

## **Großflächige Regionalisierung der Pedosphäre im Rahmen des Projektes FORSITE – Dynamische Waldtypisierung Steiermark**

Klebinder Klaus<sup>1</sup>, Katzensteiner Klaus<sup>2</sup>, Englisch Michael<sup>3</sup>, Winkler Gerfried<sup>4</sup>, Klosterhuber Ralf<sup>5</sup>, Färber Vanessa<sup>1</sup>, Fromm Reinhard<sup>1</sup>, Huber Tobias<sup>1</sup>, Gadermaier Josef<sup>2</sup>, Keßler David<sup>3</sup>, Vacik Harald<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Institut für Naturgefahren, BFW Innsbruck

<sup>2</sup> Institut für Waldökologie, Universität für Bodenkultur Wien

<sup>3</sup> Institut für Waldökologie und Boden, BFW Wien

<sup>4</sup> Institut für Erdwissenschaften, Nawi Graz Geozentrum, Karl-Franzens-Universität Graz

<sup>5</sup> WLM Büro für Vegetationsökologie und Umweltplanung Klosterhuber & Partner OG, Innsbruck

<sup>6</sup> Institut für Waldbau, Universität für Bodenkultur Wien

### **Zusammenfassung**

*Auf Grund der forstwirtschaftlichen Folgen des Klimawandels werden in der Waldbewirtschaftung neue dynamische Planungsinstrumente benötigt, um die Baumarteneignung unter zukünftigen klimatischen Bedingungen abzuschätzen. Der Boden nimmt in der Charakterisierung eines Standortes als Wasser- und Nährstoffspeicher eine zentrale Rolle ein. In Österreich existieren für Waldflächen keine flächendeckenden standardisierten Bodeninformationen. Im Projekt FORSITE werden moderne Ansätze entwickelt, um diese Grundlagen aus hochwertigen terrestrischen Standortaufnahmen in die Fläche zu modellieren (Regionalisierung). Neben physikalischen Parametern (z.B. Bodentextur, Skelettgehalt, Lagerungsdichte, ...) werden bodenchemische (z.B. organische Substanz, Basensättigung, pH-Wert,..) und bodenhydrologische Kennwerte (z.B. nutzbare Wasserspeicherkapazität, Durchlässigkeit,...) flächendeckend für die gesamte Waldfläche der Steiermark (> 1 Mio ha) abgeleitet. In diesem Beitrag werden die methodischen Ansätze und erste Ergebnisse zur Regionalisierung ausgewählter Parameter der Pedosphäre diskutiert.*

### **Abstract**

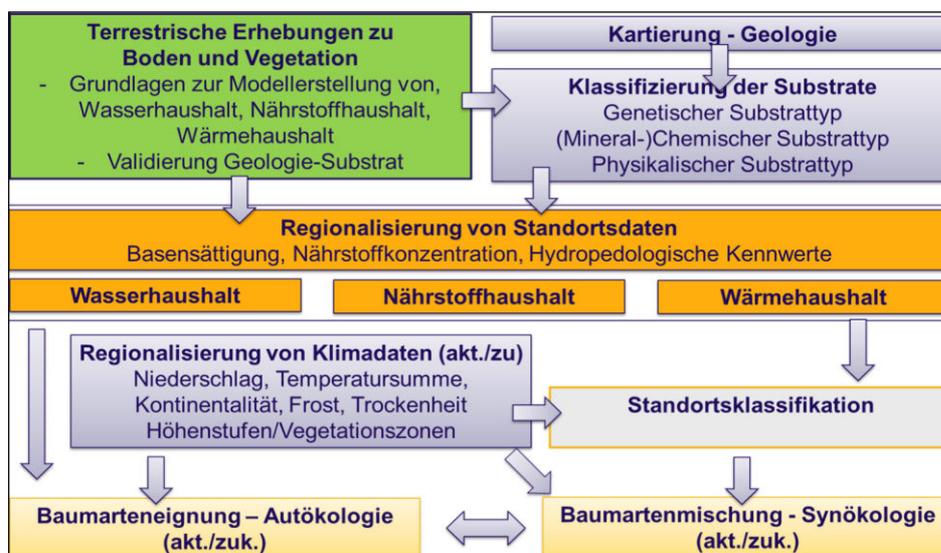
*Due to the impact of climate change on forests new dynamic planning instruments are needed to assess the future suitability of tree species. The pedosphere takes a major role in characterisation of water storage and nutrient supply. For forests there are no standardized soil maps in Austria. Thus, in the current project FORSITE modern methods will be developed to generate such information based on a sufficient number of high-quality terrestrial field surveys. It will be mapped for the forest area in Styria (more than 1 Mio. ha) values like physical (soil texture (grain distribution), content of coarse material, bulk density, ...) as well as chemical (organic matter, base saturation, pH-value, ...) and hydropedological (useable water capacity, hydraulic conductivity, ...). In this article our concept for digital soil mapping and first results will be discussed.*

