

# Kronenzustand und Zuwachs in Schweizer Buchenwäldern während der Trockenheit 2018

**Brigitte Rohner**  
**Adrian Lanz**  
**Fabrizio Cioldi**  
**Rolf Meile**  
**Esther Thürig**  
**Marco Ferretti**

Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, WSL (CH)\*  
Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, WSL (CH)  
Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, WSL (CH)  
Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, WSL (CH)  
Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, WSL (CH)  
Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, WSL (CH)

Während der Trockenheit 2018 wurden in einigen Regionen der Schweiz bei der Buche frühe Kronenverfärbungen und vorzeitige Blattverluste beobachtet. Die tatsächliche Verbreitung und das Ausmass dieser Kronenreaktionen sowie deren Einfluss auf das Wachstum der Bäume blieben aber unklar. Im Spätsommer 2018 wurden deshalb 75 Probeflächen des Schweizerischen Landesforstinventars (LFI), auf denen mindestens eine Buche steht und die bereits im Frühjahr 2018 im Rahmen der regulären LFI-Datenerhebung vermessen wurden, erneut aufgesucht. Dabei wurde bei der Buche der Kronenzustand beurteilt und bei allen Baumarten der seit dem Frühjahr geleistete Grundflächenzuwachs ermittelt. Der vorliegende Artikel fasst die ersten Erkenntnisse dieser Ad-hoc-Erhebung zusammen.

doi: 10.3188/szf.2020.0298

\* Zürcherstrasse 111, CH-8903 Birmensdorf, E-Mail [brigitte.rohner@wsl.ch](mailto:brigitte.rohner@wsl.ch)



**Abb 1** Verlichtete Buche im Trockensommer 2018 in Barga, Kanton Schaffhausen.

Foto: Fabrizio Cioldi

In weiten Teilen der Schweiz wurden im Laufe des trockenen Sommers 2018 erhebliche Reaktionen an Baumkronen beobachtet. So häuften sich die Medienberichte, die von verfrühten Kronenverfärbungen und gar von Blattabwürfen berichteten (Fankhauser & Buchecker 2020, dieses Heft). Insbesondere die Buche schien stark unter den anhaltend trockenen Bedingungen zu leiden (Abbildung 1). Die daraufhin lancierten Forschungsbestrebungen zielten in vielfältige Richtungen. Beispielsweise wurden die Fragen angegangen, welche Überlebenschancen die betroffenen Buchen haben und welche physiologischen Vorgänge zu den Kronenreaktionen führen. Zu klären blieben jedoch die Fragen nach der tatsächlichen, objektiven Häufigkeit und dem Ausmass der Kronenreaktionen bei der Buche sowie deren Einfluss auf das Wachstum der Bäume.

Das Schweizerische Landesforstinventar (LFI) erhebt seit dem Jahr 1983 den Zustand und die Veränderungen des Schweizer Waldes anhand einer systematischen Stichprobeninventur und bietet daher eine wertvolle Grundlage, wenn re-

präsentative Aussagen für Grossregionen oder die ganze Schweiz gefragt sind. Obwohl seit 2009 (Beginn der LFI4-Feldaufnahmen) jährlich ein repräsentatives Unternetz des gesamten LFI-Netzes erhoben wird, können die im Jahr 2018 erfassten Daten nicht direkt zur Analyse der Trockenheitsreaktionen herangezogen werden. Grund dafür sind die beliebigen Aufnahmezeitpunkte zwischen den Frühlings- und Herbstmonaten, welche Zustände vor, während oder nach den Kronenveränderungen beschreiben, aber keinen Vergleich zulassen. So wurde zusätzlich eine Ad-hoc-Aufnahme im Spätsommer 2018 durchgeführt (genannt «RapiDBeeCH» nach dem Projekt «**R**apid survey on short-term effects of 2018 **D**rought on **B**eech forests in Switzerland [CH]»), um spezifische Fragen im Zusammenhang mit der anhaltenden Sommertrockenheit zu beantworten. Die brennendsten Fragen waren dabei:

- 1) Wie häufig und verbreitet zeigten sich kurzfristige Auswirkungen der Sommertrockenheit 2018 auf den Kronenzustand der Buche auf den untersuchten Probeflächen?
- 2) War der Zuwachs betroffener Buchen und auch weiterer Baumarten im Jahr 2018 eingeschränkt?

