

Wälder der nördlichen Kalkalpen: Ernährung, Wasser- und Stoffhaushalt

Angespannte Nährstoffversorgung typisch für viele Gebirgsstandorte

Wendelin Weis, Benjamin Blumenthal und Axel Göttlein

Der bayerische Alpenraum mit seinen oft struktur- und artenreichen Bergmischwäldern ist aus ökologischer und ökonomischer Sicht sowie als Erholungsraum von sehr großer Bedeutung. Die oft flachgründigen und carbonatreichen Böden im nördlichen Kalkalpin gelten aber aufgrund ihres Nährstoffmangels und zeitweilig auftretenden Trockenstresses als Extremstandorte. Durch Humusabbau sind diese Waldstandorte stark gefährdet. Zur Einschätzung des Potenzials der verschiedenen Baumarten, auf Wasser- und Nährstoffmangel zu reagieren und gleichzeitig den Standort positiv zu beeinflussen, sind gründliche Kenntnisse über Ernährung, Wasser- und Stoffhaushalt dieser Böden und Waldbestände erforderlich.



Foto: W. Weis

Abbildung 1: Untersuchungsfläche zum Wasser- und Stoffhaushalt im bayerischen Kalkalpin (Mangfallgebirge, Hausberg bei Kloaschau/Bayrischzell)

Die Böden der nördlichen Kalkalpen weisen eine hohe Heterogenität und ein kleinräumiges Mosaik verschieden stark entwickelter Bodentypen auf. Vorherrschendes Ausgangsmaterial ist Kalk oder Dolomit. Unterschiedlich dicke organische Auflagen über Fels oder Grus bis hin zu mächtigen Tangelauflagen wechseln mit flachgründigen Rendzinen sowie Böden mit aus Kalkverwitterung hervorgegangenen gut entwickelten B-Horizonten (Lehmrendzina, *Terra fusca*). Südexponierte Flächen im nördlichen Kalkalpin zeigen meist Humusmächtigkeiten von 5 bis 10 cm. Die Bodenmächtigkeit bis zum anstehenden Fels liegt häufig nur zwischen 5 und 40 cm. Vereinzelt treten – vor allem unter Fichte – aber bis über 60 cm mächtige Tangelhumus-Pakete auf. Chemisch dominieren in den Böden pH-Werte nahe 7 und hohe Gehalte an Calcium und – im Falle von Dolomit als Ausgangsmaterial – auch Magnesium. Wegen des hohen Steinanteils der Gebirgsböden sind die mittelfristig verfügbaren Nährelementvorräte gering. Hinzu kommt, dass der hohe Boden-pH-Wert und der hohe Anteil an Calcium im Bodenwasser die Verfügbarkeit von Nährelementen wie Phosphor, Kalium, Eisen und Mangan deutlich herabsetzen, was zu reduziertem Wachstum und Mangelerscheinungen im Bestand führen kann.

Ernährungszustand

Eine durchgehend gute Nährstoffversorgung findet sich auf tiefgründigen Böden aus basenreichem Flysch oder ähnlichem Ausgangsmaterial. Auf Kalk und Dolomit treten bei praktisch allen Baumarten jedoch Nährstoffmängel auf (Abbildung 2). Humusmächtigkeit, Bodentiefe bis zum anstehenden Fels und Höhenlage haben dabei nur einen geringen Einfluss. Laubwerfende Baumarten haben hier eher Probleme bei der Versorgung mit Kalium und Eisen, immergrüne Nadelbäume hingegen bei der Aufnahme von Phosphor, teilweise von Stickstoff und Kalium. Nährstoffmängel zeigten sich bei Bergahorn für Eisen und teilweise für Kalium, bei Buche vor allem für Phosphor und Eisen, bei Lärche für Kalium und Eisen, teilweise auch für Phosphor, bei Fichte für Stickstoff, Phosphor und teilweise für Kalium, bei Tanne für Phosphor und Kalium, bei

