

Waldgrenzen im Berchtesgadener Land

Von *Josef Nikolaus Köstler*, München und *Hannes Mayer*, Wien

— Aus den Waldbau-Instituten der Forstlichen Forschungsanstalt München und der Hochschule für Bodenkultur in Wien. —

Inhalt

Methodik — Begriffe

Waldgrenzen-Typen

1. Die gegenwärtigen Wald- und Baumgrenzen
 - a) Randzone
Untersberg, Lattengebirge, Reiteralm
 - b) Zwischenzone
Hochkalter-Hocheis, Watzmann, Göll-Kahlersberg
 - c) Innere Zone
Steinernes Meer mit Röth und Funtensee
2. Die Baumarten
Bergkiefer, Zirbe, Lärche, Fichte
Buche, Bergahorn, übrige Baumarten
3. Die natürlichen Wald- und Baumgrenzen
4. Dynamik der Wald- und Baumgrenzen
5. Ursachen des Waldgrenzenrückganges
 - a) Klimatische Faktoren
 - b) Standortkundliche Aspekte
 - c) Anthropogene Wirkungen

Literatur

Im Sommer 1948 wurde nach spezieller Anleitung und lokaler Einführung durch gemeinsame Begänge im Rahmen von Untersuchungen über die natürliche Verbreitung der Lärche (Köstler 1950, Mayer 1950) eine eingehendere, wenn auch nicht vollständige Aufnahme der gegenwärtigen Wald- und Baumgrenzenverhältnisse (536 Einzelfeststellungen) durchgeführt. Der Vergleich mit den von Sendtner (1854) erhobenen Werten war naheliegend. Eine erste orientierende Auswertung ließ eine bemerkenswerte Dynamik der Vegetationsgrenzen erkennen (Mayer 1954, 1959), die auf überlagernde natürliche und anthropogene Faktoren zurückgeht. Erst später durchgeführte pollenanalytische Untersuchungen (Mayer 1965, 1966) ließen neben forstgeschichtlichen Erhebungen (Bülow 1962, Köstler 1936, 1950, 1965) den anthropogenen Einfluß auf die gegenwärtige Waldkrone näher abschätzen. Durch Weiterentwicklung der pollenanalytischen Methodik (Kral-Mayer 1968, Kral 1970) ist es nunmehr möglich, die Waldgrenzenschwankungen der Vergangenheit näher zu verfolgen. Zunächst soll aber der gegenwärtige Zustand der Wald- und Baumgrenzen in den Gebirgsstöcken der Berchtesgadener Kalkalpen dargestellt werden unter Sammlung aller Beobachtungen, die auf frühere und gegenwärtige Veränderungen hinweisen.

Methodik

Die Aufnahme erfolgte durch Bestimmung der Grenzen mittels eines Aneroidbarometers, der bei allen in der topographischen Karte 1 : 25 000 eingetragenen Fixpunkten überprüft wurde. Höhenangaben können eine Genauigkeit von ± 10 m beanspruchen. Darüber hinaus wurden standorts-, bodenkundliche und vegetationskundliche Details notiert sowie an charakteristischen Punkten Vegetationsaufnahmen durchgeführt. Auf eine vollständige Kartierung der Grenzen mußte bei der sehr zeitraubenden und mühsamen Geländeaufnahme verzichtet werden. Damals standen noch keine Luftbilder zur Verfügung, deren Interpretation mit dem Spiegelstereoskop neben der genaueren Detailerfassung noch eine generelle Beurteilung für das Gesamtgebiet ermöglicht, wie die Waldgrenzenaufnahme im Binnatal durch Bachmann (1965) zeigt.

Begriffe

Als *Waldgrenze* wurde nach Schröter (1926) und Rubner (1960) bei der Aufnahme 1948 die obere Grenze von Waldbeständen oder Waldstreifen mit Waldcharakter nach folgenden Kriterien bestimmt: ausreichende Mindestgröße (Gruppe bis Horst) und genügender Schlußgrad (gewisses Waldinnenklima). Nur bei offensichtlichen natürlichen und anthropogen bedingten Auflösungserscheinungen des Waldes (Lawinen, Schlägerungen) in jüngster Zeit wurde über obige Kriterien hinweggesehen. Als *Baumgrenze* wurde i. S. von Leibundgut (1938) die Verbindungslinie der obersten mindestens 5 m hohen Einzelbäume angesprochen. Nach der ökologischen Grenzsituation nimmt Ellenberg (1963) 2 m als geringste Höhe an, da dann der Baum schon über die mittlere Schneedeckenhöhe hinausragt. Die Verbindungslinie des obersten meist stark deformierten Zwergwuchses ergibt die *Krüppelgrenze*. Noch nicht gesicherte Jungpflanzen blieben unberücksichtigt.

Waldgrenzen-Typen

Die gegenwärtigen Wald- und Baumgrenzen eines Gebietes werden von vielfältigen Faktoren geprägt, deren Analyse für ein Verständnis der Gesamtzusammenhänge unerlässlich ist. In erster Linie sind folgende Typen der natürlichen Waldgrenze (vgl. Abb. 1—14 und Köstler 1950) zu unterscheiden:

a) Klimatische Grenze (i. e. S.)

Die allgemeinklimatische Waldgrenze wird auf durchschnittlichen Standorten ohne edaphische oder lokalklimatische Extreme erreicht. Sie stellt die oberste Grenze des klimatisch möglichen Baumwachstums dar. Soziologisch-ökologisch handelt es sich um Standorte der klimabedingten Schlußwaldgesellschaften (hochsubalpiner Lärchen-Zirbenwald, tiefsubalpiner Fichtenwald usw.).

b) Lokalklimatische Grenze

Die klimatische Waldgrenze kann verschieden stark durch unterdurchschnittlich kühles Lokalklima variiert werden. Im Einflußbereich von Gletschertälern (Blaueis-Kar), in ausgeprägten Kaltluftmulden (Watzmann-Kar) und in abflußlosen Frostlochkesseln (Doline im Biederer Alpswald, Funtensee-Mulde) kann die Waldgrenze mehr als hundert Meter gedrückt sein. Weniger ausgeprägt sind die Unterschiede zwischen rasch ausapernden Rückenstandorten und Mulden mit längerer Schneelage. Gelegentlich führt überdurchschnittlich warmes Lokalklima zu einer auffälligen Erhöhung der Vegetationsgrenzen; z. B. Zirbe im Ledererkar hundert Meter über der allgemeinklimatischen Baumgrenze.

c) Orographische Grenze

In den Berchtesgadener Kalkalpen mit großer Reliefenergie und Gebirgscharakter auch in tiefen Lagen verhindern häufig hohe Steilwände und ausgedehnte Felsfluchten unter der klimatischen Waldgrenze ein Aufkommen von Beständen. Darüber hinaus kann geomorphologisch bedingt in Lawinenbahnen oder Schuttreißen kein Wald gedeihen.

d) Edaphische Grenzen

Edaphisch extreme Standorte wie physiologisch flachgründige Moorflächen, groblockige Bergsturzhalde oder plattige Felsstandorte sind von Natur aus waldfrei, da nach der Boden- und Vegetationsentwicklung Bäume nicht dauernd lebensfähig sind.

Auf die verschiedenen natürlichen Waldgrenzentypen (vgl. Holtmeier 1967) kann im einzelnen ebenso wenig eingegangen werden wie auch auf besondere ökologische Probleme (geländeklimatische Differenzierung nach Schneelage, Windexponiertheit usw.). Es wird auf das diesbezügliche ausführliche Schrifttum verwiesen (Ökologie der alpinen Waldgrenze, Symposium Innsbruck 1966, Beiträge zur subalpinen Waldforschung 1965, Ökologische Untersuchungen in der subalpinen Stufe I/II, 1961/63; jeweils Mitt. FBVA-Mariabrunn, siehe auch Ellenberg 1963, Friedel 1961, Tranquillini 1956, 1959, Aulitzky 1950 usw.). Die entscheidende Wirkung der Schneedeckenverteilung bei der Ausbildung der alpinen Waldgrenze im Gegensatz zur physiognomisch und ökologisch anders gearteten Waldgrenze der tropischen Gebirge (Troll 1961) soll besonders hervorgehoben werden.

Nach Jahrhunderten starker anthropogener Beeinflussung sind natürliche Waldgrenzentypen, insbesondere die klimatische Waldgrenze nicht ohne weiteres anzusprechen. Künstliche Waldgrenzen heben sich nur im Rodungsbereich der Waldalmen relativ gut ab. Erst wenn eine Reihe von maximalen Werten an der Waldkrone, vor allem von abgelegeneren Gebieten, in der Grenzlage übereinstimmen, kann eine stärkere anthropogen bedingte Depression mit größerer Sicherheit ausgeschlossen werden. Wenn man die verschiedenen, oft sich überlagernden natürlichen Waldgrenzentypen und die mögliche Beeinflussung durch den Menschen berücksichtigt, wird verständlich, daß im gebirgigen Berchtesgadener Land mit über 800jähriger Geschichte eindeutige Werte für die natürliche klimatische Waldgrenze nicht häufig registriert werden können. Oft läßt sich die Wirkung eines Faktors nicht klar genug abschätzen, so daß eine eindeutige Zuordnung zu einem natürlichen oder künstlichen Waldgrenzentyp nicht immer möglich ist.

1. Die gegenwärtigen Wald- und Baumgrenzen

Bei der Beschreibung der Waldgrenzen in den Gebirgsstöcken werden zum Vergleich Grenzwerte von *Sendtner* (1854; fast durchwegs von *Magnus* 1915 übernommen) angeführt. Die 155 Bestimmungen in den Berchtesgadener Kalkalpen haben nach *Sendtner* „keinen Anspruch auf absolute Gültigkeit“, da durch die Kürze seines Aufenthaltes keine systematische Gesamtaufnahme möglich war. Es ist also anzunehmen, daß nicht alle besonders hoch steigenden Bäume in entlegeneren Lagen von *Sendtner* erfaßt wurden. Diese Werte sind überwiegend für die Baumgrenze typisch, weniger für die nur vereinzelt bestimmte Bestandesgrenze (Waldgrenze).

a) Randzone

Untersberg

Die folgenden Werte der Auszugstabelle gelten nur für den bayerischen Teil dieses Gebirgsstockes. Bei der Angabe der Grenztypen bedeutet die Klammerung einen gewissen anthropogenen Einfluß von nicht eindeutig fixierbarer Auswirkung. Die vollständige Liste der Einzelfeststellungen liegt in den Waldbau-Instituten zur Einsichtnahme auf.

Ort	Baumart	Exposition	Waldgrenze	Baumgrenze	Krüppelgrenze	Grenztyp
Stöhrhaus	Fichte	SW	1655 m	1705 m	1885 m	(klim.)
Mitterberg-Riedl	Lärche	NW	1540 m	1655 m	1770 m	(klim.)
Feuerbichel	Kiefer	SW	1490 m	1520 m	—	klim.
Hoher Palfen	Buche	SO	1415 m	1505 m	1525 m	orogr.
Almbachwand	Buche	O	1405 m	1420 m	1515 m	orogr.
Besuch	Buche	SO	1375 m	1395 m	1410 m	orogr.
Karkaser	Buche	SO	1350 m	1405 m	—	orogr.
Reisenkaser	Buche	W	1305 m	1435 m	—	orogr.

Das ausgedehnte Dachsteinkalk-Plateau ist bis hinauf zur höchsten Erhebung, dem Berchtesgadener Hochthron (1970 m), mit weiten Latschenfeldern bestockt, die unter 1700 m zum größten Teil Waldersatzformationen darstellen. Nur etwa die Hälfte der ausgedehnten Latschenfelder gehört der klimabedingten Latschenregion an. Sowohl auf der nord- wie südwestlichen Plateauabdachung liegt die anthropogen gedrückte

Baumgrenze der Fichte über jener der Lärche. Eine natürliche Lärchenwaldgrenze fehlt daher. Dieses Zurückbleiben der in den Zwischen- und Innenalpen wesentlich höhersteigenden Lichtbaumart belegt ihre klimatisch bedingte Arealgrenzlage in der subalpinen Stufe der Randalpen. Da der Buchenwald am Westabfall nur bis knapp 1400 m Höhe steigt, ist der subalpine Fichtenwald in einer schmalen Höhenstufe von 100—150 m entwickelt. Auf vergleichbarer Exposition (Vierkaser) liegt die Fichtenwaldgrenze bei 1540 m.

An der Untersberg-Ostseite setzen die 300—500 m hohen Wandfluchten zwischen 1300—1500 m an, so daß eine ausgesprochen orographisch bedingte Waldgrenze vorliegt, die durchwegs von der Buche gebildet wird. An wandnahen Steillagen mit regelmäßiger Lawinen- und Schneerutschtigkeit fallen Fichte und Lärche aus, so daß Legbuchenbestände auf diesen schneereichen Leeseiten auch die durch starken *Herporichia*-Befall wenig konkurrenzfähige Latsche ersetzen. Da die Buche in 1400 m Höhe noch 10—16 m hohe gut ausgeformte, fast monopodial verzweigte Schäfte bildet, starke Regenerationsfähigkeit besitzt und geschlossene Bestände aufbaut, ist die klimatisch bedingte Buchenwaldgrenze noch nicht erreicht. Am Südabfall des Untersberges steigt der Schneeheide-Kiefernwald bis zum Plateaurand.

Erwähnenswert sind noch folgende Werte für Baumgrenzen (B) und Krüppelgrenzen (K); Hoher Palfen: Tanne (B) S 1485 m; Scheibenkaser: Mehlbeere (B) NO 1440 m; Sill-Köpfe: Stechpalme SW 1140 m; Berchtesgadener Hochthron: Tanne (K) SW 1640 m, Bergahorn (K) SW 1775 m, Eberesche (K) W 1775 m; Vierkaser-Alpe: Birke (B) NW 1505 m; Reisen-Kaser: Bergahorn (B) W 1550 m.

Von Sendtner (1854) liegen nur wenige Angaben vor, die z. T. bestätigt werden konnten bzw. nur geringe Unterschiede aufweisen, so daß schlüssige Beweise hinsichtlich einer wesentlichen Verschiebung der Waldgrenzen in den letzten 100 Jahren fehlen.

Lattengebirge

Ort	Baumart	Exposition	Waldgrenze	Baumgrenze	Krüppelgrenze	Grenzen-typ
Karkopf	Fichte	SW	1620 m	1720 m	—	(klim.)
Karschneid	Buche	O	1470 m	1520 m	1555 m	orogr.
Karspitz	Buche	SO	1530 m	1535 m	—	klim.
Dreisesselberg	Buche	S	1520 m	1545 m	—	klim.
Thörlalpe	Buche	O	1505 m	1530 m	—	klim.
Thörlschneid	Buche	O	1480 m	1495 m	—	orogr.
Karkopf	Buche	SW	1475 m	—	1660 m	orogr.

Nicht nur geomorphologisch und vegetationskundlich, sondern auch hinsichtlich der Baumgrenzenverhältnisse besteht große Ähnlichkeit mit dem Untersberg. Auch hier gehen geschlossene Latschenfelder bis zu den höchsten Gipfeln (1735 m). Am Karkopf steigt der Fichtenwald, der in Plateaulage etwa bei 1350—1400 m beginnt, bis 1620 m, so daß bedingt durch das schon in 1100—1200 m Höhe beginnende Plateau die subalpine Nadelwaldstufe mächtiger als auf dem Untersberg ausgebildet ist. Lärche und Fichte erreichen ungefähr gleiche Höhe. An der Südgrenze des Lattengebirges finden

sich bei der Karspitze in SW-Exposition (1610 m) einige Zirben in unmittelbarer Nähe zu größeren Vorkommen auf der nahen Reiteralms. An der Arealgrenze ist ein Zurückbleiben der Obergrenze von Zirbe hinter Fichte und Lärche typisch.

