

WALD IM KLIMAWANDEL

*Dynamische Waldtypisierung –
neues Instrument für die Baumartenwahl*



Tagungsband

*10. und 11. März 2022
Graz, Messe Graz*

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.



PROGRAMM

Dynamische Walddtypisierung – neues Instrument für die Baumartenwahl

Do, 10.03.2022	
09:00 – 09:30	• Eröffnung und Begrüßung
09:30 – 10:30	• Keynotes: • Herausforderungen im Klimawandel und Wege aus der Klimakrise <i>Gottfried Kirchengast</i> • Die Umsetzung des Waldinformationssystems Nordalpen (WINALP) in Bayern <i>Jörg Ewald und Birgit Reger</i>
10.35 – 11.20	• Beweggründe der Steiermark für das Projekt „Dynamische Walddtypisierung“ <i>Michael Luidold</i> • Kurzvorstellung des Projekts Dynamische Walddtypisierung – der rote Faden durch das Projekt - <i>Harald Vacik und Yasmin Dorfstetter</i>
11:30 – 12:30	• Klimatische Charakterisierung der Steiermark <i>Fabian Lehner und Herbert Formayer</i> • Ausgangsgesteine und Substratklassifizierung in der Walddtypisierung <i>Gerfried Winkler und Marcus Wilhelmy</i>
12:30 – 14:00	Mittagspause
14:00 – 15:30	• Die Rolle des Wasserhaushalts für die Standortklassifikation <i>Klaus Katzensteiner und Josef Gadermaier</i> • Nährstoffe als Grundlage für das Baumwachstum <i>Michael Englisch, Judith Schaffler und David Keßler</i> • Vom Punkt in die Fläche –Regionalisierung von Punktdaten in FORSITE <i>Klaus Klebinder, Tobias Huber, Reinhard Fromm und Vanessa Färber</i>
15:30 – 16:00	Kaffeepause
16:00 – 17:30	• Neue Wege der Standortklassifikation in der Steiermark <i>Michael Englisch und Ralf Klosterhuber</i> • Baumarteneignung – Zahlen und Fakten statt „Götterblick“ <i>Michael Kessler und Manfred J. Lexer</i> • Empfehlungen für die Waldbewirtschaftung - vom aktuellen Bestand zum „klimafitten Wald“ <i>Manfred J.Lexer, Roland Köck, Iris Oberklammer und Harald Vacik</i>
17:30 – 18:00	• Abschlussdiskussion Podium Michael Luidold, Willibald Ehrenhöfer, Stefan Zwettler, Harald Vacik & Michael Englisch
18:00 – 18:30	Pause
18:30 – 22:00	„Come together“ bei einem Abendessen in der Messe Graz



Die Zukunft des steirischen Waldes

Der steirische Wald ist ein Alleskönner: Zugleich Lebensraum und Lebensgrundlage, Wirtschaftsmotor und Schutzfaktor. Darüber hinaus ist er ein prägendes Symbol unseres Landes, das ja nicht von ungefähr als „grüne Mark“ bekannt ist. In der breiten Öffentlichkeit ist auch vielen nicht bewusst, dass der heute so wichtige Begriff der Nachhaltigkeit seinen Ursprung in der Waldbewirtschaftung hat: Nur so viel Holz zu nutzen, wie auch nachwächst, ist das Fundament einer auf Dauer angelegten, generationengerechten Forstwirtschaft – und das schon seit Jahrhunderten. Aber auch die forstliche Zunft darf nicht stillstehen, sondern muss ihr Wissen stets ausbauen und vertiefen sowie die praktische Anwendung neuer Forschungsergebnisse in allen Bereichen vorantreiben. Gerade der Klimawandel, dessen Auswirkungen wir mehr als nur deutlich spüren, verlangt neue Methoden und Antworten, die auf die Gegebenheiten unserer Umwelt Rücksicht nehmen. Zudem wissen wir, dass ein fachgerecht bewirtschafteter Wald den besten Beitrag für den Klimaschutz leistet.

Der große Naturforscher Charles Darwin hat es auf den Punkt gebracht: „Alles, was gegen die Natur ist, hat auf Dauer keinen Bestand.“

Aus diesem Geist heraus ist auch das Projekt „dynamische Walddtypisierung“ entstanden: Die Auswahl geeigneter Baumarten für die unterschiedlichsten Standorte ist die zentrale Herausforderung für die forstliche Arbeit unserer Zeit. In einem innovativen Leuchtturmprojekt wurden mit modernsten wissenschaftlichen Methoden umfangreich Daten erhoben und ausgewertet. Die auf dieser Basis erstellten IT-gestützten Arbeitsunterlagen werden in Zukunft breite Anwendung in der forstlichen Bewirtschaftungs- und Beratungspraxis finden.

Ich danke allen, die am Projekt „dynamische Walddtypisierung“ und an der Organisation der Fachtagung mitgewirkt haben – allen voran dem Team der Landesforstdirektion unter Hofrat DI Michael Luidold. Arbeiten wir gemeinsam an der Zukunft des steirischen Waldes und einer nachhaltigen Zukunft für die „grüne Mark“!

Herzlichst

Ihr

Landesrat Ök.-Rat Hans Seitinger



Dynamische Walddtypisierung

Zukunftweisendes Forschungsprojekt
für die Waldbewirtschaftung

Der Klimawandel ist nicht nur in aller Munde, sondern für viele Waldeigentümerinnen und Waldeigentümer bereits massiv wahrnehmbar. Sei es durch die Häufung von Naturkatastrophen, Hitze- und Trockenperioden und dadurch bedingte Borkenkäfermassenvermehrungen. Damit die Waldbestände diesen Herausforderungen standhalten können, ist neben geeignetem Vermehrungsgut vor allem die richtige Baumartenwahl entscheidend.

Zu diesem Zweck hat das Land Steiermark das Forschungsprojekt „Dynamische Walddtypisierung“ bei der Universität für Bodenkultur in Auftrag gegeben. Insgesamt 12 Forschungsinstitutionen mit mehr als 100 Wissenschaftlern erarbeiteten eine auf den Standort und die klimatischen Einflüsse angepasste Planungs- und Beratungsgrundlage für die Waldbewirtschaftung in der Steiermark. Im Wesentlichen steht nun nach Abschluss des Projektes jeder Waldbesitzerin/jedem Waldbesitzer eine gezielt auf ihren Standort abgestimmte Empfehlung von

bis zu 40 unterschiedlich geeigneten Baumarten und deren Bewirtschaftung zur Verfügung, die unterschiedliche Klimaszenarien (Jahresmitteltemperatur wie bisher, +2°, +4°) berücksichtigt und dabei auch Aussagen über die Baumarteneignung für den Zeithorizont 2070-2100 zulässt. Mit diesem Forschungsprojekt, welches übrigens einzigartig in Europa ist, werden damit erstmalig wissenschaftlich fundierte Aussagen über die klimawandelbedingten Veränderungen der Eigenschaften jedes einzelnen Waldstandortes getroffen. Auf Basis dieses Forschungsprojektes kann es in Verbindung mit dem Geschick der Forstleute gelingen nicht nur die umfangreichen Funktionen des Waldes sicherzustellen, sondern vor allem auch die Produktionsbedingungen der Forstwirtschaft zu verbessern und damit die Existenzsicherung der Waldbesitzerinnen und Waldbesitzer für die Zukunft zu gewährleisten.

Landesforstdirektor HR DI Michael Luidold

INHALT

ABSTRACT	Die Umsetzung des Waldinformationssystems Nordalpen (WINALP) in Bayern	S.06
ABSTRACT	Beweggründe der Steiermark für das Projekt „Dynamische Waldtypisierung“	S.10
ABSTRACT	Dynamische Waldtypisierung - FORSITE	S.12
ABSTRACT	Klima der Steiermark	S.15
ABSTRACT	Ausgangsgesteine und Substratklassifizierung in der Waldtypisierung	S.18
ABSTRACT	Die Rolle des Wasserhaushalts für die forstliche Standortsklassifikation	S.21
ABSTRACT	Nährstoffe als Grundlage für das Baumwachstum	S.23
ABSTRACT	Vom Punkt zur Fläche – Regionalisierung in FORSITE	S.26
ABSTRACT	Neue Wege der Standortsklassifikation in der Steiermark	S.28
ABSTRACT	Ein neues Instrument für die Baumartenwahl	S.31
ABSTRACT	Empfehlungen für die Waldbewirtschaftung	S.34

Die Umsetzung des Waldinformationssystems Nordalpen (WINALP) in Bayern

Nachhaltige Anwendung von Standorts- und Vegetationsdaten

Jörg Ewald ⁽¹⁾ und Birgit Reger ^(1,2)

(1) Institut für Ökologie und Landschaft, Fakultät Wald und Forstwirtschaft, Hochschule Weihenstephan-Triesdorf, Freising, Deutschland (joerg.ewald@hswt.de)

(2) Abteilung Boden und Klima, Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, Freising, Deutschland

Einleitung

Das Waldinformationssystem Nordalpen (WINALP) wurde 2008-2011 im Rahmen des gleichnamigen bayerisch-österreichischen Interreg IVa-Projektes aufgebaut (Ewald 2009). Der Beitrag stellt Struktur, Aufbau und Produkte des Waldinformationssystems für die Bayerischen Alpen dar und berichtet über die vielfältigen Anwendungen in Forstpraxis, Wissenschaft und anderen Sektoren.

Aufbau

Das bayerische WINALP hält umfassende standorts- und vegetationskundliche Basisdaten bereit, die nach dem Prinzip „vom Punkt auf die Fläche“ vielfältige Analysen und Modellierungen erlauben.

Datengrundlagen

Zugeschnitten auf das Wuchsgebiet Bayerische Alpen (Gauer & Aldinger 2005), vereint WINALP umfassende, georeferenzierte Punktdaten zu Vegetation (Vegetationsaufnahmen) und Boden (Bodenprofile) mit flächendeckenden Geodaten zu Klima (Regionalisierung monatlicher Mittelwerte, Hera et al. 2012), Relief (DGM), Geologie und Böden des Naturraums, die aus Vorgängerprojekten und amtlichen Datenbeständen zusammengestellt wurden. Besondere Bedeutung hat die WINALPecobase als eigens erhobene, ins Raster der Bundeswaldinventur eingehängte, nach lokalen Standortstypen stratifizierte Traktstichprobe von 1505 ortsgleichen Vegetationsaufnahmen und Bodenprofilen (Reger et al. 2012). Für die Modellierung bestimmter Sonderstandorte wurde die Alpenbiotopkartierung (Urban & Mayer 1996) verwendet.

Produkte

Alle in der Geologischen Karte 1:25.000 unterschiedenen Ausgangsgesteine wurden in einer Substratkarte nach den Kriterien Chemismus, Substratphysik und Genese attribuiert (Kolb 2012). An den Vege-

tationsaufnahmen wurden an Hand mittlerer Ellenberg-Zeigerwerte Regressionsmodelle gegen flächen-deckend verfügbare physiographische Prädiktoren (Klima, Relief, Substrat, Boden) geeicht, was eine hoch auflösende, flächendeckende Kartierung der Faktoren Temperatur, Bodenreaktion und Feuchte („Moisture“) erlaubte (Reger et al. 2014). Die Faktorenkombinationen wurden in 26 zonale Waldtypen eingeteilt und nach Hauptbaumart/Höhenstufe, Basen- und Wasserhaushalt verschlüsselt. Zusammen mit 22 an Hand von DGM und Biotopkartierung abgegrenzten Sonderwaldtypen bilden sie die Waldtypenkarte (Reger & Ewald 2011). Im öffentlichen Online-Viewer (<https://www.fovgis.bayern.de/winalp/>) sind die Substrateigenschaften sowie Waldtypensteckbriefe mit den ökologisch und waldbaulich relevanten Eigenschaften als pdf-Dateien verlinkt. Alle Punkt- und Flächendaten werden auf Anfrage für geeignete Anwendungen zur Verfügung gestellt.

Anwendungen

Die WINALP-Produkte stehen nicht nur über den Online-Viewer öffentlich zur Verfügung, sondern haben Eingang in betriebliche und verwaltungsinterne Richtlinien und Informationssysteme gefunden. Das Informationssystem bildete darüber hinaus eine wichtige Grundlage für weitere Forschungs- und Entwicklungsvorhaben.

Forstpraxis

WINALP wurde durch zahlreiche regionale Schulungen in der Forstpraxis bekannt gemacht. Als größter Waldbesitzer des Wuchsgebietes übernahmen die Bayerischen Staatsforsten wesentliche Komponenten in ihre Richtlinie für die Waldbewirtschaftung im Hochgebirge (BaySF AG Waldbau 2018). Die über das betriebsinterne WebGIS abrufbare „Standortkarte der Bayerischen Alpen auf vegetationskundlicher Grundlage“ unterscheidet 12 Standortgruppen (Gruppierungen von Waldtypen) nach ihren waldbaulichen Eigenschaften (Hauptbaumarten, Wüchsigkeit nach Klemmt & Ewald 2011, naturschutzfachliche Bedeutung) und hinterlegt die Substrateigenschaften nach Kolb (2012) sowie das Nährstoffrisiko nach Mellert & Ewald (2011) als Grundlage des betrieblichen Nährstoffmanagements. Empfindliche Standorte werden im Gelände an Hand von Zeigerarten nach Regier et al. (2014) verifiziert.

Die in den Alpen tätigen Beratungsförster/-innen für den Privat- und Körperschaftswald, Waldbesitzervereinigungen und Forstbetriebsgemeinschaften greifen im Informationssystem der Forstverwaltung (BayWIS, Simbeck & Millitzer 2012) auf die WINALP-Karte zu. Darüber hinaus werden WINALP-Daten von den zuständigen Fachstellen für die FFH-Managementplanung, Waldgenetik, Schutzwaldmanagement und Schutzwaldsanierung verwendet.

