

Walddauerbeobachtung in Graubünden

Die aktuelle Klimaveränderung setzt unseren Wäldern stark zu. Die Trockenheit führt mancherorts zu erhöhten Absterberaten von Waldbäumen. Allerdings spielt dabei auch die Nährstoffversorgung der Bäume eine Rolle, die sich schweizweit in den letzten 30 Jahren verschlechtert hat: Eine unausgewogene Ernährung vermindert die Resistenz gegenüber Trockenheit und Parasiten wie Borkenkäfern. In diesem Artikel möchten wir anhand der neuesten Daten aus dem Interkantonalen Walddauerbeobachtungsprogramm über den Gesundheitszustand der Wälder im Kanton Graubünden berichten.

Dr. Sabine Braun

Die seit 2015 andauernde Häufung von Trockenjahren hat im Wald deutliche Spuren hinterlassen. Solche Entwicklungen zu dokumentieren, ist die Aufgabe der interkantonalen Walddauerbeobachtung des Instituts für Angewandte Pflanzenbiologie, dessen Datenreihen für Buchen und Fichten bis ins Jahr 1984 und für Eichen bis 2010 zurückreichen. Diese langen Datenreihen auf einer

Vielzahl von Flächen mit unterschiedlichen ökologischen Eigenschaften erlaubt die Erkennung und Interpretation von langsam ablaufenden Prozessen (Braun et al. 2018).

Im Kanton Graubünden wurden 1985 die ersten Walddauerbeobachtungsflächen im Rahmen eines Versuchs eingerichtet, der vom damaligen Bundesamt für Forstwesen in Auftrag gegeben wurde. Das Ziel war damals, den Einfluss der Nährstoffversorgung auf die Vitalität von Gebirgswäldern im Experiment zu untersuchen. Weitere Beobachtungsflächen wurden 2001, beim Start des Eichenprogramms 2010 sowie 2015 nach dem Beitritt des Kantons Graubünden zum Interkantonalen Walddauerbeobachtungsprogramm eingerichtet (Abb.1). Ein Schwerpunkt der Walddauerbeobachtung liegt in der Entwicklung der Nährstoffversorgung und der Beziehung zwischen unausgewogener Ernährung und der Wirkung von Trockenheit auf die Vitalität der Bäume. In einer aktuellen Auswertung konnte gezeigt werden, dass die Konzentrationen von Stickstoff (N) und Phosphor (P) im Laub aller drei untersuchten Baumarten über die letzten 35 Jahre abgenommen haben, bei den Buchen ausserdem von Kalium (K) und Magnesium (Mg) (Braun

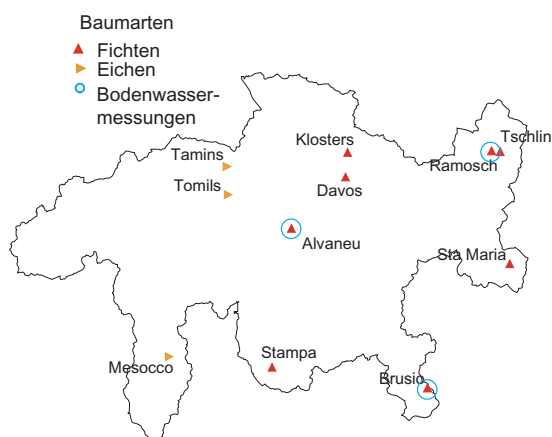


Abb. 1: Lage der Dauerbeobachtungsflächen im Kanton Graubünden.

