

TreeNet – wann wachsen unsere Bäume?

R. Zweifel, S. Etzold, Lorenz Walthert, Roger Köchli, Werner Eugster* | Der radiale Stammzuwachs von Holz und Rinde von Bäumen kann bis heute nur teilweise auf Umweltbedingungen zurückgeführt werden. Das Forschungsnetzwerk TreeNet versucht nun, dem Rätsel mit hochaufgelösten, grossflächig gemessenen Stammradius-Daten auf die Spur zu kommen.

Erstaunlich, aber wahr: Das radiale Stammwachstum von Bäumen ist nur teilweise mit den aktuell herrschenden Bedingungen in Luft und Boden zu erklären. Je nach Baumart und Standort lassen sich nur 20–40% des gemessenen Wachstums mit den aktuellen Umwelt-Bedingungen erklären (Zweifel & Sterck, 2018). Das heisst, mehr als die Hälfte der Variation des Wachstums wird durch Prozesse bestimmt, die nichts mit den zeitgleich herrschenden Umweltbedingungen zu tun haben. Ein Vergleich dazu: Die

Wasserspeicher-Dynamiken in einem Baum (z.B. das wasserbedingte Schrumpfen des Stammes) können mit bis zu 75-prozentiger Präzision mit eben diesen Bedingungen erklärt werden (Etzold & Zweifel, 2018). Die Wissenschaft hat also im Fall des Baumwasserhaushalts weitgehend verstanden, welche physikalischen und biologischen Prozesse den Wasserfluss inklusive der Zwischenspeicherung von Wasser im Stamm und in anderen Organen steuern. Es ist somit möglich, mit hoher Genauigkeit festzustellen, wie viel Wasser ein Baum unter den gegebenen Bedingungen täglich verbraucht.

Warum aber ist das radiale Stammwachstum so schlecht voraussagbar? Diese Frage stand als eine der ersten im Zentrum der Auswertungen der Daten von TreeNet (Etzold & Zweifel, 2018). Wir vermuteten, diese Wissenslücke liesse sich durch präzises und zeitlich hochaufgelöstes Messen schliessen. Üblicherweise basieren

Wachstumsanalysen auf Stamm-Bohrkernen, in denen das Wachstum in jährlicher Auflösung erkennbar ist. Aufgrund dieser groben zeitlichen Auflösung konnte man nicht genau rekonstruieren, wann im Jahresverlauf der Baumstamm wirklich wuchs und welche Umweltbedingungen dabei herrschten. Die TreeNet-Daten in Kombination mit den neusten Analyse-Ansätzen eröffneten nun erstmals die Möglichkeit, das Wachstum von Holz und Rinde bis auf die Stunde genau zuverlässig aufzulösen (Zweifel et al., 2016). So wurde es möglich, nicht nur jährliche Bedingungen, sondern auch monatliche, wöchentliche, tägliche, ja gar stündliche mit dem jährlichen Wachstum zu vergleichen. Die Wachstumsperioden konnten nun sehr präzise den herrschenden Bedingungen in Luft und Boden zugeordnet werden. Ein Meilenstein in der Erforschung der Treiber des radialen Stammwachstums, dachten wir!



Punktendrometer an einem Eschenstamm Ende März in Visp, VS

Roman Zweifel

*Roman Zweifel, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Walddynamik, 8903 Birmensdorf
Sophia Etzold, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Walddynamik, 8903 Birmensdorf
Lorenz Walthert, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Waldböden und Biogeochemie, 8903 Birmensdorf
Roger Köchli, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Waldböden und Biogeochemie, 8903 Birmensdorf
Werner Eugster, ETH Zürich, Institut für Agrarwissenschaften, 8092 Zürich

Gross war jedoch die Ernüchterung, als wir feststellen mussten, dass die Erklärbarkeit der höher aufgelösten Wachstumsdaten nicht besser war als das, was wir von den jährlichen Daten schon kannten. Allerdings, und das ist die positive Seite der Geschichte, erlaubten uns diese neuartigen Daten eine völlig neue Sichtweise auf die Frage, wann genau Holz und Rinde wachsen. Auch wenn wir unsere ursprünglichen Fragen «wie viel und warum» noch nicht beantworten können, hat die Frage nach dem «wann» ein paar faszinierende, neue Antworten hervorgebracht. Und auf diese Antworten gehen wir im Folgenden näher ein.