### **Einleitung**

Wälder unterliegen in Zeiten rascher Klimaänderung hohen Belastungen, da aktuell stockende Baumarten zunehmend in Randbereiche ihrer ökophysiologischen Ansprüche gedrängt werden. Bisher konnten, abgesehen von den natürlichen jährlichen Schwankungen, Kenngrößen zum Wärme-, Wasser- und

Nährstoffhaushalte die sogenannten Standortfaktoren und -merkmale als konstant angenommen werden. Mit dem Klimawandel muss diese Annahme allerdings korrigiert werden. Waldschäden in Folge von Trockenheit, Hitze oder Sturm, welche in weiterer Folge Kalamitäten hervorrufen, bestimmen zunehmend den forstwirtschaftlichen Alltag und erfordern deshalb moderne klimasensitive Planungsinstrumente.

Das Projekt „dynamische Waldtypisierung Steiermark“ (FORSITE, Abb.1, Vacik et al., 2019) hat zum Ziel, flächendeckend für die gesamte Waldfläche der Steiermark (> 1 Mio. ha) Datengrundlagen zu den geologischen Gegebenheiten und dem daraus entstandenen Substrat (Brandstätter et al., 2020), dem Boden sowie den Haushaltsgrößen Wasser, Wärme und Nährstoffe als Grundlage für die Baumartenwahl zu generieren. Basierend auf diesen Grundlagen wird eine Standortklassifizierung durchgeführt, bei der neben den aktuell-historischen klimatischen Bedingungen auch zukünftige Klimaszenarien in der Ausscheidung und Beschreibung der Waldstandorte berücksichtigt werden. Das Projekt setzt sich in weiterer Folge mit der aktuellen und auch zukünftigen Eignung unterschiedlicher Baumarten für die jeweiligen Standortseinheiten auseinander, aber auch mit der Veränderung der Standortseinheiten unter dem Einfluss des Klimawandels. Dabei werden Chancen und Risiken beschrieben und Empfehlungen für eine adaptierte Waldbewirtschaftung gegeben. Als Basis jeglicher Ableitungen und Bewertungen wurden im Sommer 2019 umfangreiche terrestrische Erhebungen zu Geologie, Substrat, Boden, Vegetation und Bestand durchgeführt.



**Abb. 1:** Struktur des Projekts FORSITE

Der Boden stellt in Bezug auf die Eignung von Baumarten eine zentrale Rolle dar, da durch diesen sowohl der Wasserhaushalt als auch der Nährstoffhaushalt maßgeblich beeinflusst wird. Zum Waldboden existieren in Österreich aktuell keine flächendeckenden Datengrundlagen in waldbaulich relevantem Maßstab - im Besonderen fehlen Kennwerte zu bodenphysikalischen, -hydrologischen und -chemischen Charakteristika. Es besteht daher die Notwendigkeit, die Pedosphäre aus punktuellen Erhebungen unter Einbeziehung geologischer, klimatischer, topographischer Indikatoren sowie Bestandes- und Landnutzungsdaten zu modellieren.