Wissenschaft

Bis in die Gegenwart wird WINALP für Forschungs- und Entwicklungsvorhaben, Abschlussarbeiten und Dissertationen verschiedener Universitäten und Forschungsinstitute im In- und Ausland genutzt. So wurde die Anwendung von Klimaszenarien auf Artverbreitungsmodelle erprobt (Mellert et al. 2011). Im

Interreg-Projekt StratAlp wurden grenzüberschreitend Strategien für die vorsorgende Waldbehandlung entwickelt (Katzensteiner et al. 2016, Reger et al. 2015). Mellert & Ewald (2014a) analysierten die Abhängigkeit der Höhenwuchsleistung von Standort und Ernährungszustand und fügten WINALP einen Layer für den Faktor Makronährstoffversorgung (2014b) hinzu.

Schließlich bildete WINALP die Grundlage für Analyse und Modellierung der Verbreitung von Tangelhumus in den Bayerischen Alpen (Ewald et al. 2020). Dabei wurden Zeigerarten für die Lokalisation dieser empfindlichen Humusform entwickelt (Olleck et al. 2020), Auftretenswahrscheinlichkeit, potenzielle Mächtigkeit und Aufwertungspotenzial wurden für das Wuchsgebiet modelliert (Olleck et al. 2021) und ein Konzept für die Humuspflge wird in Zusammenarbeit mit der Forstpraxis erstellt (Ewald et al. 2022).

Andere Sektoren

WINALP-Daten werden von der Wasserwirtschaft für das Management von Wildbacheinzugsgebieten, von Naturschutzbehörden (Regierung von Schwaben, Landratsamt Garmisch-Partenkirchen, Nationalpark Berchtesgaden) für das Schutzgebietsmanagement und von Naturschutzverbänden für Artenhilfsprojekte genutzt.

Fazit und Ausblick

Das Waldinformationssystem Nordalpen ist ein Beispiel für grenzüberschreitende Zusammenarbeit im Alpenraum und für den langfristigen Mehrwert eines nachhaltigen Managements von Standorts- und Vegetationsdaten. Die dringend gebotene Dynamisierung der Standortinformationen und Bewertung der Klimarisiken für den bayerischen Gebirgswaldbau kann auf dieser Grundlage aufbauen.

Literatur

Bayerische Staatsforsten, Arbeitsgruppe Waldbau (2018): Richtlinie für die Waldbewirtschaftung im Hochgebirge. Regensburg (Waldbauhandbuch Bayerische Staatsforsten).

Ewald, J. (2009): Waldinformationssystem Nordalpen - WINALP sammelt Wissen zum Schutz der Bergwälder. *Waldforschung aktuell* 30: 45–46.

Ewald, J., Göttlein, A., Prietzel, J., Kohlpaintner, M., Reger, B. und Olleck, M. (2022): Humuspflge in den Bayerischen Alpen. *AFZ/Der Wald* (3/2022): 22-25.

Ewald, J., Göttlein, A., Prietzel, J., Kohlpaintner, M., Reger, B. und Olleck, M. (Hrsg.) (2020): Alpenhumus als klimasensitiver C-Speicher und entscheidender Standortfaktor im Bergwald. Freising: Zentrum Wald-Forst-Holz Weihenstephan (Forstliche Forschungsberichte, 220).

Hera, U., Rötzer, T., Zimmermann, L., Schulz, C., Maier, H., Weber, H. und Kölling, C. (2012): Klima en détail. Neue, hochaufgelöste Klimakarten bilden wichtige Basis zur klimatischen Regionalisierung Bayerns. *LWF aktuell* 86/2012: 34–37.

Gauer, J. und Aldinger, E. (Hrsg.) (2005): Waldökologische Naturräume Deutschlands - Forstliche Wuchsgebiete und Wuchsbezirke - mit Karte 1:1000000. Mitteilungen des Vereins für Forstliche Standortskunde und Forstpflanzenzüchtung 43: 1–324.

Katzensteiner, K., Ewald, J. und Göttlein, A. (Hrsg.) (2016): Wälder der Kalkalpen - Strategien für die Zukunft. StratAlp. Österr. Ges. f. Waldökosystemforschung und experimentelle Baumforschung Universität für Bodenkultur. Wien (Forstliche Schriftenreihe Universität für Bodenkultur, 21).

Klemmt, H.-J. und Ewald, J. (2011): Wachstum der Fichte nach Waldtypen. Forstinventurdaten untermauern Aussagekraft der WINALP-Karten. AFZ/Der Wald 24/2011: 22.

Kolb, E. (2012): Interaktive Karte der Gesteinseigenschaften. Eine neue Substratgliederung bringt schnelle Übersicht und viele Informationen über die Böden der Bayerischen Alpen. LWF aktuell 87/2012: 15–17.

Mellert, K. H. und Ewald, J. (2011): Wie viel Biomassenutzung verträgt der Bergwald? Empfindlichkeit von Wäldern gegenüber Biomassenutzung. AFZ/Der Wald 24/2011: 19–21.

Mellert, K. H. und Ewald, J. (2014a): Nutrient limitation and site-related growth potential of Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst) in the Bavarian Alps. Eur. J. Forest Res 133(3): 433–451.

Mellert, K. H. und Ewald, J. (2014b): Regionalizing Nutrient Values of Vegetation to Assess Site Fertility of Mountain Forests in the Bavarian Alps. Folia Geobot. 49(3): 407–423.

Mellert, K. H., Fensterer, V., Küchenhoff, H., Reger, B., Kölling, C., Klemmt, H.-J. und Ewald, J. (2011): Hypothesis-driven species distribution models for tree species in the Bavarian Alps. In: Journal of Vegetation Science 22(4): 635–646.

Olleck, M., Kohlpaintner, M., Mellert, K. H., Reger, B., Göttlein, A. und Ewald, J. (2021): Thick forest floors in the Calcareous Alps – Distribution, ecological functions and carbon storage potential. Catena 207: 105664.
Olleck, M., Reger, B. und Ewald, J. (2020): Plant indicators for Follic Histosols in mountain forests of the Calcareous Alps. Applied Vegetation Science 23(2): 285–296.

Reger, B. und Ewald, J. (2011): Waldtypenkarte Bayerische Alpen. Eine neue Planungshilfe für die Forstpraxis. AFZ/DerWald 24/2011: 14–16.

Reger, B., Göttlein, A., Katzensteiner, K. und Ewald, J. (2015): Assessing the Sensitivity of Mountain Forests to Site Degradation in the Northern Limestone Alps, Europe. Mountain Research and Development 35(2): 139–151.

Reger, B., Häring, T. und Ewald, J. (2014): The TRM Model of Potential Natural Vegetation in Mountain Forests. Folia Geobotanica 49(3): 337–359.

Reger, B., Mellert, K. und Ewald, J. (2014): Indikatorarten für nährstoffarme Standorte in den Bergwäldern der Bayerischen Alpen. Tuexenia 34: 39–51.

Reger, B., Schüpferling, R., Beck, J., Dietz, E., Morovitz, D., Schaller, R., Wilhelm, G. und Ewald, J. (2012): WINAL-Pecobase – ecological database of mountain forests in the Bavarian Alps. Biodivers. Ecol. 4: 167–171.

Simbeck, C. und Millitzer, S. (2012): Die IT begleitet die bayerischen Förster in den Wald – Das Bayerische Wald-Informationssystem – Ein Beispiel für M-Government. In: Michael Clasen, Georg Fröhlich, Heinz Bernhardt, Knut Hildebrandt und Brigitte Theuvsen (Hrsg.): Informationstechnologie für eine nachhaltige Landbewirtschaftung, Fokus: Forstwirtschaft. Referate der 32. GIL-Jahrestagung; 29. Februar - 1. März 2012 in Freising, Germany. Bonn: Ges. für Informatik (Lecture notes in informatics, 194), S. 283–286.

Urban, R. und Mayer, A. (1996): Die Alpenbiotopkartierung. Ein Beitrag zur floristischen Erforschung der Bayerischen Alpen. Schriftenreihe des Bayerischen Landesamtes für Umweltschutz 132: 135–147.

Beweggründe der Steiermark für das Projekt

„Dynamische Walddtypisierung“

Michael Luidold ⁽¹⁾

(1) Amt der Steiermärkischen Landesregierung, ABT10 Land- und Forstwirtschaft - Landesforstdirektion

Der Österreichische Wald steht heute mehr denn je im Fokus zahlreicher Akteure und Meinungsbildner. Die Bevölkerung hat an unsere Wälder verschiedenste Ansprüche hinsichtlich dem Schutz vor Naturgefahren, Umwelt, Biodiversität und der Lebensqualität. Darüber hinaus stellt das System Wald einen für Österreich unverzichtbaren Wirtschaftsbereich dar, der durch seine nachhaltige Holzproduktion ein zukunftsorientiertes Lösungskonzept für den Ausstieg aus fossilen Rohstoffen bietet. Damit leisten die Österreichischen Waldbesitzerinnen und Waldbesitzer einen wichtigen Beitrag zum Klimaschutz.

Die Steiermark gehört mit rd. 60 Prozent Waldausstattung und damit mehr als 1 Mio. Hektar Waldfläche zu den walddreichsten Regionen Europas. Mit einem Produktionswert von rund 5 Milliarden Euro stammt rund ein Sechstel der steirischen Wirtschaftsleistung aus der Forst- und Holzindustrie.

Über die nachhaltige Bewirtschaftung, die Ernte des Holzzuwachses und einen möglichst umfassenden Einsatz des Rohstoffes Holz für stoffliche wie energetische Verwendungszwecke kann der Wald wesentlich zur Einsparung von CO₂-Emissionen beitragen. Der Wald ist daher einerseits Teil der Lösung und andererseits eine der meistbetroffenen Landbedeckungsformen. Betroffener deshalb, weil Waldökosysteme sehr langlebig sind und daher wenig flexibel auf Änderungen reagieren können.

Die steirische Waldfläche erstreckt sich vom Subillyrischen Alpenvorland in der kollinen Höhenstufe (200 m Seehöhe) bis in den subalpinen Bereich auf 2.500 m Seehöhe. Diese große Höhenamplitude und die unterschiedlichen geomorphologischen Eigenschaften der Steiermark bringen zahlreiche Walddtypen und Baumartengesellschaften zum Vorschein. 60 Prozent der steirischen Wälder erbringen zusätzliche Leistungen für die Öffentlichkeit (Schutz vor Naturgefahren, Sicherstellung der Trinkwasserversorgung) deren Sicherung von besonderer Bedeutung ist.

Betrachtet man die klimaabhängigen Änderungen der Standortsbedingungen zeigen die langfristigen Aufzeichnungen, dass sich die Jahresdurchschnittstemperaturen in der Steiermark zuletzt stärker als im globalen Durchschnitt verändert haben und sich auch weiter stärker verändern werden, wobei der Temperaturanstieg in den tiefer gelegenen Regionen der Steiermark, wie der Süd-, Ost- und Weststeiermark stärker als in den Hochlagen zu beobachten war.

Bei den Niederschlagswerten ist ein ähnliches Bild des negativen Trends in den Wintermonaten erkennbar. In den südlichen Regionen der Steiermark konnte eine stetige Abnahme der Niederschlagsmengen beobachtet werden. Steiermark weit ist auch mit länger anhaltenden Trockenperioden im Sommer zu rechnen.

Aus diesen Überlegungen heraus, hat das Land Steiermark das Projekt „Dynamische Walddtypisierung“ entwickelt und die Universität für Bodenkultur - federführend als Koordinatorin von insgesamt 12 Forschungsinstitutionen – beauftragt, für jeden einzelnen Waldstandort eine Prognose für die zukünftige Baumarteneignung darzustellen.

Ziel dabei war, ein Instrument zu schaffen, mit dem eine Abschätzung der Baumarteneignung für bis zu 40 verschiedenen Baumarten nicht nur zum jetzigen Zeitpunkt, sondern auch unter dem Aspekt der Klimaveränderung erfolgen kann.

Erschwert wird, dass die stärker betroffenen Regionen in der Steiermark durch eine ausgeprägte Kleinbesitzstruktur gekennzeichnet sind, mit zum Teil hoffernen Waldbesitzerinnen und Waldbesitzern und es stellt dieser Umstand eine besondere, zusätzliche Herausforderung bei der Anpassung der Waldflächen an den Klimawandel dar. Damit war auch eine wesentliche Anforderung an das nun abgeschlossene Projekt verbunden, nämlich die wissenschaftliche Komplexität des Themas so aufzubereiten, dass die Ergebnisse auch für jede Waldbesitzerin, jeden Waldbesitzer über ein einfach zu handhabendes Instrument genutzt werden kann. Daneben werden die umfangreichen Datengrundlagen und Ergebnisse auch forstlichen Fachleuten zur Implementierung in ihre forstbetrieblichen EDV-Systeme zur Verfügung gestellt.

Wir sind davon überzeugt, dass mit dem nun abgeschlossenen Projekt für jede einzelne Waldbewirtschafterin und jeden einzelnen Waldbewirtschafter eine Entscheidungsgrundlage für die Anpassung der Waldflächen an den Klimawandel zur Verfügung steht. Nur so können die Produktionsbedingungen der Forstwirtschaft verbessert und damit die Existenzsicherung der Waldbesitzerinnen und Waldbesitzer für die Zukunft gewährleistet, sowie weiterhin die umfangreichen Waldfunktionen sichergestellt werden.