Wann wachsen die Bäume?

Unsere Schweizer Waldbäume, genauer deren Stämme, wachsen hauptsächlich in den Monaten April bis Juli, also relativ früh in der Vegetationsperiode (Abbildung 1). Weitgehend unabhängig von Baumart und Standort erzielen die TreeNet-Bäume in nur etwa zwei bis drei Monaten rund 80% des jährlichen Zuwachses. Dies ist eine überraschend kurze Zeitspanne verglichen mit der gesamten Vegetationsperiode, die zwei- bis dreimal so lange dauert. Deutlich später startet die Wachstumsperiode an den höher gelegenen Standorten verglichen mit

den Tieflagenstandorten (Abbildung 1). Eine Fichte in Beatenberg im Berner Oberland (1500 m ü. M.) zum Beispiel beginnt ihre Wachstumsperiode gut 50 Tage nach derjenigen in Muri im Aargau (500 m ü. M.). Je kühler es an einem Standort ist, desto länger dauert es im Frühling, um die nötige Minimaltemperatur für physiologische Aktivitäten wie Wasserfluss, Fotosynthese und letztlich Wachstum zu erreichen.

Wachstum ist ein diskontinuierlicher Prozess. Auf Tage mit hohem Wachstum können solche mit sehr geringem oder stagnierendem Wachstum folgen. In Abbildung 1

wurden Zeitreihen von bis zu acht Jahren gemittelt und zudem alle gemessenen Baumindividuen pro Standort zusammengefasst. Trotzdem variiert die Wachstumsintensität von einem Tag zum nächsten beträchtlich. Gründe für verlangsamtes oder gar fehlendes Wachstum gibt es einige, der wichtigste Grund ist allerdings eindeutig ein Mangel an Wasser. Sobald die Bedingungen in der Luft oder im Boden zu trocken werden, stoppt das Wachstum, weil die von der Wasserverfügbarkeit abhängigen Druckbedingungen in einer Pflanzenzelle (der sogenannte Zell-Turgor) keine Zellteilung mehr zulassen.

ÜBER TREENET

Im Forschungsnetzwerk TreeNet werden seit rund zehn Jahren Wachstum und Wasserhaushalt von Bäumen mit Punktdendrometern erforscht. Alle zehn Minuten wird schweizweit an 35 Stationen der Stammdurchmesser von über 300 Bäumen automatisch in Mikrometeregenauigkeit gemessen. Daraus lassen sich Erkenntnisse über die Produktivität und deren Abhängigkeit von Baumart und Umweltbedingungen gewinnen. TreeNet befindet sich wortwörtlich am Puls der Bäume [siehe auch Wald & Holz 03/2020].

TreeNet ist eine Zusammenarbeit zwischen der WSL Birmensdorf, der ETH Zürich, dem IAP Basel und der Universität Basel und wird finanziell unterstützt vom BAFU, Abteilung Wald.