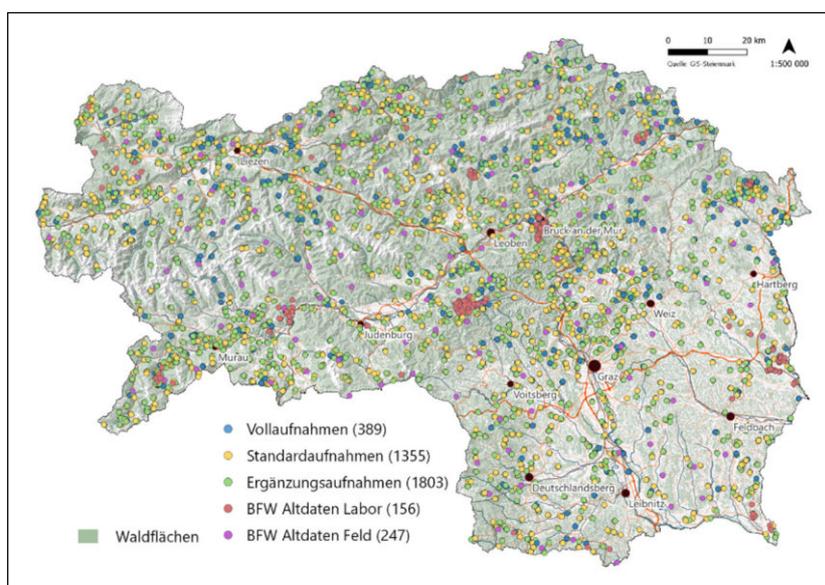
Der Auftraggeber für FORSITE ist das Land Steiermark, die Finanzierung erfolgt über das österreichische Programm zur ländlichen Entwicklung (LE 14-20). Das Projekt wird durch acht nationale Institutionen

bearbeitet (Universität für Bodenkultur; BFW Bundesforschungszentrum für Wald; Universität Graz; WLM Büro für Vegetationsökologie und Umweltplanung; ZAMG Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik; ALPECON Techn. Büro für Geowissenschaften; Joanneum Research; JR-AquaConSol). Das auf drei Jahre anberaumte Projekt wird 2021 abgeschlossen werden.

## Methodik

Bei der Regionalisierung werden die Ergebnisse kleinflächiger bzw. punktueller Erhebungen an Einzelstandorten auf die gesamte Waldfläche der Steiermark ausgerollt. Als Datenbasis zur Regionalisierung dienen Bodenaufnahmen aus unterschiedlichen Quellen, die sich sowohl in qualitativer als auch inhaltlicher Weise unterscheiden (Abb. 2).

- 1) FORSITE Vollaufnahmen: Innerhalb des Projektes FORSITE konnten im Sommer 2019 flächenverteilt über die gesamte Steiermark an 389 Standorten Bodenansprachen an Profilgruben bis 80cm Tiefe durchgeführt werden. Dabei wurden über Feldmethoden (z.B. Fingerprobe zur Feststellung der Bodentextur) wichtige Bodencharakteristika (Bodenart, Skelettgehalt, Lagerungsdichte, Durchwurzelung etc.) erhoben. Ergänzend wurde an diesen Standorten in fünf definierten Tiefenstufen Material geworben und bzgl. bodenphysikalischen (Sand, Schluff, Ton, Skelett, Feststoffdichte) und bodenchemischen (u.a. pH, Corg, Ntot, Mg, Ca, K, P,...) Kennwerten analysiert. An ausgewählten Standorten (24) wurden weiters bodenhydrologische Kennwerte (nutzbare Feldkapazität, hydraulische Leitfähigkeit) ermittelt.
- 2) FORSITE Standardaufnahmen: 1355 Standorte wie 1 jedoch ohne Laboranalysen.
- 3) FORSITE Ergänzungsaufnahme: 1803 Standorte als Ergänzung zu 1 und 2 mit einer stark reduzierten Bodenansprache (Bohrstock).
- 4) BFW „Altdaten“: 403 Standorte aus alten Aufnahmen des BFW bzw. bestehenden Inventurprogrammen (z.B. Waldbodenzustandsinventur) mit und 5) ohne Laboranalysen.



