

Klimaforschung auf Otto Sendtners Spuren – mit Citizen Science die Baumgrenzen in den Bayerischen Alpen untersuchen

von Sabine Rösler, Michelangelo Olleck & Jörg Ewald

Keywords: Klimaforschung, Klimawandel, Citizen Science, Baumgrenze, Bayerische Alpen

In einem Citizen Science-Projekt sollen die oberen Höhengrenzen von 23 Baumarten in den Bayerischen Alpen erfasst und mit historischen Angaben des Botanikers OTTO SENDTNER (1854) verglichen werden. Die zentrale Frage ist, ob sich die Höhengrenzen seit der Mitte des 19. Jahrhunderts – und während einer Zunahme der durchschnittlichen Jahrestemperatur um rund 2°C – verändert haben.

I. Einleitung

In seinem Werk über die „Vegetations-Verhältnisse Südbayerns“ aus dem Jahr 1854 legte der Botaniker Otto Sendtner sehr genaue Daten darüber vor, wo sich vor rund 170 Jahren die oberen Höhengrenzen von Gefäßpflanzen in den Bayerischen Alpen befanden (vgl. SCHMIDTLEIN et al. 2013). Damals, am Ende der sogenannten Kleinen Eiszeit, war es im Alpenraum durchschnittlich 2° kälter als heute (AUER et al. 2007). Rechnerisch (EWALD 1997) bedeutet dies eine Verschiebung der Wärmegrenzen um bis zu 400 Höhenmeter!

Diese historischen Datengrundlagen bilden einen Ausgangspunkt für das *Citizen Science*-Projekt „Höhengrenzen von Baumarten selbst erkunden“, einem Teilprojekt von BAYSICS. Unter *Citizen Science* werden partizipative Methoden der Wissenschaft verstanden, die im Sinne einer „Bürgerwissenschaft“ breite Bevölkerungsschichten am Forschungsprozess beteiligen (FINKE 2014). Sie eignen sich besonders für die Beobachtung von Auswirkungen des Klimawandels vor Ort (z.B. KRESS et al. 2018). BAYSICS ist ein interdisziplinäres Verbundforschungsprojekt im Rahmen des Bayerischen Klimaforschungsnetzwerks bayklif und wird vom Bayerischen Staatsministerium für Wissenschaft und Kunst gefördert.

Im BAYSICS-Teilprojekt „Höhengrenzen von Baumarten selbst erkunden“ an der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf wird untersucht, wo die oberen Höhengrenzen für die einzelnen Baumarten in den Bayerischen Alpen heute liegen und ob sie sich seit Otto Sendtners Zeiten verschoben haben. Um eine möglichst große Datenmenge im gesamten bayerischen Alpenraum zu generieren, wird ein *Citizen Science*-Ansatz verfolgt: Die teilnehmenden Bergwanderer*innen melden besonders hochgelegene Gehölzvorkommen online in einem Datenportal (<https://www.portal.baysics.de/>), wo sie auch weitere Informationen über die neun anderen Teilprojekte zu Themen wie Phänologie, Pollen und Tiere in der Stadt erhalten. Die Nutzer*innen werden zu einer eingehenden Beschäftigung mit dem Phänomen der Baumgrenzen im Gebirge angeregt, spüren selbst den Auswirkungen des Klimawandels „vor ihrer Haustür“ nach und nehmen aktiv am Forschungsprozess teil.

2. Baumgrenzen im Gebirge

Baumgrenzen sind ein weltweites Phänomen, wobei ihre Höhe im Durchschnitt von den Polen zum Äquator sowie in zweiter Linie von den Küsten ins Kontinentinnere ansteigt. Bäume brauchen ausreichend Wärme, um wachsen und gedeihen zu können. Niedrige Temperaturen unterbrechen, verlangsamen und begrenzen ihr Wachstum. Entscheidend für Baumgrenzen ist, wie das Höhersteigen vieler krautiger Pflanzen zeigt, nicht die Begrenzung der Photosynthese, sondern die Bildung von Holz durch Zellwachstum. Unter etwa 5°C ist die Neubildung von Zellen und damit von Gewebe so stark verlangsamt, dass keine Triebstreckung mehr stattfinden kann (JAMES, GRACE & HOAD 1994, KÖRNER 2014). So ist in unseren Breiten nicht etwa die Winterkälte entscheidend, sondern es sind die Temperaturen des kurzen Bergsommers, genauer gesagt seine Dauer: Bäume brauchen drei Monate mit mindestens $6,4^{\circ}\text{C}$, um ihr jährliches Triebwachstum abzuschließen (KÖRNER 2012).

Mit zunehmender Höhe wird es im Gebirge immer kälter: Pro 1.000 Höhenmeter sinkt die Lufttemperatur in den Bayerischen Alpen um etwa $4,8$ Grad (EWALD 1997). Die Vegetationsperiode – das ist die Zeit des Jahres mit Tagesmitteln größer als 5°C , in der die Pflanzen Photosynthese betreiben und wachsen können – wird immer kürzer. Parallel dazu nehmen Frost, Sonneneinstrahlung, Windgeschwindigkeit, Schneemenge und Schneedeckendauer zu. Die Wirkungen des Schnees auf junge Bäume sind widersprüchlich: Einerseits schützt er vor Frost, Eisgebläse und winterlichem Verbiss, andererseits drückt er sie hangabwärts und fördert den Befall durch Schimmelpilze. Um an der Baumgrenze zu bestehen, müssen Bäume diesen Widrigkeiten standhalten – dafür brauchen sie nicht selten Jahrzehnte.



Abb. 1: Klein, aber alt: Fichte als Vorposten in alpinem Rasen. (Foto: Sabine Rösler).