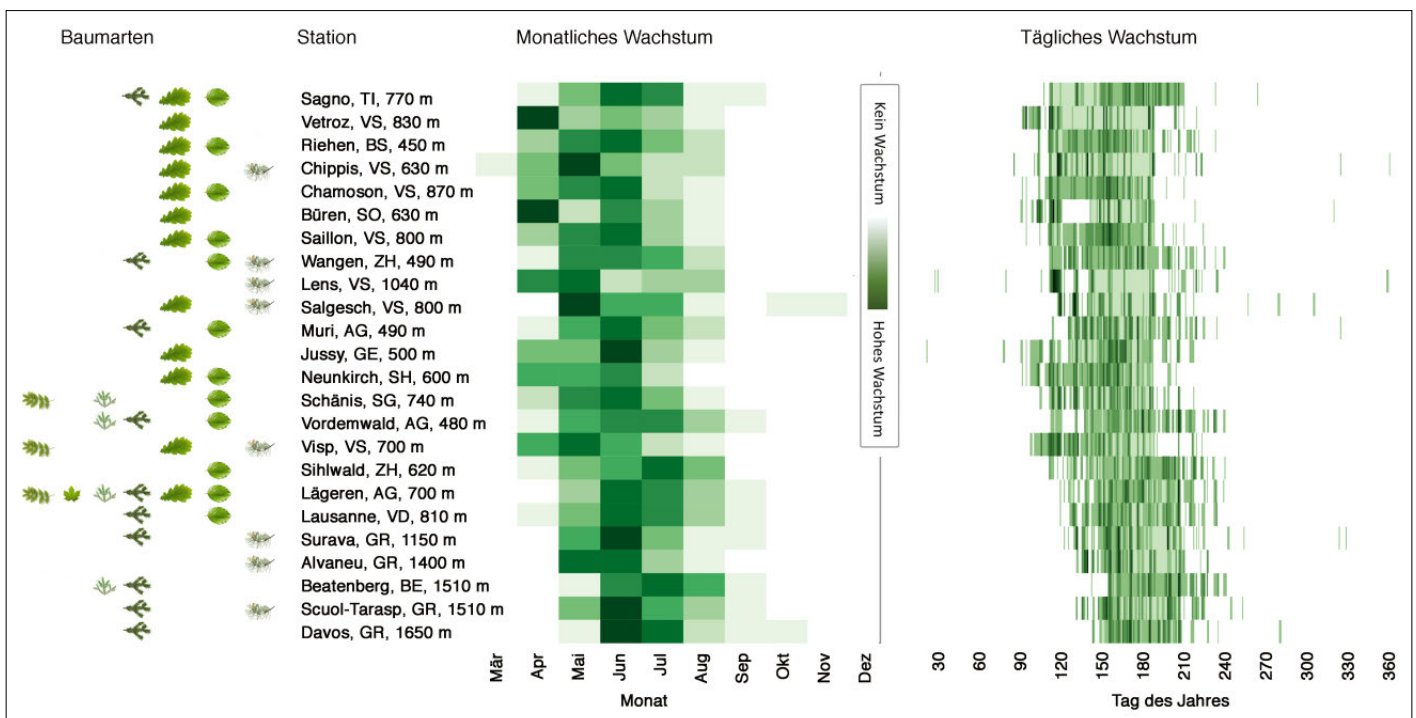


Abbildung 1. Radiales Stammwachstum an 24 TreeNet-Standorten, links in monatlicher Auflösung, rechts in täglicher Auflösung (die Skala auf der x-Achse zeigt den Tag des Jahres). Je dunkler die Färbung, desto grösser war das Wachstum. Die Daten beinhalten je nach Standort verschiedene Baumarten: Esche, Ahorn, Tanne, Fichte, Eiche, Buche, Föhre.

Datenquelle: TreeNet, 2012–2018

Artspezifische Unterschiede

Auch wenn die Hauptwachstumsperiode an verschiedenen Standorten ähnlich lang ist, gibt es doch artspezifische Unterschiede zum Zeitpunkt des Baumwachstums (Abbildung 2). Das früheste radiale Stammwachstum tritt bei den Eichenarten oft sogar vor dem Blattaustrieb auf, und zwar bereits im März und April. Ein derart frühes Wachstum ist ein bekanntes Phänomen von Baumarten mit ringporigem Holz, zu denen die Eiche gehört. Diese Gruppe von Baumarten hat einen sehr schmalen Bereich an aktivem, wasserleitendem Splintholz zählen und sind damit in der Lage, ihr neues Blattwerk ohne das neue Splintholz mit Wasser zu versorgen. Der neue Jahrring trägt erst mit etwas Verzögerung zur Wasserleitung bei. Auch die drei erfassten Nadelbaumarten (Tanne,

aufbauen, um dann für den grossen Wasserbedarf durch die Transpiration der voll entwickelten Blätter bereit zu sein (Copini et al., 2019). Die neu gebildeten grosslumigen Splintholzzellen der Eiche vergrössern also den Stammradius gut messbar vor allen anderen Arten (Abbildung 2).

