



Forschung für internationale nachhaltige Waldwirtschaft (FinW) Projektupdate 2023

Projekttitel (Akronym):	KLIMNEM – Nachhaltige Waldbewirtschaftung temperater Laubwälder - nordhemisphärische Buchen- und südhemisphärische Südbu- chenwälder
Land/Region/Stadt:	Argentinien – Mittelpatagonien
Kooperierende Partner:	<p>Hochschule für Angewandte Wissenschaft und Kunst Hildesheim/Holzminde/Göttingen (HAWK)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fakultät Ressourcenmanagement, Büsingenweg 1a, 37077 Göttingen, Deutschland <p>Georg-August-Universität Göttingen (GAUG)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Abt. Pflanzenökologie und Ökosystemforschung, Albrecht-von-Haller-Institut für Pflanzenwissenschaften, Untere Karspüle 2, 37073 Göttingen, Deutschland • Abt. Kartographie, GIS und Fernerkundung, Geographisches Institut, Goldschmidtstraße 5, 37077 Göttingen, Deutschland <p>Freie Universität Bozen (UNIBZ)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fakultät für Naturwissenschaften und Technik, Universitätsplatz 5, 39100 Bozen-Bolzano, Italien <p>Centro de Investigación y Extensión Forestal Andino Patagónico (CIEFAP), Ruta 259 Km 16,24, CC 14, Esquel (9200), Chubut, Argentina</p>
Laufzeit:	01.09.2021 – 31.08.2024
Budget:	859,963.90 Euro

Ziele des Vorhabens (Karte siehe S. 2):

Übergeordnetes und langfristiges Ziel des Vorhabens ist der Vergleich von mitteleuropäischen Buchenwäldern (*Fagus sylvatica*) und den "Südbuchen"-Wäldern Mittelpatagoniens (*Nothofagus* spp.) und die daraus resultierenden Ableitungen für eine transhemisphärische und transkontinentale nachhaltige Waldbewirtschaftung gemäßigter Laub- und Laubmischwälder. Untersucht werden dabei die Anpassungen von Waldarten an den Klimawandel und ihre Reaktionen auf extreme Ereignisse und Störungen.

Um die Ziele zu erreichen, ist im Rahmen des KLIMNEM-Projektes eine intensive Feldforschung in Wäldern Mittelpatagonien vorgesehen und die Verschneidung mit Ergebnissen aus Mitteleuropa, die im Rahmen des Projektes NEMKLIM (Nemorale Laubwälder unter Klimaextremen; Laufzeit von 31.12.2017 bis 30.06.2021, gefördert durch das BfN mit Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit) in Westrumänien erarbeitet wurden.

In den Anden Mittelpatagoniens wird (wie auch in Westrumänien; siehe Kasper et al. 2022) ein „Raum-für-Zeit-Substitutionsansatz“ verfolgt. Dabei werden die Vegetations- und Baumartenzusammensetzung, die Waldstruktur und verschiedene abiotische Parameter entlang von Niederschlags- und Temperaturgradienten erfasst. So werden natürliche Vegetationsübergänge und -abfolgen abgebildet, die Hinweise auf den Einfluss makro- und mikroklimatischer Steuerungsgrößen aufzeigen, die in Zukunft im Zuge des Klimawandels zu großräumigen Vegetationsverschiebungen führen können. Im Vergleich mit den Ergebnissen des NEMKLIM-Projektes können makroökologische Hypothesen auf ihre Allgemeingültigkeit hin geprüft und verifiziert werden, sowie regionale Abweichungen erkannt werden.