Auf Grund differenter Anpassungen unterscheiden sich die kältebedingten Höhengrenzen der Baumarten stark, was zur Ausbildung entsprechender Höhenstufen der Waldvegetation führt (vgl. WALENTOWSKI et al. 2020; Abb. 2). Im Bergwald nimmt mit der Meereshöhe der Anteil an Laubbäumen immer mehr ab. Wärmeliebende Laubbäume wie Spitz-Ahorn, Stiel-Eiche und Sommer-Linde erreichen ihre **artspezifische obere Höhengrenze** bereits bei etwa 1.000 Metern über dem Meeresspiegel (submontane Stufe). Die Rot-Buche kommt, meist in Mischung mit Fichte und Tanne, bis 1.500 m Höhe im Bergmischwald vor (montane Stufe). Den tiefsubalpinen Fichtenwald erreichen nur wenige Laubbäume wie Berg-Ahorn und Vogelbeere – er bildet die **Waldgrenze** bei etwa 1.650 m als obere Höhengrenze von geschlossenen Beständen. In der oberhalb anstehenden hoch-

Wo erwarten wir obere Höhengrenzen in den bayerischen Alpen?

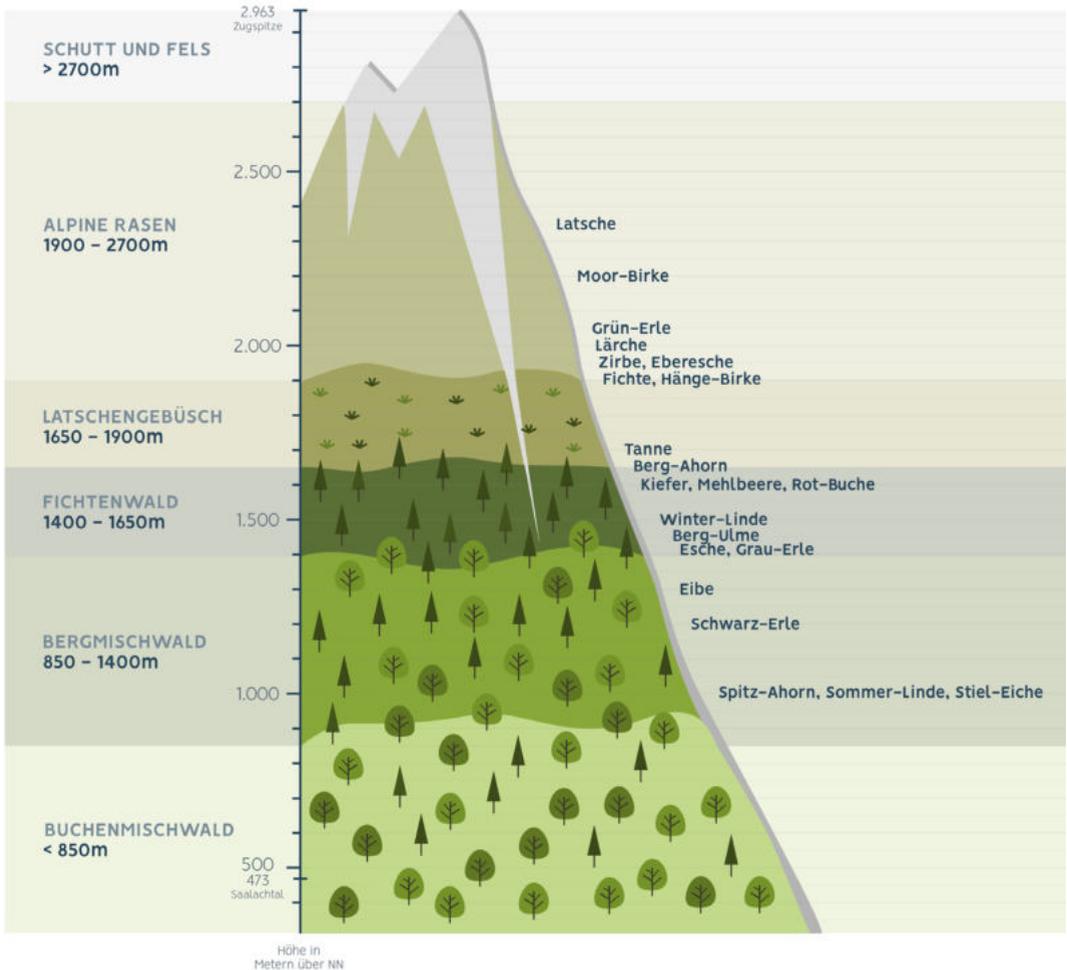


Abb. 2: In diesen Höhenlagen der Bayerischen Alpen sind obere Höhengrenzen für die einzelnen Baumarten zu erwarten. (Graphik: Alissa Lüpke; BAYSICS-Datenportal).

subalpinen Stufe stehen die Nadelbäume (Fichten, Zirben, Lärchen) in kleinen Gruppen oder als einzelne, vom Wetter verformte Gestalten bis etwa 1.900 m ü.NN hinauf. Dazwischen gedeihen im Schutz der Schneedecke Krummholz-Gebüsche mit Latschen, Grün-Erlen, Strauchweiden, Ebereschen und Moor-Birken. Mit **Baumgrenze** ist die Höhenlage definiert, wo noch einzelne Bäume und Baumgruppen vorkommen können, wobei in der Literatur unterschiedliche Minimalhöhen für „Bäume“ definiert werden. Entscheidend ist hierbei, dass die „Bäume“ über die mittlere Schneehöhe herausragen. Entgegen der allgemeinen Definition (≥ 5 m) werden daher an der Baumgrenze unter „Baum“ aufrechte, mindestens 3 m hohe Exemplare verstanden, die einen dominierenden Stamm aufweisen (KÖRNER 2012, ELLENBERG & LEUSCHNER 2010; Abb. 8).

Oberhalb der Baumgrenze können noch vereinzelt Vorposten mit geringerer Höhe, strauchförmig oder mit Krüppelwuchs sowie Sämlinge und Jungpflanzen vorkommen (Abb. 1). Die Obergrenze der Vorposten wird als **Baumindividugrenze** bezeichnet.

Zusätzlich zur Kälte begrenzen Geländegestalt (Exposition und Hangneigung), die Verteilung von Fels und Schutt sowie Störungen durch Muren, Lawinen, Steinschlag, Rodung und Beweidung die exakte Lage der Baumgrenze.

