

# Neue Waldstandort-Hinweiskarte Graubündens zur Ermittlung sensibler Standorte und Bestände

Barbara Huber<sup>1,\*</sup>, Andreas Zischg<sup>2</sup>, Monika Frehner<sup>3</sup>, Gianna Könz<sup>4</sup>, Hans-Ulrich Frey<sup>5</sup>, Marco Vanoni<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Forstingenieur-/Ökobüro (CH)

<sup>2</sup> Mobilier Lab für Naturrisiken, Oeschger Zentrum für Klimaforschung, Geographisches Institut, Universität Bern (CH)

<sup>3</sup> Forstingenieurbüro Frehner (CH)

<sup>4</sup> Abenis AG (CH)

<sup>5</sup> Ökologe/Forstingenieur (CH)

<sup>6</sup> Amt für Wald und Naturgefahren Graubünden (CH)

Kenntnisse der Waldstandorttypen sind grundlegend, um den heutigen Zustand und die künftige Entwicklung des Waldes zu verstehen. Insbesondere in Schutzwäldern ist entscheidend, wie widerstands- und anpassungsfähig die heutigen Bestände sind. Die komplett überarbeitete, flächendeckende Waldstandort-Hinweiskarte für den Kanton Graubünden ist ein wichtiges Planungsinstrument: Sie dient als Grundlage für die Bestimmung von Standorten und Beständen, die empfindlich auf den Klimawandel reagieren könnten. Darüber hinaus ermöglicht sie es, flächendeckende Baumartenempfehlungen für die Zukunft zu erstellen.

doi: 10.3188/szf.2021.0186

\* Oberfeldstrasse 1, CH-7430 Thusis, E-Mail info@barbarahuber.ch

Im Kanton Graubünden wurden ursprünglich 245 Standorttypen (Frey et al 1998–2004) beschrieben. Unter dem Standort eines Waldes versteht man die Gesamtheit aller Einflüsse, die auf die Bäume des Waldbestandes wirken: den Boden und die Geologie, die Topografie (Relief, Exposition, Neigung), das Klima und situationsbedingt auch natürliche Prozesse wie Lawinen, Rutschungen oder Steinschlag. Die Standortfaktoren und die Bestandesmerkmale wurden zu Faktorkombinationen gegliedert, typisiert und als Standorttypen beschrieben und definiert (Frey et al 2021). Der Klimawandel wird die räumliche Verteilung der Standorttypen beeinflussen. Um für künftige Entwicklungen gewappnet zu sein, hat der Kanton Graubünden seine standortkundlichen Kartengrundlagen überarbeitet und vervollständigt.

