

Wald- und Holzforschungsförderung Schweiz WHFF-CH

Projekt Nr. 2023.05

Referenzwerte für die Verjüngung in Schweizer Wäldern

Schlussbericht des WHFF-Projekts BENCHMARKS 2024–2026



30. Mai 2026

Thomas Wohlgemuth, Daniel Scherrer, Meinrad Abegg, Andrea Doris Kupferschmid,
Ugo Molteni, Barbara Moser, Petia Nikolova

Projektleitung

Thomas Wohlgemuth (PI), Petia Nikolova (Co-PI)
Eidg. Forschungsanstalt WSL
Forschungseinheit Walddynamik
Zürcherstrasse 111, 8903 Birmensdorf
thomas.wohlgemuth@wsl.ch, petia.nikolova@wsl.ch

Impressum

Projektleitung

Thomas Wohlgemuth, Forschungseinheit Wald- und Bodenökologie
Petia Nikolova, Forschungsgruppe Bestandesdynamik & Waldbau
Zürcherstrasse 111, 8903 Birmensdorf, thomas.wohlgemuth@wsl.ch, Tel. 044 739 3227

Projektmitarbeit

Thomas Wohlgemuth (Leitung, Auswertung, Bericht), Petia Nikolova (Co-Leitung, Bericht), Ugo Molteni (Auswertung), Daniel Scherrer (Auswertung, Bericht), Andrea Kupferschmid (Auswertung, Bericht), Meinrad Abegg (Auswertung), Barbara Moser (Bericht)

Publikationen

Nikolova PS, Allgaier Leuch B, Frehner M, Wohlgemuth T, Brang P (2024) Indikatoren der Waldverjüngung und ihre Anwendungsbereiche. Schweiz. Z. Forstwes. 175: 108–115.
Moser B, Nikolova P, Wohlgemuth T (2026) Optionen der Waldverjüngung im Klimawandel. Schweiz. Z. Forstwes. 177: 111-119.
Wohlgemuth T, Abegg M, Kupferschmid AD, Molteni U, Moser B, Nikolova P, Scherrer D (2026) Stammzahlen zur Verjüngung in Schweizer Wäldern nach Region und Höhenstufe 1995–2022. Schweiz. Z. Forstwes 177: 81–91.
Molteni U, Abegg M, Kupferschmid AD, Moser B, Nikolova P, Scherrer D, Wohlgemuth T (eingereicht) Hardwoods on the rise: regeneration trends in Central European mountain forests over two decades J. Ecol.

Projektbegleitung

BAFU	Benjamin Lange, Kathrin Kühne
ETHZ	Harald Bugmann
NaiS	Monika Frehner
Fachstelle GWP	Samuel Zürcher, Lukas Glanzmann
Kt. Bern	Annina Stein
Kt. Graubünden	Marco Vanoni
Kt. St. Gallen	Caroline Heiri
Kt. Schaffhausen	Raphaela Tinner
Kt. Solothurn	Lea Jost
Kt. Uri	Roland Wüthrich, Michael Planzer
Kt. Waadt	Thomas Zumbrunnen
Kt. Wallis	Stéphane Sciacca

Projektfinanzierung

Wald- und Holzforschungsförderung Schweiz WHFF-CH
Kantone Bern, Graubünden, Luzern, Neuenburg, Solothurn, St Gallen, Uri, Waadt, Wallis, Zürich
Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL, Birmensdorf

Autoren des Schlussberichts

Thomas Wohlgemuth, Daniel Scherrer, Meinrad Abegg, Andrea Doris Kupferschmid, Ugo Molteni, Barbara Moser, Petia Nikolova

Inhaltsverzeichnis

ZUSAMMENFASSUNG	4
1 EINLEITUNG.....	5
1.1 NATÜRLICHE VERJÜNGUNG IN SCHWEIZER WÄLDERN	5
1.2 NETZWERKE IN DER SCHWEIZ ZUM THEMA WALDVERJÜNGUNG	6
1.3 ERHEBUNG DER WALDVERJÜNGUNG: MESSUNG VS. SCHÄTZUNG.....	7
1.4 REFERENZWERTE UND BENCHMARKS	7
<i>Heterogenität der Verjüngung, Benchmarks und Mittelwerte.....</i>	<i>7</i>
<i>Entwicklung von Verjüngungsindikatoren.....</i>	<i>8</i>
<i>Grenzen des Projekts Benchmarks.....</i>	<i>8</i>
1.5 PROJEKTFRAGEN	9
<i>Standortsspezifische Referenzwerte: Benchmarks.....</i>	<i>9</i>
<i>Vorbereitung von App-Grundlagen</i>	<i>9</i>
<i>Wissenstransfer und Produkte</i>	<i>9</i>
2 MATERIAL UND METHODEN	10
2.1 INDIKATOREN, EINSCHRÄNKUNGEN, EINFLUSSFAKTOREN	10
2.1.1 Landesforstinventar.....	10
2.1.2 Kantonale Verjüngungsdatensätze	15
3 RESULTATE.....	17
3.1 DECKUNGSGRAD DER VERJÜNGUNG	17
3.2 PRÄSENZ VON JUNGWALDBAUMARTEN	21
3.3 STAMMZAHL VON JUNGWALDBÄUMEN.....	26
3.4 NÄCHSTE JUNGWALDPFLANZE	35
3.5 KANTONALE VERJÜNGUNGSDICHTEN	38
4 DISKUSSION	41
4.1 AUSSAGEKRAFT DER REFERENZWERTE	41
4.2 BEURTEILUNG DER VERJÜNGUNGSSITUATION ANHAND DER RESULTATE	45
4.3 KONSEQUENZEN FÜR WALDBAULICHE ZIELSETZUNGEN	46
4.4 EINFLUSS VERÄNDERTER ABIOTISCHER FAKTOREN.....	46
4.5 GRENZEN DER ÜBERTRAGBARKEIT DER REFERENZWERTE	47
4.6 OFFENE FRAGEN UND LÖSUNGSANSÄTZE	47
4.7 SCHLUSSFOLGERUNG	48
6 LITERATUR	49
APPENDIX.....	53
A1 JUNGWALD-STAMMZAHLN FÜR LFI2, LFI4 UND LFI5 IN SÄULENLOTS PRO BAUMART.....	53
A2 JUNGWALD-STAMMZAHLN: BOXLOTS FÜR EINZELNE BAUMARTEN ZU LFI2, LFI4 UND LFI5	66
A3 JUNGWALD-STAMMZAHLN: REFERENZWERTE IN TABELLEN, STAND LFI5.....	90

Zusammenfassung

Das WHFF-Projekt Benchmarks analysiert erstmals umfassend die Entwicklung der Waldverjüngung im Schweizer Wald auf Grundlage der Daten des Landesforstinventars (LFI) der letzten 20 Jahre. Während frühere LFI-Auswertungen sich auf grobe Aussagen zur Natürlichkeit und zur Häufigkeit der Verjüngung beschränkten, werden hier räumlich repräsentative Referenzwerte zu den Jungwaldmerkmalen Stammzahl, Präsenz von Baumarten, Verjüngungsdeckungsgrad und nächste Jungwaldpflanze für die gesamte Verjüngung und für einzelne Baumarten vorgestellt. Sowohl die graphischen Darstellungen als auch die tabellarisch zusammengefassten Referenzwerte erlauben Vergleiche zwischen biogeographischen Regionen, Höhenstufen und Waldstandorten und zeigen gleichzeitig die Grenzen der bisherigen Erhebungsmethoden auf.

Ein zentrales Ergebnis der Analysen ist die enorme Heterogenität der Verjüngungsdaten. Viele Probe­flächen enthalten aus methodischen Gründen gar keine Verjüngung, da Lichtmangel in Wäldern mit geschlossener Krone ein Aufkommen von Bäumen stark beeinträchtigt. Aber auch Konkurrenzvegetation in Waldöffnungen oder Wildverbiss lassen oft kaum Verjüngung zu. Die Daten bestehen daher zu einem beträchtlichen Teil aus Null-Werten. Klassische Benchmarking-Ansätze, die auf normalverteilte Daten zugeschnitten sind, können deshalb nicht angewendet werden. Daher dienen Mittelwerte pro Vergleichseinheit als Referenzwerte für Vergleiche. Dabei spiegeln diese Referenzwerte weniger das eigentliche Verjüngungspotenzial wider als vielmehr die bestehenden Waldstrukturen und herrschenden Umweltbedingungen.

Die Analysen bestätigen grundlegende Muster der Schweizer Wälder: In Laubwäldern sowie in tieferen Lagen und im Jura ist die Verjüngung deutlich zahlreicher als in den Hochlagen, den Zentralalpen und im Tessin. Dort wirken harsches Klima, Lichtmangel, Konkurrenz durch Hochstauden und starker Wildverbiss limitierend. Insgesamt nahm die Verjüngung zwischen LFI2 und LFI4 stark zu, was vor allem auf Störungen wie die Stürme Vivian und Lothar mit nachfolgendem Borkenkäferbefall und daraus entstandene Waldöffnungen zurückgeführt wird. Diese schufen mehr Licht und verbesserten die Bedingungen für Jungwald. Seit LFI4 ist jedoch in gewissen Regionen ein Rückgang der Verjüngung zu beobachten.

Vom LFI4 abgeleitete Sollwerte in Schweizer Wäldern liegen im internationalen Vergleich auf ähnlichem Niveau wie Systeme aus Deutschland, Österreich oder Bulgarien, unterscheiden sich jedoch in ihrer Herleitung deutlich. Die Mindeststammzahlen für ausreichende Verjüngung bewegen sich meist zwischen 2'000 und 5'000 Pflanzen pro Hektar.

Für die Praxis geben die Referenzwerte eine Orientierung in groben Einheiten. Sie sollen aber nicht schematisch angewendet werden, da die Verjüngungssituation z. B. in einem Betrieb je nach Standortbedingungen, Baumartenmischung, Höhenstruktur und Wilddruck stark von den LFI-Referenzwerten abweichen kann. Angesichts des Klimawandels, zunehmender Extremereignisse und politischer Diskussionen um Wildverbiss gewinnt ein langfristiges Monitoring an Bedeutung. Empfohlen werden wiederholte Erhebungen auf identischen Flächen sowie der verstärkte Einbezug von durch LiDAR und Drohnenbefliegungen erhobenen Fernerkundungsdaten. Insgesamt liefert das Projekt wichtige Grundlagen für zukünftige waldbauliche Entscheidungen und die nachhaltige Sicherung der Waldverjüngung in der Schweiz.

1 Einleitung

1.1 Natürliche Verjüngung in Schweizer Wäldern

Seit 1991 werden Waldöffnungen in der Schweiz grundsätzlich durch natürliche Verjüngung wiederbewaldet. Geschieht eine aktive Aufforstung, sind dazu standortgerechte Baum- und Straucharten zu verwenden (Waldgesetz WaG). Vor 1991 war die Situation gänzlich anders (Abb. 1.1.1). Seit dem Beginn systematischer Zählungen von Anpflanzungen um 1895 wurden bis ca. 1970 jährlich über 15 Millionen Bäume ausgepflanzt, der grösste Teil davon Nadelhölzer. Seither haben Aufforstungen kontinuierlich abgenommen und gemäss Statistik des BAFU wurden im letzten Jahrzehnt nur noch etwas mehr als 1 Million Bäume pro Jahr in Wäldern ausgebracht. Gleichzeitig mit dem Übergang von weitverbreiteten Aufforstungen zu primär natürlicher Wiederbewaldung hat mit steigenden Wildtierpopulationen auch der Verbissdruck zugenommen. Zudem fanden nach 1990 drei der vier stärksten Winterstürme seit 1900 – Vivian (1990), Lothar (1999) und Burglind (2018) – und eine Jahrhundertdürre (2018) statt, alles Extremereignisse mit nachfolgend verheerendem Borkenkäferbefall (Wohlgemuth et al 2023). Heute drehen sich die wichtigsten Fragen um klimafitte Baumarten, die Dürren überstehen, nicht von Schadorganismen befallen werden und weiterhin vor Naturgefahren schützen können. Bei all diesen Anforderungen limitieren in vielen Regionen der hohe Wilddruck, der vollständige Kronenschluss (Schatten) und die starke Vegetationskonkurrenz – z. B. Brombeeren, Farne, Hochstauden, Neophyten – das Aufkommen der gewünschten Verjüngung (Kalt et al 2021, von Wattenwyl et al 2023).

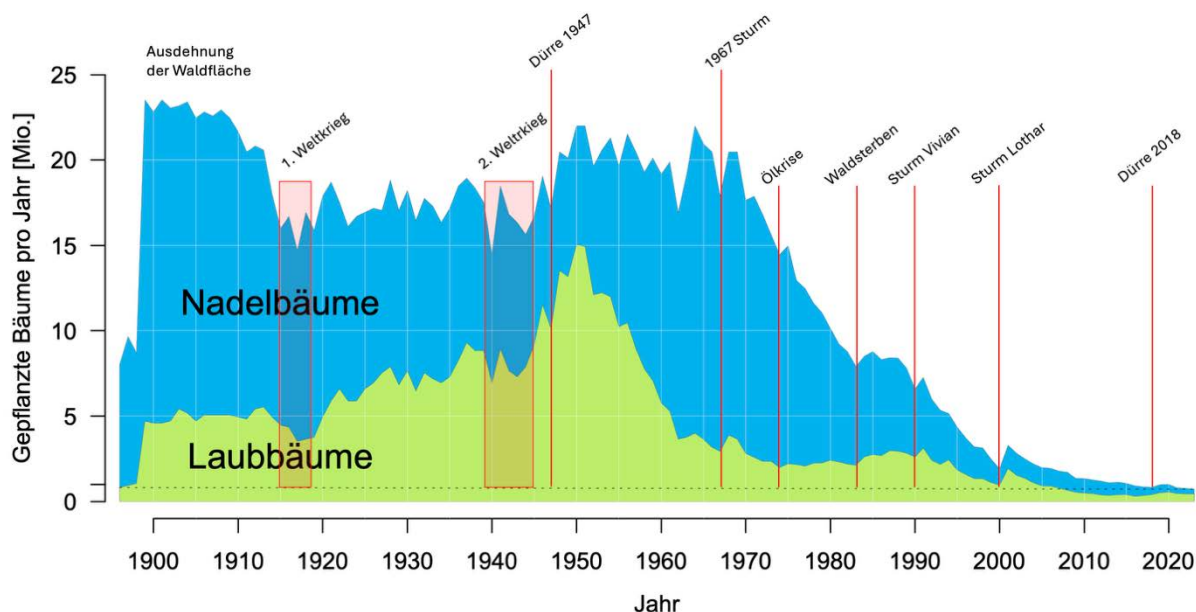


Abb. 1.1.1. Jährlich gepflanzte Bäumchen in Schweizer Wäldern, mit Anteilen von Laub- und Nadelbäumen (Daten © BAFU). Für mehrere Zu- und Abnahmen der Pflanzzahlen sind wichtige Ereignisse angegeben.

Vor dem Hintergrund des Klimawandels kommt der Waldverjüngung eine Schlüsselrolle in der adaptiven Waldbewirtschaftung zu, da über sie langfristige Anpassungen der Baumartenzusammensetzung und Bestandesstruktur gesteuert werden können (Brang et al 2016). Um in Schutzwäldern eine nachhaltige Schutzwirkung zu gewährleisten, wird eine rechtzeitige Waldverjüngung durch gezielte Waldöffnungen angestrebt (Bottero et al 2023, Hobi et al 2025). Die Förderung standortgerechter und resilienter Bestände durch gezielte Verjüngung zählt daher zu den zentralen Aufgaben des klimaadaptiven Waldbaus (Allgaier Leuch et al 2017).

Die Verjüngungsdynamik unterscheidet sich stark zwischen geschlossenen Beständen und aufgelichteten bzw. gestörten Flächen. In dichten, schattigen Wäldern ist die Verjüngung meist gering, ihre Entwicklung verlangsamt und die Baumartenzusammensetzung auf schattentolerante oder

Halbschattenbaumarten beschränkt (Pretzsch 2009). Demgegenüber entstehen in Waldöffnungen – etwa infolge von Störungen oder waldbaulichen Eingriffen – günstige Bedingungen für lichtbedürftige Arten sowie höhere Verjüngungsdichten (Kramer et al 2014, Gauye et al 2023). Die Dynamik ist dabei sehr variabel: Verjüngungsdichten können von unter 500 bis über 100'000 Individuen pro Hektar reichen (Kupferschmid et al. 2019). Diese hohe Variabilität verdeutlicht, dass die Verjüngung stark von lokalen Faktoren wie Lichtverfügbarkeit, Mikroklima, Konkurrenz und Störungsregime abhängt (Brang et al 2015, Nikolova et al 2026). Waldbauliche Eingriffe, beispielsweise in Form von Lückenschlägen, stellen daher ein zentrales Instrument zur Steuerung von Verjüngungsdichte und Baumartenzusammensetzung dar (Glanzmann et al 2019, Zürcher et al 2026).

Eine besondere Herausforderung bildet die Verjüngung von Beständen, in denen die aktuelle Baumartenzusammensetzung nicht optimal an die gegebenen oder zukünftigen Standortbedingungen angepasst ist (Bolte et al 2009, Brang et al 2014). Dies kann die Ausbreitung von zukunftsfähigen Baumarten behindern (Temperli et al 2023). Vor diesem Hintergrund gewinnt die Frage an Bedeutung, welche Verjüngung als zukunftsfähig angesehen werden kann. Neben der Anpassung an aktuelle und zukünftige Standortbedingungen sind dabei insbesondere die Baumartenvielfalt, die strukturelle Diversität sowie die Resilienz gegenüber abiotischen und biotischen Stressoren von zentraler Bedeutung. Die Verjüngungsdynamik wird jedoch nicht allein durch Standort- und Bestandesfaktoren bestimmt, sondern auch massgeblich durch biotische Einflüsse wie z. B. den Wildverbiss (Kupferschmid et al 2019). Dieser stellt in vielen Regionen der Schweiz einen limitierenden Faktor dar, da er sowohl die Entwicklung als auch die Baumartenzusammensetzung der Verjüngung beeinflusst und insbesondere die Etablierung klimaresilienter Baumarten beeinträchtigen kann (Kupferschmid & Angst 2023, Kupferschmid & Frei 2025).

Insgesamt zeigt sich, dass die Waldverjüngung räumlich stark heterogen ist und für ihre Bewertung geeignete Indikatoren sowie spezifische Referenzwerte fehlen (Frehner et al 2005), insbesondere auch zur Beantwortung des Postulats Reichmuth (14.3.2023; <https://www.parlament.ch/de/ratsbetrieb/Abt> 2025). Dazu zählen unter anderem Verjüngungsdichte, Flächenanteile mit Verjüngung, Baumartenzusammensetzung und Höhenstruktur (Nikolova et al 2024). Die Definition solcher Referenzwerte ist entscheidend, um die Verjüngung im Hinblick auf waldbauliche Ziele und die zukünftige Entwicklung von Wäldern beurteilen und Massnahmen ableiten zu können.

1.2 Netzwerke in der Schweiz zum Thema Waldverjüngung

Die Zukunft der Schweizer Wälder hängt massgeblich von der Realisierung der Waldverjüngung in Waldöffnungen ab (Moser et al 2026). In Gebirgswäldern wird gefordert, die waldbaulichen Ziele dem Klimawandel anzupassen, durch Förderung von Lichtbaumarten, Regulation des Wildeinflusses, künstliche Verjüngung und Anpassung der Jungwaldpflege (Zürcher et al 2026). Verschiedene Netzwerke haben sich in den letzten zwei Jahren mit der Thematik der Waldverjüngung beschäftigt.

- Das Netzwerk «Waldverjüngung» von WaldSchweiz, dem u. a. die Schweizerische Gebirgswaldpflegegruppe GWG und der Schweizerische Forstverein angehören, hält im Rahmen des Berichts zum Postulat Reichmuth (14.3.2023) in einem Schreiben von 27. Februar 2026 fest, dass der übermässige Wildeinfluss auf die Waldverjüngung ein nationales Problem darstellt und dass der Bund (BAFU) in der Pflicht steht, im Rahmen der Oberaufsicht die Verantwortung zu übernehmen. Voraussetzung für ein effektives Handeln auf Bundesebene sei der Aufbau eines nationalen Kontrollsystems für die Waldverjüngung und den Wildverbiss.
- Der «Verbund Waldbau Schweiz» (Waldbaufachleute, die in Lehre und Forschung tätig sind) kommt zum Schluss, dass es an einer Synthese von bisherigen Forschungsergebnissen über die Waldverjüngung fehlt und schlägt deshalb eine Auslegeordnung vor, um das bisherige Wissen besser in die Praxis umzusetzen und gleichzeitig Forschungsbedarf zu erkennen.
- Das WSL-Netzwerk «Waldverjüngung / Forest Regeneration» führte im Januar 2026 einen Workshop durch, bei welchem sowohl WSL-Projekte als auch die kantonalen Grossprojekte zum Monitoring von Waldverjüngung in Graubünden und im Wallis präsentiert wurden.

Ausgehend von diesem Workshop wird ein Syntheseprodukt geprüft, das innert 2–3 Jahren realisiert werden kann (Handbuch Waldverjüngung).

1.3 Erhebung der Waldverjüngung: Messung vs. Schätzung

Bei der Waldbewirtschaftung geht es darum, gewünschte Leistungen mit möglichst wirksamen und kostengünstigen Eingriffen bereitzustellen. Von besonderer Bedeutung sind dabei Eingriffe, die eine natürliche Waldverjüngung begünstigen. Entsprechend wird die Verjüngung bei der Planung und Kontrolle von waldbaulichen Eingriffen, in der Waldplanung wie auch in der Jagdplanung regelmässig beurteilt. Allerdings ist die Erfassung und Beurteilung der Verjüngung mit einigen Herausforderungen verbunden (van Beeck Calkoen et al 2023). Es können mehrere Indikatoren für die Beurteilung der Verjüngungssituation unterschieden werden (Nikolova et al 2024): die Verjüngungsdichte (Stammzahl; Sensus oder k-Baum-Methode), der Verjüngungsdeckungsgrad (grossflächig auch Verjüngungsfläche), die Distanz zwischen Verjüngungsansätzen und der Flächenanteil ohne Verjüngung. Die Indikatoren unterscheiden sich insbesondere darin, ob sie mithilfe von Messungen oder von Schätzungen erfasst werden, was Folgen für den Erhebungsaufwand und die Reproduzierbarkeit hat (van Beeck Calkoen et al 2023). Bei der Planung und Kontrolle von waldbaulichen Eingriffen ist in vielen Fällen eine gutachtliche Beurteilung der Verjüngung durch okulare Schätzung ausreichend. Wo die Verjüngungssituation jedoch unklar ist oder kontrovers beurteilt wird, werden gemessene Daten benötigt (Imesch & Kupferschmid 2023).

1.4 Referenzwerte und Benchmarks

Im vorliegenden Projekt wurden Referenzwerte der Verjüngung für die biogeographischen Regionen, die Höhenstufen und die wichtigsten Standorte im (Gebirgs-)Wald berechnet, dargestellt und diskutiert. Die Darstellungen basieren einerseits auf den repräsentativen Daten des Schweizerischen Landesforstinventars (LFI), anderseits auf den verfügbaren kantonalen Erhebungen von kombinierten Verbiss- und Verjüngungserhebungen in systematisch platzierten Stichproben.

Heterogenität der Verjüngung, Benchmarks und Mittelwerte

Ein bekanntes Problem bei der Erhebung von Verjüngungsdaten ist deren grosse Streuung (Wertebereich), die davon herrührt, dass Jungwald (mindestens 10 cm Höhe und bis zu 11.9 cm Brusthöhendurchmesser BHD) sowohl im LFI als auch in kantonalen Inventuren repräsentativ, also in allen Waldbeständen, erhoben wird, unabhängig davon, ob die Bestände dicht oder offen sind, also dunkel oder hell. Dementsprechend variieren die Verjüngungsbedeckungen von 0 bis 100 % oder die Hochrechnungen der Stammzahlen von 0 bis > 1 Mio. Stämme pro Hektar. Unsere Analysen zeigten, dass Benchmarks bzw. Bezugswerte, die für einen Vergleich z. B. der realen Verjüngung in einem Bestand dienen sollen (Prozentangabe) wegen der grossen Heterogenität der zugrundeliegenden Daten nicht trivial abgeleitet werden können.

Vergleich mit dem Benchmarks-Prinzip: Prozentsatz = $\frac{\text{Vergleichswert}}{\text{Bezugswert}}$

So enthalten zum Beispiel ein Drittel der LFI-Jungwaldflächen keine Bäume in der Entwicklungsstufe der gesicherten Verjüngung > 130 cm Höhe und BHD ≤ 11.9 (Abb. 1.1.1; «Nuller-Flächen»). Je Betrachtungseinheit und Jungwaldklasse ist deswegen das untere Quartil oder der Median der Daten oft gleich Null (Kupferschmid & Gmür 2020). Es ist daher möglich und sinnvoll, die Mittelwerte eines Subsets von Stichprobenflächen als Referenzwert für Vergleiche mit anderen Mittelwerten (z. B. andere Stichproben, andere LFI-Subsets) zu verwenden, wobei die Heterogenität bzw. die Häufigkeit fehlender oder karger Verjüngung oder die Häufigkeit und Grössenverteilung von Lücken zu berücksichtigen sind. Die hier angestellten Vergleiche betreffen biogeographische Regionen, Höhenstufen und grobe Waldstandorte.

Für Benchmarks oder Sollwerte (siehe Brang & Nikolova 2020) bedarf es homogener Daten oder Straten. Stratifizierungen mit Blick auf eine Teilmenge der Daten, z. B. die Beschränkung auf Stichprobeflächen mit vorhandener Verjüngung, verkleinern die Grundmenge der Einheiten und damit die Trennschärfe zwischen den vorgesehenen Vergleichseinheiten. Solche Stratifizierungen wurden geprüft, erwiesen sich aber ebenfalls als wenig praktikabel.

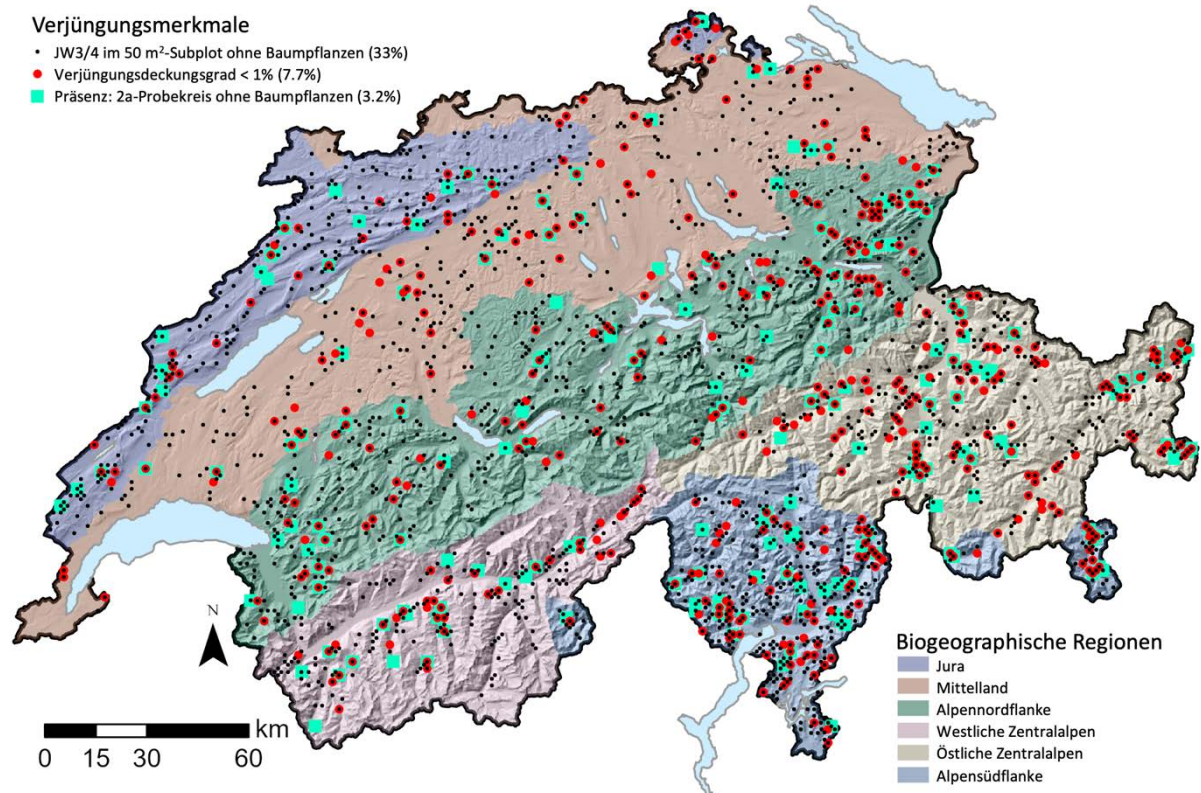


Abb. 1.1.1. Darstellung der Probeflächen im LFI, in denen im LFI4 keine Verjüngung registriert wurde («Nuller-Flächen»). Angegeben sind die Nullwerte in den Jungwald-Klassen 3/4 (schwarze Punkte; gesicherte Verjüngung, gemessen in 50 m²-Subplot), die fehlende Präsenz von Verjüngung (blaue Quadrate; Baumpflanzen ≥ 10 cm Höhe im 2a-Kreis) und der Verjüngungsdeckungsgrad $< 1\%$ (rote Punkte). In Klammern sind die Anteile (in %) der Nullerflächen an der gesamten LFI4-Stichprobe angegeben.

Entwicklung von Verjüngungsindikatoren

Durch Verwendung von LFI-Daten wurden im vorliegenden Bericht Übersichten zur Entwicklung zwischen LFI2 und LFI5 zusammengestellt. Während 20–30 Jahren hat sich der Zustand der Verjüngung je nach Region und je nach Folgen von Extremereignissen z. T. deutlich verändert. Wir dokumentieren sowohl die Unterschiede zwischen den Vergleichseinheiten als auch die zeitlichen Trends und gehen den Ursachen, soweit es unsere Daten zulassen, auf den Grund.

Grenzen des Projekts Benchmarks

Als Grundlagen dienen nationale (LFI) und kantonale Langzeitstudien zur Verjüngungsentwicklung im Schweizer Wald. Diese nationalen Datensätze wurden nicht für die Erreichung der Benchmark-Ziele konzipiert und generiert. Dem Anspruch in der Zielsetzung des Projekts, die Veränderung der Waldverjüngung in Raum und Zeit zu dokumentieren, sind daher durch folgende Umstände Grenzen gesetzt:

- Datenheterogenität (siehe oben): In vielen Stichprobeflächen fehlt die Verjüngung in bestimmten Grössenklassen oder/und für selten vorkommenden Baumarten. Ob dafür strukturelle Gründe vorliegen (Lichtlimitierung in dunklen Beständen) oder ob Verbiss oder extreme

Witterungsereignisse ein Aufkommen verhindern, kann mit den LFI-Daten nicht eindeutig geklärt werden.

- **Limitierter Stichprobenumfang:** Für besondere Fragen zur Exposition, Lückigkeit oder Feingliederung von Waldstandorten reicht der Stichprobenumfang oft nicht für belastbare Auswertungen.

Trotzdem haben wir Kennwerte der realen Verjüngungsdichten im Schweizer Wald – differenziert nach Naturraum (Jura, Mittelland, Alpennord- und Alpensüdflanke, Zentralalpen), Höhenstufen (z. B. montan, hochmontan, subalpin) und groben NaiS-Standorttypen – berechnet und hinsichtlich Jungwald-Grössenklassen (Jungwaldhöhen- und -durchmesserklassen) und Baumarten unterschieden. Infolge wenig aussagekräftiger oder mangelnder Daten zur Waldstruktur (keine in kantonalen Daten) bzw. der oben genannten zwei Umstände fehlen hierzu Aussagen über den Jungwaldzustand weitgehend.

Die Ergründung effizienter Methoden zur Erhebung von Verjüngungsdichten haben wir intensiv diskutiert, in Ermangelung von Ressourcen konnten wir diesen Teil des Projekts nicht weiterverfolgen. In die bevorstehenden Verjüngungsinventuren in den Kantonen Graubünden und Wallis flossen hingegen, dank der Beratung von M. Abegg, A. Kupferschmid, B. Moser und T. Wohlgemuth sowie den Diskussionen im Verjüngungsworkshop vom 20. Januar 2026 an der WSL, wichtige Punkte für eine optimierte und harmonisierte Neuerhebung von Verjüngungsdaten in den beiden Kantonen ein.

Eine weitere vom WHFF-CH finanzierte Studie (Projekt Monexä 2024–2026; Nikolova & Glatthorn) adressiert genau diese Fragestellung und entwickelt eine effiziente, schweizweit anwendbare stammbasierte Methode zur Erfassung des Verjüngungserfolgs. Die Aufnahmen werden zudem mit einer projektspezifischen Software unterstützt.

1.5 Projektfragen

Standortsspezifische Referenzwerte: Benchmarks

Erarbeitung von standortsspezifischen Referenzwerten bzw. Bandbreiten (Benchmarks) für Verjüngungsdichten insbesondere im Gebirgswald, aufgeschlüsselt nach groben Waldeinheiten (z. B. grob gemäss NaiS; Frehner et al 2021), Regionen (Voralpen vs. Zentralalpen), Höhenstufen, Expositionslagen im Gelände (grob Nord- vs. Südlage) und Waldstruktur (Basalfläche).

→ **Antworten dazu als Referenzwerte für die gesamte Schweiz (Mittelwerte, Benchmarks)**

Vorbereitung von App-Grundlagen

Vorbereitung von Grundlagen für eine einfache Anwendung (App), die für die aktuelle Verjüngungssituation im konkreten Bestand (Input) eine Einordnung in Verjüngungsbandbreiten von groben Waldeinheiten ermöglicht, zum Beispiel als Position innerhalb von Bandbreiten bekannter Verjüngungsdichten (Output; z. B. «oberhalb des Medians in diesen Höhenlagen» oder «im oberen Quartil für hochmontane Wälder»).

Die Einbettung der Grundlagen in eine bestehende App wie Tree App oder Moti bedingt eine Zusatzfinanzierung mit Drittmitteln und entsprechende Einbindung der Programmierung.

→ **Grundlagen wurden erarbeitet; Weiterentwicklungen im laufenden WHFF-Projekt Monexä**

Wissenstransfer und Produkte

Dokumentation der Ergebnisse, z. B. in Schweiz. Zeitschrift für Forstwesen, als Kurzversion auch in Wald und Holz; Vorstellung der Methode in der Gebirgswaldpflegegruppe und in der Arbeitsgruppe Waldplanung und -management.

→ **Antworten wurden in einem SZF-Artikel publiziert (Wohlgemuth et al 2026), eine englische Publikation (Molteni et al., eingereicht) und ein WSL-Merkblatt für die Praxis oder ein WSL-Bericht sind in Vorbereitung.**

2 Material und Methoden

2.1 Indikatoren, Einschränkungen, Einflussfaktoren

2.1.1 Landesforstinventar

Das Schweizerische Landesforstinventar, das von der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft zusammen mit dem BAFU als langfristig angelegtes Instrument zur Waldbeobachtung 1983 gestartet wurde, erfasst seit mehr als 40 Jahren den Zustand und die Veränderung der Wälder in der Schweiz (Brändli et al 2020a). Derzeit wird die letzte von neun Jahresinventuren des LFI5 durchgeführt. Die hier vorgestellten vier Indikatoren zur Waldverjüngung (Abb. 1) betreffen die Inventuren LFI2, LFI3, LFI4 und einen Teil von LFI5 mit 3056 Probeflächen (5 von 9 Jahresinventuren).

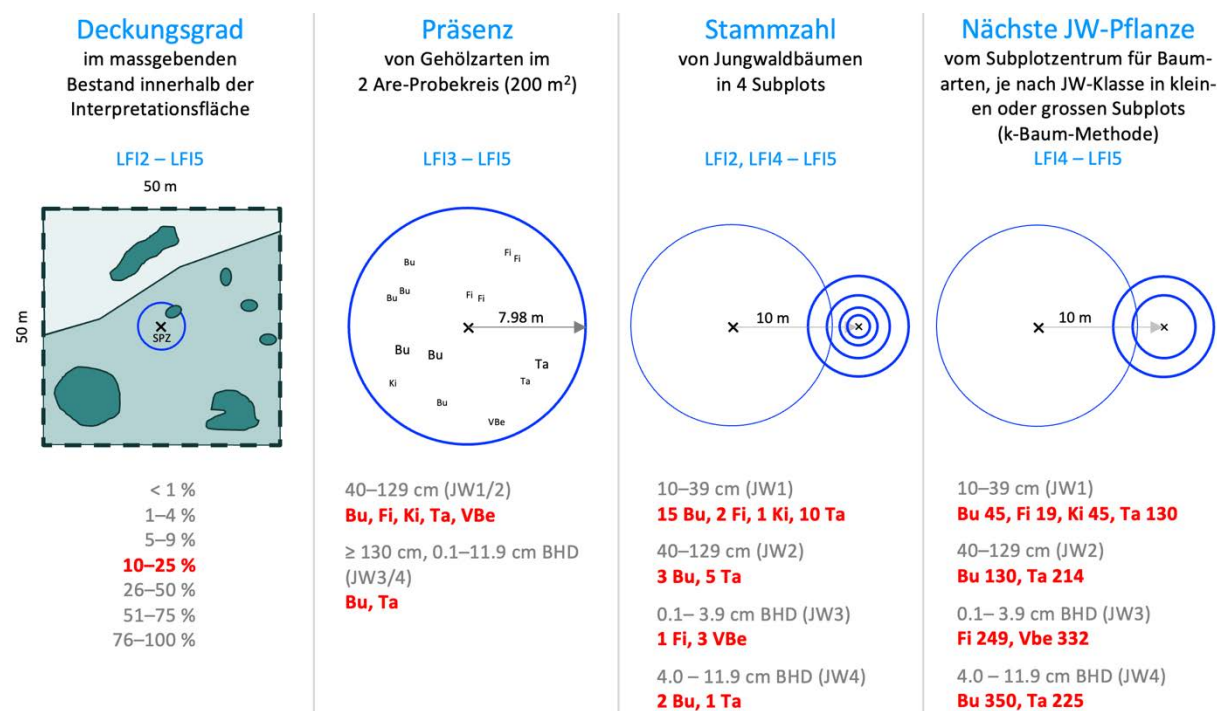


Abb. 2.1.1. Die vier Verjüngungsmerkmale des LFI mit Beschreibung der Methode, Laufzeit und Beispielsdaten (rot hinterlegt)

A Deckungsgrad der Verjüngung

Seit dem LFI2 wird im massgebenden Bestand der Verjüngungsdeckungsgrad geschätzt. Der massgebende Bestand ist jener Bestand, in dem sich das Stichprobenzentrum befindet. Die Schätzung bezieht sich auf den Anteil dieses Bestandes innerhalb der 50 m x 50 m Interpretationsfläche. Als Verjüngung gelten alle lebenden Laub- und Nadelbäume (ohne Sträucher) mit einer Höhe von mindestens 10 cm und einem BHD von maximal 11.9 cm (Düggelin et al 2020). Für den massgebenden Bestand wird der Verjüngungsdeckungsgrad des Jungwalds in Prozentklassen geschätzt. Hierfür werden die aus Vegetationsaufnahmen bekannten Braun-Blanquet-Klassen verwendet (Braun-Blanquet 1964): < 1 %, 1–4 %, 5–9 %, 10–25 %, 26–50 %, 51–75 %, 76–100 %. Insbesondere im Gebirgswald sind solche Schätzungen des Verjüngungsdeckungsgrads bzw. der Prozentklasse üblich (z.B. im Rahmen von NaiS; Frehner et al 2005).

Seit dem LFI3 wird zusätzlich auch der Deckungsgrad der gesicherten Verjüngung, also Jungwald ab einer Höhe von 130 cm bis zu einem BHD von maximal 11.9 cm, bestimmt. Der Deckungsgrad der gesicherten Verjüngung ist somit eine Teilmenge des Verjüngungsdeckungsgrades im massgebenden Bestand. Für die Auswertungen nach biogeographischen Regionen, Höhenstufen und groben

Waldstandorten wurden ausschliesslich Probeflächen berücksichtigt, für welche bis 2022 Daten aus der laufenden LFI-Inventur (LFI5) vorlagen. Dies entspricht den ersten 5 von 9 Jahresinventuren bzw. insgesamt 3056 Probeflächen, welche vom LFI2 bis zum LFI5 wiederholt erhoben wurden.

B Präsenz von Gehölzarten

In den Inventaren LFI3, LFI4 und LFI5 wurden im 200-m²-Probekreis alle Baumarten der Jungwald-Grössenklassen JW2 (40–129 cm) und JW3 und 4 (≥ 130 cm und BHD 0.1–11.9 cm) erfasst. Pro Baumart und Grössenklasse wurde jeweils erfasst, ob ein Individuum vorhanden ist, sodass die Daten als Präsenz/Absenz (1/0) vorliegen. Dieser Ansatz eignet sich besonders zur Erfassung seltener Baumarten, da die Referenzfläche viermal grösser ist als diejenige der Stammzählerhebungen im LFI (max. 50 m²; siehe nächstes Unterkapitel). Aussagen zur Verjüngungsdichte sind mit diesen Daten jedoch nicht oder nur sehr eingeschränkt möglich. Die Analyse beschränkte sich auf Probeflächen im zugänglichen Wald (ohne Gebüschwald), die in allen drei Inventuren erhoben wurden. Da im LFI5 bisher nur Daten aus 5 von 9 Jahresinventuren (2018–2022) vorliegen, reduziert sich die Stichprobe entsprechend. Unsere Analyse berücksichtigte sieben Waldtypen, die zusammen 82 % aller Probeflächen in den Wäldern der Schweiz abdecken: Eichenwälder, Buchenwälder, Tannen-Buchenwälder, Tannen-Fichtenwälder, hochmontane Fichtenwälder, subalpine Fichtenwälder sowie Lärchen- und Arvenwälder. Der finale Datensatz umfasst 2377 Probeflächen pro Inventur und basiert auf rund 5/9 der Probeflächen des LFI (Abb. 2.1.1).

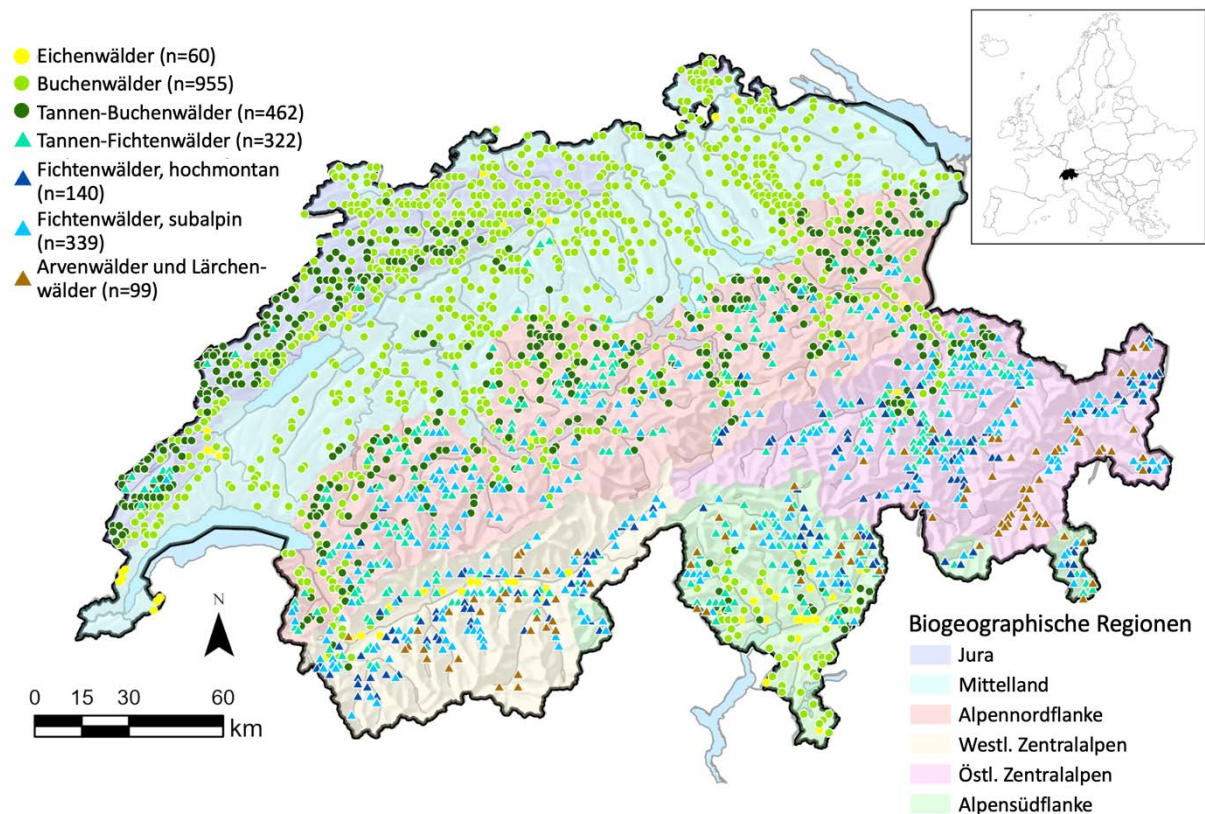


Abb. 2.1.2. Räumliche Verteilung der sieben ausgewählten Waldtypen in der Schweiz (farbige Symbole), basierend auf 5/9 der Probeflächen des Schweizerischen Landesforstinventars (LFI5 2018–2022), mit den biogeographischen Regionen als Hintergrund

Zur Analyse zeitlicher Trends der Baumartenpräsenz wurden generalisierte Schätzgleichungen (GEEs, R-Paket geepack) verwendet (Agresti 2002, Halekoh et al 2006, Hardin & Hilbe 2012). GEEs sind eine Erweiterung generalisierter linearer Modelle für longitudinale Präsenzdaten, welche nicht zeitlich unabhängig sind. Die binäre Antwortvariable (Präsenz/Absenz) wurde als Funktion der Zeit modelliert.

Um die Interpretation der Modellergebnisse zu erleichtern, wurde das Erhebungsjahr auf das Startjahr der Analyse (2004) zentriert, sodass der Intercept (y-Achsenabschnitt) die Ausgangs-Log-Odds repräsentiert. Zur Berücksichtigung wiederholter Messungen wurde die Probefläche als Gruppenvariable definiert, innerhalb welcher zeitlich wiederholte Messwerte enthalten sind. Dies basiert auf der Annahme, dass zeitlich näher beieinanderliegende Beobachtungen derselben Probefläche stärker korrelieren als zeitlich weiter auseinanderliegende. Es wurde eine Standardverteilung für Präsenz-/Absenzdaten in Generellen Linearen Modellen verwendet (Binomialverteilung mit Logit-Link in GLMs oder auch GEEs).

Zur Identifikation erklärender Faktoren der beobachteten zeitlichen Trends wurden die Basismodelle jeweils um eine von fünf erklärenden Variablen erweitert: 1) Basalfläche ($\text{m}^2 \text{ ha}^{-1}$), 2) Artenreichtum der Bäume mit $\text{BHD} \geq 12 \text{ cm}$ im 200-m^2 -Probekreis, 3) grösste Kronenlücke in m^2 auf der 50-m-mal-50-m -Interpretationsfläche, 4) Anzahl Jahre seit dem letzten forstwirtschaftlichen Eingriff, basierend auf Hinweisen im massgebenden Bestand und 5) mittlere Jahrestemperatur (Killing et al 2024). Für Grundfläche, Artenreichtum, Lückengrösse und Temperatur wurden die Variablen in zwei Komponenten zerlegt: (1) der Mittelwert des Parameters einer Probefläche über alle Erhebungszeitpunkte (Vergleich zwischen Probeflächen), und (2) die zeitliche Abweichung des Parameters einer Probefläche vom jeweiligen Parametermittelwert (Vergleich innerhalb einer Probefläche über die Zeit). Die erweiterten Modelle hatten die Formel:

$$\text{logit}(P_{it}) = \beta_0 + \beta_1 * \text{Zeit}_{it} + \beta_2 * \text{Treiber}_{\text{mean},i} + \beta_3 * \text{Treiber}_{\text{dev},it}$$

wobei β_0 den y-Achsenabschnitt (Log-Odds der Präsenz im Startjahr 2004), β_1 den zeitlichen Trend, β_2 den zwischenparzellären Effekt des Treibers (Unterschiede zwischen Probeflächen basierend auf deren Mittelwert) und β_3 den innerparzellären Effekt (zeitliche Abweichung vom Probeflächenmittelwert) beschreibt; P_{it} ist die Auftretenswahrscheinlichkeit einer Baumart auf Probefläche i zum Zeitpunkt t .

Für jede der 42 Kombinationen aus Baumart, Waldtyp und Grössenklasse wurden fünf Modelle (eines für jeden Treiber) geschätzt. Die Modellauswahl erfolgte anhand des Quasi-Likelihood-Informationskriteriums (QIC), nach Ausschluss von Modellen mit Variance Inflation Factor (VIF) ≥ 10 (Anzeichen für Probleme mit Multikollinearität). Anschliessend wurde gezählt, wie häufig jeder Treiber als bestes Modell ausgewählt wurde.

C Stammzahl von Jungwaldbäumen

Auf den Subplots der Probeflächen des LFI wird die Verjüngung – Bäume und Sträucher von 10 cm Höhe bis zu einem BHD von 11.9 cm – auf Kreisflächen unterschiedlicher Grösse erfasst. Aus den artspezifischen Zählungen nach Grössenklassen lassen sich Stammzahlen (Stämme pro Hektare) berechnen.

Inventuren, Grössenklassen und Aufnahmekreise

Für die Analyse der Verjüngungsdynamik wurden Daten aus dem zugänglichen Wald ohne Gebüschwald der Inventare mit fixen Verjüngungsaufnahmekreisen (Subplots) verwendet (Tab. 2.1.1): LFI2 (1993–1995; 5633 Probeflächen), LFI4 (2009–2017; 5955 Probeflächen) und LFI5 (2018–2022; 3358 Probeflächen). Im LFI5 sind bislang fünf von neun Jahresinventuren verfügbar (56 %). Da jede Jahresinventur repräsentativ ist, bleiben Vergleiche mit früheren LFI unverzerrt, weisen jedoch eine höhere Unsicherheit bei der Mittelwertabschätzung auf. Die vorliegende Analyse berücksichtigt drei harmonisierte Jungwaldklassen: JW1 (10–39 cm Höhe; Anwuchs), JW2 (40–129 cm Höhe; Aufwuchs) und JW34 ($\geq 130 \text{ cm}$ Höhe mit BHD bis 11.9 cm; Dickung). Die Jungwaldaufnahme erfolgte in Subplots, die 10 m vom Probeflächenzentrum entfernt platziert sind und aus konzentrischen Kreisen bestehen. Zwischen den Inventuren variieren sowohl Anzahl als auch Fläche dieser Kreise: Im LFI2 wurden je zwei Subplots mit Radien von 1.0 m (JW1) bzw. 2.12 m (JW2/3/4) verwendet. In LFI4 und LFI5 wurden die Radien differenziert angepasst (Radien von 0.9 m für JW1, 1.5 m für JW2, 2.5 m für JW3 und 4.0 m für JW4). Die Analyse beschränkt sich auf Baumarten. Berücksichtigt wurde sowohl die natürliche Verjüngung

(84 % für LFI2; je 90 % für LFI4 und LFI5) als auch gemischte, gepflanzte und nicht kategorisierte Verjüngung (16 % für LFI2; je 10 % für LFI4 und LFI5).