Dynamische Walddtypisierung - FORSITE

Der rote Faden durch das Projekt

Harald Vacik ⁽¹⁾, Yasmin Dorfstetter ⁽²⁾, Manfred J. Lexer ⁽³⁾, Klaus Katzensteiner ⁽⁴⁾, Herbert Formayer ⁽⁵⁾, Michael Grabner ⁽⁶⁾, Michael Englisch ⁽⁷⁾, Klaus Klebinder ⁽⁸⁾, Ralf Klosterhuber ⁽⁹⁾, Gerfried Winkler ⁽¹⁰⁾, Markus Wilhelmy ⁽¹¹⁾, Herwig Proske ⁽¹²⁾, Walter Poltnik ⁽¹³⁾, Alexander Podesser ⁽¹⁴⁾

(1,2,3) Institut für Waldbau, Department für Wald- und Bodenwissenschaften, Universität für Bodenkultur, Wien (harald.vacik@boku.ac.at; yasmin.dorfstetter@boku.ac.at; mj.lexer@boku.ac.at)

(4) Institut für Waldökologie, Department für Wald- und Bodenwissenschaften, Universität für Bodenkultur, Wien (klaus.katzensteiner@boku.ac.at)

(5) Institut für Meteorologie und Klimatologie, Department für Wasser-Atmosphäre-Umwelt, Universität für Bodenkultur, Wien (herbert.formayer@boku.ac.at)

(6) Institut für Holztechnologie und Nachwachsende Rohstoffe, Department für Materialwissenschaften und Prozesstechnik, Universität für Bodenkultur Wien (michael.grabner@boku.ac.at)

(7) Institut für Waldökologie, Bundesforschungszentrum für Wald (BFW), Wien (michael.englich@bfw.gv.at)

(8) Institut für Naturgefahren, Bundesforschungszentrum für Wald (BFW), Innsbruck (klaus.klebinder@bfw.gv.at)

(9) WLM Büro für Vegetationsökologie und Umweltplanung (ralf.klosterhuber@wlm.at)

(10) Institut für Erdwissenschaften, NAWI Graz Geozentrum, Karl-Franzens-Universität Graz, Österreich (gerfried.winkler@uni-graz.at)

(11) ALPECON Wilhelmy Geowissenschaften GmbH, Technisches Büro für Geologie, Telfes im Stubai, Österreich (m.wilhelmy@alpecon.at)

(12) JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH (herwig.proske@joanneum.at)

(13) JR-AquaConSol GmbH (walter.poltnik@jr-aquaconsol.at)

(14) Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (alexander.podesser@zamg.ac.at)

Problemstellung

Als Grundlage für die Ableitung der Baumarteneignung und waldbauliche Anpassungsmaßnahmen im Klimawandel ist eine flächig verfügbare Standortsinformation besonders bedeutend. Der Waldstandort wird durch den Licht-, den Wasser-, den Wärme- sowie durch den Nährstoffhaushalt geprägt. In der forstlichen Standortskunde ging man bislang davon aus, dass diese Haushalte zwar jährlichen Schwankungen unterworfen sind, prinzipiell aber zumindest innerhalb einer forstlichen Umtriebszeit von 100 – 150 Jahren unverändert bleiben. Mit dem Klimawandel muss diese Annahme korrigiert werden: Es häufen sich saisonale Anomalien und es gibt immer öfter Abweichungen von langjährigen Mittelwer-

ten und es kommt zu einer Zunahme von Klimaextremen, wie extremer Sommertrockenheit. Langfristig gesehen ist mit einer Veränderung der standörtlichen Bedingungen und einer grundlegenden Veränderung der Baumarteneignung zu rechnen. Allerdings macht das weitgehende Fehlen von Standortskarten in großen Teilen von Österreich einen neuen Ansatz bei der Standortserkundung und Kartierung der vorkommenden Waldstandorte notwendig. Eine wissenschaftliche Herausforderung stellt dabei die Berücksichtigung von zukünftig veränderten Klimabedingungen dar, die sich auch auf die Klassifizierung von Standorten auswirken wird.

Dynamische Walddtypisierung

Im Rahmen des Forschungs- und Entwicklungsprojekts „Dynamische Walddtypisierung – FORSITE“ in der Steiermark wurde erstmals ein neuer wissenschaftlicher Ansatz gewählt, wo bei der Klassifikation und Kartierung der Waldstandorte, der Beschreibung der Standortseinheiten und der Ableitung von waldbaulichen Maßnahmen die veränderlichen Klimabedingungen mitberücksichtigt worden sind. Im Rahmen des Projektes „Dynamische Walddtypisierung – FORSITE“ konnte in Zusammenarbeit mit dem Amt der Steiermärkischen Landesregierung, der Abteilung 10 Land- und Forstwirtschaft und zahlreichen Partnern (Universität für Bodenkultur, Wien; Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft; Institut für Erdwissenschaften, Karl-Franzens-Universität Graz; Wald-Landschaft-Mensch, Büro für Vegetationsökologie und Umweltplanung; ALPECON Wilhelmy Geowissenschaften GmbH; Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik; JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH; JR-AquaConSol GmbH) eine Walddtypisierung auf Basis eines GIS-gestützten geoökologischen Stratifizierungsmodells für die gesamte Waldfläche der Steiermark erfolgen. Das Forschungsprojekt FORSITE war in 7 Arbeitspakete gegliedert, wobei neben dem Projekt- und Datenmanagement (AP1), die Arbeitspakete Geologie und Substratklassifikation (AP2), Terrestrik und Standorterkundung (AP3), Regionalisierung (AP4), Standortklassifikation und Standortmodell (AP5), Baumarteneignung und Waldbau-Empfehlung (AP6) sowie die Endprodukte der Walddtypisierung (AP7) bearbeitet worden sind. Als Datenbasis sind das digitale Höhenmodell, geologische Basisdaten, digital vorliegende Standorts- und Klimadaten sowie neu zu erhebende Standorts- und Bestandesparameter verwendet worden. Für die zu erstellende Walddtypenkarte konnten auf Grundlage der teilweise punktuell vorliegenden Daten und der zur Verfügung stehenden Flächendaten Themenkarten für die Faktoren Klimazone, Wasserhaushalt und Basenstufe modelliert werden, die dann zu Walddtypen mit einheitlicher Faktorenkombination zusammengefasst und auf einer digitalen Standortskarte dargestellt worden sind. Für das Forschungsprojekt erfolgte auf Basis von terrestrischen Erhebungen zu Boden und Vegetation, der Kartierung des geologischen Ausgangssubstrates und der Klassifizierung der Substrate eine Regionalisierung von Standortdaten (Abb 1). Die Regionalisierung der Klimadaten (historische und zukünftige Bedingungen) konnte eine „dynamische Walddtypisierung“ ermöglichen. Dabei wurde ein Modell der Standortklassifikation abgeleitet, um die Standorte zu beschreiben, die sich unter heutigen Klimabedingungen ausbilden können und mit welchen Veränderungen im Rahmen des Klimawandels für

diese Standorte zu rechnen ist. Durch die Verwendung der im Projekt erhobenen und generierten Daten sowie bei Betrachtung der unterschiedlichen Klimaszenarien war es möglich, den Bodenwasserhaushalt, den Gesamtwasserhaushalt, den Wärmehaushalt sowie den Nährstoffhaushalt jedes Waldstandorts dynamisch – d.h. für unterschiedliche Zeitpunkte in der Zukunft (bis Ende des 21. Jahrhunderts) - zu modellieren, und damit die Baumarteneignung auf den unterschiedlichen Waldstandorten und die Beschreibung der Veränderung auf den Waldstandorten abzuschätzen. Die Gesamteignung einer Baumart basiert auf der Kombination der autökologischen Eignung (Eignung in Bezug auf Nährstoff- und Wasserversorgung sowie Temperaturregime) und den Risikofaktoren.

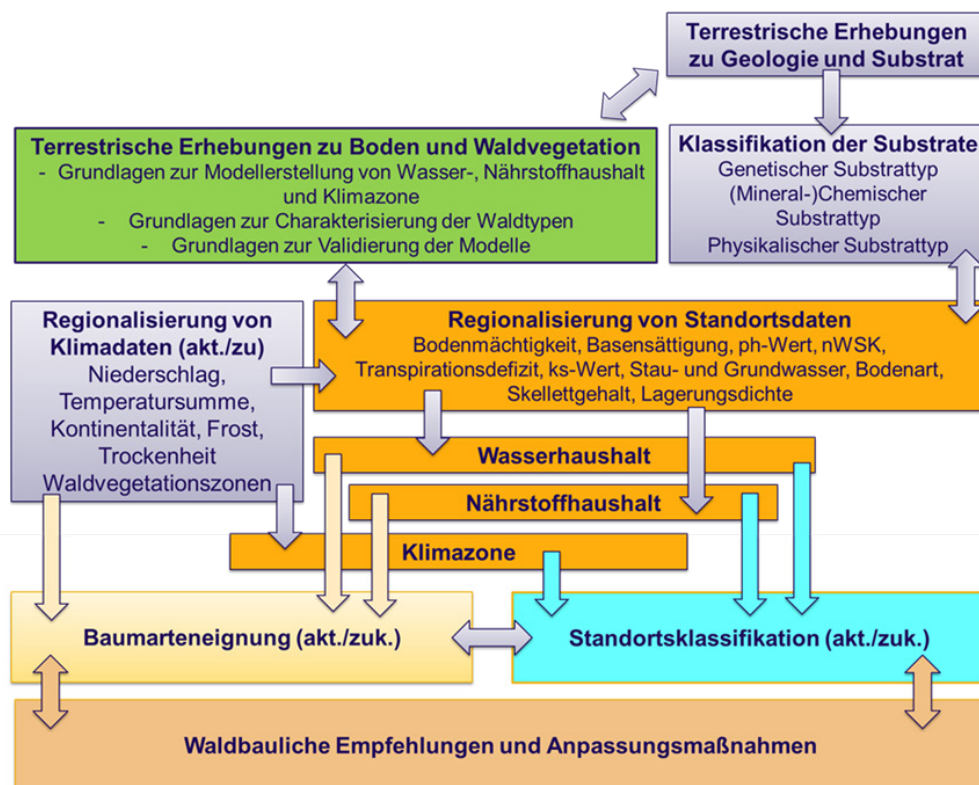


Abbildung: Zusammenwirken der Forschungsbereiche und Arbeiten in FORSITE

Gleichzeitig wurde ein intensiver Abstimmungsprozess zur Ausgestaltung der Endprodukte (Karten, Beschreibungen, waldbauliche Empfehlungen) durchgeführt, um die Anforderungen seitens der Waldbewirtschafter an die finalen Produkte möglichst gut zu fassen. Damit konnte jeder Waldstandort hinsichtlich der ökologischen Grundlagen auf einer Doppelseite beschrieben werden, wobei Angaben zu den geeigneten Baumarten, und möglichen Gefährdungen enthalten sind. In Hinblick auf den Klimawandel sind waldbauliche Anpassungsmaßnahmen formuliert worden, um die bisherigen Erfahrungen und Empfehlungen für die Bewirtschaftung in den Waldgruppen-Beschreibungen zu berücksichtigen. Die digitalen Karten und Empfehlungen können die forstlichen Praktiker bei waldbaulichen Entscheidungen, wie der Baumartenwahl, unterstützen.

Klima der Steiermark

Vergangenes und zukünftiges Klima

Fabian Lehner ⁽¹⁾ und Herbert Formayer ⁽²⁾

(1,2) Institut für Meteorologie und Klimatologie, Department für Wasser-Atmosphäre-Umwelt, Universität für Bodenkultur, Wien (fabian.lehner@boku.ac.at; herbert.formayer@boku.ac.at)

Aktuelles Klima

Das Klima der Steiermark wird aufgrund seiner Lage sehr stark durch die Alpen beeinflusst, die sich als Klimascheide direkt durch das Bundesland ziehen. Der Alpenhauptkamm und die Gebiete nördlich davon sind stark atlantisch geprägt. Die nördlichen Kalkalpen im Grenzgebiet zu Ober- und Niederösterreich zählen mit mehr als 2000 mm Jahresniederschlag mit zu den niederschlagsreichsten Regionen Österreichs. Südlich des Alpenhauptkammes nehmen die Niederschläge deutlich ab. In den Tieflagen südlich der Mur/Mürzfurche werden verbreitet Jahresniederschläge um oder unter 800 mm erreicht. Zu den trockensten Regionen gehört die Oststeiermark, wo sich der Einfluss des Pannonischen Klimas am Alpenostrand bemerkbar macht.

Das Gebirge modifiziert die Niederschlagsverteilung auch kleinräumig. Generell nimmt die Niederschlagsmenge mit der Seehöhe zu, durch Stau- und Abschattungsprozesse kann die Niederschlagsmenge jedoch kleinräumig stark variieren. Aufgrund der relativ abgeschirmten Lage beträgt der Jahresniederschlag entlang des Oberen Murtals nur 700 bis 800 mm. Auch die thermischen Verhältnisse sind stark durch das Gebirge geprägt. Die wärmsten Regionen sind die Tieflagen im Süden des Bundeslandes, insbesondere das Grazer Becken und das Murtal im Raum Bad Radkersburg. Hier werden bereits heute Jahresmitteltemperaturen über 10 °C erreicht. Mit der Seehöhe nimmt die Jahresmitteltemperatur um rund 0,5 °C pro 100 Höhenmeter ab.

Klimaszenarien

Der menschlich verursachte Klimawandel wird sich im 21. Jahrhundert weiter fortsetzen. Dabei ist die Entwicklung der nächsten Jahrzehnte bereits durch die aktuelle Konzentration von Treibhausgasen in der Atmosphäre fixiert. Die weitere Entwicklung speziell in der zweiten Hälfte des 21. Jahrhunderts hängt jedoch maßgeblich vom menschlichen Verhalten – also dem weiteren Ausstoß von Treibhausgasen – ab.