Elementgehalte in Nadeln und Blättern verschiedener Baumarten

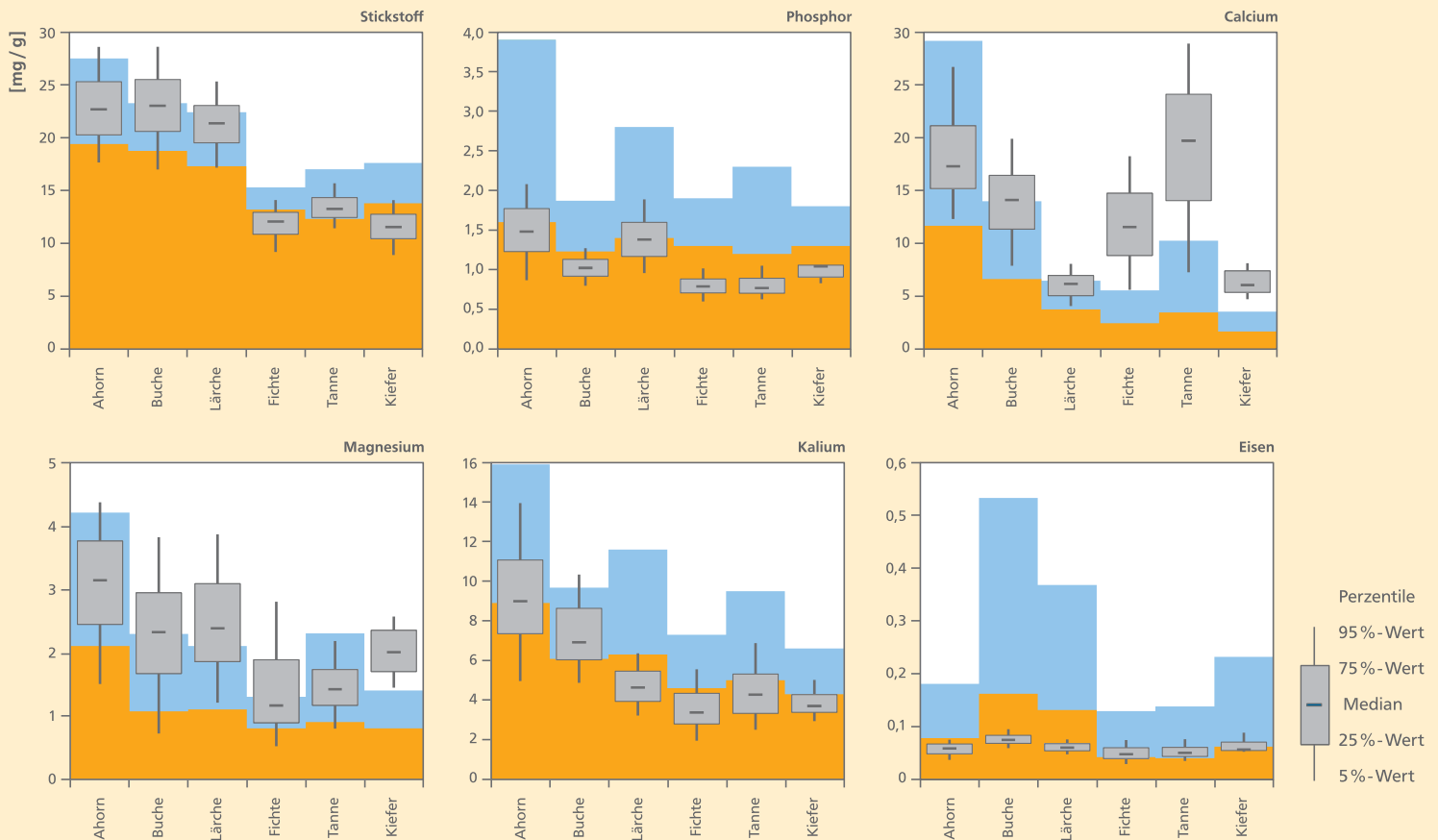


Abbildung 2: Median und Streuung der Elementgehalte in Nadeln und Blättern wichtiger Baumarten auf südexponierten, carbonatreichen Böden im nördlichen Kalkalpin (blau: normale Ernährung; orange: latenter bis starker Nährstoffmangel, nach Göttlein et al. 2011)