Tab 2.1.1. Anzahl berücksichtigter Probeflächen in den verschiedenen biogeographischen Regionen, den Höhenstufen der westlichen und östlichen Zentralalpen und den zwei Waldstandorttypen Tannen-Fichten- und Fichtenwäldern. Kursiv sind jene Höhenstufen dargestellt, in welchen die Anzahl Probeflächen die Minimalanzahl von 40 unterschreitet (keine gesicherten Aussagen möglich). In den «Nuller»-Spalten sind die prozentualen Anteile an Probeflächen dargestellt, in denen keine Verjüngung in allen Subplots vorhanden war, und in Klammern zudem die Nuller-Prozente pro Subplot für die drei Grössenklassen (JW1, JW2, JW3 und 4).

	LFI2	Nuller^{G1-G2-G3}	LFI4	Nuller^{G1-G2-G3}	LFI5^{5/9}	Nuller^{G1-G2-G3}
Schweiz	5633	15 (48-37-35)	5955	20 (61-61-33)	3358	21 (61-62-35)
Jura	953	7 (27-28-30)	960	12 (44-48-26)	519	13 (47-50-27)
Mittelland	1298	8 (33-31-29)	1288	10 (49-49-26)	726	11 (48-48-25)
Alpen Nordflanke	1514	14 (50-38-34)	1596	17 (60-58-30)	920	18 (57-59-32)
Westl. Zentralalpen	466	19 (64-40-35)	524	25 (72-75-35)	300	34 (75-76-45)
Östl. Zentralalpen	691	26 (68-45-55)	767	31 (78-70-41)	437	31 (77-72-43)
Alpensüdflanke	711	24 (67-51-41)	820	36 (78-81-46)	456	36 (78-82-70)
Westl. Zentralalpen	466		524		300	
<i>kollin</i>	53	8 (45-25-27)	56	4 (52-53-16)	34	15 (44-65-24)
<i>submontan</i>	4	25 (25-25-25)	4	0 (75-25-0)	2	0 (50-0-0)
<i>untermontan</i>	17	6 (47-29-24)	19	11 (47-79-16)	10	0 (80-80-10)
<i>obermontan</i>	10	10 (60-30-10)	10	20 (60-70-30)	8	0 (75-62-12)
hochmontan	238	16 (67-42-43)	258	25 (69-71-36)	143	37 (75-75-50)
subalpin	144	30 (76-53-49)	174	36 (86-86-43)	99	43 (86-53-52)
<i>keine Angabe</i>			3	0 (100-100-0)	4	50 (100-75-50)
Östl. Zentralalpen	691		767		437	
<i>kollin</i>	3	0 (0-0-0)	3	33 (67-67-33)	2	0 (50-100-50)
<i>submontan</i>	18	6 (39-28-28)	20	20 (50-55-30)	11	9 (36-64-18)
<i>untermontan</i>	38	5 (50-47-16)	38	21 (66-55-36)	21	33 (67-57-33)
<i>obermontan</i>	46	15 (52-43-28)	47	17 (74-60-32)	30	33 (70-67-47)
hochmontan	295	25 (68-42-46)	323	29 (74-68-41)	179	28 (70-69-42)
subalpin	276	33 (85-64-59)	312	37 (86-76-46)	179	35 (87-78-45)
<i>keine Angaben</i>	15	27 (67-67-40)	24	29 (79-79-38)	15	33 (93-80-47)
Standorttypen						
Tannen-Fichtenwälder	575	21 (63-41-45)	591	25 (68-65-38)	329	25 (66-69-50)
Fichtenwälder	814	27 (67-67-40)	905	32 (80-74-43)	499	35 (78-74-47)

Vergleichseinheiten

Das LFI liefert Ergebnisse für die gesamte Schweiz sowie die biogeographischen Regionen Jura, Mittelland, Alpen Nordflanke, westliche bzw. östliche Zentralalpen und Alpensüdflanke (Brändli et al 2020a). Wir präsentieren Verjüngungstrends für diese Regionen, für die verschiedenen Höhenstufen in den Zentralalpen (Abb. 2.1.2) sowie für die Waldstandorttypen Tannen-Fichtenwald und Fichtenwald (Scherrer et al 2023). Die Stammzahlen pro Baumart und Grössenklasse (Stämme pro Hektare) basieren auf Hochrechnungen von Subplots unterschiedlicher Grösse (Radien 0.9–4.0 m). Entsprechend variiert die Abstufung der Werte stark: Ein Individuum entspricht je nach Subplotgrösse zwischen 199 und 3937 Stämmen pro Hektare. Die resultierenden Verteilungen der Stammzahlen pro Hektare sind stark rechtschief und durch einen hohen Anteil an Nullwerten geprägt, da viele Subplots keine Verjüngung

aufweisen, während wenige sehr hohe Werte liefern. Der arithmetische Mittelwert ist daher empfindlich gegenüber Extremwerten. Zur Schätzung der Unsicherheit wurde der Standardfehler mittels Bootstrapping (1000 Wiederholungen) bestimmt. Dabei wurden die Subplotwerte mit Zurücklegen gezogen und jeweils die Mittelwerte berechnet; deren Standardabweichung dient als Schätzung des Standardfehlers. Da die Verteilung dieser Mittelwerte näherungsweise normal ist, wurden Unterschiede zwischen Vergleichseinheiten direkt auf Basis der Mittelwerte und Standardfehler unter Annahme der Normalverteilung beurteilt (also paarweise t-Tests gerechnet). Das Signifikanzniveau wurde zur Berücksichtigung multipler Vergleiche entsprechend angepasst. Höhenstufen in biogeographischen Regionen mit weniger als 40 Probeflächen wurden aufgrund unzureichender Stichprobengröße von der Analyse ausgeschlossen.

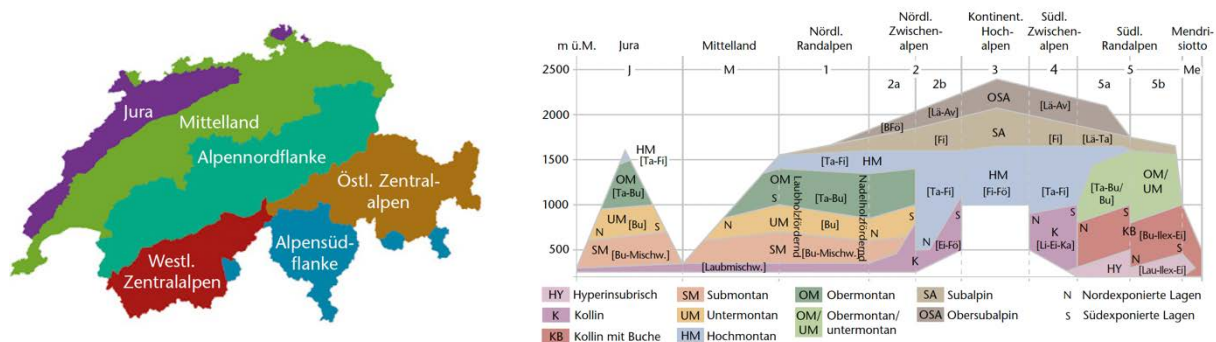


Abb. 2.1.2. Biogeographische Regionen der Schweiz (BAFU 2022; angepasst) und Höhenstufen gemäss ARGE Frehner et al (2020)

Darstellung als Säulenplots und Boxplots

Die Stammzahlen sind sowohl als Säulendarstellung wie auch als Boxplots dargestellt. In den Säulenplots sind die Standardfehler als vertikale Striche zur besseren Lesbarkeit nur oberhalb des Mittelwerts angegeben. Falls grosse Fehler die Graphenskalierung beeinträchtigen, sind die Fehlerstriche ausnahmsweise unterhalb des Mittelwerts eingezeichnet. In den Boxplot-Darstellungen sind dagegen die Perzentile oberhalb und unterhalb des Mittelwerts eingetragen, mit breiten Linien für 50 % der der vom Mittelwert erwarteten Stammzahlen (25stes bis 75stes Perzentil) und mit dünnen Linien für 95 % der erwarteten Mittelwerte (Konfidenzintervall; 2.5-Perzentil bis 97.5-Perzentil).

Einflussfaktoren der Stammzahlen

Wichtige Einflussfaktoren für die Variabilität der Baumverjüngung sind die Länge der Vegetationsperiode bzw. die Temperaturlimitierung (Körner et al 2016) und die Lichtverfügbarkeit (Bugmann 2001). Je länger die Vegetationsperiode, desto mehr Baumarten können im Verlauf eines Jahres keimfähige Samen bilden, weshalb die Baumartenvielfalt in höheren Lagen geringer ist als in tieferen Lagen (vgl. Brändli 1996). Ob sich dieser Gradient auch in den Stammzahlen pro Hektare und Artzusammensetzung der Baumverjüngung zeigt, wurde anhand der mittleren Jahrestemperatur (1981–2010; Külling et al. 2024) untersucht. Für eine erfolgreiche Verjüngung ist zudem Licht entscheidend. Lichtungsschläge oder Waldöffnungen fördern daher die Verjüngung. Als Mass für die Bestandesdichte und damit indirekt für die Lichtverfügbarkeit wurde die Basalfläche verwendet und mit der Verjüngungsdichte verglichen. Die Basalfläche entspricht der Summe der Stammquerschnittsflächen aller im 5a-Kreis erfassten Bäume auf 1.3 m Höhe (BHD-Messtelle; Düggelein et al 2020). Sie ist ein Indikator für die Bestandesdichte und ein wesentlicher Faktor in der Berechnung des Vorrats (Brändli et al 2020a). Eine Auswertung mit Prüfstatistik ist in Bearbeitung; für diesen Bericht beschränken wir uns auf graphische Darstellungen.

D Nächste Jungwaldpflanze

Im Unterschied zur Stammzahlerfassung und -quantifizierung ist die Zielgrösse bei der Methode des nächsten Laub- oder Nadelbaums die Waldfläche mit einer Mindest-Verjüngungsdichte. Das heisst, die Dichte wird approximiert über mindestens 1 Baum / Fläche, wobei die Fläche von der Distanz des Baumes abhängt. Eine Unterscheidung nach Baumart ist mit der aktuellen Methode des LFI nicht möglich, jedoch ab LFI6 durch die Erweiterung der aktuellen Methode gewährleistet. Notiert werden im Subplot mit Radius 2.5 m der nächste Baum der Jungwaldklasse 1 mit 10-39 cm Grösse, und im Subplot mit Radius 5.0 m je die nächsten Bäume in den Jungwaldklassen 2 (0,40–1,29 m), 3 ($\geq 1,30$ m und BHD 0,1–3,9 cm) und 4 ($\geq 1,30$ m und BHD 4,0–11,9 cm). Als Vergleichseinheiten dienen die biogeographischen Regionen sowie die Höhenstufen innerhalb der einzelnen biogeographischen Regionen.

2.1.2 Kantonale Verjüngungsdatensätze

Im Projekt «Überblick über den landesweiten Wildeinfluss und die Verbissintensität», das vom Schweizerischen Forstverein in Auftrag gegeben wurde, trugen Esther Frei und Andrea D. Kupferschmid 2025 die neusten Daten aus kantonalen Stichprobeninventuren zusammen (Kupferschmid & Frei 2025). Diese Datensätze werden hier genutzt, um die Verjüngungsdichten häufiger Baumarten (Stammzahlen) darzustellen. Die Erhebungsmethoden sind in Tabelle 2.1.2 beschrieben. In den Kantonen FR, NE, SZ, OW und beide Appenzell wurden die Stichprobeflächen systematisch über die Waldfläche des Kantons angelegt (graue Schraffur in Tabelle 2.1.2). In vielen Kantonen liegen hingegen keine kantonsweiten Daten in Probeflächen vor, sondern nur lokale Stichproben in ausgewählten Waldgebieten, die sogenannten Indikatorflächen (Rüegg 1999) bzw. für den Kanton Graubünden die Daten aus dem Teilprogramm 1 (Vanoni 2024). Im Kanton Graubünden existieren Angaben zum Walddtyp und zur Beschattung, dies im Gegensatz zu den anderen kantonalen Inventuren.

Für jeden Kanton wurden die aktuellsten zur Verfügung gestellten Daten genutzt (Tabelle 2.1.2). Im Gegensatz zur Publikation (Kupferschmid & Frei 2025) wurden hier aber auch Daten integriert, die vor 2020 erhoben worden sind. Zum Beispiel stammen die Daten aus dem Kanton Neuenburg aus dem Jahre 2018. Nicht die aktuelle Situation steht hier im Vordergrund, sondern vielmehr die möglichst breit abgestützten Informationen zur Verjüngungsdichte.

In den Kantonen mit systematisch verteilten Probeflächen wurden nach Möglichkeit die räumlichen Einheiten der Kantone verwendet, also Forstkreise im Kanton FR, Regionen in Appenzell etc. Zur graphischen Darstellung wurden in FR die Forstkreise eingefärbt. Bei den anderen Kantonen wurden anhand der Koordinaten der Probeflächen auf den Kanton zugeschnittene Polygone gezeichnet (R-Funktion `st_intersection`) und die anderen Einheiten ausgeschnitten (`st_difference`). Dabei wurde nicht auf die Waldfläche reduziert. Obwohl die Daten der meisten Kantone in unterschiedlich definierten Baumgrössenklassen vorlagen, wurden jeweils die Daten der Baumhöhen von 10–130 cm zusammengefasst, um eine grösstmögliche Vergleichbarkeit zwischen den Kantonen zu ermöglichen.

Tab. 2.1.2: Informationen zu den kantonalen Stichprobeninventuren. Die Probeflächen (PF) sind entweder systematisch über den Kanton verteilt («syst.», graue Schattierung) oder in ausgewählten Waldflächen angelegt («IF» Indikatorflächen, «TP1» Teilprogramm 1 Kt. Graubünden). Bei den systematisch verteilten PF ist zusätzlich die Maschenweite des Stichprobennetzes «NETZ» angegeben. Alle PF sind Kreise mit einem angegebenen «Radius». Radius 2 oder 5 steht für $r=2$ m in den Tieflagen bzw. $r=5$ m in den höheren Lagen. Zumeist wurde nicht der Vollkreis aufgenommen, sondern artunabhängig nach einer bestimmten Anzahl Bäumchen abgebrochen (Abbruch), wobei z. T. bis zu einem bestimmten Sektor (z. B. 0–90°) zu zählen war. Mit «Ei-Vb» wird angegeben, ob entweder die Eiche (Ei), die Vogelbeere (Vb) oder die Summe der beiden Arten (Ei-Vb) in den Graphiken integriert ist. Der Kanton FR hat versetzt zum Netz des Schweizerischen Landesforstinventars jeweils 5 PF angelegt und zusätzlich auch Transekte mit PF definiert. Die Grunddaten stammen aus Tab. 2 in Kupferschmid & Frei (2025), mit Ergänzungen in rot.

Kanton	Methode	Zeitpunkt der Letzttaufnahme	Anzahl IF oder Regionen	Netz	Radius [m]	Abbruch	Ei-Vb
AI	sys.	2024	2: «Hochwildjagd- und Banngebiet», «Übriges Jagdgebiet + Oberegg»	600 m	2	30 Pfl.	Vb
AR	sys.	2024	3: Hinterland, Mittelland, Vorderland	200 m	2	30 Pfl.	Vb
BE	IF	2020	4		2 oder 5	30 Pfl.	Vb
BLBS	IF	2022	8		2	30 Pfl.	Ei
FR	sys.	2022+2023	4: Forstkreis 1 bis 4	LFI plus	3 oder 5	60 Pfl.	Ei-Vb
GE	IF	2021	6		4	100 Pfl.	Ei
GL	IF	2019 + 2023	2+8		5	30 Pfl.	Vb
GR	TP1	2018-2020-2023	43+129		2 oder 5	Vollkreis	Vb
JU	IF	2020	1		5	30 je Art	-
LU	IF	2023	9		2	30 Pfl.	Vb
NW	IF	2023	1		5	30 Pfl.	Vb
OW	sys.	2022-2024	5: Engelberg, Sarneraatal West und Ost je obere und untere Lagen	400 m	2 oder 5	30 Pfl.	Vb
SO	IF	2023	11		2	30 Pfl.	Ei
SZ	IF	2019	11		2	30 Pfl.	Vb
SZ	sys.	2024	4: Ausserschwyz, Mitte, Muota, Rigi	500 m	2	30 Pfl.	Vb
TG	IF	2023 + 2024	22		2	30 Pfl.	Ei
UR	IF	2022	5		2 oder 5	30 Pfl.	Vb
VD	IF	2014-2020-2023	9+9		4	100 Pfl.	Ei-Vb
VS	IF	2020+2022	34		2 (oder 5)	30 Pfl.	Vb
ZG	IF	2023+2024	5		2	30 Pfl.	Vb
ZH	IF	2019+2023	7+34		2	30 Pfl.	Ei
Total	IF + TP1	2014-2020-2024	72+286=358				

3 Resultate

3.1 Deckungsgrad der Verjüngung

Im landesweiten Überblick über die Verjüngungsdeckungsgrade von 3056 Probeflächen weisen zwischen 34 % (LFI5) und 41 % (LFI2) dieser Probeflächen Deckungsgrade von >25 % und rund 20 % der Probeflächen eine solche von >50 % auf. In allen Inventuren hatten mehr als 90 % der Probeflächen einen Verjüngungsdeckungsgrad ≥ 1 % mit einem Höchstwert von 96 % im LFI3. Die Werte der gesicherten Verjüngung waren generell sehr konstant, mit leicht mehr Flächen mit >50 % Deckung im LFI4 (Abb. 3.1.1). Der Anteil der Probeflächen mit einem Verjüngungsdeckungsgrad >25 % (Jungwald total) reduzierte sich von LFI2 bis LFI5 um rund 7 %, bzw. von 41 % auf 34 %.

Die Unterschiede der Verjüngungsdeckungsgrade in den biogeographischen Regionen sind deutlich markanter (Abb. 3.1.2). So kontrastieren die grossen und zunehmenden Jungwalddeckungen im Jura und im Mittelland – die Hälfte aller Probeflächen mit mehr als 25 % Jungwald – mit den deutlich niedrigeren Deckungen in den anderen Regionen, wo zudem ein abnehmender Trend von LFI2 bis LFI5 vorherrscht. In den Zentralalpen und auf der Alpensüdflanke erreichten im LFI5 nur 10–15 % aller Probeflächen einen Verjüngungsdeckungsgrad oder einen Deckungsgrad der gesicherten Verjüngung von mehr als 25 %.

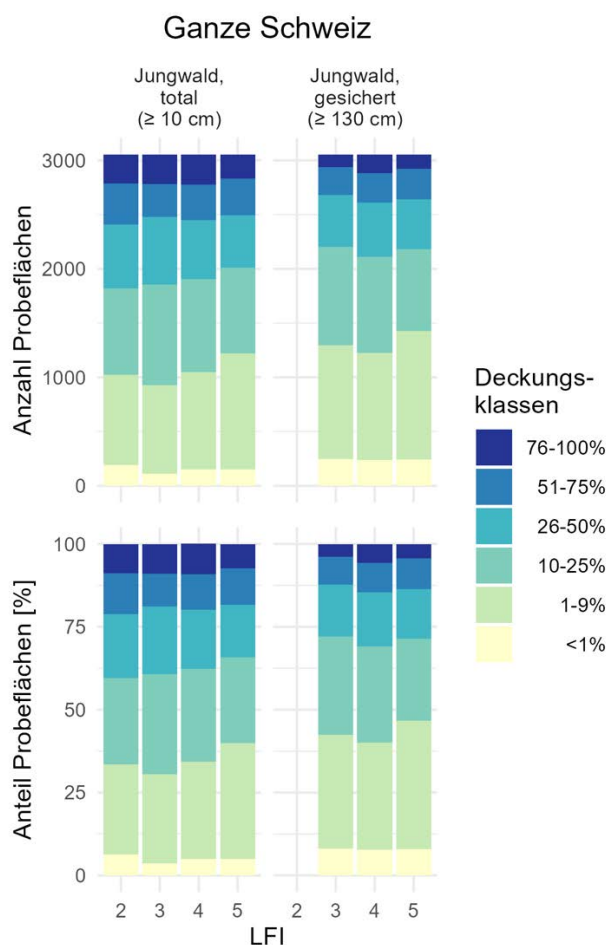


Abb. 3.1.1. Entwicklung des Verjüngungsdeckungsgrades von LFI2–LFI5, für den Jungwald ≥ 10 cm und für den gesicherten Jungwald ≥ 130 cm (Werte für LFI2 nicht verfügbar) für 3056 Probeflächen, die 5 von 9 Jahresinventuren im LFI5 entsprechen; ohne Gebüschwald

Ganze Schweiz nach biogeographischen Regionen

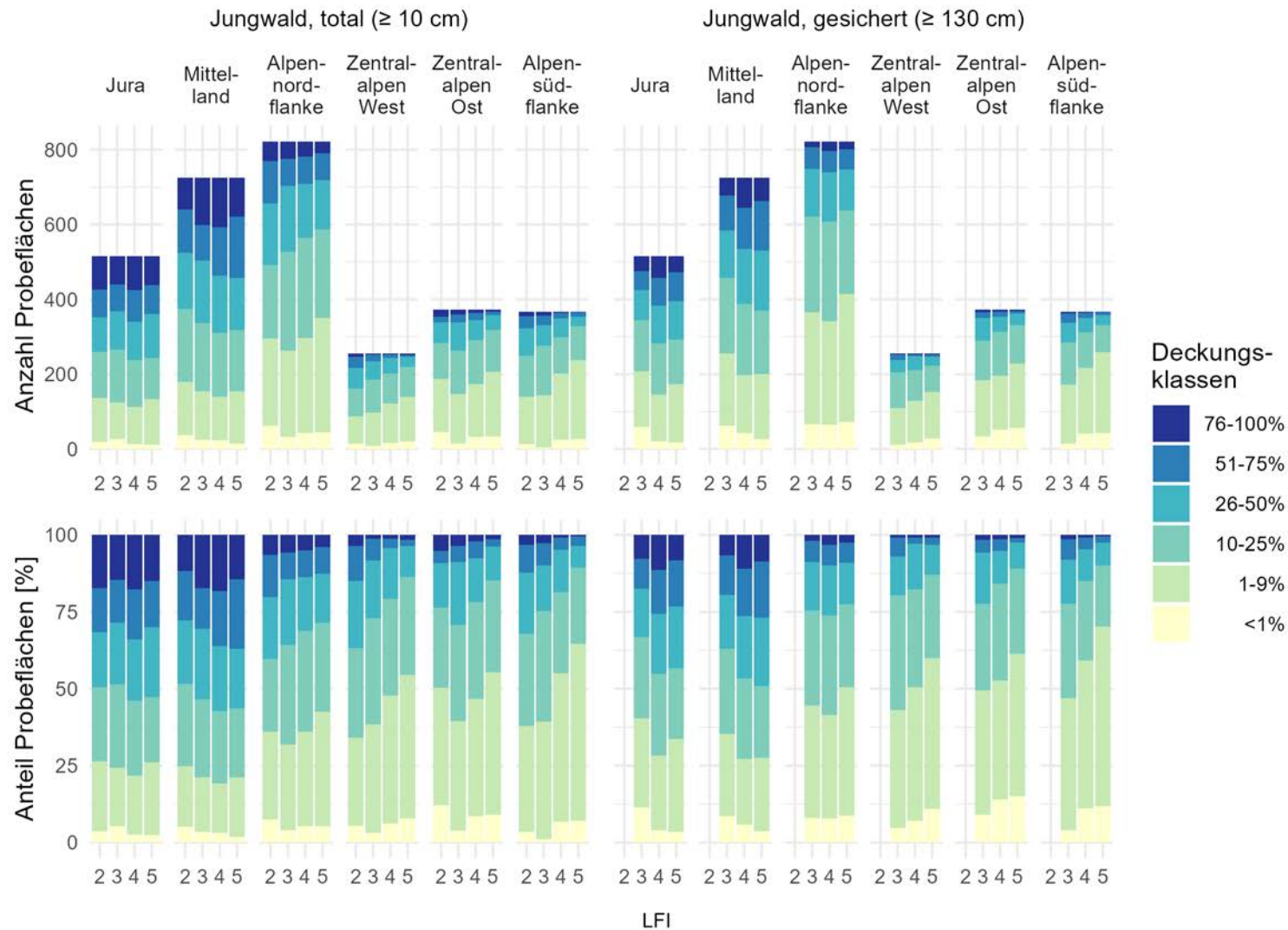


Abb. 3.1.2. Entwicklung der Deckungsgrade der Verjüngung von LFI2–LFI5, für den Jungwald ≥ 10 cm und für den gesicherten Jungwald ≥ 130 cm, unterteilt in die sechs biogeographischen Regionen der Schweiz. Weitere Details siehe Abb. 3.1.1.

Ganze Schweiz nach NaiS-Vegetationshöhenstufen von 1995

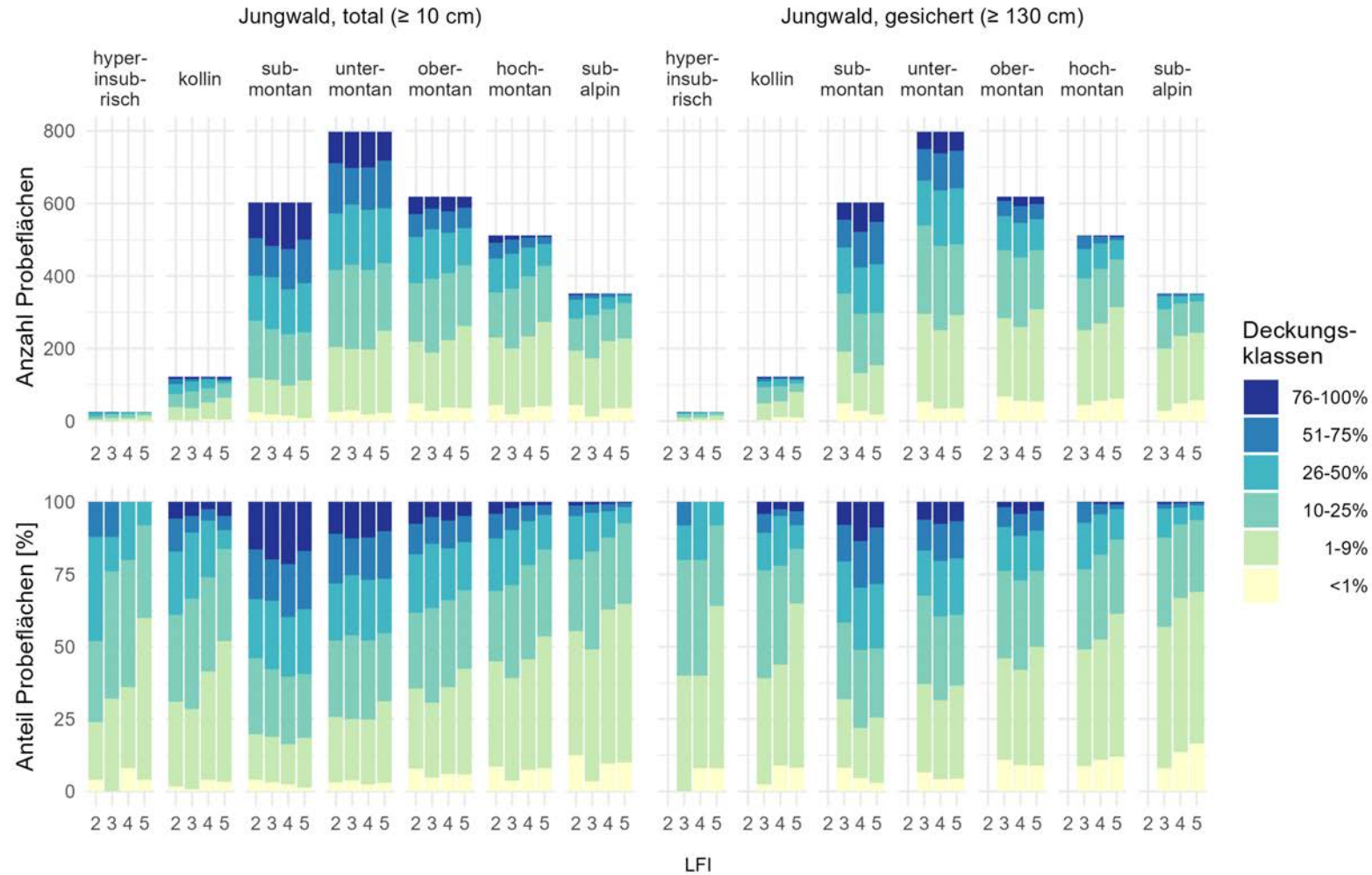


Abb. 3.1.3. Entwicklung der Deckungsgrade der Verjüngung von LFI2–LFI5, für den Jungwald ≥ 10 cm und für den gesicherten Jungwald ≥ 130 cm, unterteilt in die NaiS-Höhenstufen (kollin inkl. kollin mit Buche, subalpin inkl. ober-subalpin, unter-montan inkl. ober-montan/unter-montan. Weitere Details siehe Abb. 3.1.1.

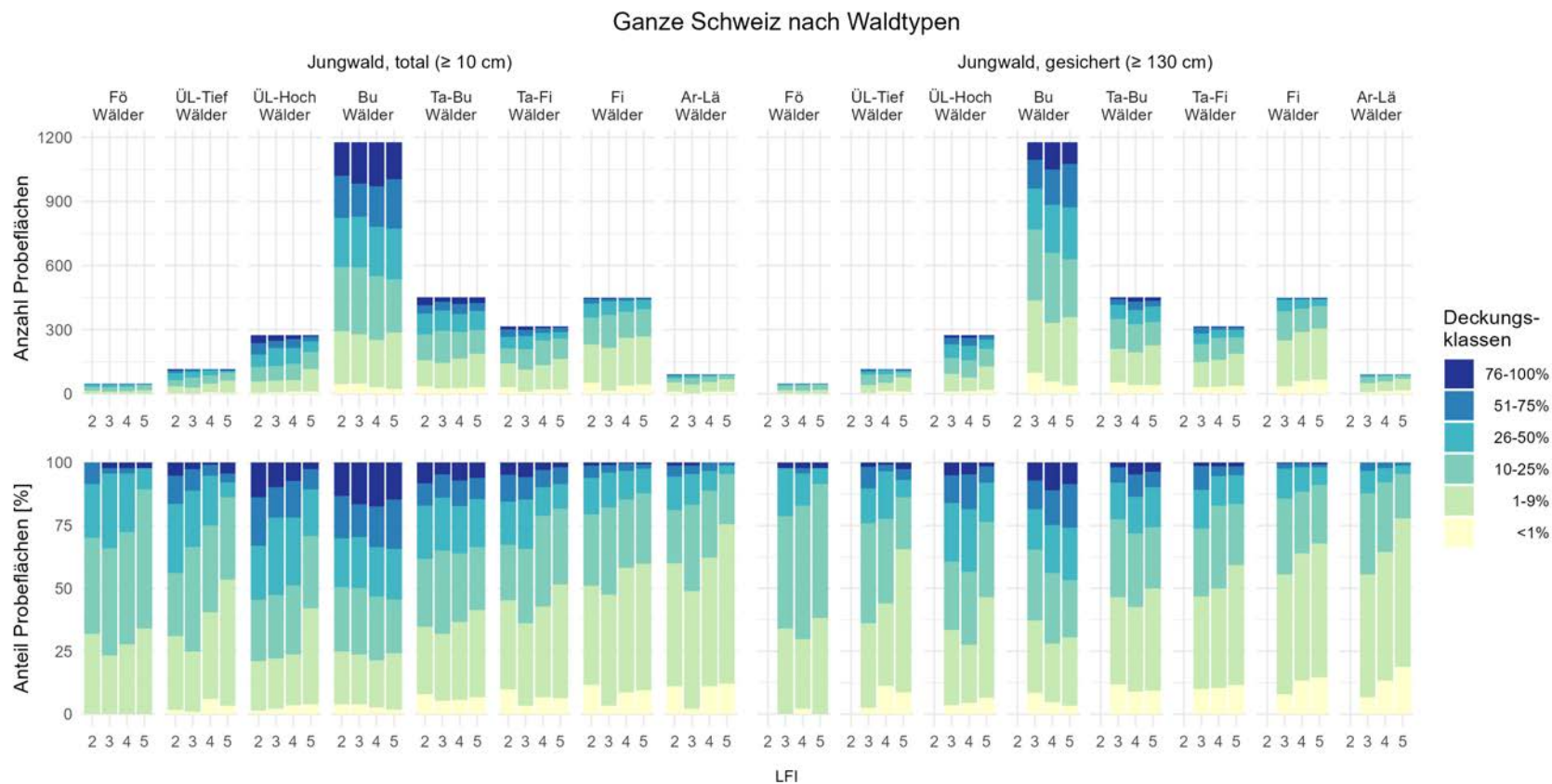


Abb. 3.1.4. Entwicklung der Deckungsgrade der Verjüngung von LFI2–LFI5, für den Jungwald ≥ 10 cm und für den gesicherten Jungwald ≥ 130 cm, unterteilt in grobe Waldstandorte. ÜL-Tief Wälder=Laubwälder in den Höhenstufen hyperinsubrisch, kollin und kollin mit Buche; ÜL-Hoch Wälder=Laubwälder in den Höhenstufen submontan, untermontan, obermontan. Weitere Details siehe Abb. 3.1.1.

In der Betrachtung der Verjüngungsdeckungsgrade pro Höhenstufe (Abb. 3.1.3) fällt auf, dass die Deckungsklassen $\geq 25\%$ in der submontanen Stufe von LFI2 bis LFI5 zugenommen haben und in der untermontanen Stufe mehr oder weniger konstant geblieben sind. Dagegen nahmen die Anteile dieser Klassen sowohl in den tiefer- als auch in den höhergelegenen Höhenstufen (hochmontan und subalpin) ab. Der Verjüngungsdeckungsgrad ist in der submontanen und der untermontanen Stufe am höchsten: in mindestens der Hälfte aller Probeflächen beträgt Verjüngungsdeckungsgrad mehr als 25 %.

Ein Blick auf die groben Walstandorte (Abb. 3.1.4) zeigt, dass die Verjüngungsdeckungsgrade in den Buchenwäldern, die mehr als ein Drittel aller Wälder ausmachen, von LFI2 bis LFI5 zugenommen haben. Ein entgegengesetzter Trend kann in praktisch allen anderen Waldstandorten beobachtet werden, insbesondere aber in den nadelbaumdominierten Waldstandorten (ausser Föhren-Wäldern).

Eine entscheidende Grösse für die Deckungsgrade von Jungwald in den LFI-Probeflächen ist der Lichtdurchlass. Da keine konsistenten Licht-Messungen über mehrere Inventuren hinweg existieren, wurde als Parameter für einen möglichen Lichteinfluss die Basalfläche gegen die Klassen der Deckungsgrade aufgetragen (Abb. 3.1.5). Während bei mittlerer Basalfläche von ca. $40 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ Deckungsgrade des Jungwalds von weniger als 10 % resultieren, erreichen die Deckungsgrade bei $20\text{--}30 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ mittlerer Basalfläche mehr als 50 %.

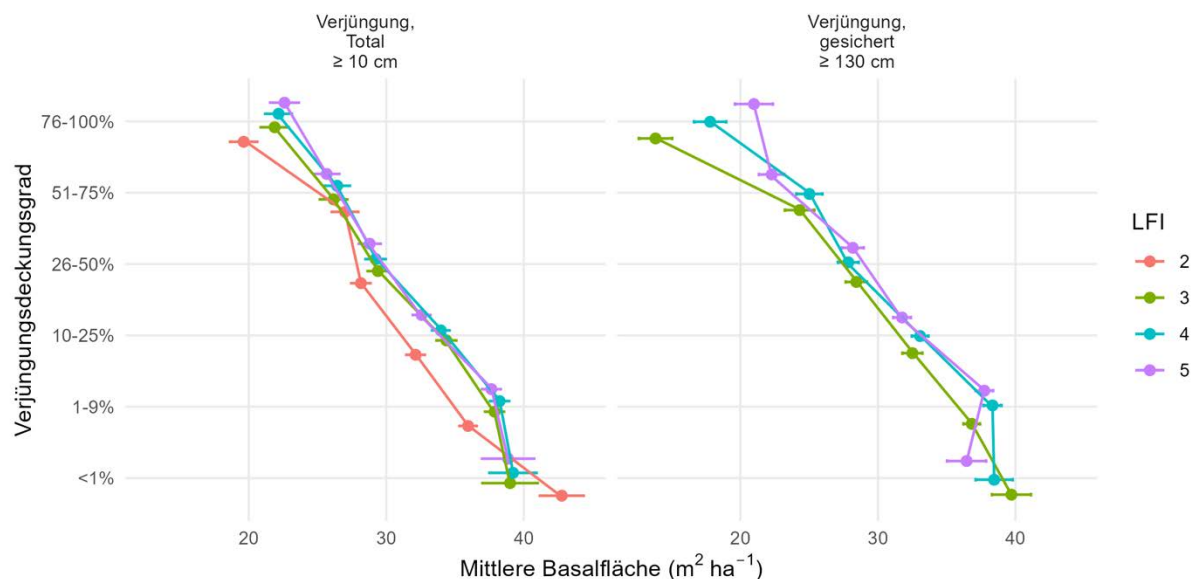


Abb. 3.1.5. Deckungsgrade der Verjüngung im massgebenden Bestand als Funktion der Basalfläche für LFI2–LFI5. Basalfläche: Summe der Stammquerschnittsflächen aller Bäume, gemessen in 1.3 m Höhe im 200-m²-Probekreis, auf Hektar hochgerechnet, als Mittelwert mit Standardfehler dargestellt. Verjüngungsdeckungsgrade: Berücksichtigung des gesamten Jungwalds $\geq 10 \text{ cm}$ Höhe (links) und für den gesicherten Jungwald $\geq 130 \text{ cm}$ Höhe (rechts).

3.2 Präsenz von Jungwaldbaumarten

Für die Analyse der Präsenz der Baumarten im Jungwald wurden 2377 Probeflächen berücksichtigt, die im LFI3-5 wiederholt aufgenommen wurden und zu den am häufigsten vorkommenden Waldstandorten gehörten (Abb. 3.2.1, grün schraffiert). In den Tieflagen sind dies die Eichen-Wälder, von denen am meisten im Wallis und im Tessin vorkommen, sowie die Buchenwälder, die rund einen Drittel aller Flächen ausmachen. Die Buchen-Tannenwälder in den mittleren Lagen machen rund einen Sechstel der Stichproben aus, und reine Nadelwälder aus Tannen-Fichten-, Fichten, Lärchen- und Arvenbeständen knapp einen Drittel. Für diese Einheiten wurde geprüft, zu welchen Anteilen sich die Präsenzen der Baumarten im Jungwald von LFI3 bis LFI5 veränderten.

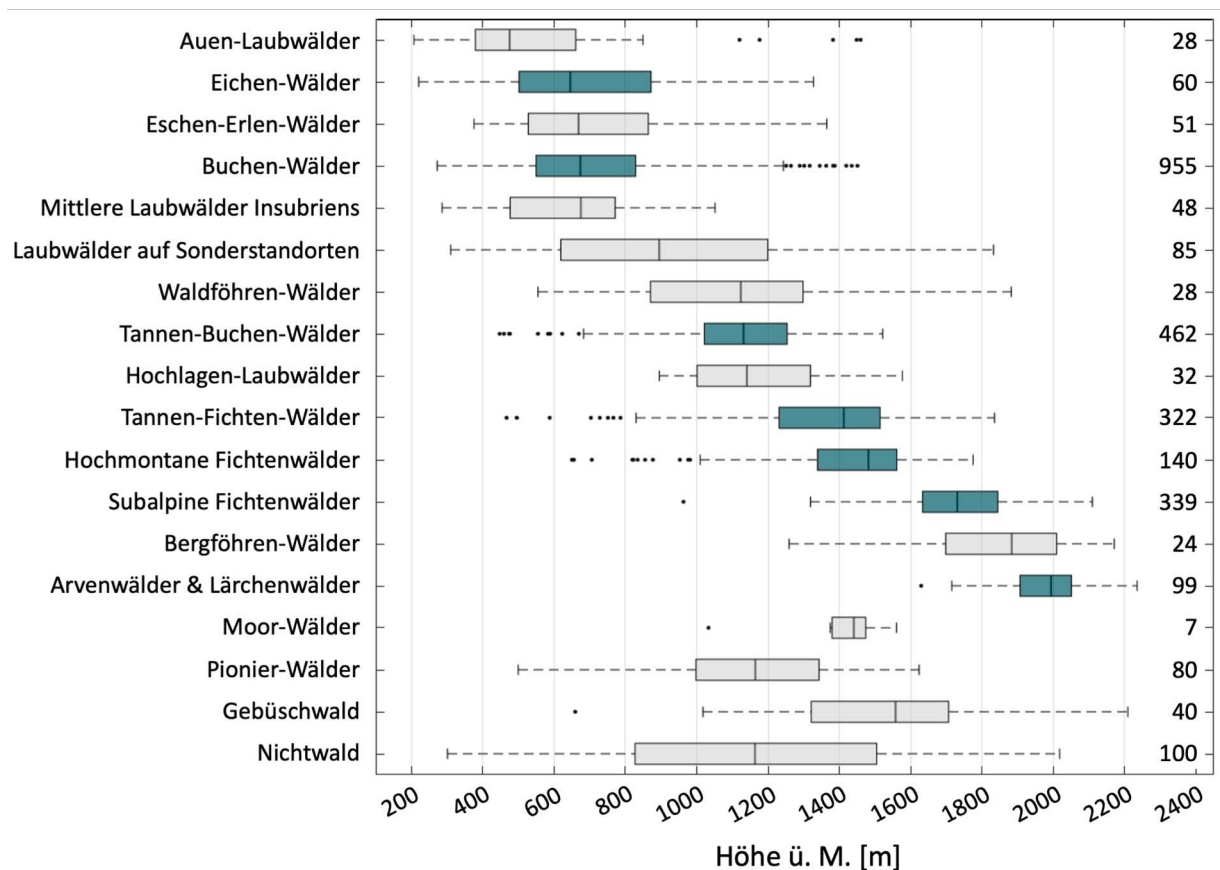


Abb 3.2.1. Höherenstreckung der 19 groben Waldtypen im LFI mit der Anzahl Probeflächen rechts. In grüner Farbe sind die sieben ausgewählten Waldtypen hervorgehoben.

Die Veränderungen in den Präsenzen der Nadelhölzer in der Verjüngung betreffen insbesondere die Tanne und die Lärche. Die Präsenz der Tanne in JW2 (40–129 cm Höhe) hat sich in Buchen-, Tannen-Buchen- und in Tannen-Fichten-Wäldern jeweils deutlich erhöht. Dagegen hat die Tanne von ≥ 130 cm Höhe (JW34) in Tannen-Buchenwäldern in den letzten 20 Jahren stark abgenommen. Bei der Fichte haben sich die Präsenzen von LF13 bis LF15 in fast allen Waldstandorten nicht deutlich verändert. Einzig in Arven- und Lärchenwäldern ist sie in JW34 weniger oft anzutreffen. In den höchstgelegenen Arven- und Lärchenwäldern ist die Lärche heute weniger oft vorhanden als noch vor 20 Jahren.

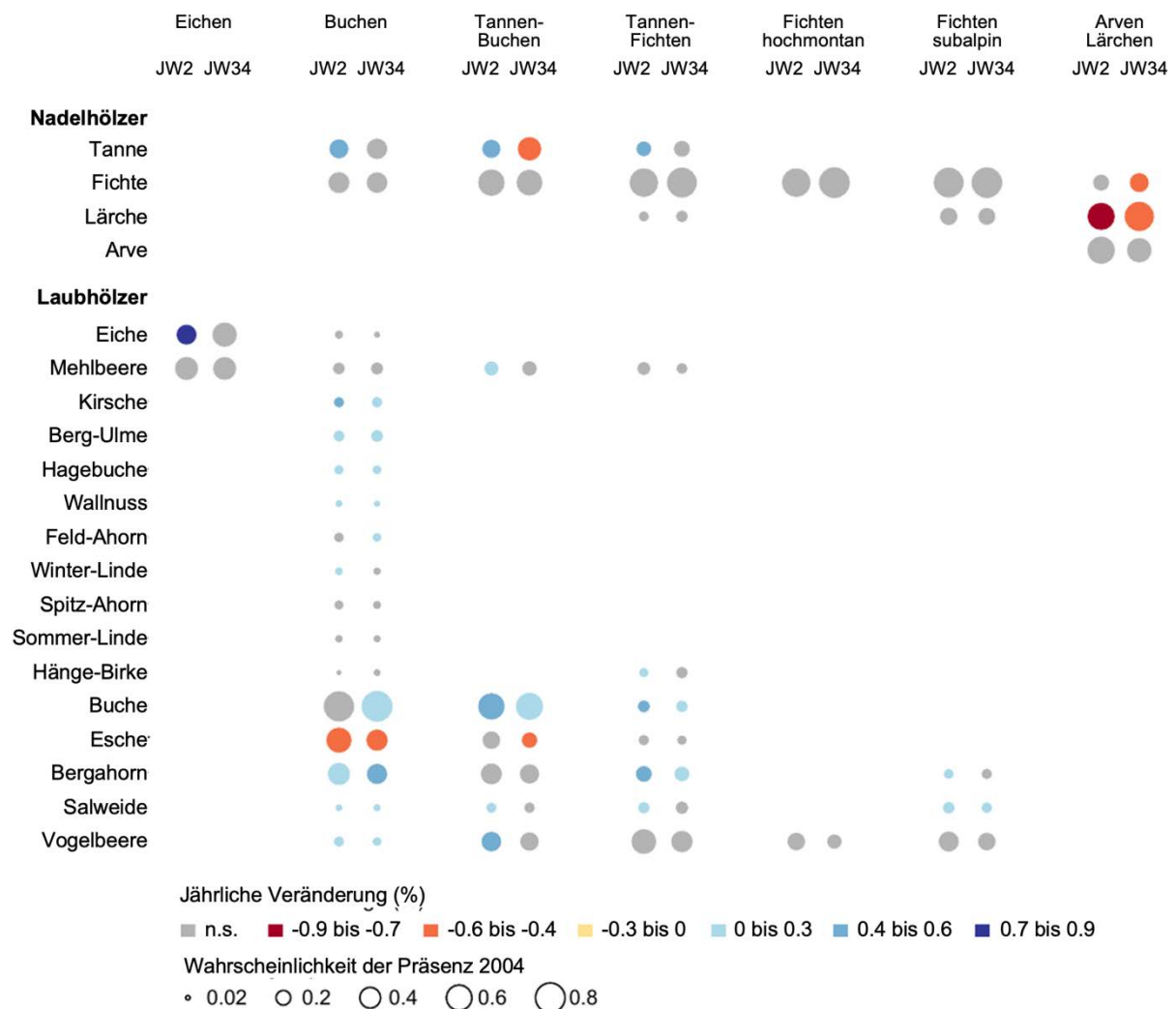


Abb. 3.2.2. Trends im Vorkommen von Jungwald-Baumarten in sieben wichtigen Waldtypen der Schweiz von 2004 bis 2022 (LFI3, LFI4, LFI5) in den zwei Jungwaldklassen JW2 (40–129 cm Höhe) und JW34 (≥ 130 cm Höhe und < 12 cm BHD). Kreise zeigen an, dass ein Modell für eine bestimmte Art innerhalb eines bestimmten Waldtyps durchgeführt wurde (d. h., die Art war auf mindestens 20 Probeflächen vorhanden). Die Größe des Kreises entspricht der Wahrscheinlichkeit des Vorkommens der Art zu Beginn der Vergleichsperiode. Die Farbe des Kreises gibt eine signifikante Zunahme (blau) oder Abnahme (orange, rot) des Vorkommens im Laufe der Zeit an. Die Farbstärke entspricht der Grösse des geschätzten jährlichen Trends.

Bei den Laubhölzern ist generell eine signifikante Zunahme in praktisch allen Wäldern der Schweiz festzustellen, insbesondere fällt aber das zunehmende Vorkommen in Nadelholzwäldern während der letzten 20 Jahre auf. In den Eichenwäldern hat die Eiche (hier v. a. Trauben- und Flaumeiche) ihre Präsenz in JW2 erhöht und in JW34 auf hohem Niveau gehalten. Die Buche vergrösserte ihre Präsenz nicht nur in den Buchenwäldern (hier JW34), sondern auch deutlich in den Buchen-Tannenwäldern (beide Jungwaldklassen). Ebenso ist der Bergahorn in mehr Buchen- und Tannen-Fichtenwäldern anzutreffen als noch vor 20 Jahren. Auch in subalpinen Fichtenwäldern kommen kleine Bergahorne (JW2) heute häufiger vor als vor 20 Jahren. In den Buchenwäldern ist generell eine deutlich zunehmende Vielfalt von Laubbaumarten feststellbar (blaue Punkte), und ein ähnlicher Trend zeichnet sich auch in den Tannen-Fichtenwäldern ab. Dagegen hat die Esche in den Buchenwäldern stark (beide Grössenklassen) und in Tannen-Buchenwäldern in JW34 deutlich an Terrain eingebüsst. Als Gewinner in den letzten zwei Jahrzehnten können insbesondere die Vogelbeere und die Salweide (inkl. Gebirgsweide) hervorgehoben

werden. Mögliche erklärende Faktoren für die veränderten Baumartenpräsenzen pro Waldstandort und LFLI-Inventur sind in Abb. 3.2.3 dargestellt.

- *Mittlere Jahrestemperatur*: Die sieben Waldstandorte repräsentieren mit abnehmenden mittleren Jahrestemperaturen ihr Vorkommen entlang der Höhe ü. M., von der kollinen bis zur subalpinen Stufe. Der Anstieg der mittleren Jahrestemperatur im Rahmen des Klimawandels ist in allen Waldstandorten besonders deutlich von LFI4 bis LFI5.
- *Basalfläche*: Die Basalflächen pro Waldtyp haben unterschiedliche Niveaus: die geringsten Basalflächen resultieren in den tiefsten und den höchsten Lagen, also in Eichen- und in Arven- und Lärchenwäldern. In der Entwicklung innerhalb der letzten zwei Dekaden nehmen die Basalflächen in den Eichen- und Buchenwäldern ab, in den Wäldern der höher gelegenen Lagen (alle andere Waldstandorte) dagegen zu.
- *Lückengrösse*: Von den Tieflagen- bis zu den Hochlagenwäldern nimmt Lückengrösse unabhängig von den Inventuren zu. Im zeitlichen Verlauf sind je nach Waldstandort Zunahmen oder Abnahmen erkennbar, wobei die Zunahmen in Eichen- und Buchenwäldern von LFI3 bis LFI4 auffallen, sowie die Abnahmen in den Nadelwaldstandorten von LFI4 bis LFI5. Das Vorkommen von Lücken (rote Trendlinien) hat in den Waldstandorten der Tieflagen bis inkl. Fichte hochmontan von LFI3 bis LFI4 zugenommen, was mit der generell zunehmenden Störungsfrequenz insbesondere in den tieferen Lagen erklärt werden kann (Waldumbauprogramme in Fichtenkulturen, Zwangsnutzungen und Borkenkäferbefall nach Sturm Lothar). In den subalpinen Fichtenwäldern und den Arven- und Lärchenwäldern ist kein deutlicher Trend auszumachen, was mit der geringeren Nutzungsfrequenz (Anzahl Jahre seit der letzten Nutzung) zusammenhängen dürfte.
- *Letzte Nutzung*: Mit 25 und mehr Jahren seit dem letzten Eingriff weisen die tiefstgelegenen Eichen- und die höchstgelegenen Arven- und Lärchenwälder die geringste mittlere Nutzungsintensität in den letzten 20 Jahren auf. Dazwischen nehmen die Niveaus der Zeit ohne Eingriff (LFI3–LFI5 auf einen Blick) von den Buchenwäldern bis zu den subalpinen Fichtenwäldern kontinuierlich zu. In den höchstgelegenen Fichtenwäldern und Lärchen- und Arvenwäldern hat die Zeit seit dem letzten Eingriff vom LFI3 bis LFI5 deutlich zugenommen.
- *Anzahl Arten*: Die Artenvielfalt im Oberholz (≥ 12 cm BHD) blieb innerhalb der Waldstandorte stabil, mit Ausnahme der Eichenwälder, die in LFI5 tiefere Werte zeigen. In den Waldstandorten der Tieflagen mit hohem Laubholzanteil (Buchen, Tanne-Buchen) ist die Vielfalt deutlich grösser als in den reinen Nadelholz-Waldstandorten der höheren Lagen.