**Abb. 2:** Aufnahmestandorte

Als Prädiktoren (Inputdaten) zur Regionalisierung werden herangezogen:

- Topographische Indizes (ca. 15), abgeleitet aus dem digitalen Höhenmodell, U.a. Höhenlage, Topographic Position Index, Wetness Index, Reliefklasse, Convergenz Index, ...
- Indizes zu Geologie und Substrat (ca. 10), aus dem FORSITE AP Geologie (Brandstätter et al. 2020)
- Klimatische Indizes (ca. 20), aus dem FORSITE Task Klimadaten. U.a. Niederschlagssumme Jahr/Vegetationsperiode, Mitteltemperatur Jahr/Vegetationsperiode, mittlere Globalstrahlung,
- Indizes zur Vegetation aus Fernerkundungsdaten (5). U.a. Biomasse, NDVI, Baumarten.

Die Regionalisierung (Abb. 3) erfolgt mittels künstlicher neuronaler Netzwerke (NN). Diese haben den Vorteil, dass unterschiedliche Datenformate verwendet werden können und dass die Ergebnisse am Ende in einem korrekten Datenbereich vorliegen. Die Herausforderung in der Modellierung besteht darin, dass mehrere Datenquellen zur Verfügung (flächen- und punktbezogene) stehen (Abb. 3), welche verschiedene Parameter enthalten und an unterschiedlichen Punkten erhoben wurden oder in Flächeninformationen eingeflossen sind. Durch die Heterogenität der Eingangsdaten können diese nicht in einem gemeinsamen Datensatz vereint werden. Als Lösung werden daher für jeden in-sich-einheitlichen Datensatz ein Neuronales Netz entwickelt, gefittet und danach mehrere Neuronale Netze kombiniert. Somit wird für alle Punkte der jeweils anderen Datensätze eine Schätzung berechnet. Das hat den Vorteil, dass neben den im FORSITE Projekt erhobenen Daten auch andere Datensätze verwendet werden können. Am Ende werden alle Teilnetze mit einem nachgestellten Netz vereint (Merging NN).

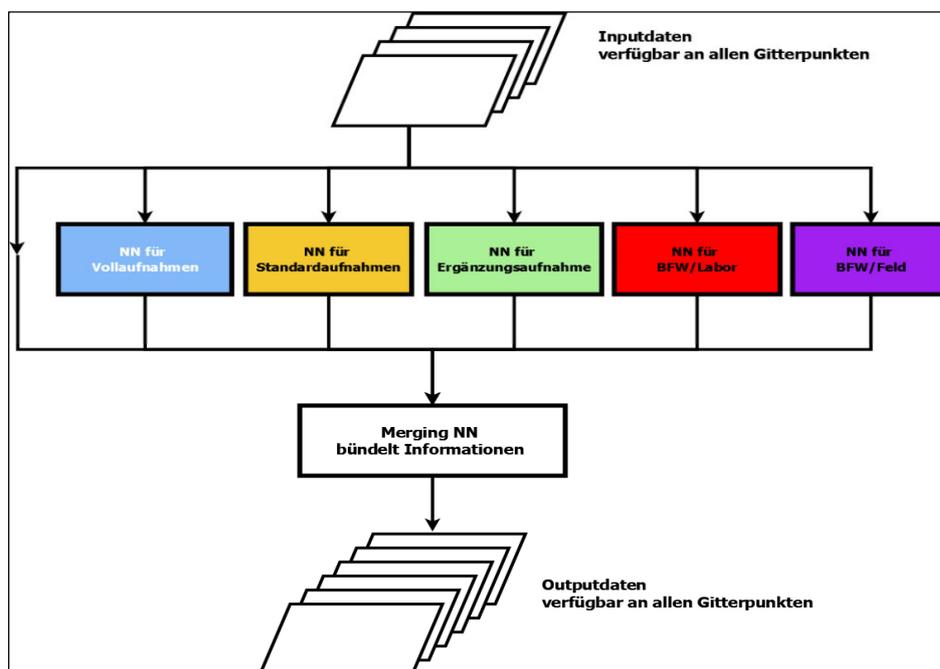


Abb. 3: Prozessablauf der Regionalisierung

## Ergebnisse

Im Zuge der Regionalisierung werden zahlreiche Parameter bearbeitet, welche für die weitere Standortsklassifikation bzw. die Modellierung der Baumarteneignung benötigt werden.