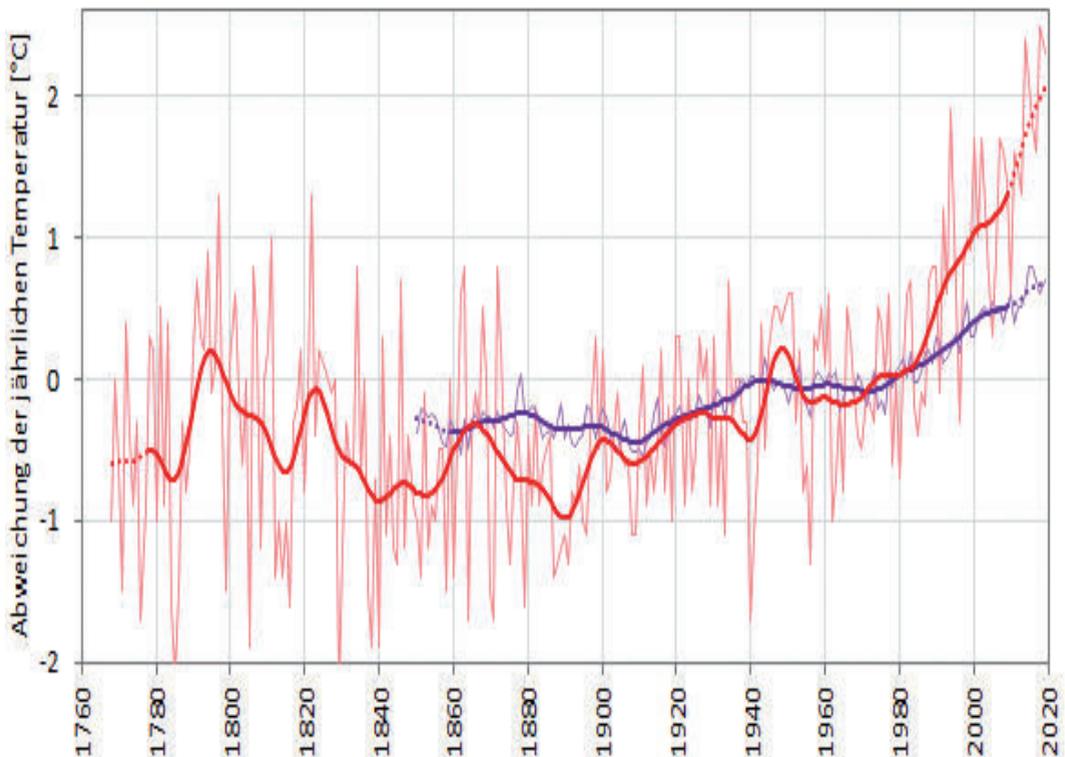


Abb. 3: Entwicklung der mittleren Jahrestemperatur weltweit 1850–2017 (violett) und in Österreich 1767–2017 (rot). Dargestellt sind jährliche Abweichungen vom Mittel der Jahre 1961–1990 (dünne Linien) und deren geglättete Trends (dicke Linien, 21-jähriger Gauß'scher Tiefpassfilter) (MORICE U.A. 2012, AUER et al. 2007). (Quelle: <https://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/informationsportal-klimawandel/klimavergangenheit/neoklima/lufttemperatur>).

3. Baumgrenzen und Klimaforschung

Mitte des 19. Jahrhunderts endete die sogenannte “Kleine Eiszeit”, eine Periode relativ kühlen Klimas mit häufigen sehr kalten, langen Wintern, kühlen, niederschlagsreichen Sommern und entsprechenden Gletscherhöchstständen. Seither ist die mittlere Jahrestemperatur weltweit um mehr als ca. 1° C angestiegen, in Österreich sogar um rund 2° C (Abb. 3).

Studien an 300 Jahre alten Bäumen in der Zentralschweiz (KÖRNER 2012) haben gezeigt, dass die Bäume während der “Kleinen Eiszeit” kaum gewachsen sind, das Wachstum aber mit der Erwärmung zu Beginn des 20. Jahrhunderts zunahm. Die untersuchten Bäume an der Waldgrenze wachsen inzwischen etwa gleich schnell wie andere Exemplare ein paar hundert Höhenmeter tiefer im Bergwald.

Die Vermutung liegt nahe, dass die Baumpopulationen im Gebirge mit steigenden Temperaturen über Samenausbreitung und Ansamung immer weiter hinauf vorrücken und sich Wald- und Baumgrenze nach oben verschieben werden. Weil Bäume sehr langsam wachsen, hinkt die Verschiebung der Baumgrenze der Klimaänderung immer um 50 bis 100 Jahre hinterher (KÖRNER 2012). Die Verschiebung läuft also vor unseren Augen in extremer Zeitlupe ab.

Für die Beobachtungen eines solch langsamen und großräumigen Prozesses werden historische Referenzdaten und aktuelle Beobachtungen in größerem Umfang benötigt. Für die Bayerischen Alpen bietet sich die Kombination aus Sendtner-Archiv und *Citizen Science* an wie sie in BAYSICS realisiert werden kann.

4. Sendtners Daten und ihre Aufbereitung für BAYSICS

Im Jahr 1848 begann der Münchner Botaniker, der spätere Universitätsprofessor Otto Sendtner (1813–1859, Abb. 4), im Auftrag des bayerischen Königs Maximilian II mit der botanischen Erforschung der Bayerischen Alpen. Sendtner untersuchte in sechsjähriger Geländearbeit u.a. die Verbreitung von 1.692 Gefäßpflanzenarten. Die Ergebnisse publizierte er in seinem umfassenden Werk „Die Vegetations-Verhältnisse Südbayerns“ (1854). Für diese 15 Gehölzarten listet Sendtner darin insgesamt 493 Fundorte an ihrer jeweils oberen Höhengrenze auf: Fichte, Rot-Buche, Lärche, Latsche, Berg-Ahorn, Zirbe, Grün-Erle, Tanne, Moor-Birke, Eberesche, Waldkiefer, Mehlbeere, Hänge-Birke, Eibe und Esche. Er nennt dabei nicht nur das Toponym seiner Beobachtung, sondern gibt auch Zusatzinformationen zu Fundort (Geologie, Relief, Exposition, Meereshöhe in Pariser Fuß) und Pflanze (Abb. 4).