Alle anderen untersuchten laubwerfenden Baumarten beginnen ihr Stammwachstum erst nach dem Blattaustrieb im März und April. Sie können auf ein breiteres und mehrere Jahrringe umfassendes, wasserleitendes Splintholz zählen und sind damit in der Lage, ihr neues Blattwerk ohne das neue Splintholz mit Wasser zu versorgen. Der neue Jahrring trägt erst mit etwas Verzögerung zur Wasserleitung bei. Auch die drei erfassten Nadelbaumarten (Tanne,

Fichte und Waldföhre) starten ihr Stammwachstum erst im Mai und Juni, also deutlich nach den Eichen.

Das maximale Wachstum zeigt einen ähnlichen artspezifischen Ablauf. Diejenigen Baumarten, die früher mit dem Stammwachstum beginnen, haben auch ihre maximale Wachstumsphase früher. Der Juni ist mit Abstand der wichtigste Stammwachstumsmonat für unsere Schweizer Waldbäume, vor allem auch, weil dann normalerweise noch genügend Wasser im Boden verfügbar ist. Sind die Bedingungen in diesem Monat gut oder schlecht, hat dies entsprechende Auswirkungen auf das Jahreswachstum.

Ungünstige Voraussetzungen für die Fichte

Die Fichte allerdings hat ihr Wachstumsmaximum mehrheitlich erst im Juli (Abbildung 2). Dies hat einerseits mit dem Vorkommen dieser Art bis in höhere Lagen zu tun, ist andererseits aber eine Eigenheit, die auch bei Individuen in tieferen Lagen zu beobachten ist. Dies macht das Wachstum der Fichte besonders sensitiv auf Trockenheit, da das Risiko für Trockenheit im Verlauf des Sommers bei uns in der Regel zunimmt. In trockenen Sommern wie 2003, 2015 und 2018 verzeichnete die Fichte in Tieflagen grössere Wachstumseinbussen als andere Baumarten, weil für sie der wichtigste Wachstumsmonat Juli zu trocken war, während andere Baumarten einen Grossteil ihres Stammwachstums schon abgeschlossen hatten, bevor die Trockenheit voll einsetzte (Burri et al., 2019).

Zwischen Mitte und Ende August (im Mittel am 23. August) endet die Stammwachstumsperiode für die meisten untersuchten Baumindividuen. Die Streuung der gefundenen Endpunkte ist relativ gross, weil die Wachstumskurve in der Regel langsam ausläuft und kleinste Messfehler der Stammradien mehrere Tage Unterschied in der Wachstumsperiode ausmachen können.

Das Auftreten von aussergewöhnlich spätem Wachstum im Jahr ist aber nicht nur auf Messfehler zurückzuführen, sondern wurde oft an trockenen Standorten (z.B. bei Föhren im Wallis) beobachtet. Dort ist die zweite Hälfte der eigentlichen Wachstumsmonate ab Juli derart trocken, dass das Baumwachstum für Tage und Wochen ruht. Es scheint zumindest nicht abwegig, anzunehmen, dass diese trockengestressten Nadelbäume wenigstens einen Teil ihres verpassten Wachstums nach der eigentlichen Wachstumsperiode in den wieder feuchteren Herbstmonaten kompensieren.