Um die Bandbreite der möglichen Entwicklungen der Treibhausgasemissionen zu untersuchen, wurden von der internationalen Klimaforschung verschiedene Emissionsszenarien, sogenannte „RCPs“ (Representative Concentration Pathways), definiert. Das RCP 4.5 entspricht dabei einer mittleren Entwicklung,

bei der zwar einige Maßnahmen zur Eindämmung des Klimawandels vorgenommen werden, diese aber nicht ausreichen, um das völkerrechtlich verbindliche Pariser Klimaschutzziel von 2015 zu erreichen. Das RCP 8.5 steht dagegen für einen weiterhin massiv steigenden Treibhausgasausstoß. Im Mittel steigt die Temperatur in der Steiermark bei RCP 4.5 bis Ende des Jahrhunderts im Vergleich zum aktuellen Klima (gemittelt im Zeitraum 1989-2018) noch um zusätzliche 2 Grad. Fast doppelt so stark fällt die Erwärmung dagegen bei RCP 8.5 aus, wo sich die Temperatur noch um knapp 4 Grad bis zum Ende des Jahrhunderts erhöht. Da in der Steiermark die Temperatur im Mittel um rund 0,5 °C je 100 m Seehöhe abnimmt, kann diese Erwärmung auch in eine Verschiebung der thermischen Verhältnisse umgerechnet werden. Nach dem RCP 4.5 Szenario verschieben sich die thermischen Verhältnisse um etwas mehr als 400 Höhenmeter. Dies bedeutet, dass dann auf 1000 m Seehöhe Temperaturverhältnisse herrschen, wie wir sie derzeit auf 600 m Seehöhe beobachten. Beim RCP 8.5 verschieben sich die Verhältnisse sogar um mehr als 800 m. Bis zum Jahr 2060 weisen allerdings beide Szenarien noch eine ähnliche Temperaturentwicklung auf. Beim RCP 8.5 beschleunigt sich die Erwärmung in der zweiten Hälfte des 21. Jahrhunderts, während sich die Temperatur beim RCP 4.5 zu stabilisieren beginnt (Abbildung 1).

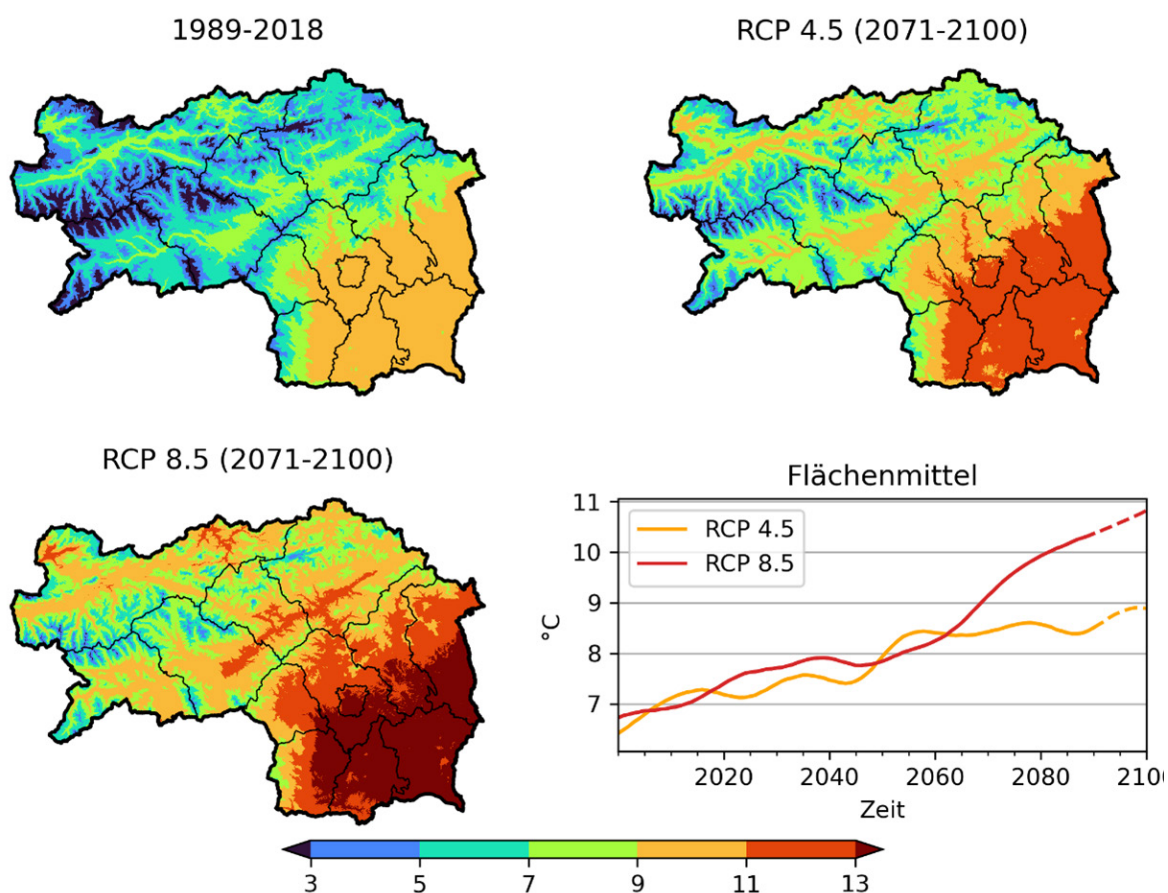


Abbildung 1: Entwicklung der Jahresmitteltemperatur bis 2100. Links oben: Beobachtetes Klima im Zeitraum 1989 bis 2018. Rechts oben: Mittleres Szenario (RCP 4.5) im Zeitraum 2071 bis 2100. Links unten: Sehr hohes Emissionsszenario (RCP 8.5) im Zeitraum 2071 bis 2100. Rechts unten: Geglättete Entwicklung des Flächenmittels der Jahresmitteltemperatur in der Steiermark von 2000 bis 2100.

Der Jahresniederschlag weist keine deutlichen Trends auf. Die Niederschlagsverhältnisse werden hier größtenteils von den Schwankungen von Jahr zu Jahr bzw. von Jahrzehnt zu Jahrzehnt geprägt. Wahrscheinlich ist aber eine leichte Zunahme des Jahresniederschlages im Lauf des 21. Jahrhunderts. Die Länge der Vegetationsperiode nimmt im Lauf des 21. Jahrhunderts weiter zu. Die Vegetationsperiode verlängert sich im Flächenmittel in der Steiermark bis zum Ende des Jahrhunderts um etwa 24 Tage unter RCP 4.5, bei RCP 8.5 sind es sogar fast zwei Monate.

Literatur

Hiebl, J., & Frei, C. (2016). Daily temperature grids for Austria since 1961—concept, creation and applicability. *Theoretical and applied climatology*, 124(1), 161-178.

Hiebl, J., & Frei, C. (2018). Daily precipitation grids for Austria since 1961—Development and evaluation of a spatial dataset for hydroclimatic monitoring and modelling. *Theoretical and Applied Climatology*, 132(1), 327-345.

<https://www.zamg.ac.at/cms/de/forschung/klima/klimatografien/apolis>

Ausgangsgesteine und Substratklassifizierung in der Waldtypisierung

Gerfried Winkler ⁽¹⁾ und Marcus Wilhelmy ⁽²⁾

(1) Institut für Erdwissenschaften, NAWI Graz Geozentrum, Karl-Franzens-Universität Graz, Österreich (gerfried.winkler@uni-graz.at)

(2) ALPECON Wilhelmy Geowissenschaften GmbH, Technisches Büro für Geologie, Telfes im Stubai, Österreich (m.wilhelmy@alpecon.at)

Um in Zeiten der Klimaänderung die Baumarten bei Aufforstungen aktuellen und zukünftig zu erwartenden Klimabedingungen anpassen zu können, ist neben klimatischen Bedingungen, vor allem der Boden und dessen Wasser- und Nährstoffhaushalt zu beachten. In Bezug auf das Ausgangsmaterial des Bodens ist die Geologie entscheidend. Unter dem Boden liegt eine dünne „geologische Haut“, die als **mineralisches Substrat** (Simon et al., 2021) bezeichnet wird, woraus sich vorwiegend der Boden entwickelt (Abb. 1).

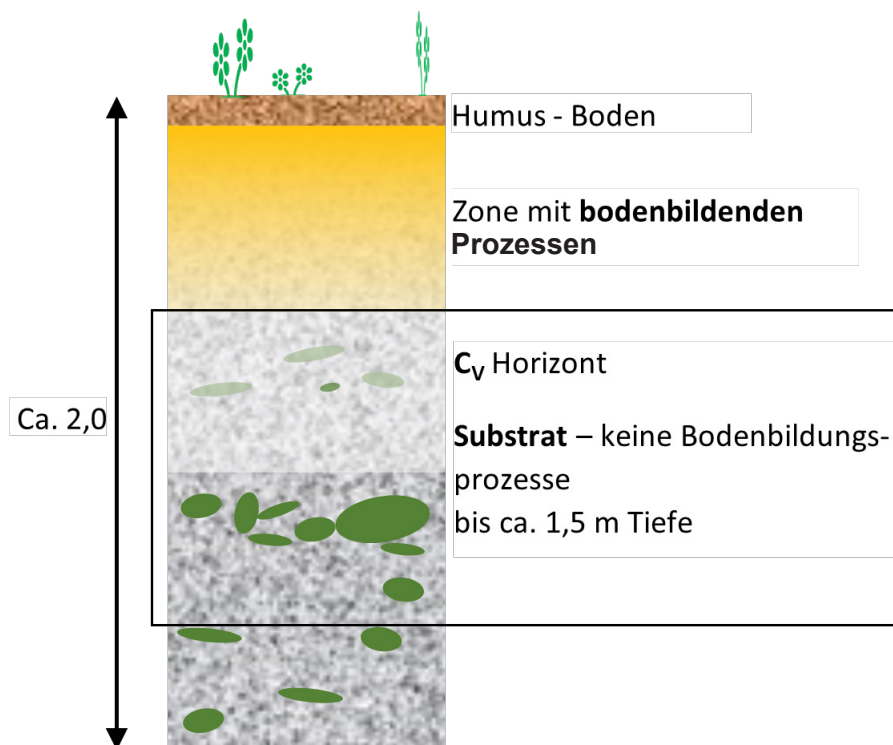


Abbildung 1: Profil des Untergrunds von Boden über Substrat (Cv Horizont) bis zum darunterliegenden Ausgangsgestein.

Die Gesteine der geologischen Einheiten, die vor Ort über Verwitterung entstanden sind und/oder über Erosion, Transport und schließlich wieder Ablagerung unter der Beteiligung von Gletschern, Schwerkraft, Wasser und Wind als Lockermaterial vorliegen, bilden wiederum die Basis (Ausgangsgestein) des darüber liegenden Substrats. Die Steiermark weist eine hohe Vielfalt geologischer Einheiten auf und es liegen Gesteine vor, die eine faszinierende Geschichte der Gebirgs- und Beckenbildung erzählen, die mindestens die letzten 400 Millionen Jahre der Erdgeschichte umspannen (z.B. Flügel & Neubauer, 1984; Gasser et al., 2009).

Das **mineralische Substrat** kann anhand von mineralchemischen und physikalischen Eigenschaften charakterisiert werden, aus denen sich die Nährstoffverfügbarkeit bzw. Wasserhaushaltsparameter ableiten lassen. Für die Erfassung des Wasser- und Nährstoffhaushalts des Bodens ist in erster Linie der oberste Meter des Substrats von Bedeutung. Mitunter ist diese Substrathaut weniger als 1 m mächtig, bedeckt das darunter liegende Festgestein nur teilweise oder fehlt gänzlich. In solchen Bereichen wird das Ausgangsgestein ebenfalls in die Bewertung des Wasser- und Nährstoffhaushalts des Bodens miteinbezogen. Während die geologischen Karten das Festgestein und mächtige, ausgedehnte Lockergesteine abbilden, ist das beschriebene dünne oder nur teilweise vorhandene Substrat in diesen Karten nicht enthalten. Deshalb ist eine eigene **Substratkarte** notwendig, welche von GeologInnen durch die Zusammenführung der Substratcharakterisierung im Gelände und Labor, dem digitalen Geländemodell und den geologischen Karten erstellt wurde. Für die Erstellung einer solchen Substratkarte der gesamten Steiermark (Abb. 2) erfolgte die flächige Zuweisung des Substrats in homogenen Bereichen, die eine Mindestgröße von 1 ha, bzw. eine Mindestbreite von 50 m und Mindestlänge > 100 m (betrifft vor allem Talalluvionen und Gräben) aufweisen. Die Klassifizierung des Substrats erfolgt nach (i) seiner Art der Entstehung, (ii) seiner Korngrößenzusammensetzung und (iii) seinen Anteilen an Mineralien (Simon et al., 2021). Aus dem Anteil an Mineralien (saure Silikate und basische Silikate, Tonminerale, Karbonate) lassen sich die sogenannte Substratgesellschaft (Abb. 2) und die Art des chemischen Nährstoffpotenzials bestimmen. Unter Berücksichtigung der Korngrößenverteilung ergibt sich die für den Wald verfügbare Menge an Nährstoffen: Je feinkörniger das Substrat umso mehr Nährstoffe sind verfügbar und umso mehr Wasser kann gespeichert werden.