4.1 Wie verwertbar sind Sendtners Höhenangaben für BAYSICS?

Für Vergleiche mit den heutigen Höhengrenzen besonders interessant ist die Frage, mit welchen Mitteln und wie genau Sendtner damals die Meereshöhe gemessen hat. Nach seinen Angaben hat Sendtner meistens zwei „Heberbarometer von Greiner“ (Quecksilber-Barometer) verwendet, die er vor und nach seinen Reisen an der königlichen Sternwarte in München-Bogenhausen geeicht hat, seltener hat er die Höhe mit Hilfe eines Theodoliten ermittelt.

Nummer.	Alpenheil.		Standörtlichkeit der Grenze.			Exposition der Sonne.	Baumform.	Höhe des Standortes.	Bemerkungen.
	Stock.	Zug.	Name.	Bodenart.	Gestalt.				
69	Westl.	Hauptz.	Obermädele gegen Spielmannsau.	Kalkhornstein.	Thalleithe.	NW.	Bäume.	4700	
70	Mittl.	Vorderz.	Benediktenwand.	Kalk.	Freier Abh. Gipfel.	NO.	"	4968	
71	"	"	"	Fleckenmergel	"	"	Strauch.	5579	
72	"	"	Rothe Wand bei Bayrisch Zell.	ruther Marm. Kalk.	Freier Abh.	SO.	Bestände.	5030	
73	"	"	Rothe Wand bei Bayrisch Zell.	Dessgl.	" "	SO.	Bäume.	5270	
74	"	"	Rothe Wand bei Bayrisch Zell.	"	" "	SW	"	5363	
75	"	"	Rothe Wand bei Bayrisch Zell.	"	" "	SW.	Krüppel	5400	
76	"	"	Rothe Wand bei Bayrisch Zell.	"	Gipfel.	N. 10h	"	5800	



Abb. 4 Links: Ausschnitt aus der Tabelle „Nachweis der Daten über die Grenze der Fichte“ (SENDTNER 1854: 249). Für die Beobachtung am Rotwand-Gipfel (1.884 m ü.NN)/Mangfallgebirge gibt Sendtner 5.800 Pariser Fuß an, mit Faktor 0,324 umgerechnet 1.879 m ü.NN.

Rechts: Otto Sendtner als Scherenschnitt (aus Ross 1910).

Präzisionsbarometer dieser Bauart (FUESS 1891) hatten eine Ablesegenauigkeit von 0,01 mm Quecksilbersäule (0,01 Torr, umgerechnet 0,01333224 mbar), dies entspricht einem Höhenunterschied von rund 0,1 Meter (gemessen auf 1.000 m ü.NN). Als Messfehler wird 0,015 bis 0,03 mm angeben, dies entspricht einem Höhenunterschied von rund 0,15 bis 0,30 Meter.

Ob Reisebarometer ähnliche Werte erreichen, ist nicht bekannt. Wetterbedingte Luftdruckschwankungen kommen als Ungenauigkeitsquelle hinzu.

In älteren Arbeiten (MAGNUS 1915, KÖSTLER & MAYER 1970) wurden bereits Höhenangaben verglichen und dabei Sendtners Werte mit 1 Pariser Fuß = 0,32484 m umgerechnet. Da sich einige (insgesamt 12) der 493 Sendtner-Fundorte auf Berggipfeln befinden, kann mithilfe der aktuellen amtlichen Höhenangabe rückgerechnet werden: Es ergeben sich ein Median von 0,32406 (Mittelwert 0,32344) bei einer Spannweite von 0,32042 bis 0,32541. Im BAYSICS-Projekt wird der errechnete Median auf 0,324 gerundet und als Umrechnungsfaktor verwendet.

Vergleicht man die heutigen amtlichen Höhenangaben für diese 12 Gipfel mit Sendtners Werten (Divisor bzw. Faktor 0,32484), ergeben sich Höhendifferenzen von 0 m bis maximal 28 Metern (Median 4, Mittelwert 9 m). Sendtners Höhenangaben erweisen sich als bemerkenswert genau.

4.2 Wie groß waren die Gehölze, die Sendtner kartiert hat?

Sendtner gibt für einen Großteil der kartierten Gehölze jeweils einen Begriff an, aus dem Wuchshöhe und/oder Wuchsform und/oder Anzahl der Exemplare und/oder Vitalität interpretiert werden können. Für den Vergleich mit aktuellen Beobachtungen werden Sendtners Begrifflichkeiten den BAYSICS-Größenkategorien zugeordnet (Tab. 1), wobei aus Gründen der Praktikabilität auf Zusatzkriterien wie „mit einem dominierenden Stamm“ oder „mehrstämmig“ verzichtet wird.

Tab. 1: Einordnung der Sendtner-Begriffe in die BAYSICS-Größenkategorien.

Angaben in Sendtner (1854)	Zugeordnete BAYSICS-Größenkategorie
„große Bäume“ „sehr große Bäume“ „hohe Bäume“ „stattliche Bäume“ „Baum“ „mittlerer Baum“ „kleiner Baum“ „baumartig“	„ größer als 3 m “
„Strauch“ „knieholzartig“ „Legholz“ „Krüppel“	„ zwischen 1 m und 3 m “: strauchförmige Exemplare, Krummholz, Exemplare mit Krüppelwuchs, „Wetterfichten“
(von Sendtner nicht erfasst)	„ kleiner als 1 m “: Sämlinge, Jungpflanzen, niedrige, strauchförmige Exemplare
„einzeln“ „in Gruppen“ „Bestand“ „dürrer Baum“ „grüne Bäume“	(in BAYSICS nicht verwertete Zusatzinformationen)

4.3 Wo befinden sich Sendtners Fundorte?

Sendtner konzentrierte sich bei seiner Geländearbeit auf die höchsten Gebirgszüge (Allgäuer Hochalpen, Wettersteingebirge, Karwendelgebirge, Berchtesgadener Alpen), lieferte aber auch einige Angaben aus anderen Teilen der Bayerischen Alpen. Für das Karwendelgebirge hat er etliche Angaben vom Lichenologen und Förster August von Krempelhuber übernommen (als „v. Krempelh.“ gekennzeichnet).