Am Ostabfall des Lattengebirges bildet die Buche die orographisch bedingte Wald- und Baumgrenze, die mit 30—50 m Höhenabstand dem unteren Rand der bei rd. 1400 m ansetzenden Felswände folgt. Nur dort, wo Grateinschnitte mit weniger steilen Hängen die Wandabbrüche unterbrechen (Karspitze, Thörlalm, Dreisesselberg), reicht die Buche bis zum Kamm. Von dem Laubbaum werden in der windgeschützten Leeseite sowohl für die Waldgrenze (1480—1545 m), die Baumgrenze (1500—1550 m) und auch für die Krüppelgrenze (1570—1660 m) überdurchschnittliche Werte erreicht. Die am höchsten steigende baumförmige Buche befindet sich am Südhang der Feuerpitze bei 1562 m. Lokalklimatisch begünstigt steigt die Tanne auf der Thörl-Schneid-Ostseite bis 1620 m.

Von den übrigen Bestimmungen sollen noch erwähnt werden: Karspitze: Kiefer (B) O 1450 m; Kar-Schneid: Bergahorn (B) O 1635 m; Thörl-Schneid: Esche (B) O 1405 m; Moosen-Kopf: Bergahorn (B) NO 1510 m; Vergleichswerte von S e n d t n e r (1854) liegen nicht vor.

Reiteralms

Da 1948 auf dem Plateau der Reiteralms nur wenige Grenzstandorte besucht werden konnten, nahm R o l f B e r n o t (Wien) im Sommer 1969 eine Nacherkundung vor, von der einige Werte mitgeteilt werden:

Ort	Baumart	Exposition	Waldgrenze	Baumgrenze	Krüppelgrenze	Grenztyp
Hohes Gerstfeld	Zirbe	W	1870 m	1870 m	1950 m	klim.
Schottmalhorn	Zirbe	N	1840 m	1870 m	1960 m	klim.
Prünzlkopf	Zirbe	NW	1820 m	1870 m	2000 m	klim.
Edelweißlahner	Zirbe	W	—	1880 m	1910 m	klim.
Roßbichel	Zirbe	NO	1660 m	1830 m	1900 m	(künstl.)
Weitschartenkopf	Zirbe	S	1810 m	1810 m	1830 m	(orogr.)
Hohes Gerstfeld	Lärche	W	—	1850 m	(1910 m)	klim.
Edelweißlahner	Lärche	N	—	1780 m	1910 m	(klim.)
Edelweißlahner	Fichte	N	1525 m	1580 m	1900 m	künstl.

Die Reiteralms nimmt eine typische Übergangsstellung ein. Geomorphologisch noch zu den nördlichen Plateaugebirgen (Untersberg, Lattengebirge) gehörig, hat dieser Gebirgsstock infolge der Abschirmung durch Hochstaufen und Sonntagshorn keine ausgeprägte Randalpenlage mehr. Außerdem ist das Plateau (1400—1700 m) selbst durch die umgebenden höheren Randberge (1800—2200 m) zusätzlich geschützt. Ausgedehnte Latschenfelder bis 1940—2000 (2050) m Höhe, die z. T. auf Großflächennutzungen in der Salinenära zurückgehen, erinnern an den Untersberg, die aufgelockerten Lärchen-Zirben-Plateauwälder bereits an das Hagengebirge und Steinerne Meer. Soziologisch-ökologisch tendiert die Reiteralms mehr zur Innenzone, wenngleich die Vegetationsgrenzen noch 100—150 m tiefer liegen.

Die klimatische Waldgrenze wird von der Zirbe (1810—1870 m) gebildet, die als Baum nur vereinzelt noch etwas höher (1880 m) steigt. Meist bleibt die Lärche

beträchtlich hinter der Zirbe zurück; z. B. Prünzlkopf und Schottmalhorn je 130 m, Edelweißlahner 100 m. Nur gelegentlich erreicht die Lärche gegenwärtig die klimatische Waldgrenze wie am Hohen Gerstfeld (1850 m) oder bei den Drei Brüdern in lokal-klimatisch günstiger Südexposition (1870 m). Die Verbreitung der Lärche scheint stärker anthropogen beeinflusst zu sein als jene der Zirbe, bei der nach den Salinenschlägerungen der Nebenbestand bessere Voraussetzungen für eine Weiterentwicklung fand. Erst pollenanalytische Untersuchungen von Rohhumusproben können offene Fragen klären.

Der Fichtenwald ist zur Zeit mit Werten um 1500—1550 m auf die tieferen Lagen der Hochfläche beschränkt, selbst an sonnseitigen Expositionen der Randberge. Dagegen steigen einzelne Fichten nicht nur bei besonders geschütztem Lokalklima ungewöhnlich hoch (Edelweißlahner 1660 m, Weitschartenkopf 1730 m, Drei Brüder 1870 m). Wenn auch für die Fichte eine besonders große expositionsbedingte Amplitude der oberen Grenzwerte charakteristisch ist, so beweist diese ungewöhnliche Überhöhung der gegenwärtigen Vorkommen auf Südseiten die noch ungenügende Regeneration der Fichtenbestockungen seit der spätmittelalterlichen Blütezeit der Alpwirtschaft und der Salinen. Bemerkenswert ist ferner ein vereinzelt Vorkommen der Waldkiefer auf der Südseite der Drei Brüder in 1730 m Höhe neben einem einzelnen Baum mitten im Plateau (1540 m).

Auch auf der Reiteralm muß früher die klimatische Waldgrenze höher gelegen sein, da sehr oft die obersten Bäume im verkarsteten Gebiet stehen und gelegentlich Holzreste und Stöcke oberhalb der Grenzvorkommen zu finden sind. Im südlichen Teil des Gebirgsstockes (z. B. Edelweißlahner) findet sich lokal über die Baumgrenze vordringende Zirbenverjüngung, die aber nicht durchwegs gesichert ist. Erst in einigen Jahrzehnten wird man mit größerer Sicherheit entscheiden können, inwieweit es sich um normal oder krüppelig entwickelnde Bäume handelt.

b) Zwischenzone

Hochkalter-Hocheis

Ort	Baumart	Exposition	Waldgrenze	Baumgrenze	Krüppelgrenze	Grenztyp
Mittereis	Fichte	NW	1595 m	1650 m	—	(klim.)
Hocheiskar	Lärche	NW	1710 m	—	1910 m	lokalklim.
Hocheiskar	Fichte	NW	1570 m	1610 m	—	(klim.)
Hocheis	Buche	S	1425 m	1470 m	—	orogr.
Sittersbachtal	Lärche	SW	1525 m	1740 m	1820 m	künstl.
Steintal	Lärche	NW	1555 m	1730 m	—	(lokalklim.)
Steintal	Fichte	NW	—	1510 m	1735 m	lokalklim.
Ofental	Lärche	NW	1610 m	1720 m	—	orogr.
Schönfleck	Lärche	NW	1760 m	1780 m	—	klim.
Schönfleck	Fichte	—	—	1505 m	2005 m	künstl.
Blaueiskar	Lärche	NW	1605 m	1650 m	—	lokalklim.
Steinberg	Lärche	N	1705 m	1765 m	—	klim.
Steinberg	Fichte	NO	1550 m	1615 m	1815 m	klim.
Hochalm	Lärche	NO	1540 m	1675 m	—	künstl.

In den nach Nordwesten exponierten Steiltälern ist die Wald- und Baumgrenze orographisch und v. a. lokalklimatisch stark gedrückt. Während die obere Latschengrenze am Schönfleck bei 1940 m und am Steinberg bei 1980—2015 m festgestellt wurde, liegen in den Steiltälern die Grenzwerte 100—200 m tiefer; Sittersbachtal 1880 m, Ofental 1805 m, Steintal 1785 m. Die lokalklimatische Depression ist in den engeren Tälern beträchtlicher. Diese Grenzwerte geben gleichzeitig für das kühle und verregnete Jahr 1948 die Lage der zusammenhängenden Schneegrenze Mitte Juli an. In extremen Jahren wird im Talgrund die Vegetationszeit im Vergleich zu Hang- und Rückenstandorten stark verkürzt. So liegt in der Hocheiskarmulde die Lärchenwaldgrenze bei 1710 m, am begrenzenden Hang bei gleicher Exposition 40 m höher. Im Kaltlufteinflußbereich des Blaueisgletschers steigt der Lärchenwald sogar nur bis 1605 m.

Durchwegs wird die Waldgrenze von der Lärche gebildet, die gleichzeitig etwa der oberen Zirbenbaumgrenze entspricht. Mit Werten von 1555—1760 m schwankt bei der vorherrschenden Nordwestexposition aus verschiedenen Ursachen die obere Waldgrenze erheblich, die auf südlicher Exposition beim Schönfleck 1815 m erreicht und dort gleichzeitig die Baumgrenze darstellt, obwohl keine edaphisch extreme Grenzsituation vorliegt. Im Sittersbachtal kann die Lärchenbaumgrenze bei 1770 m (NW) durch stark aufgelöste Horste als ehemalige Waldgrenze angesprochen werden. Auf eine lebende Lärche kommen 2—3 abgestorbene Individuen bzw. Lärchenstrünke. Bei 1795 m befindet sich im Ofental ein starker Lärchenstock 75 m über der heutigen Lärchenbaumgrenze. Wenn man die Lärchenhorste, rückgängige Zwergstrauchgesellschaften und erst vor kurzem freigewordene Dachsteinkalkkarren mit berücksichtigt, dann ist der Eindruck einer rückläufigen Waldgrenze mit starker Verkarstungsneigung in der jüngsten Vergangenheit offensichtlich.

Die Zirbe hat an der nördlichen Arealgrenze nur den Charakter einer Mischbaumart, die auf Nordwestexposition bis 1610—1730 m (untere Grenze 1320 m) und auf Südwestexposition bis 1815 m steigt. Das Fehlen einer Krüppelzone über der Lärchenbaumgrenze weist ebenfalls auf reduzierte Vitalität hin. Nur im Süden bei der Mooswand ist bis 1695 m fragmentarisch der Lärchen-Zirbenwald mit *Rhododendron ferrugineum* ausgebildet.

Die Lärche steigt durchschnittlich 100—150 m höher als die Fichte, so daß der initiale *Rhododendron-hirsutum*-Lärchenwald eine schmale Höhenstufe bildet. Während die Fichte auf der Nordwestexposition nur 1505—1615 m erreicht, finden sich auf südlichen (1705 m) und südwestlichen Hängen (1740 m) baumförmige Fichten vereinzelt wesentlich höher (Hocheiskopf SW 1690 m). Da die Buche nur bis rd. 1400 m auf NW-Exposition (SW 1480 m) gedeiht, ist der subalpine Hang-Fichtenwald gut ausgebildet. Selbst im Schutze des Lärchen-Fichtenwaldes wird in den Steiltälern noch die Buchengrenze gedrückt, für die in steiler Hanglage 1470—1485 m (NO) notiert wurde. Die heutige klimatisch bedingte Waldgrenze (Lärche) dürfte auf NW-Exposition bei 1750—1770 m liegen.

Bemerkenswerte Einzelergebnisse: Mittereis: Bergahorn (B) NW 1565 m; Todtenlöcher: Sambucus racemosa SW 1650 m; Steintal: Vogelbeere (B) NW 1710 m; Ofental: Vogelbeere (B) SW 1745 m; Blaueis-Kar: Bergahorn (B) SW 1570 m, Tanne (B) W 1420 m; Steinberg: Bergahorn (B) O 1535 m; Hochalm: Vogelbeere (B) NO 1740 m, Bergahorn (K) SO 1650 m.

Aus dem Gebiet gibt *Sendtner* (1854) für Zirbe (B) folgende Grenzwerte an: N 1792 m, NO 1784 m, S 1806 m, SW 1878 m (untere Grenze 1462—1472 m). Diese Werte können nicht mehr bestätigt werden. Die heutige Zirbengrenze liegt rd. 40 bis 80, i. D. 60 m niedriger. Ein Vergleich der ehemaligen und gegenwärtigen Fichten- und Lärchenbaumgrenze ist aufschlußreich:

Aufnahmejahr		Fichte		Lärche	
		1854	1948	1854	1948
Kammerlinghorn	W	1628—1740 m	1620—1705 m	1640—1774 m	1640—1695 m
Ofental (Mulde-Hang)	W	1465—1657 m	1440—1610 m	1709—1806 m	1670—1720 m
Hochkalter	NW	1371—1571 m	—1505 m	1689—1726 m	1670—1780 m
Blaueis (Mulde-Hang)	NW	1403—1436 m	1450—1475 m	1552—1638 m	1605—1650 m

Auch bei der gebotenen einschränkenden Auswertung zeichnet sich ein Sinken der oberen Grenzwerte um rd. 40—70 m ab. Die bei N- und W-Expositionen zwischen 1429—1480 m registrierten Buchenwerte werden heute nur noch auf lokalklimatisch günstiger Südexposition erreicht, so daß auch diese Angaben einen Rückgang der Vegetationsgrenzen bestätigen. Die wenigen Bergahornwerte (1348—1528 m) sind nicht aussagekräftig. Am Kammerlinghorn ist der Rückgang besonders deutlich (50—80 m). Die im Ofental von *Sendtner* festgestellte Baumgrenze (gegenwärtig nur noch 1 toter Baum) liegt heute rd. 80 m tiefer. Am Hochkalterstock ergeben sich zur intensiveren Aufnahme 1948 keine direkten Vergleichswerte. Insgesamt beträgt der Rückgang der oberen Baum- und Waldgrenze rd. 50—80 m.

Watzmann

Ort	Baumart	Exposition	Waldgrenze	Baumgrenze	Krüppelgrenze	Grenzen-typ
Schüttalpel	Lärche	NO	1710 m	1785 m	1800 m	künstl.
Hocheck	Lärche	W	1745 m	1810 m	1840 m	(klim.)
Gugelalm	Fichte	NO	1505 m	1535 m	1625 m	künstl.
Falzkopf	Fichte	NO	1605 m	1645 m	1910 m	(klim.)
Falzkopf	Lärche	NO	1725 m	1780 m	—	künstl.
Kederbichel	Lärche	NO	1740 m	1745 m	1785 m	orogr.
Mooslahner Kopf	Lärche	NO	1785 m	1805 m	—	klim.
Mooslahner Kopf	Buche	NO	1470 m	1535 m	—	klim.