### Datenerhebung auf Probeflächen des LFI

Die Probeflächen des LFI liegen an den Knotenpunkten eines schweizweiten Netzes mit 1.4 km Maschenweite und decken somit die gesamte Schweizer Waldfläche ab. Die Probeflächen bestehen aus zwei konzentrischen Kreisen (200 und 500 m<sup>2</sup>), wobei im kleineren Kreis alle Bäume mit einem Brusthöhendurchmesser (BHD)  $\geq 12$  cm und im grösseren Kreis alle Bäume mit einem BHD  $\geq 36$  cm gemessen werden. Auf jeder Probefläche wird zudem eine Reihe von Merkmalen zu den Einzelbäumen, zum Bestand und zum Standort erhoben (Fischer & Traub 2019).

Die vorliegende Untersuchung umfasste alle Probeflächen des LFI-Unternetzes 2018 mit mindestens einer Buche, die zwischen dem 11. April und dem 29. Mai 2018 im Rahmen der regulären LFI-Erhebung aufgenommen wurden. Daraus ergaben sich 75 Probeflächen mit insgesamt 821 Probeflächenbäumen (271 Buchen, 212 Fichten, 128 Weisstannen, 210 Bäume von 24 weiteren Arten). Die Flächen befinden

sich auf der Alpennordseite, mit Schwerpunkten im nördlichen und östlichen Jura, im Mittelland und im Alpstein (Abbildung 2). Zwischen dem 27. August und dem 5. September 2018 wurden diese Probeflächen nochmals aufgesucht, wobei der BHD aller lebenden Bäume erneut gemessen wurde. Der mittlere tägliche Grundflächenzuwachs pro Baum zwischen April/Mai und August/September wurde aus der Differenz beider BHD-Messungen berechnet.

Die Beurteilung des Kronenzustandes aller lebenden Buchen erfolgte anhand der Kronenverlichtung (als Proxy für Entlaubung) und der Kronenverfärbung nach den standardisierten Methoden der Sanasilva-Inventur (Müller & Stierlin 1990). Dabei wurden jeweils die oberen zwei Drittel der Baumkrone beurteilt. Eine Transparenz von mehr als 60% wurde als deutliche Kronenverlichtung und eine Färbung gänzlich ohne Grüntöne von mehr als 30% der Blätter als deutliche Kronenverfärbung klassiert. Die Buchen wurden entsprechend der Kronenbeurteilung in drei Kategorien zusammengefasst:

- 1) nicht betroffene (keine deutliche Kronenverlichtung oder -verfärbung),
- 2) betroffene (deutliche Kronenverlichtung oder -verfärbung) und
- 3) stark betroffene Buchen (deutliche Kronenverlichtung und -verfärbung).

Zu beachten gilt, dass die Kategorie «nicht betroffen» Bäume mit leichteren Kronenreaktionen umfassen kann (Kronenverlichtung  $\leq 60\%$  und Kronenverfärbungen, die noch im Bereich der Grüntöne liegen). Die auf diese Weise ermittelte Häufigkeit deutlicher Kronenreaktionen wurde mit den Beobachtungen der Sanasilva-Inventur im Frühsommer 2018 und mit den langfristigen Sanasilva-Datenreihen verglichen.

### Statistische Auswertungen

Zusätzlich zur Quantifizierung der Häufigkeit der Kronenreaktionen wurde ein möglicher Einfluss der Trockenheit auf den Zuwachs mittels zwei Ansätzen abgeschätzt: Zum einen wurde der beobachtete Zuwachs im Jahr 2018 zwischen den

nicht betroffenen, den betroffenen und den stark betroffenen Buchen mit statistischen Testverfahren verglichen. Diese Analyse beschränkte sich auf jene Probeflächen, auf denen sowohl nicht betroffene als auch betroffene oder stark betroffene Buchen gemeinsam auftraten, um Effekte des Standorts (vgl. Rohner & Thürig 2015) möglichst gering zu halten. Zum anderen wurden die beobachteten Grundflächenzuwächse aller Bäume mit zu erwartenden Zuwächsen unter durchschnittlichen Bedingungen verglichen. Diese erwarteten Zuwächse wurden mittels eines statistischen Modells geschätzt, das anhand von Daten früherer LFI-Aufnahmen hergeleitet worden war und dadurch mittlere Wuchsbedingungen auf den jeweiligen Probeflächen unabhängig von Klima- oder Wettereinflüssen abbildet (Thürig et al 2005). Das Modell schätzt den Einzelbaumzuwachs als Funktion des BHD, des Bestandesalters (oder falls nicht vorhanden, des dominanten Durchmessers der Probefläche), der sozialen Stellung des Baumes innerhalb des Bestandes, der Höhe über Meer, der Standortqualität, der Grundfläche des Bestandes und eines Konkurrenzindex. Um den Vergleich mit den erwarteten Zuwächsen zu erlauben, mussten die beobachteten Zuwächse auf die gesamte Vegetationsperiode, die im LFI üblicherweise vom 15. Mai bis zum 15. September angenommen wird, standardisiert werden.