Für das aktuelle Untersuchungsgebiet in Mittelpatagonien (siehe Abb. 1) werden konkret folgende Ziele verfolgt:

(1) Die Entwicklung eines **A**daptiven **I**ntegrierten **D**aten**I**nformations**S**ystems (AIDIS) für das Einzugsgebiet Río Puelo zur Modellierung der früheren (anhand alter Karten), aktuellen und zukünftigen potenziell natürlichen Vegetation und zur Ableitung von Potenzialen und Risiken (z. B. Waldbrand) der Landschaft; (2) die Verifizierung der Modellierungsergebnisse im Gelände und eine umfassende naturräumliche und vegetationskundliche Charakterisierung des Untersuchungsgebietes unter Berücksichtigung anthropogener und natürlicher Störungen; (3) eine Vitalitätsanalyse der einheimischen Hauptbaumarten zur Ermittlung der Klimasensitivität und ein Vergleich mit fremdländischen Baumarten; (4) die Entwicklung von Maßnahmen zur Wiederherstellung von Wäldern und ihren Ökosystemfunktionen und -leistungen unter Berücksichtigung der Bedürfnisse der lokalen Bevölkerung; (5) die Ableitung konkreter Handlungsempfehlungen für eine nachhaltige Landnutzung unter Berücksichtigung des Klimawandels für das Untersuchungsgebiet, aber auch global durch einen Vergleich und eine Zusammenschau der Ergebnisse aus Mitteleuropa und Mittelpatagonien.

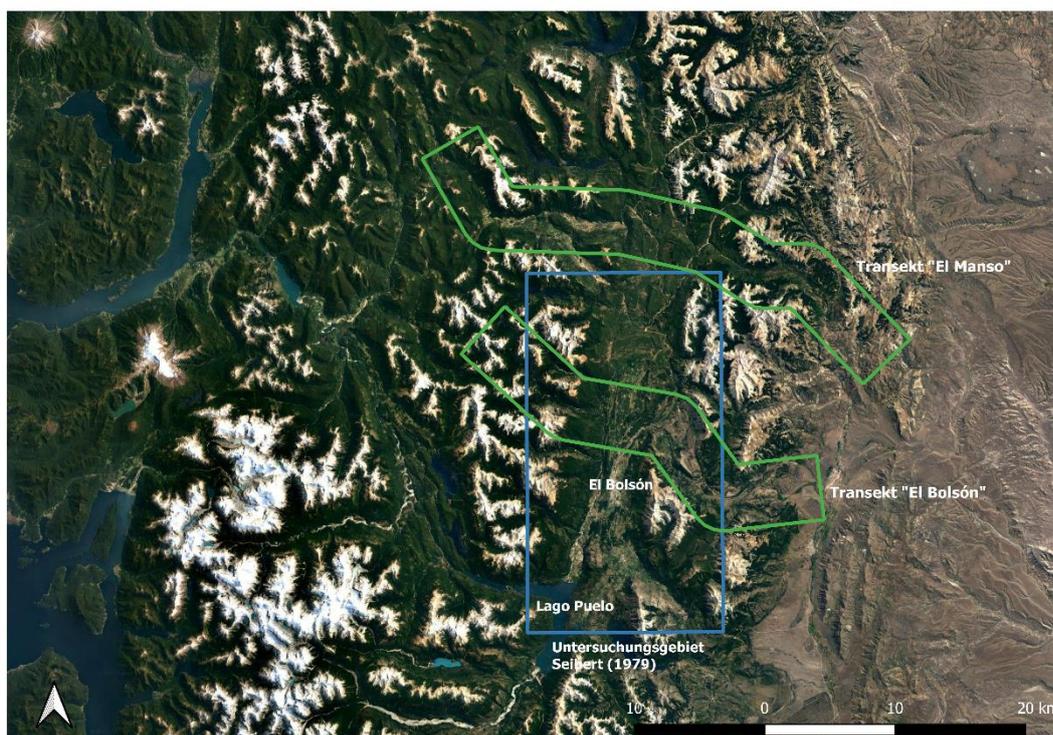


Abb. 1. Untersuchungsgebiet in Mittelpatagonien mit den zwei untersuchten Transekten nördlich der Ortschaft El Bolsón. Der blaue Rahmen umreißt eine Vegetationskarte, die 1979 von Paul Seibert erstellt wurde (Seibert 1979). Ein Großteil des südlichen Transektes umfasst die alte Vegetationskarte. Google Earth © Image Landsat/Copernicus.