In der Watzmanngruppe mit vorherrschenden schattseitigen Expositionen bestehen große Unterschiede in den Grenzwerten zwischen der weiten Watzmannkarmulde und den flankierenden Berggruppen (Schüttalpel, Hocheck, Kederbichel) wie die Gegenüberstellung zeigt:

Baumart	Grenze	Watzmann-Kar	Randberge
Lärche	Baumgrenze	1695 m	1825 m
Lärche	Waldgrenze	1655 m	1785 m
Fichte	Baumgrenze	1520 m	1645 m
Buche	Waldgrenze	1320 m	1470 m

Die lokalklimatische Depression erreicht bei den Nadelbäumen etwa 125–130 m, bei der Buche sogar 150 m. Im Watzmannkar selbst, das durch Rücken und Mulden reich gegliedert ist, weist die Baumgrenze eine weitere mikroklimatische Differenzierung auf. So erreicht die Lärchenwaldgrenze auf Rücken 1655 m und in der Mulde 1625 m. Analoges gilt für die Fichtenbaumgrenze auf Rücken mit 1520 m und in Mulden mit 1430 m (vergleichbare Werte für Buche 1460 m und 1320 m). Mikroklimatische Unterschiede verursachen Grenzverschiebungen im Ausmaß von 30–90 m, wobei die lokale Waldgrenzenbaumart Lärche weniger als die Fichte beeinflusst wird.

Die obere Latschengrenze ist sichtlich orographisch gedrückt (1795–1815 m), denn baumförmige Lärchen steigen auf nordseitiger Exposition bis 1810–1825 m. Bei 1775–1785 m liegt die heutige klimatische Lärchenwaldgrenze auf Schattseiten. Nach der Tabelle variieren lokalklimatische und orographische Faktoren sowie der menschliche Einfluß stark die Werte, die überwiegend zwischen 1480–1740 m pendeln. Zirbe fehlt im nördlichen Watzmanngebiet. Als obere Grenzen für das baumförmige Fichtenvorkommen gelten an Sonnseiten 1655–1705 m, an Schattseiten 1450–1645 m. Im Vergleich zur Randzone ist der Nadelwaldgürtel mit 100–200 (250) m breit entwickelt. Die Buchenbaumgrenze liegt mit 1305–1460 m ziemlich tief, ebenso auch die Buchenwaldgrenze, von zwei wenig vitalen, deutlich überhöhten Stockausschlagvorkommen in 1470 und 1535 m Höhe abgesehen. Auf die besonders tiefe Lage der Fichtenbaumgrenze in Nordlage sei noch hingewiesen, so beim Schüttalpel 1505 m, am Kederbichel bei 1565 m, auch bei der Gugelalm. Zur Lärchenbaumgrenze ergibt sich ein Höhenabstand von 180–280 m. Der typische Charakter von „Lärchwiesen“ bei den nordseitigen Lärchenbeständen legt den Verdacht einer künstlichen Grenze nahe. Zwecks Weideverbesserung und Brennholznutzung wurde lokal die Fichte entnommen.

Bemerkenswerte Einzelvorkommen: Mooslahner-Kopf: Mehlbeere (B) NO 1460 m, Eberesche (B) NO 1755 m; Archen-Kopf: Felsenbirne O 1415 m, Mehlbeere (B) O 1415 m; Gugelalpe: Eberesche (B) NO 1675 m, Kederbichel: Tanne (B) NO 1560 m; Mooslahner-Kopf: Bergahorn (B) NO 1525 m.

So auffällige Rückgangerscheinungen der Vegetationsgrenzen wie im Hochkalter-Hocheisstock sind am Watzmann nicht zu beobachten, da allgemein die Grenzen orographisch gedrückt sind. Depressionen halten sich in mäßigen Grenzen (z. B. 10 bis 20 m im Watzmannkar durch jüngsten Lawinenriß).

	Gugelalm	Jahr 1854	Jahr 1948
Fichte	Baumgrenze	1525–1714 m	1535–1705 m
Lärche	Baumgrenze	1683–1787 m	1745–1775 m

Die Werte von Sendtner (1854) können von Latsche abgesehen weitgehend bestätigt werden bzw. der Rückgang war nur minimal.

Göll-Kahlersberg

Ort	Baumart	Exposition	Waldgrenze	Baumgrenze	Krüppelgrenze	Grenzen-typ
Kehlstein	Lärche	N	1760 m	1810 m	—	orogr.
Kehlstein	Fichte	S	1680 m	(1820 m)	1820 m	künstl.
Alpeltal	Lärche	W	1665 m	1770 m	—	orogr.
Jenner	Fichte	SW	—	1780 m	1850 m	klim.
Am Ruck	Lärche	NW	1810 m	1900 m	—	(klim.)
Reinersberg	Lärche	NW	1735 m	1900 m	—	(künstl.)
Scheibe	Lärche	W	1845 m	1900 m	1930 m	klim.
Rothspielköpferl	Lärche	NW	1860 m	1890 m	1910 m	klim.
Hohes Laafeld	Lärche	O	1835 m	1850 m	—	(klim.)
Rothen Wände	Lärche	W	1820 m	1860 m	—	(klim.)
Mitter Laafeld	Fichte	S	1730 m	1750 m	—	klim.
Gstell Riedel	Lärche	W	—	1910 m	1955 m	klim.

Grenzwerte für die Latsche wurden nur vereinzelt ermittelt (Rothspielköpferl 1910—1930 m). Im Göll-Kahlersberg-Massiv wird die heutige klimatische Baumgrenze von der Lärche gebildet (1850—1910 m). Auch die Waldgrenze erreicht mit 1760 bis 1860 m eine beträchtliche Höhe. Unterdurchschnittliche Werte für die Arealgrenze am Kehlstein (1760 m) sind orographisch oder im Alpeltal-Dürreck mit 1405 m für die Lärchenwaldgrenze orographisch, lokalklimatisch und anthropogen bedingt.

Im Gebiet Schneibstein—Kahlersberg zeichnet sich ein in der Vergangenheit ziemlich starker und jetzt noch anhaltender auffälliger Rückgang der Waldkrone ab. Mehrfach kann unter Berücksichtigung der vielen abgestorbenen stehenden und liegenden Lärchen die heutige Lärchenbaumgrenze als ehemalige Waldgrenze angesprochen werden. Die Lärchenbaumgrenze findet sich vielfach in völlig verkarstem Gelände (Am Ruck 1900 m, Reinersberg 1900 m). Wurzeln streichen oft über eine längere Strecke frei auf den anstehenden Dachsteinkalk. Im Bereich der heutigen Lärchenbaumgrenze scheint sich Jungwuchs nur krüppelig zu entwickeln (z. B. Scheibe, Gotzentauern). Abgestorbene Lärchen und Lärchenstöcke finden sich mancherorts weit über der Baumgrenze ohne Zusammenhang mit den gegenwärtigen Vegetationsgrenzen (Scheibe, Reinersberg, abgestorbene Lärche 1930 m, 70 m über der heutigen Grenze; Schlungsee bei 1840—1910 m abgestorbene Lärchen, jetzige Grenze bei 1740 m; Gstell Riedel toter Baum bei 1955 m, 45 m über der Baumgrenze). Auch im Bereich der heutigen Grenze konnte lokal ein Rückgang festgestellt werden: Kehlstein 1740 m auf 1730 m, starkes Absterben der Lärche auf der Kehlstein-Südseite, Gotzentauern heutige Waldgrenze bei 1835 m (SO) in 2—3 Jahrzehnten nur noch als Baumgrenze anzusprechen, Mitter Laafeld-Süd Rückgang um 10—30 m von 1910 auf 1880 m. Latschenhorste sind am Reinersberg teilweise auf $\frac{1}{3}$ des früheren Umfanges zusammengeschrumpft. Ein

gegenwärtiger Rückgang der Wald- und Baumgrenze steht also außer Zweifel. Darauf weisen auch zwei rückgängige Tannenvorkommen (gelbnadelig, flechtig) in 1655 m (Dürreck) und 1780 m (Teufelsgemäuer) Höhe hin, die weit über der durchschnittlichen Grenze von 1420—1560 m liegen.

Die Fichtenbaumgrenze erreicht auf Sonnseiten 1740—1840 m und auf Schattseiten 1570—1680 m, während die Fichtenwaldgrenze rd. 50—100 m tiefer anzusetzen ist. Gut ist die Lärchenwaldstufe mit sporadischen Zirben (Arealgrenze im Ruck-Karl 1695—1770 m, Schlungsee 1910 m) ausgebildet, ebenso der subalpine Fichtenwald, da die obere Buchengrenze von Kehlstein im Norden mit 1485—1540 m zum Gotzengebiet im Süden auf 1310—1395 m sinkt. Da sich im oberen Grenzgebiet der Buche geomorphologisch bedingt die meisten Almen befinden, kann diese Depression auch stärker anthropogen bedingt sein. Der Bergahorn erreicht als Baum 1565—1620 m Meereshöhe.

Weitere Grenzwerte: Lercheck: Kirsche (B) SO 1015 m, Spitzahorn (B) SW 995 m; Zinkenköpfl: Linde (B) NW 1000 m; Dürreck: Eberesche (B) W 1735 m; Königsthal-Wand: Sambucus racemosa W 1750 m.

Aufnahmevergleich			Jahr 1854	Jahr 1948
Fichte	Gotzen	N	1612—1705 m	1600—1680 m
Fichte	Hochbrett	W	1692—1865 m	1675—1775 m
Fichte	Jenner	N	1536—1689 m	(1520—1675 m)
Buche	Königsthal	SW	1364 m	1310—1360 m
Bergahorn	Hochbrett	S	1476—1549 m	—1565 m
Lärche	Laafeld	W	1806—1917 m	1840—1910 m
Lärche	Fagstein	N (S)	1908 m	1890 m
Lärche	Hochbrett	W	1717 m	1665 m

Eine absolute Vergleichbarkeit mit den Werten von *Sendtner* ist auf den vielgestaltigen Plateauflächen nicht immer gewährleistet, da sich eine genaue Lokalisierung oft schwierig gestaltet. Trotz gebotener Einschränkung bestätigt sich auch hier ein Sinken der oberen Grenzwerte bei Fichte und Lärche um 15—90 i. D. um 50 m, während Buche und Bergahorn nicht so offensichtlich zurückgegangen sind. Sowohl die gegenwärtige Aufnahme als auch der Vergleich mit früheren Erhebungen bestätigen einen Rückgang der oberen Grenzen um etwa 50 m im letzten Jahrhundert. Auf der anderen Seite ergab die Neuaufnahme nahe an die früheren Werte heranreichende Belege von abgelegenen Lokalitäten, so daß ein stärkerer anthropogener Einfluß als eine Ursache der Baumgrenzendeckung nicht auszuschließen ist.

c) Innere Zone

Steinernes Meer — Röth

Für die Latsche wurde nur ein Wert am vorderen Kragenkopf mit 2140 m in Westexposition registriert. Im großen Röthkessel ist zwar die Zirbe schon reichlich vorhanden und baut im Mühlebenwald ziemlich geschlossene Bestände auf, die Wald- und

Ort	Baumart	Exposition	Waldgrenze	Baumgrenze	Krüppelgrenze	Grenzen-typ
Hochsäul	Lärche	NW	1855 m	1880 m	2015 m	(klim.)
Wildpalfen	Lärche	NW	1830 m	1880 m	1900 m	(klim.)
Eisgrabenmulde	Lärche	NW	1770 m	1835 m	1890 m	lokalklim.
Blühnbach-Törl	Lärche	NW	1800 m	1800 m	1920 m	orogr.
Neuhütter	Lärche	N	1845 m	1860 m	—	orogr.
Blaue Lacke	Lärche	NO	1740 m	1775 m	1820 m	künstl.
Kuhscheibe	Lärche	NW	1880 m	1915 m	—	klim.
Kuhscheibe	Lärche	NO	1830 m	1920 m	1950 m	(klim.)

Baumgrenze wird aber im wesentlichen noch von der Lärche allein gebildet. Die gegenwärtige Lärchenbaumgrenze schwankt zwischen 1830—1920 m, die Waldgrenze zwischen 1740 und 1880 (1910) m. Zirben erreichen knapp die Lärchenbaumgrenze, übersteigen sie aber nicht. In der Röth ging die obere Lärchengrenze in jüngster Zeit um durchschnittlich 40—50 m zurück, wie eine ganze Reihe von Hinweisen ergab.

Hochsäul: abgestorbene Lärche bei 1925 m, 45 m über der heutigen Baumgrenze; Bärensunk-schoß: nur noch fleckenweise in Auflösung begriffene Latschenhorste, die bald völlige Verkarstung erwarten lassen; In der Schreck: Waldgrenze bei 1830 m (WNW) im völlig verkarsteten Gelände; Wildpalfen: bei 1900 m (NW) abgestorbener Baum 20 m über der heutigen Baumgrenze; Eis-graben: Lärchenbaumgrenze bei 1820 m kann unter Berücksichtigung der toten und geworfenen Lärchen als ehemalige Waldgrenze (vor 2—3 Jahrzehnten) rekonstruiert werden, ferner bei 1890 m tote Lärche 55 m über der heutigen Baumgrenze. Blühnbach-Thörl-Mulde und Schönfeld-wand: bei 1800 m bzw. 1825 m befindet sich gleichzeitig die Wald- und Baumgrenze, ehemals höher reichende Lärchen abgestorben; Lärchen stehen heute teilweise im völlig verkarsteten Gelände, wobei Wurzeln bis 10,40 m frei über den Fels streichen, deren Entwicklung nur im dystrophen Tangelhumus unter einem moosreichen Rhodoreto-Vaccinietum-Teppich möglich war; Punkt 2133,8 m: Lärchen-Baumgrenze bei 1860 m ist als ehemalige Waldgrenze anzusprechen. Gamsscheibe: Gebiet der Baumgrenze bei 1890 m stark verkarstet, wobei viele Lärchen abgestorben sind; Kuhscheibe-NW: durch viele abgestorbene Stämme kann die ehemalige Waldgrenze mit 1925 m Höhe (heute 1880 m) bestimmt werden; Kuhscheibe-NO: heutige Baumgrenze in der Mulde bei 1855 m, die nach den geworfenen Bäumen zu schließen vor 30—40 Jahren noch Waldgrenze war; nur spärlicher Lärchenjungwuchs findet sich. Die geworfenen und abgestorbenen Bäume erreichen durchschnittlich 50 cm ϕ , während die Lärchen an der heutigen Baumgrenze schon mit 30—40 cm ϕ Rückgangerscheinungen aufweisen (dürre Gipfel, sehr starker Flechten-behang).

Zirbe bildet die Waldgrenze bei 1835—1910 m und die Baumgrenze bei 1835 bis 1915 m; die untersten Vorkommen wurden an der Walchhütte 1250 m (Nord) registriert. Im Lärchenwald beginnt die Fichte ab 1540—1690 m, in Kaltluftmulden (Eisgraben) erst ab 1480—1520 m aufzutreten. Im allgemeinen verläuft dort auch die oberste Fichtenwaldgrenze, die dann etwa 20—30 m tiefer typisch entwickelt ist. Buche erreicht baumförmig Höhen von 1405—1480 m. Besonders hoch steigt der Bergahorn 1610—1720 m. Die oberen Grenzwerte stammen von etwas krüppeligen Bäumen (Schönfeld, Blühnbach-Törl). Bei normaler Entwicklung wird eine Höhe von 1685 m mehrfach erreicht. Aus lokalklimatischen und edaphischen Gründen werden

im Landthal trotz Südexposition sowohl von Lärche (1585 m) als auch von Fichte (1520 m) und Buche (1405 m) sehr niedrige Grenzwerte erreicht. Bemerkenswerte Einzelwerte: Seilstatt: Linde (B) N 950 m; Hanauerlaub: Sambucus racemosa SO 1820 m.

Im nahegelegenen Urwaldrest Wasserkar am Hochkönig-Nordabfall verläuft in der Kaltluftmulde lokalklimatisch und auch orographisch bedingt die Waldgrenze der Lärche bei 1615 m und jene der Fichte bei 1420 m. Die Depression gegenüber der klimatischen Grenze beträgt also 200—300 m (Mayer 1957).