Insgesamt 441 (von 493) Fundortangaben bei Sendtner konnten in den Bayerischen Alpen verortet und in einem Geoinformationssystem (GIS, ESRI Inc. 2020) georeferenziert werden. Diese Toponyme entsprechen ganz oder weitgehend den heutigen Ortsbezeichnungen oder konnten rekonstruiert werden (z. B. Bezeichnungen von aufgelassenen Almen, „Untersberg: Pankopf“ = Bannkopf). Einige Ortsangaben waren für die Verortung zu vage (z. B. „Hinterer Karwendel bei Mittenwald“) oder waren unauffindbar (z. B. „Juhstapel am Jenner“). Fundorte jenseits der Staatsgrenze zu Österreich wurden ebenfalls nicht berücksichtigt.

Für acht Teilgebiete der Bayerischen Alpen, welche sich in etwa an der naturräumlichen Gliederung von MEYNEN et al. (1953–62) orientierten, wurden die jeweils höchsten Angaben für eine Baumart herausgesucht, im Folgenden als „Rekordbäume“ bezeichnet. Diese 63 „Rekordbäume“ wurden im GIS genauer verortet: Dazu wurden aus einem digitalen Geländemodell (DGM, Auflösung 10 m, Geobasisdaten: Bayerische Vermessungsverwaltung) Polygone im Radius bis 1.000 m zum Toponym errechnet, für welche Sendtners Angaben bezüglich Meereshöhe (10 m Stufen) und Exposition (achtteilige Kompassrose) zutreffend waren (Abb. 5).

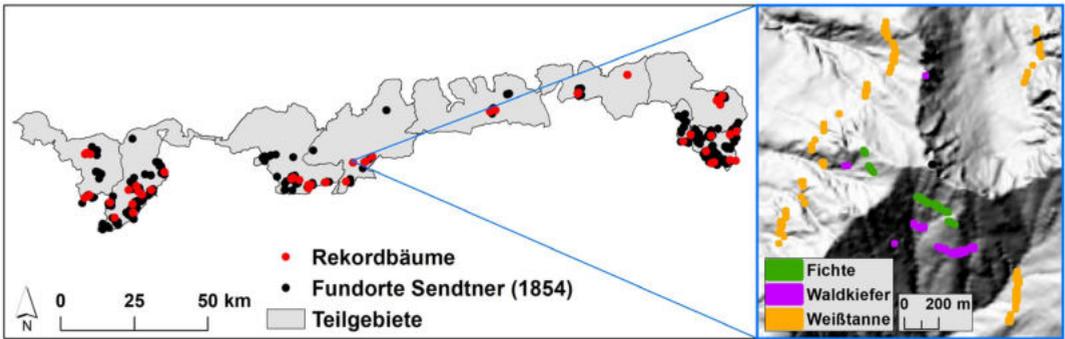


Abb. 5: **Links:** Die 441 rekonstruierten Fundorte für 15 Gehölzarten auf bayerischem Staatsgebiet aus SENDTNER (1854), davon rot markiert „Rekordbäume“ (jeweils höchste Angabe für eine Baumart in einem der 8 Teilgebiete der Bayerischen Alpen). **Rechts:** Ergebnis-Polygone am Beispiel des Seinskopfs/Karwendelgebirge, an dem Sendtner drei Baumarten erfasste. Der schwarze zentrale Punkt zeigt den Gipfel an. Grün markiert sind die an Hand von Höhe und Exposition errechneten Verdachtsflächen für die Fichte, lila für die Waldkiefer und orange für die Tanne. (Hintergrundkarte: Geobasisdaten: Bayerische Vermessungsverwaltung).

5. BAYSICS-Kartierung der aktuellen Höhengrenzen

Die Erfassung der aktuellen Höhengrenzen für das Gesamtgebiet der Bayerischen Alpen sowie der Vergleich mit Sendtners Daten stehen noch am Anfang. Beides wird im BAYSICS-Teilprojekt 6 „Höhengrenzen von Baumarten selbst erkunden“ angestrebt. Dieses Projekt ist nicht das erste, welches sich mit Höhengrenzen von Baumarten in diesem Gebiet befasst¹. Neu sind allerdings die *Citizen Science*-Methode und der Ansatz der Klimaforschung.

Nach SENDTNER (1854) befassten sich SÖYRINKI (1940) und PAUL (1947) mit der Höhenverbreitung von Gefäßpflanzen in den Bayerischen Alpen; Höhenangaben finden sich auch bei VOLLMANN (1914) und OBERDORFER (2001). SCHMIDTLEIN et al. (2013) verglichen Sendtners Daten mit den Ergebnissen der 1. Fortschreibung der Bayerischen Alpenbiotopkartierung (1991–2008).

1 Anmerkung der Schriftleitung des VzSB-Jahrbuches:

Bereits in den Anfangsjahren des VzSB (damals „Verein zum Schutze und zur Pflege der Alpenpflanzen“) gab es ebenfalls eine Initiative zur Erfassung von Baumgrenzen. KARL BINDEL (1901: 15) schreibt im ersten Jahresbericht des Vereins: „Darnach sollen auf Notizblocks, welche der Verein jedem Touristen auf Wunsch unentgeltlich zur Verfügung stellt, über Höhenlage der höchsten und tiefsten Fichten, Föhren, Krummhölzer etc. Erfahrungen, die später gesichtet und wissenschaftlich verwertet werden sollen, niedergelegt werden. Tausende von Blättern sind schon in Umlauf, mögen andere Tausende folgen, um von dem wachsenden Interesse für die schöne Pflanzenwelt unserer Alpen beredtes Zeugnis abzugeben.“ SCHMOLZ (1903) beklagt zwar den dürftigen Rücklauf bei dieser Aktion, wertet aber immerhin 1.018 Beobachtungen aus dem gesamten Ostalpenraum aus.

BINDEL, K. (1901): Jahresbericht. Bericht des Vereins zum Schutze und zur Pflege der Alpenpflanzen 1: 5–15.
SCHMOLZ, C. (1903): Die Bestimmung der Baum- und Krummholzgrenzen in den Ostalpen. Mitteilungen des Deutschen und Österreichischen Alpenvereins Bd. 30 (Nr. 13): 157–159.

Besonders hochgelegene Bäume in den Bayerischen Alpen sind bisher gezielt nur in kleineren Gebieten aufgenommen worden, z.B. in den Berchtesgadener Alpen von MAGNUS (1915²) und KÖSTLER & MAYER (1970), im Wettersteingebirge von KOLLER (2013). Informationen zur Höhenverbreitung von Bäumen in den Bayerischen Alpen liefern auch Auswertungen von Forstinventurdaten der Bayerischen Staatsforsten (HIEBL 2011) und Vegetationsdatenbanken (BERGWALD), die auch Vegetationsaufnahmen oberhalb der Waldgrenze enthalten (EWALD 2012).