Kiefer für Stickstoff, Phosphor und Kalium. Zur schlechten Nährelementversorgung passen die durchwegs geringen Radialzuwächse der Bestände von etwa einem Millimeter pro Jahr. Durchwegs gut waren die untersuchten Bäume mit Calcium und Magnesium versorgt. Lediglich bei Fichte kann es auf reinen Kalkstandorten zu Magnesiummangel kommen.

Trotz der von Calcium dominierten Bodenchemie zeigen die Nährstoffgehalte in allen Baumkompartimenten deutliche und signifikante baumartenspezifische Unterschiede. Bergahorn und Buche zeichnen sich insgesamt durch hohe Nährelementgehalte in allen Kompartimenten und damit durch ihren hohen Nährstoffbedarf aus. Mit Ausnahme von Calcium finden sich ebenfalls hohe Nährelementkonzentrationen in Lärchennadeln. Zweige, Rinde und Holz dieser Baumart weisen dagegen geringe Gehalte auf, was für eine hohe Effizienz der Nährstoffverwertung spricht. Niedrigere Konzentrationen der Hauptnährelemente finden sich bei den immergrünen Nadelbäumen. Diese zeigen dafür höhere Gehalte an Mangan (Fichte und Tanne) und Eisen (Kiefer). Die besonders geringen Nährelementgehalte in Holz und Rinde bei Kiefer weisen

auf die hohe Anpassung dieser Baumart an nährstoffarme Standorte hin und spricht – wie bei Lärche – für eine hohe Nährstoffnutzungseffizienz.

Wasserhaushalt

Für die Bergwälder im nördlichen Kalkalpin sind hohe Jahresniederschläge mit einem Verteilungsmaximum in der Vegetationszeit besonders typisch. Die Temperaturen nehmen mit zunehmender Höhenlage ab. In 1.100 m Höhe liegt die Jahresdurchschnittstemperatur bei etwa 6 °C, in der Vegetationszeit (Mai bis Oktober) bei knapp 13 °C. Im Vergleich zu Flachlandbedingungen in Bayern treten dort pro Jahr etwa 20 Frosttage (Tagesmitteltemperatur kleiner 0 °C) mehr auf und die Vegetationsperiode ist um etwa 20 Tage verkürzt.

Die im Kalkalpin vorherrschenden flachgründigen Böden zeigen meist entweder eine deutliche Humusaufgabe oder einen hohen Humusanteil im oberen Mineralboden. Bodenphysikalische Messungen ergaben für beide Horizonte ein Gesamtporenvolumen zwischen 60 und 80 %, was im Vergleich zu üblichen Mineralbodenhorizonten mit Porenvolumina zwischen 35 und 50 % sehr hoch ist. Wegen des hohen Anteils an Grobporen liegt die nutzbare Feldkapazität aber nur bei etwa 25 %,

also vergleichbar mit für die Wasserversorgung günstigen Schluffböden (Abbildung 3). Ausgehend von einer durchschnittlichen täglichen Transpirationsrate von 4 mm im Hochsommer und einer mittleren Bodenmächtigkeit von 25 cm wird die Wasserversorgung in Altbeständen ab etwa zweieinhalb Wochen ohne Niederschlag kritisch. Im Spätsommer, wenn die täglichen Transpirationsraten nur mehr 2 mm betragen, reicht die Wasserhaltekapazität für etwa einen Monat ohne Regen.