Durch das vielgestaltige Kleinrelief ist in der Röth ein Vergleich mit den Werten von Sendtner nicht immer einfach:

Aufnahmevergleich			Jahr 1854	Jahr 1948
Zirbe	Scheibe	N	1842—1893 m	1855—1915 m
Zirbe	Röth	W	1754—1829 m	1835 m
Lärche	Gamsscheibe	N	1845—1952 m	1880—1915 m
Lärche	Kuhscheibe	N	1952 m	1920 m
Lärche	Blaue Lacke	N	1754 m	1740—1775 m
Lärche	Laubschreck	W	1863 m	1850 m
Lärche	Röth	W	1754—1829 m	1800—1833 m
Fichte	Laubschreck	W	1610 m	1590 m
Fichte	Röth	N	1664 m	1595—1625 m
Fichte	Gamsscheibe	O	1592—1640 m	1540—1635 m
Buche	Röth	NW	1299—1442 m	1445 m
Bergahorn	Röth	NW	1664 m	1610—1720 m

Einige Daten von Sendtner für Zirbe, Lärche, Fichte und Buche können bestätigt werden. Der Rückgang der Grenzen ist weniger ausgeprägt (10—50 i. D. 20 m) als im Kahlersberggebiet. Die gegenwärtige Aufnahme und der Vergleich bestätigen übereinstimmend eine Depression der Grenzen um rd. 20—50 m.

Steinernes Meer — Funtensee

Ort	Baumart	Exposition	Waldgrenze	Baumgrenze	Krüppelgrenze	Grenzen-typ
Ledererkar	Zirbe	W	1965 m	2020 m	—	klim.
Ledererkar	Lärche	W	1965 m	2005 m	—	klim.
Viehkogel	Lärche	O	1930 m	1970 m	—	(klim.)
Viehkogel	Zirbe	O	1930 m	1970 m	2080 m	(klim.)
Zirmarterl	Zirbe	W	1970 m	2010 m	—	klim.
Baumgartl	Lärche	N	1870 m	—	—	künstl.
Trischübel	Lärche	NO	1780 m	1880 m	—	orogr.
Funtensee	Fichte	N	1600 m	1805 m	—	(klim.)

Die höchsten Vorkommen befinden sich im zentralen Teil des Steinernen Meeres. Hier liegt die Wald- und Baumgrenze von Zirbe meist etwas höher als jene von Lärche. Zirbe erreicht heute 1970—2020 m, in geschlossenerem Bestand noch 1970 m. Die oberen Grenzwerte für Lärche betragen 1970—2005 m. Abgesetzt von diesen zusammenhängenden Waldresten befinden sich am Ledererkopf-NW-Grat an einem kleinen Felsband in SSW-Exposition bei lokalklimatisch begünstigter Lage zwei Zirben mit 5 und 9 m Höhe neben 3 abgestorbenen in 2135 m Höhe. Dies dürfte das absolute Maximum sein. Die unterste Zirbe steht am Großen Burgstall in 1150 m Höhe. In den Ostalpen wurden die höchsten Zirben im Ortlergebiet bei 2380 m, in den Westalpen bei 2585 m (Saas Fee) beobachtet (Klebersberg 1961).

Im Ledererkar verläuft die heutige Waldgrenze (1965 m) rd. 40 m unter der ehemaligen. Die obersten Lärchen und Zirben stehen im nahezu vegetationslosen Karrenstandort, wobei sich viele geworfene und gestürzte Bäume in den Karstlöchern befinden. Darüber fehlt jeglicher Krüppelwuchs. Auch am Viehkogel-Osthang beträgt der offensichtliche Waldgrenzenrückgang rd. 40 m. Der Zirbenbestand beim Zirmmarterl (Schönbichlalm) war früher allem Anschein nach geschlossener. Da die obere Fichtenbaumgrenze um 1775—1805 m liegt und der subalpine Fichtenwald nicht mehr den Funtenseekessel erreicht (obere Grenze bei 1600 m), ist der Lärchen-Zirbenwald-Gürtel mächtig entwickelt und auch vegetationskundlich typisch ausgebildet (Funtensee-Almrausch, Rhododendron ferrugineum auf dystropher Tangelrendzina).

Bemerkenswert ist eine einzelne Kiefer am Südhang des Glunkererkogels in 1730 m Höhe als Relikt eines ursprünglichen reichlichen (frühpostglazialen) Vorkommens (Mayer 1951). Sendtner hatte einst direkt am Funtensee (Teufelsmühle) mehrere hohe Bäume in 1606 m festgestellt, die heute verschwunden sind. Buche kommt nur noch bis zum Plateaurand vor und findet die obere Grenze bei 1350 bis 1440 m; nur an den Hachelköpfen im Nordteil steigt sie bis 1470 m i. D. 1440 m Höhe. Der Bergahorn erreicht 1535—1610 m. Ein einzelner Baum steht am Funtenseeesteig beim Ofenloch geschützt an einer Felswand in NO-Exposition auf 1695 m Höhe.

Aufnahmevergleich			Jahr 1854	Jahr 1948
Zirbe	Funtensee	W	1842—1918 m	1870—2020 m
Zirbe	Zirmmarterl	S	1939 m	1970—2010 m
Zirbe	Viehkogel	SW	2046 m	2000 m
Lärche	Steinernes Meer	S	1930 m	2000 m
Lärche	Viehkogel	SW	2046 m	2000 m
Lärche	Funtenseetauern	W	1891—1927 m	1920—2005 m
Fichte	Funtensee	N	1536 m	1500 m
Bergahorn	Halsalm	N	1572 m	1535 m
Buche	Sagereckwand	N	1299—1397 m	1440 m

Sendtner (1854) hatte die am höchsten steigenden Vorkommen an abgelegenen Stellen nicht erfaßt. Sowohl für Zirbe als auch für Lärche kann das Vorkommen am Viehkogel in 2046 m Höhe nicht mehr bestätigt werden. Unter Berücksichtigung der heutigen Obergrenze in rd. 2000 m Höhe ergibt sich eine Depression von 40–60 m Höhe. Insgesamt steht auch hier ein Rückgang der Baumgrenzen in letzter Zeit außer Zweifel. Wendelberger (1956) machte auf dem standörtlich vergleichbaren Dachsteinplateau ähnliche Beobachtungen. In Kärnten (Aichinger 1958) und Steiermark (Eckmüller 1953) wurde ebenfalls ein starker, anthropogen bedingter Waldgrenzenrückgang festgestellt.

2. Die Baumarten

(Abb. 15, 16, 17)

Bergkiefer (*Pinus mugo* Turra)

Die wenigen erhobenen Daten 1910–2015 (2140) m sind nicht repräsentativ. Erst eine spätere Kartierung der Grenzvorkommen mittels Luftbilddauswertung kann einen umfassenden Überblick geben. Lokal wird vielfach schon bei 1625–1880 m Höhe die obere Latschengrenze erreicht, wobei stets spezielle, meist orographische Faktoren den Wuchs beschränken. Sendtner (1854) stellte folgende Grenzwerte fest: Watzmann 1900–2014 m, Göll-Kahlersberg 1962–2103 m, Hochkalter-Hocheis 1886 bis 2033 m, Steineres Meer 2006–2209 m. Die oberen Grenzwerte können heute durchwegs nicht mehr bestätigt werden. Nach der Auflösung vieler Latschenfelder auch in abgelegeneren Gebieten, ist der Rückgang der Obergrenze um nicht selten 50–100 m vielfach stärker als im Waldbereich. In der Außenzone des Gebietes haben durch den anthropogen bedingten Rückgang der Fichtenwaldgrenze die Latschenfelder ihr Areal wohl verdoppelt, während in der Zwischen- und Innenzone durch Almweidebetrieb der bereits wesentlich schmalere natürliche Latschengürtel stark in Mitleidenschaft gezogen wurde. Eingehendere, auch pollenanalytische Untersuchungen müssen Einzelheiten klären. Im Wimbachtal (Bild der Wimbachgriesalm, Zeller 1914), auf der Schüttalpelschneid oder am Sulzenstein waren sowohl die Latschenvegetation als auch der Waldgürtel wesentlich flächiger entwickelt.

Zirbe (*Pinus cembra* L.)

Die klimatische Baumgrenze verläuft heute bei 1970–2020 m (Waldgrenze 1910 bis 1970 m), wobei der Spitzenwert von 2135 m im Ledererkar/Funtenseegebiet eindeutig lokalklimatisch begünstigt ist. Maximale Grenzwerte werden auf Süd- und Westexposition beobachtet. Zwischen den einzelnen Himmelsrichtungen sind die Unterschiede relativ gering. Nur auf den Hochflächen des Steinernen Meeres erreicht die Zirbe diese Grenzwerte. Sowohl in den vorderen (1610 m) als auch in den mittleren Gebirgsketten (1815–1910 m) steigen von der Reiteralm abgesehen Fichte bzw. Lärche gleich hoch, meist etwas höher. Die randalpine Arealgrenze der Zirbe macht sich so deutlich bemerkbar. Der geringe Abstand zwischen Wald- und Baumgrenze,



Abb. 1 Blick vom Jenner-Gipfel auf die Watzmann-Ostabstürze und den Königssee. Nur am Kleinen Watzmann wird annähernd die klimatische Waldgrenze bei knapp 1800 m Höhe erreicht. Orographische und lokalklimatische Faktoren drücken die Waldgrenze bei der Eiskapelle am Fuß der Watzmann-Ostwand bis auf 800 m Höhe. In den Königssee-Steilwänden schwankt die Grenze zwischen diesen Extremwerten, wobei die große Brandfläche aus dem Jahre 1947 am Watzmann-Rinnkendl bis zum See (602 m), also anthropogen bedingt, waldfrei ist.

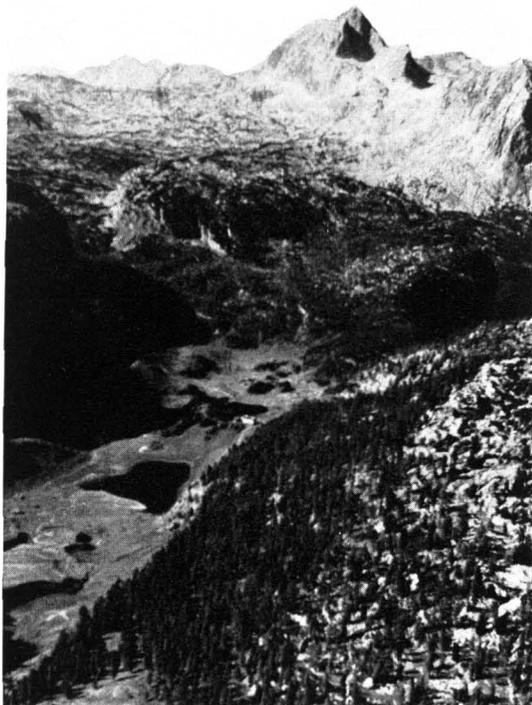


Abb. 2 Blick vom Stuhloch auf das westliche Steinerne Meer mit dem Großen Hundstod. Die scharfen Vegetationsgrenzen im Funtenseekessel gehen auf die mittelalterliche Almweideordnung zurück. Nutzungen und Weidebetrieb lockerten die Plateauwälder auf, die vereinzelt 2000 m Höhe erreichen. Im Gegensatz zu den Gebirgsstöcken der Randzone fehlen großflächige Latschenfelder.



Abb. 3 Nur am rund 2000 m hohen Ramsauer Steinberg (im Vordergrund) ist die klimatische Waldgrenze ausgebildet. Im Bereich der Hochalm (links) hat der jahrhundertlange Almbetrieb die Waldgrenze um hundert Meter und mehr gedrückt. Am Hochkalter und Watzmann vereiteln orographische und im Blauweiskar zusätzlich lokalklimatische Faktoren die Ausbildung der klimatisch möglichen Waldgrenze.



Abb. 4 Rückgängige, noch lebenszähre Zirbe in der Kampfreion des Waldes am Glunkerer Kogel in 1700 m Höhe. In den durch Weide und Nutzungen aufgelösten Wäldern der tieferen Lagen besitzen auch alleinstehende Individuen durch fehlenden gegenseitigen Schutz gelegentlich „Baumgrenzen-Charakter“.



Abb. 5 Beim lärchen- und zirbenreichen „Baumgartl“ an der bayerisch-österreichischen Grenze liegt zwischen 1800 und 1850 m Höhe (Blick gegen Glunkerer) die heutige Obergrenze geschlossener Wälder in dem einst stark beweideten Funtensee-Gebiet.



Abb. 6 Krone einer mehrfach durch Schnee gebrochenen Lärche am Funtenseesteig beim Oberlahner (1650 m), die deutlich die extremen Lebensbedingungen widerspiegelt und die Herausbildung einer lokalen Hochlagen-Standortsrasse verständlich macht.



Abb. 7 Lärchen aus der Kampfzone des Waldes am Feldkogel (1880 m) mit charakteristischen Merkmalen: kurzschäftig, abholzig, krummwüchsig, langkronig, starkastig und langsamwüchsig. Die einseitigen Fahnenkronen gehen auf die vorherrschenden Westwinde zurück.



Abb. 8 In Auflösung befindlicher Alpenrosen-Lärchenwald bei der ehemaligen Rothspiel-Alm in 1650—1750 m Höhe. Die flach- bis mittelgründigen Humuskarbonatböden neigen bei anstehendem Dachsteinkalke leicht zur Verkarstung, wenn die Almen überbestoßen sind und vor allem Schafe mit ihrem scharfen Tritt die labilen Oberböden zerstören.



Abb. 9 Lärche an der Waldgrenze im Mühlebenwald (Röth) in 1825 m Höhe. Die Wurzeln liegen bis 10,40 m Entfernung vom Stamm frei. Nach dem Jahrringgefüge der Lärche setzte vor rund 150 Jahren die regressive Boden- und Vegetationsentwicklung ein, wobei die moosreiche Zwergstrauchvegetation rasch zurückging und der humusreiche Oberboden schließlich abgebaut wurde.

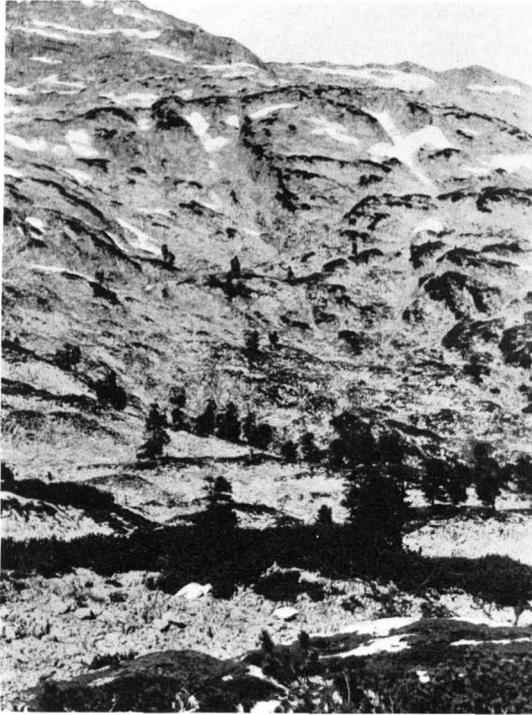


Abb. 10 Zirben-Baumgrenze (1950—2000 m) bei der ehemaligen Schönbichl-Alm im westlichen Steinernen Meer. Die bis 500jährigen Altzirben im weitgehend verkarsteten Gelände spiegeln noch das spätmittelalterliche Klima-Optimum wider. Klimaverschlechterung und Alpwirtschaft haben zum Rückgang der Vegetation beigetragen.