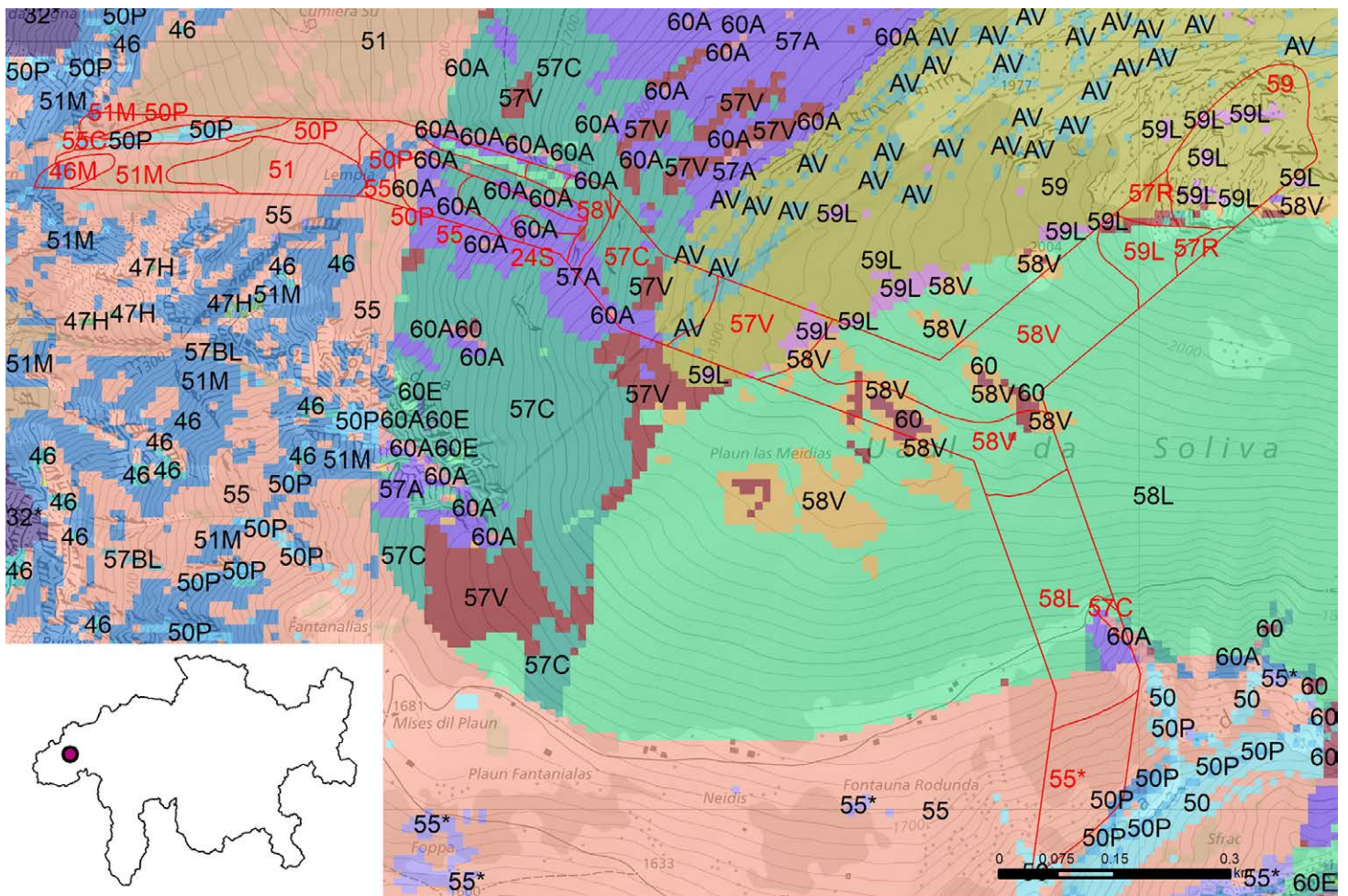
## Datengrundlagen und methodisches Vorgehen

Die Waldstandorte der Bündner Waldfläche, die rund 210 000 ha beträgt, wurden nicht flächendeckend auskartiert. Es besteht aber eine regionale Systematik der Standorttypen für acht Standortregionen und deren Subregionen. Für jede Stand-

ortregion bestehen eigene Kartierschlüssel, Ökogramme, Standortbeschreibungen, Vegetationsaufnahmen und Streifenkartierungen (Frey et al 1998–2004). Für den ganzen Kanton gibt es eine Höhenstufenkarte von Frey et al (1990–2004), welche die Waldfläche nach Vorkommen und Verhalten der Bäume in Höhenstufen und Gebietskompartimente unterteilt und pro Kompartiment Angaben zu potenziell vorkommenden Waldstandorten enthält. Für flächendeckende Angaben zur Häufigkeit der Standorttypen und als Hilfestellung bei der Ansprache vor Ort wurde für den Kanton Graubünden vor rund zehn Jahren eine Waldstandort-Hinweiskarte modelliert (Ingenieure Bart AG 2011). Basis dafür waren grob aufgelöste schweizweite Grundlagenkarten (Geotechnik 1 : 200 000, Geologie 1 : 500 000 und Bodeneignung 1 : 200 000). Mit der harmonisierten Geocover-Karte im Massstab 1 : 25 000 (swisstopo 2017) und mit den im Forschungsprogramm Wald und Klimawandel neu berechneten Klimakarten (Remund 2020, Zischg et al 2019) sind nun detailliertere geologische und klimatische Grundlagen vorhanden. Deshalb wurde beschlossen, die Waldstandort-Hinweiskarte vollständig zu über-

arbeiten. Diese neue Karte wurde in einer räumlichen Auflösung von 10 m × 10 m komplett neu modelliert (Huber et al 2020).