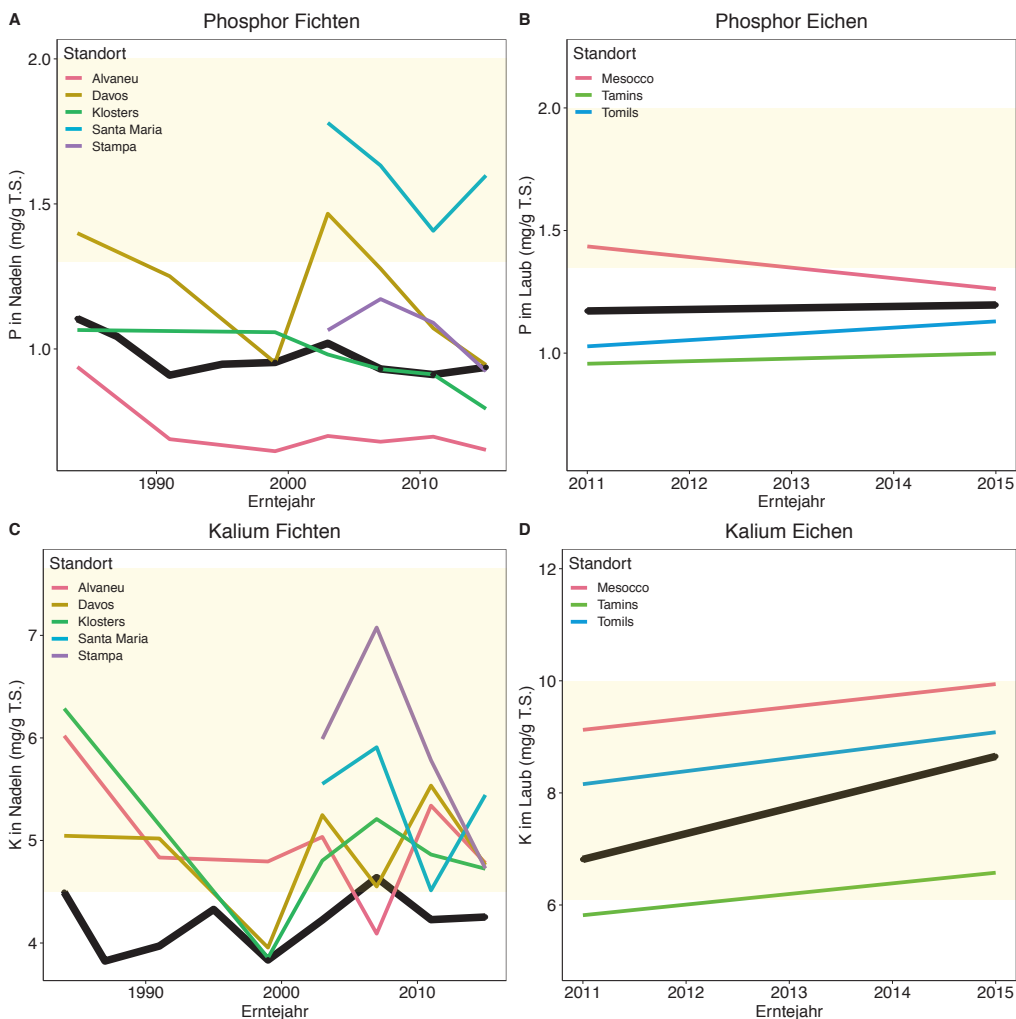


Abb. 2: Entwicklung der Konzentrationen von Phosphor (A, B) und von Kalium (C, D) in den Bündner Flächen. Links: Fichten, rechts: Eichen. Dargestellt ist die Entwicklung der Einzelflächen. Die dicke schwarze Linie zeigt die mittlere Konzentration aller Flächen des Interkantonalen Walddauerbeobachtungsprogramms (Fichten: $n=76 \times 8$, Eichen 50×8). Die gelbe Fläche ist der Bereich ausreichender Versorgung nach Göttlein (2015).

et al. 2020). Das Verhältnis von N zu P (Mass für den Ernährungsstatus) ist bei allen Baumarten unausgeglichen, für N:K teilweise. Als Ursache für die unausgewogene Ernährung stehen die hohen Stickstoffeinträge im Vordergrund. Die nach wie

vor grosse Belastung der Wälder durch Stickstoffeinträge stammt in der Schweiz zu zwei Drittel aus der Landwirtschaft und einem Drittel von der Industrie und dem Verkehr (Rihm und Achermann 2016). Unsere Daten zeigen, dass bei hohem