Substratgesellschaft (SGes_L1)

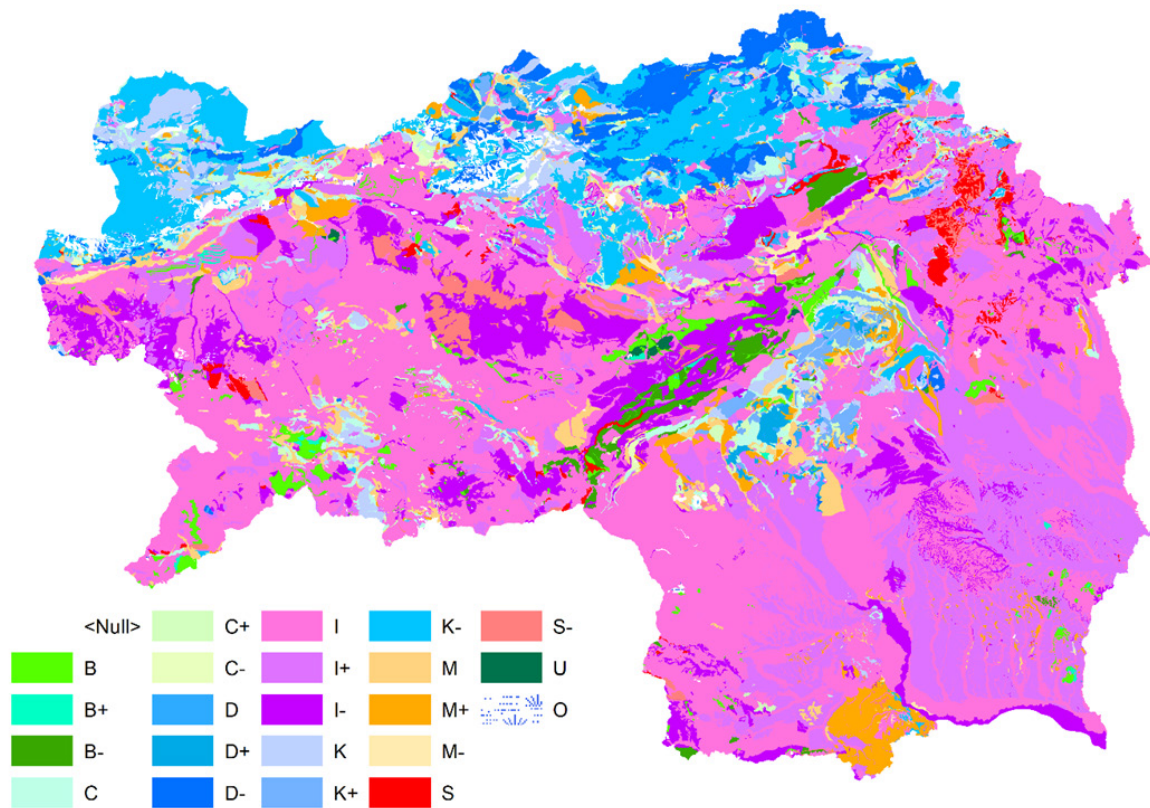


Abbildung 2: Substratkarte der Steiermark mit den Substratgesellschaften (SGes) der Lockergesteinsschicht 1 (L1): B = basische SGes, C = silikatisch – karbonatreiche SGes, D = dolomitisch SGes, I = intermediäre SGes, K = karbonatische SGes, M = karbonatisch-silikatische SGes, S = saure SGes, U = ultrabasische SGes, O = organische SGes; weitere SGes Unterteilung: „+“ = tonig und „-“ = feinmaterialarm; <Null> = kein Substrat vorliegend.

Mit Hilfe der Substratkarte wird von Fachleuten der Bodenkunde der darüber liegende Boden und seine Eigenschaften (Wasserhaushalt und Nährstoffpotenzial) modelliert. Die Kenntnisse über das Substrat, der daraus abgeleiteten Bodenaufgabe und zahlreichen weiteren Standortfaktoren liefern somit die Grundlagen für die Baumartenwahl im Rahmen der Klimaänderung.

Literatur

Flügel, H.W. & Neubauer, F. (1984): Erläuterungen zur Geologischen Karte der Steiermark, 1:200.000. – In: Geologie der Österreichischen Bundesländer in kurzgefassten Einzeldarstellungen. GBA, Wien.

Gasser D., Gusterhuber J., Krische, O., Puhr, B., Scheucher, L., Wagner, T. & Stüwe K. 2009: Geology of Styria: An overview. – Mitteilungen des Naturwissenschaftlichen Vereins für Steiermark, Bd. 139, S. 5–36.

Simon, A., Wilhelmy M., Klosterhuber R., Cocuzza E., Geitner C. Katzensteiner K. (2021). A system for classifying subsolum geological substrates as a basis for describing soil formation. Catena 198 (2021) 105026, Elsevier.

Die Rolle des Wasserhaushalts für die forstliche Standortsklassifikation

Klaus Katzensteiner ⁽¹⁾ und Josef Gadermaier ⁽²⁾

(1,2) Institut für Waldökologie, Department für Wald- und Bodenwissenschaften, Universität für Bodenkultur, Wien (klaus.katzensteiner@boku.ac.at; josef.gadermaier@boku.ac.at)

Einleitung

Der Wasserhaushalt spielt für die Eignung eines Standortes für unterschiedliche Baumarten eine wichtige Rolle. Die ökophysiologischen Prozesse und Lebenszyklen von Einzelbäumen aber auch die Bonität, Stabilität und Resilienz von Waldbeständen werden maßgeblich vom Wasserhaushalt geprägt. Der Beurteilung des Wasserhaushalts kommt daher in den meisten forstlichen Standortsklassifikationssystemen eine hohe Bedeutung zu (e.g. ARBEITSKREIS STANDORTSKARTIERUNG 2016). Die Verfügbarkeit der Ressource Wasser hängt neben den regionalen Klimakomponenten Niederschlag und potentielle Verdunstung, welche lokal über die Lage modifiziert werden, besonders von der Wasserspeicherkapazität des Bodens ab. Des Weiteren müssen gegebenenfalls laterale Zuflüsse und die Lage des Grundwasserspiegels berücksichtigt werden. Die Abschätzung der Ressourcenverfügbarkeit und ihre Klassifikation nach vegetationsökologischen und forstlichen Gesichtspunkten erfolgt traditionell innerhalb bestimmter Klimaräume nach Regelwerken, die sich auf eine Kombination verschiedener Merkmale aus Lage und Boden aber auch der Vegetation stützen. Auf qualitativen Parametern basierte Regelwerke haben zwar meist regional einen hohen Wert, sind aber ‚statisch‘, d.h. sie sind unter sich rasch ändernden Umweltbedingungen nur beschränkt gültig. Eine ‚Dynamisierung‘ ist hingegen über einen modellgestützten Wasserbilanzansatz möglich, wie ihn auch Weis et al. (2018) verfolgen.

Aufgabenstellung

Im Rahmen der Walddtypisierung Steiermark ergaben sich folgende Forderungen:

- *Ein für das ganze Kartierungsgebiet einheitliches Beurteilungsschema für den Wasserhaushalt, das in Zusammenschau mit Wärme- und Nährstoffhaushalt eine Abschätzung der Baumarteneignung, der Produktivität und des Risikos von Störungen ermöglicht*
- *Das System muss dynamisch sein, d.h. Veränderungen des Wasserhaushalts unter Klimaänderungsszenarien müssen abgebildet werden können*

Methodik

Als geeigneter Indikator für die Ableitung der Wasserverfügbarkeit auf einem Standort wurde das Transpirationsdefizit von ‚generischen‘, für alle 1800 Erhebungspunkte der Standortserkundung gleichartigen

Waldbeständen ausgewählt. Zu diesem Zweck wurde mit dem Modell LWF-Brook90R (Schmidt-Walter et al. 2021) mit den historischen Klimadaten auf Tagesbasis und den jeweiligen Bodenkenngößen Wasserbilanzmodelle gerechnet. Das Transpirationsdefizit als Differenz der potenziellen und aktuellen Transpiration eines virtuellen Bestandes wurde im Weiteren unabhängig von der Seehöhe auf eine Länge der Vegetationsperiode von 100 Tagen normiert und über topographische Indizes und eine hydrogeologische Beurteilung modifiziert. Aus diesen Werten für das Transpirationsdefizit aus den historischen Klimadaten (1989 bis 2018) wurde in Zusammenschau mit dem Vorkommen von Baumarten, der Oberhöhenbonität und Zeigerwerten der Bodenvegetation auf den Erhebungspunkten eine Klassifikation der Wasserhaushaltsachse in 8 Wasserhaushaltsstufen vorgenommen.

Ergebnisse

Tabelle 1 zeigt die vorgenommene Einteilung der Wasserhaushaltsstufen im FORSITE Projekt. Buche tritt z.B: auf durchschnittlich Nährstoff- und Basen-versorgten Standorten der milden Laubwaldzone bestandesbildend in den Einheiten ‚sehr frisch‘ bis ‚mäßig trocken‘ auf. Bei vergleichbarem Wärme- und Nährstoffhaushalt dominieren in der Stufe ‚trocken‘ hingegen Traubeneiche und Rotkiefer.

WHH	Wasserhaushaltsstufe	T _{diff}
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 _{diff} + Regelsystem
7	nass	Regelsystem

Tabelle 1: Wasserhaushaltsstufen auf Basis des auf 100 Tage normierten Transpirationsdefizits T_{diff} [mm] eines generischen Bestandes.

Ein Vorteil der Ableitung der Wasserhaushaltsklasse aus dem Transpirationsdefizit ist die Möglichkeit Standortveränderungen für unterschiedliche Klimaszenarien zu errechnen und damit einen wesentlichen Faktor für die Baumarteneignung unter geänderten klimatischen Verhältnissen darstellen zu können.

Literatur

Arbeitskreis Standortkartierung 2016. Forstliche Standortaufnahme, Eching, Germany, IHW-Verlag.

Schmidt-Walter P., Trotsiuk V., Hammel K., Kennel M., Federer A., Nuske R., Bavarian State Institute of Forestry, Northwest German Forest Research Institute 2021. CRAN - Package LWFBrook90R (r-project.org) as assessed 2022-02-22.

Weis, W.; Weichinger, P.; Müller, K.; Schuster, O.; Klemmt, H.-J.; Göttlein, A. (2018): Standorterkundung in Bayern: Aus der Klassik in die Moderne. AFZ Der Wald 22, S. 34–37

Nährstoffe als Grundlage für das Baumwachstum

Michael Englisch ⁽¹⁾ und David Keßler ⁽²⁾

(1,2) Abteilung für Standort und Vegetation, Institut für Waldökologie und Boden, Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft, Wien (michael.englich@bfw.gv.at, david.kessler@bfw.gv.at)

Einleitung

Eine ausgewogene Versorgung mit Nährstoffen ist für gutes Wachstum, aber auch die Resilienz von Bäumen unabdingbar.

Die Versorgung von Bäumen mit Nährstoffen wird maßgeblich von der **Kationenbelegung am Bodenaustauscherkomplex** beeinflusst. Ein hoher Anteil der **basischen Kationen** Calcium (Ca), Magnesium (Mg) und Kalium (K) in der Bodenlösung ist als günstig zu bewerten, während ein hoher Anteil an **sauer wirkenden Kationen** wie Aluminium (Al), Eisen (Fe) und Mangan (Mn) als ungünstig zu beurteilen ist. Hohe Aluminiumbelegungen am Austauscher können im Extremfall sogar zu toxischen Erscheinungen führen. Ein wichtiger Weiserwert ist daher die Basensättigung, die den Prozentanteil der pflanzenverfügbaren basischen Kationen am gesamten Austauscherkomplex angibt. Da die Basensättigung mit anderen bodenchemischen Kenngrößen (bspw. pH-Wert, Kationenaustauschkapazität) korreliert (vgl. Abb.1), wurde im Rahmen des FORSITE-Projekts der Nährstoffhaushalt bzw. die Nährstoffachse über den Tiefenverlauf der Basensättigung – der Summe der basischen Kationen am Bodenaustauscherkomplex über die Bodentiefe – mittels sogenannten Basenklassen definiert.

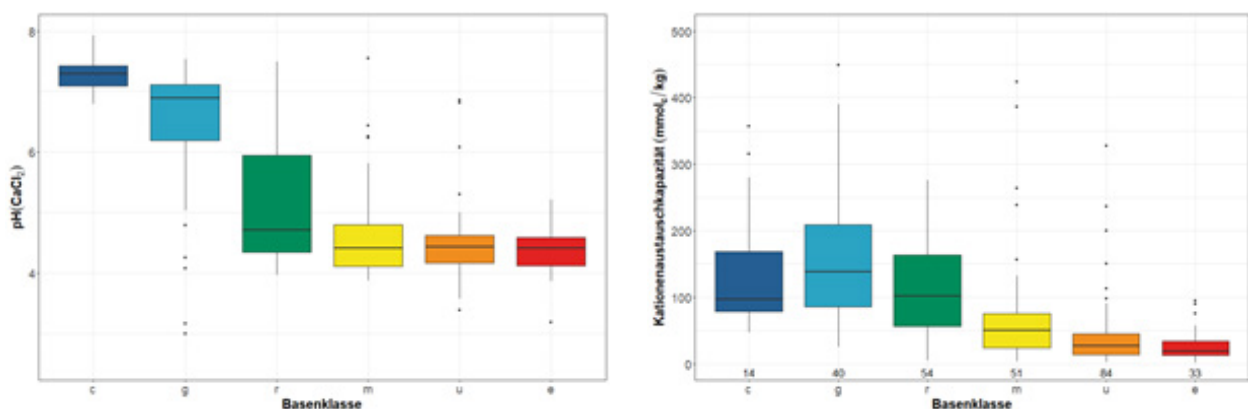


Abbildung 1: Zusammenhang zwischen Basenklassen und pH-Wert (CaCl₂) sowie Basenklassen und Kationenaustauschkapazität

Die Basensättigung ist eine zentrale bodenchemische Eigenschaft, die nicht nur die Verfügbarkeit der Makronährstoffe K, Ca und Mg beschreibt, sondern auch mit der Verfügbarkeit anderer Mikronährstoffe zusammenhängt. Eine hohe Basensättigung in tief verwitterten Böden ist in der Regel mit einer hohen Stickstoffverfügbarkeit verbunden. Für die Baumernährung repräsentieren schwach saure, hoch basengesättigte Böden das Optimum, da Stickstoff (N), Phosphor (P) sowie Eisen (Fe), Mg und andere Mikronährelemente im Oberboden leicht verfügbar sind, während K, Ca und Mg als Makronährelemente im basenreichen Untergrund in großer Menge vorhanden sind (Kölling et al. 1996 und Osenstetter et al. 2014).

Aufgabenstellung

Die Charakterisierung des Bodennährstoffhaushalts im Rahmen des FORSITE-Projekts sollte folgende Forderungen erfüllen:

Ein für das gesamte Kartierungsgebiet kohärentes Beurteilungsschema, das in Kombination mit dem Wärme- und Wasserhaushalt eine Abschätzung der Baumarteneignung und der Produktivität und des Risikos von Störungen ermöglicht.