Die intensive Feldforschung konzentriert sich auf zwei ca. 70 km lange Transekte von der chilenischen Grenze bis ins patagonische Tiefland (Abb. 1). Die Transekte wurden in jeweils vier Sektoren unterteilt, die einen Niederschlagsgradienten von humid (Sektor 1, West) bis semiarid (Sektor 4, Ost) abbilden und ca. 10 bis 15 km voneinander entfernt sind. In den vier Sektoren werden unterschiedliche Expositionen (Nord- und Südexposition) entlang eines Höhengradienten von ca. 500 m bis 1600 m ü. NN untersucht. Dabei repräsentiert der Höhengradient gleichzeitig einen Temperaturgradienten. Nachdem im März 2022 die Datenerfassung im 1. Transekt im Tal des El Manso-Flusses weitgehend abgeschlossen wurde, folgte zwischen Dezember 2022 und März 2023 die Datenerhebung im 2. Transekt nahe der Gemeinde El Bolsón. Entlang der Höhengradienten erfolgte eine Aufnahme der Waldstruktur alle 200 Höhenmeter und eine Vegetationsaufnahme alle 100 Höhenmeter (Abb. 2). Ergänzt wurden diese Aufnahmeflächen durch mikroklimatische Sensoren (TMS-4-Datenlogger, Hygrochron-iButtons) zur Erfassung von Luft- und Bodentemperatur in den Beständen und durch zusätzliche Flächen für dendrochronologische Analysen. Im Folgenden werden bisherige Ergebnisse der Datenerhebungen in beiden Transekten vorgestellt.

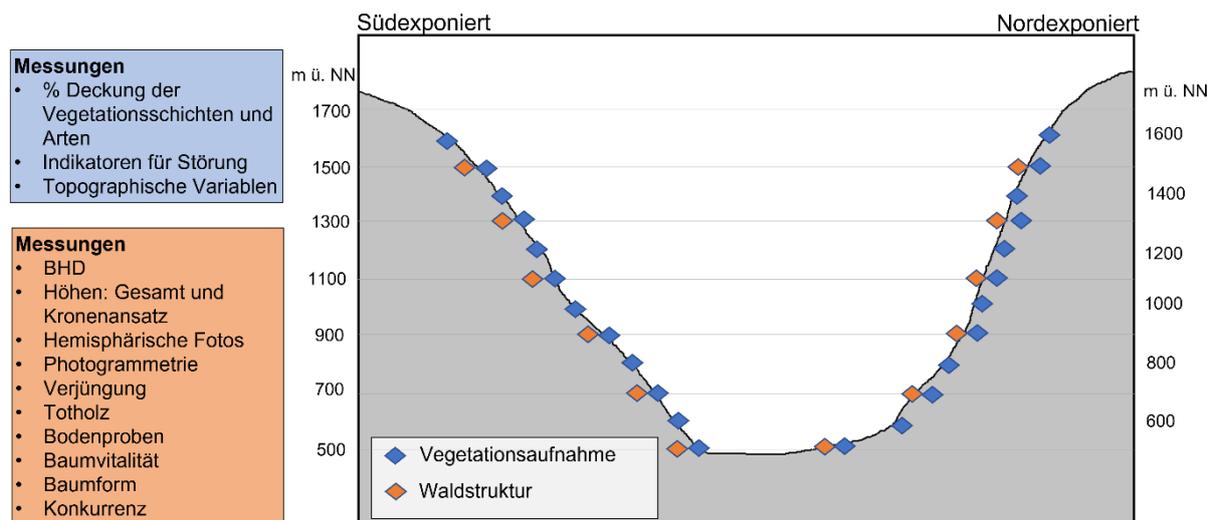


Abb. 2. Anordnung der Aufnahmeflächen zu Vegetation und Waldstruktur und erhobene Variablen entlang der Höhengradienten in zwei unterschiedlichen Expositionen.