### Auswirkungen der Trockenheit auf den Kronenzustand

Von den total 271 untersuchten Buchen waren zum Zeitpunkt der Erhebung 83% nicht betroffen, 11% betroffen und 7% stark betroffen (Tabelle 1). Eine deutliche Kronenverlichtung wurde an 13% und eine deutliche Kronenverfärbung an 8% der Buchen festgestellt, was klar höhere Häufigkeiten sind, als die Sanasilva-Inventur ausweist, sowohl längerfristig (seit 1985; Verlichtung 0–8%, Verfärbung 0–2%) als auch für den Frühsommer 2018 (Verlichtung 5%, Verfärbung 0%).

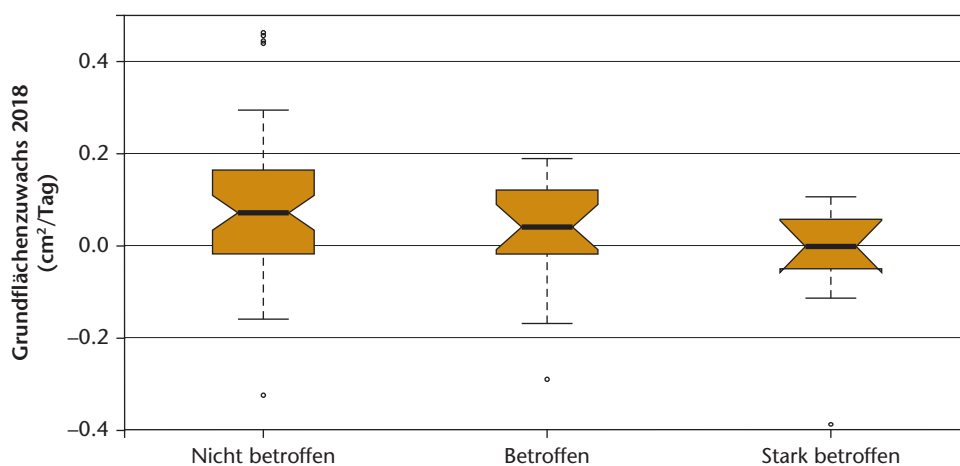
Die betroffenen und stark betroffenen Buchen verteilten sich auf 19 der 75 un-

Merkmal	Probeflächen	Buchen
Anzahl Beobachtungen	75	271
Betroffen oder stark betroffen	19 (25%)	47 (17%)
Nicht betroffen	56 (75%)	224 (83%)

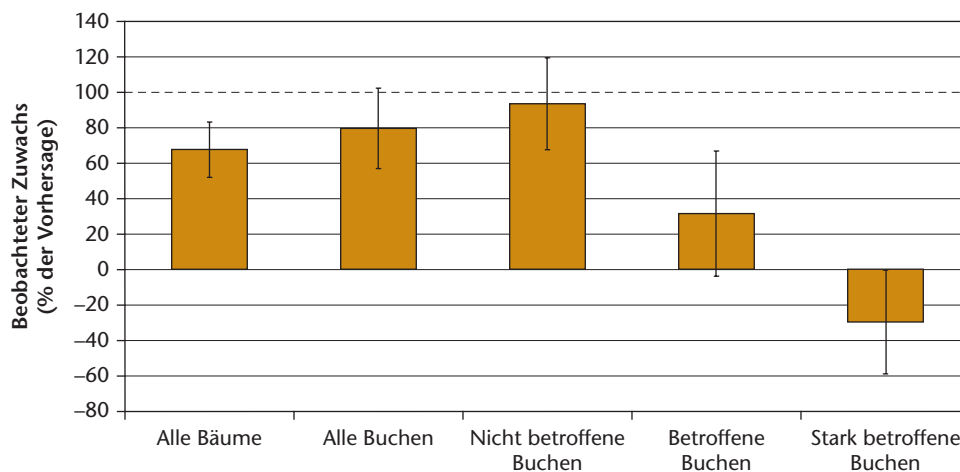
**Tab 1** Häufigkeit von Kronenreaktionen auf den untersuchten LFI-Probeflächen.



**Abb 2** Lage der untersuchten LFI-Probeflächen. Auf insgesamt 19 der 75 Probeflächen wurden Buchen mit deutlicher Kronenverlichtung und/oder deutlicher Kronenverfärbung festgestellt.