Um möglichst viele aktuelle Daten für den gesamten bayerischen Alpenraum zu bekommen, wurde in BAYSICS der *Citizen Science*-Ansatz gewählt: Bergwanderer suchen beim Abstieg von einem beliebigen Berg der Bayerischen Alpen besonders hochgelegene Vorkommen von 23 Gehölzarten und melden ihre Beobachtung in einem Internet-Portal bzw. in der dazu gehörenden Smartphone-Applikation. Die aktive Teilnahme erfordert eine einmalige Anmeldung mit (Alias-)Name und E-Mail-Adresse.

Für das BAYSICS-Portal wurden **23 Baum- und Straucharten** (Tab. 2) ausgewählt, wobei zu den oben genannten 15 Arten bei Sendtner noch acht Arten mit relativ hohem Wärmebedarf hinzugefügt wurden, die ihre obere Höhengrenze bereits in Talnähe oder in der unteren montanen Stufe erreichen: Berg-Ulme, Grau- und Schwarz-Erle, Sommer- und Winter-Linde, Spitz-Ahorn, Stechpalme, Stiel-Eiche (Tab. 2). Für sie interessierte sich Sendtner nicht, doch kommt ihnen im Klimawandel eine wachsende Rolle zu.

Tab. 2: Liste der 23 Baum- und Straucharten im BAYSICS-Datenportal.

Berg-Ahorn	Grün-Erle	Moor-Birke	Stiel-Eiche
Berg-Ulme	Hänge-Birke	Rot-Buche	Tanne
Eibe	Kiefer	Schwarz-Erle	Vogelbeere/Eberesche
Esche	Latsche	Sommer-Linde	Winter-Linde
Fichte	Lärche	Spitz-Ahorn	Zirbe
Grau-Erle	Mehlbeere	Stechpalme	

Als Bestimmungshilfe wird dem Nutzer ein Lexikon zum Nachschlagen (Merkmale, Verbreitung, Wissenswertes, Schwarz-Weiß-Skizze) angeboten. Die Wuchshöhe der Gehölze wird dabei in **drei Größenkategorien** erfasst (vgl. Tab. 1).

2 Anmerkung der Schriftleitung des VzSB-Jahrbuches:

Als Student der Universität Zürich erhielt Karl Magnus ab 1910 eine vom Verein zum Schutze der Alpenpflanzen finanzierte Auftragsarbeit zur pflanzengeographischen Durchforschung des seit 1910 bestehenden Pflanzenschonbezirkes Berchtesgadener Alpen, über die Magnus in den Vereins-Berichten von 1912 und 1913 Teilveröffentlichungen publizierte.

Eine wissenschaftliche, im 10. Bericht des Vereins (1911) publizierte Vorarbeit zur Durchforschung des o.g. Pflanzenschonbezirkes leistete hierzu der botanisch versierte und daher auch Vereinsmitglied Alfred Ade (1876-1968). Das zusammenfassende Ergebnis der Magnus-Forschungen fand in seiner Dissertation an der Universität Zürich seinen Niederschlag, die 1915 in den Berichten der Bayerischen Botanischen Gesellschaft, Mitglied beim Verein zum Schutze der Alpenpflanzen seit dem Gründungsjahr 1900 und heute Schriftentauschpartner, publiziert wurde.

Vom Fundort können die **Koordinaten** im Datenportal über die Kartenfunktion eingegeben oder im Gelände automatisch mit dem Smartphone erfasst werden (Format: WGS 84-Dezimalwert). Die **Meereshöhe** wird anhand der Koordinaten automatisch ermittelt. Zusätzlich kann ein Smartphone, GPS, Höhenmesser oder Karte bestimmter Wert eingetragen werden. Für jede Meldung ist das Hochladen eines **Belegfotos** erforderlich, das eine Qualitätssicherung der Artbestimmungen ermöglichen soll.

Im Datenportal sind in der Karte die eigenen Meldungen und die Funde anderer Beobachter als Symbol sichtbar. Weitere Details sind per Klick auf das Symbol abrufbar. Die jeweiligen Rekordbäume für jedes der 8 Teilgebiete der Bayerischen Alpen sind besonders gekennzeichnet: sowohl die aktuellen Höhenrekorde für die Baumart, als auch mit sepiafarbenen Symbolen die höchsten Funde von SENDTNER (1854). Verdachtsflächen für die Sendtner-Rekordbäume (vgl. Kap. 4.3 bzw. Abb. 5) sind im Datenportal als hellblaue Flächen markiert.

Eigene Beobachtungen können tabellarisch aufgerufen, sortiert und auch nachträglich bearbeitet werden. Das Herunterladen der Daten als CSV-Datei ist ebenfalls möglich.

Die Offline-Eingabe mit dem Smartphone in Gebieten ohne Internetverbindung soll demnächst ebenfalls möglich sein. Für die Notizen im Gelände wird zusätzlich eine Checkliste als Download angeboten.

Aufrufe zur Teilnahme erfolgten bisher über Film- und Radiobeiträge im Bayerischen Rundfunk sowie über die Medien des Deutschen Alpenvereins, einem der Projektpartner.



Abb. 6: Bergwanderer sollen mitmachen, ihre Beobachtungen gleich auf der Wanderung per Smartphone eingeben oder sich unterwegs Fotos und Notizen auf der Checkliste machen und daheim am PC eintragen. (Foto: Christa Hornreich).

6. Erste Geländedaten

Nach einer Testphase wurde das BAYSICS-Portal am 01.08.2020 freigeschaltet. Anfang Oktober 2020 lagen bereits knapp 300 Meldungen zu den aktuellen Höhengrenzen vor. Enthalten sind hier auch Daten von der gezielten Nachsuche an mehreren Sendtner-Fundorten (Ammergebirge, Wettersteingebirge, Karwendelgebirge, Berchtesgadener Alpen), aus einer Bachelorarbeit (BÖHLE 2020: Wettersteingebirge) und der Gemeinschaftsexkursion des Vereins zum Schutz der Bergwelt mit der Bayerischen Botanischen Gesellschaft am 01.08.2020 im Wettersteingebirge.