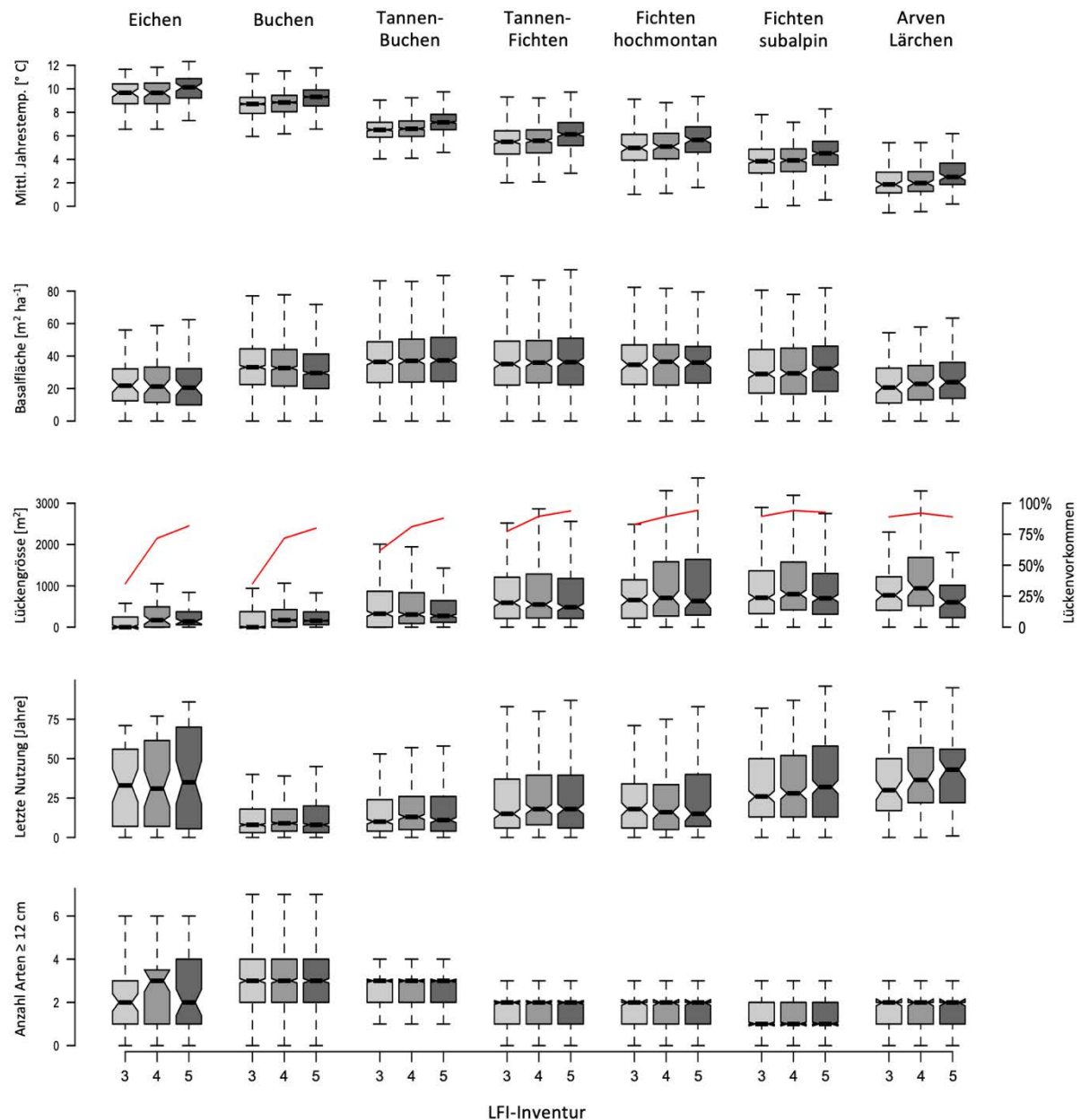


Abb. 3.2.3. Entwicklung der Umweltvariablen für die Probeflächen der sieben Waldstandorte von LFI3 (2004–2007), LFI4 (2009–2017) bis LFI5 (2018–2022). Die Boxplots zeigen den Median-Wert, den Interquartilsabstand (Box: 50 % der Daten) und den Datenbereich (Whisker) für: (a) die durchschnittliche Jahrestemperatur, (b) die Basalfläche, (c) die maximale Lückengröße, (d) die Zeit seit dem letzten Eingriff und (e) die Anzahl Baumarten im Oberholz ($\geq 12 \text{ cm}$ BHD).

3.3 Stammzahl von Jungwaldbäumen

In LFI2, LFI4 und LFI5 betrug der landesweite Anteil von Probeflächen mit Verjüngung zwischen 79 und 85 % bzw. jener ohne jegliche Verjüngung («Nullerflächen») zwischen 15 und 21 % (Tabelle 2.1.1, Abbildung 3.3.1). In den Laubwaldregionen Jura und Mittelland ist der Anteil der Nuller-Flächen mit 7–13 % geringer, in den von Nadelholz dominierten Zentralalpen und auf der Alpensüdflanke, wo Laubwälder generell dichte Kronenschlüsse aufweisen, mit 19–36 % deutlich grösser. Der Anteil der Nuller-Flächen hängt auch mit der Grösse der Subplots zusammen, die sich zwischen den LFI veränderte (Angabe in Abbildung 2 in Quadratmeter). Insbesondere die Anteile an Nuller-Flächen in den Grössenklassen 1 (10–39 cm) und 2 (40–129 cm) nahmen von LFI2 zu LFI4 und LFI5 deutlich zu, mit landesweiten Werten von 48 auf 61 % (Tabelle 2.1.1) – ein Trend, der wohl vorwiegend auf die Reduktion der Grösse der Subplots zurückzuführen ist: Je kleiner die Subplotfläche, desto geringer ist die Wahrscheinlichkeit, auf Verjüngung zu stossen.

Landesweit stiegen die mittleren Stammzahlen im Anwuchs (JW1) nach 1995 signifikant von 11 500 Stück/ha (LFI2) auf 14 400 Stück/ha (LFI4) an und verringerten sich von den 2010er- zu den 2020er-Jahren ebenso deutlich auf 11 900 Stück/ha im LFI5 (Tabelle 3.3.1, Abbildung 3.3.2). Von LFI2 bis LFI4 wurde sowohl der Aufwuchs (von 2900 auf 3700 Stück/ha) als auch die Dichtung (von 1600 auf 2000 Stück/ha) deutlich zahlreicher. Beide Grössenklassen hielten dieses Niveau im LFI5.

Die schweizweiten Trends leiten sich aus der grossen Zahl von Probeflächen im Jura, im Mittelland und auf der Alpennordflanke ab (ca. 4000 Probeflächen, also rund zwei Drittel aller LFI-Probeflächen; Tabelle 2.1.1). Im Jura und im Mittelland erreichen die Stammzahlen rund doppelt so hohe Werte wie im Landesmittel, auf der Alpennordflanke (Voralpen) liegen sie leicht unter dem Durchschnitt. Demgegenüber wuchsen in den Zentralalpen (Wallis für westliche und Graubünden für östliche Zentralalpen) und auf der Alpensüdflanke (Gondo, Tessin, Misox, Puschlav, Val Müstair) in allen Grössenklassen deutlich weniger Bäume als auf der Alpennordseite (Abbildung 3.3.2, Tabelle 3.3.1). In JW34 (Dichtung) verringerten sich die Stammzahlen in den westlichen Zentralalpen von LFI2 zu LFI4 deutlich und auf der Alpensüdflanke seit dem LFI2 kontinuierlich. Während auch für JW2 (Aufwuchs) eine Tendenz zur Abnahme in den westlichen Zentralalpen und auf der Alpensüdflanke sichtbar ist, nehmen die Stammzahlen in JW1 (Anwuchs) in diesen Gebieten zwischen LFI2 und LFI4 deutlich zu.

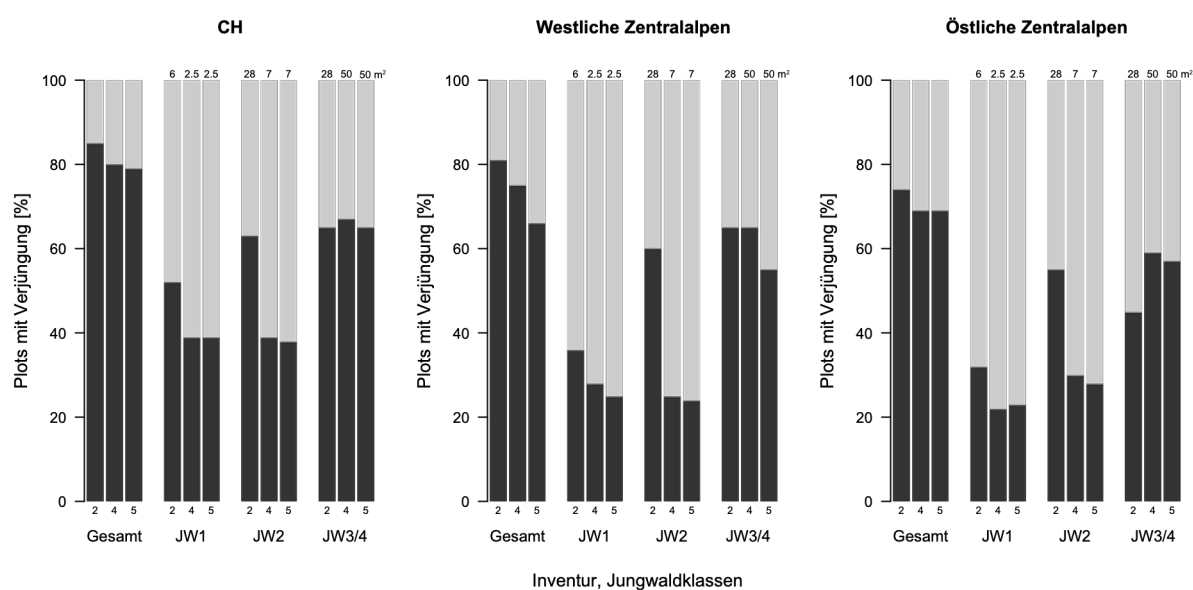


Abb. 3.3.1. Anteile von Probeflächen mit Verjüngung (schwarz) und ohne Verjüngung (grau) pro Region, Inventur (2, 4 und 5 für LFI2, LFI4 und LFI5) und Jungwaldklassen (JW1 = 10–39 cm Höhe, JW2 = 40–129 cm Höhe, JW3/4 ≥ 130 cm Höhe und BHD 0.1–11.9 cm). Zahlen über den Balken geben die Fläche der berücksichtigten Subplots in m² an.

In der Zeitspanne von LFI2 zu LFI5 variierten die Stammzahlen der einzelnen Hauptbaumarten (Definition siehe Abbildung 3.3.2) beträchtlich (Abbildung 3.3.3, Tabelle 3.3.1). In JW1 nahmen von LFI2 zu LFI4 Buche, Eiche, Esche, Mehlsbeere (Vogel- und Mehlsbeeren), Fichte und Tanne deutlich zu (blaue Pfeile in Abbildung 3.3.3), dagegen die Kastanie deutlich ab (rote Pfeile in S-1.1 und S-1.9). Bis LFI5 verringerten sich die Stammzahlen bei Buche und Esche stark, aber auch bei Arve, Fichte und Föhre deutlich. In JW2 wurde die Buche von LFI2 zu LFI4 enorm zahlreicher, und von LFI2 zu LFI5 nahm die Tanne kontinuierlich zu. Die Esche verringerte ihre Stammzahl deutlich von LFI4 zu LFI5.

In JW34 (Dickung) stieg die mittlere Stammzahl der Buche von LFI2 zu LFI4 um mehr als das Doppelte. Dagegen nahmen im selben Zeitraum Eiche, Kastanie, Fichte, Tanne und übrige Nadelbäume deutlich ab. Von LFI4 zu LFI5 erfuhr die Gemeine Esche eine starke Reduktion, aber auch die Lärche nahm deutlich ab. So wuchsen auf der Alpensüdflanke (Gondo, Tessin, Misox, Puschlav, Val Müstair) in allen Grössenklassen deutlich weniger Bäume als auf der Alpennordseite (Abbildung 3.3.2, Tabelle 3.3.1).

Tab 3.1.1. Mittlere Stammzahlen Jungwaldklassen für die dargestellten Einheiten (in Stück/ha) sowie in hochgestellten Zahlen jeweils der mittlere Anteil an Laubhölzern in Prozent

	JW1			JW2			JW34		
	LFI2	LFI4	LFI5	LFI2	LFI4	LFI5	LFI2	LFI4	LFI5
Schweiz	11542 ⁹⁰	14394 ⁸⁸	11928 ⁸⁷	2905 ⁸⁰	3666 ⁸³	3540 ⁸⁰	1558 ⁶⁶	1968 ⁷⁸	1929 ⁷⁷
Jura	23305 ⁹⁶	25305 ⁹⁴	21844 ⁹³	4530 ⁹⁰	6556 ⁹³	5981 ⁹³	2048 ⁸⁰	3253 ⁹⁰	3169 ⁸⁹
Mittelland	21226 ⁸⁸	27309 ⁸⁸	19573 ⁸⁷	5155 ⁸⁹	6541 ⁸⁸	6520 ⁷⁹	2141 ⁷³	3134 ⁸⁷	3205 ⁸⁴
Alpennordflanke	6720 ⁸⁷	10556 ⁸⁶	9775 ⁸¹	2013 ⁶⁸	2910 ⁷⁸	2855 ⁷⁷	1326 ⁶⁰	1664 ⁷¹	1679 ⁷²
Westl. Zentralalpen	2420 ⁶³	4594 ⁷⁵	6719 ⁸³	1494 ⁴⁴	1071 ⁵²	1141 ⁴⁵	1285 ⁴⁵	935 ⁴⁴	868 ⁴⁵
Östl. Zentralalpen	1979 ⁶⁸	3004 ⁵⁴	3049 ⁷⁸	1187 ³³	1507 ⁴⁰	1551 ⁴¹	1014 ²⁸	977 ²⁸	1012 ⁴⁴
Alpensüdflanke	3614 ⁹³	5727 ⁹⁶	4748 ⁹⁷	1122 ⁷⁵	926 ⁸⁰	881 ⁹²	1048 ⁷⁶	812 ⁷¹	565 ⁶⁷
Westl. Zentralalpen									
collin	4023 ⁸²	7228 ⁸⁶	26699 ⁹⁹	2393 ⁷⁸	1870 ⁸⁴	2497 ⁸²	2366 ⁶⁰	1638 ⁷²	1488 ⁸¹
hochmontan	2516 ⁵⁹	5149 ⁷⁷	5166 ⁸⁶	1741 ⁴⁰	1250 ⁴³	1021 ²⁹	1380 ⁴¹	1023 ⁴³	962 ³⁵
subalpin	1348 ³⁹	2440 ³⁵	3295 ³⁴	757 ²⁰	382 ¹⁹	958 ³⁴	573 ¹¹	522 ¹⁴	427 ²⁶
Östl. Zentralalpen									
untermontan	5277 ⁸⁵	4239 ⁹³	4117 ⁹⁹	1668 ⁶²	2792 ⁸⁸	4312 ⁸⁹	1521 ⁶³	1406 ⁸³	2021 ⁸⁷
obermontan	3253 ⁸⁶	2927 ⁹¹	3537 ⁹⁰	2088 ⁶¹	2408 ⁸⁰	754 ⁸¹	1532 ⁴⁷	978 ⁴⁸	567 ⁴⁰
hochmontan	2237 ⁶⁸	4574 ⁴⁹	4085 ⁷²	1358 ²⁷	1827 ³³	2205 ³³	1101 ²⁸	988 ³⁵	1038 ³⁹
subalpin	826 ²⁶	1097 ²⁸	1230 ⁷³	712 ⁷	876 ⁹	774 ¹⁴	725 ⁴	929 ⁵	875 ⁵
Standorttypen									
Tannen-Fichtenwälder	2158 ⁵⁹	4708 ⁵⁹	4980 ⁶⁵	1290 ³⁸	1870 ⁴⁰	1823 ⁴⁶	980 ³²	1130 ⁴³	1002 ³⁸
Fichtenwälder	1296 ⁴⁰	2406 ⁵⁷	3938 ⁷¹	1023 ²³	981 ³⁵	1256 ³⁵	822 ¹⁹	749 ²⁰	873 ²⁶

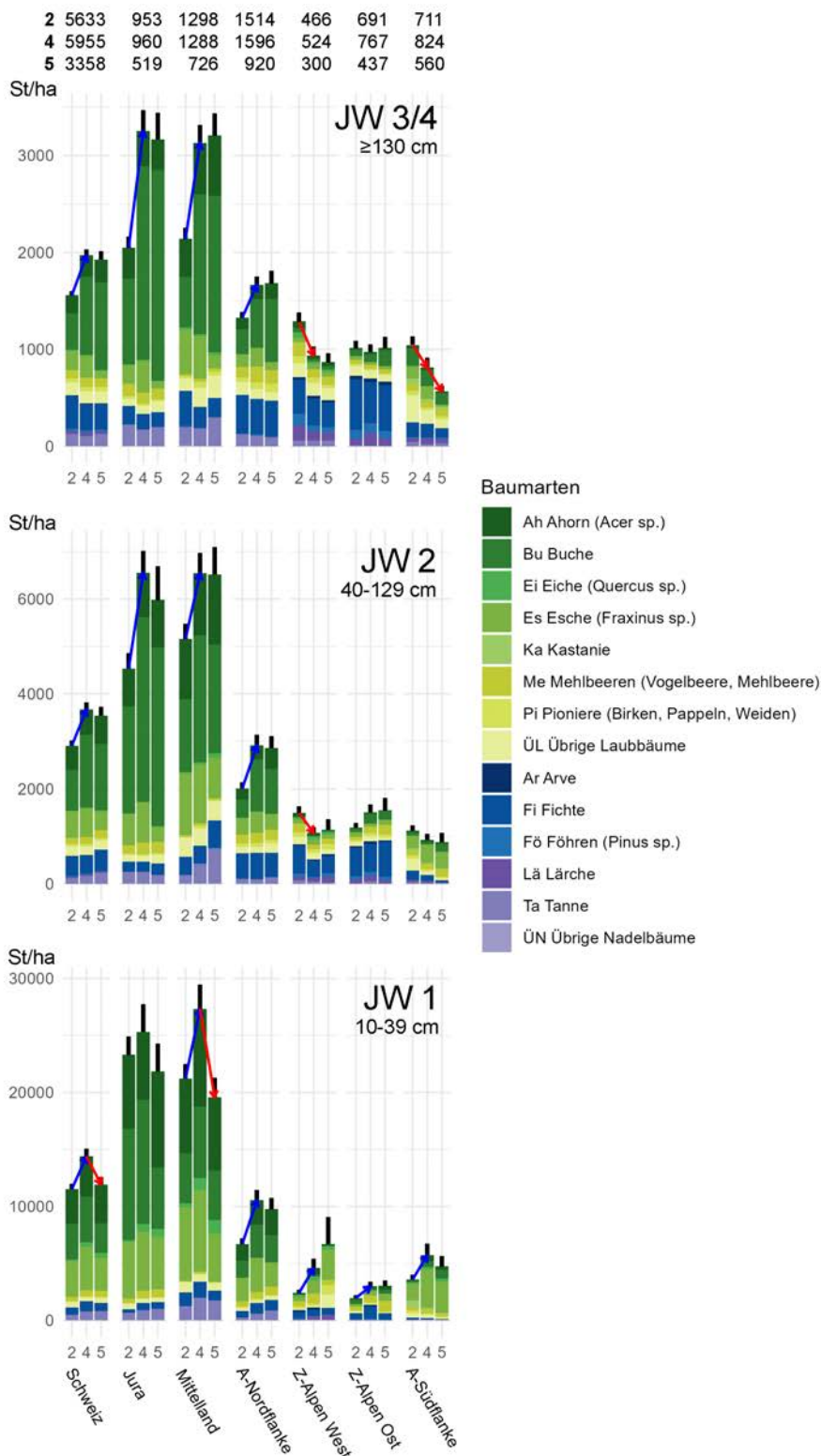


Abb. 3.3.2. Entwicklung der Stammzahlen (Stämme pro Hektar) von LFI2 über LFI4 und LFI5 für die ganze Schweiz und die sechs biogeographischen Regionen. Signifikante Veränderungen der Gesamtstammzahl für die drei Jungwaldklassen 1, 2, und 3/4 sind mit blauen (positiv) und roten (negativ) Pfeilen dargestellt. Oben sind die Anzahl berücksichtigte Probeflächen pro LFI-Inventur und Einheit tabellarisch angegeben.

Landesweit blieb der Anteil an Laubhölzern in JW1 mit 87–90 % und JW2 mit 80–83 % von LFI2 zu LFI5 recht konstant, stieg jedoch in JW34 im selben Zeitraum von 66 auf 77 % an (Tabelle 3.1.1). Diese Werte sind stark von den Verhältnissen auf der Alpennordseite (Jura, Mittelland, Alpennordflanke) geprägt, wo das vermehrte Aufwachsen von Laubbäumen in JW34 (Anstiege von LFI2 zu LFI4 je um ≥ 10 %) ins Gewicht fällt. Demgegenüber nehmen die Laubhölzer in den östlichen Zentralalpen erst von LFI4 zu LFI5 deutlich zu (je 28 % in LFI2 und LFI4, dann 44 % in LFI5), während sie in den westlichen Zentralalpen konstant bleiben (45, 44 und 45 %) und auf der Alpensüdflanke gar stetig von 76 % im LFI2 bis 67 % im LFI5 abnehmen.

Die Situation der Baumverjüngung variiert je nach biogeografischer Region und Höhenstufe stark (vergl. Abbildungen 3.3.3 bis 3.3.5). Zur Verjüngungsdynamik der einzelnen Baumarten in den Höhenstufen der biogeographischen Regionen sowie in mehreren Waldstandorttypen sind im Appendix sowohl Säulenplots (A1.1 – A1.13) als auch Boxplots (A2.1 – A2.24) enthalten. Als Beispiele sind hier die westlichen und östlichen Zentralalpen hervorgehoben (Abbildung 3.3.5). Generell verringern sich die Stammzahlen von den Tallagen bis zur subalpinen Zone, und infolge der kleineren Zahl von Subplots pro Vergleichseinheit (vgl. Tabelle 2.1.1) ergeben sich aus statistischer Sicht grössere Streuungen (grössere Fehlerbalken) und weniger deutliche Unterschiede zwischen den Inventuren.

In den westlichen Zentralalpen (Wallis) veränderten sich die Stammzahlen in der kollinen Höhenstufe während der Beobachtungsdauer nicht signifikant (JW1–JW34), obschon in JW1 dichte Eschenverjüngung in 2 von 53 Aufnahmekreisen zu einem starken Anstieg des Mittelwerts aller Baumarten von LFI4 zu LFI5 führte (Abbildungen 3.3.5 und A1.10 – A1.13). In der hochmontanen Höhenstufe verdoppelten sich die Stammzahlen in JW1 von LFI2 zu LFI4. Im selben Zeitraum verringerten sich dagegen in JW2 und JW34 die Verjüngungsstammzahlen deutlich. In der subalpinen Höhenstufe reduzierte sich die Verjüngung in JW2 von LFI2 zu LFI4 deutlich.

In den östlichen Zentralalpen (Graubünden) haben generell die Laubhölzer zwischen LFI2 und LFI5 an Terrain gewonnen, wenn auch auf recht tiefem Niveau (Abbildungen A1.10 – A1.13). In der untermontanen Höhenstufe variierte die Gesamtverjüngung besonders in JW2, wo die Buche von LFI2 zu LFI4 stark zulegte. Insgesamt resultierte aber keine signifikante Veränderung. Während in der obermontanen Höhenstufe in JW34 ein deutlicher Rückgang der Stammzahlen von LFI4 zu LFI5 erfolgte und in der hochmontanen Höhenstufe eine deutliche Erhöhung der Stammzahlen in JW1 von LFI2 zu LFI4 resultierte, blieb die Gesamtverjüngung in der subalpinen Höhenstufe von LFI2 zu LFI5 in allen Grössenklassen unverändert.

Bei den beiden Waldstandorten Tannen-Fichtenwald und Fichtenwald (ARGE Frehner et al 2020) machen die Gattungen Fichte und Mehlebeere (Vogel- und Mehlebeeren) rund 50 % oder mehr der Stammzahlen aus (Tabelle 3.3.1, Abbildung 3.3.6). In den Tannen-Fichtenwäldern stiegen die Verjüngungsstammzahlen in JW1 von LFI2 zu LFI5 von 2160 auf 4980 Stück/ha (Tabelle 3.3.1). Hier nahmen Vorwaldarten wie Ahorn, Mehlebeere (insbesondere Vogelbeere), aber auch die Schlusswaldarten Fichte und Tanne von LFI2 zu LFI4 jeweils deutlich zu. In JW2 stiegen die Gesamtstammzahlen von 1290 auf 1870 Stück/ha auch deutlich, unter anderem infolge eines deutlichen Anstiegs der Ahorne. In JW34 erhöhte sich die Stammzahl zwischen LFI2 und LFI4 von 980 auf 1130 Stück/ha. Von LFI4 zu LFI5 wurde die Mehlebeere (insb. Vogelbeere) deutlich zahlreicher, dagegen nahmen die Pionierhölzer im selben Zeitraum deutlich ab.

Ähnlich entwickelte sich die Verjüngung in den Fichtenwäldern, wo die Verjüngungsstammzahlen vom LFI2 zu LFI5 zunahmen. In JW1 erhöhte sich die Stammzahl von LFI2 zu LFI4 von 1300 auf 2400 Stück/ha und weiter zu LFI5 auf 3940 Stück/ha. Insbesondere nahmen bis LFI4 die Laubbäume zu (Mehlebeere, insb. Vogelbeere), und von LFI4 zu LFI5 die Esche (Abbildung 3.3.6), Letztere wiederum als Folge von dichtem Aufkommen in wenigen Aufnahmekreisen (und damit nicht signifikant). Auch in JW2 stiegen die Stammzahlen von LFI2 zu LFI5 (Tabelle 3.3.1), wobei die deutliche Zunahme von Mehlebeere von LFI2 zu LFI4 durch die Abnahme der Fichte kompensiert wurde. In JW34 fanden zwischen LFI2 und LFI5 keine wesentlichen Veränderungen statt.

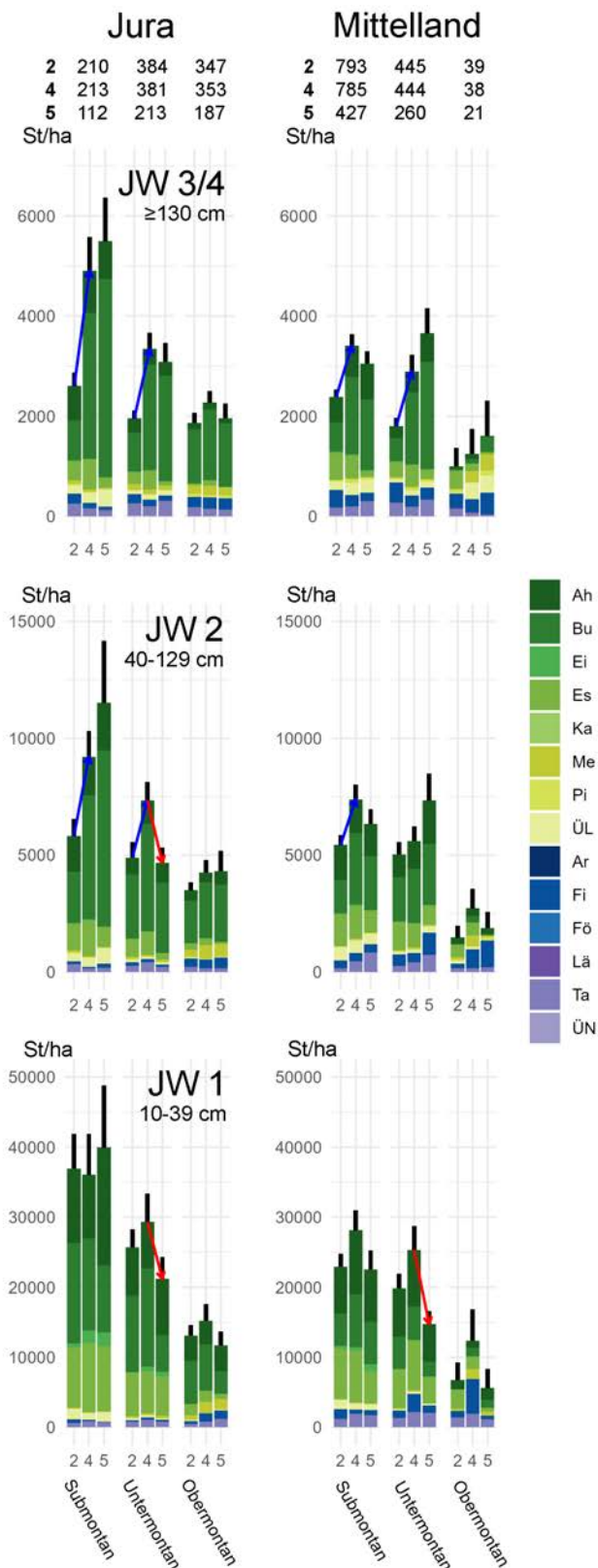
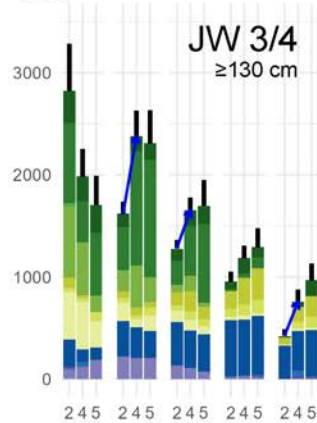


Abb. 3.3.3. Entwicklung der Stammzahlen (Stämme pro Hektar) von LFI2 über LFI4 zu LFI5 für die biogeographischen Regionen Jura und Mittelland und pro Höhenstufe. Signifikante Veränderungen der Gesamtstammzahl für die drei Jungwaldklassen 1, 2, und 3/4 sind mit blauen (positiv) und roten (negativ) Pfeilen dargestellt. Artabkürzungen siehe Abb. 3.3.2. Oben sind die Anzahl berücksichtigte Probeflächen pro LFI-Inventur und Einheit tabellarisch angegeben.

Alpen-Nordflanke

2	93	355	709	226	110
4	97	355	725	365	135
5	55	204	408	149	90

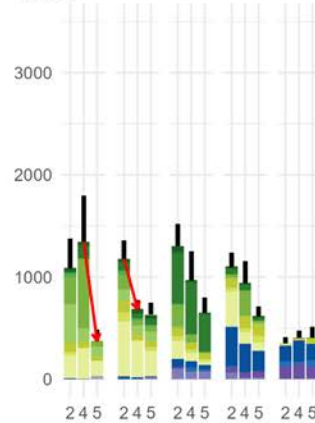
St/ha



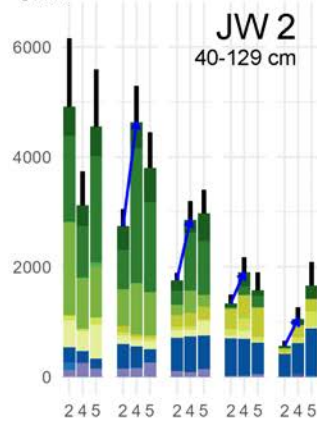
Alpen-Südflanke

2	41	162	204	186	105
4	44	165	222	208	159
5	24	90	125	118	89

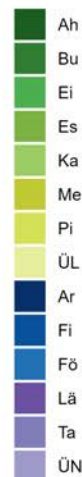
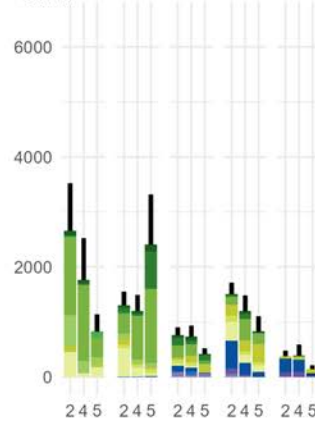
St/ha



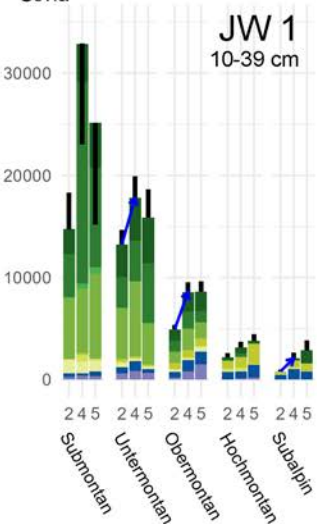
St/ha



St/ha



St/ha



St/ha

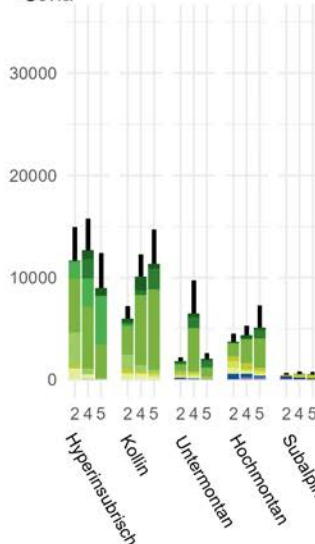


Abb. 3.3.4. Entwicklung der Stammzahlen (Stämme pro Hektar) von LFI2 über LFI4 zu LFI5 für die biogeographischen Regionen Alpennord- und Alpensüdflanke und pro Höhenstufe. Signifikante Veränderungen der Gesamtstammzahl für die drei Jungwaldklassen 1, 2, und 3/4 sind mit blauen (positiv) und roten (negativ) Pfeilen dargestellt. Oben sind die Anzahl berücksichtigte Probeflächen pro LFI-Inventur und Einheit tabellarisch angegeben.

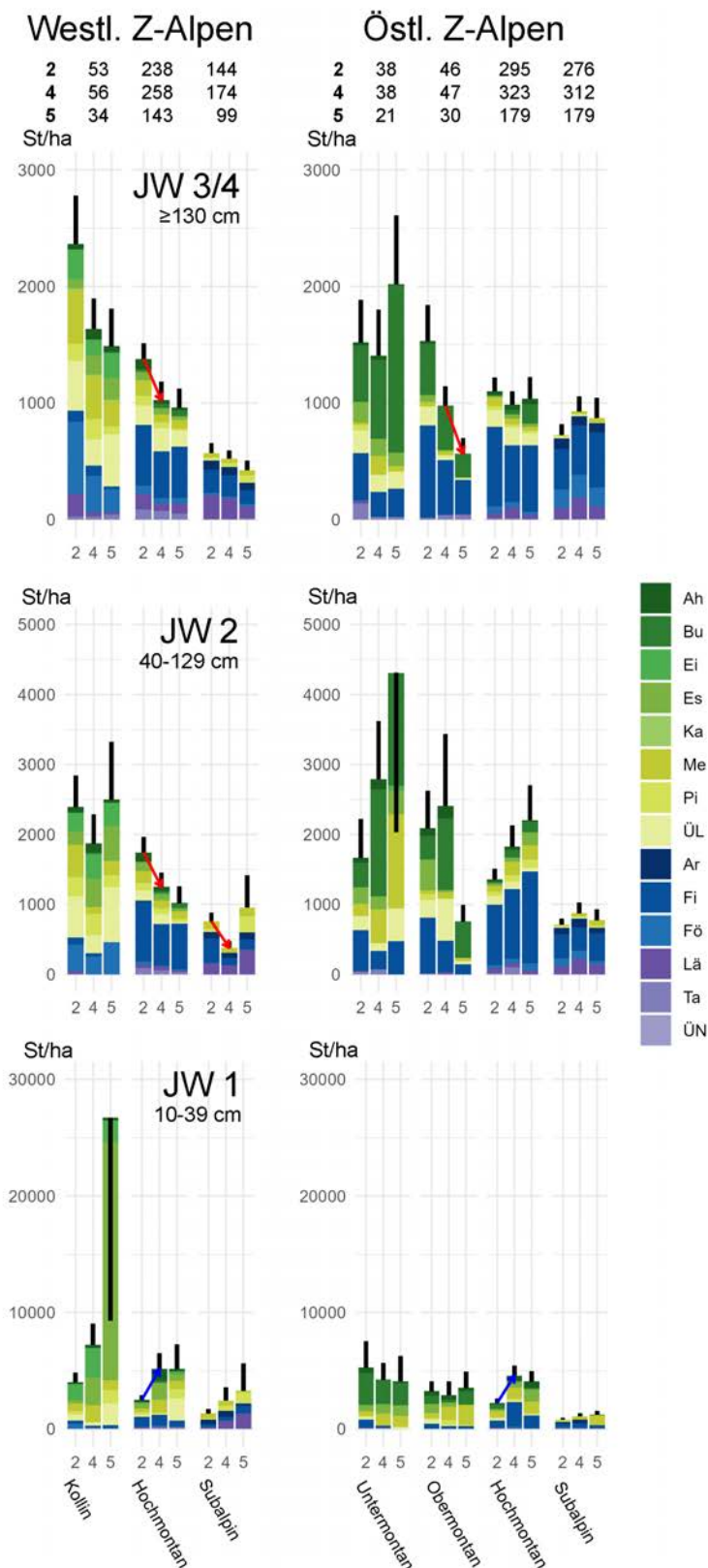


Abb. 3.3.5. Entwicklung der Stammzahlen (Stämme pro Hektar) von LFI2 über LFI4 zu LFI5 für die biogeographischen Regionen westliche und östliche Zentralalpen und pro Höhenstufe. Signifikante Veränderungen der Gesamtstammzahl für die drei Jungwaldklassen 1, 2, und 3/4 sind mit blauen (positiv) und roten (negativ) Pfeilen dargestellt. Oben sind die Anzahl berücksichtigte Probeflächen pro LFI-Inventur und Einheit tabellarisch angegeben.

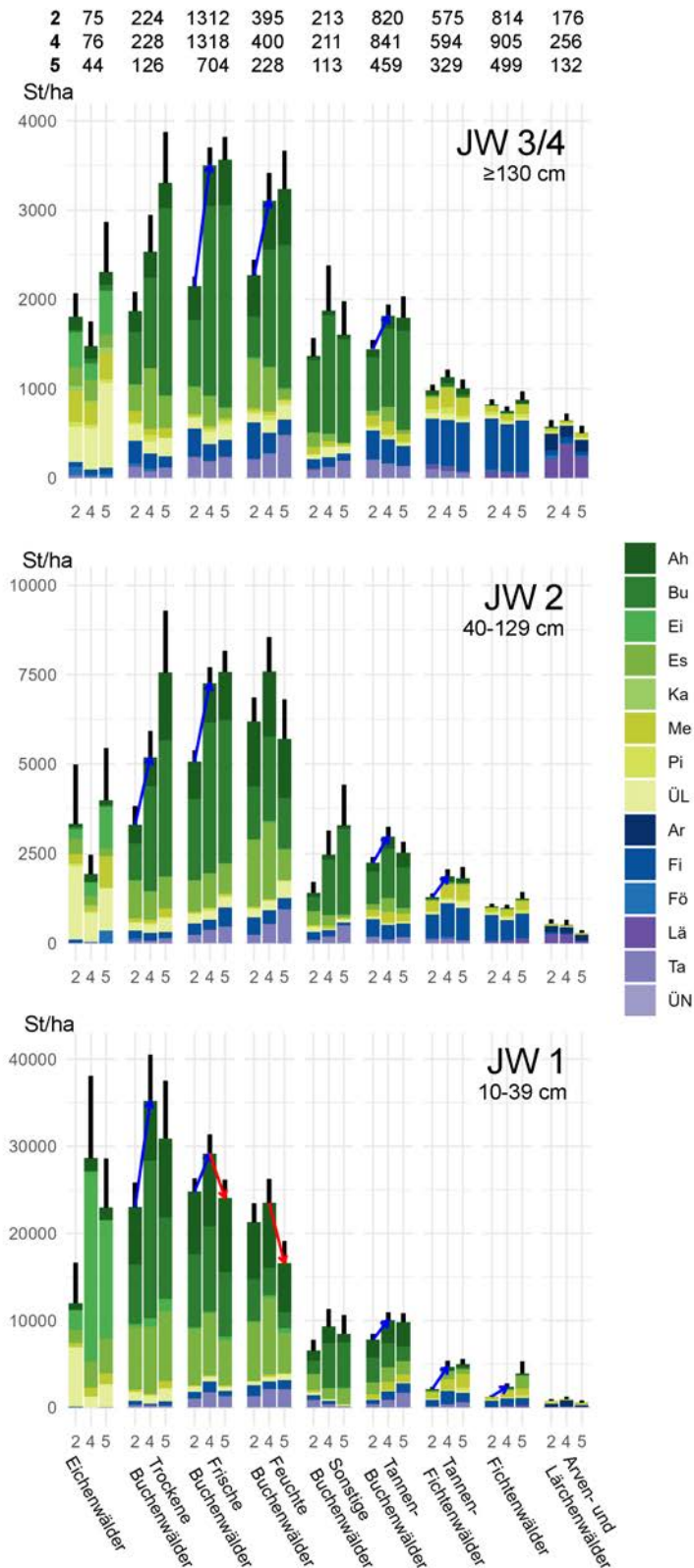


Abb. 3.3.6. Entwicklung der Stammzahlen (Stämme pro Hektar) von LFI2 über LFI4 zu LFI5 für grobe Waldstandorte. Signifikante Veränderungen der Gesamtstammzahl für die drei Jungwaldklassen 1, 2, und 3/4 sind mit blauen (positiv) und roten (negativ) Pfeilen dargestellt. Oben sind die Anzahl berücksichtigte Probeflächen pro LFI-Inventur und Einheit tabellarisch angegeben.

Einflussgrößen

Mit zunehmender mittlerer Jahrestemperatur nehmen die Verjüngungsstammzahlen in JW1–JW34 bei Berücksichtigung aller Probeflächen des LFI4 deutlich zu, wobei die zahlreichere Verjüngung der Laubbaumarten die Trends unterhalb der subalpinen Zone (also bei Jahrestemperaturen über ca. 4 °C) bestimmt (Abbildung 3.3.7). In der subalpinen Zone sind die Nadelhölzer in JW2 und JW34 zahlreicher als die Laubhölzer. Während die Nadelhölzer entlang des Temperaturgradienten in allen Grössenklassen beinahe gleich verteilt sind, erreichen die Stammzahlen der Laubhölzer in JW1 und JW2 bei 9–10 °C, also in den Tieflagen der Schweiz, ihre höchsten Werte. Bei noch wärmeren mittleren Jahrestemperaturen sinken die Stammzahlen rasch bei sehr grosser Streuung.

Recht unterschiedlich zeigt sich die Stammzahlverteilung entlang des Basalflächengradienten (Abbildung 3.3.7). Für JW1 und JW2 nehmen die Laubholzstammzahlen von geringen Werten (5000 Stück/ha bei JW1, 3000 Stück/ha bei JW2) bei kleinen Basalflächen bis zu höchsten Werten bei knapp 40 m²/ha zu (15 000 bzw. 3500 Stück/ha). Die Nadelhölzer sind auch entlang des Basalflächengradienten auf niedrigerem Niveau ziemlich gleichverteilt, auch in JW34. Demgegenüber nehmen die Stammzahlen der Laubhölzer in JW34 von höchsten Werten (2500 Stück/ha) bei kleinsten Basalflächen linear ab bis zu kleinsten Werten bei 80–100 m²/ha Basalflächen. Grundsätzlich gleichen sich die Zusammenhänge von LFI2 zu LFI5 bei beiden Faktoren, im Detail bestätigt sich aber auch hier der Trend der Zunahme von Laubholzstammzahlen bis in höchste Lagen zwischen LFI2 und LFI4/LFI5 (Resultate nicht dargestellt).

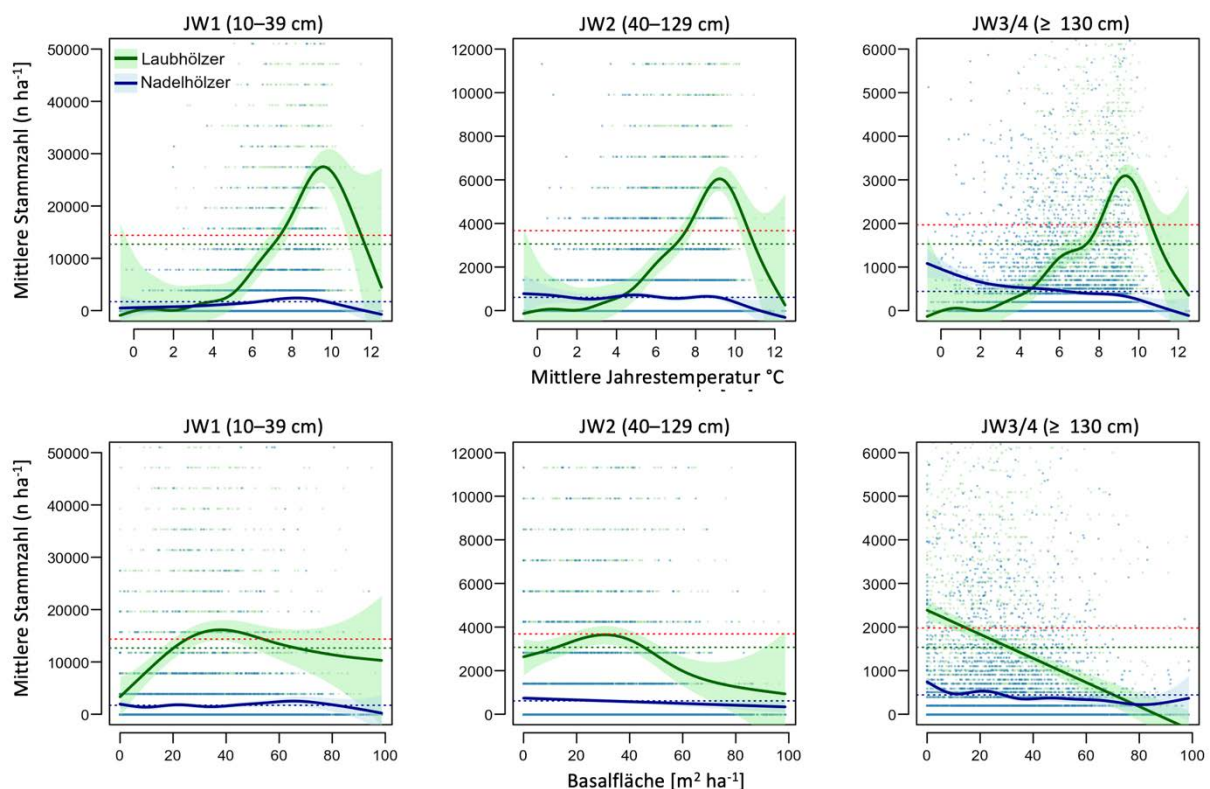


Abb. 3.3.7. Jungwald-Stammzahlen des LFI4 (5919 Probeflächen) als Funktion der mittleren Jahrestemperatur (obere Reihe) und der Basalfläche (untere Reihe). Rot gestrichelte Linien geben die mittleren Stammzahlen pro Hektar an, grüne und blaue Linien zeigen die Trends der Stammzahlen getrennt für Laub- und Nadelhölzer, die für beide mittels GAM (generalisierte additive Modelle) berechnet wurden. Vertrauensbereiche der Trendkurven sind mit transparenten Farben dargestellt. Hohe Stammzahlen (>50 000, 12 000 und 6000 Stück/ha (für J1, J2 und J3/4)) und Basalflächen >100 m² wurden in den Graphen gekappt, für die Berechnungen aber berücksichtigt.

3.4 Nächste Jungwaldpflanze

Die Erfassung der nächsten Pflanze wurde eigentlich darauf ausgelegt, Aussagen über die Qualität, d.h. Schäden oder Verbiss, der Verjüngung treffen zu können. Es ist jedoch auch möglich, mit dieser Erhebung eine Aussage über die minimale Dichte und die Verteilung der Verjüngung im Wald zu treffen (Huber et al. 2018; Kupferschmid und Gmür 2020).

Die nachfolgenden Grafiken (Abbildungen 3.4.1 a–h) visualisieren, welcher Anteil der Waldfläche pro Vergleichseinheit mit einer Mindest-Dichte von Verjüngung bestockt ist. Konkret wird angegeben, auf welchem Anteil des Waldes (Y-Achse) mindestens eine Jungwaldpflanze pro angegebene Quadratmeterzahl (X-Achse) vorkommt. Indem die Distanz zur nächsten Pflanze gemessen wurde, lässt sich eine Kurve berechnen, welche diese Angabe für verschiedene Flächengrößen darstellt. Zur Illustration dieser Auswertemöglichkeit wurden die folgenden Grafiken anhand von LFI4-Daten berechnet.

Die Auswertung nach biogeographischen Regionen zeigt, dass es in der Jungwaldklasse JW1 in Bezug auf die Verjüngungsdichte und Verteilung zwei Gruppen gibt: Regionen mit eher viel Verjüngung (Jura, Mittelland und Alpennordflanke) und Regionen mit eher wenig Verjüngung (westl. und östl. Zentralalpen und Alpensüdflanke). Der Jura weist auf über 75 % der Waldfläche mindestens 1 Pflanze pro 10 m² auf, wohingegen in den östlichen Zentralalpen nur etwa 40 % eine solche Dichte aufweisen. Mit zunehmender Grösse der Jungwaldklasse gleichen sich die Unterschiede jedoch an, so dass in den Klassen JW3/4 etwa 50 % der Waldfläche jeweils mind. 1 Pflanze pro 10 m² aufweisen oder über 80 % der Waldfläche mind. 1 Pflanze pro 80 m².

Wirklich interessant werden solche Auswertungen ab dem LFI6, wenn die nächste Jungwaldpflanze pro Art erhoben wird und entsprechende Kurven für jede Art erstellt werden können.