Bisherige Ergebnisse:

Zur Entwicklung eines umfangreichen Dateninformationssystems wurden zunächst Grundlagendaten zur Klimatologie und zur Waldstruktur erhoben. Diese dienen der Validierung frei verfügbarer globaler Klimadatensätze (CHELSA, WorldClim) und satellitenbasierter Daten zu vertikalen Waldstrukturen (Global Ecosystem Dynamics Investigation (GEDI) Mission), die zu Modellierungen zukünftiger Entwicklungen der Vegetation im Untersuchungsgebiet verwendet werden sollen. Auswertungen zeigen, dass leider starke Unsicherheiten bezüglich der zugrundeliegenden globalen Klima-Datensätze CHELSA und WorldClim bestehen, da beide Datensätze untereinander große Abweichungen zeigen wie auch zu vorhandenen Daten der wenigen vorhandenen Wetterstationen. Diese Unsicherheiten sind insbesondere in komplexen Topografien ausgeprägt und betreffen vorrangig den Niederschlag. Eine bessere Abdeckung durch mehr Wetterstationen und Datenlogger ist notwendig für verlässliche Voraussagen einer zukünftigen Entwicklung. Dennoch zeigen beide Klimadatensätze erste Trends. So scheinen die klimatischen Lebensräume für *Notofagus pumilio* (Lenga) zurückzugehen, während sie sich für *Austrocedrus chilensis* (Cípres) ausbreiten. Für die Nutzung von Fernerkundungsdaten zum Abschätzen der Waldstruktur und der



oberirdischen Biomasse zeigen vorläufige Ergebnisse eine gute Korrelation zwischen Feldhöhenmessungen und GEDI-Schätzungen an Standorten mit weniger als 25 % Hangneigung. Die Auswirkung der Hangneigung erhöht den Fehler vor allem bei den Schätzungen der bodennahen Vegetationsbedeckung (0-5 m) und in zweiter Linie bei der Baumkronenhöhe. Darüber hinaus wurde festgestellt, dass die Baumhöhe von GEDI unterschätzt wird, wenn der Waldboden von dichtem Bambusgestrüpp bedeckt ist.

Hinsichtlich der Pflanzenartenzusammensetzung konnten drei Waldgesellschaften unterschieden werden: 1) Subalpiner Laubwald mit *Nothofagus pumilio* (*Anemone antucensis* Oberd. 1960 und *Machrachaenio-Nothofagetum pumilionis*, Eskuche 1973), 2) Trockengebüsch mit *Nothofagus antarctica* (*Lomatium hirsutae-Nothofagetum antarcticae*, Eskuche 1969) und 3) Mischwälder mit *Nothofagus dombeyi* und *Austrocedrus chilensis* (*Austrocedro-Nothofagetum dombeyi*, Eskuche 1968). Klimatische Variablen haben einen größeren Einfluss auf die Unterschiede in der Vegetationszusammensetzung als die Landnutzung. Den größten Einfluss hat dabei die Meereshöhe, die stark negativ mit der Temperatur korreliert ist, gefolgt von Niederschlag und Hangausrichtung. Ein Vergleich der Verbreitungsschwerpunkte verschiedener Arten entlang der Meereshöhe zwischen Vegetationserfassungen, die zwischen 1960 und 1980 im Untersuchungsgebiet stattfanden und den aktuellen Aufnahmen im Rahmen von KLIMEM ergaben interessante Muster: So zeigen früh-sukzessionale Baum- und Straucharten, die in der Lage sind, sich vegetativ zu vermehren, aktuell eine unimodale Verteilung mit einem Schwerpunkt zwischen 600 und 1200 m ü. NN. Früher hatten viele dieser Arten ihren Verbreitungsschwerpunkt jedoch in höheren Lagen bzw. waren über die Höhengradienten nur wenig vorhanden. Ehemalige Optima in mittleren Höhenlagen von Schlüsselbaumarten flachten dagegen entweder ab oder verschoben sich entlang des Höhengradienten nach unten. Eine Verschiebung der Verbreitung von Arten in höhere Lagen aufgrund steigender Temperaturen im Klimawandel konnte dagegen nicht beobachtet werden. Nichtsdestotrotz können die Ergebnisse auf indirekte Effekte des Klimawandels hindeuten, indem gerade in mittleren Höhenlagen Störungen wie z.B. Waldbrände aufgrund trockener werdender Bedingungen häufiger wurden und früh-sukzessionale Arten förderten.