Abb. 11 Bei den obersten Lärchen im Lederer-Kar (Funtenseegebiet), die in 1950—2000 m Höhe im nahezu vegetationslosen Karst stocken. Nur vereinzelt bestehen noch stark zurückgehende Alpenrosen-Inseln, die auf ehemals besser entwickelte Bestände in höheren Lagen hindeuten.



Abb. 12 Abgestorbene Lärchen an der ehemaligen Waldgrenze am Rothspielköpferl (1900 m). Leicht verwitternde Kalk- und Mergel-Standorte neigen weniger zur Verkarstung. Derartige rückgängige Vorkommen ohne erkennbaren anthropogenen Einfluß belegen die Depression der Waldgrenze seit der Aufnahme durch S e n d t n e r vor 100 Jahren.



Abb. 13 Aufgelockerter Lärchen-Zirbenwald bei der verfallenen Eisberg-Alm (1700 m) auf der Reiteralm gegen den Hochkalter.



Abb. 14 An der Waldgrenze beim Feldkogel/Funtenseetauern in 1900 m Höhe. Nutzung und Almweide führten zur Bestandesauflösung und zum Bodenrückgang. Gelegentlich gedeihen nur noch krüppelige Legzirben auf den initialen Rendzinen, die erst nach jahrhundertelanger ungestörter Boden- und Vegetationsentwicklung die alte Leistungsfähigkeit wiedererlangen.

*Abbildungen Nr. 1, 2, 3, 4, 6, 7, 13 und 14 J. N. KÖSTLER, Ramsau b. Berchtesgaden
Abbildungen Nr. 5, 8, 9, 10, 11 und 12 H. MAYER, Wien*

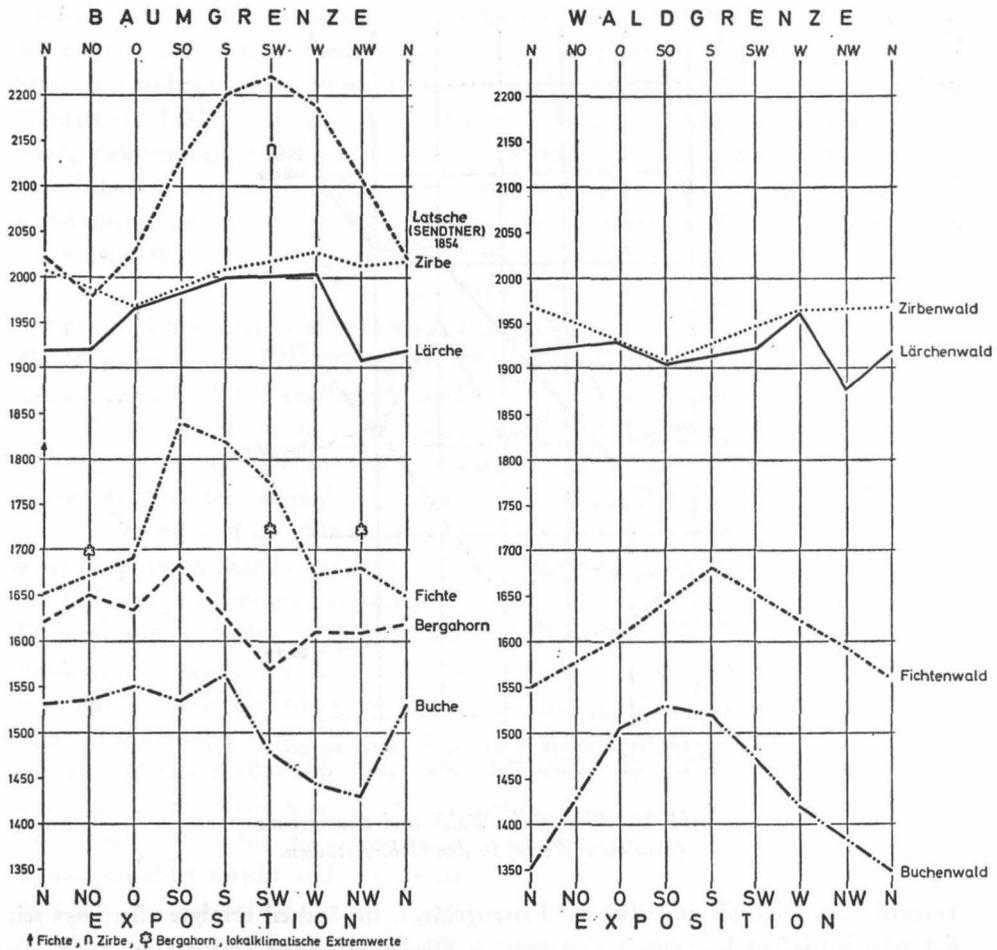


Abb. 15 Wald- und Baumgrenze (maximale Werte) in Abhängigkeit von der Exposition. Im Gegensatz zu Buche und Fichte mit ausreichenden Werten ist bei Lärche mit relativ wenig Daten für einzelne Expositionen noch kein Kurvenausgleich gegeben.

das Fehlen einer Krüppelzone und das Vorkommen der obersten Zirben im völlig verkarsteten Gelände bestätigen eine stärkere Baumgrenzendynamik in der letzten Zeit. Arealkundlich ähnlich verhält sich *Rhododendron ferrugineum* (Funtensee-Almrausch), der vom Steinernen Meer, von der Röth und von der Reiteralm abgesehen nur in wenigen Exemplaren an der Kneifelspitze, am Toten Mann, an der Farrenleitenwand und am mittleren Hirschlauf vorkommt. Das tiefste Vorkommen der Zirbe dürfte mit 960 m am Ellbach an der Reiteralm-Nordwestseite sein.

Auf dem Untersberg fehlt heute die Zirbe, die im frühen Postglazial auf dem Plateau verbreitet war. Spätestens im Subboreal, als der Fichtenwald bis zu den höchsten Erhebungen vordrang, wurde die geringwüchsigeren Zirbe konkurrenzbedingt

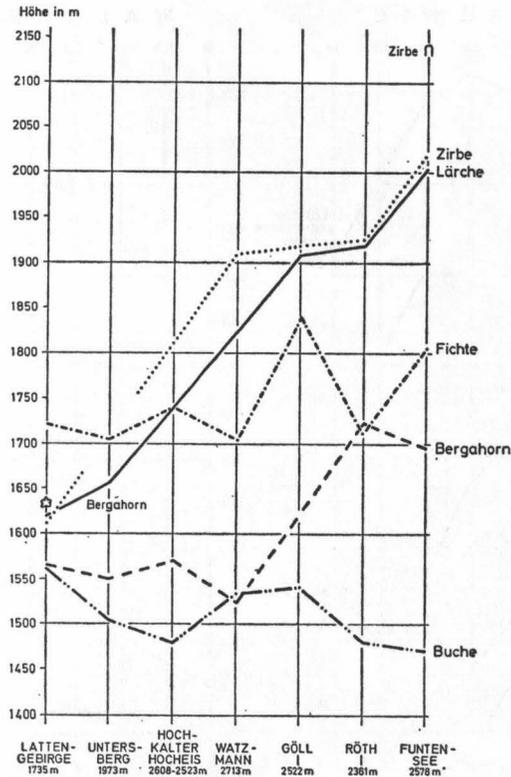


Abb. 16 Klimatische Wald- und Baumgrenze (maximale Werte) in den Gebirgsstöcken.

ausgeschaltet. Dies gilt auch für das Lattengebirge. Im Südteil erfolgte allerdings seit der subatlantischen Buchenzeit eine geringe Wiederansiedlung (Hähersaat) durch die unmittelbare Nähe der Reiteralme mit Lärchen-Zirben-Plateauwäldern.

Lärche (*Larix decidua* Mill.)

Die charakteristische Baumart für die Waldkrone des Gebietes ist die Lärche. Oberste Grenzwerte (Baumgrenze 1910—2005 m) werden auf süd- und westexponierten Hängen festgestellt. Ähnliches gilt auch für die Waldgrenze (1845—1965 m). Ungewöhnlich stark sind die Schwankungen. Die Baumgrenze steigt von den nördlichen (1620 bis 1655 m) über die mittleren (1740—1910 m) Gebirgsketten zum Steinernen Meer (1920—2005 m) um nahezu 400 m. Dies ist z. T. durch die geringe Massenerhebung der Randberge bedingt, zum Teil spiegelt es auch einen Vitalitätsverlust der Lärche im randalpinen Arealgrenzbereich wider, wie aus den höheren Grenzwerten der Fichte vom Untersberg oder Lattengebirge hervorgeht. Die Lärchenkrüppelgrenze (maximaler Wert 2020 m) liegt i. a. 15—30 m über der klimatischen Baumgrenze. Große lokale Unterschiede in der Grenzlage weisen auf stärkere Rückgangerscheinungen der

letzten Zeit hin. Im mittleren und nördlichen Teil des Gebietes, so besonders im Watzmann- und Hochkaltergebiet klingt die Lärchenverbreitung allerdings nicht nur klimatisch bedingt bereits in relativ niedriger Höhe aus; Baumgrenze 1585—1695 m, Waldgrenze 1480—1620 m. Lokal bedeutende Reliefenergie, orographische Hindernisse, vielgestaltige Morphologie und ein Mosaik unterschiedlicher natürlicher und künstlicher Grenztypen ergeben damit sehr wechselnde Wald- und Baumgrenzenverhältnisse, die erst bei einem regionalen Überblick verursachende Faktoren klarer erkennen lassen.

Fichte (*Picea abies* Karst.)

Nur am Untersberg und auf dem Lattengebirge prägt die Fichte physiognomisch die Waldkrone, während sie im mittleren bis südlichen Teil des Gebietes auf den unteren Lärchen-Zirbenwaldbereich beschränkt eine sekundäre Rolle spielt. Die maximalen Werte für die Baumgrenze liegen zwischen 1670—1840 m. Mit 170 m Höhendifferenz ist die expositionsbedingte Schwankung der Baumgrenze ungewöhnlich groß. Besonders fällt der sprunghafte Unterschied zwischen Werten auf der Schattseite (1650—1690 m) und der Sonnseite (1775—1840 m, Reiteralp 1870 m) auf. Auf südseitig exponierten Standorten zeigt die Fichte erstaunliche Vitalität. Diese stark überdurchschnittlichen Grenzwerte können aber auch Reste eines früher allgemein höheren Vorkommens darstellen (z. B. Einzelwert im Baumgartl mit 1805 m). Bei der Langlebigkeit der subalpinen Baumarten (400—700/800 Jahre) können heutige Grenzvorkommen noch günstigere mittelalterliche Klimabedingungen widerspiegeln. Die obere Fichtenwaldgrenze ist im Bereich des Laricetum nicht eindeutig anzusprechen (1550—1680 m). Endgültige Werte sind von der Luftbildauswertung zu erwarten. Tiefste Werte wurden bei Fichte mit 1415—1580 m für die Baumgrenze und mit 1400—1550 m für die Waldgrenze festgestellt. Für die Vitalität der Fichte im Randalpengebiet spricht auch die bedeutende Höhe der Krüppelgrenze (1850—1910/2005 m). Das optimale Fichtenvorkommen wird im Gebiet nicht durch eine horizontale Arealschranke wie bei Zirbe (Lärche) begrenzt. Die obere Fichtengrenze steigt von den nördlichen Gebirgsgruppen (1705—1740 m) zu den südlichen (1740—1840 m) nur in einem Maße an, wie dies den durchschnittlichen klimatischen Gegebenheiten entsprechen dürfte. Im Vergleich zur Buche entfaltet sich von Norden nach Süden der subalpine Fichtenwaldbereich mächtiger, der aber gleichzeitig durch eine typisch werdende Lärchen-Zirbenwaldstufe stark überlagert wird.

Buche (*Fagus silvatica* L.)

Lediglich zwischen 1430—1562 m schwankt expositionsbedingt die Buchenbaumgrenze, die auf Ostseiten die höchsten Werte erreicht. Aus orographischen Gründen bildet die Buche an den windgeschützten Ostabstürzen des Untersberges und Lattengebirges in 1475—1530 m Höhe die Waldgrenze, während auf den nord- und westexponierten Luvseiten nur Werte zwischen 1330—1420 m erreicht werden und deshalb die Fichte die Waldgrenze bildet. Vereinzelt Krüppel weit über der heutigen Baumgrenze (1570—1680 m) belegen eine früher höhere Grenzlage. Die maximale Buchenbaumgrenze sinkt von den nördlichen (1505—1562 m) über die mittleren (1480 bis

1540 m) zu den südlichen (1470—1480 m) Gebirgsstöcken ab. Das unmittelbare Randpengegebiet begünstigt klimatisch die Buche so stark, daß sich auf Ostseiten der subalpine Fichtenwald nur kleinflächig durchsetzen kann. Andererseits liegt die Buchenwaldgrenze am Westabfall der Plateaustöcke relativ niedrig. Als untere Grenzwerte der Buche wurden festgestellt: Baumgrenze 1320—1420 m, Waldgrenze 1305—1350 m. Da orographische, edaphische und lokalklimatische Faktoren im tieferen Bergwaldbereich eine geringere Rolle spielen, ist die Amplitude der Grenzwerte bei der Buche in Abhängigkeit von der Exposition im Vergleich zu Fichte und Lärche kleiner.

Bergahorn (*Acer pseudoplatanus* L.)

Nur auf sub- bis tiefmontanen Spezialstandorten, selten im höheren Bereich, tritt der Bergahorn waldbildend auf (Bergahorn-Eschenwald, Bergahorn-Schluchtwald, Bergahorn-Buchenwald; Mayer 1954). Charakteristisch sind für das Berchtesgadener Land einerseits die sog. Ahorn-Freien, Bergahorn-Kleinbestände auf den Heimweiden in den Tallagen, und andererseits meist mächtige Einzelständer im Almbereich. Bei maximalen Grenzwerten von (1565) 1610—1720 m übersteigt der Bergahorn die Buchenbaumgrenze erheblich und fällt deshalb als häufigerer Laubbaum im unteren Fichtenwaldbereich stärker auf. Im Gebiet der Röth wurden die höchsten Vorkommen festgestellt. Krüppelige Exemplare erreichen 1720—1885 m. Das für den nördlichen Alpenrand so charakteristische tiefsubalpine Vorkommen des Bergahorn, der in den Schweizerischen Nordalpen zusammen mit Buche die Waldgrenze bildet (1700 bis 1800 m), kann walddeschichtlich als Rest des subalpinen Buchenwaldes im älteren Subatlantikum (Buchenzeit ZA IX) gedeutet werden. Eine gewisse Relikteigenschaft der am höchsten steigenden Exemplare geht aus dem häufigen Vorkommen in lokalklimatisch begünstigter Lage am Fuße von Felswänden hervor.