- Boden allgemein: Auflagehumusform und -mächtigkeit, Bodenmächtigkeit inklusive Substratanteil

- Bodenphysikalische Kennwerte: Sand-, Schluff-, Tongehalt, Lagerungsdichte, Skelettgehalt
- Bodenhydrologische Kennwerte: nutzbare Feldkapazität, gesättigte Leitfähigkeit, Gesamtwasserspeicher
- Bodenchemische Kennwerte: organischer Kohlenstoffgehalt, Basensättigung, pH-Wert, totaler Stickstoffanteil, Kationen-Austausch-Kapazität

Erste Modellläufe stimmen zuversichtlich, dass die komplexen Zusammenhänge, welchen die Pedosphäre unterworfen ist, mit modernen Regionalisierungsverfahren zufriedenstellend erklärt werden können. Bei der Diskussion der Ergebnisse ist auch immer zu beachten, dass trotz der verhältnismäßig sehr guten Datenlage in der Steiermark die Anzahl der vorhandenen Boden-Stützpunkte im Verhältnis zur Heterogenität und Größe der Wald(boden)fläche "überschaubar" ist.

### Schlussfolgerungen und Ausblick

Das österreichweite Fehlen einer einheitlichen Waldbodenkarte in geeignetem Maßstab (zumindest 1:25.000) stellt bei der Umsetzung regionaler Planungsinstrumente für forstwirtschaftliche Fragestellungen ein relevantes Problem dar. Um flächige Karten in der Planung berücksichtigen zu können, welche den Einfluss des Bodens auf das Baumwachstum berücksichtigen, muss daher auf Methoden der Modellierung zurückgegriffen werden (Digital soil mapping). Auf Grund der Komplexität der Bodenbildung, die über Jahrtausende unter Einfluss von Geologie, Geomorphologie, Relief, Klima und menschlicher Nutzung geprägt wird, müssen aufwendige Modellverfahren angewandt werden, um die kleinräumigen Unterschiede gut fassen zu können. Erste Versuche mit modernen Verfahren wie neuronale Netze zeigen dabei gute Erfolge. Die Modellierung der Pedosphäre innerhalb des Projektes FORSITE befindet sich in der Optimierungsphase und sollte bis zum Herbst 2020 abgeschlossen werden.

Im Generellen ist der Bedarf an flächigen Bodenkenntnissen über den Sektor der Forstwirtschaft hinausgehend groß. Beispiele sind Fragestellungen der Grundwasserneubildung, der Abflussprognose oder der Disposition für flachgründige Massenbewegungen. Durch die Fortschritte, die im Rahmen von FORSITE erzielt werden, können auch für diese Themenbereiche nachvollziehbare Datengrundlagen erarbeitet werden.

### Literatur

Brandstätter, J.; Englisch, M.; Katzensteiner, K.; Klebinder, K.; Klosterhuber, R.; Proske, H.; Vacik, H.; Wagner, T.; Wilhelmy, M.; Winkler, G. (2020): Erfassung und polygonbasierte flächendeckende Ausweisung hydraulischer Substrateigenschaften als Basis für eine Charakterisierung der Pedosphäre, FORSITE – Dynamische Waldtypisierung Steiermark. 22. GEOFORUM UMHAUSEN 15. UND 16. OKTOBER 2020.

Vacik, H; Formayer, H; Katzensteiner, K; Grabner, M; Wilhelmy, M; Englisch, M; Klebinder, K; Proske, H; Poltnig, W; Winkler, G; Klosterhuber, R; Podesser, A (2019): FORSITE - a dynamic forest site classification to support adaptive forest management. [XXV IUFRO World Congress - Forest Research and Cooperation for Sustainable Development, Curitiba, Sep 29 - Oct 5, 2019], Pesquisa Florestal Brasileira, 39 e201902043, 386-386.