Im Rahmen der Überarbeitung wurden einige Ungenauigkeiten und Lücken bei den bisherigen standortkundlichen Grundlagen beseitigt. So wurde die Höhenstufenkarte im Jahr 2019 regional überarbeitet (Schanfigg und Surselva) und ergänzt (Schweizerischer Nationalpark). Ebenfalls wurden die regionalen Ökogramme aufgrund von Felderfahrungen mit zusätzlichen Standorttypen aus anderen Standortregionen oder Subregionen ergänzt. Standorttypen, die sich von anderen nur in waldbaulich nicht relevanten Merkmalen unterscheiden, wurden weggelassen. Den geologischen Einheiten der harmonisierten Geocoverkarten wurden mithilfe von Angaben aus der Literatur (www.strati.ch, swisstopo und Meyer 2017) Boden-pH- und Tongehaltswerte zugeteilt. Diese charakterisieren den bodenphysikalisch-chemischen Ausgangszustand – es handelt sich nicht um Messwerte. Als zusätzliche Hilfe wurde die Geocover-Karte mit dem LFI-Probeflächennetz kombiniert, und jeder Klasse wurden die minimalen und maximalen so-



**Abb 1** Ausschnitt Waldstandort-Hinweiskarte Graubünden (farbige Flächen mit schwarzer Beschriftung von Standorttypen, nicht arrundierte Version; Huber et al 2020) überlagert mit einer Streifenkartierung (rote Umrandung; Beschriftung der im Feld kartierten Standorttypen ohne Anpassung an die später erarbeitete Höhenstufenkartierung; Frey et al 1998–2004). Höhenstufengrenzen von hochmontan (46–55) zu subalpin (57, 58, 60) zu oberalpin (59) sind terrestrisch erhoben und im Modell vorgegeben aus der Höhenstufenkartierung. Standorttypen sind Bündner Einheiten nach Frey et al. 1998–2004, Übersetzungen in NaiS-Einheiten unter Arge Frehner et al (2020), Anhänge B und K.

wie die mittleren pH-Werte aus den LFI-Felderhebungen zugeteilt. Daraus resultierten eine Karte der pH-Klassen und eine Tongehaltskarte. Die ursprünglich verwendete Bodenfeuchtekarte wurde angepasst, da die Bündner Südtäler und Gebiete mit einer hohen jährlichen Sonneneinstrahlung trockener beurteilt werden. Zudem wurde die Karte der Lageparameter (Kuppenlage, Hanglage, Muldenlage, Ebene, Hangfusslage), der Sonnen- und Schattenhänge und der Sonderwaldstandorte (Auen-, Schutt-, Blockschutt-, Feucht- und Moorwälder) überarbeitet. Der Deckungsgrad von Laubholzbeständen (Waldmischungsgrad LFI, Waser & Ginzler 2018, Version 6.2019) wurde als weiterer Faktor im Modell berücksichtigt, um anthropogen beeinflusste Laubwald-Standorttypen im Mixox abbilden zu können.

Eine Überarbeitung erfolgte auch für die Liste der sogenannten Grund-Standorttypen, welche die lokale Grundauswahl

möglicher Standorttypen pro Höhenstufen- und Gebietskompartiment enthält (Verknüpfung von Informationen von Ökogrammen, Höhenstufen und regionalen Eigenheiten). Dabei wurden die prägenden Umweltfaktoren (Höhenlage, Hangneigung, Exposition, Lage, Bodenmächtigkeit, Bodenfeuchtigkeit und Boden-pH) pro Standorttyp tabellarisch dargestellt, und es ist ersichtlich, ob es sich um einen Sonderwaldstandort handelt.

Für die Modellierung der Waldstandort-Hinweiskarte wurden die Eigenschaften jedes Standorttyps unter Berücksichtigung der regionalen Vorgaben (Grund-Standorttypen) mit den lokal vorhandenen Standorteigenschaften (Grundlagenkarten der Umweltfaktoren) verglichen. Das Modell beurteilt für jede Fläche (10 m × 10 m) die Standortbedingungen und wählt zwei Standorttypen mit der höchsten Übereinstimmung zwischen Standortbedingungen und Standortansprüchen. Für den Fall, dass mehrere

Standorttypen dieselbe Wahrscheinlichkeit aufweisen, wurde eine Priorisierung der Standorttypen eingeführt. Um lokale Eigenheiten abbilden zu können, wurden zudem regionspezifische Sonderregeln integriert. Die Optimierung des Modells zur Bestimmung der Waldstandorte erfolgte unter Einbezug von Expertinnen und Experten mit langjähriger Felderfahrung in zahlreichen Durchgängen. Zum Validieren wurden Ergebnisse des Projekts «Zuordnung der LFI-Stichprobenpunkte zu Waldgesellschaften» (NaiS-LFI, Arge Frehner et al 2020) verwendet. Noch ausstehend ist eine Arrondierung der Waldstandort-Hinweiskarte (insbesondere das Löschen von zu kleinen Flächen).