Übrige Baumarten

Von den nur vereinzelt bestandbildenden Baumarten steigt durchschnittlich die Vogelbeere mit 1675—1775 m am höchsten, als Krüppel sogar auf 1895—1905 m. Diese Grenzwerte des charakteristischen Laubbaumes im subalpinen Nadelwald dürften bei systematischer Nachsuche noch zu korrigieren sein. Während die Tanne je nach Exposition 1420—1655 m Höhe erreicht (Krüppelgrenze 1640—1660 m), fällt das rückgängige Vorkommen am Teufelsgemäuer/Schneibstein auf 1780 m in Südexposition aus dem Rahmen. Es kann trotz gewisser lokalklimatischer Begünstigung noch auf die subboreale Tannenzeit mit höherliegenden Vegetationsgrenzen zurückgehen, während gegenwärtig die obere Baum- und Waldgrenze der Tanne um 1400—1500 m schwankt. Bis knapp in den subalpinen Bereich (1400—1520 m) steigt vereinzelt noch die Kiefer, deren Waldgrenze aber nicht über den Laubwaldbereich hinausreicht. Vom übrigen Areal isoliert befindet sich eine einzelne Kiefer im Funtenseegebiet und auf der Reiteralm bei 1730 m.

Die oberen Werte für die Baumgrenze von Birke (*Betula verrucosa*, 1505 m), Mehlbeere (1460 m), Bergulme (1420 m), Esche (1405 m) sind noch zu überprüfen. Im Lattengebirge wurde

am Jägersteig eine Eibe bei 1310 m festgestellt. Eine ganze Reihe von Baumarten aus dem submontanen Laubmischwaldgebiet findet mittelmontan ihre obere Grenze: Eibe (1020 m), Vogelkirsche (1015 m), Sommerlinde (1000 m), Spitzahorn (995 m), Stieleiche (845 m), Hainbuche (750 m). Krüppelwuchs dieser Baumarten steigt teilweise noch wesentlich höher: Vogelkirsche (1570 m, wohl künstlich beim Vogelkaser), Stieleiche (960 m im Eibensteilhangwald bei Hallthurm), Hainbuche (1230 m künstlich an der Kehlsteinstraße, Ligertalm), ebenfalls Feldahorn (1155 m). Von sonstigen Waldbegleitern sollen noch genannt werden: Felsenbirne (1415 m), Hasel (1330 m), Stechpalme (1140 m) und schließlich Hirschholunder (1650—1820 m). Die Laubmischwaldarten, auch Stechpalme und Eibe erreichen in den nördlichen und mittleren Gebirgsstöcken höhere Werte als im Süden.

3. Die natürlichen Wald- und Baumgrenzen

Die natürlichen Wald- und Baumgrenzen eines Gebietes werden allgemeinklimatisch, lokalklimatisch und edaphisch geprägt. Dabei stellt die klimatische Grenze i. e. S. die oberste Grenze des möglichen Baumwachstums dar. Selbst gegenwärtige maxi-

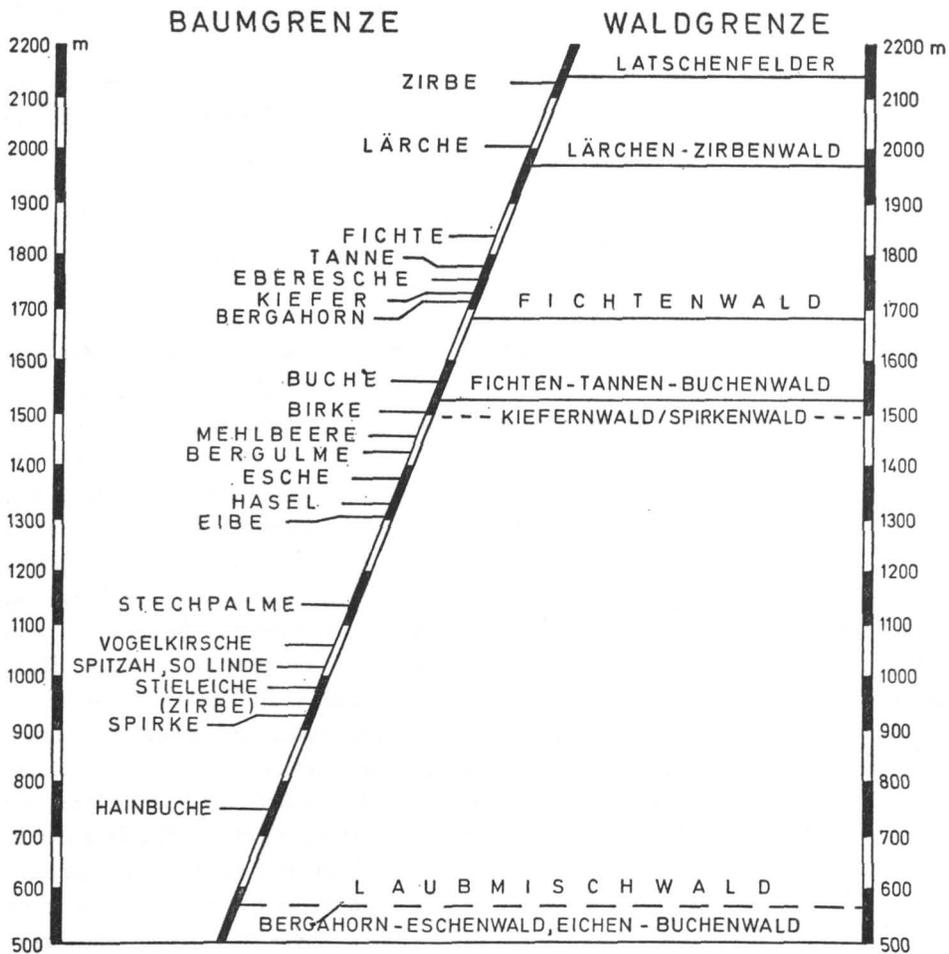


Abb. 17 Klimatische Grenzen der wichtigsten Baumarten in den Berchtesgadener Kalkalpen.

male Grenzwerte können anthropogen bedingt gedrückt sein. Die Bestimmung einer zweifelhaften klimatischen Baumgrenze durch die obere Grenze des gut ausgebildeten Zwergstrauchgürtels (Rhodoreto-Vaccinietum, Empetreto-Vaccinietum) kann gewisse hypothetische Aspekte nicht ausschließen (vgl. Elblin 1901). Durch das vielfältige Kleinrelief der Kalkgebirgsstöcke, den erheblichen anthropogenen Einfluß (Verkarstung) und den teilweise mächtig entwickelten Latschengürtel ist zudem die Zwergstrauchzone im Gebiet so zerrissen, daß nur sekundäre Hinweise gewonnen werden können.

Man kann nicht von einer natürlichen Wald- und Baumgrenze schlechthin sprechen, sondern man muß dabei differenzieren nach Baumarten, Waldgesellschaften und den verschiedenen natürlichen Grenztypen. Eine exakte Rekonstruktion der natürlichen allgemeynklimatischen Grenze ist durch statische Erhebungen allein kaum möglich, da selbst in entlegeneren Lagen der anthropogene Einfluß in einem unbekanntem Ausmaß wirksam war. Wie ist unter natürlichen Verhältnissen die Waldkrone auf durchschnittlichen Hanglagen aufgebaut? Zwei Ansichten stehen sich gegenüber: Aus mittteleuropäischer Sicht drängt sich vielfach die Beobachtung auf, daß die Waldgrenze von einer Baum- und einer Krüppelgrenze mit jeweils bis 100 m Höhenabstand überlagert wird (Imhof 1900, Schröter 1926, Marek 1920). Untersuchungen in außereuropäischen Naturlandschaften ohne oder mit nur geringem anthropogenem Einfluß (Argentinischer Nationalpark Nahuel Huapí, Ellenberg 1963, vgl. anatolische Gebirge Schiechtl-Stern-Weiss 1965) zeigen hingegen, daß die Wald- und Baumgrenze auf durchschnittlichen Hanglagen mehr oder minder zusammenfällt. Dort, wo noch vitales Baumwachstum möglich ist, kann sich auch ein Wald von genügender Größe mit spezifischer Struktur und typischen Waldklima entwickeln (Scharfetter 1938, Ellenberg 1963, Schiechtl 1967). Bei ausgeglichenem Relief und unterdurchschnittlichem Einfluß durch den Almweidebetrieb gibt es auch in den Ostalpen Gebiete, wo Wald- und Baumgrenze über weite Strecken zusammenfallen; z. B. bei Zirbe im Tiroler Radurschtal. Am Beispiel der Oberengadiner Waldgrenze auf mäßig steilen ausgeglichenen Hangstandorten weist Holtmeier (1967) mit Recht darauf hin, daß die Kampfzone zwischen Wald- und Baumgrenze zwar klimatisch geprägt, in ihrer heutigen Ausdehnung aber nicht klimatisch, sondern anthropogen bedingt ist. Schon Scharfetter (1938) hat einen primären und sekundären Kampfgürtel unterschieden. Instruktive Beispiele der Grenztypen bringt Nägeli (1969). In den seit Jahrhunderten anthropogen sehr beeinflussten Berchtesgadener Kalkalpen läßt sich die klimatische Waldgrenze nur durch vielfältige und kombinierte pollenanalytische, vegetations- und bodenkundliche Untersuchungen exakter bestimmen (vgl. Kral 1970). Bei großer Reliefenergie, ausgeprägtem Kleinstandortswechsel, einem Mosaik initialer bis reifer Böden wird auch unter natürlichen Verhältnissen die Waldkrone in den randalpinen „Steinbergen“ differenzierter entwickelt sein als z. B. in den zwischenalpinen „Grasbergen“ (Kitzbüheler Alpen) mit sanften Reliefformen. Einige Hinweise geben die gegenwärtigen Höhenunterschiede an der Waldkrone (Extremwerte in Klammern) zwischen Wald- und Baumgrenze, bzw. zwischen Baum- und Krüppelgrenze.

Baumart	Wald- und Baumgrenze	Baum- und Krüppelgrenze
Lärche	10—60/35 (0—135) m	25—100/60 (5—200) m
Fichte	30—70/55 (20—140) m	100—200/150 (10—245) m
Buche	15—45/25 (0— 70) m	35— 95/65 (20—130) m

Mehrfach sind auf gleichem Standort besonders bei Lärche Baum- und Waldgrenze identisch, wenn man noch höher vorkommende, aber abgestorbene Individuen ausklammert. Hier belegt das zufällige Zusammentreffen von Wald- und Baumgrenze eine spezielle Rückgangsphase der Waldkrone. Auf der anderen Seite sind bei Fichte und Lärche extreme Distanzen über 100 m, bei der Krüppelgrenze sogar über 200 m nicht selten. Offensichtlich gehen diese großen Differenzen auf anthropogene, klimatische oder sonstige (z. B. Lawinen) Ursachen zurück. Extreme Werte weisen i. d. R. vor allem bei Zirbe, Lärche und Fichte auf eine stärkere anthropogen oder klimatisch bedingte Baumgrendynamik. Die relativ großen Höhendifferenzen deuten auf keinen stationären Zustand hin und belegen damit eine nicht im ökologisch-biologischen Gleichgewichtszustand befindliche Waldkrone. Dies trifft v. a. für die hoch- und tief-subalpinen Baumarten der Waldkrone zu, weniger für die Buche, deren Waldgrenze an der Ostseite des Untersberges und des Lattengebirges bei 1400—1500 m überwiegend orographisch bedingt ist, aber an einzelnen schwer zugänglichen Stellen eine typische klimatische Waldgrenze bei 1530—1560 m bildet. Auch bei günstigeren geomorphologischen und edaphischen Verhältnissen (sehr skelettreiche Hangschuttstandorte mit Felsabsätzen) dürfte sie nur unwesentlich höher liegen. Bei diesen Buchenvorkommen fallen Baum- und Waldgrenze weitgehend zusammen — ähnlich wie auch bei maximalen Grenzvorkommen der Lärche und Zirbe im Steinernen Meer (Fichte, Hochkalter). Unter natürlichen Verhältnissen und bei gleichbleibendem Klima (frühere Klimaschwankungen wirken durch die 500—700 Jahre alt werdenden Baumarten in der subalpinen Stufe sehr lange nach) dürfte auf typischen Klimastandorten zwischen der Baum- und Waldgrenze ein wesentlich geringerer (oder kein) Unterschied als heute gegeben sein. Eingeleitete Untersuchungen zu diesem Fragenkomplex werden näheren Aufschluß bringen.

Unter Berücksichtigung dieser Zusammenhänge kann die gegenwärtige natürliche allgemeinklimatische Wald- und Baumgrenze (mittlere Werte) in den Gebirgsstöcken wie folgt angegeben werden (Sonnseiten SO—W, Schattseiten NW—O):

Gebirgsstöcke	Baumart	Baumgrenze		Waldgrenze	
		Sonnseiten	Schattseiten	Sonnseiten	Schattseiten
Untersberg	(Fichte)	1675 m	1600 m	1625 m	1525 m
Lattengebirge	(Fichte)	1700 m	1620 m	1600 m	1550 m
Hochkalter	(Lärche)	1780 m	1740 m	1740 m	1710 m
Watzmann	(Lärche)	(1850 m)	1780 m	(1800 m)	1750 m
Göll	(Lärche)	1900 m	1860 m	1860 m	1820 m
Röth	(Lärche)	1920 m	1880 m	1900 m	1860 m
Steinernes Meer	(Zirbe)	2000 m	1970 m	1980 m	1950 m

Während H a g e r (1916) für das Vorderrheintal eine mittlere anthropogen bedingte Erniedrigung der Waldgrenze um 250 m nachweist, dürfte der Gesamtwert in den Berchtesgadener Kalkalpen um 100—150 m liegen. Daß diese Waldgrenzdepression und der Waldflächenrückgang an der Waldkrone keine so katastrophalen Folgen durch Lawinenschäden wie im Inneralpental zeitigte (S t e r n 1966, F r o m m e 1957), geht auf die unterschiedlichen Reliefformen und die sub- bis tiefmontane Lage der Siedlungen im Berchtesgadener Land zurück.

4. Dynamik der Wald- und Baumgrenzen

Nach der Beschreibung der gegenwärtigen Vegetationsgrenzen in den einzelnen Gebirgsstöcken zeichnet sich eine ausgeprägt rückläufige Tendenz der oberen Grenzen in der jüngsten Vergangenheit ab, mit etwa nachstehenden Rahmenwerten:

Untersberg—Lattengebirge	0—20 m
Hocheis—Watzmann	10—50 m
Göll—Röth—Steinernes Meer	25—70 m

Besonders offensichtlich ist dieser Rückgang in den mittleren und in den südlicheren Gebirgsstöcken. Über die bereits aufgeführten Belege hinaus (Zusammenfallen von Wald- und Baumgrenze, Baumleichen und Stöcke über der heutigen Baumgrenze, wesentlich höhere Mortalität an den Grenzen als der normalen Absterberate entsprechend usw.) sollen noch weitere Einzelheiten angeführt werden. Nach orientierenden Probeflächenaufnahmen und Altersuntersuchungen fehlt eine nachhaltige Bestandesstruktur. Wenn auch das hohe erreichbare Alter in den Hochlagen zu einem relativ geringeren Anteil schwächerer Stärkeklassen führt (wobei Tieflagenvorstellungen von einer „normalen Altersklassenstruktur“ nicht angebracht sind), so weist doch ein zu starkes Überwiegen mittlerer bis starker Durchmesser auf eine Überalterung der Waldkronenbestände ohne genügenden Nachwuchs auf größeren Flächen hin. Vergreisung, Verlichtung und anschließender Zerfall der Waldkronenbestände ist mancherorts offensichtlich. Trotzdem fehlt heute ausgeprägtes Starkholz im Lärchenwaldgürtel. Im Gebiet des Steineren Meeres findet man kaum noch besonders starke Altläärchen von über 80 cm ϕ . Andererseits liegen da und dort gestürzte Starkläärchen mit 90 bis 100 cm ϕ (Karmulde/Blühnbachtörl, Grünseealm, Grüabei/Simmetsberg) in Beständen, die auch nicht annähernd so starke Durchmesser aufweisen. Diese Starkläärchen sind nach einem Jahrringvergleich verschiedener Stärkestufen 500—700 (800) Jahre alt. Auch manche der heute verfallenen Almkaser, aus dem 17. Jahrhundert sind aus Lärchen von derartigen Dimensionen erbaut, die jetzt im weiten Umkreis nicht mehr zu finden sind. Am Simmetsberg mit besonders starken Rückgangerscheinungen der Waldvegetation erreichen besonders alte Starkläärchen noch rd. 80 cm ϕ , während im allgemeinen schon Bäume mit 50—60 cm ϕ in ihrer Vitalität auffällig zurückgehen. Dabei ist zu berücksichtigen, daß hier nach Salinennutzung zum großen Teil der ehemalige Nebenbestand heute den Hauptbestand bildet (vgl. H a u b e r 1920) und die volle Regeneration der Waldbestockung noch nicht erreicht ist.