Strukturell konnten einige Unterschiede und Parallelen zwischen beiden erfassten Transekten festgestellt werden:

- Gebüschstadien mit *N. antarctica* und *L. hirsuta* traten im El Bolsón-Transekt deutlich seltener oder gar nicht auf als im Transekt El Manso, was für eine geringere Beeinträchtigung durch Waldbrände im Transekt El Bolsón spricht. Hier dominierten andere Straucharten in Kombination mit *N. dombeyi* oder *A. chilensis*.
- Während *N. dombeyi* im Transekt 1 nur in humideren Bereichen zu finden war (Sektor 1 und Schatthänge von Sektor 2), sind auch die Sonnhänge von Sektor 2 im „El Bolsón“-Transekt mehr von *N. dombeyi* geprägt. Mischbestände aus *A. chilensis* und *N. dombeyi* konnten im T2 sogar noch auf 900 m in Sektor 3, Nordexposition gefunden werden.
- *N. pumilio* beginnt in Nordexposition ab Sektor 2 im Transekt „El Manso“ erst ab 1500 m Höhe, im Transekt „El Bolsón“ beginnt der *N. pumilio*-Gürtel über die Sektoren 1, 2 und 3 hinweg in Nordexposition bei 1300 m.
- Die höchsten errechneten Volumenvorräte fanden sich im Transekt „El Manso“ mit 745 m³/ha auf 900 m Höhe in Sektor 1, Südexposition bei einer Grundfläche von 53.9 m²/ha. Die Werte waren bei gleicher Höhenlage und Exposition in El Bolsón mit 701 m³/ha bei einer Grundfläche von 63.3 m²/ha vergleichbar (jeweils *N. dombeyi*-Wälder). Der höchste Volumenvorrat konnte im Transekt „El Bolsón“ aber in Sektor 2, 700 m Höhe, Nordexposition mit 1016 m³/ha bei einer Grundfläche von 105.6 m²/ha in einen *N. dombeyi* Stangenholz gemessen werden.



- Mit 162.9 t/ha konnte im Transekt „El Bolsón“ in Sektor 1, Nordexposition und 900 m Höhe, die größte Menge an starkem Totholz kartiert werden. Die Mengen sind hier vergleichbar mit dem Pendant im Transekt „El Manso“ (143 t/ha). Das feine Totholzmaterial im Transekt „El Bolsón“, das insbesondere eine Rolle bei der Ausbreitung von Waldbränden spielen kann, weist wie auch im Transekt „El Manso“ relativ homogene Werte mit Mittelwerten um 6 t/ha auf. Die höchsten Werte konnten in Sektor 2 gemessen werden mit einem Maximum von 21.8 t/ha auf 1100 m Höhe (Nordexposition). Im Vergleich dazu lag das Maximum in El Manso bei 11.1 t/ha auf 500 m Höhe (Nordexposition) in Sektor 1. Insgesamt nahm im El Manso Transekt die Totholzmenge von West nach Ost ab, während im Transekt El Bolsón insbesondere das feine und mittlere Material im Schnitt die höchsten Werte in Sektor 2 zeigte mit höheren Werten in Nordexposition.

Die Bodenbedingungen erwiesen sich vor allem im Transekt „El Manso“ als relativ homogen. Es zeigten sich aber insbesondere beim Kohlenstoffvorrat eine deutlich zunehmende Schwankungsbreite mit der Meereshöhe und starke Unterschiede im *N. pumilio*-Wald in Abhängigkeit von der Exposition und Vegetationszusammensetzung. Als wichtige Einflussfaktoren auf den Kohlenstoffvorrat konnte die Streuqualität (negativer Einfluss), die oberirdische Biomasse (positiv), der Anteil Feinwurzeln (positiv), die Bodenfeuchte (negativ) und die Bodentiefe (positiv) ermittelt werden.