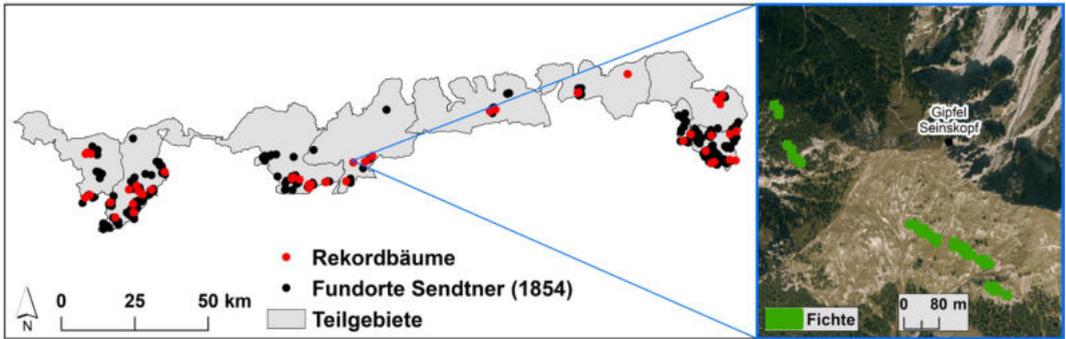


Abb. 7: Links (wie Abb. 5): Die 441 rekonstruierten Fundorte für 15 Gehölzarten auf bayerischem Staatsgebiet aus SENDTNER (1854), davon rot markiert „Rekordbäume“ (jeweils höchste Angabe für eine Baumart in einem der 8 Teilgebiete der Bayerischen Alpen). **Rechts:** Ergebnis-Polygone am Seinskopf. Grün markiert sind die an Hand von Höhe und Exposition errechneten Verdachtsflächen für die Fichte. Im Luftbild deutlich sichtbar sind Bäume oberhalb der Verdachtsflächen bis hinauf in Gipfelnähe. (Hintergrundkarte: Geobasisdaten: Bayerische Vermessungsverwaltung).

Hier ein Beispiel zu ersten Ergebnissen: Bei der gezielten Nachsuche von Sendtner-„Rekordbäumen“ am Seinskopf (westl. der Schöttelkarspitze) im Karwendelgebirge wurden deutlich höhergelegene Fichten vorgefunden. Sendtner gibt dort die höchste baumförmige Fichte auf umgerechnet 1.816 m an einem freien Abhang in SW-Exposition an. Dieser Fundort wurde rekonstruiert und in Form von grün markierten Polygonen dargestellt (Abb. 7).

Am SW-Hang unterhalb des Seinskopf-Gipfels (1.961 m ü.NN) wurden viele Fichten oberhalb von 1.816 m ü.NN gefunden. Das höchste baumförmige Exemplar ist eine 7 m-hohe Fichte auf 1.920 m ü.NN (Abb. 8). Damit liegt die aktuelle Baumgrenze am Seinskopf um rund 105 Meter höher als zu Sendtners Zeiten. Die höchste strauchförmige, 2 m hohe Fichte steht im Gipfelbereich auf 1.960 m. Bemerkenswert ist, dass die Fichten einzeln und ohne den Schutz eines Latschengebüsches im alpinen Rasen wachsen.

7. Ausblick

Ob es sich beim beobachteten Anstieg der oberen Höhengrenze um lokale Trends handelt, wird sich zeigen, wenn ausreichend Daten aus allen Teilen der Bayerischen Alpen vorliegen. Vermutlich werden sich Unterschiede zwischen den einzelnen Baumarten herausstellen. Spannend ist ebenso die Frage, wie sich die Landnutzung auf die oberen Höhengrenzen ausgewirkt hat (ggf. Depression der Baum- und Waldgrenzen durch Beweidung und Rodung) und heute auswirkt (ggf. extensivere Nutzung).

Zur Klärung dieser und weiterer Fragestellungen sind jedoch zunächst viel mehr Daten aus allen Teilen der Bayerischen Alpen erforderlich (sog. *Crowdsourcing*). Daher sollen möglichst viele Naturfreund*innen und Bergwander*innen im Datenportal <https://www.portal.baysics.de/> mitmachen. In der Karte sind sowohl die bisherigen Meldungen als auch die historischen „Rekordbäume“ sichtbar, was einen Anreiz bietet, Beobachtungslücken zu füllen oder im selben Gebiet nach noch höhergelegenen Vorkommen zu suchen (sog. *Gamification*).



Abb. 8: Höchste baumförmige Fichte am SW-Hang unterhalb des Seinskopf-Gipfels, rund 105 Meter höher als Sendtners Beobachtungen. (Foto: Sabine Rösler).

So können Mitglieder und Freunde des VzSB sowie Leser dieser Publikation mitmachen:

BAYSICS benötigt möglichst viele Daten zu den aktuellen Höhengrenzen und sucht daher Teilnehmer*innen, die bei ihrer Bergwanderung nach Bäumen Ausschau halten und ihre Beobachtungen unter <https://www.portal.baysics.de/> melden.

Es geht dabei jeweils um die Erfassung

- eines besonders hochgelegenen Vorkommens einer Baumart (von insgesamt 23 Arten der Auswahlliste),
- mit der Größe des Baumes,
- unter Angabe der Fundort-Koordinaten (WGS84 dezimal) und
- Erstellung eines Belegfotos
- an einem beliebigen Berg der Bayerischen Alpen.

Wenn Sie Fragen zum Projekt haben oder nähere Informationen wünschen, wenden Sie sich bitte an: sabine.roesler@hswt.de.