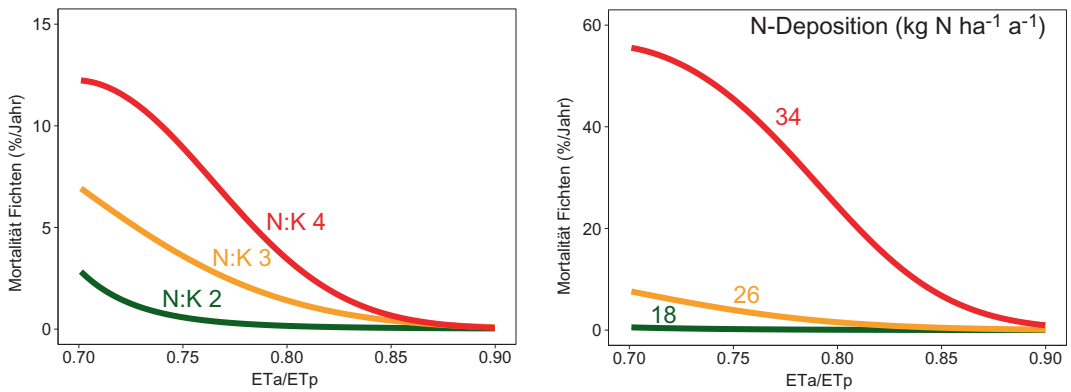


Abb. 3: Korrelation der Fichtenmortalität mit Trockenheit (Verhältnis zwischen aktueller und potenzieller Evapotranspiration; ETa/ETp) während vier Vorjahren bei unterschiedlichen Werten des N:K-Verhältnisses in den Nadeln. Interaktion signifikant mit $p < 0.001$. Für den Vergleich der Trockenheitsindikatoren mit einzelnen Jahren oder Standorten vgl. Abb. 6. N:K-Werte über 3,6 sind als unharmonisch zu werten.

Stickstoffeintrag die K-Konzentrationen bei allen Baumarten sinken, bei der Buche zudem auch die P-Konzentrationen.

Die Nährstoffentwicklung der im Graubünden beobachteten Waldbestände entspricht grösstenteils der gesamtschweizerischen Entwicklung (Abb. 2). Auffallend ist jedoch die grosse Streuung beim Phosphor. Während die Fichten in Santa Maria ausgezeichnet mit Phosphor versorgt sind, ist die Versorgung in Alvaneu extrem mangelhaft. Das ist interessanterweise auch der Standort, an dem eine P-Gabe starke Effekte auf die Baumvitalität hatte. Mehr Details zu diesem Nährstoffversuch in Alvaneu finden sich in Abb. 6. In Stampa und Klosters entspricht die Phosphorversorgung eher dem Durchschnitt aller Flächen des Interkantonalen Walddauerbeobachtungsprogramms, der mit der dicken schwarzen Linie gekennzeichnet ist. Bei den Eichen ist die Phosphorversorgung ausgeglichener. Die Kaliumversorgung der Fichten im Kanton Graubünden ist durchwegs als recht gut zu beurteilen. Sie ist höher als das Mittel aller Beobachtungsflächen. Die K-Versorgung der Eichenflächen ist ebenfalls gut.

Die grosse Flächenzahl und die lange Zeitreihe erlauben es, Beziehungen zwischen unausgewogener Ernährung und der Vitalität der Waldbäume zu untersuchen. Dabei ist der Einbezug einer geeigneten Quantifizierung für Trockenheit essenziell. In einem Vergleich verschiedener Trockenheitsindikatoren schnitt das mittlere Verhältnis zwischen aktueller und potenzieller Evapotranspiration (ETa/ETp) während der Vegetationsperiode sehr gut ab (Braun et al. 2015). Dieser Indikator gibt an, wie stark die Verdunstung infolge Trockenheit eingeschränkt wird und wird mit einem hydrologischen Modell (Wasim-ETH, Schulla 2013) berechnet. Bei dieser Berechnung fliessen Informationen über den Waldbestand, den Boden sowie tägliche interpolierte Klimadaten ein.