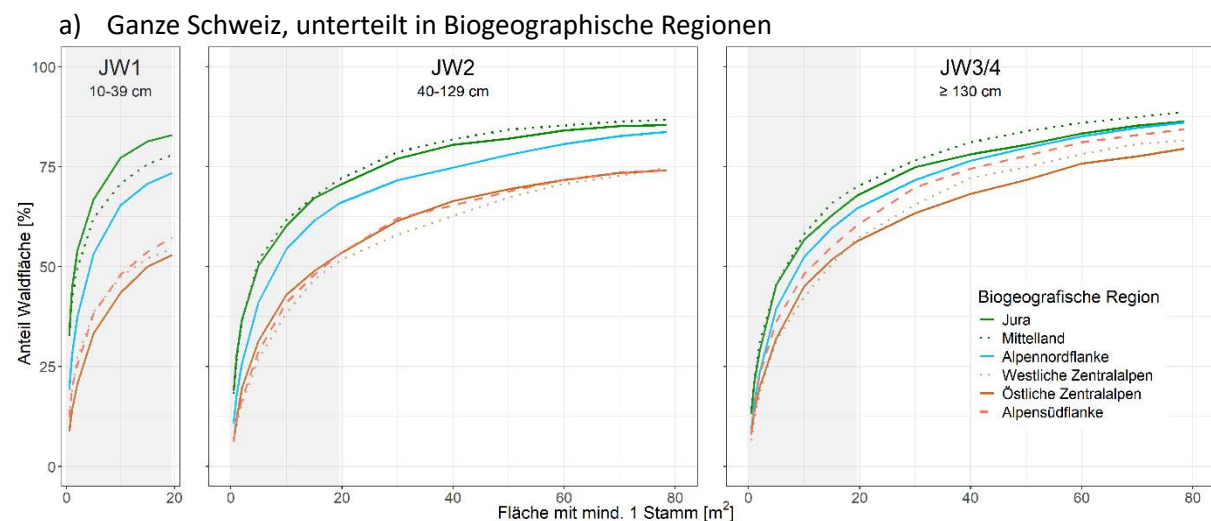
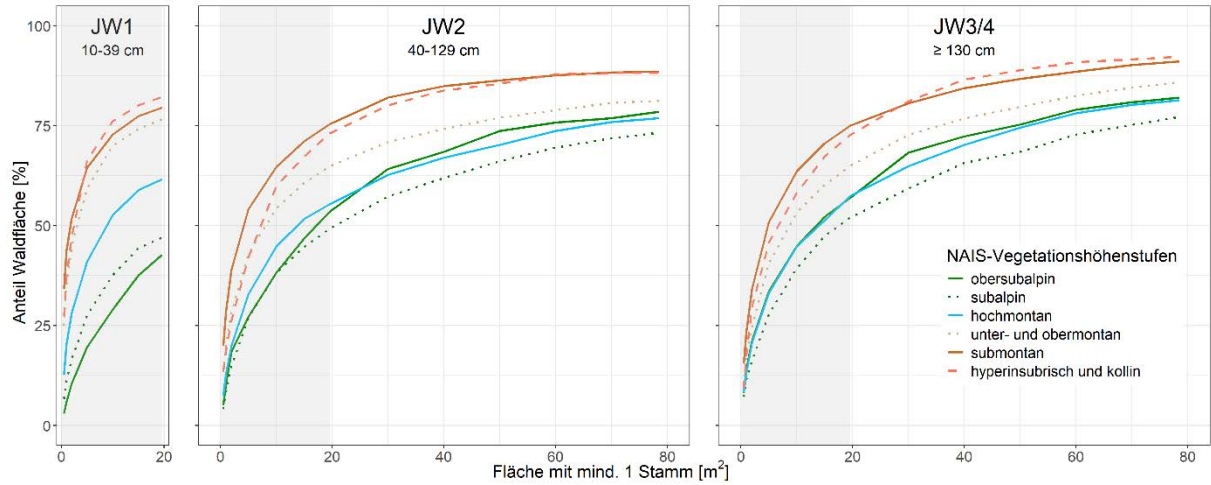
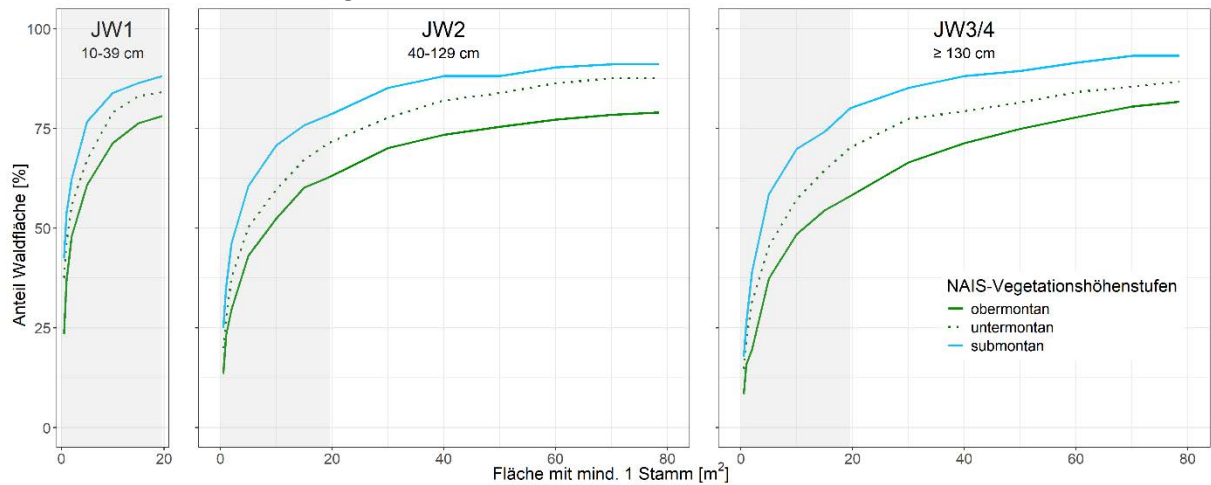


Abb. 3.4.1 a-h. Nächster Baum in den drei Jungwaldklassen JW1 (10-39 cm), JW2 (40-129 cm) und JW3/4 (0.1–11.9 cm BHD) im LFI4 ($n=5955$ Probeflächen) für die a) biogeographischen Regionen und b) *NaiS*-Vegetationshöhenstufen sowie (c–h) für die *NaiS*-Höhenstufen in den sechs biogeographischen Regionen. Die Flächenkurven beziehen sich auf die Jungwaldprobekreise mit Radien von 2.5 m und 19.6 m² Fläche (JW1) sowie 5.0 m und 78.5 m² Fläche (JW2, JW3/4). Zum Vergleich der Kurvenverläufe ist die Kreisfläche für den Radius von 2.5 m jeweils in allen drei Teilgraphen grau hervorgehoben.

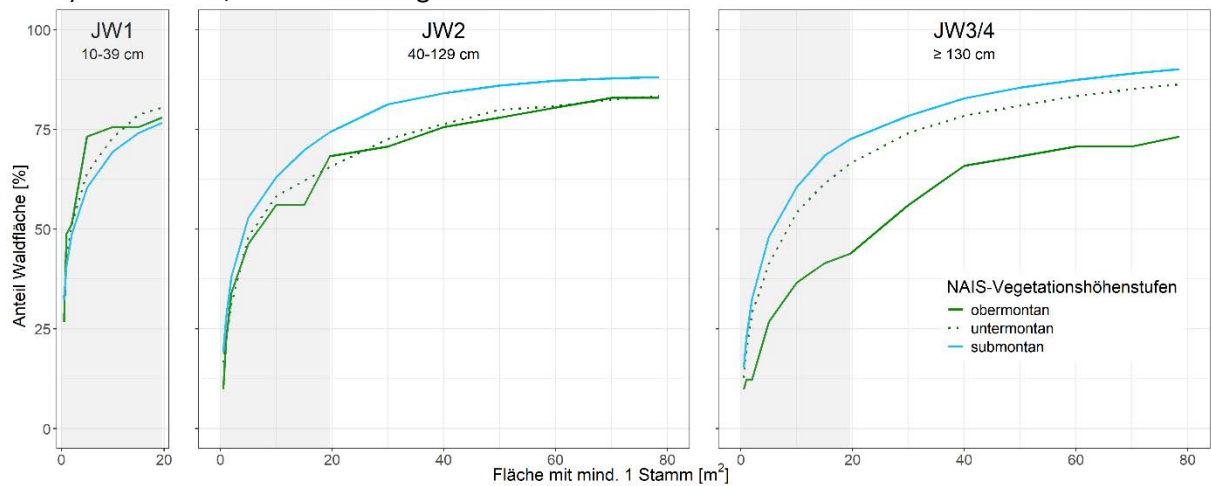
b) Ganze Schweiz, unterteilt in Nais-Vegetationshöhenstufen



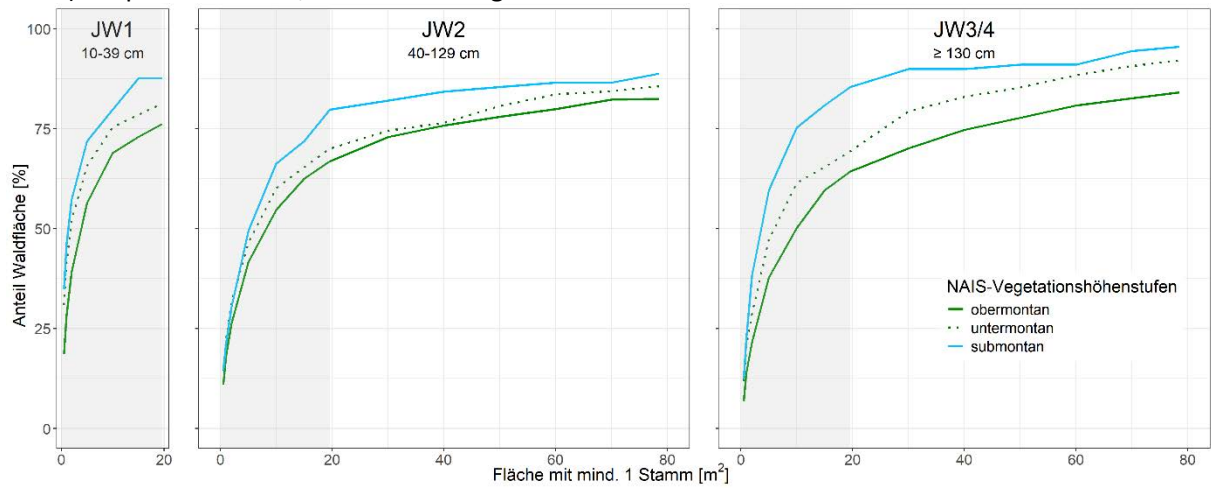
c) Jura, unterteilt in Vegetationsstufen



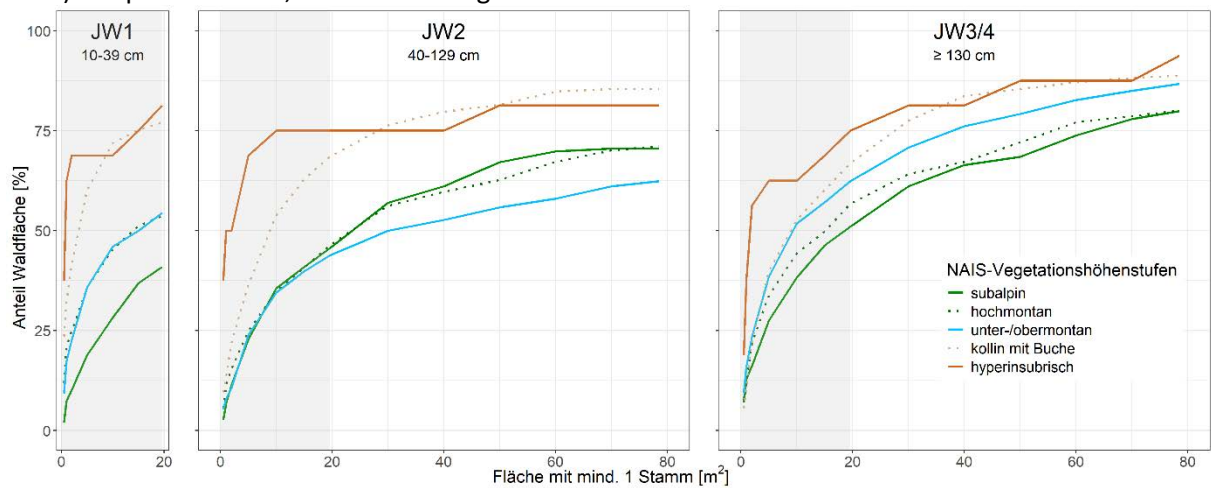
d) Mittelland, unterteilt in Vegetationsstufen



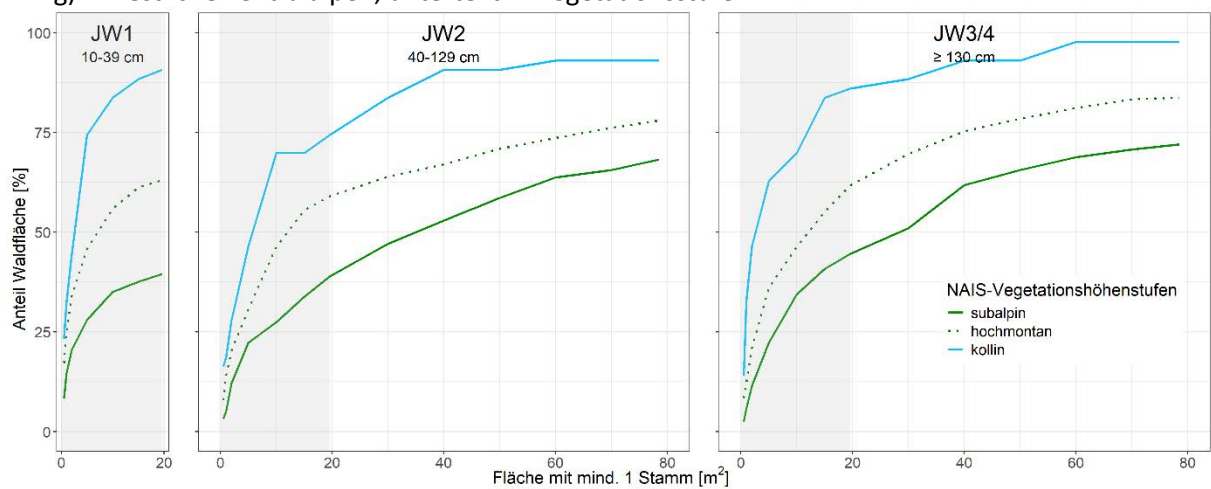
e) Alpennordflanke, unterteilt in Vegetationsstufen



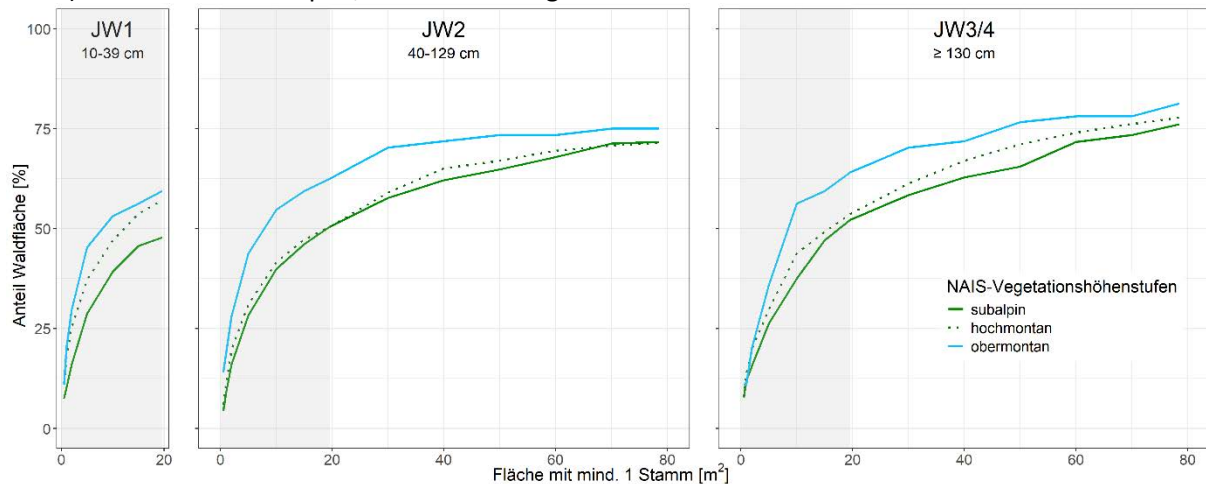
f) Alpensüdflanke, unterteilt in Vegetationsstufen



g) Westliche Zentralalpen, unterteilt in Vegetationsstufen



h) Östliche Zentralalpen, unterteilt in Vegetationsstufen



3.5 Kantonale Verjüngungsdichten

Die kantonalen Indikatorflächen bilden weite Gebiete der Schweiz sehr gut ab. Das Tessin fehlt aber vollständig. Die allermeisten der Indikatorflächen wurden in Gebiete gelegt, die bezüglich Wildeinfluss gutachtlich als «kritisch» beurteilt wurden oder befinden sich in Lotharflächen (LU). Es darf also davon ausgegangen werden, dass mindestens in grossen Teilen dieser Indikatorflächen der Wildverbiss «überdurchschnittlich» ist.

Basierend auf diesen kantonalen Datensätzen fällt auf, dass die Tanne im Osten (GR und GL) mit nur sehr tiefen Stammzahlen pro ha in der Verjüngung vertreten ist (Abbildung 3.5.1). Die Eiche scheint in BL und GE, den klassischen Eichen-Hagebuchenwald-Gebieten, in allen und in VD in einigen wenigen Indikatorflächen stammzahlreich zu sein, währenddem sie in NE, ZH, TG und GR nur sehr spärlich gezählt wurde (Abbildungen 3.5.1 und 3.5.2).

Für die meisten Arten ergeben sich aber über die Regionen oder Indikatorflächen hinweg rel. hohe Stammzahlen. Dies bedeutet aber nicht, dass jede Probefläche innerhalb dieser Flächen auch Verjüngung aufweist.

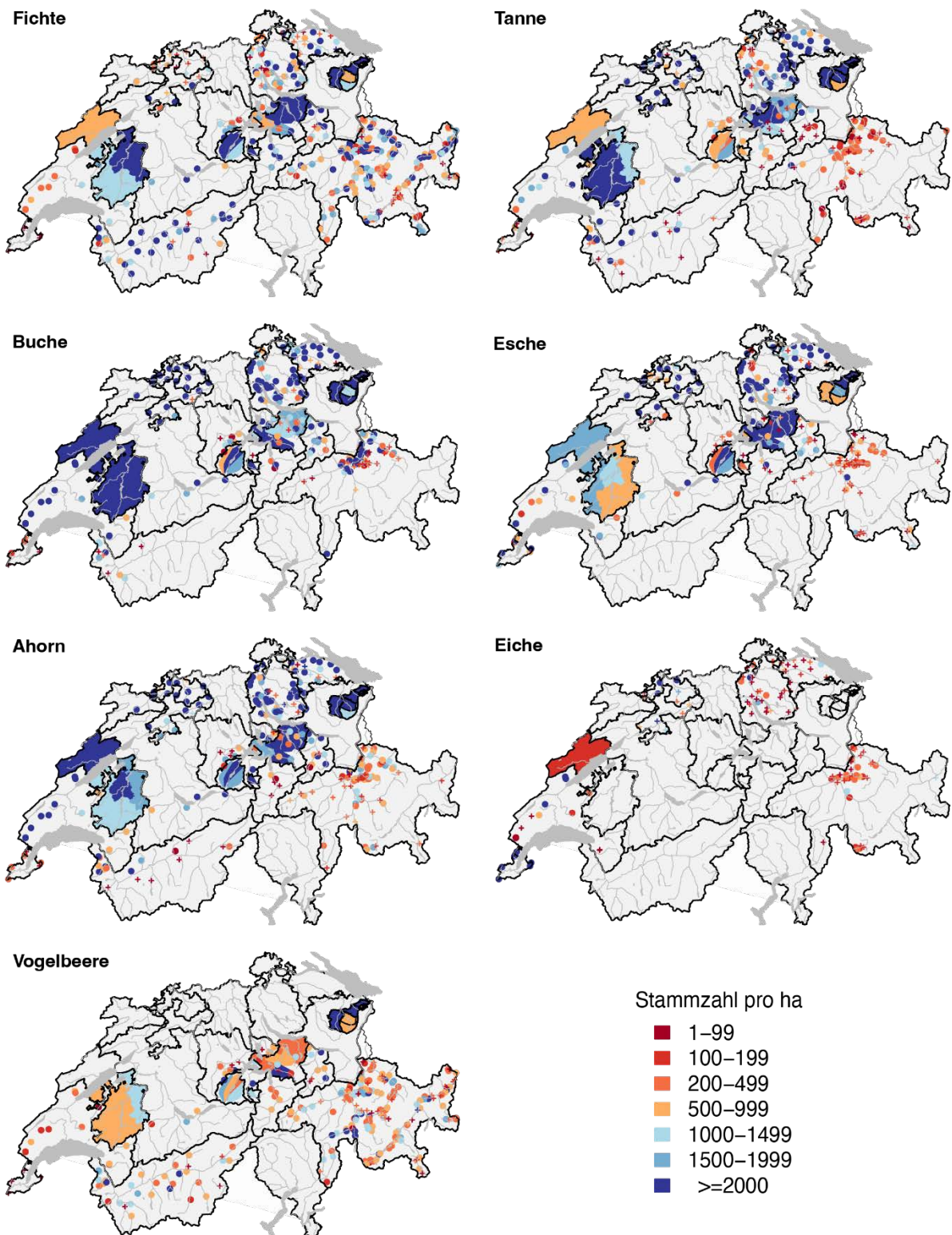


Abb. 3.5.1. Stammzahl pro ha der Bäumchen in den Jungwaldklassen JW1 und JW2 (10–129 cm) je Indikatorfläche oder Teilprojekt1-Fläche (TP1, Kt. Graubünden) oder je Region bei systematisch über den Kanton verteilten Stichproben. Bei Vogelbeere ist im Kanton Freiburg die Eiche in den Mittellandflächen und die Vogelbeeren in den Voralpenflächen enthalten (da alle 4 Forstkreise sowohl Mittelland wie Voralpen enthalten, die Vogelbeere aber stammzahlmässig dominiert). Das Pluszeichen kennzeichnet Flächen mit weniger als 5 Stichproben dieser Baumart, Kreise hingegen jene mit ≥ 5 Stichproben.

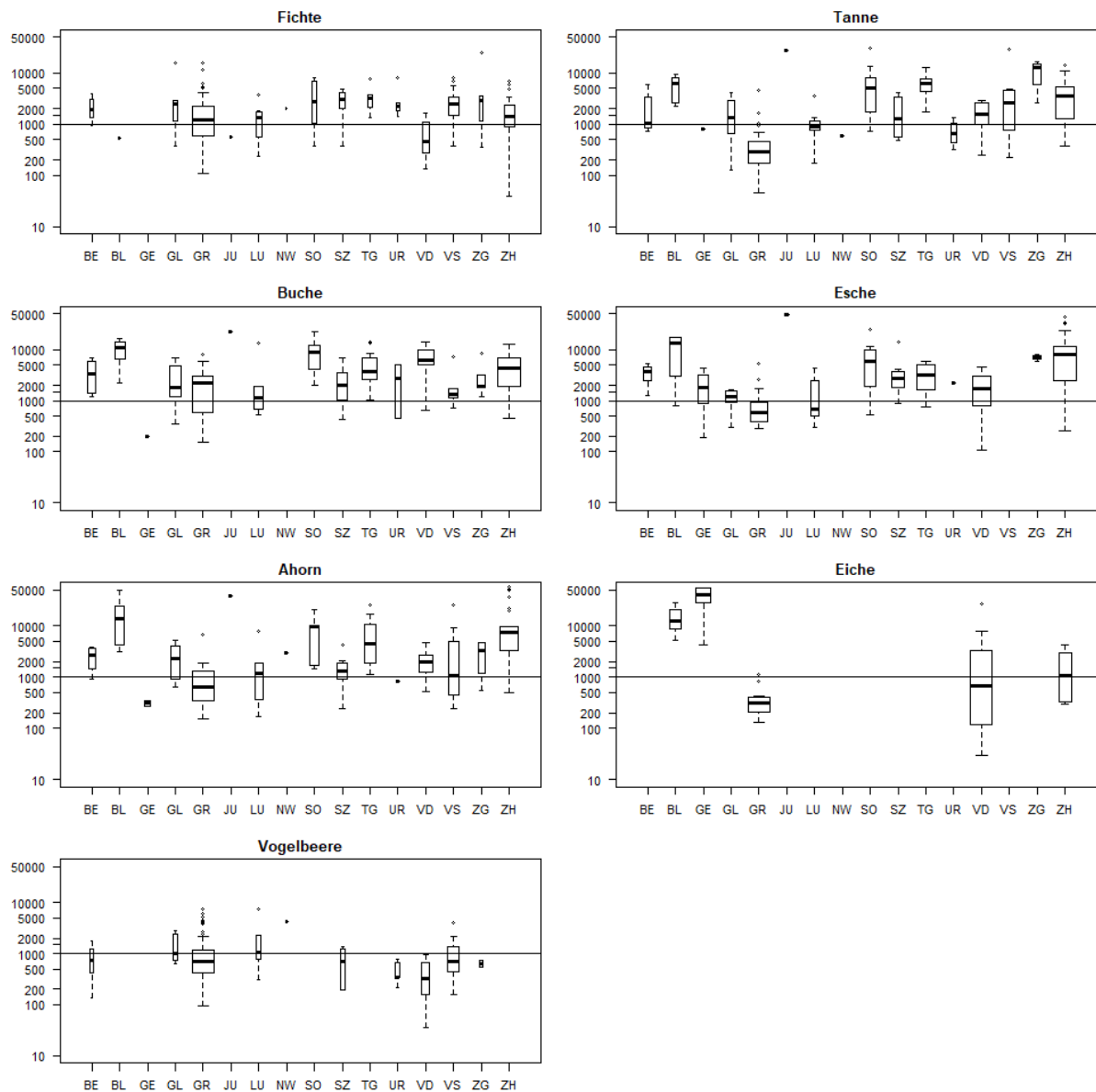


Abb. 3.5.2. Stammzahlen (Bäumchen pro ha) der Bäumchen in den Jungwaldklassen JW1 und JW2 (10-129 cm) je Indikatorflächen oder Teilprojekt 1-Flächen (TP1, Kanton Graubünden) für Baumarten, die in ≥ 5 Probeflächen vorkommen. Boxplots mit 50 % der Daten in den Boxen (Interquartilgrenzen) bei logarithmischer Skala. Die horizontale Linie gibt 1000 Bäumchen/ha an.

4 Diskussion

Informationen über den Zustand des Jungwalds im Schweizer Wald wurden bisher in stark reduzierter Form in den LFI-Schlussberichten der ersten vier Inventuren publiziert. Rückschlüsse auf die räumliche und zeitliche Dynamik der Verjüngung beschränkten sich auf grobe Aussagen z. B. über die Natürlichkeit der Verjüngung (Brändli et al 2020b) oder über landesweite Angaben zum Anteil von Verjüngungsflächen und häufig verjüngte Baumarten (Moser et al 2025). Mit dem vorliegenden Schlussbericht werden im Unterschied dazu anhand von verschiedenen Jungwaldmerkmalen räumlich repräsentative Referenzwerte zur Verjüngungsentwicklung der letzten 20 Jahre im Schweizer Wald verfügbar gemacht. Die Masszahlen – für die gesamte Verjüngung und für einzelne Baumarten – bezüglich den Vergleichseinheiten biogeographische Region, Höhenstufe und grober Waldstandort ermöglichen neuartige Vergleiche und werden mit möglichen Einflussfaktoren erklärt. Die umfangreichen Analysen decken gleichzeitig die Grenzen der zugrundeliegenden Erhebungsmethoden auf.

4.1 Aussagekraft der Referenzwerte

Unser wichtigstes Projektziel war die Zusammenstellung von Referenzwerten von Verjüngungsmerkmalen, anhand derer die Verjüngungssituation eines Bestandes oder eines Betriebs verglichen werden kann. Geplant waren statistische Aussagen zu Stammzahlen mit Mittelwert und Perzentilangaben – Benchmarking: ein bewährtes Vorgehen, um zum Beispiel die Leistung eines Betriebs mit jener von anderen Betrieben einer bestimmten Branche zu vergleichen. Folgende Gründe führten zur Einsicht, dass das herkömmliche Benchmarking für die Waldverjüngung nicht 1:1 angewendet werden kann, da die zugrundeliegenden Daten im höchsten Masse heterogen sind. Viele Stichprobeflächen enthalten keine Information über die Verjüngung.

Waldverjüngung ist abhängig von Licht: In einem dunklen Wald, z. B. in einem Hallenbuchenwald oder in einem Tessiner Buchenwald kann nur wenig Licht durch die Krone gelangen, sodass eine Verjüngung trotz verfügbarer Samen nicht aufkommen kann: Die Prozesse Keimung, Anwuchs, Aufwuchs und Nachwuchs sind infolge von dämmendem Laub oder zu geringem Lichtdurchlass stark beeinträchtigt. In solchen Wäldern ist die erhobene Verjüngung gering oder nicht vorhanden.

Repräsentative Erhebungen in Raum und Zeit: Die Verjüngungsrealität wird in aller Regel repräsentativ abgebildet. Ob landesweit im LFI oder in Waldgebieten mit starkem Verbiss – ein systematisches Stichprobendesign zielt auf eine repräsentative Aussage im Wald. Dieser Grundsatz unterstützt die Heterogenität der Daten. Die Folge ist ein zweistelliger Prozentsatz von Verjüngungsplots ohne Verjüngung.

Kleine Stichprobeflächen: Aus Gründen der Kostenoptimierung werden oft kleine Probeflächen definiert (LFI) oder Abbruch-Verfahren gewählt (Indikatorflächen). Bei der Hochrechnung auf Stammzahlen pro Hektar wird deutlich, dass auf kleinen Flächen oft keine Verjüngung vorhanden ist und dass nur Aussagen für die häufig vorkommende Baumarten möglich sind. Für zu seltene Baumarten ergeben die in geringer Anzahl vorhandenen Flächen, wo seltene Arten angetroffen werden, kaum belastbare Daten.

Waldrealität statt Verjüngungsrealität: Statistische Angaben über die Verjüngung im Rahmen des LFI bilden vor allem die Realität von 'Verjüngung unter Schirm' ab, anstatt die Verjüngung in Waldöffnungen, dem Ort, wo sich Verjüngung rasch etabliert.

Aus den obengenannten Gründen ist es zwar möglich, mittlere Jungwald-Stammzahlen von verschiedenen Einheiten zu vergleichen. Jedoch widerspiegeln die Mittelwerte weniger das Verjüngungspotenzial, sondern vielmehr die Waldstrukturen, die Schattentoleranz von Baumarten (gross für viele Laubbäume im Anwuchs, kleiner im Nachwuchs/in der Dickung), die konkurrierende Bodenvegetation (z. B. Hochstauden in höheren Lagen), und die Verbissituation. Diese Limitierungen gilt es zu berücksichtigen.

Auf dem Niveau von Mittelwerten lässt sich also abschätzen, inwiefern der eigene Vergleichsdatensatz oberhalb oder unterhalb des Mittelwerts liegt. Die Referenzwerte, die den gerundeten Mittelwerten

entsprechen (vergl. Tab. 3.1.1 mit Tab. 4.1.1), bestätigen grobe Grundsätze der Verteilung des Jungwalds in der Schweiz. In Laubwäldern ist die Verjüngung stammzahlreicher als in Nadelwäldern, in den Tieflagen und im Jura ist die Verjüngung zahlreicher als in den Hochlagen, in den Zentralalpen und im Tessin ist die Verjüngungssituation generell prekär (Tab. 4.1.1). Referenzwerte für alle Einheiten mit Bezug zum LFI5 befinden sich im Appendix A3.

Die Stammzahl pro Hektar ist das am häufigsten verwendete Merkmal zur Charakterisierung des Verjüngungszustands der Wälder in Raum und Zeit. Sowohl landesweite als auch kantonale oder lokale Inventuren basieren auf ihr. Wie sich in unseren Analysen und auch in der Diskussion mit der Projekt-Begleitgruppe zeigte, bietet aber bereits die Herleitung von Stammzahlen ein erstes Problem. Stichprobeninventuren verwenden entweder Probeflächen mit fixen Grössen (LFI-Jungwaldaufnahme oder Windwurf-Erhebungen; Schönenberger 2002, Kramer et al 2014, Düggelin et al 2020) oder solche mit variablen Grössen, die dem Umstand der Heterogenität der Verjüngung Rechnung tragen. Zu letzteren zählen die Indikatorflächen in den Kantonen (oft mit Winkelzählmethode bzw. Abbruchkriterium; Rüegg 1999) und die k-Baum-Methode (nächster Baum/nächste Junwaldpflanze; Kleinn et al 2009, Düggelin et al 2020, Kupferschmid & Gmür 2020). Da die Erhebungen auf fixen Probeflächen zeitaufwendig sind, werden die Flächen klein gehalten, wodurch das bereits diskutierte Nullwert-Problem entsteht. Demgegenüber reduzieren die Methoden mit variablem Flächenbezug das Problem von nicht-präsenter Verjüngung. Bei der Hochskalierung werden allerdings Schätzungenauigkeiten in Kauf genommen (Kupferschmid & Gmür 2020). Ein weiteres Problem steckt in der uneinheitlichen Unterteilung der Jungwald-Grössenklassen (Höhenklassen JW1, JW2, Durchmesserklassen JW3/4). Während sich innerhalb des LFIs die verschiedenen Unterteilungen harmonisieren lassen, beschränkten sich Kupferschmid und Frei (2025) in ihrer Übersicht über die kantonalen Verjüngungsinventare aus Konsistenzgründen auf nur eine Klasse (10–130 cm), weshalb eine Unterscheidung zwischen Anwuchs und Aufwuchs unmöglich ist. Aussagen zum Nachwuchs (gesicherte Verjüngung) fanden gar keine Erwähnung.

Abgesehen von den unterschiedlichen Erhebungsmethoden und Stammzahlberechnungen hat sich in den letzten Jahren zudem die Erkenntnis durchgesetzt, dass die beiden Faktoren Licht (Scherrer et al 2021, Scherrer et al 2022) und Mikroklima (Zellweger et al 2024) im Wald eine entscheidende Rolle in der Verjüngungsentwicklung spielen. Entsprechend hat sich der Kanton Graubünden im Teilprogramm 7 für eine neuartige Erhebung der Waldverjüngung entschieden (Gadola 2025), bei der nur Probeflächen berücksichtigt werden, die für die Entwicklung von Jungwaldarten höchstwahrscheinlich nicht lichtlimitierend wirken. Anders ausgedrückt, die Verjüngung wird nur in Waldöffnungen erhoben.

Tab. 4.1.1. Referenzwerte für die Jungwaldverjüngung in der Schweiz und in den sechs biogeographische Regionen für die drei Jungwaldklassen JW1, JW2 und JW3/4, abgeleitet vom LF15 aus der Tabelle 3.1.1. Ah Ahorn (*Acer* sp.), Bu Buche, Ei Eiche (*Quercus* sp.), Es Esche (*Fraxinus* sp.), Ka Kastanie, Me (Mehlbeeren (Vogelbeeren, Mehlbeeren), Pi Pioniere (Birken, Pappeln, Weiden), ÜL Übrige Laubbäume, Ar Arve, Fi Fichte, Fö Föhre (*Pinus* sp.), Lä Lärche, Ta Tanne, ÜN Übrige Nadelbäume.

Stammzahlen	Ganze Schweiz	Jura	Mittelland	Alp'nordfl.	Westl. Z'alpen	Östl. Z'alpen	Alp'südfl.
JW 1	12'000	22'000	20'000	10'000	7'000	3'000	5'000
JW 2	4'000	6'000	7'000	3'000	1'000	2'000	1'000
JW 34	2'000	3'000	3'000	2'000	1'000	1'000	600
Gesamt	18'000	31'000	30'000	15'000	9'000	6'000	6'600
Ah 1	3'400	8'400	6'400	2'300	140	330	280
Ah 2	600	1'000	1'500	430	20	20	40
Ah 34	240	320	620	160	40	20	20
Bu 1	2'600	5'400	4'300	2'400	50	350	790
Bu 2	1'400	3'800	2'300	950	30	180	160
Bu 34	900	2'200	1'600	650	40	170	120
Ei 1	460	700	1'200	60	310	0	280
Ei 2	30	10	80	0	50	10	20
Ei 34	10	10	30	0	30	0	<10
Es 1	2'900	4'600	4'200	2'100	2'600	640	2'700
Es 2	390	310	860	330	80	110	340
Es 34	80	80	140	80	40	30	20
Ka 1	10	0	0	<10	0	0	100
Ka 2	<10	0	0	0	0	0	20
Ka 34	<10	0	0	0	<10	0	30
Me 1	520	700	60	740	480	970	210
Me 2	170	250	40	220	120	210	160
Me 34	80	110	30	140	90	50	70
Pi 1	120	40	0	80	800	40	130
Pi 2	50	20	20	70	110	60	30
Pi 34	40	20	40	90	30	10	30
ÜL 1	440	420	720	340	1'200	60	100
ÜL 2	190	190	400	200	100	60	50
ÜL 34	120	120	240	90	120	70	90
Ar 1	10	0	0	0	60	30	20
Ar 2	10	0	0	0	30	30	10
Ar 34	10	0	0	0	20	40	0
Fi 1	650	550	820	950	520	550	30
Fi 2	440	240	580	510	370	740	40
Fi 34	260	150	190	370	260	470	100
Fö 1	10	10	0	<10	10	40	0
Fö 2	20	<10	10	<10	60	60	<10
Fö 34	20	<10	<10	<10	50	80	20
Lä 1	40	0	0	0	430	30	20
Lä 2	20	0	<10	0	130	80	10
Lä 34	30	0	0	<10	90	70	40
Ta 1	790	980	1700	870	90	10	80
Ta 2	230	180	740	140	30	<10	20
Ta 34	130	200	290	90	60	10	30
ÜN 1	20	50	40	0	0	0	0
JW 2	4'000	6'000	7'000	3'000	1'000	2'000	1'000
ÜN 34	<10	<10	10	0	0	0	0

Bisherige Referenzwerte/Sollwerte für die Verjüngung in der Schweiz und in anderen Ländern

Die im vorliegenden Bericht abgeleiteten Referenzwerte sind im Kontext der bestehenden Sollwertdiskussion einzuordnen. Das Konzeptpapier von Brang und Nikolova (2020) schlug für die Schweiz erstmals systematisch aus LFI4 Verjüngungsdaten hergeleitete, nach Höhenstufe und Waldstruktur differenzierte Stammzahl-Sollwerte zwischen 1'500 und 4'000 Pflanzen/ha vor, wobei Anwuchspflanzen halb, Aufwuchspflanzen einfach und Nachwuchspflanzen dreifach gewichtet werden. Der Ansatz verfolgt das Ziel, die Verjüngung quantitativ zu fassen und einen Soll-Ist-Vergleich auf Bestandesebene zu ermöglichen. Die Sollwerte von Brang und Nikolova wurden aber nur konzeptionell abgeleitet und sind nicht mit unabhängigen Felddaten verifiziert worden – daher haben sie nur einen provisorischen Charakter. Die hier vorgestellten Stammzahlen bestätigen, basierend auf einem deutlich breiteren Datenmaterial, die Grössenordnung dieser provisorischen Sollwerte und differenzieren sie überdies nach biogeographischen Regionen, Höhenstufen und groben Waldstandorten.

Im Vergleich mit der Literatur aus Deutschland und Österreich zeigen sich substanzielle methodische Unterschiede. In Österreich werden parallel mehrere standardisierte Verfahren eingesetzt, namentlich das bundesweite Wildeinflussmonitoring (WEM) des Bundesforschungszentrums für Wald BFW (Schodterer & Kainz 2022) und das unternehmensweite Jungwuchs-, Verbiss- und Schälmonitoring (JVSM) der österreichischen Bundesforste sowie das Vergleichsflächenverfahren WIKOSYS-VFL (Reimoser et al 2014). Diese Verfahren fokussieren primär auf den Schalenwildeinfluss und liefern Verbissprozente beziehungsweise relative Verjüngungsbewertungen in Form eines Ampelsystems (grün, gelb, rot), jedoch weniger absolute Stammzahl-Sollwerte.

In Deutschland orientieren sich Verfahren wie das Vergleichsflächenverfahren der FVA Baden-Württemberg (Suchant et al 2012) primär an der monetären Bewertung von Wildverbisschäden. Die Bewertung erfolgt auf 10-m²-Probekreisen mit nach Höhenstufen differenzierten Sollwerten unverbisser Bäumchen. Diese entsprechen rund 3'000–12'000 Pflanzen/ha bei Nadelbäumen beziehungsweise 5'000–20'000 Pflanzen/ha bei Laubbäumen und liegen damit insbesondere in den unteren Grössenklassen deutlich über den provisorischen Schweizer Sollwerten von Brang und Nikolova (2020). Die Mindeststammzahlen, ab denen eine Baumart als „verjüngt“ gilt, liegen hingegen mit etwa 1'000–4'000 Pflanzen/ha vergleichsweise nahe bei den Schweizer Richtwerten.

Eine weitere Referenz liefert die bulgarische „Methodik zur Bewertung und Entwicklung der Verjüngung in Waldgebieten“ (IAG 2021). Sie definiert Stammzahl-Bandbreiten je Hektar für verschiedene Verjüngungsklassen und unterscheidet zwischen schattentoleranten und lichtbedürftigen Baumarten. Eine „gute“ Verjüngung wird bei schattentoleranten Arten mit 15'000–23'000 Pflanzen/ha, bei lichtbedürftigen Arten mit 6'800–10'500 Pflanzen/ha erreicht. Werte unter 4'500 beziehungsweise 2'000 Pflanzen/ha gelten als „schlecht“ und lösen eine Aufforstungspflicht aus.

Aus dem Vergleich der drei Sollwertssysteme – Schweiz (Brang & Nikolova 2020), Baden-Württemberg (Suchant et al 2012) und Bulgarien (IAG 2021) – wird deutlich, dass die absoluten Schwellenwerte je nach Zielsetzung und methodischem Aufbau erheblich variieren. Das Schweizer Konzept basiert auf gewichteten, waldbaulich erforderlichen *Mindeststammzahlen* von 1'500 bis 4'000 Pflanzen/ha. Das FVA-Verfahren verwendet hingegen ungewichtete, nach Grössenklassen differenzierte *Mindeststammzahlen* von 1'000 bis 4'000 Pflanzen/ha. Die bulgarische Methodik wiederum arbeitet mit einer Bewertungsskala, deren unterster Schwellenwert je nach ökologischer Gruppe zwischen 2'000 Pflanzen/ha für schattenertragende Baumarten und 4'500 Pflanzen/ha für lichtbedürftige Baumarten liegt. Trotz dieser methodischen Unterschiede zeigen die Verfahren eine bemerkenswerte Konvergenz im unteren Schwellenbereich: Für eine als ausreichend bewertete Verjüngung liegen die Mindeststammzahlen in allen drei Systemen in einer ähnlichen Grössenordnung von etwa 2'000 bis 5'000 Pflanzen/ha. Diese Übereinstimmung stützt zusätzlich die Plausibilität der im Projekt Benchmarks abgeleiteten Referenzwerte.

4.2 Beurteilung der Verjüngungssituation anhand der Resultate

Die berechneten Stammzahlen hängen mit verschiedenen Faktoren zusammen und widerspiegeln die Vielfalt der Umweltbedingungen und ihre Veränderung in den letzten 20 Jahren. Folgende Faktoren prägen die wichtigsten Jungwaldmuster:

- **Kontinentalität und Höhenlage:** In den kontinentalen Zentralalpen herrschen Nadelhölzer in Klimaxwäldern vor. Hier wirken die Grösse von Waldöffnungen (Faktor Licht) und die Exposition (Faktoren Wärme, Austrocknung oder Feuchtigkeit) je nach Baumart stark limitierend (Brang 1998, Gauye et al 2023). In höheren Lagen sind die Stammzahlen besonders gering: es fehlen die schattentoleranten Laubbäume (Abbildungen 3.3.2 und 3.3.7). Die langsam wachsenden Nadelhölzer werden an feuchten Orten durch rasch verdämmende Hochstauden (Kramer et al 2014, Kalt et al 2021) verdrängt und in mittleren und trockenen Standorten durch konstanten Verbiss im Aufwuchs behindert, insbesondere Tanne und Edellaubhölzer (Kupferschmid & Abegg 2025). Der Verbiss reduziert in rund der Hälfte der Schweizer Wälder das Verjüngungspotenzial (Kupferschmid & Frei 2025). Verglichen mit den ozeanisch geprägten Wäldern nördlich der Alpen sind die Jungwaldstammzahlen in den Zentralalpen und auf der Alpensüdflanke deutlich geringer und je nach Grössenklasse und Höhenlage nur halb so gross wie im Landesmittel (Abb. 3.3.2). Einen ähnlichen Zusammenhang vermitteln die Verjüngungsdeckungsgrade, die in den Zentralalpen die tiefsten Werte erreichen (Abb. 3.1.2). Nord- und südlich der Alpen machen Laubhölzer den Grossteil der Waldbestände aus. Die Wälder sind nicht nur artenreicher (Abb. 3.2.2), viele der Laubbaumarten sind auch schattentolerant, weshalb insbesondere die mittleren Stammzahlen in der Jungwaldklassen 1 und 2 hier mehr als doppelt so hoch sind als jene in den Zentralalpen (Abb. 3.3.2). Die Zusammenhänge werden auch durch die Resultate der nächsten JW-Pflanze anhand der Waldfläche mit einer Mindestdichte bestätigt (Abb. 3.4.1 a, b). Unterschiede zwischen den Regionen und Höhenstufen sind insbesondere in der kleinsten Jungwaldklasse sichtbar, wobei sich die Unterschiede in den grösseren Jungwaldklassen wieder angleichen.
- **Dynamik während der letzten 20 Jahre:** Von LFI2 bis LFI4 ist landesweit eine deutliche Zunahme der Jungwald-Stammzahlen in allen Klassen festzustellen (Abb. 3.3.2), eine Entwicklung, die mit den Folgen der Stürme Vivian und Lothar zu erklären ist (Schüepp et al 1994, Wohlgemuth et al 2008, Wohlgemuth et al 2023). In den Waldöffnungen, die durch die Stürme, den nachfolgenden Borkenkäferbefall und die Zwangsnutzungen entstanden (Thürig et al 2025), konnte sich verbreiteter Jungwald etablieren. Weil sich rund die Hälfte aller LFI-Stichprobeflächen im Mittelland und in der Alpennordflanke befinden, wo die meisten Sturmschäden erfolgten, prägt die störungsbedingte Jungwaldentwicklung dieser Gebiete das landesweite Ergebnis. Ein landesweit deutlicher Rückgang der Stammzahl in JW1 von LFI4 bis LFI5 hängt insbesondere mit dem starken Rückgang in den Mittellandwäldern zusammen, wo die Jungwaldentwicklung weit fortgeschritten ist. In den westlichen Zentralalpen und in der Alpensüdflanke fallen deutliche Stammzahlabnahmen von LFI2 bis LFI4 und LFI5 auf. Im Detail sind die Entwicklungen der Stammzahlen für die einzelnen Baumarten sehr aufschlussreich (Abb. 3.2.2, A2.1–A2.24). Laubbäume breiten sich generell aus und sind in mehr Stichprobeflächen höherer Lagen vorhanden als noch vor 20 Jahren. Ausgenommen davon ist die Esche, die sowohl in Stammzahl und auch in Präsenz einen starken Rückgang aufweist. Die Eiche verjüngt sich in Eichenwäldern und ist in submontanen Buchenwäldern in JW1 auf tiefem Niveau zahlreicher als noch vor 20 Jahren. Obwohl die mittleren Temperaturen seit dem LFI2 um rund 1.5° C zugenommen haben, lässt sich ein allfälliger Einfluss auf die Verjüngung nicht vom Einfluss anderer Faktoren unterscheiden, insbesondere nicht vom naheliegenden Effekt der Waldöffnungen durch die Störungen (siehe oben).
- **Licht bzw. Grösse der Waldöffnung:** Für Verjüngung braucht es Licht im Wald (Grubb 1977, White & Jentsch 2001). Der Zusammenhang wird in Abb. 3.1.5 am deutlichsten bestätigt, in welcher die Verjüngungsdeckungsgrade als Funktion der mittleren Basalflächen dargestellt sind: mit zunehmender Basalfläche nimmt die Fläche des Jungwalds

(Verjüngungsdeckungsgrad) linear ab. Da der Verjüngungsdeckungsgrad über eine grössere Fläche (massgebender Bestand) geschätzt ist, erzielt dieser Parameter im Vergleich mit aus Flächen von maximal 50 m² abgeleiteten Stammzahlen, die in Abb. 3.3.7 ebenfalls als Funktion der Basalfläche dargestellt sind, einen deutlicheren Zusammenhang.

Zusammenfassend gilt es bei allen Vergleichen von Verjüngungsmerkmalen die Standortbedingungen (Licht, Wasserverfügbarkeit, Nährstoffe, Verbiss) und die Anzahl verfügbarer Waldbaumarten zu berücksichtigen.

4.3 Konsequenzen für waldbauliche Zielsetzungen

Die regionalen und höhenstufenspezifischen Unterschiede in den Referenzwerten haben unmittelbare Konsequenzen für die waldbauliche Praxis. In Tieflagen und im Jura, wo die Verjüngung im Mittel reichlich aufkommt, kann sich die waldbauliche Steuerung auf die Lenkung der Baumartenzusammensetzung und auf die Sicherung erwünschter Mischungsanteile konzentrieren. Im Mittelland ist ein Verjüngungsmangel im engeren Sinne meist nicht das Hauptproblem, hingegen überwachsen konkurrierende Pflanzen wie Brombeeren in grösseren Waldöffnungen wie z. B. in Windwurfflächen den Aufwuchs rasch (Wohlgemuth & Kramer 2015). Anders stellt sich die Situation in den Hochlagen, in den Zentralalpen und im Tessin dar: Hier ist die Verjüngungsdringlichkeit oft hoch, die Zeitfenster für ein erfolgreiches Aufkommen sind eng, und das Erreichen nachhaltiger Verjüngung (z. B. Sollwerte) erfordert eine vorausschauende Eingriffsplanung mit langfristigem Horizont (Brang & Nikolova, 2020). Die Referenzwerte sollten deshalb nicht schematisch als Auslöser sofortiger Massnahmen verwendet werden, vielmehr ist im Einzelfall zu prüfen, ob eine Unterschreitung Ausdruck eines temporären Etablierungsdefizits oder eines strukturellen Problems ist. Die Zielerreichung ist daher nicht allein an der Stammzahl messbar, sondern muss um Informationen zur Baumartenzusammensetzung, zur Struktur der Jungbaumgrössen und zu den vorhandenen Verjüngungshindernissen ergänzt werden (WHFF-CH Projekt Monexä, Nikolova & Glatthorn, in Ausarbeitung). Für die Praxis bedeutet dies, dass die Referenzwerte als Orientierungsrahmen dienen, der mit standortkundlichen Grundlagen, klimatischen Projektionen (z. B. Frehner et al 2018) und gutachtlichen Einschätzungen verknüpft werden muss, um zu fundierten waldbaulichen Entscheiden zu führen.

4.4 Einfluss veränderter abiotischer Faktoren

Zunehmende Extremereignisse werden die Wälder in Europa (Grünig et al 2026) und in der Schweiz noch stärker stören, als dies bisher der Fall gewesen ist (Wohlgemuth et al 2023). Dies wird die Verjüngungsnische natürlicherweise und via Zwangsnutzungen grundsätzlich verbessern. In welchem Ausmass die mikroklimatischen Verhältnisse bei weiter steigenden Temperaturen zum Hemmnis für das Aufkommen junger Baumarten werden (Kemppinen et al 2024, Zellweger et al 2024), wird sich zeigen. Auf grossen Störungsflächen wie in den Waldbrandflächen von Leuk (2003) und Visp (2011) wird jedenfalls das Potenzial für eine natürliche Anpassung an neue limitierende Umweltfaktoren erkennbar, wie z. B. das Aufkommen von Eichen in vormaligen Waldföhrenbeständen (Nussbaumer & Wohlgemuth 2016) oder generell die Heterogenität von Verjüngungsprozessen in Abhängigkeit von der Exposition (Gauye et al 2023).