Um das Spektrum der im Kalkalpin vorherrschenden Böden optimal nachzubilden, wurden Wasserhaushaltsmodellierungen (Wasserhaushaltsmodell LWF-Brook90) für einen weiten Bereich für das nördliche Kalkalpin typischer Klimawerte (Datenbasis WKS Kreuth, LWF) und Bodenmächtigkeiten durchgeführt. Abbildung 4 zeigt als Modellergebnis das Verhältnis zwischen der tatsächlichen Transpiration und der bei optimaler Wasserversorgung potenziell möglichen Transpiration. Je kleiner dieses Verhältnis ist, desto stärker leidet der Waldbestand unter Trockenstress. Zusätzlich ist die minimale Bodentiefe dargestellt, bei der keine Transpirationseinschränkung errechnet wurde. Starker Wasserstress trat nur selten auf. Deutlich erkennbar sind die Trockenjahre 2003, 1947 und in abgeschwächter Form 1959 und 1976. Auffällig ist ebenfalls die höhere Anfälligkeit flachgründiger Standorte gegenüber Wasserstress.

Stoffhaushalt

Der Stoffhaushalt von Wäldern im nördlichen Kalkalpin ist geprägt durch die hohen Wassermengen bei Niederschlag und Sickerung mit vergleichsweise geringen Stoffkonzentrationen (Verdünnungseffekt) und dem hohen Carbonatanteil im Boden. Stoffhaushaltsmessungen wurden auf Flächen im Mangfallgebirge bei Bayrischzell, in der Nähe von Weißbach bei Lofen und im Nationalpark Kalkalpen in einer Höhenlage von etwa 1.100 m für verschiedene Baumarten durchgeführt. Im Vergleich zu nicht im Alpenraum gelegenen bayerischen Level II-Flächen ergaben sich deutlich niedrigere Elementkonzentrationen im Niederschlag und Humusausfluss. Die Carbonatlösung dominiert die chemische Zusammensetzung des Sickerwassers, mit sehr hohen Konzentrationen an Hydrogencarbonat, Calcium und – auf Dolomit – auch Magnesium. Saure Kationen traten demgegenüber in den Hintergrund.

Der jährliche Gesamtstickstoff-Eintrag im Freiland belief sich zwischen 2010 und 2012 auf durchschnittlich 7 bis 13 kg/ha, weniger als ein Viertel davon als Nitrat. Im Bestandsniederschlag überdeckt der Einfluss von Baumart und Bestandsstruktur den Standorteffekt. Eine dichte, geschlossene Bestandsstruktur führte zu hohen Gesamtstickstoff-Einträgen mit bis zu 30 kg pro Hektar und Jahr. Bei einer für Gebirgswälder oft typischen, deutlich lichtereren Struktur ergaben sich Werte um 15 kg pro Hektar und Jahr.

Mit dem Sickerwasser wurde Stickstoff in einer Größenordnung von jährlich 2 bis 14 unter Fichte bzw. 1 bis 7 kg/ha unter Buche ausgetragen, bei geringen mittleren Nitrat-Konzentrationen von weniger als 10 mg/l. Begleitkationen waren vor allem Calcium und auf Hauptdolomit Magnesium aus der Carbonatlösung.