8. Literatur

- AUER, I., BÖHM, R., JURKOVIC, A., LIPA, W., ORLIK, A., POTZMANN, R. et al. (2007): HISTALP—historical instrumental climatological surface time series of the Greater Alpine Region. In: *Int. J. Climatol.* 27 (1), S. 17–46. DOI: 10.1002/joc.1377.
- BÖHLE, A. (2020): Untersuchung der Veränderung der Höhengrenzen im Wettersteingebirge (Bayerische Alpen) und deren Relation zur Klimaerwärmung während der Vegetationsmonate – ein Vergleich historischer und aktueller Aufzeichnungen. Bachelorarbeit, TH Bingen.
- ELLENBERG, H. & LEUSCHNER, C. (2010): *Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen*. 6. Aufl., Ulmer, 1333 S.
- ESRI Inc. (2020): ArcGIS software. Version 10.7.0. Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute.
- EWALD, J. (1997): Die Bergmischwälder der Bayerischen Alpen. *Dissertationes Botanicae* 290.
- EWALD, J. (2012): Vegetation databases provide a close-up on altitudinal tree species distribution in the Bavarian Alps. *Biodiversity and Ecology* 4: 41–48.
- FINKE, P. (2014): *Citizen Science: Das unterschätzte Wissen der Laien*. München: oekom verlag.
- FUESS, R. (1891): *Meteorologische Instrumente und physikalische Hilfs-Apparate*. <http://www.geag.de/dokument/fuess1891.PDF>.
- HERTEL, H., SCHOLZ, P., v. KREMPELHUBER, D., v. KREMPELHUBER, A. (2013): “Mit der Kugelbüchse in der Hand und Hammer, Meißel nebst Lupe im Bergsacke“- Der Flechtenforscher August von Krepelhuber im Spiegel eigener Briefe. *Berichte der Bayerischen Botanischen Gesellschaft* 83: 5–56.
- HIEBL, W. (2010): Regionalspezifische Analyse der Baumartenzusammensetzung im Bayerischen Alpenraum anhand von Forstinventurdaten. – Diplomarbeit, Hochschule Weihenstephan-Triesdorf, Fakultät Wald und Forstwirtschaft.
- JAMES, J.C., GRACE, J., HOAD, S. P. (1994): Growth and photosynthesis of *Pinus sylvestris* at its altitudinal limit in Scotland. *J. Ecol.* 82: 297–306. <https://www.jstor.org/stable/2261297>.
- KOLLER, N. (2013): Untersuchung der Höhenvorkommen von Fichte, Bergahorn, Buche, Tanne, Vogelbeere und Zirbelkiefer im Wettersteingebirge. Diplomarbeit Hochschule Weihenstephan-Triesdorf, Fakultät Wald und Forstwirtschaft, 63 S.
- KÖRNER, C. (2012): *Alpine Treelines*. 220 S., Basel.
- KÖRNER, C. (2014): Warum gibt es keine Waldgrenze? *Biologie in unserer Zeit*, 44 (4), S. 250–257.
- KÖSTLER, J. N. & H. MAYER (1970): Die Waldgrenzen im Berchtesgadener Land. *Jahrbuch des Vereins zum Schutze der Alpenpflanzen und -Tiere* 35: 121–153.
- KRESS, W. J., GARCIA-ROBLEDOS, C., SOARES, J.V.B.; JACOBS, D., WILSON, K., LOPEZ, I.C., BELHUMEUR, P.N. (2018): Citizen Science and Climate Change: Mapping the Range Expansions of Native and Exotic Plants with the Mobile App Leafsnap. In: *BioScience* 68 (5), S. 348–358. DOI: 10.1093/biosci/biy019.
- MAGNUS, K. (1915): Die Vegetationsverhältnisse des Pflanzschonbezirkes bei Berchtesgaden. *Berichte der Bayerischen Botanischen Gesellschaft* 15: 301–585.
- MEYNEN, E., SCHMITHÜSEN, J., GELLERT, J., NEEF, E., MÜLLER-MINY, H., SCHULTZE, J. H. (Hg.) (1953–62): *Handbuch der naturräumlichen Gliederung Deutschlands*. Bundesanstalt für Landeskunde und Raumforschung. 9 Bände. Remagen, Bad Godesberg: Selbstverlag.

- MORICE C. P., KENNEDY J. J., RAYNER N. A., JONES, P. D. (2012): Quantifying uncertainties in global and regional temperature change using an ensemble of observational estimates: the HadCRUT4 dataset. *Journal of Geophysical Research* 117, D08101, doi:10.1029/2011JD017187.
- OBERDORFER, E. (2001): *Pflanzensoziologische Exkursionsflora für Deutschland und angrenzende Gebiete*. – Stuttgart: Ulmer.
- PAUL, H. (1947): Die Höhenverbreitung der in den Bayerischen Alpen bisher beobachteten Gefäßpflanzen. *Berichte der Bayerischen Botanischen Gesellschaft* 27: 144–174.
- ROSS, H. (1910): Nachruf Otto Sendtner. *Berichte der Bayerischen Botanischen Gesellschaft* 12: 73–89.
- SCHMIDTLEIN, S., FAUDE, U., RÖSSLER, O., FEILHAUER, H., EWALD, J., MEYN, A. & J. SCHMIDT (2013): Differences between recent and historical records of upper species limits in the northern European Alps. *Erdkunde* 67: 345–354.
- SENDTNER, O. (1854): *Die Vegetations-Verhältnisse Südbayerns nach den Grundzügen der Pflanzengeographie und mit Bezugnahme auf Landesultur*. München: Literarisch-artistische Anstalt; 910 S., 18 Holzschnitte, 9 Tafeln, 1 Karte.
- SÖYRINKI, N. (1940): Beiträge zur vertikalen Verbreitung der Phanerogamen und Gefäßkryptogamen in den Bayerischen Alpen. *Ann. Bot. Soc. „Vanamo“* 15: 1–47.
- VOLLMANN, F. (1914): *Flora von Bayern*. Verlagsbuchhandlung Eugen Ulmer, Stuttgart; 840 S.
- WALENTOWSKI, H., EWALD, J., FISCHER, A., KÖLLING, C., TÜRK, W. & RUMPEL, A. (2020): *Handbuch der natürlichen Waldgesellschaften Bayerns*.

Anschrift der Verfasser:

Dr. Sabine Rösler
Michelangelo Olleck
Prof. Dr. Jörg Ewald
Institut für Ökologie und Landschaft
Hochschule Weihenstephan-Triesdorf
Fakultät Wald und Forstwirtschaft
Hans-Carl-von-Carlowitz-Platz 3
85354 Freising

Korrespondierende Autorin: sabine.roesler@hswt.de