Vorwaldbaumarten spielen für die Wiederbewaldung von Störungsflächen eine zentrale, oft unterschätzte Rolle. Auf Borkenkäfer-, Sturm- oder Brandflächen können unterschiedliche Prozesse zur Etablierung von Klimaxbaumarten führen. Während nach Windwurf oder Borkenkäferbefall häufig direkter Einwuchs von Hauptbaumarten erfolgt (Kramer et al 2014, Wohlgemuth & Kramer 2015), entwickelt sich nach Waldbrand in den Zentralalpen zuerst ein Pionierwald, in dessen Schutz Klimaxbaumarten letztlich die Pioniere überwachsen (Gauye et al 2023).

4.5 Grenzen der Übertragbarkeit der Referenzwerte

Die hier zusammengetragenen Referenzwerte geben grobe Anhaltspunkte. Während sie sich für Vergleiche mit mehr oder weniger homogenen Beständen (5–20 ha) gut interpretieren lassen (WHFF-CH Projekt Monexä; Nikolova & Glatthorn, in Ausarbeitung), sind sie als Richtlatte für grosse, heterogene Waldkomplexe – etwa ganze Forstbetriebe oder Regionen – nur eingeschränkt verwendbar, weil dort die räumliche Variabilität und Verteilung der Verjüngungsdichten die mittleren Werte stark beeinflusst (vgl. Brang & Nikolova 2020). Die Referenzwerte sind deshalb nur als Orientierungsrahmen zu verstehen; ihre sinnvolle Anwendung erfordert immer den Einbezug standortkundlicher und waldbaulicher Zusatzinformationen.

Eine Unsicherheitsquelle bei der Erarbeitung von Stammzahlen auf Betriebs- oder Kantonsebene ist das Fehlen von langfristigen, methodisch konsistenten Wiederholungsaufnahmen ausserhalb des LFI – dies ist auch eine Erkenntnis aus einem WSL-Workshop zum Thema ‘Waldverjüngung’, der am 20. Januar in Birmensdorf durchgeführt worden ist, dies mit Beteiligung von Nora Zürcher (Kt. Graubünden) und Nicolas Grand (Kanton Wallis). Für eine belastbare Beurteilung von Trends und für die Validierung der Referenzwerte sind Langzeitbeobachtungen mit Wiederholungsperioden von 10–20 Jahren auf identischen Probeflächen erforderlich. Hier ist das Ressourcenproblem unübersehbar: Stammzahlbasierte Verjüngungsinventuren sind aufwändig, und auf Betriebs- oder Kantonsebene fehlen häufig sowohl die Mittel für flächendeckende Erhebungen (vgl. Brang & Nikolova 2020) als auch eine methodische Konstanz. Die hier vorgeschlagenen Referenzwerte geben deshalb eine raum-zeitliche Orientierung: ihre absoluten Werte (Tab. 4.1.1 und A3.1–A3.7) bewegen sich je nach Region und Höhenlage auf unterschiedlichen Niveaus, und sie sind infolge von grossen Störungsereignissen, waldbaulichen Zielen (Umbau von Nadel- und Laubwald) und Wilddruck zeitlichen Veränderungen unterworfen. Angesichts der immensen Ressourcen, die mit den Stichprobenerhebungen für Stammzahlbestimmungen verbunden sind, ist es naheliegend, alternative gutachtliche Verfahren zur Bestimmung von Mindestanforderungen an die Verjüngung in konkreten Beständen zu definieren (Nikolova et al 2024). Die LFI-Referenzwerte liefern hierzu ebenfalls eine Orientierung.

4.6 Offene Fragen und Lösungsansätze

Die offenen Fragen zur Waldverjüngung sind heute noch deutlicher geworden: Zum einen verändern die Folgen des Klimawandels – Trockenheit, Borkenkäferkalamitäten, Sturmschäden – die Verjüngungsdynamik regional stark; zum anderen hat das Reichmuth-Postulat der politischen Auseinandersetzung um Wald und Wild neuen Auftrieb verliehen. Daraus ergibt sich ein erhöhter Druck, valide Entscheidungsgrundlagen für die Beurteilung des Verjüngungszustands und für jagdliche Eingriffe bereitzustellen. Konkret bleiben allerdings die folgenden Fragen offen:

- Wie verhalten sich die Referenzwerte unter den prognostizierten Klimaszenarien, insbesondere in Bezug auf eine sich verschiebende Höhenstufengliederung und eine sich verändernde Baumartenzusammensetzung?
- Wie lassen sich die Referenzwerte in Mischbeständen mit veränderten Mischungszielen anwenden?
- Welche Sicherheitsmargen sind bei zunehmenden Extremereignissen oder/und verändertem Wilddruck anzusetzen?
- Wie kann die Quantifizierung des Wildeinflusses methodisch optimal mit stammzahlbasierten Referenzwerten verknüpft werden (vgl. Huber et al. 2018, Kupferschmid & Gmür 2020)?

Diese Fragen können nur in einem Zusammenspiel von Forschung, kantonaler Praxis und politischen Vorgaben beantwortet werden. Belastbare Aussagen zur Veränderung der Verjüngungssituation erfordern systematische, langfristige Beobachtungen auf identischen Probeflächen. Zwar liefert das Landesforstinventar (LFI) mit mittlerweile fünf abgeschlossenen Erhebungen einen wertvollen Beitrag, doch fehlen auf Bestandes- und Betriebsebene methodisch konsistente Wiederholungsaufnahmen, die

einen belastbaren Soll-Ist-Vergleich über längere Zeiträume ermöglichen würden. Das häufig formulierte Postulat eines verstärkten Monitorings hat deshalb eine konkrete fachliche Berechtigung: Nur durch wiederholte Erhebungen lässt sich beurteilen, ob waldbauliche Eingriffe, oder deren Unterlassung, tatsächlich zu den erwarteten Verjüngungsverläufen führen (vgl. BAFU-Projekt Gebirgswaldverjüngung; Nikolova et al 2026).

Sinnvoll erscheint insbesondere die Integration der Verjüngungsbeobachtung in bestehende Schutzwald-Erfolgskontrollen, die sogenannten «Weiserflächen» (Frehner et al 2005). Ergänzend dazu wäre der Aufbau eines national koordinierten Netzes von Verjüngungsflächen wünschenswert, auf denen quantitative und gutachtliche Verfahren parallel angewendet werden. Erste Tests in dieser Richtung sind das Teilprogramm 7 im Kanton Graubünden, die Verjüngungsinventur im Kanton Wallis oder das vom WHFF-CH finanzierte Projekt Monexä (Nikolova & Glatthorn).

Der Einbezug von LiDAR- und weiteren Fernerkundungsdaten (Pradervand et al 2025) ist für die Beurteilung von Bestandesstruktur, Lückengrösse und Höhenwachstum heute technisch unabdingbar. Flugzeuggestütztes Laserscanning erlaubt eine flächige Erfassung von Bestandesparametern und Verjüngungsbedingungen (Zellweger et al. 2026a, 2026b), die mit terrestrischen Verfahren nur stichprobenartig möglich wäre. In Kombination mit Drohnenbefliegungen, die punktgenaue Aufnahmen einzelner Verjüngungsstandorte erlauben (WSL-Projekt CatReg, Nikolova et al.), eröffnen sich neue Möglichkeiten für Soll-Ist-Vergleiche und für die zeitliche Verfolgung der Verjüngungsentwicklung. Modellbasierte Entscheidungsunterstützungssysteme, die Standortinformationen, klimatische Projektionen und Verjüngungspotential (Lichtbedingungen) verknüpfen, können die waldbauliche Argumentation deutlich nachvollziehbarer machen.

Aber wo Schalenwildeinfluss zu hoch ist, wachsen die verbissempfindlichen Baumarten – allen voran Tanne, Bergahorn und Eiche – nicht in die nächsten Grössenklassen auf und die Verjüngung entmischt sich (Angst & Kupferschmid 2023, Kupferschmid & Brang 2010). Dort sind jagdliche, waldbauliche und politische Massnahmen gefragt, so dass die Verjüngung der standortgerechten Baumartenmischungen flächig sichergestellt werden kann. Dies erfordert eine Zusammenarbeit und ein Fokus auf gemeinsame Ziele (Imesch & Kupferschmid 2023, Bischof et al. 2019).

4.7 Schlussfolgerung

Das Projekt 'Benchmarks' umfasst die Analyse der Verjüngungsdaten des LFI basierend auf den vier Inventuren LFI2, LFI3, LFI4 und LFI5 (5 von 9 Jahresinventuren) sowie die Analyse von kantonalen Verjüngungsinventuren. Aus den vier berücksichtigten LFI-Verjüngungsmerkmalen – Deckungsgrad, Präsenz, Stammzahl und nächste Jungwaldpflanze – wurden Referenzwerte abgeleitet, bei denen es sich um Mittelwerte für biogeographische Regionen, Höhenstufen und Waldgesellschaften handelt. Anstelle eines üblichen Benchmarkings, das zum Vergleich von Leistungen angewandt wird und auf einer Bandbreite von idealerweise normalverteilten Leistungsmerkmalen beruht, wurden aufgrund der schiefverteilten Stammzahlen im LFI mittlere Jungwaldwerte als Referenzwerte verwendet, um zwischen den Einheiten Vergleiche anzustellen. Die Referenzwerte wurden graphisch über die Zeit zwischen LFI2 und LFI5 vergleichbar gemacht und im Falle der Stammzahlen auch in Tabellenform (Stand LFI5) zusammengestellt. Die Werte belegen eine grosse Heterogenität in Raum und Zeit sowie die generelle Abfolge von viel Verjüngung in der kleinsten Jungwaldklasse 1 und weniger Verjüngung in grösseren Jungwaldklassen. Grosse Unterschiede finden sich in den Stammzahlen in den Verjüngungsdeckungsgraden zwischen den biogeographischen Regionen nordseits der Alpen und den Zentral- und Südalpen, wo die mittleren Werte nur etwa halb so hoch sind. Als wichtigste Treiber der Unterschiede wurde der Anteil an Laubbaumarten gefunden (je grösser der Anteil an Laubhölzern, desto höher die Stammzahlen) und die Basalfläche als Indikator für die Bestandesdichte (je dichter und lichtärmer, desto kleiner die Stammzahlen). Der Anteil der Laubholzarten korreliert stark mit der Höhenlage bzw. mit der Wärme und mit dem Niederschlag. Laubwaldarten haben sich generell in den letzten 20 Jahren ausgedehnt, und ihre Stammzahlen variierten infolge von Störungen (Windwurf, Borkenkäfer,

Zwangsnutzungen) über die Zeit. Dabei lässt sich dieser Zusammenhang nicht vom gleichzeitigen Effekt der Temperaturerhöhung infolge des Klimawandels unterscheiden.

6 Literatur

- Abt T (2025) Die Haltung der Kantone zum Postulat Reichmuth. Schweiz. Z. Forstwes. 176: 336.
- Agresti A (2002) Categorical Data Analysis. John Wiley & Sons, Hoboken, New Jersey. 721 p.
- Allgaier Leuch B, Streit K, Brang P (2017) Naturnaher Waldbau im Klimawandel. Merckbl. Prax. 59: 1–8.
- Angst JK, Kupferschmid AD (2023) Verbisseeinfluss - Monitoring in den Buchenwäldern von Kirchberg SG: Wissenschaftlicher Bericht zum Verbisseeinfluss Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf. <https://doi.org/10.55419/wsl:33149>
- ARGE Frehner M, Dionea SA und IWA - Wald und Landschaft AG (2020) NaiS-LFI: Zuordnung der LFI-Stichprobenpunkte zu Waldgesellschaften. 68 p.
- Bafu (2022) Die biogeografischen Regionen der Schweiz. 1. aktualisierte Auflage 2022. Erstausgabe 2001. Umwelt-Wissen, Bundesamt für Umwelt 2214: 1–28.
- Bischof T, Thormann J-J, Gysin Zbinden K, Kupferschmid AD (2019) Positive Beispiele der Wald-Wild-Situation bei der Weissstannenverjüngung. Schweiz. Z. Forstwes. 170: 142–152
- Bolte A, Ammer C, Löf M, Madsen P, Nabuurs GJ, Schall P, Spathelf P, Rock J (2009) Adaptive forest management in central Europe: Climate change impacts, strategies and integrative concept. Scand. J. Forest Res. 24: 473–482.
- Bottero A, Bührle L, Banzer T, Helzel K, Bast A, Hobi M, Bebi P (2023) Störungsanfälligkeitskarten zur Priorisierung der Waldbewirtschaftung. Bündnerwald 76: 46–49.
- Brändli U-B (1996) Die häufigsten Waldbäume der Schweiz. Ergebnisse aus dem Landesforstinventar 1983-85: Verbreitung, Standort und Häufigkeit von 30 Baumarten. Ber. Eidg. Forsch.anst. Wald Schnee Landsch. 342: 278 p.
- Brändli U-B, Abegg M, Allgaier Leuch B (2020a) Schweizerisches Landesforstinventar. Ergebnisse der vierten Erhebung 2009–2017. Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL, Bundesamt für Umwelt BAFU, Birmensdorf, Bern. 341 p.
- Brändli U-B, Abegg M, Duggelin C (2020b) Biologische Vielfalt. In: Brändli U-B, Abegg M, Allgaier Leuch B (Hrsg.) Schweizerisches Landesforstinventar. Ergebnisse der vierten Erhebung 2009–2017. Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL und Bundesamt für Umwelt BAFU, Birmensdorf, Bern. pp. 189–238.
- Brang P (1998) Early seedling establishment of *Picea abies* in small forest gaps in the Swiss Alps. Can. J. For. Res.-Rev. Can. Rech. For. 28: 626–639.
- Brang P, Hilfiker S, Roth B, Wasem U, Wohlgemuth T (2015) Langzeitforschung auf Sturmflächen zeigt Potenzial und Grenzen der Naturverjüngung. Schweiz. Z. Forstwes. 166: 147–158.
- Brang P, Küchli C, Schwitter R, Bugmann H, Ammann P (2016) Waldbauliche Strategien im Klimawandel. In: Pluess AR, Augustin S, Brang P (Hrsg.) Wald und Klimawandel. Grundlagen für Adaptationsstrategien. Haupt, Bern. pp. 341–364.
- Brang P, Nikolova PS (2020) Konzeptpapier zu Verjüngungsindikatoren und -sollwerten. Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf. 29 p.
- Brang P, Spathelf P, Larsen JB, Bauhus J, Bončina A, Chauvin C, Drössler L, García-Güemes C, Heiri C, Kerr G, Lexer MJ, Mason B, Mohren F, Mühlethaler U, Nocentini S, Svoboda M (2014) Suitability of close-to-nature silviculture for adapting temperate European forests to climate change. Forestry 87: 492–503.
- Braun-Blanquet J (1964) Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde, 3. Aufl. Springer, Wien, New York. 865 p.
- Bugmann H (2001) A review of forest gap models. Clim. Change 51: 259–305.

- Düggelin C, Abegg M, Bischof S, Brändli U-B, Cioldi F, Fischer C, Meile R (2020) Schweizerisches Landesforstinventar: Anleitung für die Feldaufnahmen der fünften Erhebung 2018–2026. WSL Ber. 90: 1–288.
- Frehner M, Brang P, Kaufmann G, Küchli C (2018) Standortkundliche Grundlagen für die Waldbewirtschaftung im Klimawandel. WSL Ber. 66: 1–45.
- Frehner M, Wasser B, Schwitter R (2005) Nachhaltigkeit und Erfolgskontrolle im Schutzwald. Wegleitung für Pflegemassnahmen in Wäldern mit Schutzfunktion, Bern. 564 p.
- Gadola (2025) Dokumentatino zur Methodenentwicklung des Teilprogramms 7 (TP7): Überprüfung Lebensraumstrategie, Ziel Nr. 3. Chur, Wald und Naturgefahren, Kt. Graubünden. 67 p.
- Gauye C, Moser B, Rigling A, Wohlgemuth T (2023) L'importance de l'exposition sur le reboisement suite à deux incendies de forêt en Valais. Schweiz. Z. Forstwes. 174: 238–242.
- Glanzmann L, Schwitter R, Zürcher S (2019) Praxishilfe für die Jungwaldpflege im Gebirgs- und Schutzwald. Wald Holz 2019/9: 22–25.
- Grubb PJ (1977) Maintenance of species-richness in plant communities - importance of regeneration niche. Biol. Rev. Cambridge Philosophic. Soc. 52: 107–145.
- Grünig M, Rammer W, Senf C, Albrich K, André F, Augustynczyk ALD, Baumann M, Bohn FJ, Bouwman M, Bugmann H, Collalti A, Cristal I, Dalmonech D, De Coligny F, Dobor L, Dollinger C, Espelta JM, Forrester DI, Garcia-Gonzalo J, González-Olabarria JR, Hiltner U, Hlásny T, Honkaniemi J, Huber N, Jonard M, Jönsson AM, Kunstler G, Lagergren F, Lindner M, Mina M, Moos C, Morin X, Muys B, Nabuurs GJ, Nieberg M, Patacca M, Peltoniemi M, Reyer CPO, Schelhaas MJ, Storms I, Thom D, Toïgo M, Seidl R (2026) Climate change will increase forest disturbances in Europe throughout the 21st century. Science 391: eadx6329.
- Halekoh U, Højsgaard S, Yan J (2006) The R package Geepack for Generalized Estimating Equations. J. Stat. Softw. 15 (2): 1–11.
- Hardin JW, Hilbe JM (2012) Generalized Estimating Equations. Chapman and Hall, 2nd ed., New York. 277 p.
- Hobi M, Brandes T, Bebi P, Helzel K, Bottero A, Bührle L, Ringenbach A, Nikolova P, Kalt T, Temperli C, Bont L, Blattert C, Schweizer J (2025) Bewirtschaftung von fichtendominierten Gebirgswäldern im Kontext extremer Störungen (Forum für Wissen). WSL Ber. 164: 49–59.
- Huber M, Schwyzer A, Kupferschmid AD (2018) A comparison between plot-count and nearest-tree method in assessing tree regeneration features. Curr. Trends For. Res.: CTRF-122
- IAG (2021) Methodik zur Bewertung und Entwicklung der Verjüngung in Waldgebieten (in bulgarisch). Ministerium für Landwirtschaft, Ernährung und Forsten. 13 p.
- Imesch N, Kupferschmid AD (2023) Wald und Wild – und der Faktor Mensch. Schweiz. Z. Forstwes. 174: 266–269.
- Kalt T, Nikolova PS, Ginzler C, Bebi P, Edelkraut K, Brand P (2021) Kurzes Zeitfenster für die Fichtennaturverjüngung in Gebirgsnadelwäldern. Schweiz. Z. Forstwes. 172: 156–165.
- Kemppinen J et al (2024) Microclimate, an important part of ecology and biogeography. Glob. Ecol. Biogeogr. 33: e13834.
- Kleinn C, Vilčko F, Fehrman L, Hradetzky J (2009) Zur Auswertung der k-Baum-Probe. Allg. Forst- Jagdztg. 180: 228–237.
- Körner C, Basler D, Hoch G, Kollas C, Lenz A, Randin CF, Vitasse Y, Zimmermann NE (2016) Where, why and how? Explaining the low-temperature range limits of temperate tree species. J. Ecol. 104: 1076–1088.
- Kramer K, Brang P, Bachofen H, Bugmann H, Wohlgemuth T (2014) Site factors are more important than salvage logging for tree regeneration after wind disturbance in Central European forests. For. Ecol. Manage. 331: 116–128.
- Külling N, Adde A, Fopp F, Schweiger AK, Broennimann O, Rey PL, Giuliani G, Goicolea T, Petitpierre B, Zimmermann NE, Pellissier L, Altermatt F, Lehmann A, Guisan A (2024)

- SWECO25: a cross-thematic raster database for ecological research in Switzerland. Scientific Data 11: 21.
- Kupferschmid AD, Abegg M (2025) Entwicklung des Endtriebverbisses von 1993 bis 2022 in der Schweiz. Schweiz. Z. Forstwes. 176: 136–145.
- Kupferschmid AD, Angst JK (2023) Auswirkungen des Verbisses in Buchenwäldern. Schweiz. Z. Forstwes. 174: 304–305.
- Kupferschmid AD, Brang P (2010) Praxisrelevante Grundlagen: Zusammenspiel zwischen Wild und Wald. In: Wald und Wild – Grundlagen für die Praxis. Wissenschaftliche und methodische Grundlagen zum integralen Management von Reh, Gämse, Rothirsch und ihrem Lebensraum. Umwelt-Wissen 1013, Bundesamt für Umwelt. pp. 9–39.
- Kupferschmid AD, Brang P, Bugmann H (2019) Abschätzung des Einflusses von Verbiss durch wildlebende Huftiere auf die Baumverjüngung. Schweiz. Z. Forstwes. 170: 125–134.
- Kupferschmid AD, Frei ER (2025) Einfluss des Verbisses auf die Baumverjüngung in der Schweiz: Überblick basierend auf kantonalen Daten. Schweiz. Z. Forstwes. 176: 146–157.
- Kupferschmid AD, Gmür PA (2020) Methoden zur Einschätzung des Verbisseinflusses: Vergleich der Messungen an den nächsten Bäumchen mit Zählungen im Probekreis. Schweiz. Z. Forstwes. 171: 69–78.
- Molteni U, Abegg M, Kupferschmid AD, Moser B, Nikolova P, Scherrer D, Wohlgemuth T (in review) Hardwoods on the rise: regeneration trends in Central European mountain forests over two decades J. Ecol.:
- Moser B, Abegg M, Kupferschmid AD, Nikolova P, Scherrer D, Thrippleton T, Jenni R (2025) Verjüngung. In: Strauss A, Fischer C (Hrsg.) Waldbericht 2025: Entwicklung, Zustand und Nutzung des Schweizer Waldes. Bundesamt für Umwelt BAFU, Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL, Bern und Birmensdorf. pp. 78–79.
- Moser B, Nikolova P, Wohlgemuth T (2026) Optionen der Waldverjüngung im Klimawandel. Schweiz. Z. Forstwes. 177: 72–75.
- Nikolova P, Kalt T, Nitzsche J, Tellenbach C, Schneider B, Schwarz J (2026) Waldverjüngung nach waldbaulichem Eingriff: Erste Entwicklungen in hochmontanen Gebirgsnadelwäldern. Schweiz. Z. Forstwes. 177: 92–101.
- Nikolova PS, Allgaier Leuch B, Frehner M, Wohlgemuth T, Brang P (2024) Indikatoren der Waldverjüngung und ihre Anwendungsbereiche. Schweiz. Z. Forstwes. 175: 108–115.
- Nussbaumer C, Wohlgemuth T (2016) Verbiss bremsst junge Flaumeichen. Wald & Holz 01/16: 31–33.
- Pradervand JN, Zellweger F, Gremion J, Parisod A, Posse B, Revaz E, Jacot A (2025) LiDAR-derived high resolution vegetation structure and selection patterns of the common nightingale *Luscinia megarhynchos* in riparian habitats. J. Avian Biol. 4: e03350.
- Pretzsch H (2009) Forest dynamics, growth and yield: from measurement to model. Springer, Berlin. 664 p.
- Reimoser F, Schodterer H, Reimoser S (2014) Erfassung und Beurteilung des Schalenwildeinflusses auf die Waldverjüngung – Vergleich verschiedener Methoden des Wildeinfluss-Monitorings („WEM-Methodenvergleich“). BFW-Dokumentation (Wien) 17: 1–177.
- Rüegg D (1999) Zur Erhebung des Einflusses von Wildtieren auf die Waldverjüngung. Schweiz. Z. Forstwes. 150: 327–331.
- Scherrer D, Abegg M, Kupferschmid AD, Molteni U, Moser B, Nikolova P, Wohlgemuth T (in prep.) Referenzwerte zur Baumartenverjüngung in der Schweiz 1998–2024. Merkbl. Prax.:
- Scherrer D, Ascoli D, Conedera M, Fischer C, Maringer J, Moser B, Nikolova PS, Rigling A, Wohlgemuth T (2022) Canopy disturbances catalyse tree species shifts in Swiss forests. Ecosystems 25: 199–214.
- Scherrer D, Baltensweiler A, Bürgi M, Fischer C, Stadelmann G, Wohlgemuth T (2023) Low naturalness of Swiss broadleaf forests increases their susceptibility to disturbances. For. Ecol. Manage. 532: 120827.

- Scherrer D, Hiltbrand F, Dengler J, Wohlgemuth T (2021) Mind the gaps: Comparison of representative vs opportunistic assessment of tree regeneration in Central European beech forests. *For. Ecol. Manage.* 491: 119179.
- Schodterer H, Kainz C (2022) Wildeinflussmonitoring 2019-2021. *BFW-Praxisinf.* 55: 1–69.
- Schönenberger W (2002) Post windthrow stand regeneration in Swiss mountain forests: the first ten years after the 1990 storm Vivian. *Forest Snow and Landscape Research* 77: 61-80.
- Schüepp M, Schiesser HH, Huntrieser H, Scherrer HU, Schmidtke H (1994) The winterstorm "Vivian" of 27 February 1990: About the meteorological development, wind forces and damage situation in the forests of Switzerland. *Theoretical and Applied Climatology* 49: 183-200.
- Suchant R, Burghardt F, Calabrò S (2012) Beurteilung von Wildverbiss in Naturverjüngungen. Ministerium für Ländlichen Raum, Ernährung und Verbraucherschutz, Baden-Württemberg (MLR), 2. Auflage. 102 p.
- Temperli C, Nikolova P, Brang P (2023) Zukunftsfähigkeit der Baumartenzusammensetzung des Schweizer Waldes. *Schweiz. Z. Forstwes.* 174: 76–84.
- Thürig E, Portier J, Allgaier Leuch B, Cioldi F, Herold A, Stadelmann G, Temperli C, Wohlgemuth T, Rohner B (2025) Die Schweizer Holzressourcen im Wandel: Trends aus 40 Jahren LFI. *Schweiz. Z. Forstwes.* 176: 244–253.
- Van Beeck Calkoen STS, Milch J, Kupferschmid AD, Fiderer C, Heurich M (2023) A guide for selecting the appropriate plot design to measure ungulate browsing. *For. Ecosyst.* 10: 100147.
- Vanoni M (2024) Strategie Wald-Wild und die Beurteilung Wildeinfluss im Kanton Graubünden. *Bündner Wald* 77: 6–10.
- Von Wattenwyl KF, Kupferschmid AD, Thormann J-J (2023) Samenverbreitung der Weissstanne im Berner Allmiwald. *Schweiz. Z. Forstwes.* 174: 296–303.
- White PS, Jentsch A (2001) The search for generality in studies of disturbance and ecosystem dynamics. *Prog. Bot.* 62: 399-449.
- Wohlgemuth T, Abegg M, Kupferschmid AD, Molteni U, Moser B, Nikolova P, Scherrer D (2026) Stammzahlen zur Verjüngung in Schweizer Wäldern nach Region und Höhenstufe 1995–2022. *Schweiz. Z. Forstwes.* 177: 81–91.
- Wohlgemuth T, Conedera M, Kupferschmid Albisetti A, D., Moser B, Usbeck T, Brang P, Dobbertin M (2008) Effekte des Klimawandels auf Windwurf, Waldbrand und Walddynamik im Schweizer Wald. *Schweiz. Z. Forstwes.* 159: 336–343.
- Wohlgemuth T, Kramer K (2015) Waldverjüngung und Totholz in Sturmflächen 10 und 20 Jahre nach Lothar (1999) und Vivian (1990). *Schweiz. Z. Forstwes.* 166: 135-146.
- Wohlgemuth T, Queloz V, Moser B, Pezzatti GB, Scherrer D, Vitasse Y, Conedera M (2023) Dynamik von Störungen in Wäldern auf der Alpennordseite von 1900 bis 2022. *Forum Wissen, WSL-Ber.* 144: 17–24.
- Zellweger F, Brüllhardt M, Bebi P, Bischof S, Ginzler C, Kupferschmid AD, Zürcher S (2026a) Schweizweite Hinweiskarten des lichtbedingten Verjüngungspotenzials. *WaPlaMa-Infobl.* 2026-1: 1–4.
- Zellweger F, Brüllhardt M, Bischof S, Ginzler C, Zürcher S (2026b) Switzerland-wide maps of light-induced regeneration potential (as of NFI VHM 2024), *EnviDat*. <https://www.doi.org/10.16904/envidat.736>.
- Zellweger F, Sulmoni E, Malle JT, Baltensweiler A, Jonas T, Zimmermann NE, Ginzler C, Karger DN, De Frenne P, Frey D, Webster C (2024) Microclimate mapping using novel radiative transfer modelling. *Biogeosciences* 21: 605–623.
- Zürcher S, Aeberli C, Bebi P, Frehner M, Glanzmann A, Oncelli A, Plozza L (2026) Aktuelle Herausforderungen rund um die Verjüngung der Gebirgswälder im Klimawandel *Schweiz. Z. Forstwes.* 177: 120–122.

Appendix

A1 Jungwald-Stammzahlen für LFI2, LFI4 und LFI5 in Säulenplots pro Baumart

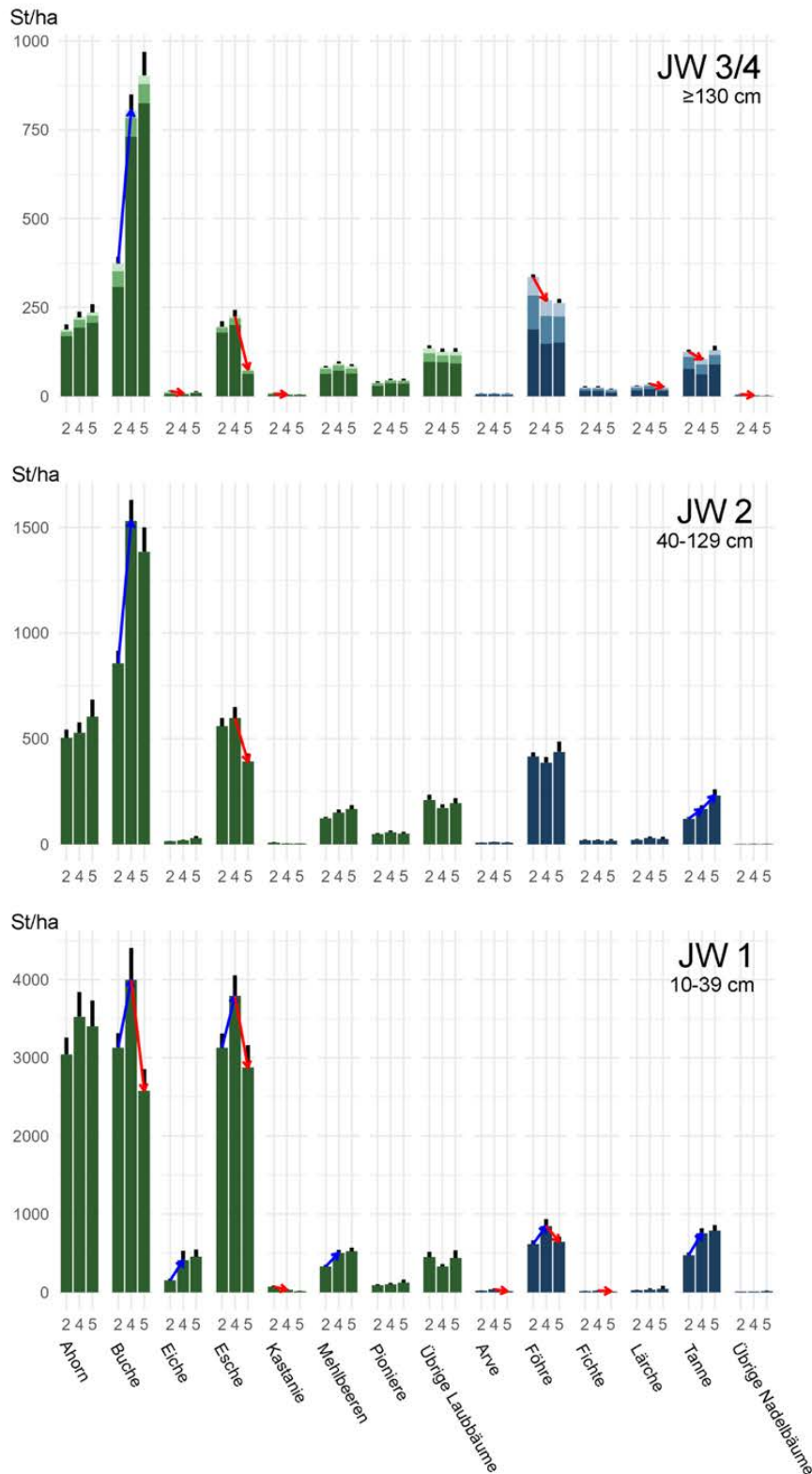


Abb. A1.1. Dynamik der Baumarten für die ganze Schweiz, ohne Unterscheidung von Höhenstufen

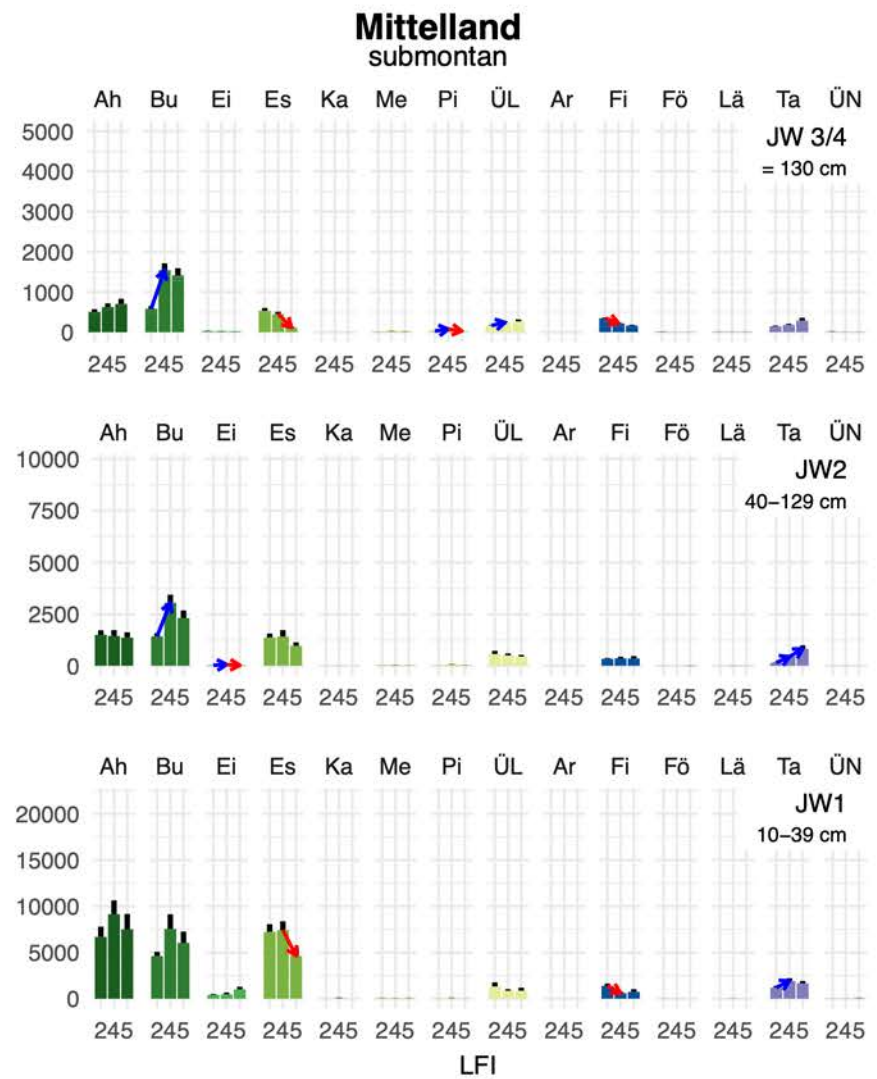
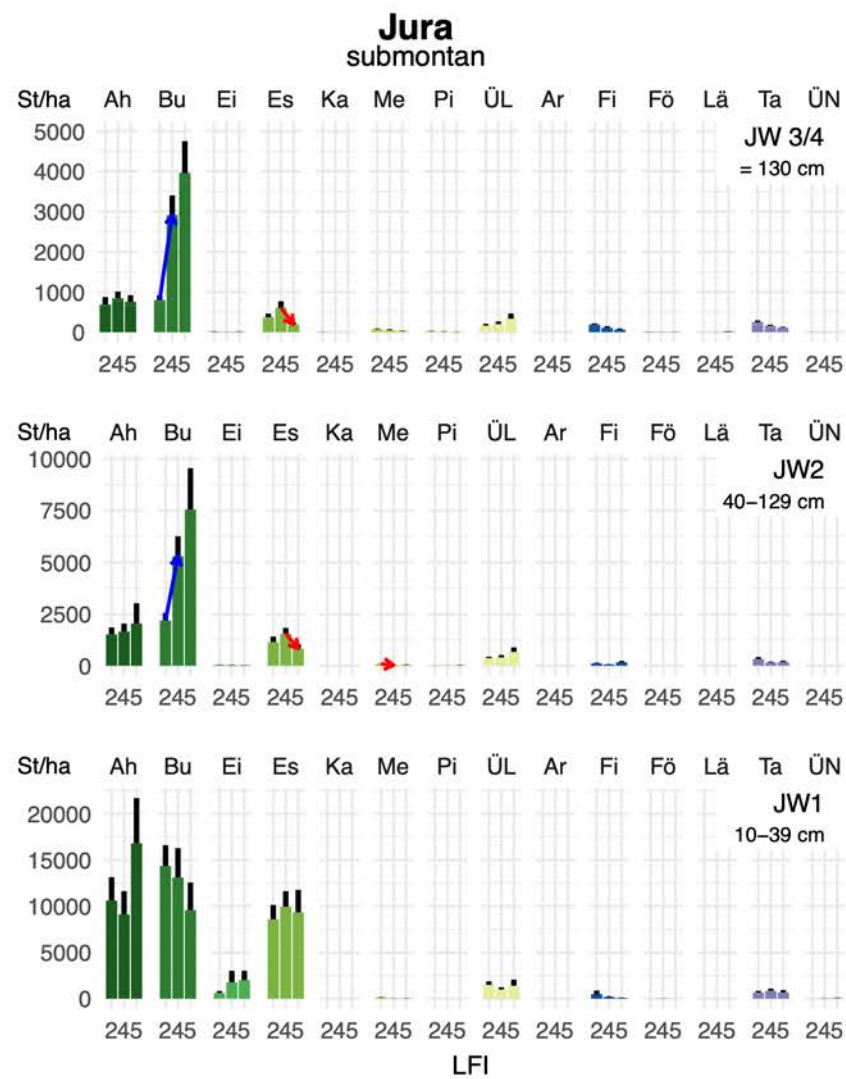


Abb. A1.2. Dynamik der Baumarten in der submontanen Stufe im Jura und im Mittelland

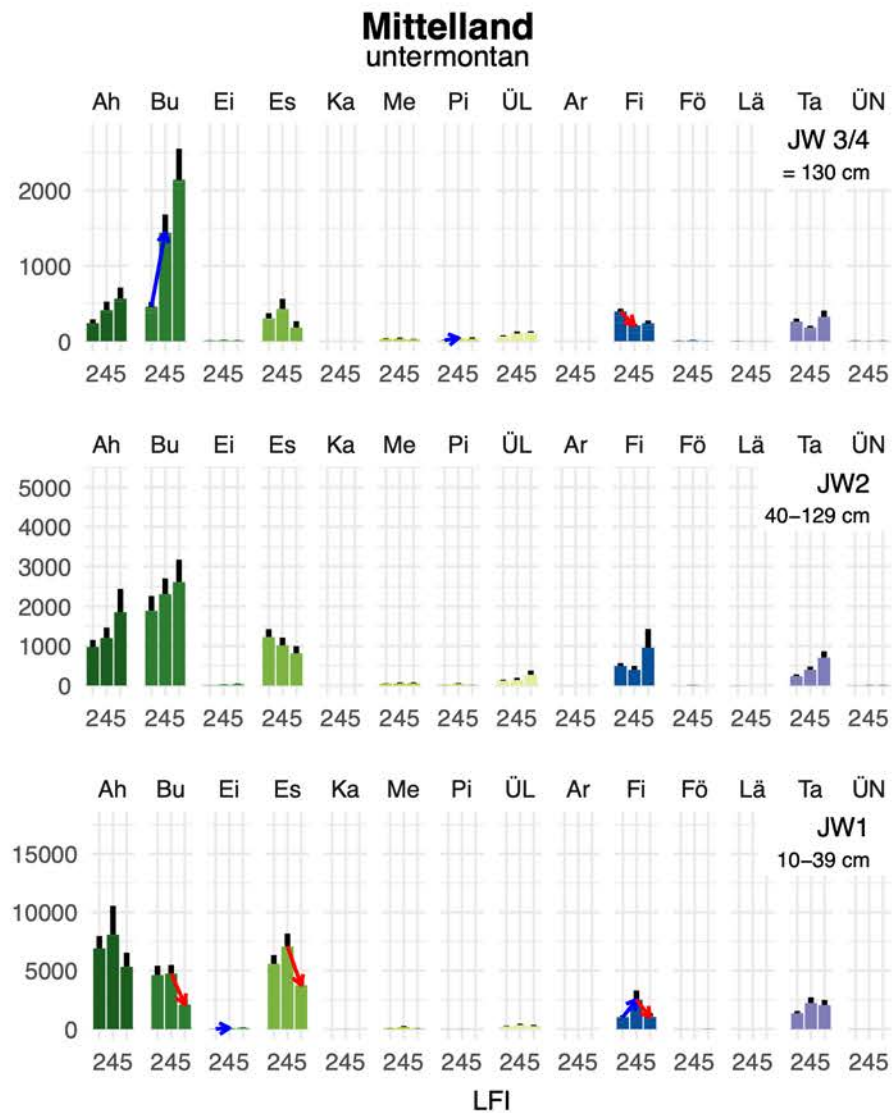
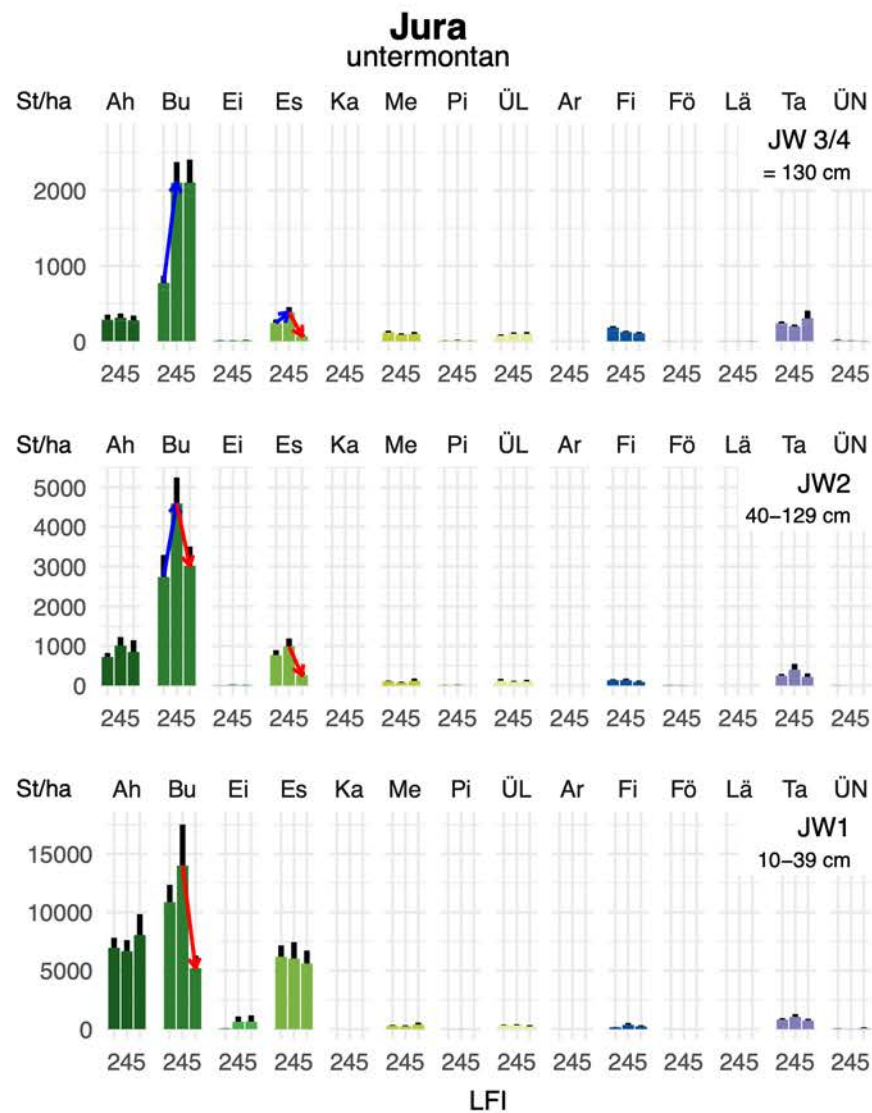


Abb. A1.3. Dynamik der Baumarten in der untermontanen Stufe im Jura und im Mittelland

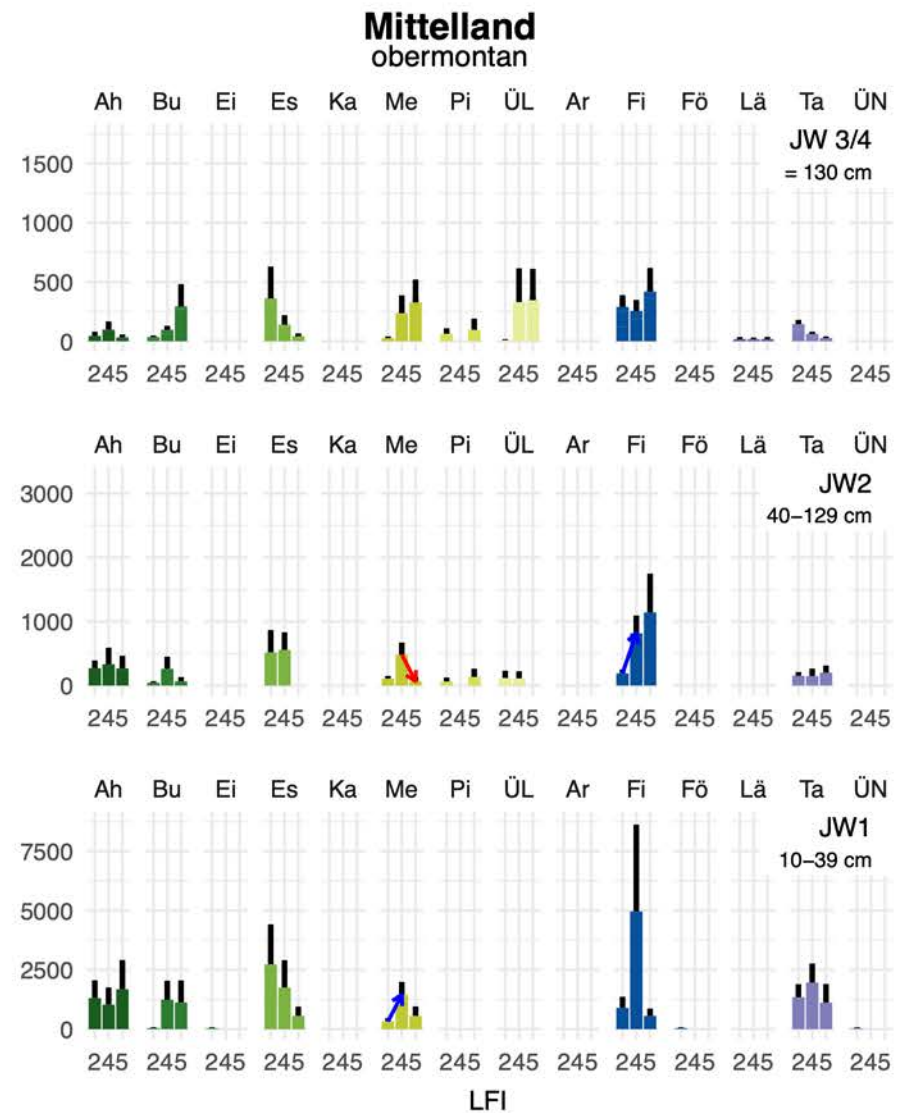
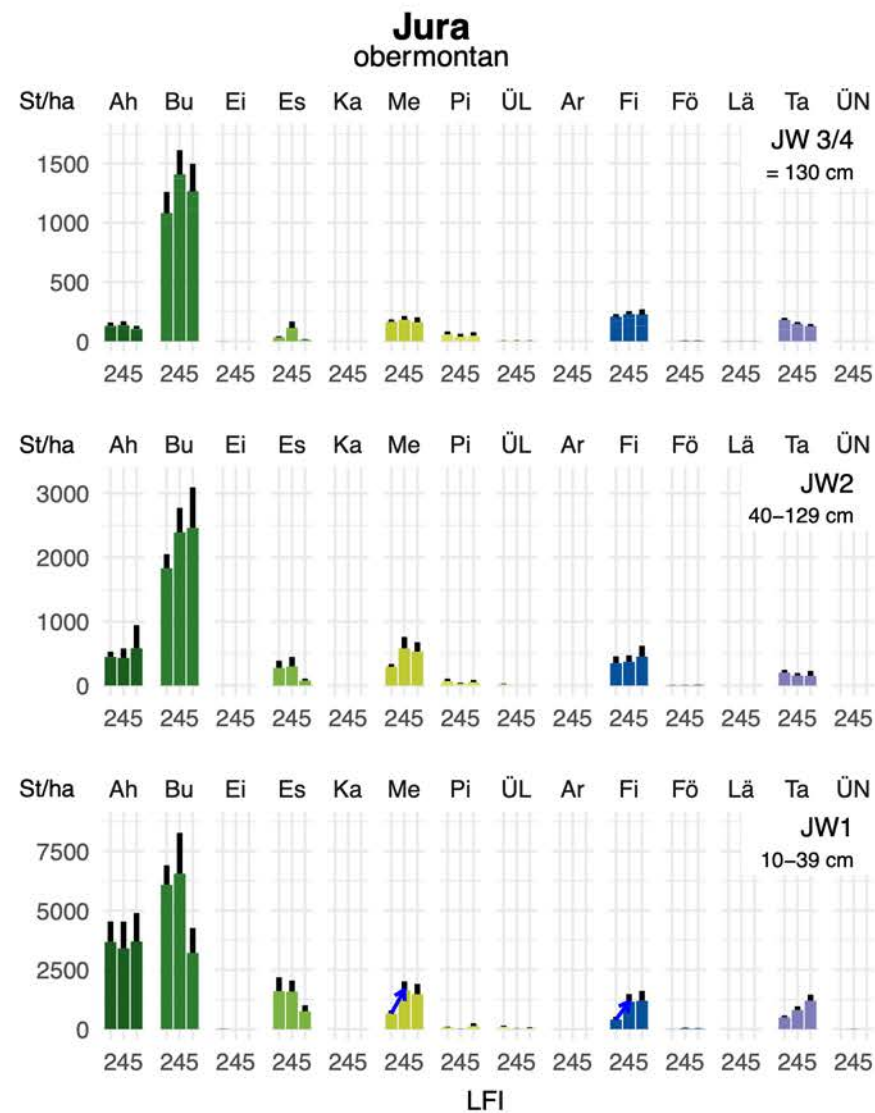


Abb. A1.4. Dynamik der Baumarten in der obermontanen Stufe im Jura und im Mittelland