Erste Auswertungen der iButton-Messwerte vom 01.03.2022 bis zum 01.03.2023 im Transekt „El Manso“ zeigen, dass das Mikroklima im Allgemeinen dem Makroklima folgt, da die mittlere Jahrestemperatur mit der Höhe linear abnimmt. Pro 100 m Höhe nahm die Temperatur um 0.48 °C ab. Die höchsten Tagestemperaturen wurden mit 27.7 °C am 04.02.2023 in einer Lücke eines *A. chilensis*-Bestandes auf 600 m Höhe im Sektor 2 in Nordexposition gemessen. Die geringste Temperatur wurde am 26.05.2022 mit -9.5 °C in einem *N. antarctica* Gebüsch im Sektor 4 in ebener Lage auf 1100 m Höhe erfasst.

Bisherige klimatische Einflüsse auf das Wachstum der einheimischen Hauptbaumarten sollen durch dendroökologische Untersuchungen nachgewiesen werden. Außerdem sollen Reaktionen auf Klimaveränderungen mit häufigen fremdländischen Baumarten verglichen werden. In beiden Transekten wurden dazu bisher mehr als 1000 Bohrkern von drei einheimischen (*N. dombeyi*, *N. pumilio*, *A. chilensis*) und zwei fremdländischen Baumarten (*Pinus radiata*, *P. ponderosa*) gewonnen. Erste Ergebnisse zu den einheimischen Baumarten zeigen, dass die klimatische Sensitivität des Zuwachses der drei Arten zwischen den Perioden 1942-1981 und 1982-2021 deutlich zugenommen hat und die Wachstumssynchronität, getrieben durch übergeordnete klimatische Faktoren, höher geworden ist. Allein *N. pumilio* zeigt eine geringere Klimasensitivität an feuchten Standorten. Der jährliche Grundflächenzuwachs in mm² Jahr⁻¹ nahm in den letzten 40 Jahren in allen *A. chilensis*-Beständen deutlich ab, außer am trockensten Standort, der gleichzeitig der älteste Bestand war. Dies könnte Hinweise auf eine mögliche Dürreakklimatisierung oder -anpassung liefern. Ähnliche Trends wurden bei alten *N. dombeyi* Beständen an trockeneren Standorten (Sektoren 3 und 4) beobachtet, wo Mikroreliefmerkmale eine wichtige Rolle bei der Modulation des radialen Wachstums spielen könnten. An den feuchteren Standorten von *N. pumilio* wurde während des aktuellen Beobachtungszeitraums ein signifikanter Anstieg im Zuwachs registriert, mit gegenläufigen Effekten zu den exponierteren und trockeneren Standorten im Osten. Hier zeigen sich bereits erste Unterschiede in der Sensitivität der Baumarten in Abhängigkeit des Standorts, die zu einer angestrebten Risikoanalyse beitragen werden.



Zur Wiederherstellung degradierter Wälder, etwa nach großflächigen Waldbränden, sind aktuell Anpflanzungen neuer einheimischer Zielbaumarten in Planung, die zunächst im Gewächshaus angezogen werden. Zudem untersuchte eine Masterarbeit Einflussfaktoren auf die Verjüngung von *N. dombeyi* in unterschiedlichen Höhenklassen. Berücksichtigt wurden die Baumschichtdeckung als Maß für die Lichtverfügbarkeit, die Beweidungsstärke, die Bewirtschaftungsintensität, die Totholzmenge und topographische Variablen. Es zeigte sich, dass *N. dombeyi* von einer geringen bis mittleren Beweidungsintensität und von offenem Mineralboden deutlich profitieren kann, so dass die Etablierung von Agroforstsystemen insbesondere in siedlungsnahen Bereichen als eine zielführende Option für die Verbindung unterschiedlicher Landnutzungssysteme angesehen werden kann. Die Befunde werden in zukünftige Handlungsempfehlungen einfließen.