Ein Ergebnis der Auswertungen war, dass P-Mangel das Stamm- und Triebwachstum bei Buchen und Fichten vermindert (Braun et al. 2017). Bei den Buchen verstärkt P-Mangel die Wirkung von Trockenheit und steht auch generell mit einer erhöhten Mortalität in Zusammenhang. Ebenfalls bei den Buchen ist P-Mangel mit der Ausbleichung von Buchenlaub durch das Sonnenlicht (Photo-

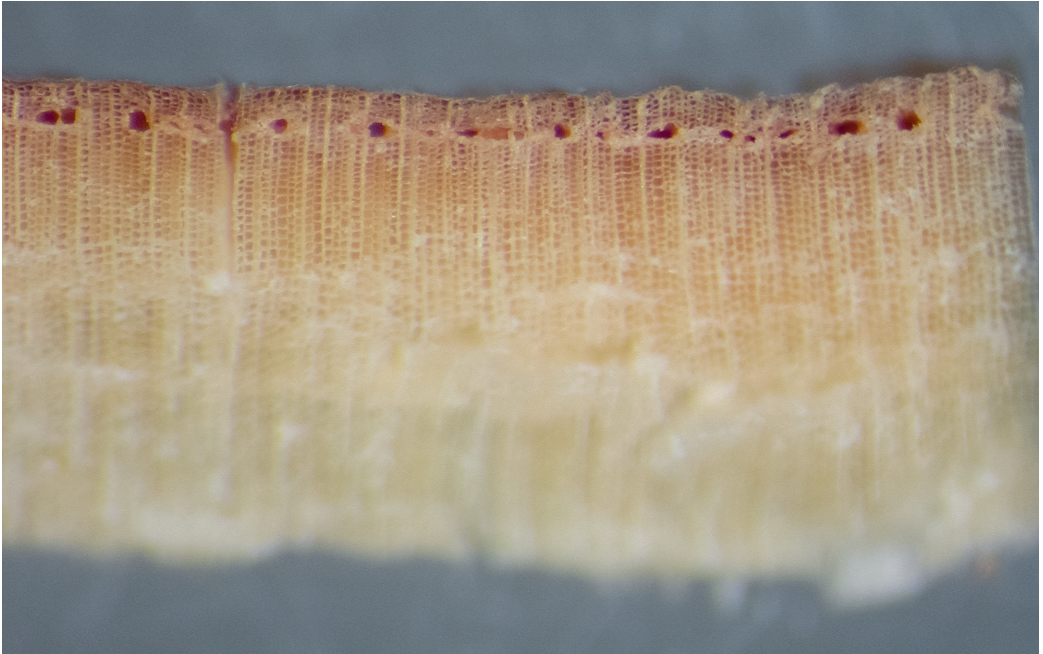


Abb. 4: Harzkanäle in Fichtenholz

bleaching) verbunden. Bei den Fichten können vor allem Effekte einer unausgeglichener K-Ernährung, d.h. eines weiten N:K-Verhältnisses, beobachtet werden. Ein solches führt zu einer erhöhten Mortalität und verstärkt dabei die Wirkung von Trockenheit. Gleiches gilt für hohe Stickstoffeinträge (Abb. 3). Da die Fichtenmortalität in den meisten Fällen durch den Befall mit dem Buchdrucker verursacht wird, heisst das, dass die Resistenz gegenüber diesem Schwächeparasiten durch K-Mangel und hohe Stickstoffeinträge vermindert wird. Darauf weist hin, dass in einem K-Düngungsexperiment im Kanton Zürich eine verminderte Dichte der Harzkanäle bei Fichten mit K-Mangel beobachtet wurde (Abb. 5, Flückiger und Braun 2009). Die Bedeutung dieser Interaktionen zwischen unausgeglichener Ernährung und Trockenheit hat in den letzten Jahren massiv zugenommen. Seit 2015 ist eine Häufung von trockenen Jahren zu beob-