Am Rückgang der Vegetationsgrenzen in den letzten 100 Jahren, seit der Aufnahme durch *Sendtner* (1854), besteht kein Zweifel, wie das Erlöschen mancher Maximalvorkommen beweist. Schon *Sendtner* (1854) berichtet, daß „bei Fichte regelmäßig die höchsten vorkommenden Bäume dürr sind“. Wie Jahrringuntersuchungen von Lärchen zeigen (z. B. Schönfeldwand), die heute mit weithin freiliegenden Wurzeln im nahezu verkarsteten Gelände stehen, hat der verstärkte Rückgang der Grenze (plötzlicher Jahrringabfall) vor rd. 150 Jahren eingesetzt. Dies deckt sich auch mit dem anfangs des 19. Jahrhunderts einsetzenden erheblichen Rückgang der Hochalmen (z. B. Hintere Wildalm, Bärwildalm, Bärensunkalm), deren Reste in völlig verkarstetem Gelände liegen, das keinerlei Weidemöglichkeiten mehr bietet.

Aus den bisherigen pollenanalytischen Untersuchungen zur Waldgeschichte der Berchtesgadener Kalkalpen (*Mayer* 1966) und des Steinernen Meeres (*Mayer* 1965) wissen wir (vgl. Abb. 4 in *Gröbl-Feldner-Mayer*, Jahrbuch 1967), daß vor rd. 4000 Jahren im Subboreal (Bronzezeit) die Waldgrenze rd. 300 m höher als heute lag, am Ende des älteren Subatlantikums nur etwas höher als jetzt verlief, während man für das Mittelalter (ZA Xa—b) im „goldenen Zeitalter“ ein vorübergehendes Ansteigen um 100—200 m annehmen kann. Genauere Aufschlüsse können nur eingehendere kombinierte pollenanalytische Untersuchungen erbringen, wie sie bisher nur vom Dachstein vorliegen (*Kral* 1970) und für die Salzburger-Berchtesgadener Kalkalpen eingeleitet wurden. Die Sage von der Übergossenen Alm, die von der Verwandlung der einst blühenden Alm in ewigen Schnee berichtet, deutet auf eine starke Senkung der Schnee- und Vegetationsgrenze hin, die tatsächlich sowohl bei der subatlantischen als auch bei der spätmittelalterlichen Klimaverschlechterung eintrat (*Mayer* 1965). Neben den primär ins Auge fallenden Rückgangerscheinungen der Vegetationsgrenzen gibt es auch Hinweise für eine nun beginnende positive Oszillation in jüngster Zeit (vgl. Dachstein, *Bauer* 1958; Oberengadin, *Holtmeier* 1967). Sie bedarf noch einer eingehenden Untersuchung, da vorrückender Jungwuchs nicht immer leicht von der „Krüppelgrenze“ zu unterscheiden ist (und sich außerdem nachlassender anthropogener Einfluß und günstigeres Klima zunächst gleichsinnig auswirken).

5. Ursachen des Waldgrenzenrückganges

Aus der heutigen Situation an der Waldkrone geht hervor, daß ein Komplex von Faktoren für die Depression der oberen Vegetationsgrenzen verantwortlich ist, wobei sowohl anthropogene wie auch natürliche Ursachen eine Rolle spielen.

a) Klimatische Ursachen

Sonnenwärme, Sonnenscheindauer und Vegetationszeit beeinflussen entscheidend die Jahrringentwicklung im Hochgebirge, wie Untersuchungen an Zirbe, Lärche und Fichte im Steinernen Meer und Wetterstein ergaben (*Artmann* 1948, Abb. 18). Dendrochronologische Untersuchungen lassen deshalb auch klimatische Rückschlüsse zu. Nach Aufnahme der gegenwärtigen Wald- und Baumgrenzen wurden beim damaligen Direktor des Forstbotanischen Institutes, Prof. Dr. B. *Huber*, dem

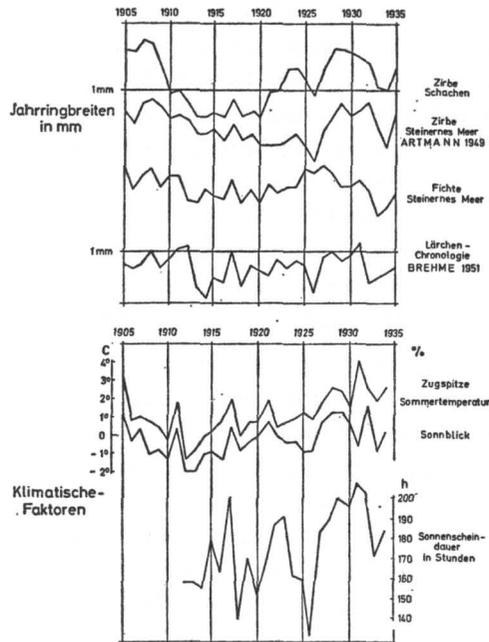


Abb. 18 Zusammenhang zwischen Jahringentwicklung und Klimafaktoren bei subalpinen Baumarten (aus Artmann 1949). Die Jahringbreite der Zirbe folgt weitgehend der mittleren Sommertemperatur, sommerlichen Mittagstemperatur und der Sonnenscheindauer (Zugspitz-Observatorium).

mitteleuropäischen Spezialisten auf diesem Gebiet, jahringchronologische Untersuchungen angeregt, da von verfallenen Almen die Erbauungszeit bekannt war (Funtensee-Mooskaser 1604/19, untere Röthalm 1666, Walchhütten 1689). Durch Analyse von stehenden Altlärchen und des verbauten Lärchenholzes konnte dann Brehme (1951) eine lückenlose Lärchenchronologie bis 1350 erarbeiten. Die Wachstumsmittelkurve der Bäume lag 1600—1750 und 1800—1850 fast um die Hälfte niedriger als vor 1500, wobei im beginnenden 17. und 19. Jahrhundert der Zuwachsrückgang besonders groß ist (Abb. 19).

Zeitgenössische Berichte bestätigen, daß vor 1600 das Klima bei weniger strengem Winter milder und trockener war als in den folgenden Jahrhunderten. Im mittelalterlichen Klimaoptimum konnte selbst vor den Toren Münchens noch Hopfen gebaut werden (Huber 1951). Historische Belege sprechen ferner für einen erheblichen Gletscherrückzug vor Mitte des 16. Jahrhunderts mit auffälligen Rückzugsphasen um 1300, 1400 und 1506. Nach dem mittelalterlichen Gletschervorstoß um 1150 bis 1230 n. Chr. sind die wichtigsten neuzeitlichen Hochstände im 17. Jahrhundert (Fernau, vor allem 1600, auch 1640 und 1680), im 18. Jahrhundert vor allem 1770/80

Lärchen- Standardchronologie Steinernes Meer (BREHME 1951)

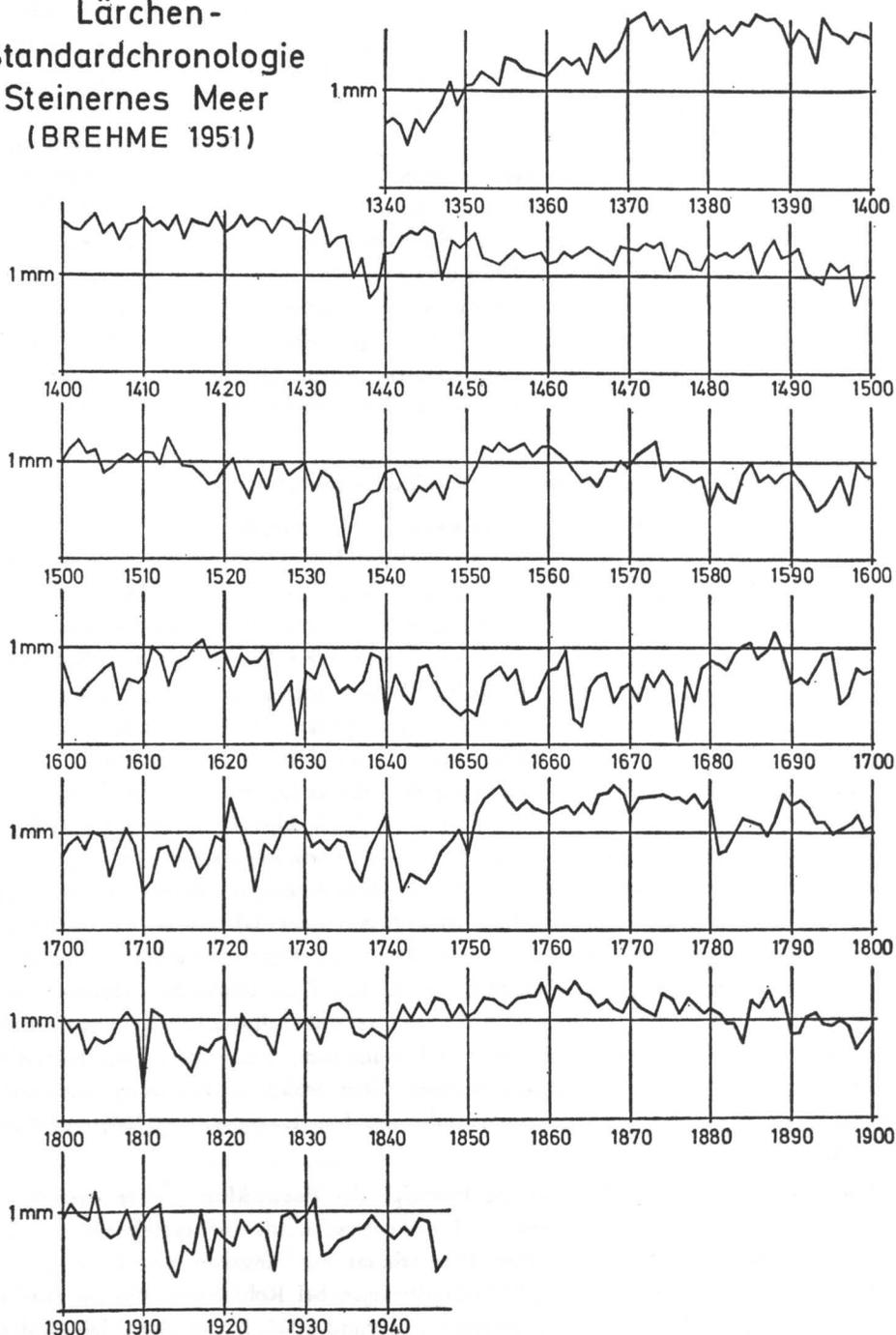


Abb. 19 Lärchen-Dendrochronologie für das Steinerne Meer (aus Brehme 1953), für die einige im 17. Jahrhundert erbaute, nun aber verfallene Almen des Steinernen Meeres wesentliche Unterlagen lieferten.

und schließlich im 19. Jahrhundert 1820 und 1850 (Heuberger 1968). Schneegrenzensenkungen in einem Ausmaß von 50—80 m, auch über 100 m werden angenommen. Aus späterer Zeit datieren nur kleinere Vorstöße (1875, 1890/1900 und 1920). Die Klimabedingtheit dieser Depression steht außer Zweifel, wie auch vegetationskundliche Hinweise bestätigen. In den Sudeten wurde im 14.—17. Jahrhundert die Waldgrenze um 100—200 m herabgedrückt, wobei sich unter beginnender Rohhumusbildung die jetzige Fichtenstufe entwickelte (Firbas-Losert 1949). Diesem Vorgang entspricht der Fichtenvorstoß im schwäbisch-bayerischen und oberösterreichischen Alpenvorland i. S. von Hornstein (1951). Auch für das Naturschutzgebiet Königssee läßt sich dieser Fichtenvorstoß (stärkere Fichtendurchdringung der montanen Laubwälder mit Buche und Tanne) nachweisen, der primär naturbedingt ist, aber sekundär durch den Menschen verstärkt wurde. Dies beweist auch das Rohhumusprofil Vorderer Kraxenbach von einem Zirbenreliktstandort am Sonntagshorn (Mayer 1966).

b) Standortkundliche Aspekte

Durch die vorherrschenden Hartkalkunterlagen (Dachsteinkalk, z. T. Ramsau-dolomit) dominieren Kalksteinbraunlehme und Rendzinen verschiedener Entwicklung, die im subalpinen Bereich wechselnd mächtige, meist dystrophe Tangelhumusaufgaben aufweisen. Bei natürlicher oder anthropogen bedingter Zerstörung dieser verkarstungsanfälligen Bodenserien erfolgt i. d. R. eine extrem verlaufende regressive Bodenentwicklung, die bis zu Primärstadien (Spaltenböden, Protorendzinen) geht, wenn sich einmal die wuchsentcheidende Humusaufgabe durch mangelnden Vegetationsschutz in Auflösung befindet. Bei 2000—2500 mm Jahresniederschlag ist die Erosionsanfälligkeit besonders groß. Die regressive Entwicklung der labilen Oberböden geht dann besonders auf den Kalkplateauflächen viel weiter als lediglich klimatisch bedingt zurück, so daß im Gegensatz zu stabileren Braunerde- oder Podsolserien zwischen regressiver Bodenentwicklung und Klimazustand erhebliche Abweichungen auftreten können. Oft findet auf Kalkstandorten erst nach Jahrhunderten oder Jahrtausenden wieder ein gewisses Einpendeln der klimabedingten Boden- und Vegetationsentwicklung statt. Diese geologischen, bodenkundlichen und klimatischen Zusammenhänge bedürfen noch einer Spezialuntersuchung, wobei spezifische vegetationskundliche Erhebungen (initiale, optimale, terminale Phase des Rhodoreto-Vaccinietum, progressive und regressive Entwicklungsstadien usw.) notwendig werden. Über waldfreie Pflanzengesellschaften des Naturschutzgebietes im Waldgrenzaumbereich hat Lippert (1966) eingehend berichtet.