Kernaussagen und Policy advice:

Da die Datenerhebungen erst Ende März 2023 weitgehend abgeschlossen wurden (die mikroklimatischen Messungen werden an ausgewählten Standorten für ein weiteres Jahr fortgesetzt), liegen noch keine evidenzbasierten Handlungsempfehlungen für Politik und Landnutzung vor.

Folgende vorläufige Aussagen können anhand der bisherigen Ergebnisse getroffen werden:

- Die Nutzung globaler und fernerkundungsgestützter Klima- und Strukturdaten zur aktuellen und zukünftigen Modellierung des Untersuchungsgebietes ist aufgrund des bewegten Geländes in den nordpatagonischen Andenwäldern mit deutlichen Unsicherheiten verbunden. Eine Erweiterung des spärlich vorhandenen Netzes an Wetterstationen und Datenloggern ist hier notwendig. Die Erarbeitung von Korrekturfaktoren bei starker Hangneigung zur Abschätzung der vertikalen Waldstruktur und oberirdischen Biomasse wird die Qualität satellitengestützter Vegetationskarten in Zukunft verbessern.
- Beide untersuchten Transekte weisen eine vergleichbare temperatur(= meereshöhen)gesteuerte Abfolge von Waldgesellschaften auf. Ein Vergleich mit früheren Vegetationserhebungen u.a. von Seibert (1979) zeigen bisher aber keine Verschiebung von Artvorkommen „nach oben“ aufgrund steigender Temperaturen. Eher konnten Verschiebungen „nach unten“ beobachtet werden, insbesondere von früh-sukzessionalen Arten, die vermutlich auf eine verstärkte Störungsfrequenz wie häufiger auftretende Waldbrände in mittleren Lagen reagieren. Hier deutet sich ein indirekter Einfluss des Klimawandels an.
- Dendroökologische Untersuchungen belegen eine zunehmende Klimasensitivität einheimischer Baumarten, die jedoch stark vom Standort und von vorheriger Akklimatisierung und Anpassung abhängt. Es deutet sich an, dass die Hauptbaumarten *N. dombeyi* und *A. chilensis* vor allem in humiden Gebieten Zuwachsrückgänge unter trockenen Bedingungen zeigen, während *N. pumilio* in humiden Bedingungen offenbar eher von den wärmeren Temperaturen profitiert.
- Analysen zur Verjüngung von *N. dombeyi* geben Hinweise auf die Eignung von Landnutzungskonzepten, die Holz- und Weidenutzung kombinieren, da sich die Baumart insbesondere bei einer mittleren Beweidungsintensität und bei Vorhandensein von offenem Mineralboden verjüngte.

Die Vorstellung der vorläufigen KLIMNEM-Ergebnisse im Rahmen eines Workshops am 22. und 23. Februar 2023 zum Austausch von Ideen und Forschungsinteressen untermauerte die Bedeutung der erhobenen Daten auch für andere Forschungseinrichtungen in der Region. Ein intensiver Datenaustausch und eine Intensivierung von Kooperationen für die Zukunft werden aktuell angestrebt. Das schließt auch Forschungseinrichtungen in Chile mit ein. Die Ergebnisse werden in kon-



Seite 7 von 10

krete Handlungskonzepte einfließen, die unterschiedlichen Akteuren vor Ort Hinweise zur zukünftigen Baumartenwahl und Landnutzung unter Berücksichtigung verschiedener Risikofaktoren (u.a. Waldbrandgefahr) geben.

Literatur

Kasper J., Leuschner C., Walentowski H., Petritan A.M., Weigel R. (2022) Winners and losers of climate warming: Declining growth in *Fagus* and *Tilia* vs. stable growth in three *Quercus* species in the natural beech–oak forest ecotone (western Romania). *Forest Ecology and Management* 506: 119892, doi: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119892>

Seibert P. (1979) Die Vegetationskarte des Gebietes von El Bolsón, Prov. Río Negro, und ihre Anwendung in der Landnutzungsplanung. *Bonner Geographische Abhandlungen* 62: 1-96.