### Resultate

Die neu modellierte Waldstandort-Hinweiskarte (Abb. 1) erreicht beim Vergleich mit punktuellen Waldgesellschaftskartierungen aus den 1990er-Jahren eine Übereinstimmung von 45% bei einer Toleranz

von 30 m. Felderhebungen erfolgten damals meist noch ohne GPS. Ebenfalls wurde ein Vergleich mit den NaiS-LFI-Stichprobenkartierungen gemacht. Die Modellierung erreicht beim Vergleich eine Übereinstimmung von 42% für den wahrscheinlichsten Waldstandorttyp respektive 59%, wenn die zwei wahrscheinlichsten Standorttypen berücksichtigt werden. Eine gutachtliche Evaluation hat gezeigt, dass die Abweichungen zwischen den modellierten und kartierten Standorttypen mehrheitlich im Bereich des Interpretationsspielraums bei der Ansprache im Feld liegen oder auf lokalen Besonderheiten beruhen. Grundsätzlich soll aber einer guten Feldansprache mehr Vertrauen geschenkt werden als der modellierten Hinweiskarte.

### Schlussfolgerungen Hinweiskarte

Die Waldstandort-Hinweiskarte ist eine gute Grundlage für grossflächige Planungsarbeiten, bei denen eine terrestrische Ansprache aus zeitlichen oder finanziellen Gründen nicht möglich ist. Die Modellierung ersetzt jedoch keine Feldkartierung. Zudem täuscht die räumliche Auflösung von 10 m × 10 m eine Genauigkeit vor, die das Modell nicht gewährleisten kann. Für Umweltverträglichkeitsprüfungen und ähnliche Vorhaben sind terrestrische Kartierungen weiterhin unabdingbar. Die Modellierung der Waldstandort-Hinweiskarte eignet sich insbesondere für Kantone, bei denen eine flächige Kartierung fehlt. So werden zurzeit Waldstandort-Hinweiskarten für die Kantone Bern und Schwyz erarbeitet.

### Baumartenempfehlungen und sensitive Standorte und Bestände

Es wird erwartet, dass Baumarten, Waldstandorte und Waldbestände unterschiedlich stark auf die Klimaveränderung reagieren werden. Die Identifizierung von solchen besonders klimasensitiven Standorten und Beständen dient als Hilfe für die Planung von Massnahmen (BAFU 2012, 2014). Im Projekt «Adaptierte Ökogramme» (Frehner & Huber et al 2019) des Forschungsprogramms Wald und Klimawandel wurden aufgrund von Standortanalogien Grundlagen für flächige Baumartenempfehlungen und für die Ermittlung von sensitiven Standorten und Beständen erarbeitet. Dazu gehören die schweizweite Modellierung der Vegetati-

onshöhenstufen für heutiges und zukünftiges Klima (mit Emissionsszenarien Einhaltung des Pariser Abkommens [RCP2.6], mittlerer Klimawandel [RCP4.5], starker Klimawandel [RCP8.5]; Zischg et al 2021) sowie die Baumartenprojektionen (Frehner & Zürcher-Gasser 2019).

### Klima- und Vegetationshöhenstufenkarten CH2018

Auf Basis der entwickelten Klimakarten von Zischg et al (2019), der harmonisierten Geocoverkarten und den neuen Klimaszenarien (NCCS 2018) erfolgte eine Neuberechnung der Höhenstufen sowie des Buchenareals und der Tannenareale (Zischg et al 2021; Auflösung 25 m × 25 m). Für die Zukunftsperiode (2070–2099) wurde jeweils ein Modell der Emissionsszenarien RCP2.6, RCP4.5 und RCP8.5 verwendet.