Methodik

Die Basensättigungen wurden in einem zweistufigen Verfahren in die Fläche modelliert. In einem ersten Schritt wurde die Basensättigung basierend auf den Punkten, für die chemische Laboranalysen durchgeführt wurden (vgl. Ergebnisse der Vollaufnahme in Abb 1), mittels generalisierter additiver Modelle auf alle FORSITE-Erhebungspunkte (Standardaufnahme, Abb 2) und geometrischen Tiefenstufen projiziert. Der zweite Schritt - die flächige Ausweisung auf Ebene der geometrischen Tiefenstufen - wurde anhand eines Neuronalen Netzes bewerkstelligt. Als Eingangsvariablen wurden Bodenprofilaten, Zeigerwerte der Vegetationsaufnahmen, geologische Karten mit deren Charakterisierung des chemischen Substratyps und topographische wie klimatische Informationen verwendet.

Zur Plausibilisierung der Ergebnisse und zur Differenzierung der Basenklassen wurden neben den bodenchemischen Kenngrößen (Labordaten) Informationen zur phytosoziologischen Charakteristik, Präsenzdaten und Zuwachsdaten verschiedener Baumarten und die bodensystematische Ansprache der Felderhebungen herangezogen.

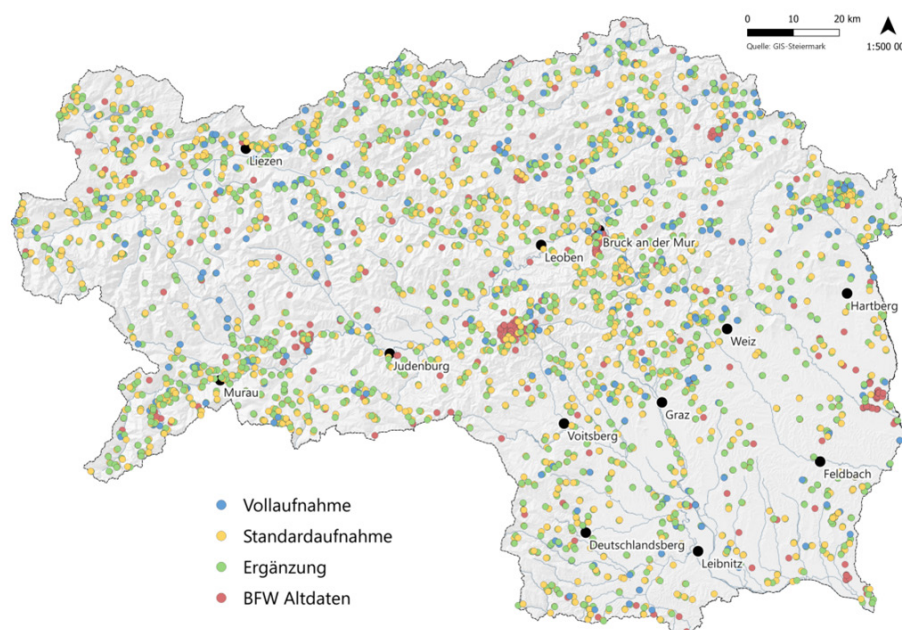


Abbildung 2: Übersicht über die Erhebungsflächen mit Bodenanalysen (Vollaufnahme) und ohne Bodenanalysen (Standardaufnahme, Ergänzung)

Ergebnisse

Alle Waldstandorte in der Steiermark können 6 verschiedenen Klassen hinsichtlich ihres Nährstoff- bzw. Basenhaushalts zugeordnet werden. Ein Überblick über die ausgewiesenen Basenklassen, deren Bezeichnung und Codierung ist Tabelle 1 zu entnehmen

Codierung	Basenklasse	BSP [%]
e	extrem basenarm	< 8
u	basen- <u>u</u> nterversorgt	8-35
m	<u>m</u> äßig basenhaltig	35-60
r	basen <u>r</u> eich	61-90
g	basengesättigt	> 90
c	<u>c</u> arbonatisch	> 90

Tabelle 1: Übersicht zu Codierung, Bezeichnung und Wertebereich der Basensättigung in Prozent (BSP [%]) der Basenklassen

Literatur

Kölling, C.; Hoffmann, M.; Gulder, H. J. (1996): Bodenchemische Vertikalgradienten als charakteristische Zustandsgrößen von Waldökosystemen. Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde 159, S. 69–77

Osenstetter, S., Falk, W., Reger, B., Beck, J. (2013): Wasser, Luft und Nährstoffe – alles, was ein Baum zum Leben braucht. Freising: Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, LWF-aktuell 94, 12–17.

Vom Punkt zur Fläche – Regionalisierung in FORSITE

Ableitung flächiger Datengrundlagen aus punktuellen Erhebungen und Bewertungen zu Boden, Wasser- und Nährstoffhaushalt

Klaus Klebinder ⁽¹⁾, Tobias Huber ⁽²⁾, Reinhard Fromm ⁽³⁾ und Vanessa Färber ⁽⁴⁾

(1,2,3,4) Institut für Naturgefahren, Bundesforschungszentrum für Wald (BFW), Innsbruck (klaus.klebinder@bfw.gv.at; tobias.huber@bfw.gv.at; reinhard.fromm@bfw.gv.at; vanessa.faerber@bfw.gv.at)

Für die österreichische Waldfläche liegt, im Gegensatz zu den landwirtschaftlich genutzten Einheiten, keine homogene und flächendeckende Datengrundlage zum Boden sowie zu Nährstoff- und Wasserhaushaltsgrößen vor. Dabei stellt die Pedosphäre in ihrer physikalischen und chemischen Ausprägung eine maßgebliche Größe bei der Charakterisierung der Standortverhältnisse und sowie bei der Eignung der Baumarten dar. Wichtige Kenngrößen zur forstwirtschaftlichen Planung liegen vielfach nur punktuell vor und müssen daher mit adäquaten Mitteln auf die Waldfläche übertragen werden.

Ein Ziel der Arbeiten zur Regionalisierung im Projekt FORSITE war es, homogene flächendeckende Datengrundlagen als Basis für die Charakterisierung der Wasserhaushalts- und Nährstoffachse zu generieren. Regionalisierte Kennwerte wurden in weiterer Folge auch als Datengrundlage bei der Modellierung der Baumarteneignung eingesetzt.

Die wesentlichen Indikatoren der Regionalisierung beschrieben bodenphysikalische (Textur, Lagerungsdichte, Skelettgehalt, Mächtigkeit), bodenhydrologische (nutzbare Feldkapazität, hydr. Leitfähigkeit) und bodenchemische (Basensättigung, Kationen-Austauschkapazität, pH-Wert, organischer Kohlenstoff) Parameter. Zum Wasserhaushalt wurden Trockenstress (Transpirationsdefizit) sowie Stau- und Grundwassereinfluss flächig modelliert.

Der Prozess der Regionalisierung umfasst im Wesentlichen folgende Arbeitsschritte (Abbildung 1):

- Aufbereitung und Bewertung der Daten, Zuweisung und/oder Modellierung von Kennwerten und Zielgrößen für alle Erhebungspunkte
- Aufbereitung und Ableitung von Prädiktoren
- räumliche Prognose von Kennwerten und Zielgrößen für die Gesamtfläche

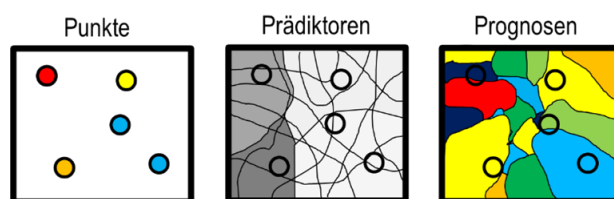


Abbildung 1: Prozessschritte des Regionalisierungsverfahrens

Im Rahmen des Projektes FORSITE konnten, verteilt über die Steiermark, rund 1800 Aufnahmepunkte terrestrisch erhoben werden. Neben den allgemeinen standörtlichen Gegebenheiten, vegetations- und bestandeskundlichen Aufnahmen wurde auch eine detaillierte Bodenansprache vorgenommen. An einer Auswahl von rund 400 Aufnahmepunkten wurden ergänzend bodenphysikalische und bodenchemische Analysen durchgeführt. Weiters standen Erhebungen aus diversen Vorprojekten zur Verfügung (Abbildung 2).

Die als Prädiktoren zu verwendenden Daten wurden im Wesentlichen für folgende drei Themenbereichen aufbereitet:

- Topographie/Relief: Basis digitales Geländemodell
- Geologie und Ausgangssubstrat: Basis Substratkarte und Geologische Karte 1:50.000
- Klima: meteorologische Parameter inklusive Szenarien der Klimazukunft

Zur räumlichen Interpolation werden Modelle verwendet, die je nach Konzept statistische oder klassifikatorische Zusammenhänge der Kennwerte und der an diesem Punkt vorhandenen Prädiktoren beschreiben. Für FORSITE wurde ein Verfahren basierend auf künstlicher Intelligenz gewählt. Neuronale Netze erlauben dabei eine Modellierung mit einer Vielzahl an beschreibende Variablen unterschiedlicher Kategorien.

Die Modelle werden an einer zufälligen Auswahl an Standorten trainiert, der Rest der Standorte wird zum Test verwendet. Die Anpassung des Modells (Fitting) wird dahingehend überwacht, dass es keine Überanpassung (Trainingsergebnisse deutlich besser als Testergebnisse) gibt und dass auch bei mehrfacher zufälliger Auswahl der Trainingsdaten stabile Ergebnisse erreicht werden. Unterschiedliche statistische Kenngrößen dienen der Qualitätsprüfung. Auch unabhängige Datensätze, welche keinen Eingang in das Regionalisierungsmodell gefunden haben, werden zur weiteren Validierung herangezogen.

Die Anwendung der räumlichen Interpolation erfolgte für das gesamte Waldgebiet der Steiermark in 10*10m Rastergröße (Abbildung 3). Dabei wurde für zahlreiche Indikatoren neben der horizontalen Verteilung auch eine vertikale Gliederung in 5 Tiefenstufen modelliert.

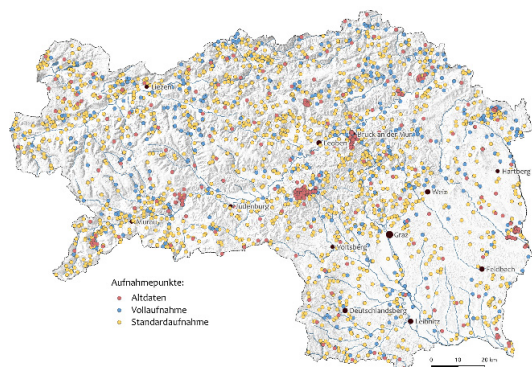


Abbildung 2: Punktueller Ausgangswerte

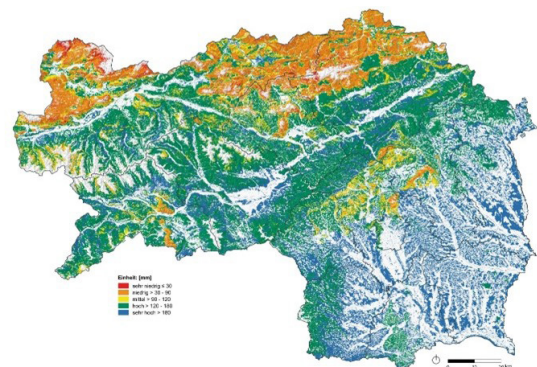


Abbildung 3: Flächenhafte Zielwerte, hier nutzbare Wasserspeicherkapazität

Neue Wege der Standortklassifikation in der Steiermark

Michael Englisch⁽¹⁾, Judith Schaufler⁽²⁾, Franz Starlinger⁽³⁾, Ralf Klosterhuber⁽⁴⁾

(1,2,3) Institut für Waldökologie und Boden, Bundesforschungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft Wien (michael.englisch@bfw.gv.at; judith.schaufler@bfw.gv.at; franz.starlinger@bfw.gv.at)

(4) WLM, Büro für Vegetationsökologie und Umweltplanung (ralf.klosterhuber@wlm.at)

Einleitung und Problemstellung

Die forstliche Standortklassifikation beschreibt den forstlichen Standort bzw. dessen Eigenschaften möglichst umfassend, klassifiziert Standorte mit ähnlichen Eigenschaften zu Standortseinheiten und stellt diese kartographisch dar. Sie stellt damit eine wesentliche Grundlage für die waldbauliche Planung, u.a. die Baumartenwahl dar.

Die traditionelle Forstliche Standortkartierung basiert auf Überlegungen von Krauss (1936) und wurde z.B. von Schlenker (1964) zum südwestdeutschen, kombinierten Verfahren der Standortkartierung weiterentwickelt. Wesentliche Kennzeichen der traditionellen Forstlichen Standortkartierung sind:

- Statische Betrachtungsweise: Es wird angenommen, dass die primären Standortsfaktoren Wärme-, Wasser- und Nährstoffversorgung über längere Zeiträume, zumindest aber innerhalb einer Umtriebszeit von 100 – 150 Jahren statisch, also unverändert bleiben.
- Qualitative Betrachtungsweise: Da wesentliche Parameter zur Beschreibung von Standorten in der Vergangenheit nur ungenügend quantifizierbar erschienen bzw. die Quantifizierung zu kostspielig war, wird in der traditionellen Standortkartierung qualitativen Merkmalen zur Charakterisierung des Standortes der Vorzug gegeben. Damit hat ein solches auf qualitativen Parametern basierendes Regelwerk zwar - meist regional - eine hohe Aussagekraft, bleibt jedoch ‚statisch‘, d.h. die Ergebnisse sind unter sich rasch ändernden Umweltbedingungen nur beschränkt gültig.

Da die Annahme langfristig unveränderlicher primärer Standortsfaktoren v.a. im Bereich der Wasser- und Wärmehaushalte im Klimawandel nicht mehr gegeben ist und ein qualitatives Regelwerk Veränderungen der Umweltbedingungen nur ungenügend abbilden und beschreiben kann, war es nötig, (1) geeignete quantitative Merkmale zur Charakterisierung der Wärme-, Wasser- und Nährstoffhaushalte zu identifizieren und darauf aufbauend (2) ein System von veränderlichen Standortszuständen - die dynamische Walddtypisierung - zu konzipieren und umzusetzen, welches das bisher angewandte statische System ersetzt.