**Abb 3** Vergleich des Grundflächenzuwachses zwischen Buchen, die im Trockensommer 2018 von Kronenreaktionen nicht betroffen, betroffen oder stark betroffen waren. Box-Plots: Dargestellt sind der Median ( $Q_{0.50}$ ; dicker horizontaler Strich), die Quartile ( $Q_{0.25}$ ,  $Q_{0.75}$ ; Boxbegrenzung) und der Bereich der Datenpunkte innerhalb des 1.5-fachen Interquartilbereichs (Antennen). Methodenbedingt wurden teilweise negative Zuwächse gemessen. Der Zuwachs zwischen nicht betroffenen und stark betroffenen Buchen unterschied sich signifikant ( $p < 0.05$ ).



**Abb 4** Vergleich des mittels statistischen Modells geschätzten erwarteten Zuwachses bei durchschnittlichen Bedingungen mit dem beobachteten Zuwachs im Jahr 2018. Die gestrichelte Linie bei 100% entspricht dem erwarteten Zuwachs, Werte darunter deuten auf Wachstumseinbußen hin. Die vertikalen Linien entsprechen dem 95%-Konfidenzintervall.

tersuchten Probeflächen (25%; Abbildung 2, Tabelle 1). Während im Alpstein und in den übrigen Voralpen keine betroffenen Buchen festgestellt wurden, zeigte sich in den übrigen vertretenen Regionen kein klares Muster. Auf 11 Probeflächen traten nicht betroffene und betroffene oder stark betroffene Buchen gemeinsam auf.

### Auswirkungen des Kronenzustandes auf den Zuwachs

Auf den 11 Probeflächen mit sowohl nicht betroffenen als auch betroffenen oder stark betroffenen Buchen wuchsen im Jahr 2018 die stark betroffenen Buchen signifikant ( $p < 0.05$ ) weniger als die nicht betroffenen Buchen (Abbildung 3). Auch der Zuwachs der betroffenen Buchen war tendenziell niedriger als jener der nicht betroffenen Buchen, der Unterschied war jedoch nicht signifikant.

Der Vergleich zwischen dem erwarteten und dem beobachteten Zuwachs bestätigte dieses Muster für die Buche (Abbildung 4). Im Jahr 2018 wuchsen die nicht betroffenen Buchen ähnlich wie das statistische Modell erwarten lässt, während die betroffenen Buchen deutlich geringere Zuwächse aufwiesen. Der Zuwachs der stark betroffenen Buchen war noch geringer – im Mittel gar negativ. Der beobachtete Zuwachs zeigte gesamthaft über alle Bäume grössere Abweichungen zum erwarteten Zuwachs als bei den Buchen. Dies deutet darauf hin, dass im Sommer 2018 der Zuwachs auf den betrachteten Probeflächen generell, für den gesamten Baumbestand, signifikant reduziert war.

### Ausblick

Die hier beschriebenen Daten erlauben noch zahlreiche weitere Analysen, die derzeit geplant oder im Gang sind. So werden statistische Modelle mithilfe von Daten zu erklären, weshalb auf gewissen Probeflächen Kronenreaktionen zu verzeichnen waren, auf anderen jedoch nicht. Geplant ist, verschiedenste Kombinationen von Umwelt- und Bestandesgrößen auf ihre Wirkung auf das Auftreten von Kronenveränderungen zu testen. Statistische Modelle auf Einzelbaumbene können auch Aufschluss darüber geben, welche Bäume ein erhöhtes Risiko für Kronenreaktionen und Wachstumseinbußen aufwiesen. Erste Erkenntnisse deuten dar-



auf hin, dass das Risiko insbesondere bei vergleichsweise dicken Buchen erhöht war. Solch weiterführende Analysen werden erlauben, die gefundenen Resultate auch im Hinblick auf Erkenntnisse anderer Trockenheitsprojekte zu diskutieren (z.B. bezüglich Fruktifikation).

Neben diesen vertieften Analysen der Beobachtungen aus dem Jahr 2018 wurden im Spätsommer 2019 und 2020 Folgeerhebungen auf denselben LFI-Probeblächen nach derselben Methodik durchgeführt. Die Auswertung dieser Daten wird ermöglichen, verzögerte Effekte der Kronenreaktionen zu erfassen. So wird sich zeigen, ob durch die Trockenheit 2018 betroffene und stark betroffene Buchen in der Folge häufiger abgestorben sind als nicht betroffene. Ausserdem wird die Untersuchung des Zuwachses nach 2018 mithelfen abzuschätzen, ob die beobachteten Zuwachseinbussen im Jahr 2018 reversibel waren oder ob mit mittelfristigen Einbussen zu rechnen ist.