achten (MeteoSchweiz 2018). In den Auswertungen der Mortalität von Buchen und Fichten wirkt sich die Trockenheit von 3 bzw. 4 Vorjahren aus. Das heisst, dass sich die Effekte aufeinanderfolgender Trockenjahre kumulieren können. Der Verlauf des für die Fichtenmortalität verwendeten Trockenheitsindikators ist in für einige Beispielflächen im Kanton Graubünden sowie eine Eichenfläche im Wallis (Sion) dargestellt. Überraschenderweise weisen diese Berechnungen für den grössten Teil der letzten 15 Jahre tiefere Werte – also eine höhere Trockenbelastung – für die Eichen in Tamins und die Fichten in Tschlin als für die Eichen in Sion aus. Dies stimmt mit (eigenen) Beobachtungen einer hohen Föhrenmortalität im Churer Rheintal im Sommer 2019 überein.

Der in den Jahren 1986–1988 angelegte Ernährungsversuch in Alvaneu (Abb. 7, Flückiger und Braun 1995) ist eine Fallstudie über den Einfluss

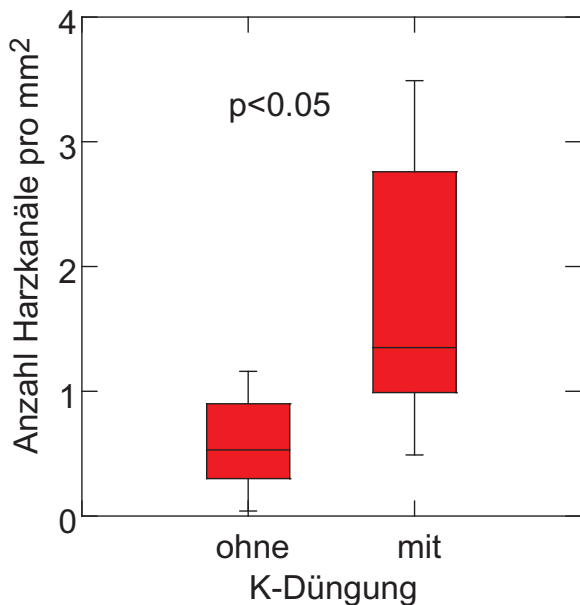


Abb. 5: Anzahl Harzkanäle in einem K-Düngungsversuch mit Fichten in den Kontrollen (links, K-Konzentration 2.4 mg/g, N:K 6.3) und den mit K-gedüngten Fichten (rechts, K-Konzentration 5.8 mg/g, N:K 2.6).

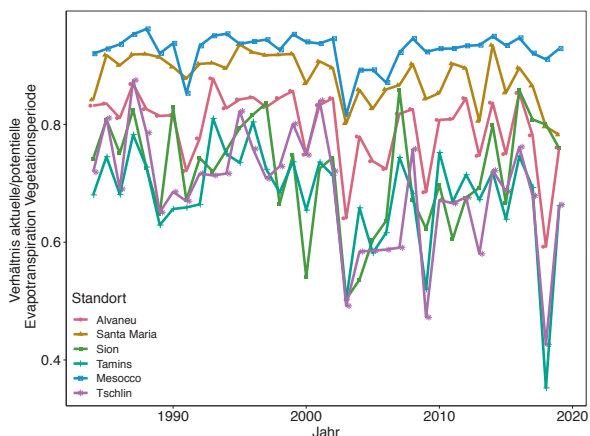


Abb. 6: Verhältnis zwischen aktueller und potenzieller Evapotranspiration E_{ta}/E_{Tp} während der Vegetationsperiode in zwei Fichten- und drei Eichenflächen im Kanton GR sowie einer Eichenfläche im Wallis.

einer Slow-Release-Nährstoffmischung auf die Vitalität der Bäume. Auch 30 Jahre nach der Behandlung sind Unterschiede in der Kronenverlichtung (Abb. 8), im Stammzuwachs und in der Phosphorkonzentration in den Nadeln noch deutlich erkennbar (Abb. 7). Wie schon weiter oben festgehalten, ist bemerkenswert, dass die P-Konzentration in den unbehandelten Kontrollflächen in Alvaneu sehr tief ist. Die starke Reaktion von Kronenzustand und Stammzuwachs auf eine Verbesserung der P-Versorgung ist ein Hinweis darauf, dass die tiefen P-Konzentrationen in den Nadeln tatsächlich als Mangel einzustufen sind.