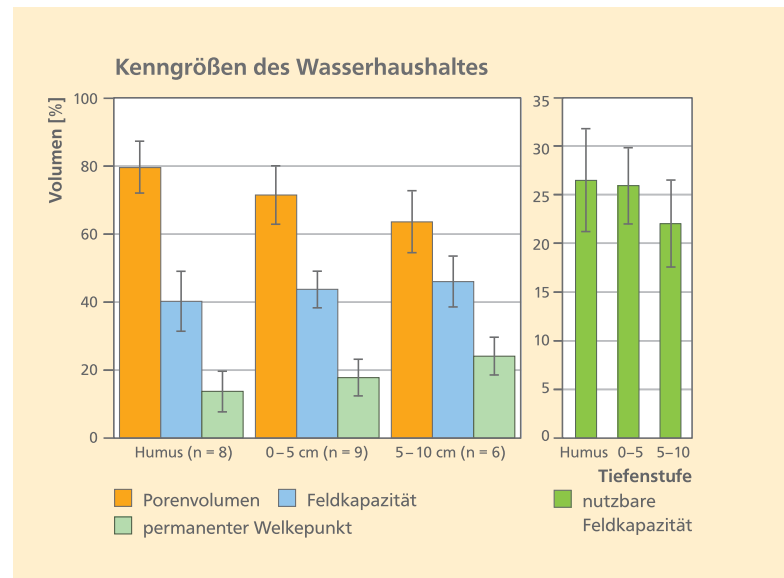


Abbildung 3: Kenngrößen des Wasserhaushalts für Humusauflage und obersten Mineralboden kalkalpiner Standorte (Mittelwert und Standardabweichung, n: Anzahl der untersuchten Bodenproben)

2011 starben auf der Untersuchungsfläche im Nationalpark Kalkalpen viele Fichten nach Borkenkäferbefall. Die fehlende Beschattung und Nährstoffaufnahme durch den Bestand führte zu einer raschen Mobilisierung des im Humus gebundenen Stickstoffs. Die Nitrat-Konzentrationen im Sickerwasser stiegen deutlich an. Im Jahr nach dem Absterben der Bäume erreichten die Stickstoffverluste mit dem Sickerwasser 150 kg/ha und Jahr. In der Regel halten solche hohe Stickstoff-Austräge jedoch nur zwei bis drei Jahre an. Begleitet wurde das Nitrat im Humusausfluss von Calcium, Magnesium und Kalium, letzteres mit gegenüber ungestörten Flächen um Faktor 10 erhöhten Flüssen. Im Mineralboden wurde der erhöhte Nitrat-Austrag durch ansteigende Austräge von dem reichlich vorhandenen Calcium und (auf Dolomit) Magnesium kompensiert.

Fazit

Die Wasserversorgung ist im nördlichen Kalkalpin dank hoher, gleichmäßig verteilter Niederschläge in der Regel ausreichend. Auf den eher flachgründigen und carbonatreichen Böden herrscht generell eine angespannte Nährstoffversorgung für Phosphor (vor allem bei immergrünen Nadelbäumen), für Eisen (vor allem bei laubabwerfende Baumarten), für Kalium und teilweise sogar für Stickstoff vor. Unabhängig von Baumart und Höhenlage ist das Wachstum von Gebirgswäldern auf Kalk und Dolomit selbst auf tiefgründigeren Böden und mächtigen Tangeln nur gering. Dies ist v. a. eine Folge der mangelnden Nährelementversorgung und weniger klimatisch bedingt, da auf basenreichen Flyschstandorten vergleichbarer Höhenlagen hohe Zuwächse erreicht werden. Dennoch sind die typischen Baumarten der Gebirgswälder bei zwar niedriger Produktivität vital und gut an den Standort angepasst.