Eindrücke



Demontage der iButtons im Transekt 1 „El Manso“. Foto: Steffi Heinrichs



Ansprache Bodenprofil in Sektor 2 (ungünstige Exposition, 800 m ü. NN) im Transekt El Bolsón. Foto: Steffi Heinrichs



Teilnehmende KLIMNEM-Workshop 22.-23. Februar. Foto: CIEFAP



Diskussionsrunde beim KLIMNEM-Workshop. Foto: Steffi Heinrichs



Große Kronen von *Nothofagus dombeyi* (Coihue) im Valle El Leon, Chile als Erweiterung des „El Manso“-Transektes. Foto: Steffi Heinrichs



Totholzreichtum im Sektor 2 vom El Bolsón-Transekt. Foto: Steffi Heinrichs

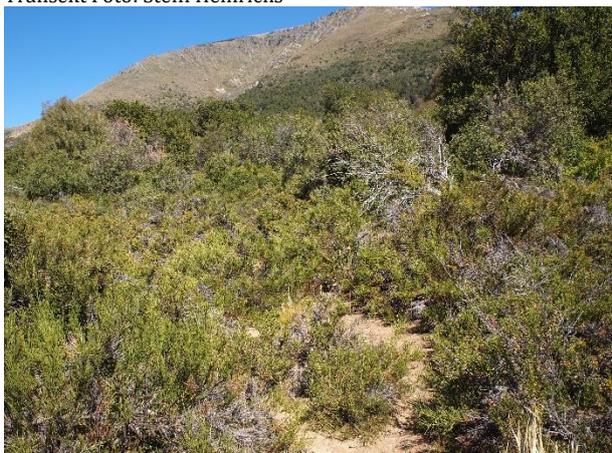
Waldstrukturaufnahme. Foto: Steffi Heinrichs



Abgebrannter *Pinus radiata* Bestand in Sektor 4, „El Bolsón“-Transekt Foto: Steffi Heinrichs



Mutisia decurrens in Sektor 4 auf 900 m Höhe im El Bolsón-Transekt. Foto: Steffi Heinrichs



Gebüchsstadium in Sektor 4 „El Bolsón“-Transekt, Nordexposition auf 800 m ü. NN. Foto: Steffi Heinrichs



Blick von Sektor 2 des „El Bolsón“-Transektes ins Tal. Foto: Steffi Heinrichs



Im Sektor 4 El Manso-Tal (Transekt 1). Foto: Steffi Heinrichs



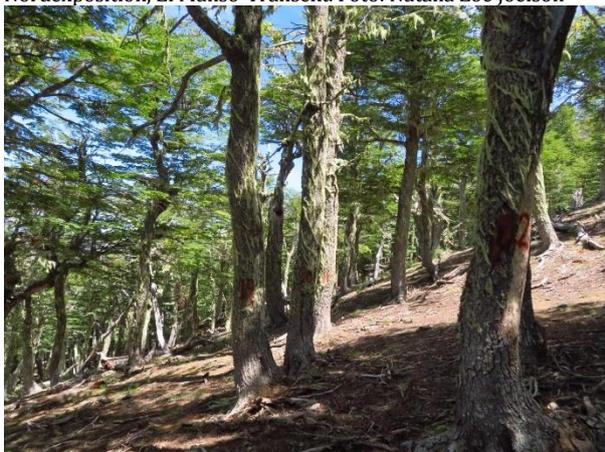
Exkursion beim KLIMNEM-Workshop. Foto: Steffi Heinrichs



Blick auf *Austrocedrus chilensis*-Bestände, Sektor 2, Nordexposition, El Manso-Transsekt. Foto: Natalia Zoe Joelson



Schleifen von Zuwachsbohrkernen. Foto: Ernesto Juan Reiter



Zwei *Nothofagus pumilio*-Wälder (südexponiert) im „El Bolsón“-Transekt, die sich deutlich in ihrer Struktur unterscheiden: links im Sektor 3 auf 1500 m und rechts in Sektor 2 auf 1100 m ü. NN. Durch die Zusammenführung von Fernerkundungs- und Felddaten sollen Struktur- und Biomassemodelle entwickelt werden. Fotos: Ariel Neri Winter