Vorgangsweise und Ergebnis

In der dynamischen Walddtypisierung wird das Standortssystem durch 3 Achsen, die Klimaachse, die Wasserachse (vgl. Katzensteiner & Gadermaier 2022, dieser Tagungsband) sowie die Nährstoffachse (vgl. Englisch & Keßler 2022, dieser Tagungsband) aufgespannt.

Die klimatische Achse – oder auch Klimazone – ist durch Kennwerte des Regionalklimas bestimmt. Thermische Klimaindikatoren (Mittlere Jahrestemperatur, Mitteltemperatur der Vegetationszeit und des wärmsten Monats, Mittel und Minimum des kältesten Monats, mittlere tägliche Temperaturamplitude) sowie hygische Klimaindikatoren (Jahresniederschlag und jener der Vegetationszeit, Sommerniederschlagsverhältnisse) bestimmen die Ausprägung einer Waldvegetationszone, die durch eine charakteristische Baumartenzusammensetzung bestimmt wird. Die damit gefassten Waldvegetationszonen entsprechen den derzeit im klassischen statischen Standortssystem abgebildeten Höhenstufen und Leitgesellschaften.

Die klimatische Achse wurde anhand der Auftretenswahrscheinlichkeiten ausgewählter Hauptbaumarten in Europa für die Steiermark in 11 Waldvegetationszonen (bzw. Höhenstufen mit entsprechender zonaler Waldgruppe oder Leitgesellschaft bzw. Höhenstufe bei aktuellem Klima) klassifiziert (Tabelle 1). Datenbasis für die Analyse der Baumartenverbreitung in Europa war dabei der Datensatz EU-Forest (Mauri et al. 2015) unter Verwendung des Worldclim 2.1 Datensatzes (Fick & Hijmans, 2017) für die Analyse des historischen Klimas (1970-2000).

klimatische Zone (Waldvegetationszone)	Code	LGES	Höhenstufe
sehr kalte Nadelwald-Zone	1	Zirbenwald	hochsubalpin
kalte Nadelwald-Zone	2	Fichten-Zirbenwald	mittelsubalpin
mäßig kalte Nadelwald-Zone	3	Fichtenwald subalpin	tiefsubalpin
sehr kühle Nadelwald-Zone	4	Fichten-Tannenwald	hochmontan
kühle Mischwald-Zone	5	Buchen-Fichten-Tannenwald	hochmontan
mäßig kühle Mischwald-Zone	6	Fichten-Tannen-Buchenwald	mittelmontan
mäßig milde Mischwald-Zone	7	Buchenwald	tiefmontan
milde Laubwald-Zone	8	Eichen-Buchenwald	submontan
sehr milde Laubwald-Zone	9	Eichen-Hainbuchenwald	collin
mäßig warme Laubwald-Zone	10	Balkan-Eichen – Hainbuchenwald	collin
sehr warme Laubwald-Zone	11	Eichenwald (sub)mediterranean (Flaum-Eiche)	submediterranean

Tabelle 1: Klimazonen in der Steiermark

Die Basiseinheit dieses Standortssystems ist der Waldtyp, der jeweils eine Klimazone, Wasserhaushaltsstufe und Basenklasse auf der entsprechenden Achse des Standortssystems umfasst (Abb. 1). Sind die ökologischen Verhältnisse von mehreren Waldtypen entlang einer oder mehrerer Achsen in Bezug auf das Auftreten, das Wachstum oder die Eignung von Baumarten ähnlich, so werden diese, zu Waldstandortseinheiten zusammengefasst. Mehrere Waldstandortseinheiten die eine ähnliche Baumartenzusammensetzung und vergleichbare waldbauliche Behandlung erlauben werden zu Waldgruppen zusammengefasst.

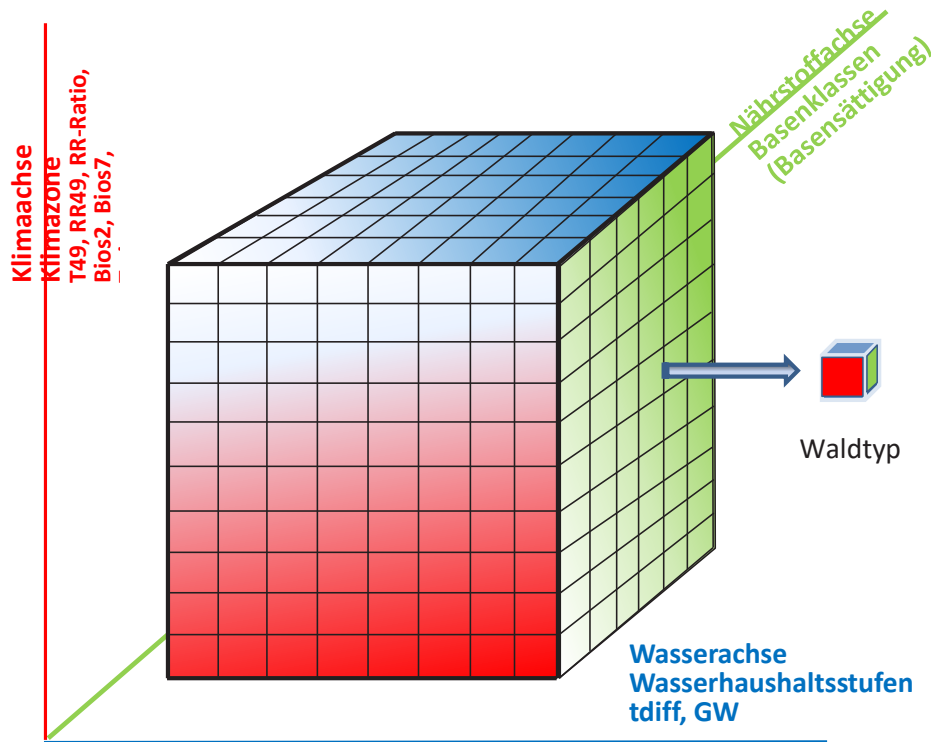


Abbildung 1: Standortmodell der dynamischen Walddtypisierung

Es werden zwei Gruppen von Walddtypen unterschieden:

1. Normal- oder Hauptwalddtypen auf Standorten mit mittlerer Wasser- und Nährstoffversorgung (nicht zu feucht, nicht zu nährstoffarm); sie sind durch die Klimazone (Wärmeversorgung) durch die Wasserhaushaltsklasse und die Basenstufe bestimmt.
2. Bei Sonderwaldstandorten tritt zu den oben genannten Faktoren ein weiterer – meist dynamischer Standortfaktor hinzu: periodische Überschwemmung bei Auen, starker Grund- Hang- oder Stauwasser-einfluss, Schuttführung, Rutschungsgefährdung o.ä.

Literatur

Fick, S.E. and R.J. Hijmans ((2017): WorldClim 2: new 1 km spatial resolution climate surfaces for global land areas. International Journal of Climatology 37 (12): 4302-4315.

Krauss, G.A. (1936): Aufgaben der Standortkunde. Jahresbericht des Deutschen Forstvereins, Berlin

Mauri, A., Strona, G., San-Miguel-Ayaz, J. (2017): EU-Forest, a high-resolution tree occurrence dataset for Europe. Sci Data 4

Mayer, H. (1974): Wälder des Ostalpenraumes. Gustav Fischer Verlag Stuttgart.

Schlenker G. (1964): Entwicklung des in Südwestdeutschland angewandten Verfahrens der Forstlichen Standortkunde. In: Standort, Wald und Waldwirtschaft in Oberschwaben, Stuttgart.

Ein neues Instrument für die Baumartenwahl

Daten und Fakten statt Götterblick

Michael Kessler ⁽¹⁾ und Manfred J. Lexer ⁽²⁾

(1,2) Institut für Waldbau, Department für Wald- und Bodenwissenschaften, Universität für Bodenkultur, Wien (michael.kessler@boku.ac.at; mj.lexer@boku.ac.at)

Einleitung und Hintergrund

Angeichts des Klimawandels besteht dringend die Notwendigkeit, stabile, resiliente und anpassungsfähige Wälder für die Zukunft zu entwickeln. Dabei stellt die Baumartenzusammensetzung den wohl stärksten waldbaulichen Hebel dar. Die Waldverjüngung und damit die Wahl einer entsprechenden standortsspezifischen Baumartenzusammensetzung werden somit zu einer Schlüsselfrage. Da im Klimawandel die Standortseigenschaften nicht mehr als konstant angenommen werden können, muss bei der Beurteilung der Baumarteneignung die Bandbreite der möglichen zukünftigen Standortbedingungen mitberücksichtigt werden. Der traditionell häufig angewendete Ansatz, die Baumarteneignung von der historischen (potentiell) natürlichen Waldgesellschaft an einem Standort abzuleiten, ist daher im Klimawandel nicht mehr anwendbar. Zur Beurteilung der Baumarteneignung im Klimawandel werden Planungsansätze und Instrumente benötigt, die auf den autökologischen Eigenschaften der Baumarten aufbauen (Ansprüche an einen Standort, Toleranzen in Bezug auf Standortseigenschaften).

Zielsetzung

Ziel war es, in FORSITE ein Instrument zu entwickeln, mit dem die Baumarteneignung auf Basis der autökologischen Eigenschaften der Baumarten für die gesamte Waldfläche der Steiermark unter verschiedenen Klimabedingungen beurteilt und flächig kartiert werden kann. Die mit dem Instrument generierte Beurteilung der Baumarteneignung soll die forstlichen Entscheidungsträger dabei unterstützen, waldbaulich sinnvolle Mischungen von Baumarten für die abgeleiteten Standortseinheiten zu definieren, um Maßnahmen zur Überführung und zum Umbau der Bestände zu erarbeiten.

Methodisches Vorgehen

Der methodische Ansatz zur Ableitung der Baumarteneignung ist an Steiner und Lexer (1998) und Pichler (2000) orientiert. Bei der Beurteilung der Baumarteneignung werden die an einem Standort vorherrschende Nährstoff- und Wasserversorgung sowie die vorherrschenden thermischen Bedingungen durch einzelne Standortsattribute repräsentiert, die im Rahmen des FORSITE Projektes flächig erarbeitet wurden. Diese Standortmerkmale werden in Form von Wirkungsfunktionen (bei kontinuierlichen Attributen) oder Wirkungsmatrizen (bei diskreten Attributen) zur Eignung einer Baumart in Beziehung

gesetzt. Die Eignung repräsentiert das potenzielle Vorkommen und Wachstum auf einem Standort und wird auf einer Skala von 0-10 dargestellt, wobei 10 die beste Eignung bedeutet. Die einzelnen Wirkungsfunktionen werden anschließend zu einer Eignung in Bezug auf die Faktorenkomplexe Nährstoff- und Wasserversorgung sowie Temperaturregime verknüpft. Zusätzlich wird für alle Baumarten das Risiko von Trockenjahren, bei Fichte außerdem das Risiko durch den Fichtenborkenkäfer (Buchdrucker) berücksichtigt. Die Gesamteignung einer Baumart ergibt sich schließlich aus der Kombination von autökologischer Eignung (Eignung in Bezug auf Nährstoff- und Wasserversorgung sowie Temperaturregime) und den Risikofaktoren. Für die Erstellung der Wirkungsfunktionen und -matrizen wurden Daten von nationalen Waldinventuren aus zwölf europäischen Ländern mit Klimadaten verknüpft, umfangreiche Literatur ausgewertet und mit Experteneinschätzungen ergänzt.

Ergebnisse

Abbildung 1 zeigt die Struktur des Baumarteneignungsmodells, das für FORSITE entwickelt wurde, mit allen verarbeiteten Standortmerkmalen. Die drei Standortskomponenten Nährstoffversorgung, Wasserversorgung und Temperaturregime werden mit den Risikofaktoren über unterschiedliche mathematische Operatoren und Regeln miteinander verknüpft. Bei den in FORSITE unterstellten Klimawandelszenarien verändern sich an einem Standort das Temperaturregime und die Wasserversorgung sowie die Risikofaktoren. Damit konnte in FORSITE die Baumarteneignung für den aktuell-historischen Zeitraum (1989-2018) sowie für die zukünftigen Zeiträume 2036-2065 und 2071-2100 für die Klimawandelszenarien RCP 4.5 und RCP 8.5 ermittelt werden. Insgesamt konnten für 18 Baumarten flächige Karten der Baumarteneignung mit einer räumlichen Auflösung von 30 x 30 m für die gesamte Steiermark erstellt werden. Für Fichte wurden in Bezug auf die berücksichtigten Risikofaktoren zwei unterschiedliche Kartenversionen generiert: Eine Version inkludiert lediglich das Risiko von Trockenperioden (diese Version wurde auch als Grundlage für die Angaben zur Baumarteneignung bei den Beschreibungen der einzelnen Standortseinheiten herangezogen), während eine weitere Version zusätzlich das Risiko durch den Buchdrucker berücksichtigt.