### Baumartenempfehlungen für die Zukunft

Aufbauend auf der Waldstandort-Hinweiskarte und den neuen Höhenstufenkarten wurden für Graubünden flächig Baumartenempfehlungen nach Arge Frehner et al (2020) für die Periode 2070–2099 (Szenarien RCP4.5 und RCP8.5) berechnet (Frehner et al 2021). Die beiden Szenarien RCP4.5 und RCP8.5 können auch wie in der Tree App (www.tree-app.ch, Brang et al 2020) kombiniert werden. Die neu erstellten flächigen Planungsgrundlagen sind somit eine wertvolle Ergänzung zu punktuellen Abfragen mittels Tree App.

### Sensitive Standorte und Bestände

Sensitive Standorte (Abb. 2) sind Flächen, auf denen sich die standörtliche Baumartenzusammensetzung heute und in Zukunft mit hoher Wahrscheinlichkeit stark unterscheiden wird. Die sensitiven Standorte

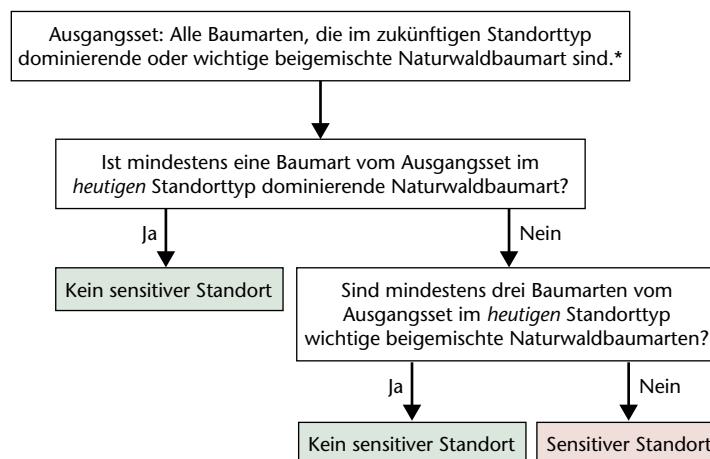
sind unabhängig vom aktuellen Bestand. In sensitiven Beständen ihrerseits weichen die heute vorhandenen und die standörtlich in Zukunft erwarteten Baumarten stark voneinander ab. Für die Beurteilung der sensitiven Bestände werden somit die Anteile der Baumarten im heutigen Bestand sowie von zwei Zukunftsszenarien (RCP4.5 und RCP8.5) berücksichtigt.

### Wälder Graubündens im Klimawandel

Es wurden Karten der Baumartenempfehlungen pro Baumart unter den Emissionsszenarien RCP4.5, RCP8.5 (Abb. 3) sowie mit der Kombination von RCP4.5 und RCP8.5 berechnet, die auch der Baumartenempfehlung der Tree App entspricht.

Zu den sensitiven Standorten gibt es je eine Karte der Emissionsszenarien RCP4.5 und RCP8.5. Im Kanton Graubünden wurden drei Haupttypen von sensitiven Standorten modelliert und folgende Veränderungen werden erwartet:

- 1) Wechsel von Lärchen-Arvenwäldern zu Fichtenwäldern: Schon vorhandene Arven gedeihen weiterhin gut; Fichten werden konkurrenzstark und können Arven zurückdrängen; erschwerte Verjüngung der Arve wegen Nassschnee und Lichtmangel; voraussichtlich kontinuierlicher Wechsel der Baumarten.
- 2) Wechsel von Fichtenwäldern zu Eichen- und Lindenmischwäldern sowie Kastanienmischwäldern: starke und stellenweise rasche Abnahme der Fichten wegen Käferbefall, Trockenheit und Wärme; zukünftig wichtige Naturwaldbaumarten wie Eiche, Linde und Kirschaum ersetzen die Fichte kaum kontinuierlich infolge andauernden Frost- und Nassschneeverhältnissen; voraussichtlich Übergangsbestände mit Pionierbaum-



**Abb 2** Herleitung sensitiver Standorte. Zukünftige Standorttypen nach mittlerem (RCP4.5) oder starkem Klimawandel (RCP8.5). \* Krankheitsgefährdete Baumarten wie Esche, Bergulme, Feldulme und Kastanie sind nicht berücksichtigt.