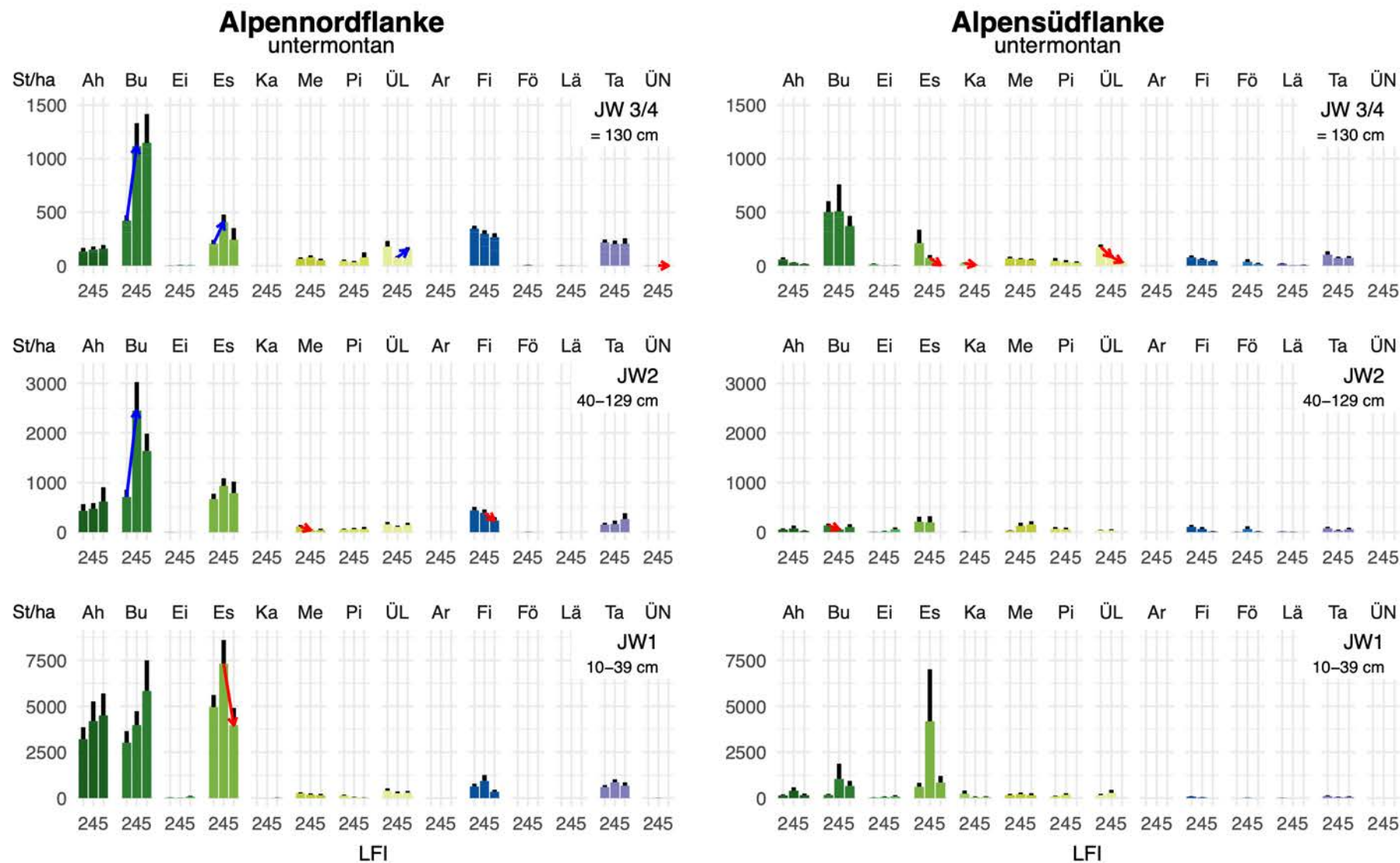


Abb. A1.5. Dynamik der Baumarten in der untermontanen Stufe der Alpennord- und der Alpensüdflanke

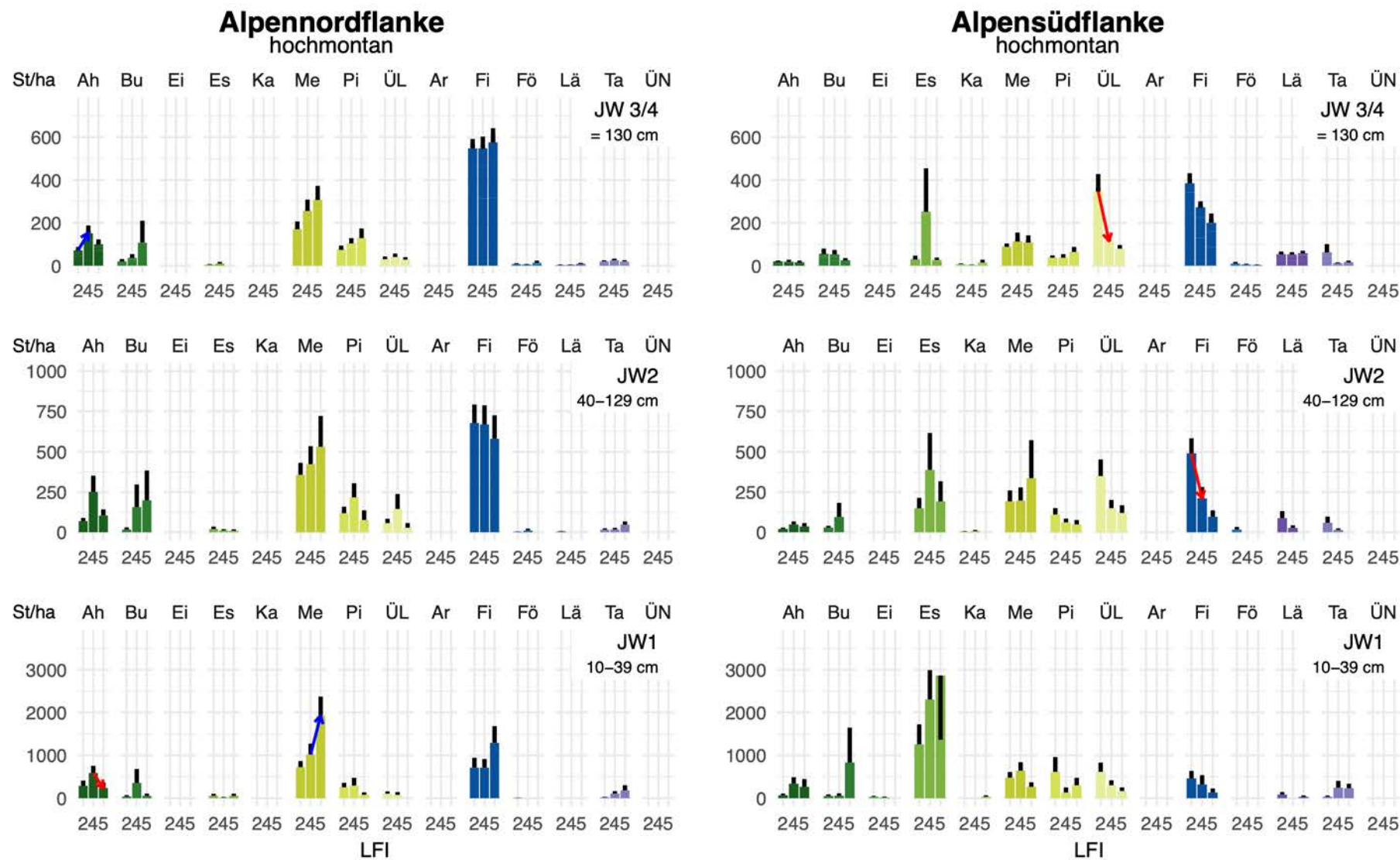


Abb. A1.6. Dynamik der Baumarten in der hochmontanen Stufe der Alpennord- und der Alpensüdflanke

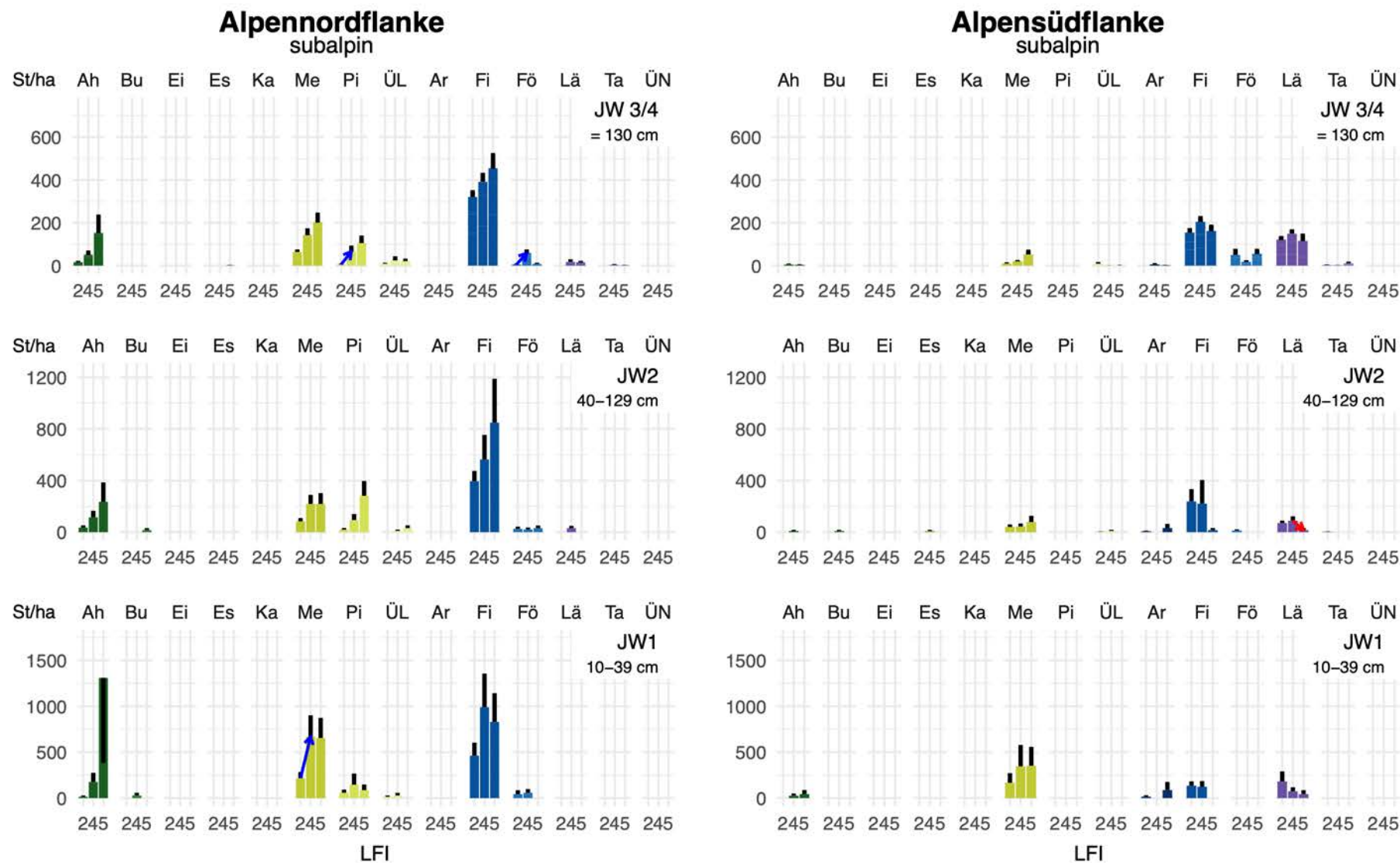


Abb. A1.7. Dynamik der Baumarten in der subalpinen Stufe der Alpennord- und der Alpensüdflanke

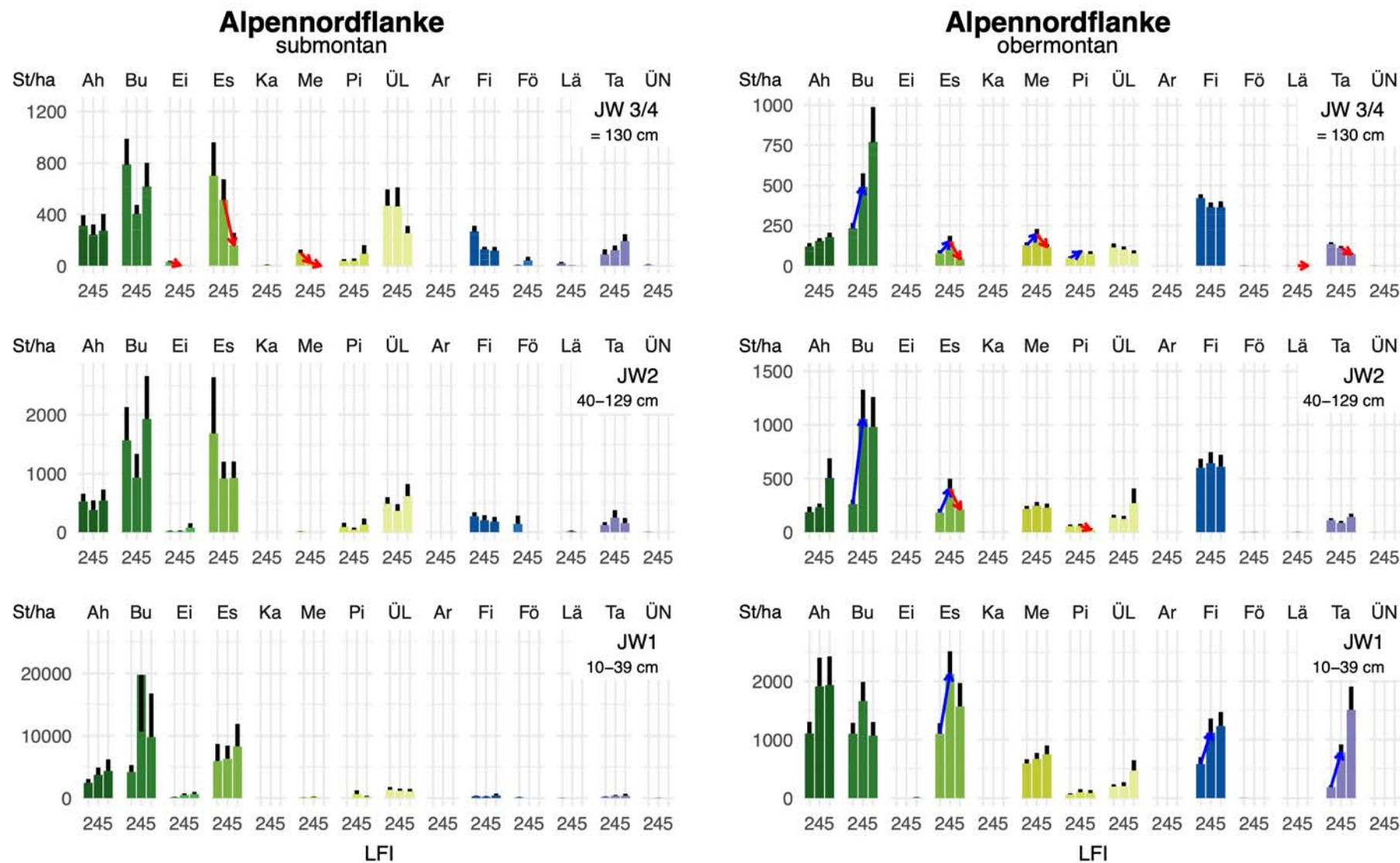


Abb. A1.8. Dynamik der Baumarten in den submontanen und obermontanen Stufen der Alpen Nordflanke.

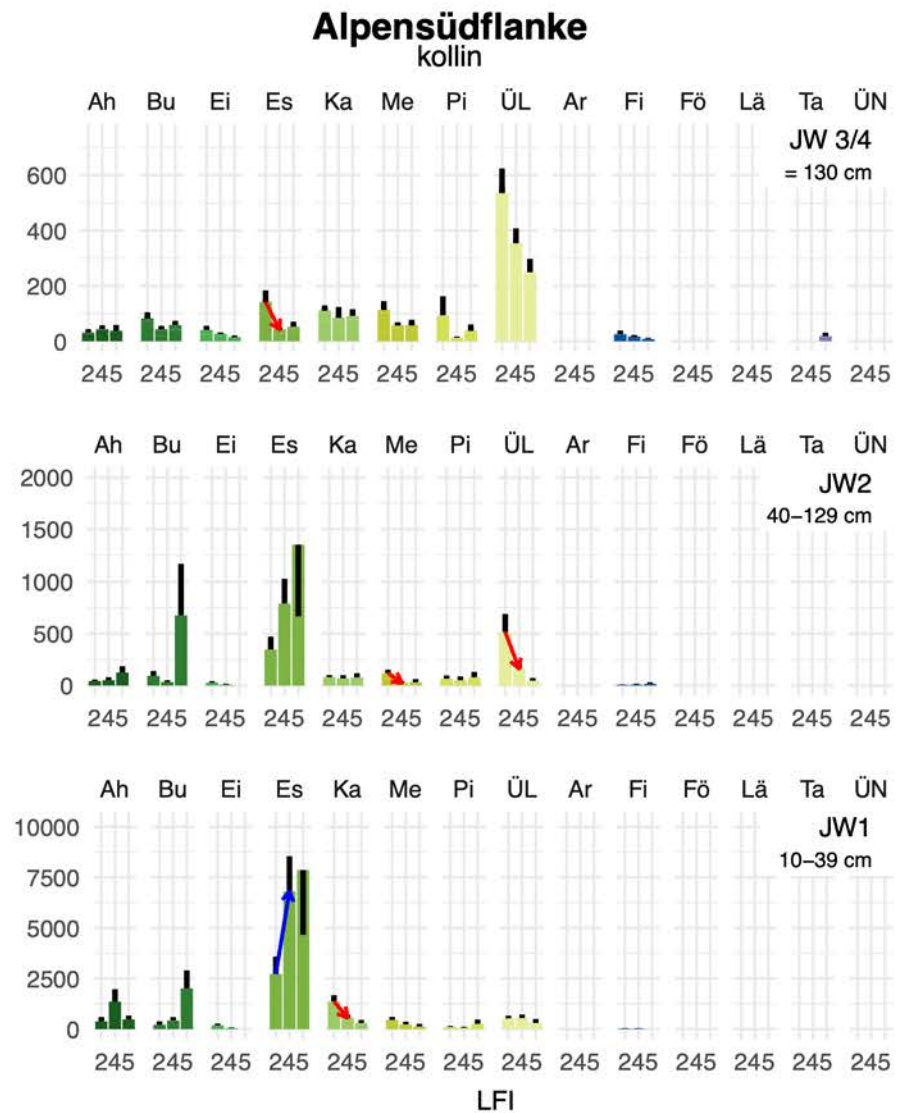
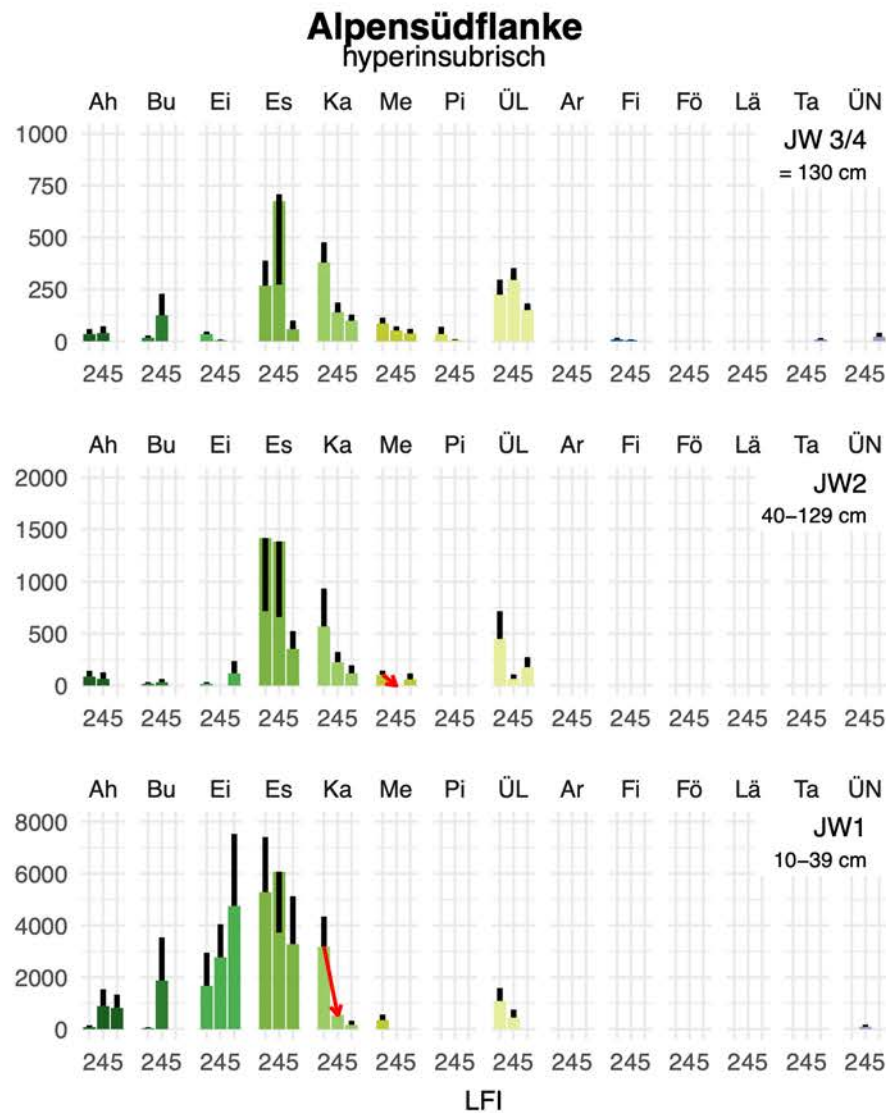


Abb. A1.9. Dynamik der Baumarten in den hyperinsubrischen und kollinen Stufen der Alpsüdflanke

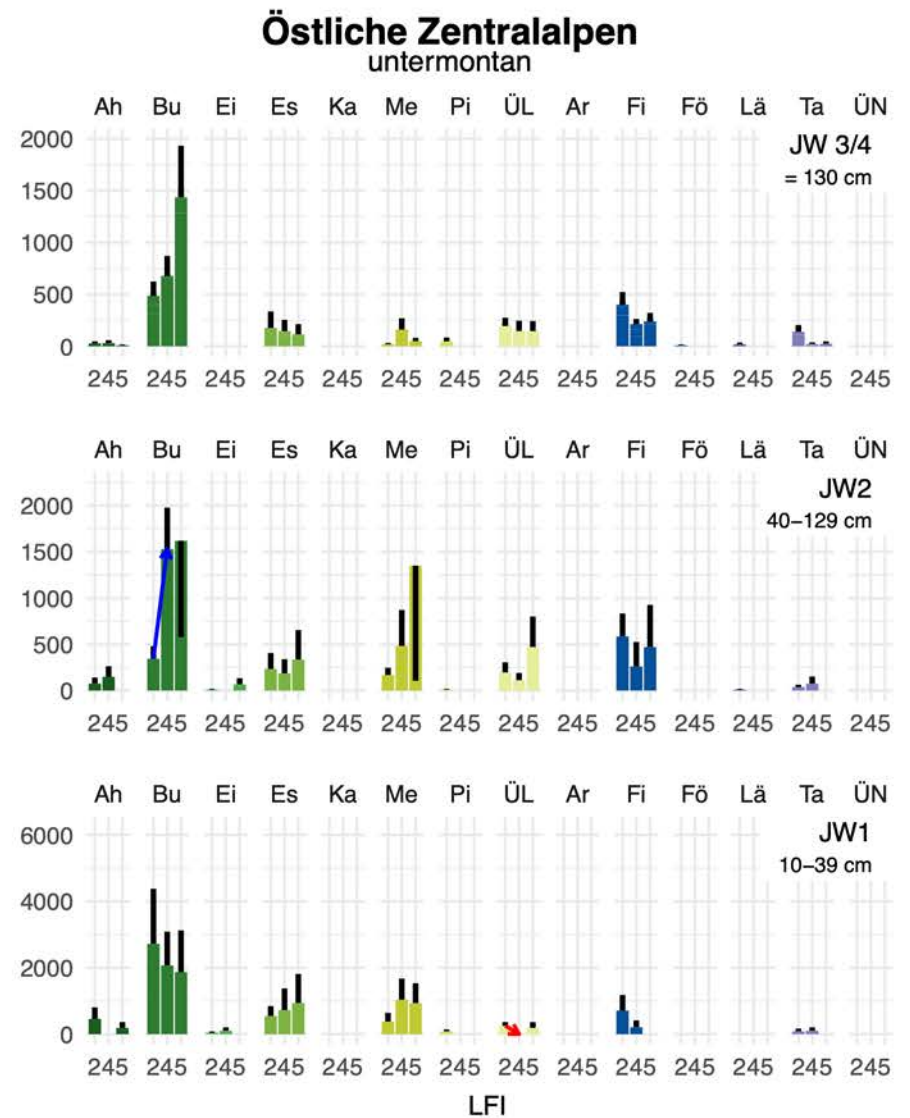
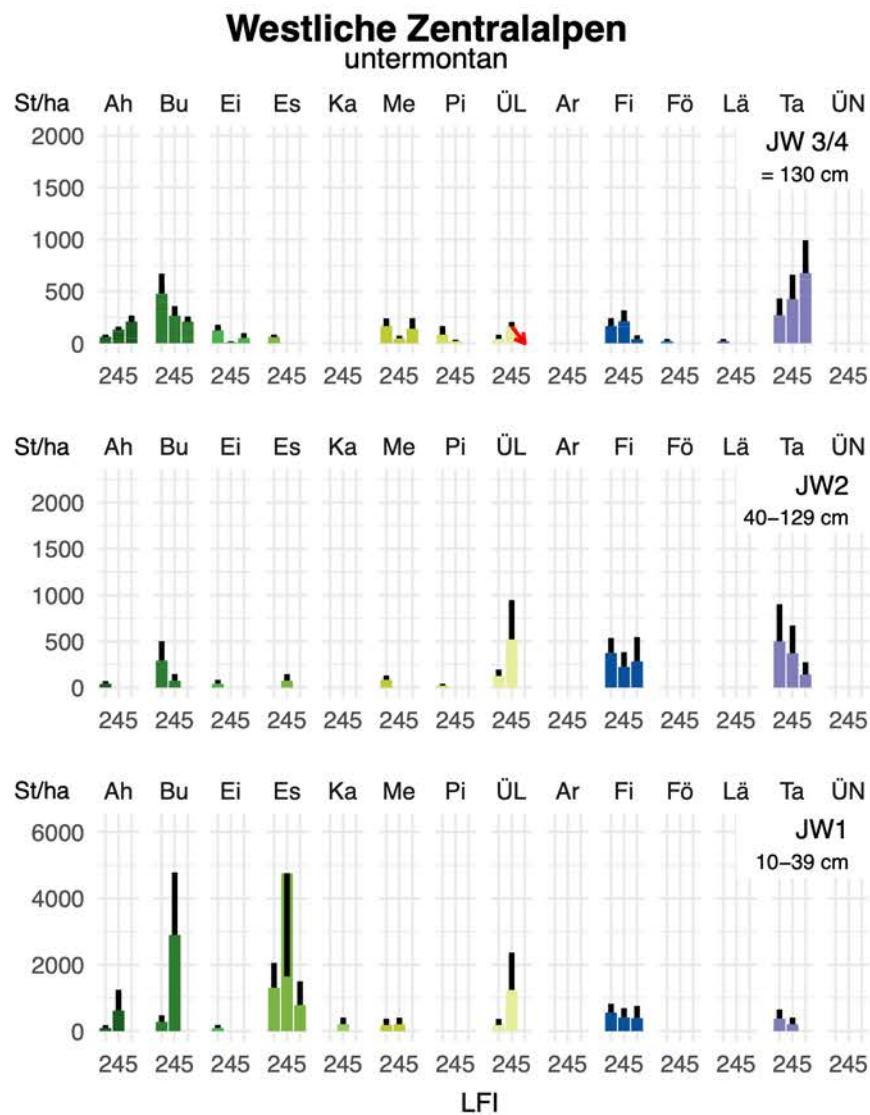


Abb. A1.10. Dynamik der Baumarten in der untermontanen Stufe der westlichen und östlichen Zentralalpen

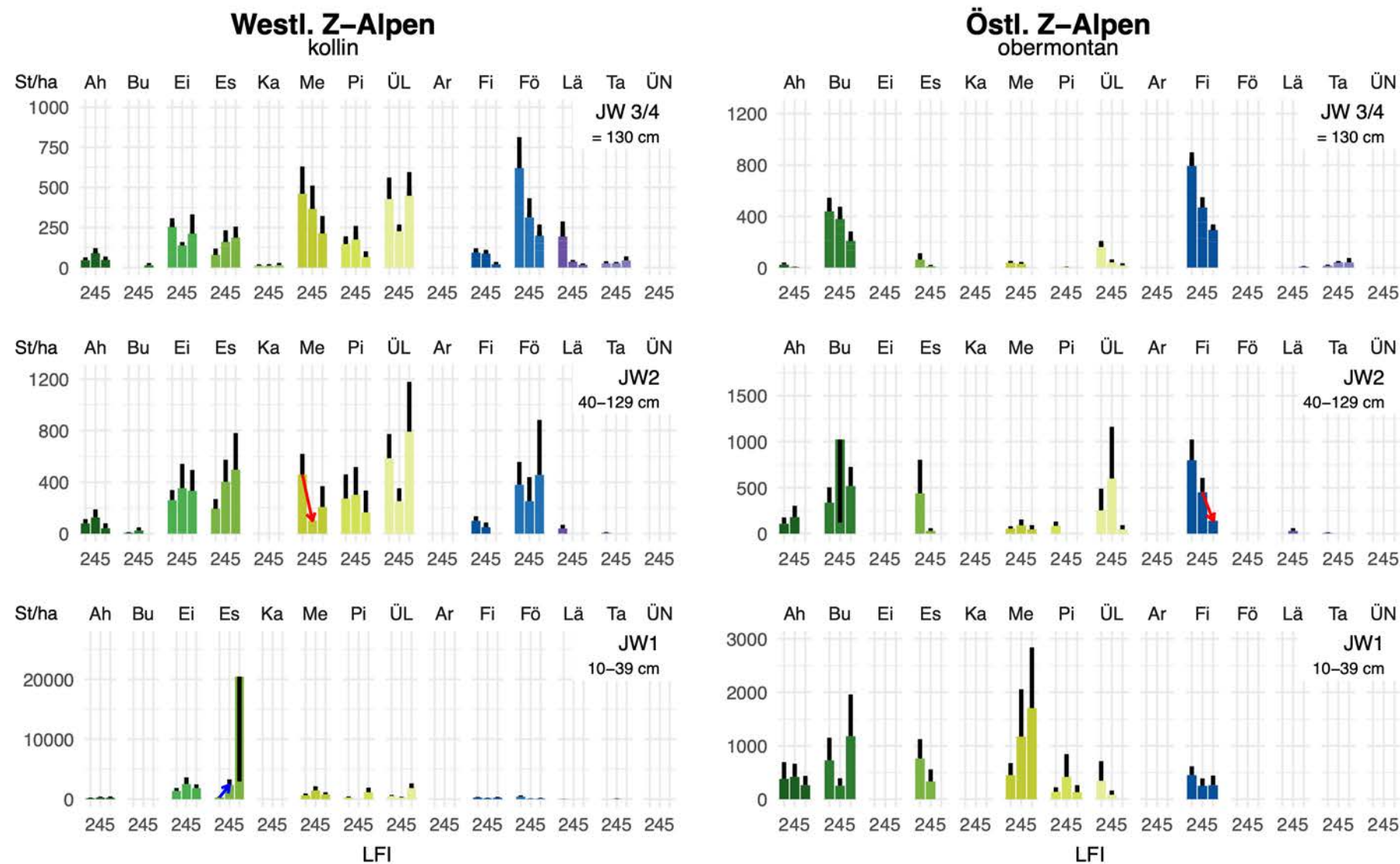


Abb. A1.11. Dynamik der Baumarten in der kollinen Stufe der westlichen Zentralalpen und in der obermontanen Stufe der östlichen Zentralalpen

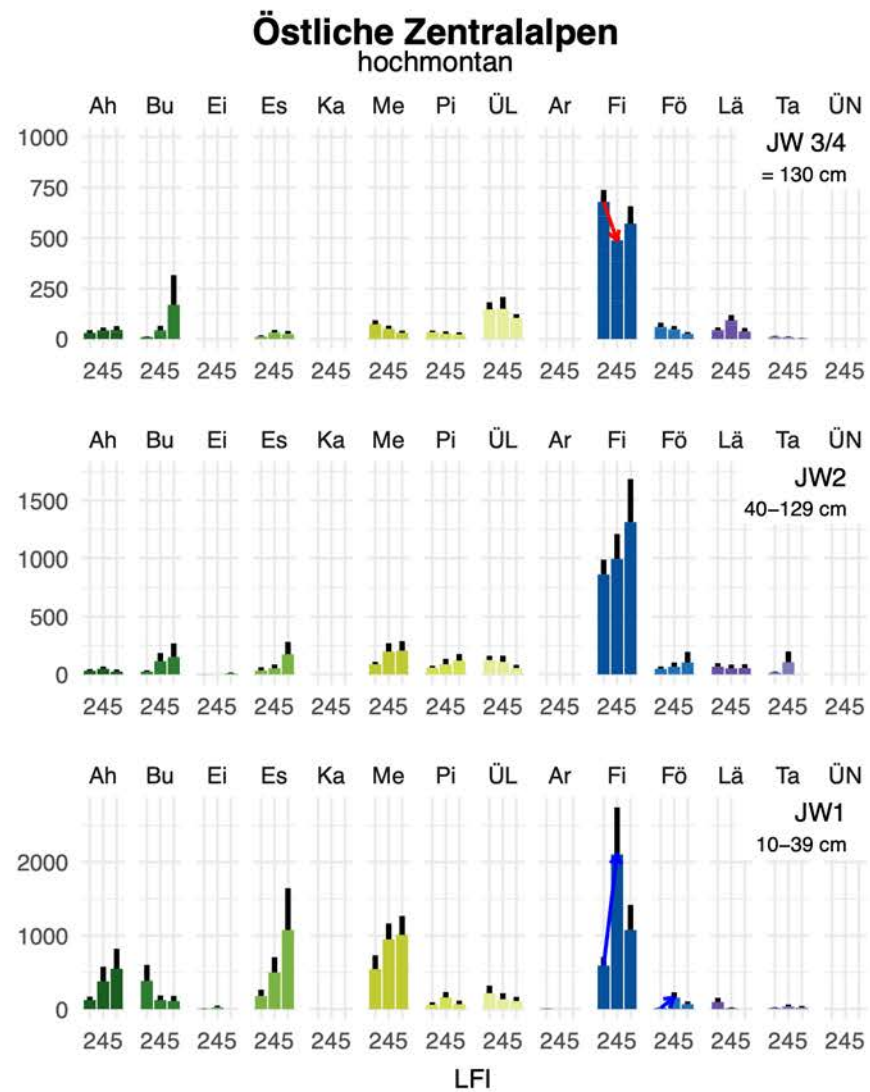
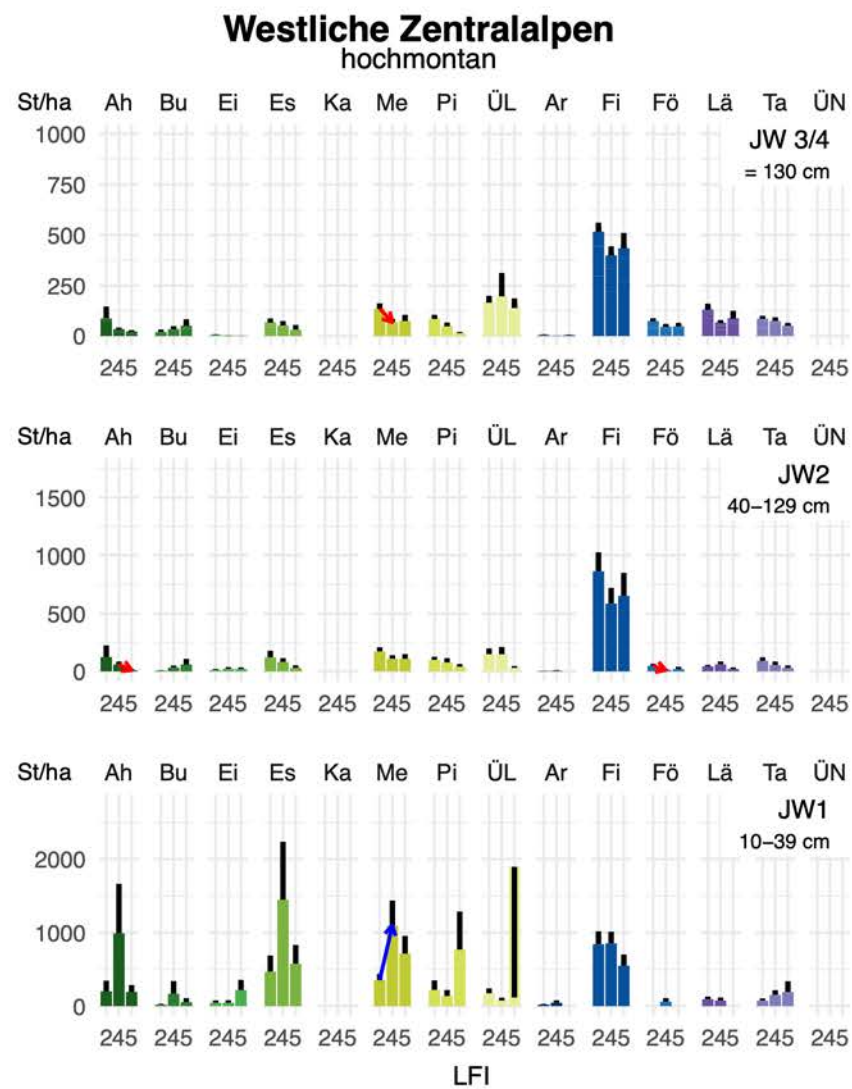


Abb. A1.12. Dynamik der Baumarten in der hochmontanen Stufe der westlichen und östlichen Zentralalpen

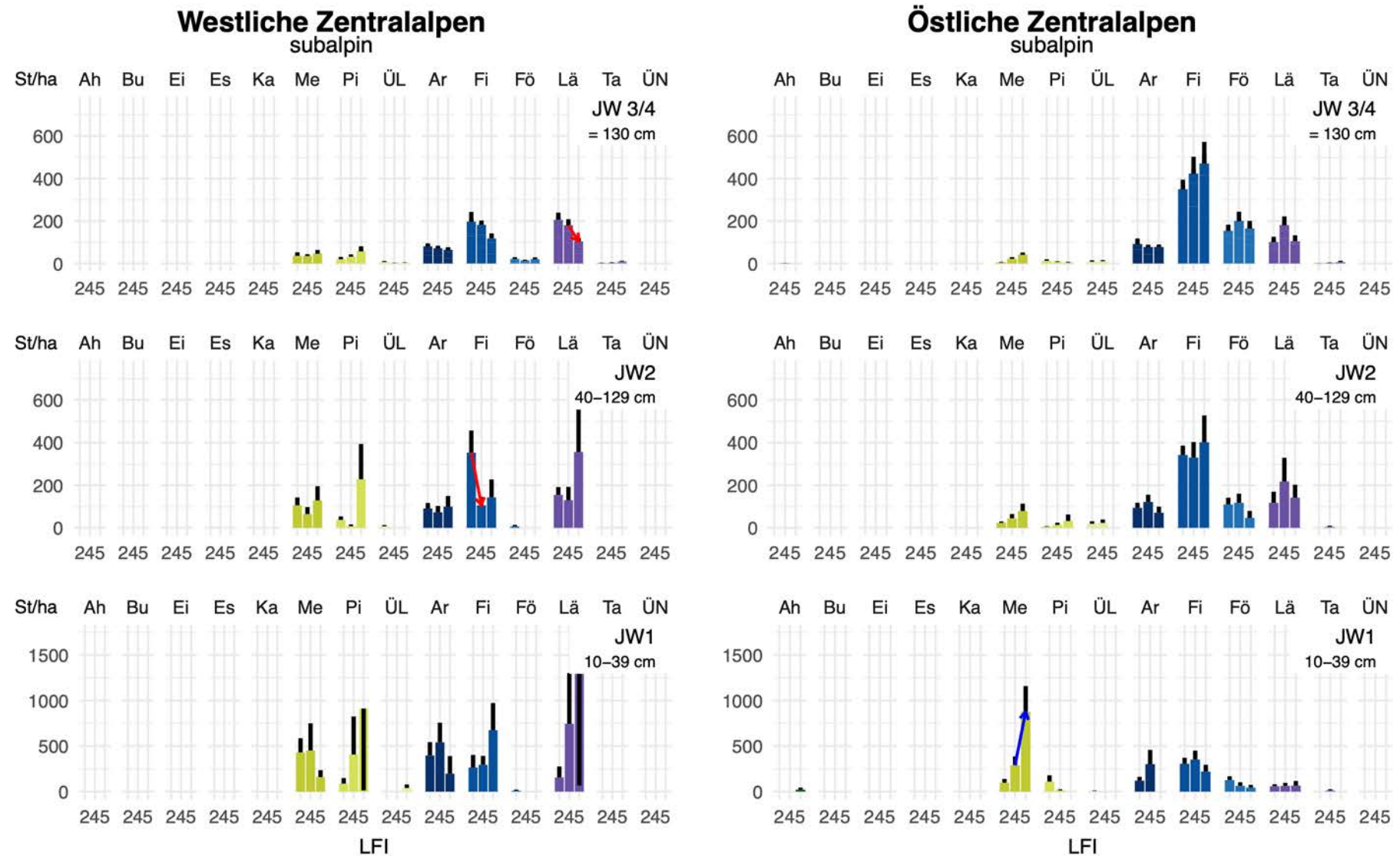


Abb. A1.13. Dynamik der Baumarten in der subalpinen Stufe der westlichen und östlichen Zentralalpen

A2 Jungwald-Stammzahlen: Boxplots für einzelne Baumarten zu LFI2, LFI4 und LFI5

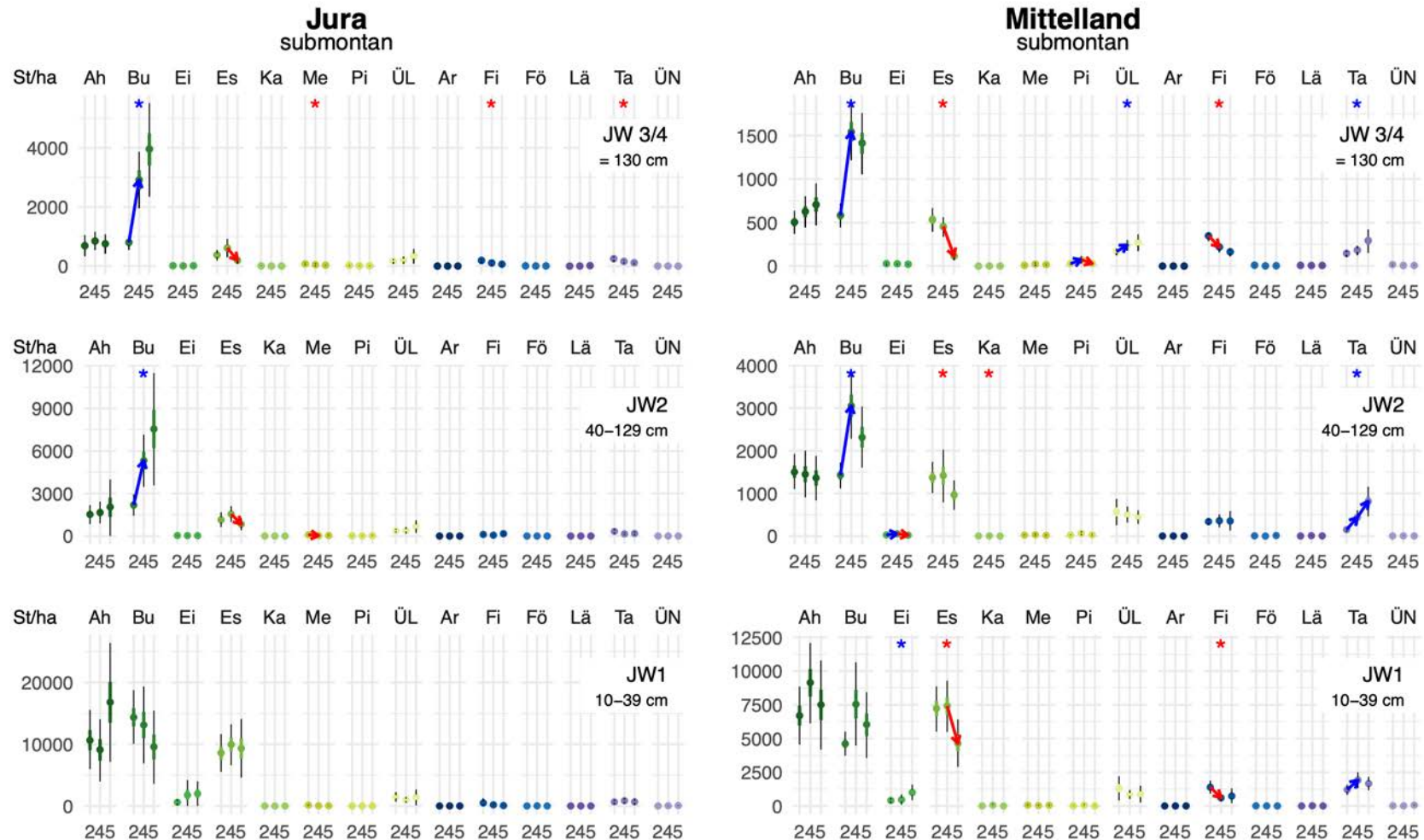


Abb. A2.1. Jura und Mittelland, submontane Stufe. Weitere Erklärungen siehe Abb. A2.1.

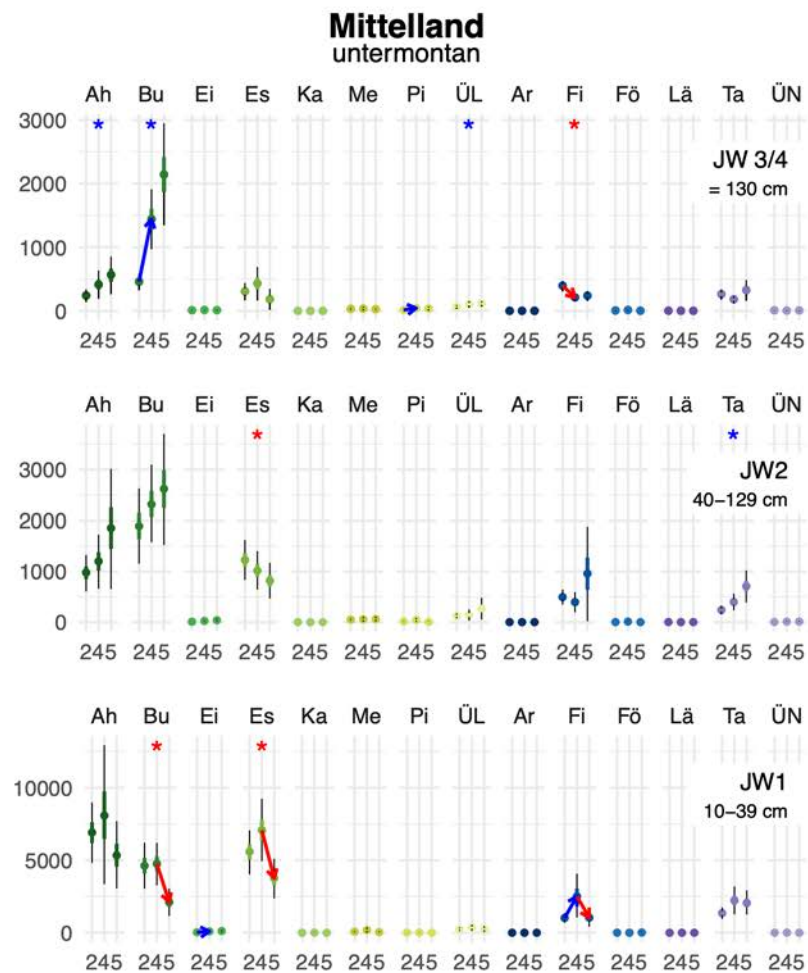
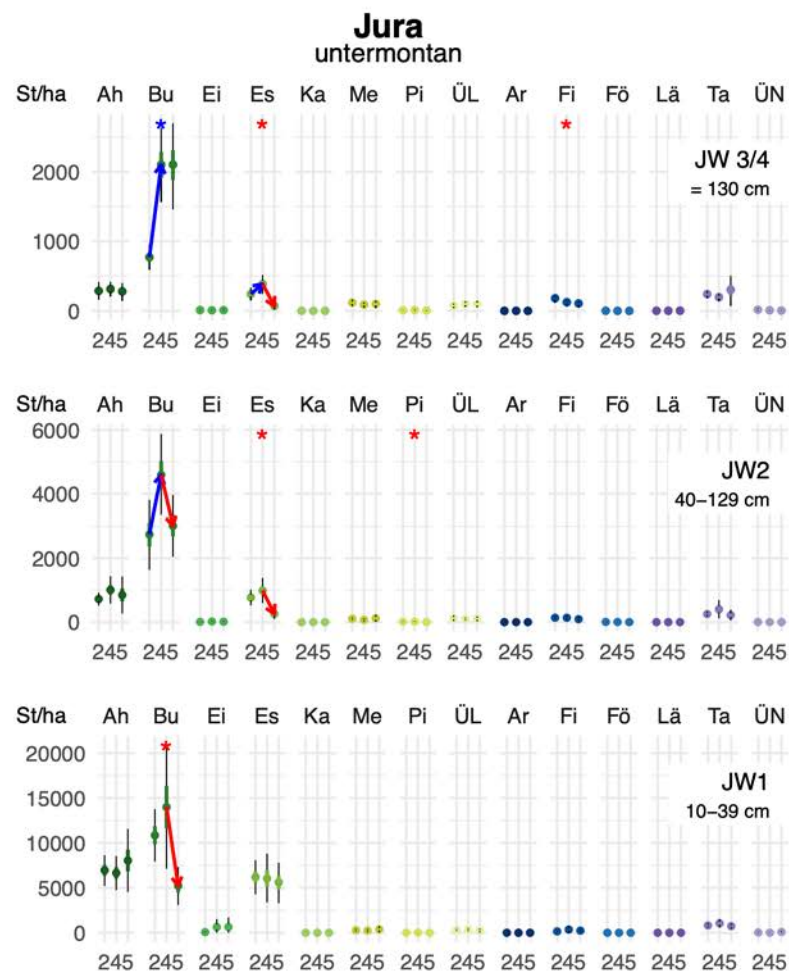


Abb. A2.2. Jura und Mittelland, untermontane Stufe. Dicke Balken unter- und oberhalb des erwarteten Mittelwerts geben 50 % und dünne Balken 95 % (Vertrauensintervall) der erwarteten Stammzahlverteilung an. Pfeile markieren Veränderungen von einer zur nächsten Inventur, Sterne zwischen LFI2 und LFI5.