Nach pollenanalytischer Zeitstellung benötigt die Entwicklung reifer dystropher Tangel-Rendzinen (Lärchen-Zirbenwald, Latschenbuschwald) auf anstehendem Dachsteinkalk ungefähr 3000—4000 Jahre. Dies stimmt mit Angaben von Gračanin (1969) überein, der mit Hilfe von C-14-Datierungen bei Rohhumusrendzinen (karbonatischer Schutt) auf eine Entwicklungszeit von rund 2000 Jahren kam. Die Bodenregeneration geht also in verkarstungsgefährdetem Gebiet ungewöhnlich langsam vor sich. Irreparable Zerstörungen sind bei lokal extremen Standorten nicht auszuschließen.

c) Anthropogene Wirkungen

Der Rückgang der Vegetationsgrenzen, der in der Initialphase z. T. auf klimatischen Faktoren basiert, wurde zweifellos durch den Menschen über das natürliche Maß hinaus vielfach verstärkt, da sich auf den labilen Kalkstandorten der anthropogene Einfluß viel stärker als auf manchen silikatischen Standorten auswirkt (H a u b e r 1920). Zur Zeit des hohen Holzbedarfes der Salinen Berchtesgaden und Schellenberg, waren Flächennutzungen in den Hochlagen bald unausbleiblich. Nach der seit dem 12. Jahrhundert zu Schellenberg betriebenen Saline, wurde 1555 der Salzud in Frauenreuth/Berchtesgaden aufgenommen. Bei einem geschätzten Holzbedarf von jährlich 20 000 fm (Saline Reichenhall 100 000 fm) mußten die Salinenschläge schließlich auf bringungsschwierige Lagen und selbst auf Plateaustandorte (Simmetsberg, Reiteralpe) ausgedehnt werden (lokal Bergwerksbetrieb). Die Sorge um die nachhaltige Holzlieferung führte deshalb schon 1529 zum geregelten Forstbetrieb („Waldpuech für das ganze reichenhallische Waldwesen“, K ö s t l e r 1934, 1965). Zum Teil wurden durch die Flächennutzungen auf den labilen Kalkplateaustandorten nahezu „irreversible“ (in Menschenalter gemessen) Standortverschlechterungen verursacht, so daß sich teilweise flächige Latschenfelder als Ersatzgesellschaften auf ehemaligen Zirben-Lärchen-Fichten-Mischwaldstandorten ausgebreitet haben. Nicht selten faßte sogar das Rhodoreto-Vaccinietum nur noch vorübergehend Fuß, bis die Verkarstung vollständig war (Simmersberg, Rothspielalpe, Wildalm usw.).

Nicht spurlos vorübergegangen auf die Ausbildung der heutigen Waldkrone ist die Almweiderodung. Von unbedeutenden bronzezeitlichen Eingriffen im Hochköniggebiet abgesehen (F i r b a s 1932, S i t t e - L ü r z e r 1958, M a y e r 1966), setzte die Almweiderodung in großem Umfange wohl erst nach der Stiftsgründung in Berchtesgaden im 12. Jahrhundert ein. Siedlungsgeschichtliche und pollenanalytische Erhebungen entsprechen sich (K ö s t l e r 1965, M a y e r 1966). Die Almweiderodung auf den besonders labilen Dolomit- und flachgründigen Kalkstandorten führte an der Waldgrenze zu weiteren regressiven Entwicklungen. Während der almwirtschaftlichen Blütezeit im „goldenen Mittelalter“ (pollenanalytischer Zeitabschnitt X a/b) lagen die Auftriebszahlen wesentlich höher als heute, wenngleich der lokale Viehschlag „Berchtesgadener Katzen“ wesentlich leichter und daher weniger erosionsgefährdend war. Die damaligen Hochalmen (z. B. Hintere Wildalm auf dem Steineren Meer, verfallene Almen im Hagengebirge) sind heute völlig verkarstet. Im Gebiet der Hinteren und Vorderen Wildalm konnten um 1900 noch rund 2000 Schafe der Gemeinde Alm gesömmert werden, 1920 nur noch 500 Stück, während heute die Verkarstung, beschleunigt durch die Vernichtung der Latsche, soweit fortgeschritten ist, daß eine Alpfung undenkbar ist. Man kann sich heute bei den ausgedehnten Schuttreißen nicht mehr vorstellen, daß das Schönfeld an der Watzmann-Südspitze einst regelmäßig bestoßen wurde. Im Berchtesgadener Land wurden rd. 50% der ehemaligen Almen (über 70 Stück) aufgelassen (H a u b e r 1920, R a n k e 1929). Dieser im späten 19. Jahrhundert zu Ende gehende Rückgang der Almwirtschaft wurde zweifellos auch von der spätmittelalterlichen Klimaverschlechterung ausgelöst. Wenn man die besondere geolo-

gische und bodenkundliche Situation berücksichtigt, dann hat auch die intensive Almwirtschaft im gesamten Gebiet ebenfalls entscheidend den Rückgang der Vegetationsgrenzen beeinflusst. Anthropogen-zoogene Faktoren haben dabei natürliche Komponenten oft nahezu unkenntlich überlagert.

Am Beispiel des Dachsteingebietes konnte Bauer (1958) durch photographische Vegetationsvergleiche 1880 (Simon y) und 1955 zeigen, daß seit dem katastrophalen Rückgang der Vegetation um 1850 (Gletschervorstoß) nach der szt. Auflassung der Hochalmen und dem Rückgang des anthropogen-zoogenen Einflusses in mittleren Lagen eine auffällige Wiederausbreitung der Vegetation (zentrifugale Ausbreitung der Latschenhorste, Waldverdichtung durch Verjüngung, Zusammenwachsen aufgelöster Rasengesellschaften) einsetzte. Zur genaueren Analyse der progressiven Boden- und Vegetationsentwicklung der letzten Jahrzehnte bedarf es noch eingehender Erhebungen.

Literatur:

- Aichinger, E.: Vom Kampf des Waldes und der Verbreitung alpiner Pflanzen. Jb. d. Ver. z. Schutze d. Alpenpflanzen und -Tiere, 1958.
- Artmann, A.: Jahrringchronologische und -klimatologische Untersuchungen an der Zirbe und anderen Baumarten des Hochgebirges. Diss. Univ. München, 1949.
- Aulitzky, H.: Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeitsverhältnisse an der Wald- und Baumgrenze. Ein Beitrag zur Bioklimatik der Alpen. Diss. HfB. Wien 1950.
- Bachmann, P.: Die heutige, natürliche und im Rahmen der Regionalplanung anzustrebende Waldgrenze im Binnatal. Schweiz. Ztschr. f. Forstw., 1965.
- Bauer, F.: Vegetationsänderungen im Dachsteingebiet zwischen 1800 und 1950. Cbl. ges. Forstw., 1958.
- Beiträge zur subalpinen Waldforschung. Mitt. FBVA-Mariabrunn 66, Wien 1965.
- Brehme, K.: Jahrringchronologische und -klimatologische Untersuchungen an Hochgebirgs-lärchen des Berchtesgadener Landes. Ztschr. f. Weltforstw., 1951.
- Bülow, G. v.: Die Sudwälder von Reichenhall. Mitt. Staatsforstverw. Bayerns, 1962 (Diss. München 1950).
- Eckmüller, O.: Die Waldgrenze in der Steiermark. Allg. Forstztg., 1953.
- Elblin, B.: Die Vegetationsgrenzen der Alpenrosen als unmittelbare Anhalte zur Festlegung früherer bzw. möglicher Waldgrenzen in den Alpen. Schweiz. Ztschr. f. Forstw., 1901.
- Ellenberg, H.: Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen. Stuttgart 1963.
- Firbas, F.: Die Beziehungen des Kupferbergbaues im Gebiet Mühlbach—Bischofshofen zur nahezeitlichen Wald- und Klimageschichte. Mat. z. Urgeschichte Österr., H. 6, 1932.
- Firbas, F. und Losert, H.: Untersuchungen über die Entstehung der heutigen Waldstufen in den Sudeten. Planta, 1949.
- Friedel, H.: Schneedeckendauer und Vegetationsverteilung im Gelände. Mitt. FBVA-Mariabrunn 59, Wien 1961.
- Fromme, G.: Der Waldrückgang im Oberinntal (Tirol). Mitt. FBVA-Mariabrunn 54, Wien 1957.
- Gračanin, C.: Bodennutzung und Bodenschutz bei Böden aus Carbonatgesteinen im Bereich der alpinen Waldgrenze. Vortrag bei der forstlichen Hochschulwoche, Freiburg i. Br., 1969.
- Hager, P.: Die Verbreitung der wildwachsenden Holzarten im Vorderrheintal (Kanton Graubünden). Bern 1916.
- Hauber, G.: Der Rückgang der Vegetationsgrenzen in den Alpen und ihre Bedeutung für die Almwirtschaft. Forstwiss. Cbl., 1920.
- Heuberger, H.: Die Alpengletscher im Spät- und Postglazial. Eiszeitalter und Gegenwart 19, 1968.
- Holtmeier, F.-K.: Die Waldgrenze im Oberengadin in ihrer physiognomischen und ökologischen Differenzierung. Diss. Univ. Bonn, 1967.
- Hornstein, F. v.: Wald und Mensch, Ravensburg 1951.
- Huber, J.: Hopfengärten vor Münchens Toren. 250 Jahre Hopfenbau von den Isarhängen bis zum Neuhauser Tor. Münchner Merkur, 1951.
- Imhof, E.: Die Waldgrenze in der Schweiz. Gerlands Beitr. z. Geophysik IV, Leipzig 1900.

- Klebersberg, R. v.: Von den Höhengrenzen der Nadelbäume in den Ostalpen mit besonderer Berücksichtigung Südtirols. Jb. d. Ver. z. Schutze d. Alpenpflanzen u. -Tiere, 1961.
- Köstler, J. N.: Geschichte des Waldes in Altbayern. Münchner Historische Abhandlungen I. Reihe, 7. Heft, München 1934.
- Die Bewaldung des Berchtesgadener Landes. Jb. d. Ver. z. Schutze d. Alpenpflanzen u. -Tiere, 1950.
 - Historische Aspekte einiger Waldlandschaften Bayerns. In: Festschr. f. Joh. Spörl, Speculum Historiae, Freiburg—München 1965.
- Kral, F. und Mayer, H.: Pollenanalytische Überprüfung des Urwaldcharakters in den Naturwaldreservaten Rothwald und Neuwald (niederösterreich. Kalkalpen). Forstwiss. Cbl., 1968.
- Kral, F.: Pollenanalytische Untersuchungen zur Waldgeschichte am Nordabfall des Dachsteins. Manuskript 1970.
- Leibundgut, H.: Wald- und Wirtschaftsstudien im Lötschental. Beih. Nr. 18 z. Schweiz. Ztschr. f. Forstw., 1938.
- Lippert, W.: Die Pflanzengesellschaften des Naturschutzgebietes Berchtesgaden. Ber. Bayer. Bot. Ges XXXIX, 1966.
- Magnus, K.: Die Vegetationsverhältnisse des Pflanzenschonbezirkes bei Berchtesgaden. Diss. Univ. Zürich (Ber. Bayer. Bot. Ges. XV), 1915.
- Marek, P.: Waldgrenzstudien in den österreichischen Alpen. Petermann Mitt. Ergänzungsheft 168, 1920.
- Mayer, H.: Die natürliche Verbreitung der Lärche in den Berchtesgadener Kalkalpen. Diss. Univ. München, 1950.
- Über einige Waldbäume und Waldgesellschaften im Naturschutzgebiet am Königssee. Jb. d. Ver. z. Schutze d. Alpenpflanzen u. -Tiere, 1951.
 - Die Lärche in den Waldgesellschaften der Berchtesgadener Kalkalpen. Beih. z. Forstwiss. Cbl., 1954.
 - An der Kontaktzone des Lärchen- und Fichtenwaldes in einem Urwaldrest der Berchtesgadener Kalkalpen. Jb. d. Ver. z. Schutze d. Alpenpflanzen u. -Tiere, 1957.
 - Waldgesellschaften der Berchtesgadener Kalkalpen. Mitt. Staatsforstverw. Bayerns, 30. H., 1959.
 - Zur Waldgeschichte des Steinernen Meeres. Jb. d. Ver. z. Schutze d. Alpenpflanzen u. -Tiere, 1965.
 - Waldgeschichte des Berchtesgadener Landes (Salzburger Kalkalpen). Forstwiss. Forschungen, Beih. z. Forstwiss. Cbl., H. 22, 1966.
 - , Feldner, R. und Gröbl, W.: Montane Fichtenwälder auf Hauptdolomit im Naturschutzgebiet „Ammergauer Berge“. Jb. d. Ver. z. Schutze d. Alpenpflanzen u. -Tiere, 1967.
- Nägeli, W.: Waldgrenze und Kampfzone in den Alpen. HESPA-Mitteilungen, 1969.
- Ökologie der alpinen Waldgrenze. Symposium Innsbruck 1966. Mitt. FBVA-Wien 75, 1967.
- Ökologische Untersuchungen in der subalpinen Stufe. Teil I u. II. Mitt. FBVA-Mariabrunn, H. 59 u. 60, 1961/63.
- Ranke, K.: Die Alm- und Weidewirtschaft des Berchtesgadener Landes. Diss. TH-München, 1929.
- Rubner, K.: Die pflanzengeographischen Grundlagen des Waldbaues. 5. Aufl. Radebeul und Berlin 1960.

- Sendtner, O.: Die Vegetationsverhältnisse Südbayerns. München 1854.
- Sitte-Lürzer, E.: Neue pollenanalytische Untersuchungen aus dem Gebiet des Mitterberger Kupferbergbaues. Beih. 3 d. Archaeologia Austriaca. Archiv f. ur- u. frühgeschichtl. Bergbauforschung, 1958.
- Scharfetter, R.: Das Pflanzenleben der Ostalpen. Wien 1938.
- Schiechtl, H. M., Stern, R. und Weiß, E. H.: In anatolischen Gebirgen. Kärntner Museumsschriften XXXI, Klagenfurt 1965.
- Schiechtl, H. M.: Die Physiognomie der potentiellen natürlichen Waldgrenze und Folgerungen für die Praxis der Aufforstung in der subalpinen Stufe. In: Ökologie der alpinen Waldgrenze. Mitt. FBVA-Wien 75, 1967.
- Schroeter, C.: Das Pflanzenleben der Alpen. Zürich 1926.
- Stern, R.: Der Waldrückgang im Wipptal. Mitt. FBVA-Mariabrunn, H. 70, 1966.
- Tranquillini, W.: Der Existenzkampf des Baumes im Hochgebirge. Jb. d. Ver. z. Schutze d. Alpenpflanzen u. -Tiere, 1956.
- Die Stoffproduktion der Zirbe an der Waldgrenze während eines Jahres. Planta 54, 1959.
- Troll, C.: Klima und Pflanzenkleid der Erde in dreidimensionaler Sicht. Die Naturwissenschaften 9, 1961.
- Wendelberger, G.: Vegetationsstudien auf dem Dachsteinplateau. Beitr. z. alpinen Karstforschung, H. 5, 50, 1956.
- Zeller, M.: Das Hochkaltergebirge. Ztschr. d. Dtsch. u. Österr. Alpenvereins. 1914/15.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Jahrbuch des Vereins zum Schutze der Alpenpflanzen und -Tiere](#)

Jahr/Year: 1970

Band/Volume: [35_1970](#)

Autor(en)/Author(s): Köstler Josef Nikolaus, Mayer Hannes

Artikel/Article: [Waldgrenzen im Berchtesgadener Land 121-153](#)