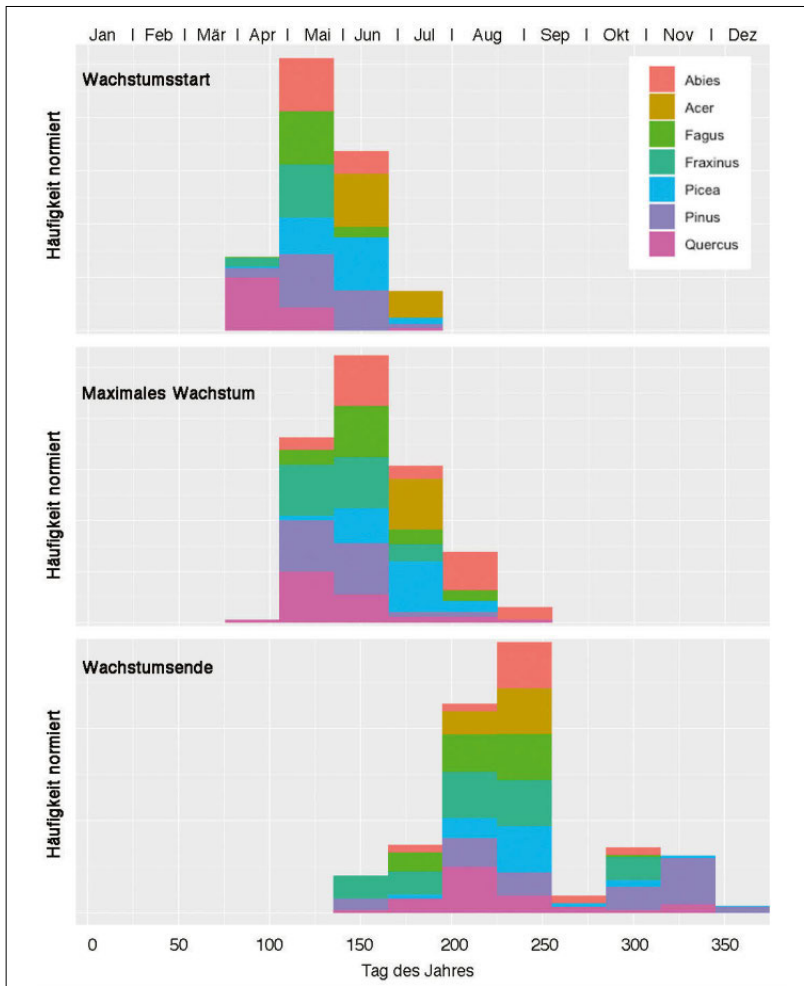


Abbildung 2. Zeitliches Auftreten von radialem Stammwachstum im jährlichen Verlauf gruppiert nach Baumarten. *Abies alba* (Tanne), *Acer platanoides* (Ahorn), *Fagus sylvatica* (Buche), *Fraxinus excelsior* (Esche), *Picea abies* (Fichte), *Pinus sylvestris* (Föhre) und die Eichenarten *Quercus pubescens*, *petraea* und *cerris*. Dargestellt ist die Häufigkeit der Beobachtungen von Einzelbäumen normiert über alle Arten.
 Datenquelle: TreeNet, 2012-2018.

Wachstumsdynamik

Das verbesserte Wissen zur innerjährlichen Wachstumsdynamik unserer Waldbäume erlaubt es uns noch nicht, präzisere Vorhersagen zum Stammwachstum zu machen. Immerhin haben die beschriebenen Beispiele aber gezeigt, dass aus den Messwerten Erklärungsansätze für artspezifische Reaktionen z.B. auf Trockenstress gewonnen werden können. Bestätigt wurde auch die Erkenntnis, dass mit dem frühen Abschliessen des Stammwachstums sehr viel des jährlich assimilierten Kohlenstoffs nach der eigentlichen (Holz-)Wachstumsphase aufgenommen wird (Cuny et al., 2015).