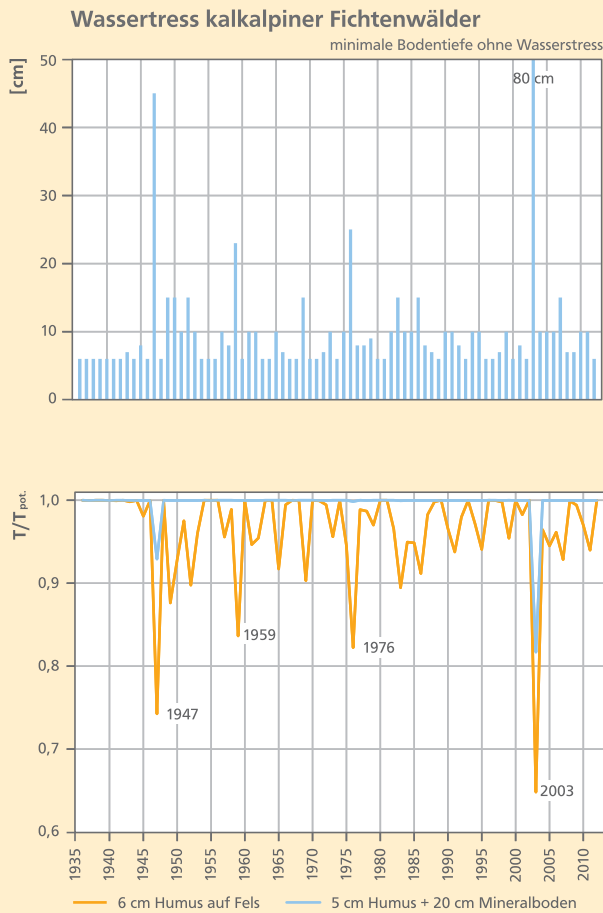


Abbildung 4: Wasserstress kalkalpiner Fichtenwälder als Verhältnis zwischen tatsächlicher und potenzieller Transpiration (T / T_{pot}) in Abhängigkeit von der Bodenmächtigkeit für die Jahre 1936–2012

Vor dem Hintergrund der Risikofaktoren Nährstoffmangel, Windwurf, Borkenkäferbefall und Klimaänderung muss die natürliche Baumartenvielfalt erhalten und wenn möglich gefördert werden. Laubabwerfende Baumarten, vor allem der Bergahorn, zeigen eine bessere Phosphorversorgung und können über ihre Blattstreu beitragen, den Phosphormangel am Standort zu verringern. Bei der Entscheidung, ob Kronenmaterial bei der Holzernte mit genutzt wird und damit die darin gespeicherten Nährstoffe dem Bestand verloren gehen, sollte unbedingt die Nährstoffversorgung am Standort berücksichtigt werden. Der oft historisch bedingte hohe Fichtenanteil sollte im montanen Bereich zugunsten der hinsichtlich Klimawandel und Borkenkäfersituation in der Regel besser zu beurteilenden Mischbaumarten reduziert werden.

Literatur

Göttlein, A.; Baier, R.; Mellert, K.H. (2011): Neue Ernährungskennwerte für die forstlichen Hauptbaumarten in Mitteleuropa – Eine statistische Herleitung aus van den Burg's Literaturzusammenstellung. Allg. Forst- u. J.-Ztg., 182. Jg., H. 9/10, S. 173–186

Die Untersuchungen entstanden im Projekt SicAlp: Standortsicherung im Kalkalpin (Interreg BY/Ö J00183), gefördert von EU und StMELF Bayern. Dr. Wendelin Weis und Benjamin Blumenthal sind bzw. waren wissenschaftliche Mitarbeiter im Fachgebiet »Waldernährung und Wasserhaushalt« der Technische Universität München, das von Prof. Dr. Axel Göttlein geleitet wird. weisw@forst.tu-muenchen.de



In den letzten Wochen erhielt die Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft zahlreiche Fotos unbekannter »Rau-pen« und Einsendungen von Larven aus den Mägen erlegter Wildschweine. Die Bestimmung ergab, dass es sich um Larven von Haarmücken (Familie *Bibionidae*) handelt. Sie ernähren sich von organischem Material in der Humusschicht von Laub- und Nadelwäldern und können in manchen Jahren in riesigen Mengen auftreten. Die fertigen Mücken sind große, stark behaarte und dunkle Tiere, die wie die Larven harmlos sind. Aus dem Spesart wurde berichtet, dass – obwohl es dieses Jahr keine Mast gegeben hat – die Wildschweine gut genährt sind. In den Mägen erlegter Sauen fanden sich große Mengen der 1,5 bis 2 cm großen Larven (Foto), die für die Wildschweine eine hervorragende Eiweißquelle darstellen.

Heinz Bußler