
Südexponierte Taleinhänge		
Wärmebegünstigte Lagen		

**BU – Anpassungsoptionen für Fichtenreinbestände**

**Überführung in Fi-Ta-Bu-Bestände durch Lochhiebe**

Stabile Fichten-Individuen werden in Reinbeständen belassen, Tanne und Buche werden auf Lochhiebflächen gepflanzt.  
Ziel: Fichte 40 %, Tanne 30 %, Buche 30 %.  
U = 80-120 Jahre

**Überführung in Fi-Ta-Bu-Bestände durch Saumschläge**

Keine Eingriffe in bestehende Fichten-Bestände, Etablierung von Fichte, Tanne und Buche auf den Saumschlag-Flächen mittels Pflanzung.  
Ziel: Fichte 50 %, Tanne 30 %, Buche 20 %.  
U = 80-120 Jahre

**Jungwuchs**

Ergänzung von Ta und Bu in vorhandenen oder zu schaffenden Lücken, Entnahme von wenig vitalen Fi, Förderung vitaler Fi aus Naturverjüngung oder ehemaliger Pflanzung, Mischungregulierung zugunsten von Ta und Bu.

Pflanzung von Ta, Bu und Fi entsprechend des Bestockungszieles auf den Saumschlagflächen unter unbehandelten Beständen eventuell Voranbau von schattenintoleranten Baumarten (Ta), Mischungregulierung gemäß des Bestockungszieles.

**Dickung**

Mischungregulierung auf der Dickungsfäche, zugunsten einzelner vorhandener Mischbaumarten entsprechend den Zielvorgaben nach Entfernung von wenig vitalen Jung-Fi in vorhandenen Lücken.

Mischungregulierung auf der Dickungsfäche, zugunsten einzelner vorhandener Mischbaumarten und entsprechend den Zielvorgaben nach Entfernung von wenig vitalen Jung-Fi in vorhandenen Lücken.

**Stangenholz**

Entfernung von kranken oder instabilen Fi und verbessern die Bestandesstabilität (Z-Baum: Auswahl besonders stabiler Individuen und Entnahme von besonders schranken Fi).

Entfernung von kranken oder instabilen Fi und verbessern die Bestandesstabilität (Z-Baum: Auswahl besonders stabiler Individuen und Entnahme von besonders schranken Fi).

**Baumholz**

Lochhiebe in hiebsreifen Baumhölzern anlegen: In hiebsreifen Baumhölzern wird Fi mittels Lochhieben genutzt, auf den entstehenden Freiflächen erfolgt Integration von Fi-Naturverjüngung und die Pflanzung von Ta und Bu gemäß des Bestockungszieles.

Nutzung von hiebsreifen Fichten-Baumholz durch Saumschläge mit 1-2 Baumliagen entgegen der Hauptwindrichtung, Etablierung von Ta und Bu am Innensaum und Fi am Aussensaum, Voranbau von Ta unter Schutz bei Fehlen von Sammelbäumen, bei großen gleichaltrigen Beständen eventuell Gliederungshiebe anlegen.

**Dauerwald-Konzept**

Entwicklung eines Dauerwaldes mit langfristigen Zeithorizont: Die ursprünglich einschichtigen Fi-Reinbestände werden in ein Dauerwald-System mit Fi, Ta und Bu überführt werden. Die Bestände müssen dabei eine lange Krone, geringe H(D-Werte) in unterschiedlichen H(D-Klassen aufweisen. Kranke Individuen in der Ober- und Unterschicht gefördert werden. Die Integration von Ta und Bu in der Naturverjüngung erlaubt eine vertikale Strukturierung der Bestände.

Tab. 7.10: Beispielhafte Herleitung der Dringlichkeit

## Waldbewirtschaftung – vom aktuellen Bestand zum „klimafitten Wald“



Manfred J. Lexer, Roland Köck, Iris Oberklammer und Harald Vacik

MIT UNTERSTÜTZUNG



ener  
nen  
Jahre  
2, abhängig  
struktur und  
baumstabilität

$$5\% * 5$$

$$5\% * 7$$

$$= 4,5$$



# Großes Dankeschön an alle Beteiligten!

Herbert Angerer, Günther Aust, Norbert Arzl, Wilfried Bedek, Sebastian Berka, Owen Bradley, Jenny Brandstätter, Susanne Brandstätter, Lisa Brückner, Thomas Canal, Yasmin Dorfstetter, Michael Englisch, Willibald Ehrenhöfer, Thomas Exner, Vanessa Färber, Eugenie Fink, Herbert Formayer, Stefan Forstner, Manfred Föger, Reinhard Fromm, Josef Gadermaier, Karl Gartner, Roland Gattermayr, Leonhard Gogl, Günther Gollobich, Michael Grabner, Hans Gruber, Johann Gruber, Sigrid Gubo, Sebastian de Jel, Johannes Haas, Lucas Haas, Katharina Hadlauer, Karl Hagen, Hanspeter Haselmaier, Edwin Herzberger, Christian Hochauer, Konstantin Hohmann, Martina Hölbling, Dominic Holzbauer, Solveig Hopf, Manfred Hotter, Tobias Huber, Thomas Kainz, Klaus Katzensteiner, Michael Kessler, David Keßler, Klaus Klebinder, Ralf Klosterhuber, Roland Koeck, Bernhard Kohl, Margit Kurka, Walter Kurz, Kurt Krenn, Marie Lambropoulos, Christoph Langer, Veronika Lechner, Fabian Lehner, Manfred J. Lexer, Heinz Lick, Michael Luidold, Gertrude Matzer, Roland Mayer, Gerhard Markart, Kerstin Michel, Erwin Moldaschl, Florian Müller, Fabian Nagl, Sebastian Nemestothy, Michael Neuhauser, Nikolaus Strobl, Iris Oberklammer, Frank Perzl, Tobias Plettenbacher, Hannes Pock, Alexander Podesser, Walter Poltnig, Christoph Pucher, Claudia Puschenjak, Alessandra Praxmarer, Herwig Proske, Rainer Reiter, Martin Rottensteiner, Judith Schaufler, Anna Schrötter, Marlon Schwienbacher, Wilfried Sommer, Simon Ewald Spitzer, Franz Starlinger, Markus Staudinger, Florian Streibel, Nikolaus Suntinger, Franz Tscherne, Elisabeth Lili Wächter, Thomas Wagner, David Wedenig, Raffaella Wetzl, Simone Willburger, Elena Wilhelmy, Marcus Wilhelmy, Gerfried Winkler, Lukas Wischounig, Magdalena Witzmann, Paul Zelinka, Thomas Zimmermann, Stefan Zwettler, u.v.m....

MIT UNTERSTÜTZUNG VON BUND, LAND UND EUROPÄISCHER UNION

 Bundesministerium  
Landwirtschaft, Regionen  
und Tourismus

 LE 14-20  
Entwicklung 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)

**Universität für Bodenkultur Wien**  
**Department für Wald und Bodenwissenschaften**  
Institut für Waldbau

Peter Jordan Str. 82, A-1190 Wien  
Tel.: +43 1 47654-91312, Fax: +43 1 47654-91309  
E-mail: [harald.vacik@boku.ac.at](mailto:harald.vacik@boku.ac.at)  
Web: [waldbau.boku.ac.at/](http://waldbau.boku.ac.at/)