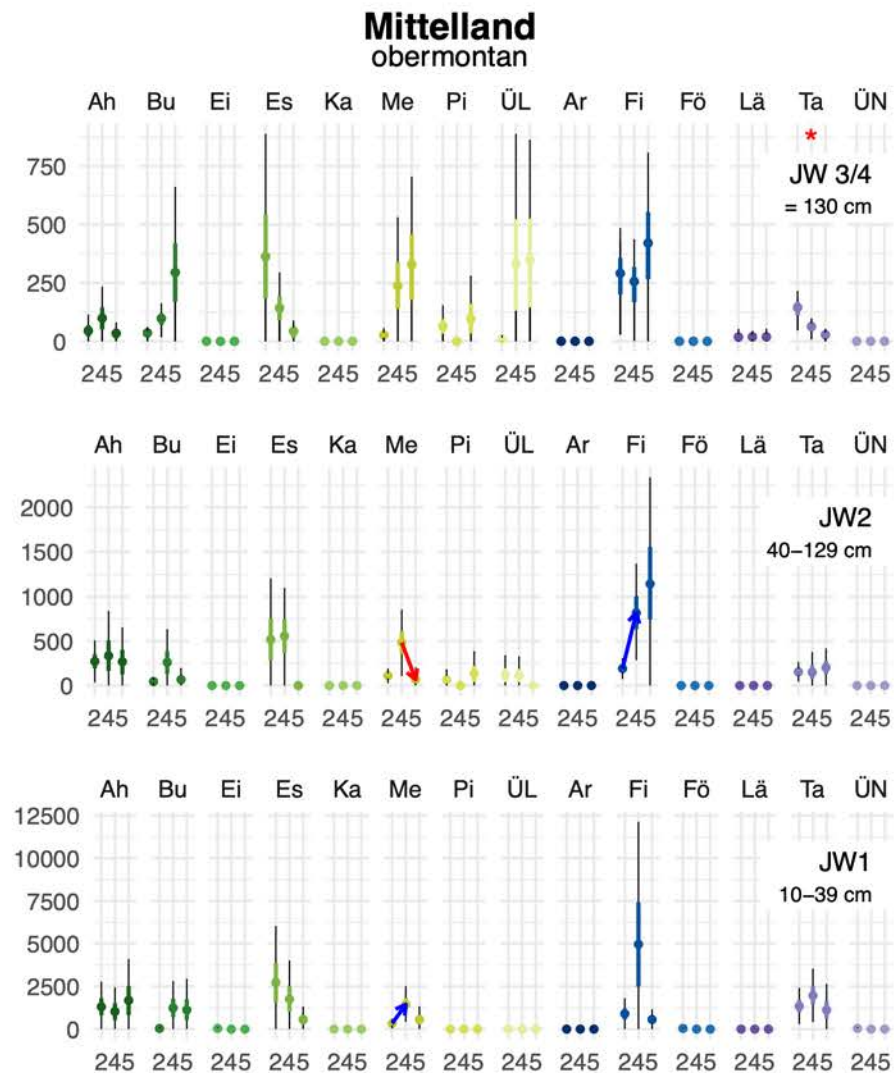
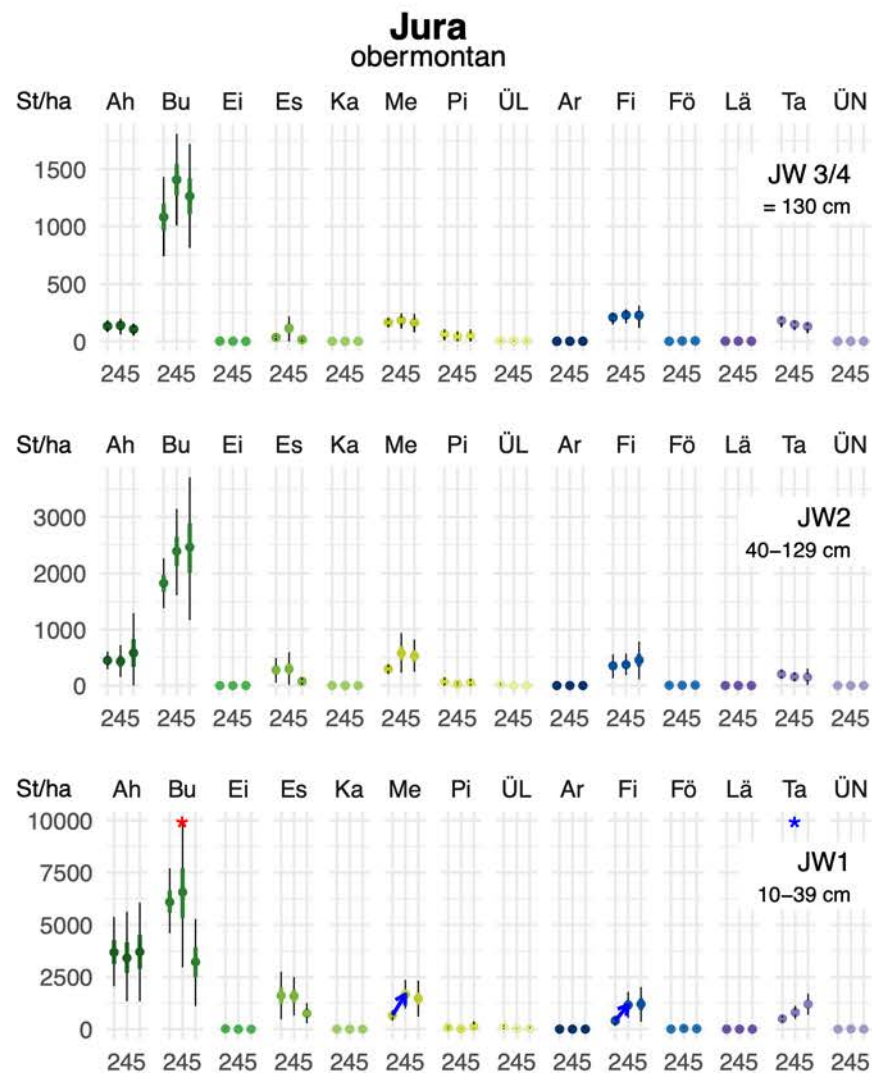


Abb. A2.3. Jura und Mittelland, obermontane Stufe. Weitere Erklärungen siehe Abb. A2.1.

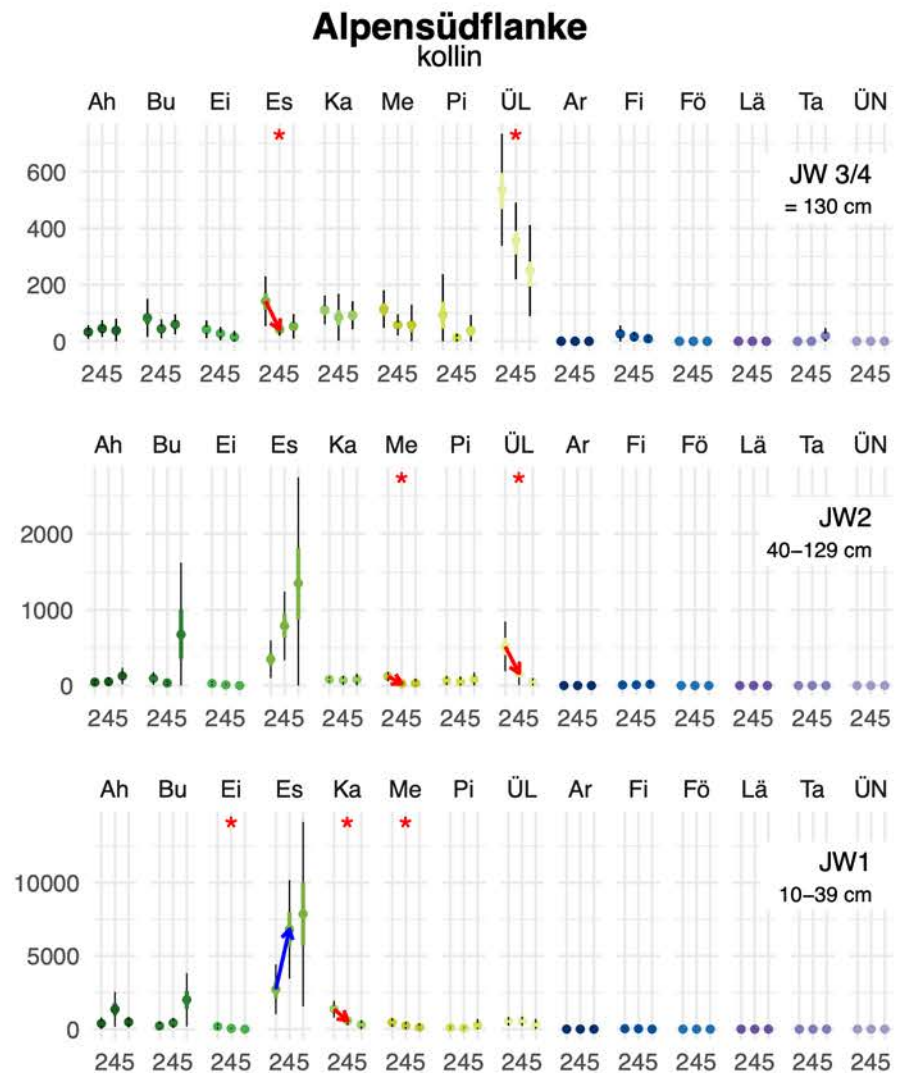
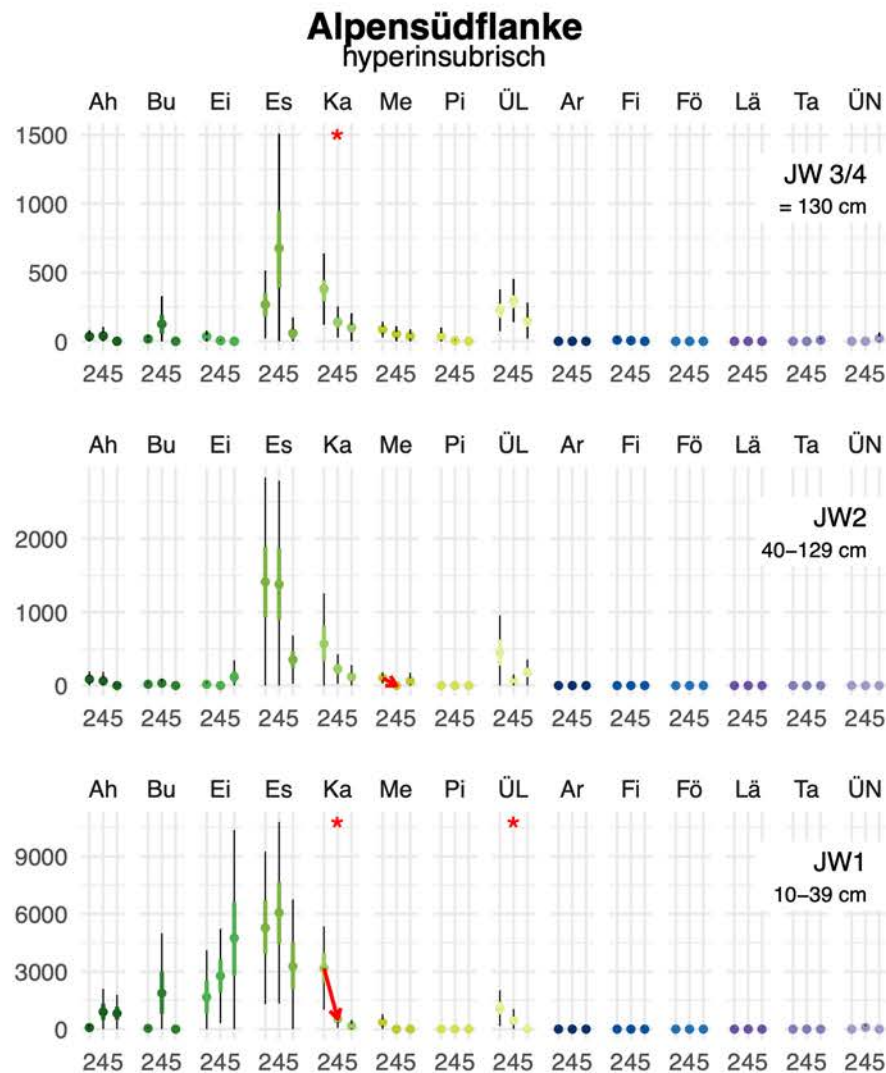


Abb. A2.4. Alpsüdflanke, hyperinsubrische und kolline Stufen. Weitere Erklärungen siehe Abb. A2.1.

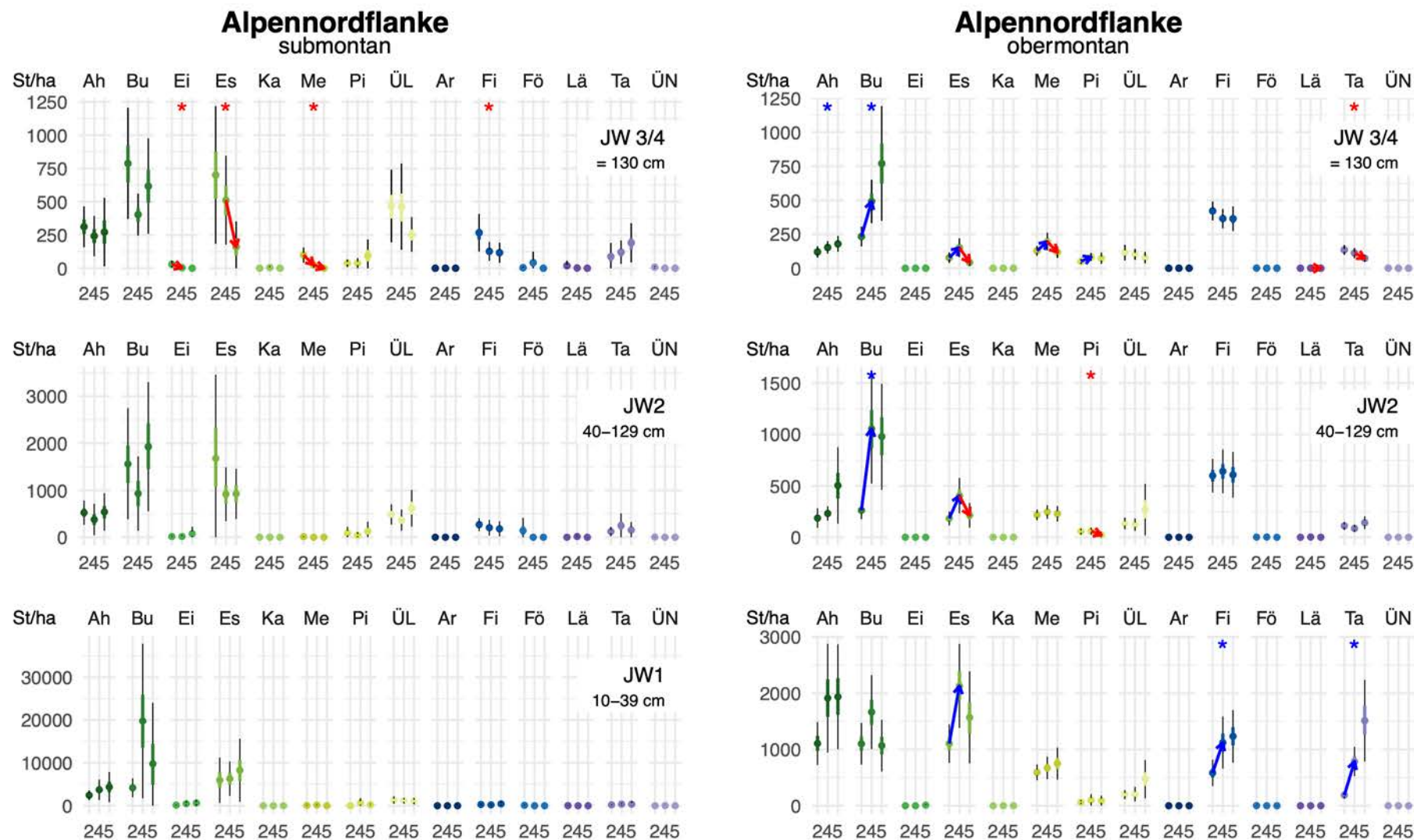


Abb. A2.6. Alpennordflanke, submontane und obermontane Stufen. Weitere Erklärungen siehe Abb. A2.1.

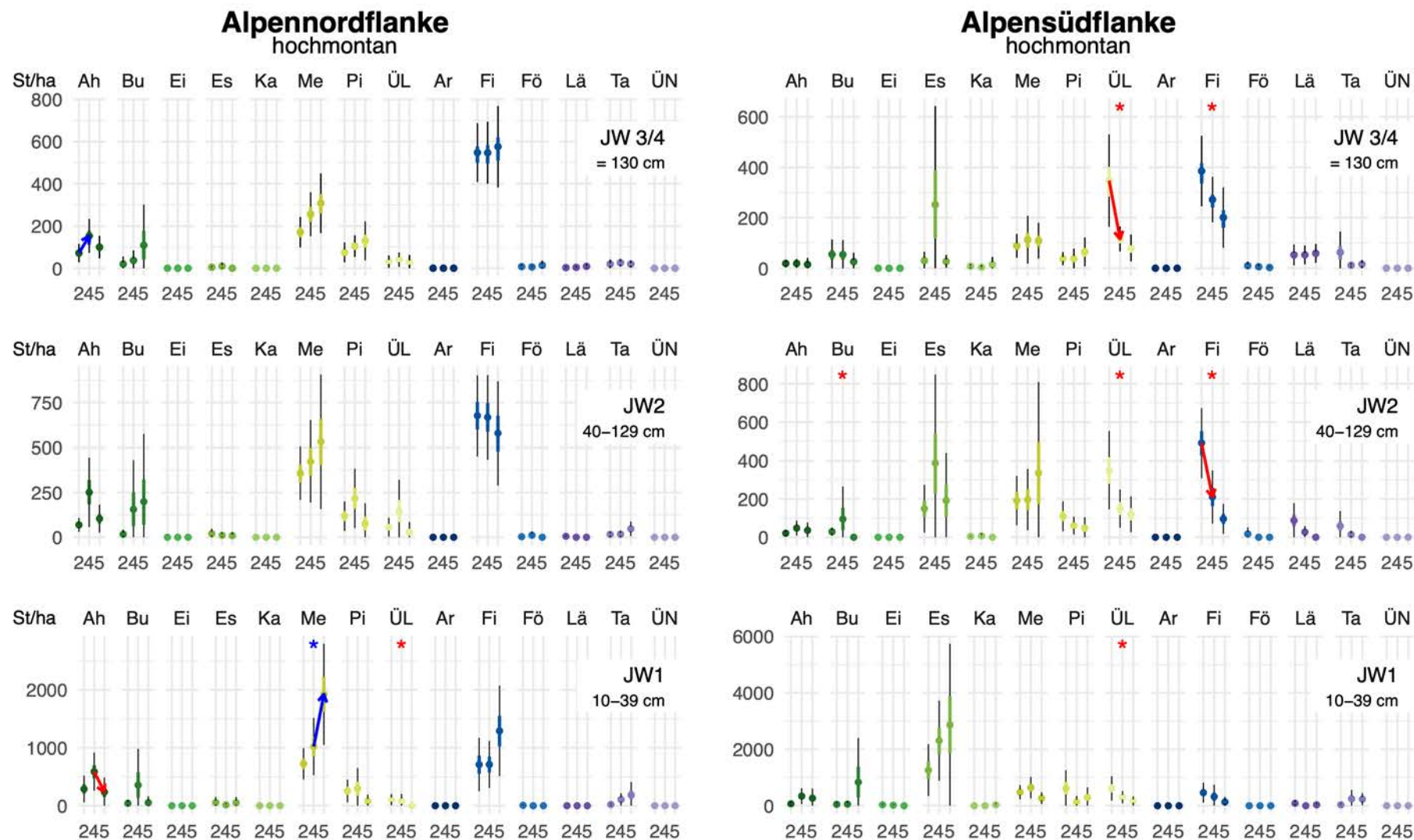


Abb. A2.7. Alpennord- und Alpensüdflanke, hochmontane Stufe. Weitere Erklärungen siehe Abb. A2.1.

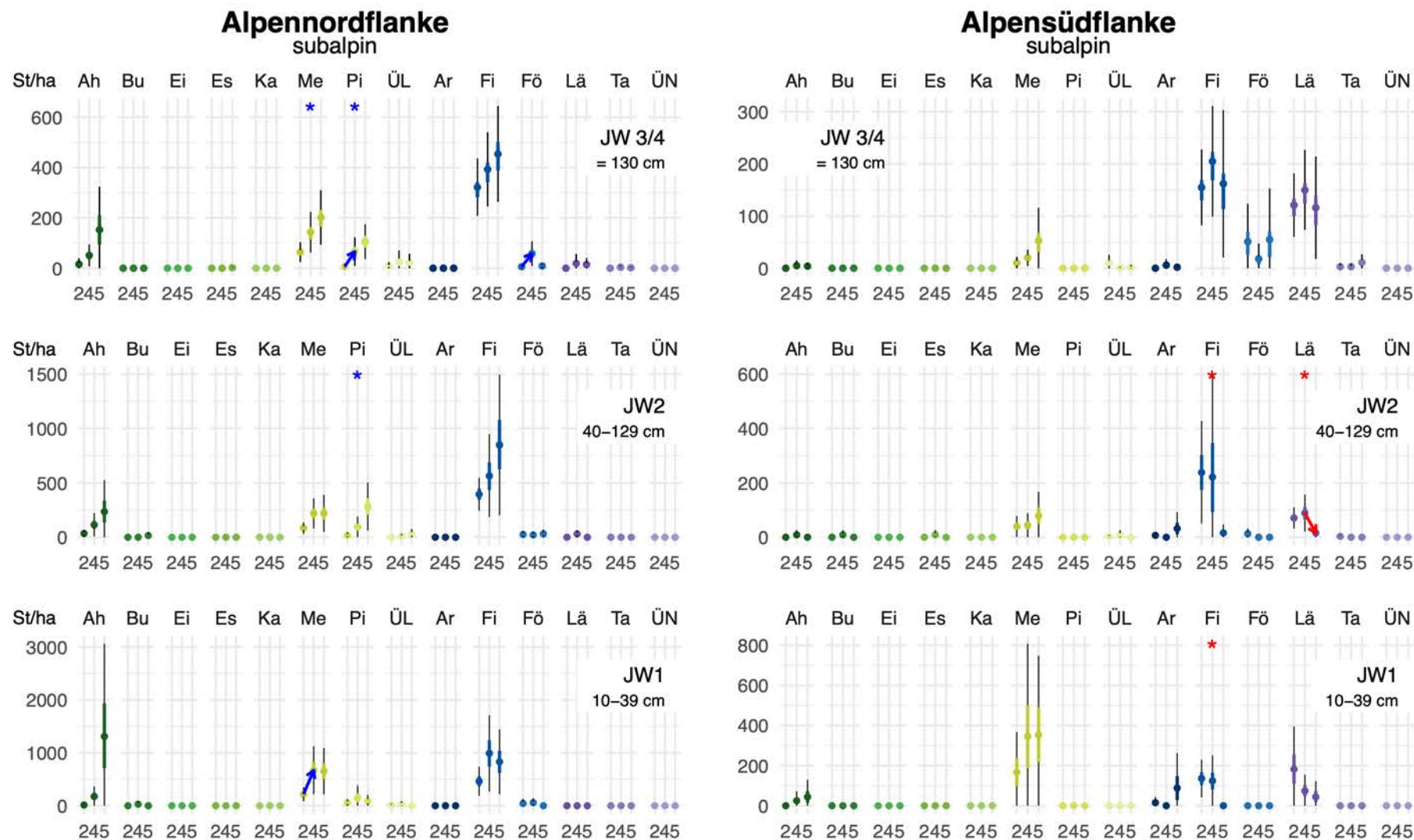


Abb. A2.8. Dynamik der Baumarten als Boxplots in der subalpinen Stufe der Alpennord- und Alpensüdflanke.

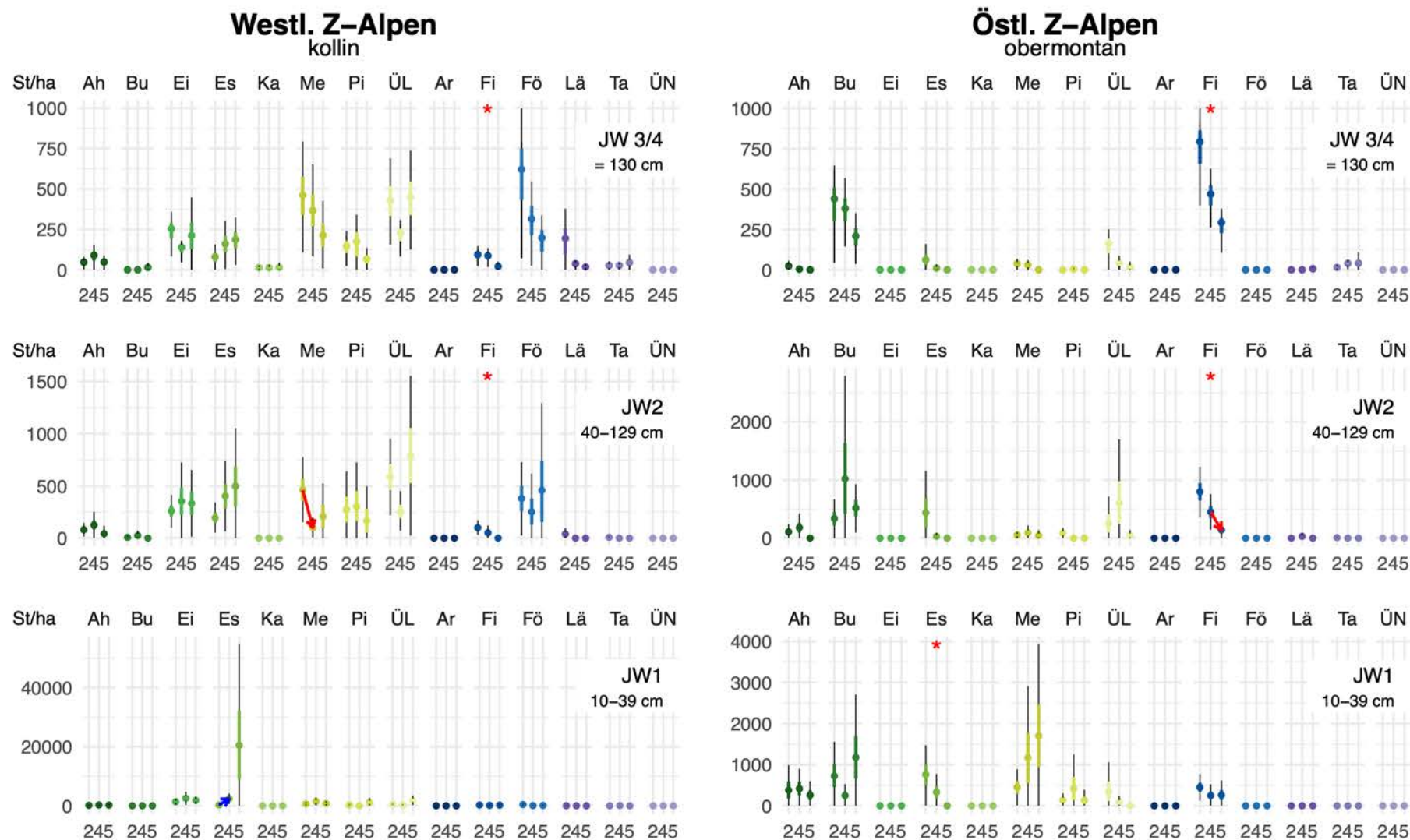


Abb. A2.9. Westliche Zentralalpen, kolline Stufe, und östliche Zentralalpen, obermontane Stufe. Weitere Erklärungen siehe Abb. A2.1.

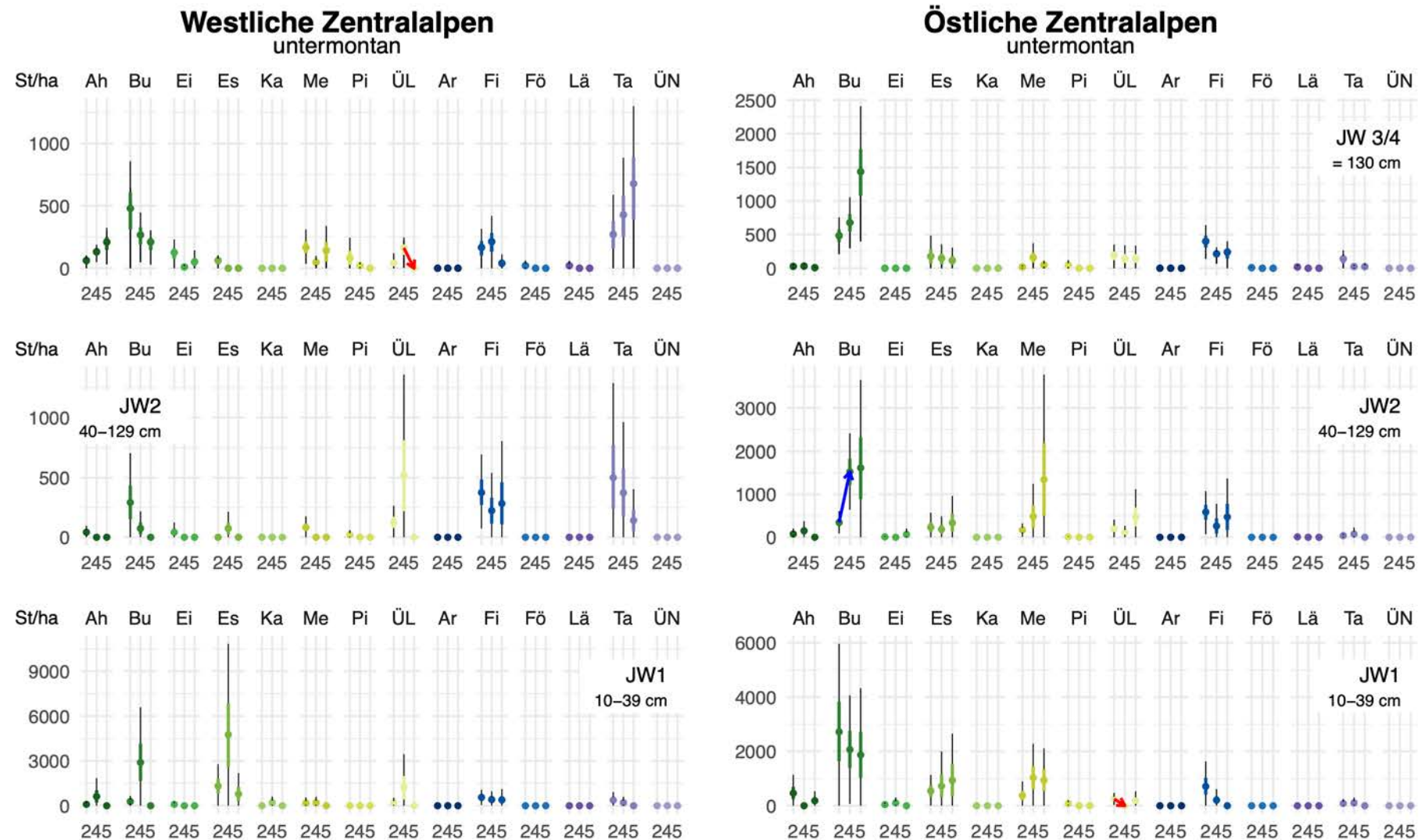


Abb. A2.10. Westliche und östliche Zentralalpen, untermontane Stufe. Weitere Erklärungen siehe Abb. A2.1.

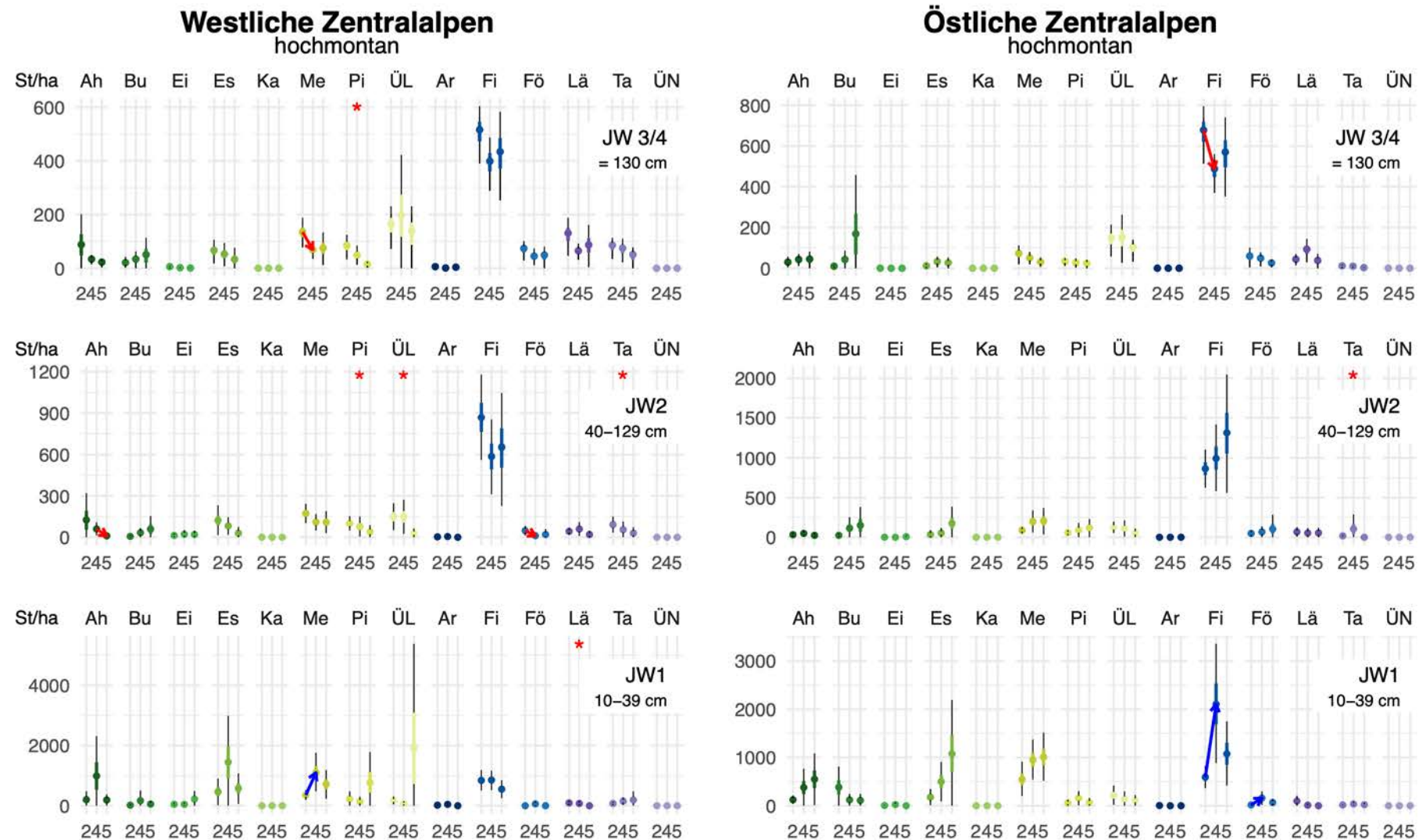


Abb. A2.11. Westliche und östliche Zentralalpen, hochmontane Stufe. Weitere Erklärungen siehe Abb. A2.1.

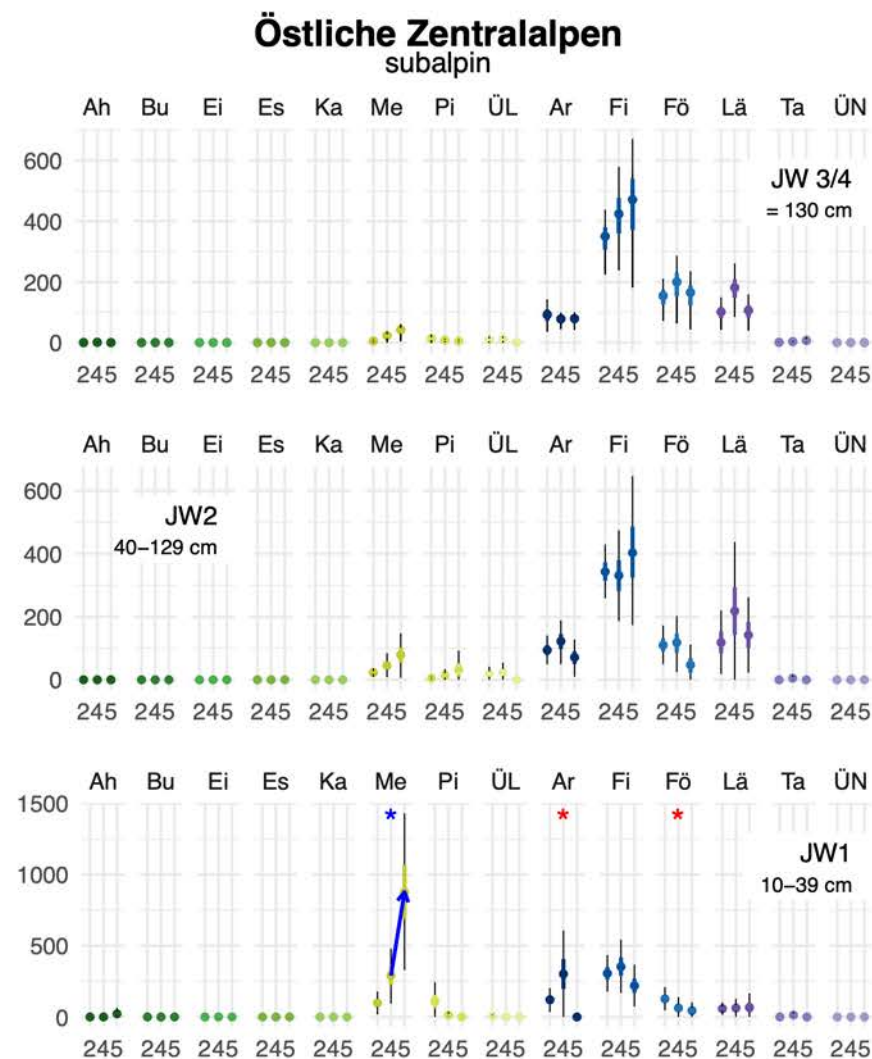
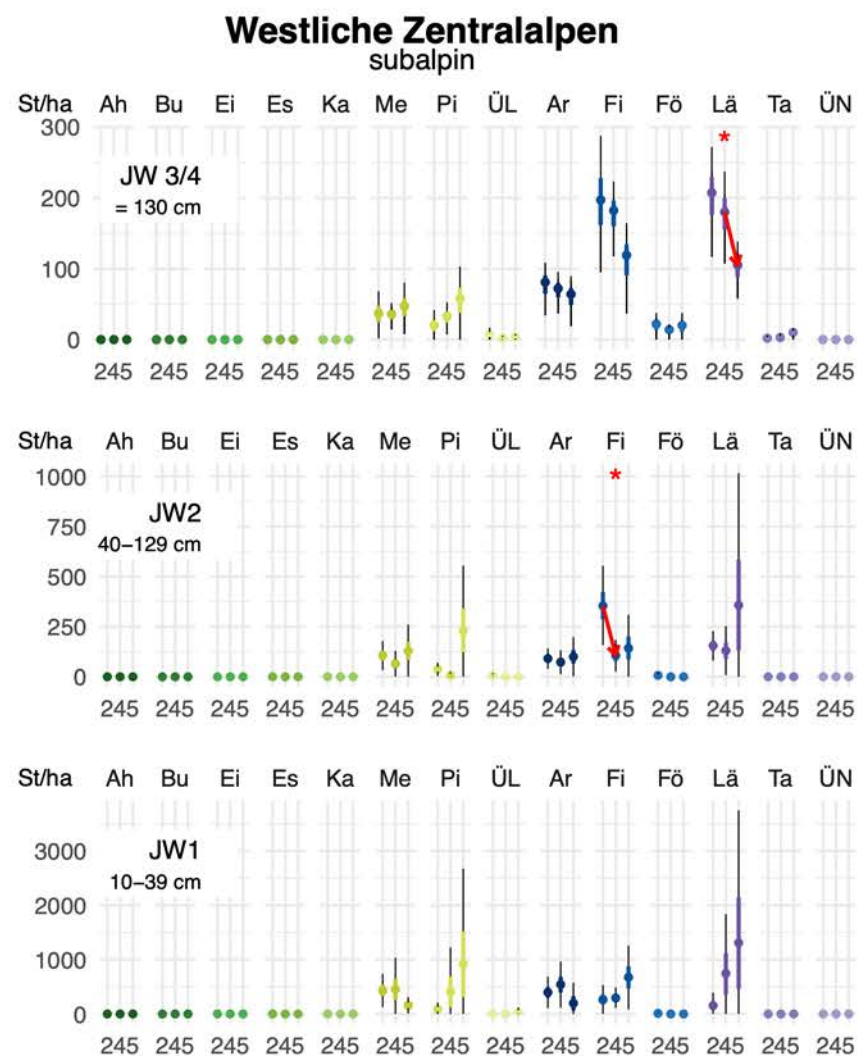


Abb. A2.12. Westliche und östliche Zentralalpen, subalpine Stufe. Weitere Erklärungen siehe Abb. A2.1.

Eichenwälder

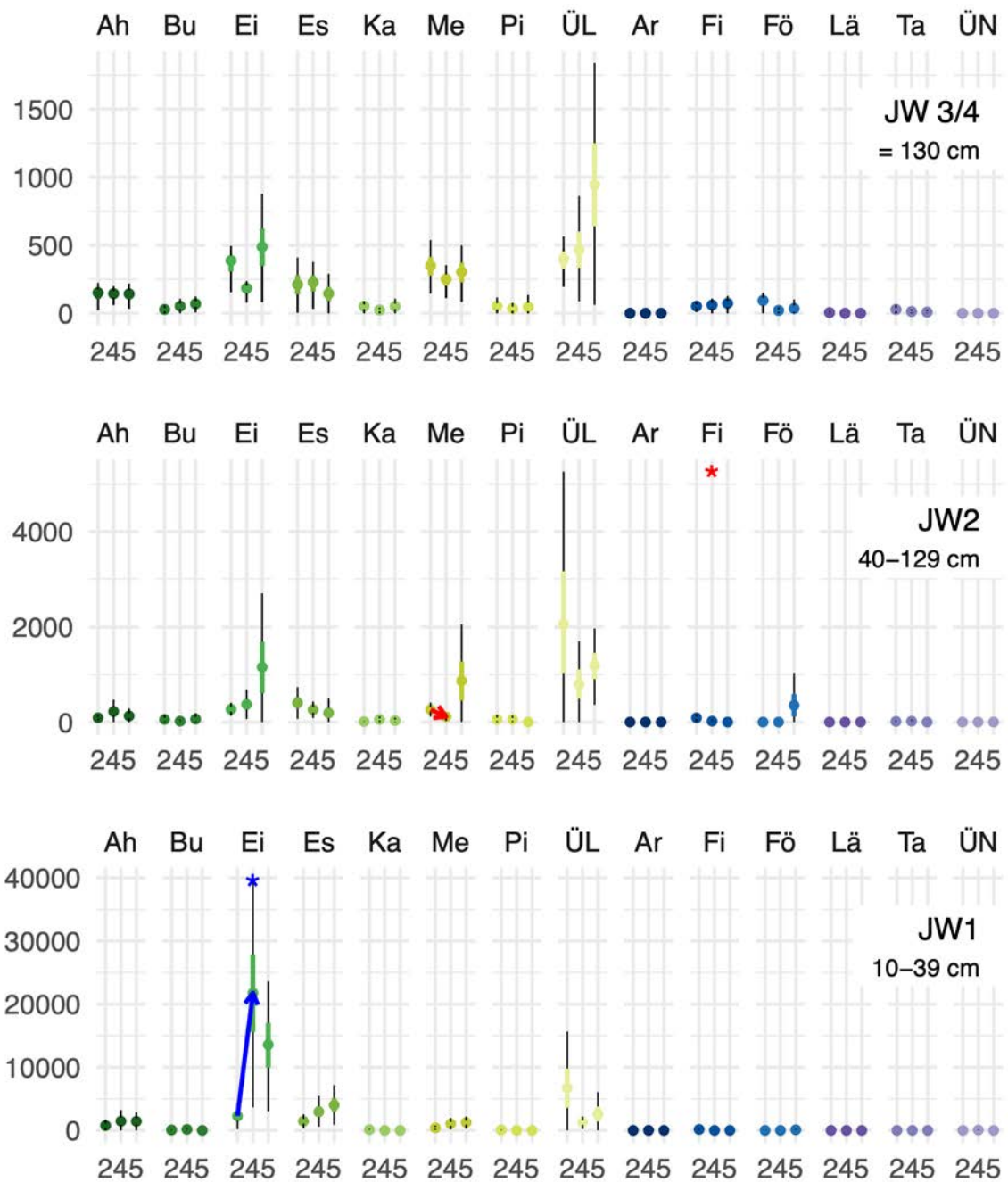


Abb. A2.13. Eichenwälder (ganze Schweiz). Weitere Erklärungen siehe Abb. A2.1.

Föhrenwälder

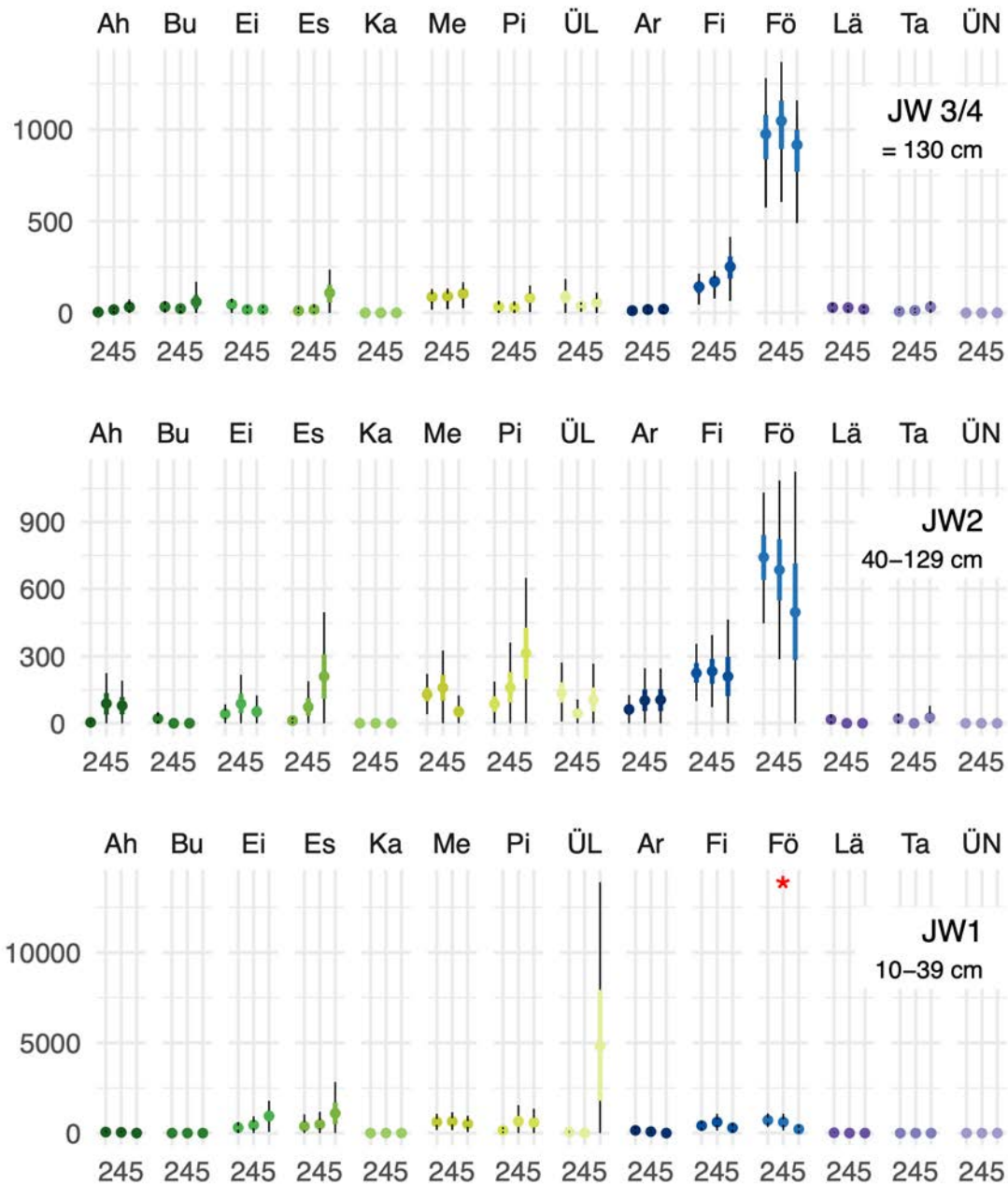


Abb. A2.14. Föhrenwälder (ganze Schweiz). Weitere Erklärungen siehe Abb. A2.1.

Feuchte Buchenwälder

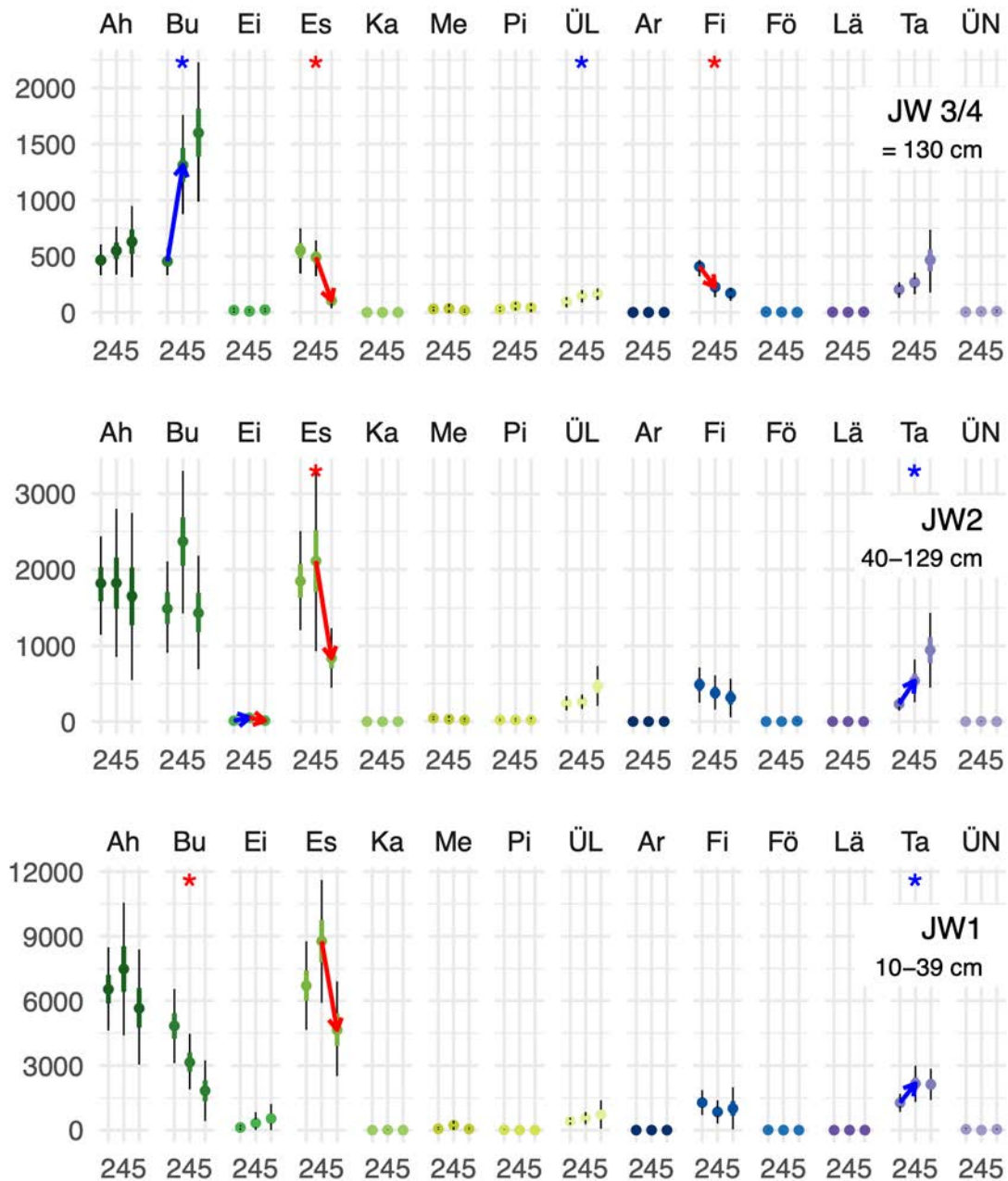


Abb. A2.15. Feuchte Buchenwälder (ganze Schweiz). Weitere Erklärungen siehe Abb. A2.1.