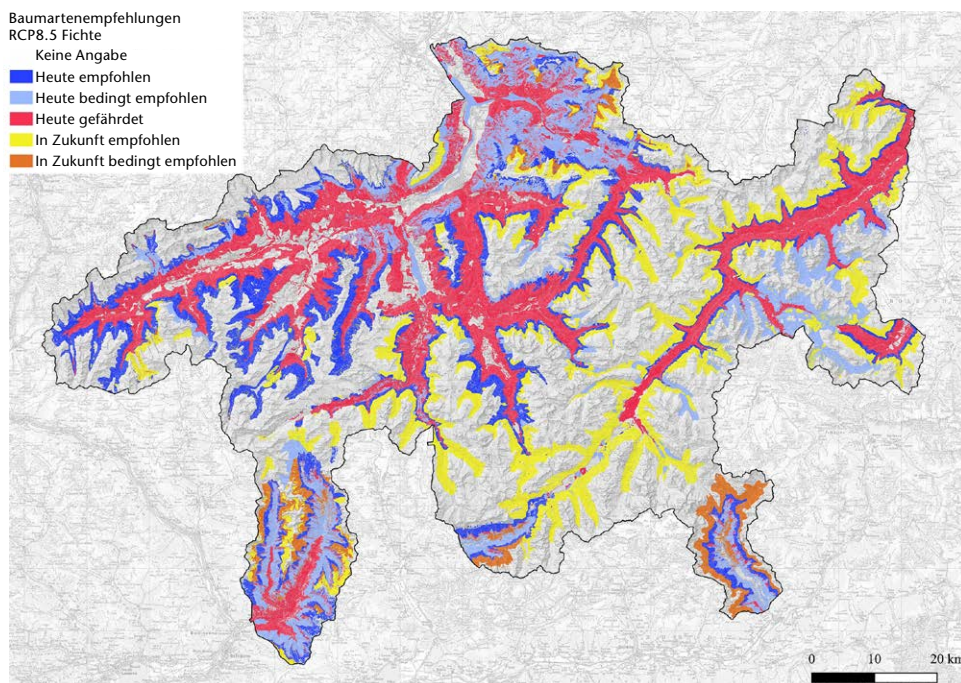


Abb 3 Karte der Baumartenempfehlungen am Beispiel der Fichte im Emissionsszenario RCP8.5.

arten wie Birke, Zitterpappel, Salweide sowie Mehlbeere und Vogelbeere → Samenbäume von zukünftig wichtigen Naturwaldbaumarten anstreben, auch minderwertiger Qualität.

3) Wechsel von Buchenwäldern zu Eichen- und Lindenmischwäldern sowie Kastanienmischwäldern: Die üppige Verjüngung der Buche unterdrückt die Verjüngung der in Zukunft wichtigen Naturwaldbaumarten; kein kontinuierlicher Wechsel der Baumarten ohne Eingriffe → gezielte Jungwaldpflege kann zukünftig wichtige Naturwaldbaumarten fördern.

Bei den sensitiven Beständen gibt es wie bei der Baumartenempfehlung je Baumart eine Karte der Sensitivität der heutigen Baumartenvorkommen unter den Szenarien RCP4.5 und RCP8.5. Mit einer Überlagerung der Karten aller Baumarten pro Klimazukunft, bei der jeweils die Angabe der Baumart mit der stärksten Sensitivität übernommen wird, kann eine Übersicht über die sensitiven Flächen und Bestände für alle Szenarien erstellt werden. Um genauere Informationen zur Ursache der Sensitivität zu erhalten, lässt sich die Baumartenempfehlung bei jeder modellierten Fläche mit den gleichen Informationen wie bei der Tree App abrufen.

Bei der Verwendung von bestehenden Standortkarten zur Herleitung von Baumartenempfehlungen, sensitiver Standorte und sensitiver Bestände ist eine Übersetzung der Standorttypen in NaiS-Standort-

typen notwendig. Dabei ist mit lokalen Kennerinnen oder Kennern auch die Plausibilität der Kartierung und die NaiS-Kompatibilität zu überprüfen.

Eine Waldstandort-Hinweiskarte kann wie eine normale Waldstandortkarte auch als Basis für die Berechnung flächiger Baumartenempfehlungen sowie für die Ermittlung von sensitiven Standorten und Beständen verwendet werden. Mit den im Projekt erarbeiteten Grundlagen hat das Amt für Wald und Naturgefahren gute Informationen, um den Handlungsbedarf für waldbauliche Massnahmen sowie das mögliche Entstehen von zusätzlichen Risiken abzuschätzen und Prioritäten zu setzen.