### Fazit

Erste deskriptive Analysen der Ad-hoc-Erhebung an 75 Probeblächen des LFI haben ergeben, dass deutliche Kronenverlichtung und -verfärbung im Spätsommer 2018 an rund einem Fünftel der Bäume auf rund einem Viertel der Flächen zu verzeichnen waren. Auch wenn diese Flächen aufgrund ihrer Anzahl und ihrer Auswahl nicht als repräsentativ für den Buchenwald in Teilen oder gar der ganzen Schweiz angesehen werden können, deuten die vorliegenden Daten dennoch darauf hin, dass verschiedene Regionen der Schweiz unterschiedlich stark betroffen waren (z.B. Alpstein weniger, Jura mehr). Es ist aber anzunehmen, dass gewisse stark betroffene Gebiete in den untersuchten Probeblächen nicht vertreten waren (beispielsweise Basel).

Im Vergleich zu den Sanasilva-Inventuren wurden höhere Häufigkeiten von Kronenverlichtung und Kronenverfärbung beobachtet. Dieser Vergleich ist jedoch mit Vorsicht zu geniessen, da die Sanasilva-Inventuren jeweils früher im Jahr stattfinden und anzunehmen ist, dass ein Grossteil der Kronenreaktionen zwischen dem Inventurzeitpunkt von Sanasilva und der vorliegenden Ad-hoc-Erhebung eingetreten ist. Dies macht deutlich, dass für Vergleiche zwischen verschiedenen Erhebungen ein besonderes Augenmerk auf

den genauen Zeitpunkt der Kronenbeurteilung gelegt werden muss.

Die Zuwachsbeobachtungen deuten darauf hin, dass Buchen mit deutlichen Kronenreaktionen im Spätsommer 2018 bereits im laufenden Jahr Zuwachseinbussen erfahren haben. Der Vergleich mit dem zu erwartenden Zuwachs unter mittleren Bedingungen zeigte aber, dass diese Einbussen für die Buche insgesamt geringer ausgefallen sein dürfte als für alle Baumarten zusammen. Bei vermehrtem Auftreten solch starker Trockenheitsereignisse wird sich die Schweiz wohl mit möglichen Zuwachseinbussen zumindest in den Tiefen auseinandersetzen müssen. ■

### Literatur

- FANKHAUSER M, BUCHECKER M (2020) Akzeptanz von Massnahmen bei Trockenheit: Bevölkerungsbefragung zum Extremsommer 2018. Schweiz Z Forstwes 171: 288–297. doi: 10.3188/szf.2020.0288
- FISCHER C, TRAUB B, EDITORS (2019) Swiss National Forest Inventory – methods and models of the fourth assessment. Cham: Springer. 431 p.
- MÜLLER E, STIERLIN HR (1990) Sanasilva Kronenbilder. Mit Nadel- und Blattverlustprozenten. Birmensdorf: Eidgenöss. Forsch.anstalt WSL, 2 ed. 129 p.
- ROHNER B, THÜRIG E (2015) Entwicklung klimasensitiver Wachstumsfunktionen für das Szenariomodell «Massimo». Schweiz Z Forstwes 166: 389–398. doi: 10.3188/szf.2015.0389
- THÜRIG E, KAUFMANN E, FRISULLO R, BUGMANN H (2005) Evaluation of the growth function of an empirical forest scenario model. For Ecol Manage 204: 51–66.

### Etat des couronnes et croissance des hêtraies suisses pendant la sécheresse de 2018

L'Inventaire forestier national suisse (IFN) mesure l'état et l'évolution de la forêt suisse depuis 1983. Une partie des placettes de l'IFN du nord des Alpes suisses ont été échantillonnées au printemps 2018. Parmi celles-ci, 75 placettes contenant au moins un hêtre ont été rééchantillonnées à la fin de l'été 2018. Au total, le diamètre de 821 arbres a été remesuré afin d'évaluer leur croissance au cours de l'été. La défoliation et la décoloration du feuillage des hêtres ont également été estimées. Les résultats de cet échantillonnage ad hoc ont montré qu'environ un cinquième des arbres sur environ un quart de la surface avaient subi une défoliation et une décoloration significatives à la fin de l'été. Entre avril et août 2018, les hêtres fortement affectés ont eu une croissance significativement plus faible que les hêtres non affectés. La croissance des hêtres affectés était significativement plus faible que celle prédite par les modèles statistiques de l'IFN pour un arbre soumis à des conditions moyennes. Les pertes de croissances observées chez les autres espèces d'arbres étaient encore plus importantes. Ces résultats indiquent que durant l'été 2018, l'ensemble de la population d'arbres a été soumise à une réduction significative de croissance dans les placettes considérées.