Mesophile Buchenwälder

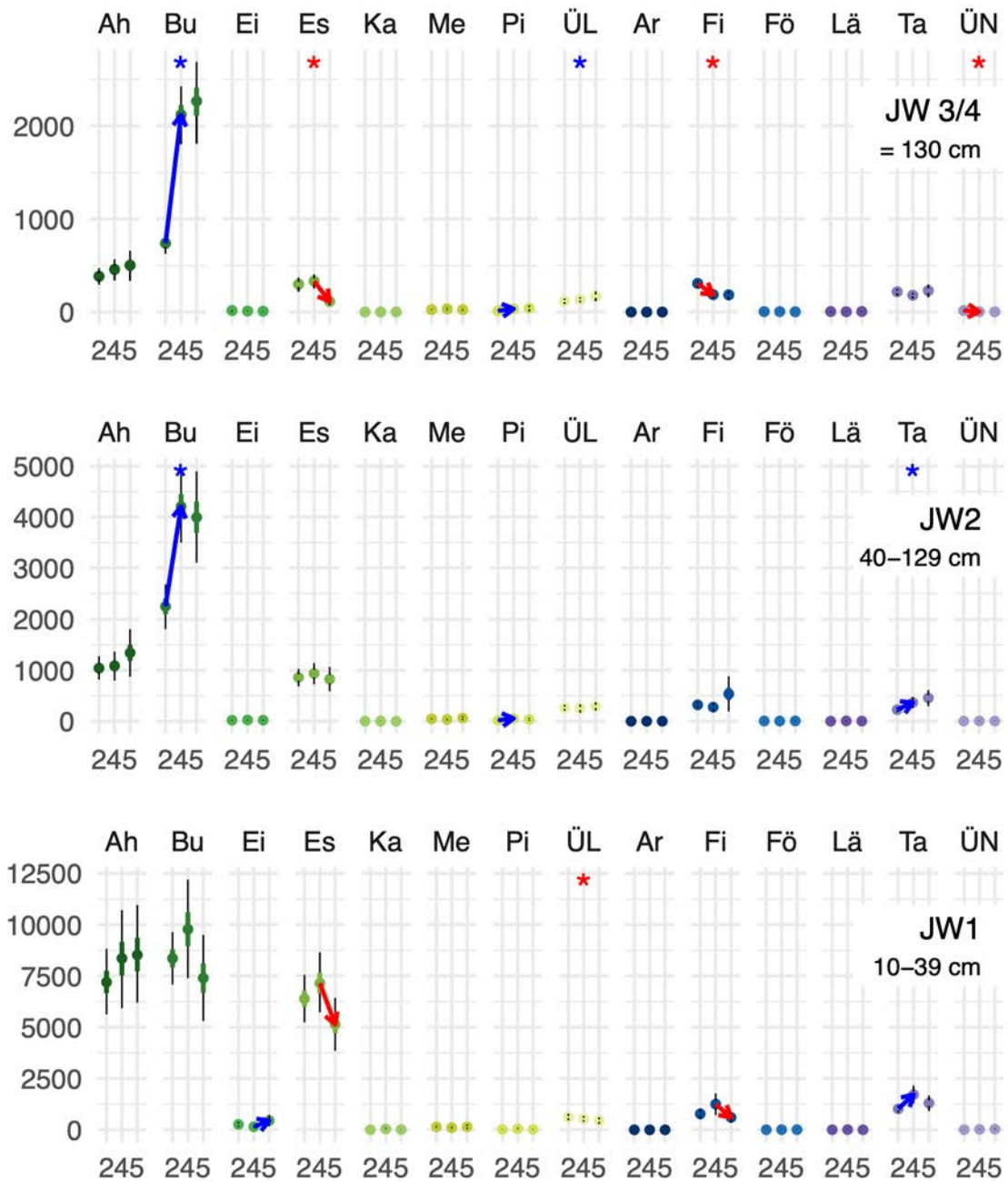


Abb. A2.16. Mesophile Buchenwälder (ganze Schweiz). Weitere Erklärungen siehe Abb. A2.1.

Trockene Buchenwälder

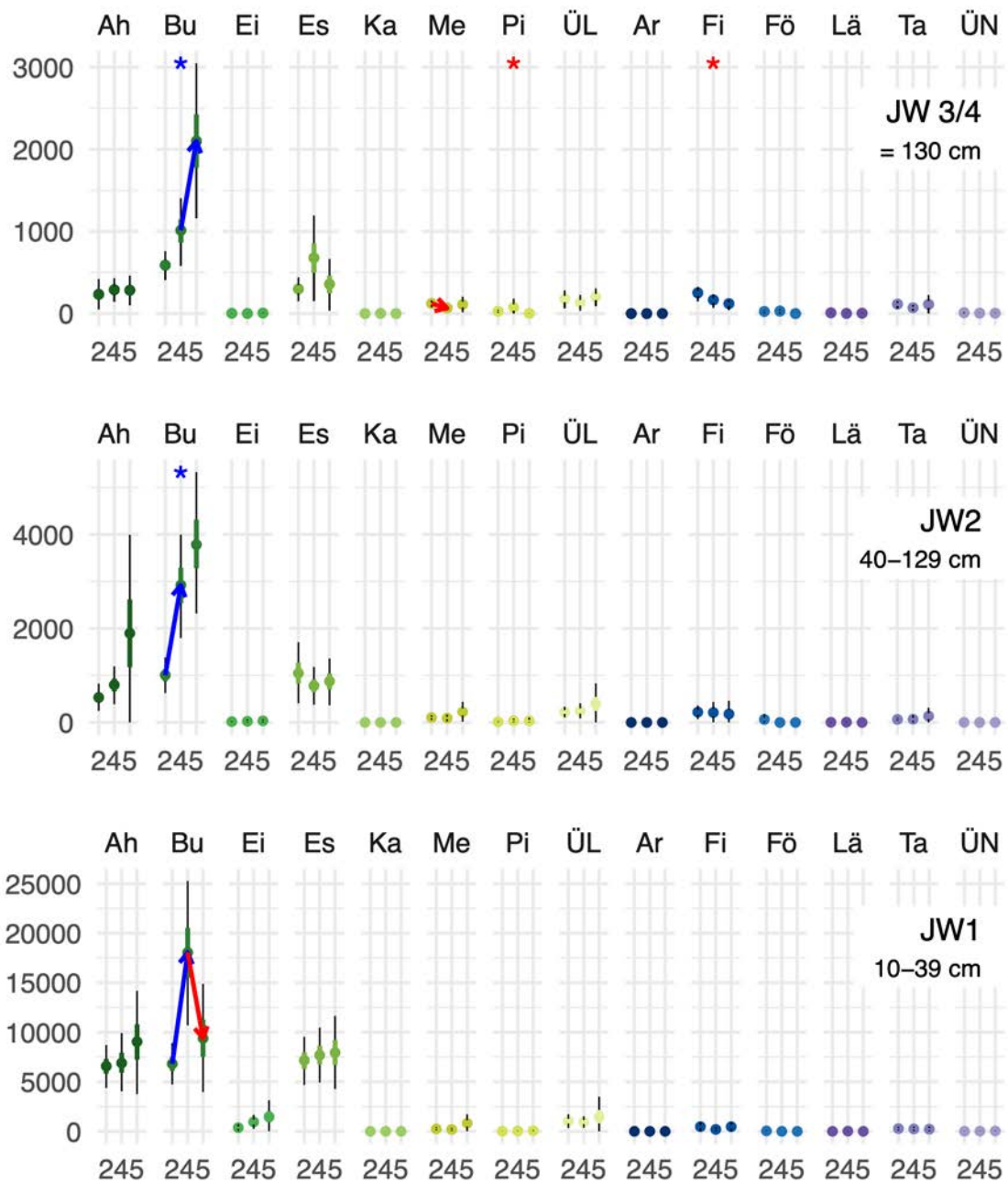


Abb. A2.17. Trockene Buchenwälder (ganze Schweiz). Weitere Erklärungen siehe Abb. A2.1.

Sonstige Buchenwälder

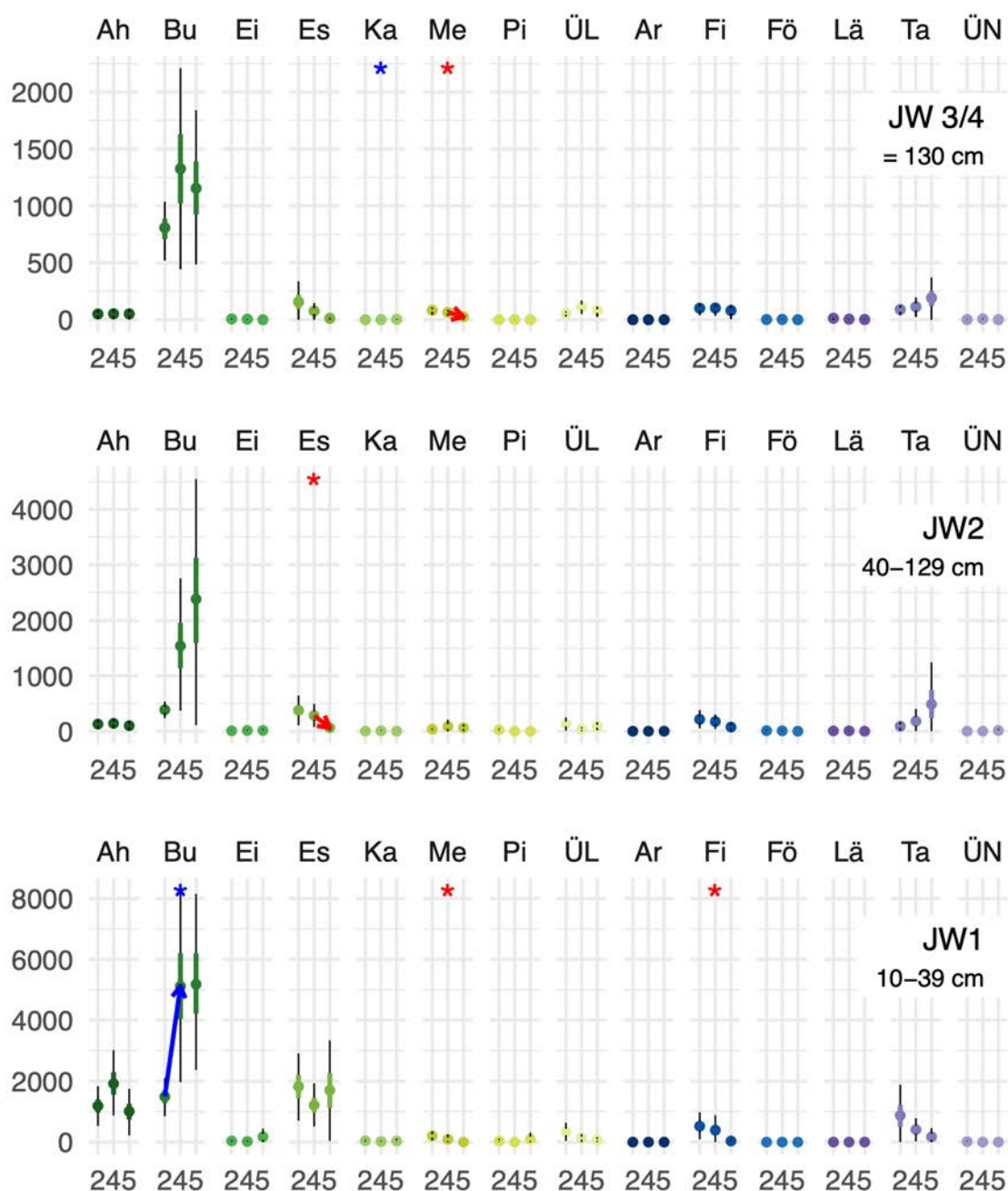


Abb. A2.18. Sonstige Buchenwälder (ganze Schweiz). Weitere Erklärungen siehe Abb. A2.1.

Übrige Laubwälder Tieflagen

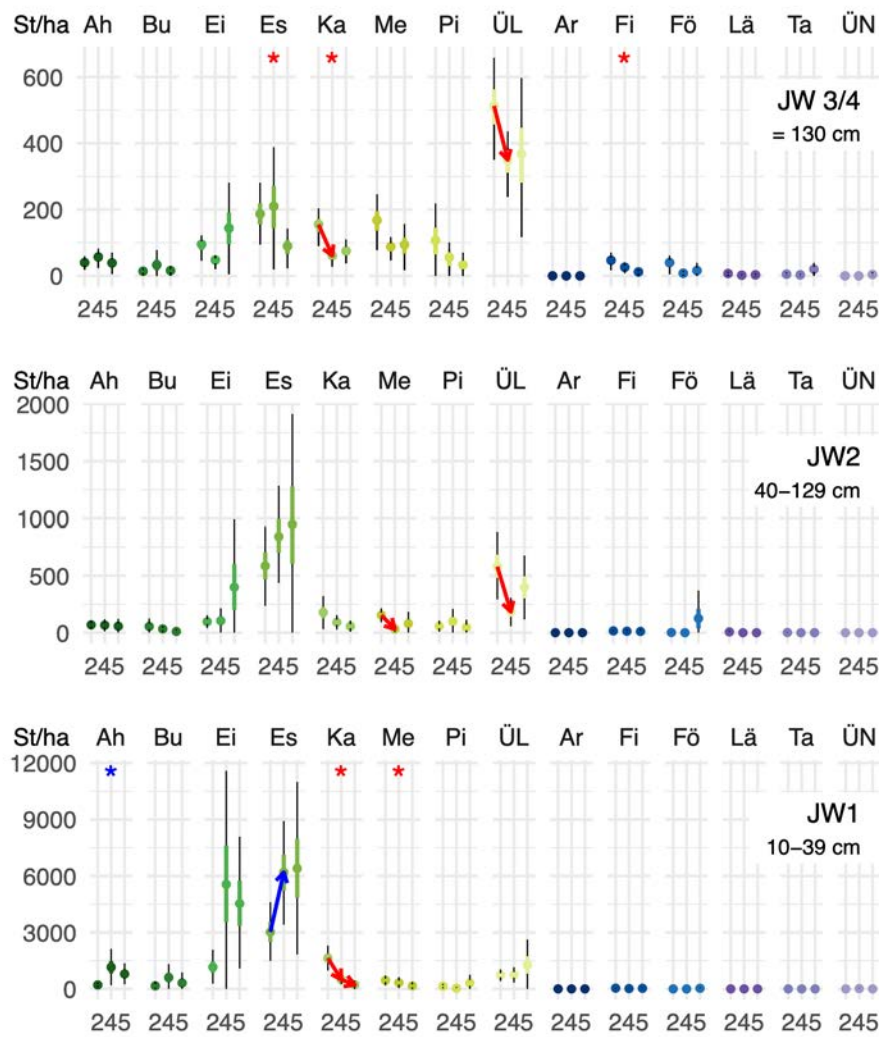


Abb. A2.19. Übrige Laubwälder der Tieflagen (ganze Schweiz). Weitere Erklärungen siehe Abb. A2.1.

Übrige Laubwälder Hochlagen

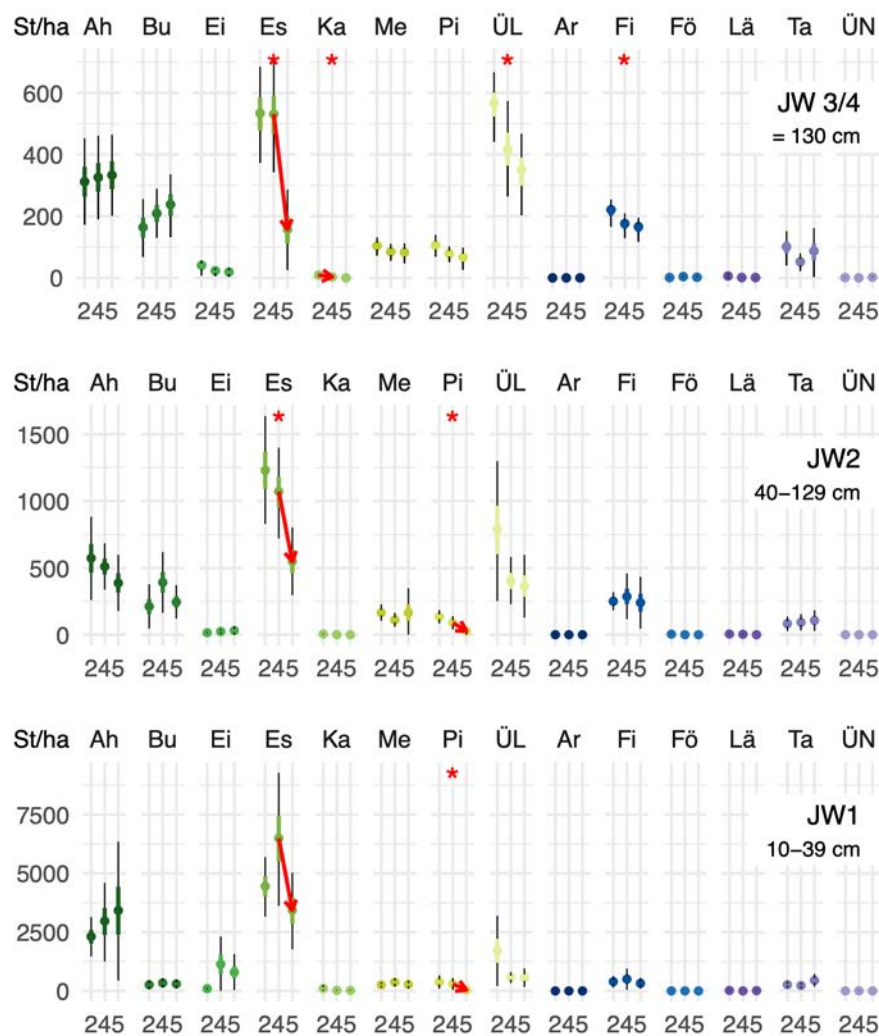


Abb. A2.20. Übrige Laubwälder der Hochlagen (ganze Schweiz). Weitere Erklärungen siehe Abb. A2.1.

Tannen-Buchenwälder

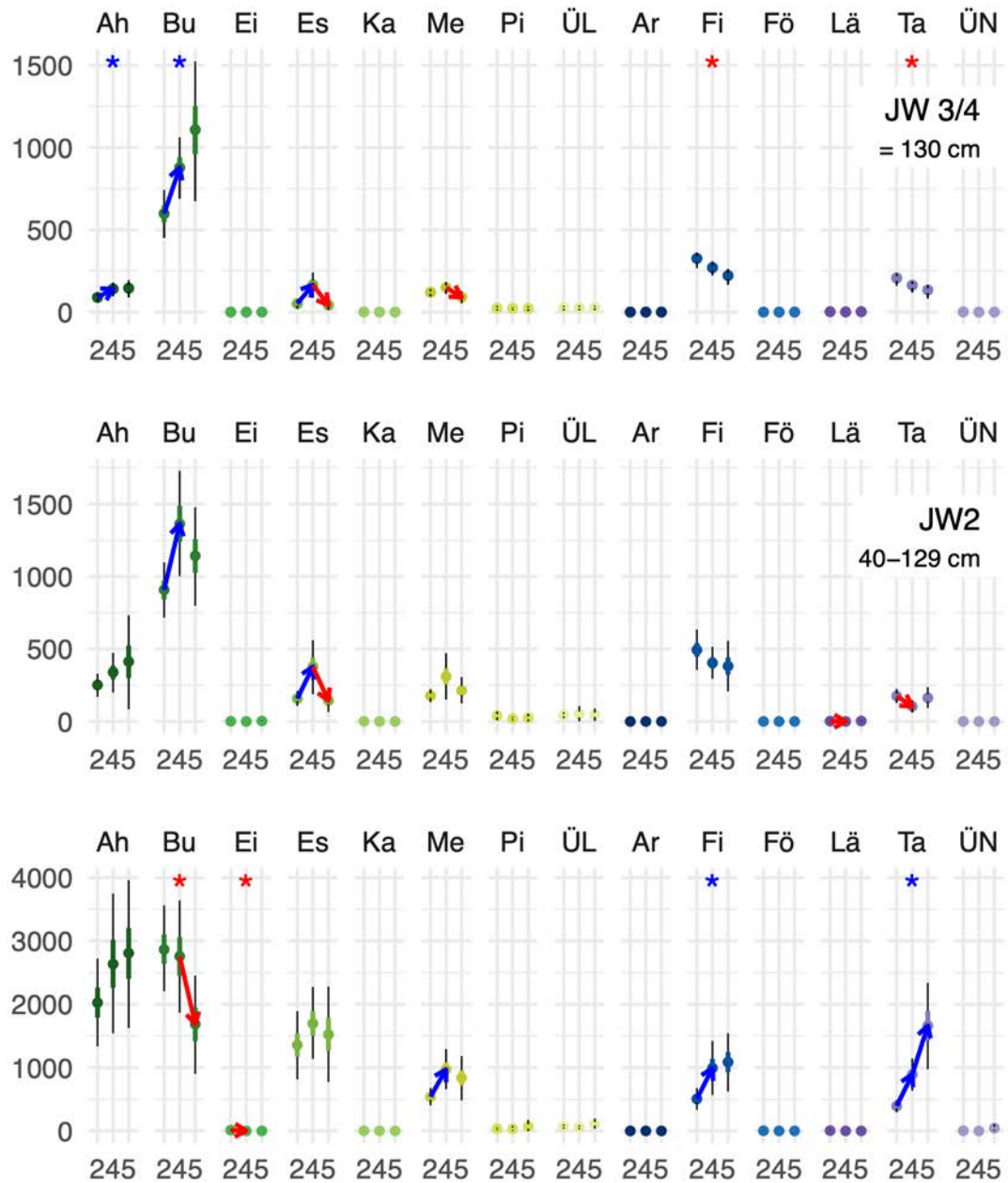


Abb. A2.21. Tannen-Buchenwälder (ganze Schweiz). Weitere Erklärungen siehe Abb. A2.1.

Tannen–Fichtenwälder

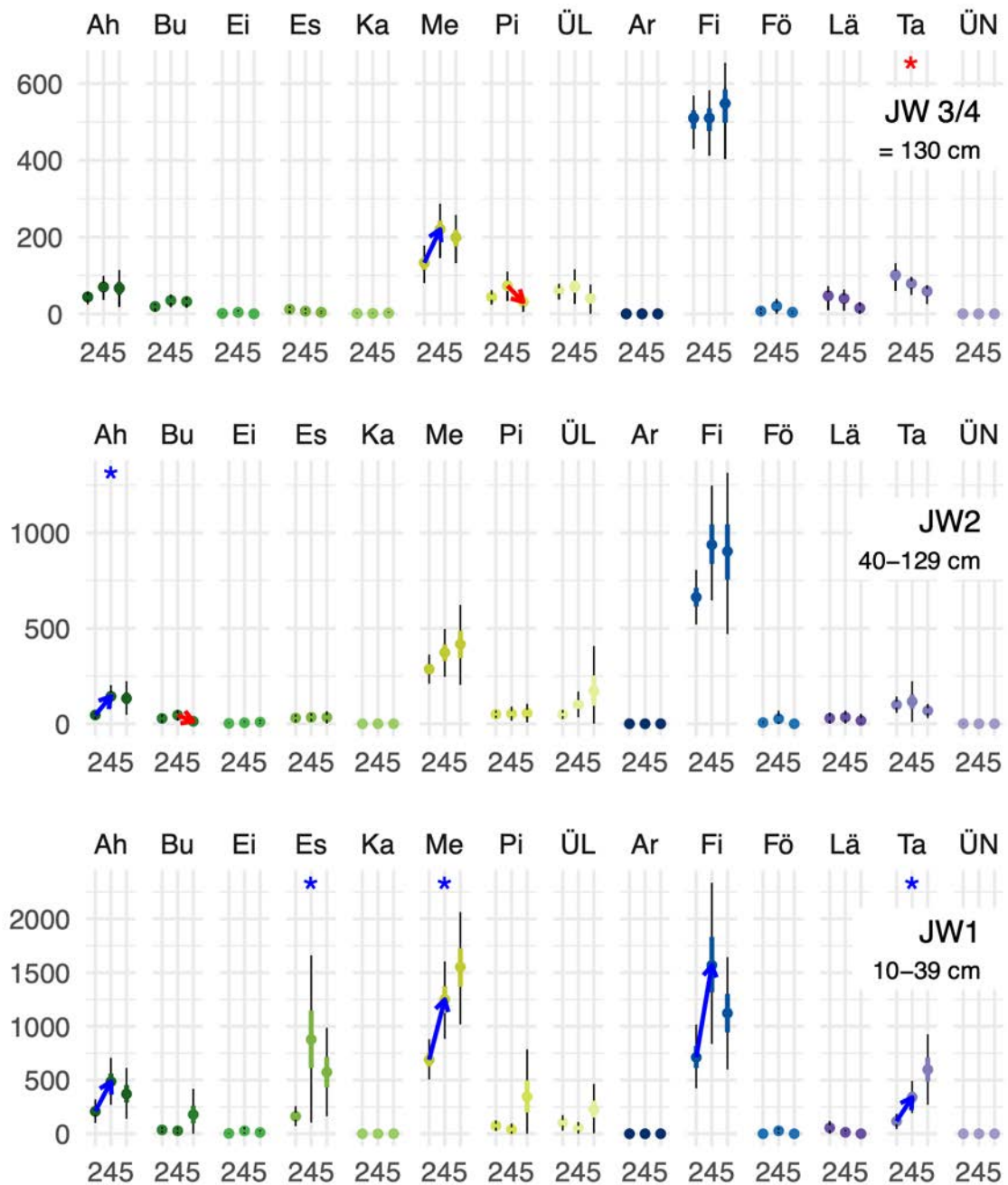


Abb. A2.22. Tannen-Buchenwälder (ganze Schweiz). Weitere Erklärungen siehe Abb. A2.1.

Fichtenwälder

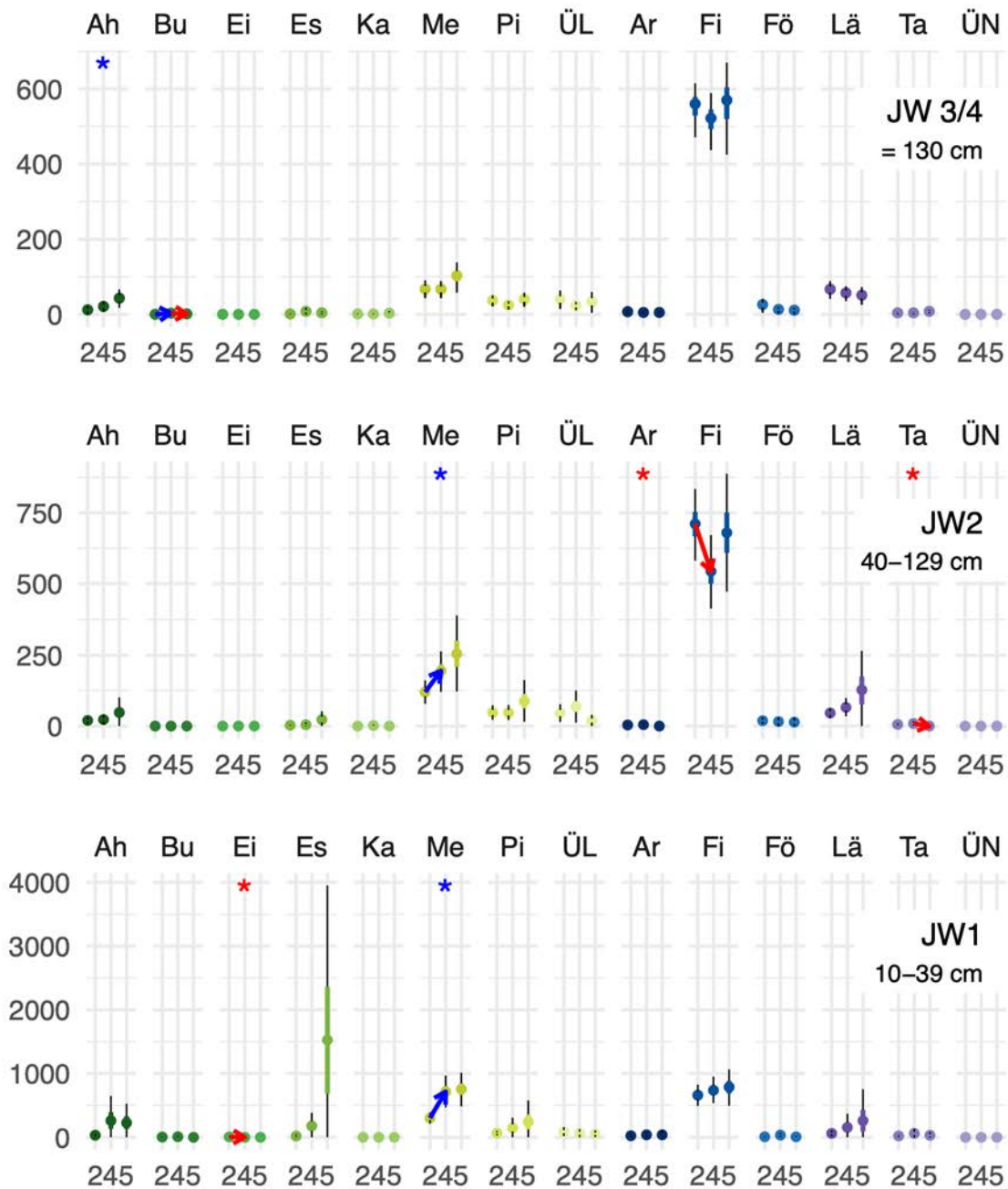


Abb. A2.23. Fichtenwälder (ganze Schweiz). Weitere Erklärungen siehe Abb. A2.1.

Arven- und Lärchenwälder

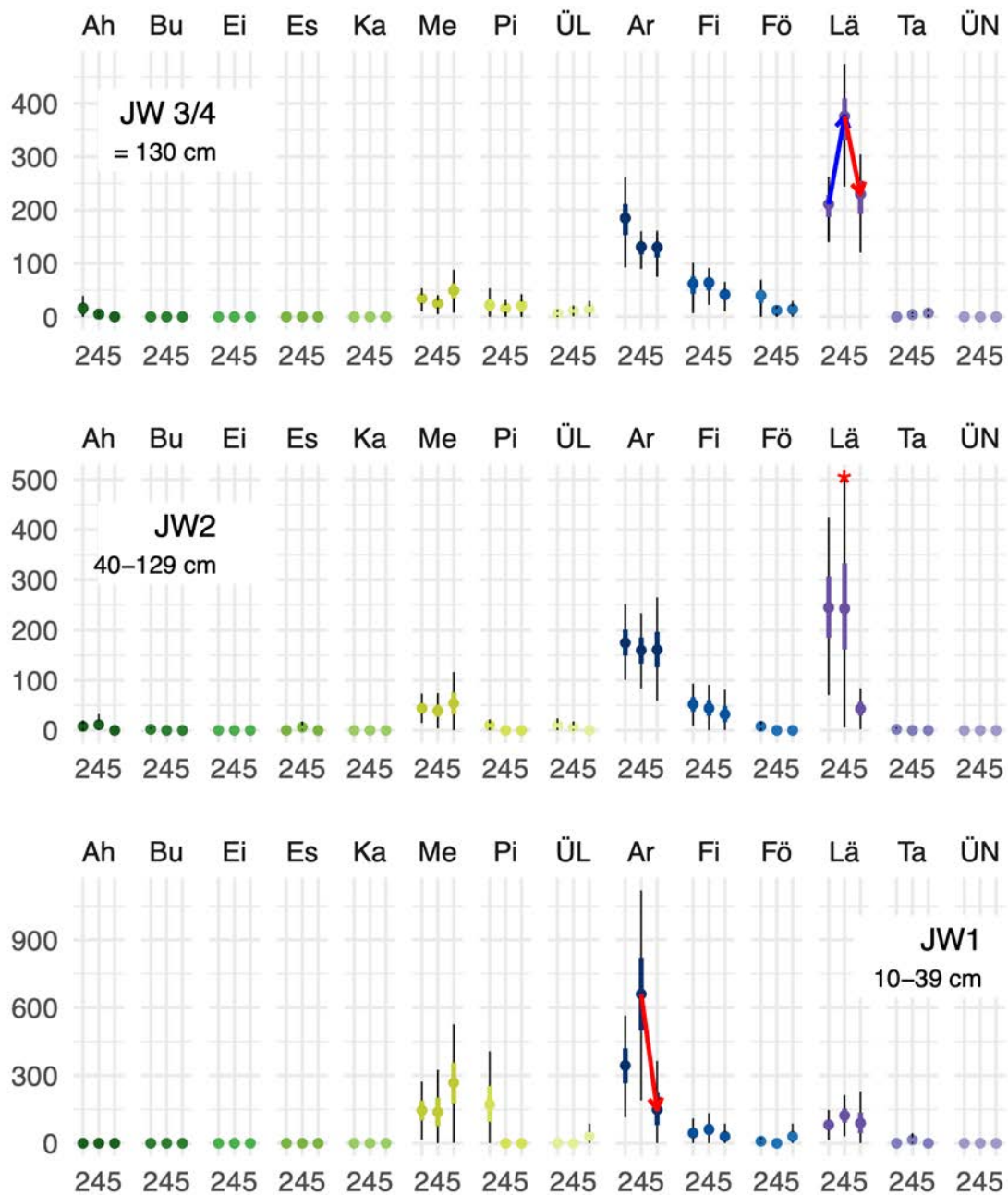


Abb. A2.24. Arven- und Lärchenwälder (ganze Schweiz). Weitere Erklärungen siehe Abb. A2.1.

A3 Jungwald-Stammzahlen: Referenzwerte in Tabellen, Stand LFI5

Tab. A3.1. Höhenstufen, ganze Schweiz. Ah Ahorn (*Acer* sp.), Bu Buche, Ei Eiche (*Quercus* sp.), Es Esche (*Fraxinus* sp.), Ka Kastanie, Me Mehlbeeren (Vogelbeeren, Mehlbeeren), Pi Pioniere (Birken, Pappeln, Weiden), ÜL Übrige Laubbäume, Ar Arve, Fi Fichte, Fö Föhren (*Pinus* sp.), Lä Lärche, Ta Tanne, ÜN Übrige Nadelbäume.

Stammzahlen	hyperins.	kollin	submont.	untermont.	obermont.	hochmont.	subalpin
JW 1	9'000	18'000	26'000	14'000	9'000	4'000	2'000
JW 2	1'000	3'000	7'000	5'000	3'000	1'000	1'000
JW 34	400	1'000	3'000	3'000	2'000	1'000	700
Gesamt	10'400	22'000	36'000	22'000	14'000	6'000	3'700
Ah 1	820	590	8'800	4'900	2'300	320	430
Ah 2	0	110	1'400	950	490	40	50
Ah 34	0	40	660	290	150	50	30
Bu 1	0	1'600	6'900	3'600	1'700	220	0
Bu 2	0	440	3'200	2'000	1'300	110	<10
Bu 34	0	40	1'800	1'600	860	100	0
Ei 1	4'700	3'500	1'100	240	10	50	0
Ei 2	120	340	30	20	<10	10	0
Ei 34	0	130	20	10	0	0	0
Es 1	3'300	10'600	5'800	3'700	1'200	1'000	0
Es 2	350	1'000	930	520	160	100	0
Es 34	60	100	140	140	40	20	0
Ka 1	160	200	0	10	0	10	0
Ka 2	120	50	0	0	0	0	0
Ka 34	100	60	0	0	0	<10	0
Me 1	0	280	70	200	980	1'000	580
Me 2	60	90	30	120	300	290	120
Me 34	40	100	30	60	130	130	80
Pi 1	0	450	30	0	100	280	220
Pi 2	0	90	40	20	40	70	120
Pi 34	0	60	30	40	60	60	40
ÜL 1	0	1'200	970	220	320	520	10
ÜL 2	180	410	500	160	170	60	10
ÜL 34	150	400	290	110	60	90	10
Ar 1	0	0	0	0	0	0	60
Ar 2	0	0	0	0	0	0	60
Ar 34	0	0	0	0	0	0	40
Fi 1	0	60	570	480	1'100	820	400
Fi 2	0	10	290	400	550	720	360
Fi 34	0	10	140	180	320	470	330
Fö 1	0	30	0	0	10	20	20
Fö 2	0	110	10	<10	<10	40	20
Fö 34	0	50	0	<10	0	20	80
Lä 1	0	0	0	0	0	10	320
Lä 2	0	0	<10	0	0	20	140
Lä 34	0	<10	10	<10	<10	50	90
Ta 1	0	0	1'300	1'000	1'300	150	0
Ta 2	0	0	620	350	140	20	0
Ta 34	10	20	240	250	90	20	10
ÜN 1	0	0	60	20	0	0	0
ÜN 2	0	0	<10	<10	0	0	0
ÜN 34	20	0	0	<10	0	0	0

Tab. A3.2. Jura und Mittelland, nach Höhenstufen (Baumartenlegende siehe Tab. A3.1)

Stammzahlen	Jura			Mittelland		
	submontan	untermontan	obermontan	submontan	untermontan	obermontan
JW 1	40'000	21'000	12'000	23'000	15'000	6'000
JW 2	12'000	5'000	4'000	6'000	7'000	2'000
JW 34	5'000	3'000	2'000	3'000	4'000	2'000
Gesamt	57'000	29'000	18'000	32'000	26'000	10'000
Ah 1	16'800	8'000	3'700	7'500	5'300	1'700
Ah 2	2'000	850	580	1'400	1'900	270
Ah 34	760	280	110	710	570	30
Bu 1	9'600	5'200	3'200	6'000	2'100	1'100
Bu 2	7'500	3'000	2'500	2'300	2'600	70
Bu 34	4'000	2'100	1'300	1'400	2'100	300
Ei 1	2'000	650	0	1'000	120	0
Ei 2	20	10	0	20	40	0
Ei 34	10	10	0	20	10	0
Es 1	9'300	5'600	760	4'600	3'800	560
Es 2	830	260	80	960	820	0
Es 34	200	70	10	120	180	40
Ka 1	0	0	0	0	0	0
Ka 2	0	0	0	0	0	0
Ka 34	0	0	0	0	0	0
Me 1	40	390	1'500	60	40	560
Me 2	40	120	530	20	60	70
Me 34	30	100	160	20	30	330
Pi 1	0	0	130	10	0	0
Pi 2	20	0	50	30	0	140
Pi 34	10	0	50	30	40	100
ÜL 1	1'400	240	40	860	260	0
ÜL 2	670	110	0	440	270	0
ÜL 34	340	100	<10	270	120	350
Ar 1	0	0	0	0	0	0
Ar 2	0	0	0	0	0	0
Ar 34	0	0	0	0	0	0
Fi 1	70	240	1'200	740	1000	560
Fi 2	160	90	450	350	960	1100
Fi 34	60	110	230	160	240	420
Fö 1	0	0	20	0	20	0
Fö 2	0	0	10	10	0	0
Fö 34	0	0	<10	<10	<10	0
Lä 1	0	0	0	0	0	0
Lä 2	0	0	0	<10	0	0
Lä 34	20	<10	0	10	0	20
Ta 1	670	740	1'200	1'700	2'100	1'100
Ta 2	180	220	150	820	710	200
Ta 34	110	300	130	290	330	30
ÜN 1	70	90	0	60	0	0
ÜN 2	0	0	0	<10	10	0
ÜN 34	0	<10	0	10	10	0

Tab. A3.3. Alpennordflanke, nach Höhenstufen (Baumartenlegende siehe Tab. A3.1)

Stammzahlen	submontan	untermontan	obermontan	hochmontan	subalpin
JW 1	25'000	16'000	9'000	4'000	3'000
JW 2	5'000	4'000	3'000	2'000	2'000
JW 34	2'000	2'000	2'000	1'000	1'000
Gesamt	32'000	22'000	14'000	7'000	6'000
Ah 1	4'400	4'500	1'900	240	1'300
Ah 2	540	620	510	100	240
Ah 34	270	160	180	100	150
Bu 1	9'800	5'800	1'100	50	0
Bu 2	1'900	1'600	980	200	20
Bu 34	620	1'100	770	110	0
Ei 1	640	80	10	0	0
Ei 2	80	0	0	0	0
Ei 34	0	<10	0	0	0
Es 1	8'300	4'000	1'600	50	0
Es 2	930	790	220	10	0
Es 34	160	240	40	0	<10
Ka 1	0	20	0	0	0
Ka 2	0	0	0	0	0
Ka 34	0	0	0	0	0
Me 1	0	150	750	1'900	660
Me 2	0	40	230	530	220
Me 34	0	50	120	310	200
Pi 1	210	20	90	80	90
Pi 2	130	60	20	80	280
Pi 34	90	80	70	130	110
ÜL 1	1'100	290	470	0	0
ÜL 2	620	150	270	30	30
ÜL 34	250	150	80	30	20
Ar 1	0	0	0	0	0
Ar 2	0	0	0	0	0
Ar 34	0	0	0	0	0
Fi 1	430	350	1'200	1'300	830
Fi 2	180	240	610	580	850
Fi 34	120	270	360	580	450
Fö 1	0	0	0	0	0
Fö 2	0	0	0	0	30
Fö 34	0	0	0	10	10
Lä 1	0	0	0	0	0
Lä 2	0	0	0	0	0
Lä 34	0	0	0	10	20
Ta 1	360	670	1'500	180	0
Ta 2	150	260	140	50	0
Ta 34	190	210	70	20	<10
ÜN 1	0	0	0	0	0
ÜN 2	0	0	0	0	0
ÜN 34	0	0	0	0	0

Tab. A3.4. Zentralalpen, nach Höhenstufen (Baumartenlegende siehe Tab. A3.1)

Stammzahlen	Westl. Zentralalpen			Östl. Zentralalpen			
	kollin	hochmontan	subalpin	untermontan	obermontan	hochmontan	subalpin
JW 1	27'000	5'000	3'000	4'000	4'000	4'000	1'000
JW 2	2'000	1'000	1'000	4'000	1'000	2'000	1'000
JW 34	1'000	1'000	400	2'000	600	1'000	1'000
Gesamt	30'000	7'000	4'400	10'000	5'600	7'000	3'000
Ah 1	230	190	0	190	260	550	20
Ah 2	40	10	0	0	0	20	0
Ah 34	50	20	0	10	0	40	0
Bu 1	0	60	0	1'900	1'200	110	0
Bu 2	0	60	0	1'600	520	150	0
Bu 34	20	50	0	1'400	210	170	0
Ei 1	1'800	220	0	0	0	0	0
Ei 2	330	20	0	70	0	10	0
Ei 34	210	0	0	0	0	0	0
Es 1	20'500	580	0	940	0	1'100	0
Es 2	500	30	0	340	0	170	0
Es 34	190	30	0	120	0	30	0
Ka 1	0	0	0	0	0	0	0
Ka 2	0	0	0	0	0	0	0
Ka 34	20	0	0	0	0	0	0
Me 1	810	720	160	940	1'700	1'000	880
Me 2	210	110	130	1'300	50	200	80
Me 34	210	80	50	50	0	30	40
Pi 1	1'200	770	910	0	130	70	0
Pi 2	170	40	230	0	0	120	30
Pi 34	70	20	60	0	0	20	0
ÜL 1	1'800	1'900	40	190	0	110	0
ÜL 2	790	30	0	470	50	60	0
ÜL 34	450	140	<10	150	20	100	0
Ar 1	0	0	200	0	0	0	0
Ar 2	0	0	100	0	0	0	70
Ar 34	0	<10	60	0	0	0	80
Fi 1	230	550	680	0	260	1'100	220
Fi 2	0	650	140	470	140	1'300	400
Fi 34	20	430	120	240	290	570	470
Fö 1	120	0	0	0	0	70	40
Fö 2	460	20	0	0	0	100	50
Fö 34	200	50	20	0	0	30	160
Lä 1	0	0	1'300	0	0	0	70
Lä 2	0	20	360	0	0	60	140
Lä 34	20	90	100	0	10	40	110
Ta 1	0	190	0	0	0	20	0
Ta 2	0	30	0	0	0	0	0
Ta 34	40	50	10	20	40	<10	10
ÜN 1	0	0	0	0	0	0	0
ÜN 2	0	0	0	0	0	0	0
ÜN 34	0	0	0	0	0	0	0

Tab. A3.5. Alpensüdflanke, nach Höhenstufen (Baumartenlegende siehe Tab. A3.1)

Stammzahlen	hyperinsub.	kollin	untermontan	hochmontan	subalpin
JW 1	9'000	11'000	2'000	5'000	500
JW 2	1'000	2'000	400	1'000	100
JW 34	400	600	700	600	400
Gesamt	10'400	13'600	3'100	6'600	1'000
Ah 1	820	480	160	270	40
Ah 2	0	130	20	40	0
Ah 34	0	40	20	20	<10
Bu 1	0	2'000	660	830	0
Bu 2	0	680	100	0	0
Bu 34	0	60	370	30	0
Ei 1	4'700	0	90	0	0
Ei 2	120	0	60	0	0
Ei 34	0	20	<10	0	0
Es 1	3'300	7'900	850	2'900	0
Es 2	350	1'400	0	190	0
Es 34	60	50	10	30	0
Ka 1	160	310	60	30	0
Ka 2	120	80	0	0	0
Ka 34	100	90	0	20	0
Me 1	0	130	160	270	350
Me 2	60	30	160	340	80
Me 34	40	60	60	110	50
Pi 1	0	260	0	300	0
Pi 2	0	80	0	50	0
Pi 34	0	40	30	60	0
ÜL 1	0	310	0	170	0
ÜL 2	180	50	0	120	0
ÜL 34	150	250	30	80	<10
Ar 1	0	0	0	0	90
Ar 2	0	0	0	0	30
Ar 34	0	0	0	0	<10
Fi 1	0	0	0	130	0
Fi 2	0	20	10	100	20
Fi 34	0	10	40	200	160
Fö 1	0	0	0	0	0
Fö 2	0	0	10	0	0
Fö 34	0	0	20	<10	60
Lä 1	0	0	0	30	40
Lä 2	0	0	0	0	20
Lä 34	0	0	10	60	120
Ta 1	0	0	60	230	0
Ta 2	0	0	60	0	0
Ta 34	10	20	70	20	10
ÜN 1	0	0	0	0	0
ÜN 2	0	0	0	0	0
ÜN 34	20	0	0	0	0

Tab. A3.6. Laubwald-Waldstandorte (Baumartenlegende siehe Tab. A3.1)

Stammzahlen	Eichen- Wälder	Buchen- Wälder trocken	Buchen- Wälder frisch	Buchen- Wälder feucht	Buchen- Wälder sonstige	Übrige Laubwälder tief	Übrige Laubwälder hoch
JW 1	23'000	31'000	24'000	17'000	8'000	11'000	9'000
JW 2	4'000	8'000	8'000	6'000	3'000	2'000	2'000
JW 34	2'000	3'000	4'000	3'000	2'000	600	1'000
Gesamt	29'000	42'000	36'000	26'000	13'000	13'600	12'000
Ah 1	1'400	9'000	8'500	5'700	1'000	680	3'500
Ah 2	130	1'900	1'300	1'600	100	60	400
Ah 34	140	280	500	630	50	40	340
Bu 1	0	9'400	7'400	1'800	5'200	400	320
Bu 2	60	3'800	4'000	1'400	2'400	10	250
Bu 34	70	2'100	2'300	1'600	1'200	20	240
Ei 1	13'600	1'500	450	530	170	1'300	300
Ei 2	1'200	30	20	10	10	70	0
Ei 34	490	10	10	20	0	10	<10
Es 1	4'000	8'000	5'100	4'700	1'700	7'400	3'300
Es 2	190	880	830	840	60	1'200	560
Es 34	140	360	110	100	10	80	160
Ka 1	0	0	10	0	40	280	30
Ka 2	30	0	0	0	0	60	0
Ka 34	50	0	0	0	<10	70	0
Me 1	1'200	810	140	50	0	120	130
Me 2	870	220	60	20	60	10	80
Me 34	300	110	30	20	30	60	60
Pi 1	0	60	20	0	100	400	40
Pi 2	0	30	30	20	0	60	30
Pi 34	50	<10	40	40	0	20	70
ÜL 1	2'600	1'500	450	720	70	640	540
ÜL 2	1'200	390	290	460	90	260	290
ÜL 34	940	200	170	160	80	280	290
Ar 1	0	0	0	0	0	0	0
Ar 2	0	0	0	0	0	0	0
Ar 34	0	0	0	0	0	0	0
Fi 1	0	470	600	1'000	40	40	340
Fi 2	0	180	540	320	80	10	260
Fi 34	70	120	180	170	80	10	170
Fö 1	90	0	10	0	0	0	0
Fö 2	350	0	10	10	0	0	0
Fö 34	40	0	<10	0	0	<10	<10
Lä 1	0	0	0	0	0	0	10
Lä 2	0	0	<10	0	0	0	0
Lä 34	0	<10	10	<10	<10	<10	0
Ta 1	0	220	1'300	2'100	170	0	480
Ta 2	0	140	460	940	490	0	110
Ta 34	10	110	230	470	190	20	90
ÜN 1	0	30	30	30	0	0	0
ÜN 2	0	0	<10	0	10	0	0
ÜN 34	0	<10	<10	10	0	0	<10

Tab. A3.7. Nadelwald-Waldstandorte (Baumartenlegende siehe Tab. A3.1)

Stammzahlen	Tannen- Buchen- Wälder	Tannen- Fichten- Wälder	Fichten- Wälder	Föhren- Wälder	Arven- und Lärchen- Wälder
JW 1	10'000	5'000	4'000	8'000	600
JW 2	3'000	2'000	1'000	2'000	300
JW 34	2'000	1'000	1'000	2'000	500
Gesamt	15'000	8'000	6'000	12'000	1'400
Ah 1	2'800	370	230	0	0
Ah 2	410	130	50	80	0
Ah 34	140	70	40	30	0
Bu 1	1'700	180	0	0	0
Bu 2	1'100	10	0	0	0
Bu 34	1'100	30	0	60	0
Ei 1	0	10	0	950	0
Ei 2	<10	10	0	50	0
Ei 34	0	0	0	20	0
Es 1	1'500	570	1'500	1'100	0
Es 2	140	30	20	210	0
Es 34	40	<10	<10	110	0
Ka 1	0	0	0	0	0
Ka 2	0	0	0	0	0
Ka 34	0	<10	<10	0	0
Me 1	840	1'600	760	510	270
Me 2	210	420	260	50	50
Me 34	90	200	100	100	50
Pi 1	70	350	240	580	0
Pi 2	20	60	90	310	0
Pi 34	20	30	40	80	20
ÜL 1	110	230	60	4'800	30
ÜL 2	50	170	20	100	0
ÜL 34	30	40	30	60	10
Ar 1	0	0	40	0	150
Ar 2	0	0	0	100	160
Ar 34	0	0	0	20	130
Fi 1	1'100	1100	790	290	30
Fi 2	380	900	680	210	30
Fi 34	220	550	570	250	40
Fö 1	0	0	10	220	30
Fö 2	0	0	10	500	0
Fö 34	0	<10	10	920	10
Lä 1	0	0	260	0	90
Lä 2	<10	20	130	0	40
Lä 34	<10	20	50	20	230
Ta 1	1'700	600	30	0	0
Ta 2	160	70	0	30	0
Ta 34	130	60	10	30	10
ÜN 1	40	0	0	0	0
ÜN 2	0	0	0	0	0
ÜN 34	0	0	0	0	0