Fazit

Unsere Daten zeigen grosse lokale Unterschiede in der Gesundheit der Bündner Wälder. Wichtig sind dabei Ernährung und Klima. Bei der Nährstoffversorgung spielen geologische Unterschiede eine Rolle. Die Stickstoffbelastung ist in Graubünden zwar weniger hoch als beispielsweise im Mittel-land, aber wahrscheinlich immer noch hoch genug, um die Trockenheitsempfindlichkeit von Fichten und damit ihre Anfälligkeit gegenüber dem Buchdrucker zu beeinflussen. Die deutliche Reaktion auf eine verbesserte P-Versorgung der Fichten im Nährstoffexperiment in Alvaneu zeigt, dass auch im Graubünden der Ernährungszustand der Wälder im Auge behalten werden sollte. Das betrifft sowohl die Veränderung durch Stickstoffeinträge als auch eine nachhaltige Waldbewirtschaftung mit möglichst geringem Nährstoffentzug. Die zunehmenden Wetterextreme mit extremer Hitze und langen Trockenperioden machen schweizweit vor allem den Buchen und Fichten zu schaffen, während die Vitalität der Eichen weniger eingeschränkt ist. Die sonst als trockenresistent geltende Föhre ist nicht Teil des Beobachtungsprogramms, hat aber zum Beispiel im Churer Rheintal seit 2018 stark gelitten. Der Klimawandel in den Bündner Waldökosystemen kann je nach Baumart und Region unterschiedliche Reaktionen hervorrufen. Eingehende

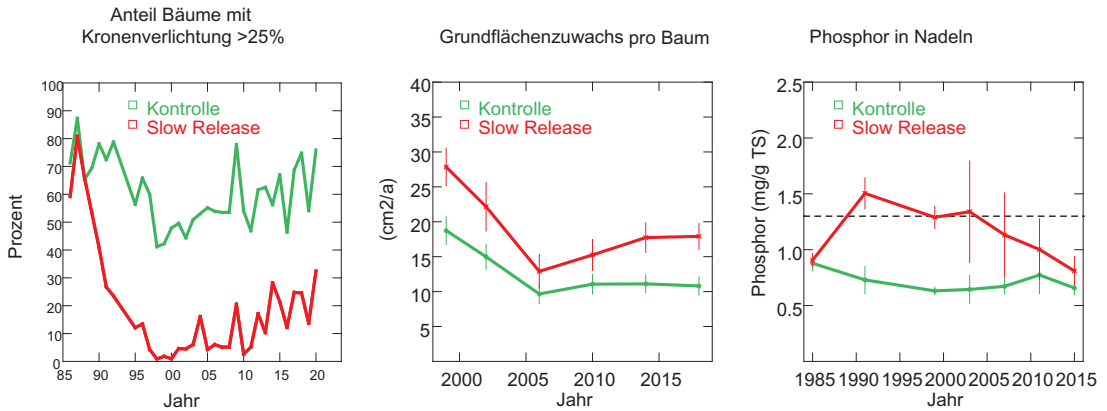


Abb. 7: Anteil der Bäume in Alvaneu mit einer Kronenverlichtung >25% (links), Grundflächenzuwachs pro Baum (Mitte) und P-Konzentration in den Nadeln, getrennt nach Behandlung. Balken in der mittleren und rechten Grafik = 95% Vertrauensintervall.

Untersuchungen der zugrundeliegenden Ursachen werden dabei helfen, den Wald besser zu verstehen und die Waldbewirtschaftung sowie die Stabilität dieser Ökosysteme zu optimieren.

Dr. Sabine Braun ist Leiterin des Institut für Angewandte Pflanzenbiologie AG

Literaturverzeichnis auf www.buendnerwald.ch



Abb. 8: Kronenverlichtung von Fichten in Alvaneu. Links: gedüngte Fläche, rechts: ungedüngte Kontrollen.