Zurzeit erfolgt noch eine Testphase ausgewählter Vorgaben und Schwellenwerte mit dem Kanton Graubünden, dem BAFU (S. Augustin) und der WSL (P. Brang) zu den Karten der sensitiven Standorte und Bestände. ■

#### Dank

An das Amt für Wald und Naturgefahren Graubünden und an das Forschungsprogramm Wald und Klimawandel (S. Augustin, BAFU, und P. Brang, WSL) sowie an J. Remund (Meteotest), L. Z'graggen und A. Fischer (beide Meteoschweiz) sowie an das LFI und das Projekt NaiS-LFI für die zur Verfügungsstellung der Daten.

#### Literatur

HUBER B, ZISCHG A, FREY HU (2020) Waldstandort-Hinweiskarte Graubünden. Teil des Gesamtprojektes «Sensitive Standorte und Be-

stände» im Forschungsprogramm «Wald und Klimawandel». Chur, Abenis AG & Geographisches Institut der Universität Bern, Bern. 34 Seiten.

FREHNER M, HUBER B, ZISCHG A, KÖNZ G (2021) Schlussbericht des Gesamtprojektes «Sensitive Standorte und Bestände», Teil 3: «Modellierung von sensitiven Standorten und Beständen für den Kanton Graubünden» im Forschungsprogramm «Wald und Klimawandel». Sargans, Forstingenieurbüro Frehner, Chur, Abenis AG & Bern, Universität Bern.

FREHNER M, HUBER B (2019) MIT BEITRÄGEN VON GUBELMANN P, ZÜRCHER-GASSER N, ZIMMERMANN NE, BRAUN S, SCHERLER M, ZISCHG A, BURNAND J, CARRARO G, BUGMANN H, PSOMAS A. Schlussbericht des Projektes «Adaptierte Ökogramme» im Forschungsprogramm «Wald und Klimawandel»: Übersicht über die Teilberichte. Sargans, Forstingenieurbüro Frehner und Chur, Abenis AG.

ZISCHG A, GUBELMANN P, FREHNER M, HUBER B (2019): High Resolution Maps of Climatological Parameters for Analyzing the Impacts of Climatic Changes on Swiss Forests. *Forests*, 10: 617.

ZISCHG A, HUBER B, FREHNER M, KÖNZ G (2021) Berechnung der Vegetationshöhenstufen auf der Grundlage der CH2018 Szenarien für die Schweiz. Projekt im Forschungsprogramm «Wald und Klimawandel». Chur, Abenis AG, Universität Bern & Sargans, Forstingenieurbüro Frehner.

*Das komplette Literaturverzeichnis ist in der Onlineversion des Artikels unter <https://meridian.allenpress.com/szf/issue/172/3> aufgeführt oder via E-Mail bei der Erstautorin erhältlich.*

#### Nouvelle carte des sites forestiers des Grisons pour l'identification des sites et des peuplements sensibles

La connaissance des types de stations forestières est fondamentale pour comprendre l'état actuel et le développement futur de la forêt. Dans les forêts de protection en particulier, la résilience et l'adaptabilité des peuplements actuels sont cruciales. La carte des stations forestières modélisée pour tout le canton des Grisons a été entièrement révisée. Elle constitue un outil de planification important qui sert de base pour déterminer les types de stations et de peuplements susceptibles de réagir de manière sensible au changement climatique. En même temps, la carte des stations forestières modélisée peut être utilisée pour établir des recommandations d'espèces d'arbres à l'échelle régionale pour l'avenir.