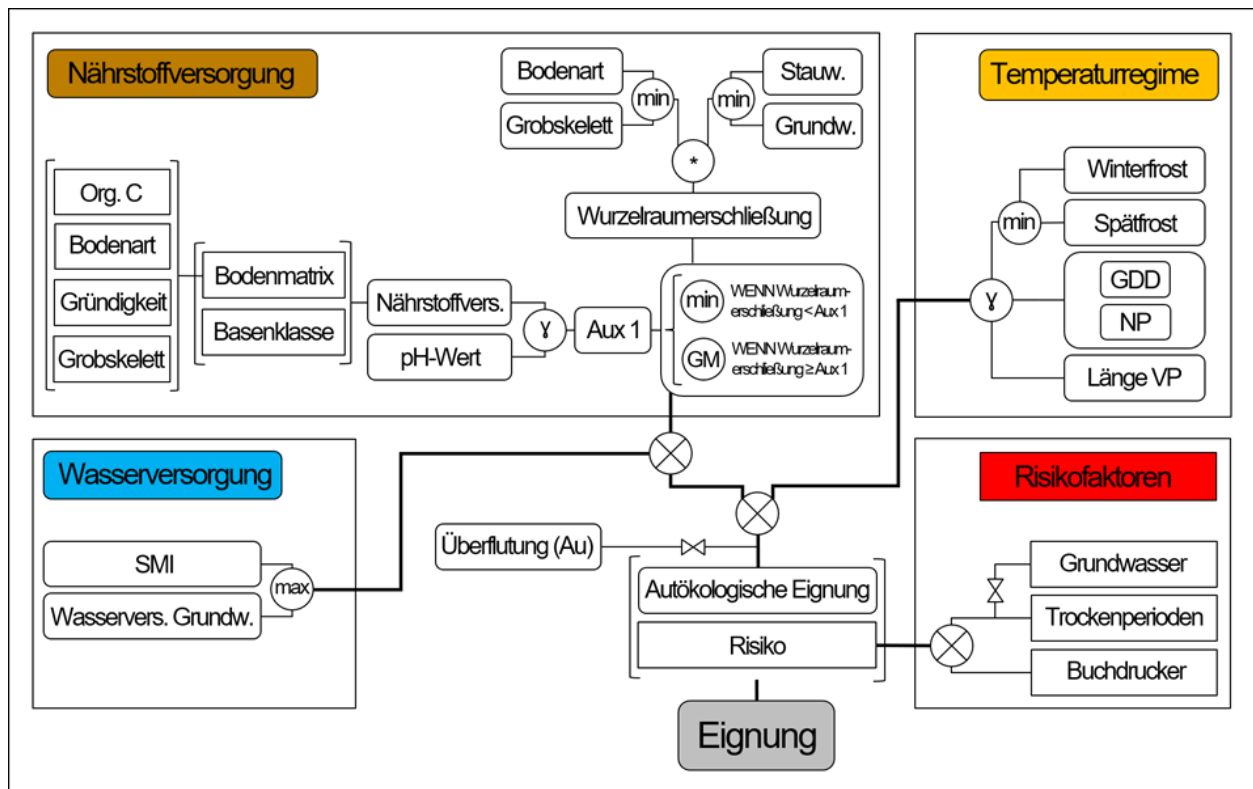


Abbildung 1: Struktur des Baumarteneignungsmodells in FORSITE. Org. C = organischer Kohlenstoff, SMI = Bodenwasserindex, GDD = Temperatursummenindikator, NP = Indikator für die Limitierung der Nettoprimärproduktion bei hohen Temperaturen, VP = Vegetationsperiode, min = Minimum-Operator, max = Maximum-Operator, * = Gamma-Operator, * = Multiplikation, GM = geometrisches Mittel.

Literatur

Pichler, W. (2000): Baumarteneignung und mechanische Stabilität in Kiefernwäldern der Dobrova, Kärnten. Diplomarbeit an der Universität für Bodenkultur, Wien.

Steiner, C. und Lexer, M. J. (1998): Ein klimasensitives statisches Modell zur Beurteilung der Baumarteneignung. Forstarchiv 69: 92–103.

Empfehlungen für die Waldbewirtschaftung

Vom aktuellen Bestand zum „klimafitten Wald“

Roland Koeck ⁽¹⁾, Iris Oberklammer ⁽²⁾ Manfred J. Lexer ⁽³⁾ und Harald Vacik ⁽⁴⁾

(1,2,3,4) Institut für Waldbau, Department für Wald- und Bodenwissenschaften, Universität für Bodenkultur, Wien (roland.koeck@boku.ac.at; iris.oberklammer@boku.ac.at; mj.lexer@boku.ac.at; harald.vacik@boku.ac.at)

Problemstellung

Die Klimaerwärmung betrug in den letzten 100 Jahren weltweit durchschnittlich 0,6°C, im Alpenraum 1°C, an der Alpennordseite sogar 1,3 bis 1,7°C. Langfristig gesehen ist mit einer Veränderung der standörtlichen Bedingungen und einer grundlegenden Veränderung der Baumarteneignung zu rechnen. Auf diesen Wandel müssen die Waldbewirtschaftler und alle in der forstlichen Beratung Tätigen reagieren, da sie in der langfristigen Planung von waldbaulichen Maßnahmen alle möglichen Veränderungen möglichst frühzeitig in die Entscheidungen miteinbeziehen müssen. Für eine fundierte Planung ist es daher nötig, die möglichen Veränderungen abzuschätzen sowie die möglichen Gefahren und zukünftigen Potentiale zu analysieren, um diese Entwicklungen bei der waldbaulichen Planung und der Umsetzung von Maßnahmen zu berücksichtigen.

Konzeption von Anpassungsmaßnahmen

Waldbauliche Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel in den steirischen Wäldern sollten daher drei wesentliche Grundprinzipien verfolgen (Abb. 1):

- Erhöhung der **Widerstandsfähigkeit** gegenüber Störungen: Dabei soll die Widerstandsfähigkeit der Wälder gegen Auswirkungen des Klimawandels durch eine grundlegende Stabilisierung der Waldbestände gegenüber biotischen und abiotischen Störungsfaktoren verbessert werden.
- Förderung der **Resilienz**: Darunter versteht man die Fähigkeit der Wälder, nach dem Auftreten von Störungen wieder rasch zu einem erwünschten Zustand zurückzukehren und eine Wiederherstellung der Waldökosystemleistungen zu erlauben
- Förderung der **Anpassungsfähigkeit** der Waldbestände: Durch Maßnahmen zur Erhöhung der Baumartendiversität und Strukturvielfalt der Wälder soll der Übergang in neue Waldzustände erleichtert werden.



Abbildung 1: Erhöhung der Widerstandsfähigkeit, Resilienz und Anpassungsfähigkeit als Rahmen für die Waldbewirtschaftung im Klimawandel

In einem intensiven Abstimmungsprozess zur Ausgestaltung der Endprodukte (Karten, Beschreibungen, waldbauliche Empfehlungen) sind im Rahmen des Projektes mehrere Workshops durchgeführt worden, um die Anforderungen der Waldbewirtschafter zu berücksichtigen. Alle Standortseinheiten wurden ausführlich in Bezug auf ihre aktuellen Eigenschaften, die Veränderungen im Klimawandel mit limitierenden Faktoren und Risiken beschrieben und die aktuell darauf vorkommenden Baumartenmischungen dargestellt. Für die wichtigsten Standortseinheiten wurden ausgehend von den aktuellen Bestockungen klimafitte Mischungstypen formuliert, welche Baumarten die unter allen berücksichtigten Klimaszenarien geeignet bleiben umfassen. In der Formulierung der Anpassungsmaßnahmen wurden auf die waldbaulichen Möglichkeiten zur Natur- und Kunstverjüngung, die Bedeutung zur Erhaltung der genetischen Vielfalt sowie die Optionen zur Verbesserung der Baumartenvielfalt und Strukturvielfalt eingegangen. Darüber hinaus wurden auch Maßnahmen formuliert, welche eine Verbesserung der Einzelbaum- und Gruppenstabilität, Optionen zum Umgang mit Schädlingsbefall sowie auf die Dringlichkeit zur Umsetzung der Anpassungsmaßnahmen eingegangen.

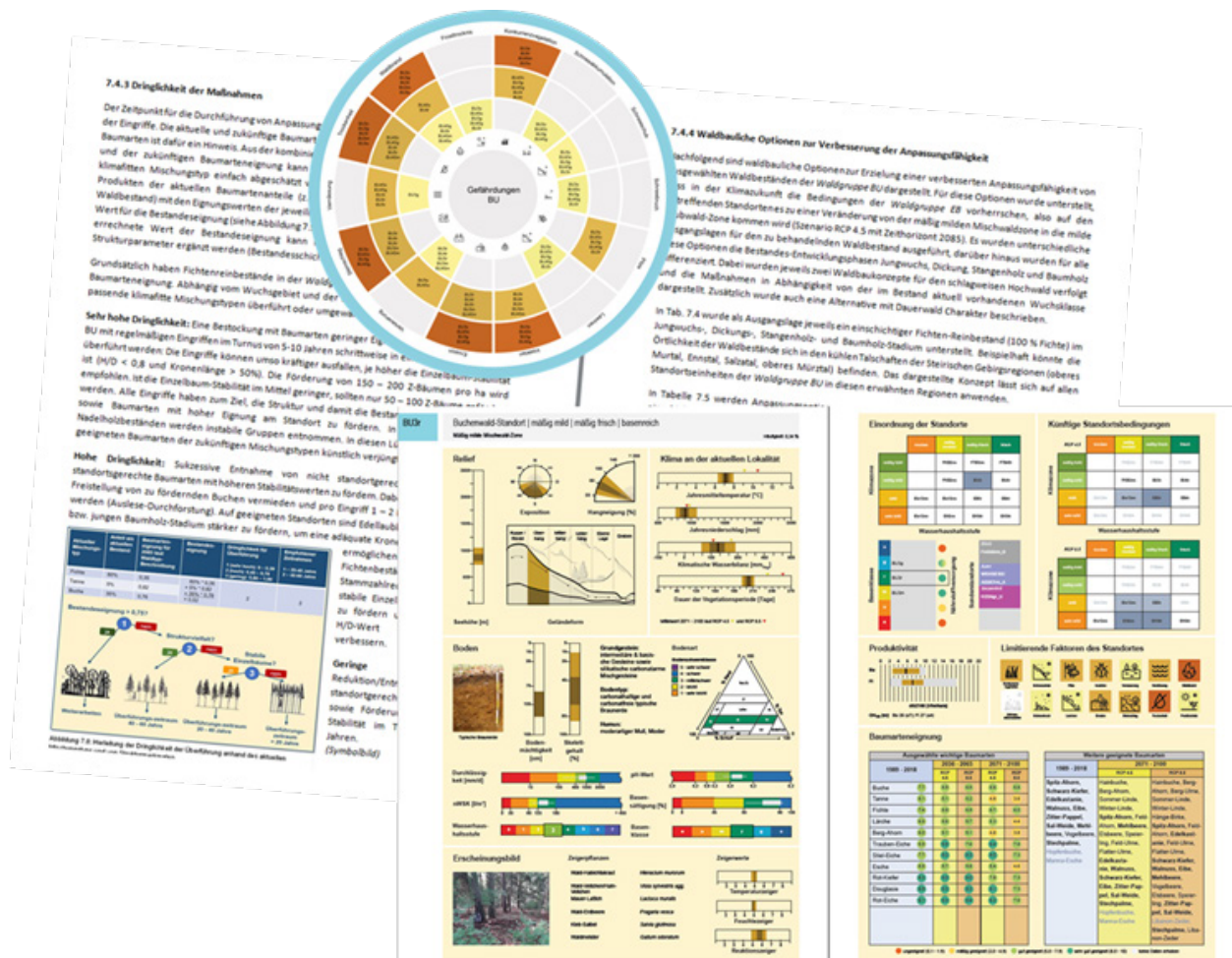


Abbildung 2: Beispiele für die waldbaulichen Empfehlungen in der dynamischen Walddtypisierung in der Steiermark

Mit den optionalen waldbaulichen Empfehlungen für unterschiedliche Ausgangszustände und Überführungsvarianten haben die Anwender in den Waldgruppenbeschreibungen eine gute Grundlage, um ausgehend von der Beschreibung der ökologischen Grundlagen einer Waldstandortseinheit ihre Entscheidungen zu treffen (Abb.2).

PROJEKTKOORDINATION

Amt der Steiermärkischen Landesregierung, Abteilung 10 Land- und Forstwirtschaft, Referat Landesforstdirektion, Graz, Österreich

- Gesamtprojektleitung: **Heinz Lick**

- Steuerungsgruppe:

Heinz Lick, Michael Luidold

Amt der Steiermärkischen Landesregierung, ABT10-Landesforstdirektion

Willibald Ehrenhöfer, Land & Forst Betriebe Steiermark

Stefan Zwettler, Landwirtschaftskammer Steiermark

- Wissenschaftliche Projektleitung:

Harald Vacik, Universität für Bodenkultur in Wien, Institut für Waldbau

SPONSOREN



PROJEKTPARTNER

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, Wien
- Institut für Naturgefahren, Innsbruck



Karl- Franzens-Universität Graz



NAWI Graz
GEOCENTER



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



Wissenschaftliche Projektkoordination und Leitung: Harald Vacik

Geologie und Substratklassifikation: Leitung: **Gerfried Winkler**, Co-Leitung: **Marcus Wilhelmy**

Terrestrik - Standorterkundung: Leitung: **Ralf Klosterhuber**, Co-Leitung: **Michael Englisch**

Regionalisierung: Leitung: **Klaus Kleeblinder**, Co-Leitung: **Klaus Katzensteiner**

Standortklassifikation: Leitung: **Michael Englisch**, Co-Leitung: **Ralf Klosterhuber**

Baumarteneignung und Waldbauempfehlung: Leitung: **Manfred J. Lexer**, Co-Leitung: **Michael Englisch**

Endprodukte Walddtypisierung: Leitung: **Harald Vacik**, Co-Leitung: **Ralf Klosterhuber**

Datenbereitstellung und –Aufbereitung:

Amt der Steiermärkischen Landesregierung, Abteilung 17 Landes- und Regionalentwicklung

GIS-Steiermark-Team: **Clemens Briedl, Markus Jernej, Wilfried Sommer**

Besonderer Dank gebührt allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Bezirksforstinspektionen für die Unterstützung bei den Außenaufnahmen

Zitation

Tagungsband Wald im Klimawandel Dynamische Walddtypisierung Steiermark – neues Instrument für die Baumartenwahl, 2022. Allgemein. Amt der Steiermärkischen Landesregierung, Graz, AT.

Impressum

Eigentümer, Herausgeber und Verleger

Amt der Steiermärkischen Landesregierung, ABT10 Land- und Forstwirtschaft, Landesforstdirektion in Kooperation mit den Projektpartnern der Dynamischen Walddtypisierung

Ragnitzstraße 193, A-8047 Graz

Druck: Amt der Steiermärkischen Landesregierung, ABT10 Land- und Forstwirtschaft, Landesforstdirektion

www.walddtypisierung.steiermark.at

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.





www.walddtypisierung.steiermark.at