Die Fotosynthese zur Aufnahme von Kohlenstoff aus der Luft läuft nämlich so lange, wie die Blätter grün bleiben, auch wenn die Bäume nicht mehr wachsen. Dies bedeutet, dass grosse Mengen an Kohlenstoff (zwischen)gespeichert oder z.B. zum Wachsen von Wurzeln verwendet werden und somit nicht als radiales Stammwachstum messbar werden. Und genau an diesem Punkt beginnt sich das Geheimnis um das schlecht erklärbare Stammwachstum zu lüften: bei Speichern und Strukturen im Baum, die zwar in der Vergangenheit angelegt wurden, sich jedoch ganz direkt auf das jetzige Wachstum auswirken. Dies führt zu einer gewissen Entkoppelung der aktuell herrschenden Umweltbedingungen vom Wachstum.

Die aktuelle Forschung zu diesem Thema versucht, das Anlegen von Reserven in der Vergangenheit in die Berechnung der aktuellen Wachstumsleistung mit einzubeziehen (Zweifel & Sterck, 2018). Damit soll eine Brücke geschlagen werden zwischen Umweltein-

flüssen, die den Baum in der Vergangenheit beeinflusst haben, und jenen, die heute wirken. Es scheint damit auch klar, warum die zeitlich höher aufgelösten Wachstumsdaten nicht zu einer besseren Erklärbarkeit von Wachstum führten. Aber das ist eine andere TreeNet-Geschichte ... ■

LITERATUR

Burri S, Haeler E, Eugster W, Haeni M, Etzold S, Walthert L, Braun S, Zweifel R. 2019. How did Swiss forest trees respond to the hot summer 2015? *Die Erde* 150(4): 214-229.

Copini P, Vergeldt FJ, Fonti P, Sass-Klaassen U, den Ouden J, Sterck F, Decuyper M, Gerkema E, Windt CW, Van As H. 2019. Magnetic resonance imaging suggests functional role of previous year vessels and fibres in ring-porous sap flow resumption. *Tree Physiology* 39(6): 1009-1018.

Cuny HE, Rathgeber CBK, Frank D, Fonti P, Makinen H, Prislán P, Rossi S, del Castillo EM, Campelo F, Vavrcik H, et al. 2015. Woody biomass production lags stem-girth increase by over one month in coniferous forests. *Nature Plants* 1[11]: 1-6.

Etzold S, Zweifel R. 2018. TreeNet-Daten und Analysen der ersten fünf Messjahre mit Beiträgen von Matthias Haeni, Susanne Burri, Sabine Braun, Lorenz Walthert, Melissa Dawes, Nina Buchmann, Elena Haeler, Roger Köchli, Marcus Schaub und Werner Eugster. Birmensdorf: WSL Birmensdorf.

Zweifel R, Haeni M, Buchmann N, Eugster W. 2016. Are trees able to grow in periods of stem shrinkage? *New Phytologist* 211: 839-849.

Zweifel R, Sterck F. 2018. A conceptual tree model explaining legacy effects on stem growth. *Frontiers in Plant Sciences* 1[9]: 1-9.



Station Sagno, TI: Meteostation mit Solarpanel, Regenwippe (grosser weisser Topf), Windgeschwindigkeitsmesser, Temperatur- und Luftfeuchte-Messeinheit (Objekt mit den weissen Lamellen) und auf der Spitze Lichtmesser (nicht zu sehen auf dem Bild)

R. Zweifel

Infos

Offizielle Website: www.treenet.info
TreeNet-Resultate der ersten fünf Messjahre [WSL Berichte, 72 2018]: <https://www.dora.lib4ri.ch/wsl/islandora/object/wsl:18938>
Sammlung von Reportagen über TreeNet: <https://treenet.info/treenet-newspaper/>
Logging-Infrastruktur: www.decentlab.com



Forsterhänger

- Leichtbau Forsterhänger an Zugfahrzeug -3.5t
- Innenausüstung nach Wunsch
- Nach Wunsch mit Photovoltaikanlage und Diesel Standheizung

Huber Fahrzeugbau | 6333 Hünenberg See | 041 780 11 54 | info@huber-fahrzeugbau.ch | www.huber-fahrzeugbau.ch