## Literatur

*In der Druckversion des Artikels (3/2021) sind nur ausgewählte Literaturhinweise publiziert.*

- ARGE FREHNER M, DIONE SA, IWA – WALD UND LANDSCHAFT AG (2020)** Nais-LFI: Zuordnung der LFI-Stichprobenpunkte zu Waldgesellschaften. Erläuternder Schlussbericht. Bern: Bundesamt Umwelt. 68 S.
- BRANG P, ERHARDT E, FREHNER M, HUBER B, RUTISHAUSER U (2020)** Eine App für die Baumartenwahl im Klimawandel. *Wald und Holz* 10/20: 27–29.
- BAFU (2012)** Anpassung an den Klimawandel in der Schweiz. Erster Teil der Strategie des Bundesrates vom 2. März 2012. <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/klima/publikationen-studien/publikationen/anpassung-klimawandel-schweiz-2012.html>
- BAFU (2014)** Anpassung an den Klimawandel in der Schweiz. Aktionsplan 2014–2019. Zweiter Teil der Strategie des Bundesrates. <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/klima/publikationen-studien/publikationen/anpassung-klimawandel-schweiz-2014.html>
- FREHNER M, ZÜRCHER-GASSER N (2019)** Schlussbericht des Projektes «Adaptierte Ökogramme» im Forschungsprogramm «Wald und Klimawandel», Teil 5: Herleitung von regional optimierten Baumartenempfehlungen. Sargans, Forstingenieurbüro Frehner und Rabius, Gadola AG. 24 S.
- FREHNER M, HUBER B (2019) MIT BEITRÄGEN VON GUBELMANN P, ZÜRCHER-GASSER N, ZIMMERMANN NE, BRAUN S, SCHERLER M, ZISCHG A, BURNAND J, CARRARO G, BUGMANN H, PSOMAS A.** Schlussbericht des Projektes «Adaptierte Ökogramme» im Forschungsprogramm «Wald und Klimawandel»: Übersicht über die Teilberichte. Sargans, Forstingenieurbüro Frehner und Chur, Abenis AG.
- FREHNER M, HUBER B, ZISCHG A, KÖNZ G (2021)** Schlussbericht des Gesamtprojektes «Sensitive Standorte und Bestände», Teil 3: «Modellierung von sensitiven Standorten und Beständen für den Kanton Graubünden» im Forschungsprogramm «Wald und Klimawandel». Sargans, Forstingenieurbüro Frehner, Chur, Abenis AG & Bern, Universität Bern.
- FREY HU, FREHNER M, BURNAND J, CARRARO G, RUTISHAUSER U (2021)** Zur Entstehung der Nais-Standortstypen. *Schweiz Z Forstwes* 172: 146–155.
- FREY HU, BICHSEL M, PREISWERK T (1998–2004)** Waldgesellschaften und Waldstandorte Graubündens. Teilregionen 1–8. Hrsg. Amt für Wald Graubünden, Chur, in 8 sep. Ringordnern.
- FREY HU, BICHSEL M, PREISWERK T (1990–2004)** Zonale Gliederung der aktuellen Waldvegetation (Höhenstufenkarten). Amt für Wald Graubünden, Chur.
- HUBER B, ZISCHG A, FREY HU (2020)** Waldstandort-Hinweiskarte Graubünden. Teil des Gesamtprojektes «Sensitive Standorte und Bestände» im Forschungsprogramm «Wald und Klimawandel». Chur, Abenis AG & Geographisches Institut der Universität Bern, Bern. 34 S.
- INGENIEURE BART AG (2011)** Kurzbericht Standortshinweiskarte Graubünden. Ingenieurbüro Bart, Nesslau. 5 S.
- MEYER J (2017)** Gesteine der Schweiz. Der Feldführer. Haupt Bern. 444 S.
- NCCS (2018)** CH2018 – Climate Scenarios for Switzerland. Technical Report. National Centre for Climate Services. Zurich. 271 S.
- REMUND J (2020)** Downscaling CH2018. Berechnung von Meteo- und Trockenheitsindizes für die Waldforschung. Methoden und Resultate – Version 2. Meteotest, 25 S.
- WASER L, GINZLER C (2018)** Forest Type NFI. National Forest Inventory (NFI). doi: 10.16904/1000001.3.
- ZISCHG A, GUBELMANN P, FREHNER M, HUBER B (2019)** High Resolution Maps of Climatological Parameters for Analyzing the Impacts of Climatic Changes on Swiss Forests. *Forests*, 10: 617.
- ZISCHG A, HUBER B, FREHNER M, KÖNZ G (2021)** Berechnung der Vegetationshöhenstufen auf der Grundlage der CH2018 Szenarien für die Schweiz. Projekt im Forschungsprogramm «Wald und Klimawandel». Chur, Abenis AG, Universität Bern & Sargans, Forstingenieurbüro Frehner.