

Auswirkungen der Trockenheit seit dem Sommer 2018 auf den Flächen der Interkantonalen Walddauerbeobachtung

von Sabine Braun, Lucienne C. de Witte, Sven-E. Hopf & Simon Tresch, Institut für Angewandte Pflanzenbiologie AG, Witterswil

Die Folgeschäden des Trockensommers 2018, die 2019 zu Tage traten, überstiegen alle bisherigen Beobachtungen auf dem Messnetz.

Ergebnisse aus der Walddauerbeobachtung

Die Interkantonale Walddauerbeobachtung untersucht seit 1984 die Waldgesundheit an Buchen und Fichten, seit 2008 auch an Eichen, in heute 185 Beobachtungsflächen in der Schweiz. Der Kanton Zürich ist seit Beginn an diesem Projekt (mit 23 Flächen und 1473 Bäumen) aktiv beteiligt. Es hat sich gezeigt, dass die Walddauerbeobachtung ein geeignetes Instrument ist, um schleichende Veränderungen durch die Deposition von versauernden und eutrophierenden Luftschadstoffeinträgen oder Einflüsse des Klimawandels in den Wäldern aufzuzeigen.

Aktuell hilft dieses Monitoring, die Reaktionen der Bäume auf den Trockensommer 2018 zu beobachten und Unterschiede zwischen Baumarten und zwischen Regionen in der Schweiz festzustellen. Die Trockenheitsindikatoren wie die minimale Standortwasserbilanz zeigten im Jahr 2018 im Vergleich zu 2003 nicht unbedingt eine stärkere Trockenheit an. 2018 setzte die Trockenheit jedoch früher im Jahr ein als 2003. Zudem folgte 2018 auf eine Reihe bereits trockener Jahre wie 2015. Die Folgeschäden, die 2019 zu Tage traten, überstiegen alle bisherigen Beobachtungen auf dem Messnetz. Der Anteil von Buchen mit



Institut für Angewandte Pflanzenbiologie

Abb. 1: Stark geschädigte Buchen in Coeuve (JU) mit einer Kronenverlichtung von 90% (>Schadstufe 2)

einer Kronenverlichtung von über 60% war sechsmal höher als im Mittel der gesamten Beobachtungszeit. In einigen Flächen der Nordwestschweiz war fast ein Drittel der Buchen zu mehr als 60% verlichtet, was der zweiten Schadstufe entspricht. Die Buchenmortalität war 2018 und 2019 um das Vier- bis Fünffache erhöht (vgl. Abb. 2). Auf Flächen mit mangelhafter Phosphorversorgung und mangelhafter Kaliumversorgung war die Erhöhung deutlich stärker. Bei den Fichten stieg die Mortalität durch Buchdruckerbefall in den Jahren 2019 und 2020 auf einen Rekordwert von in der Summe 9.3% und lag damit um ein Vielfaches höher als nach dem Hitzesommer 2003 (vgl. Abb. 3). Hohe Stickstoffeinträge und schlechte Kaliumversorgung verstärkten den Trockenheitseffekt auf den Borkenkäferbefall. Einige Fichtenflächen, darunter Winterthur und Diessenhofen, mussten komplett aufgegeben werden. Interessanterweise zeigten Stiel- und Flaumeichen nur wenige, Traubeneichen keine Vitalitätseinbussen. Die Flaumeiche war im Vergleich zur Traubeneiche stärker verlichtet. Färbungsversuche der Leitgefäße und Messungen des Wassergehalts an Buchen- und Eichenästen zeigten, dass bei der Buche die Trockenheit im Vorjahr die Aktivität der Leitgefäße vermindert und somit den Wassergehalt negativ beeinflusst. Das ist ein wichtiger Hinweis darauf, dass die aktuell auftretenden Schäden das Ergebnis mehrerer vorangegangener Trockenjahre waren. Bei den Eichen wurde keine Korrelation zwischen der Trockenheit des Vorjahrs und der Aktivität der Leitgefäße gefunden, was bedeutet dass diese Baumart weniger anfällig auf Trockenheitseinflüsse reagiert, weil sie ihre wichtigen Leitgefäße jährlich neu bildet. Für detaillierte Ergebnisse und Literatur sei auf einen Artikel in der *Schweizerischen Zeitschrift für Forstwesen* (Nr. 171, S. 280-280) sowie auf die Webseite des Instituts für Angewandte Pflanzenbiologie (www.iap.ch) verwiesen.

Die Kombination von Beobachtungen und Messungen an Bäumen auf dem ein-

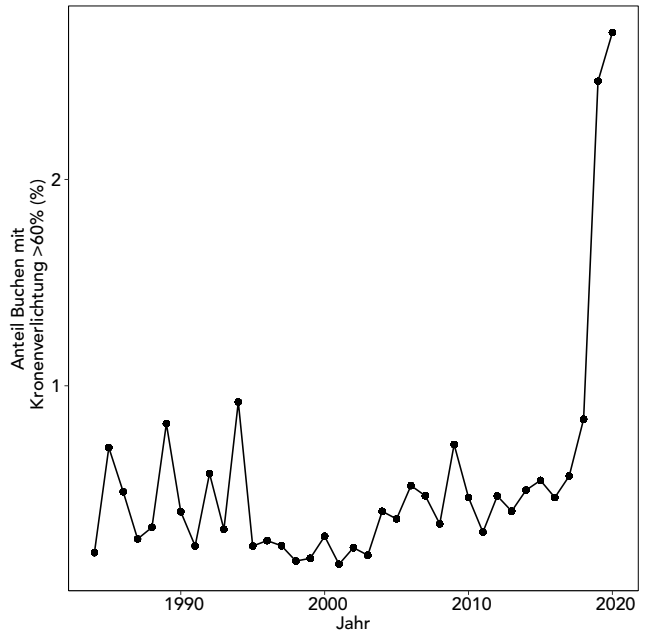


Abb. 2: Anteil Buchen mit einer Kronenverlichtung von >60% (Schadstufe 2) von 1984 bis 2020. Anzahl Baumbearbeitungen seit 1984 = 183'815.

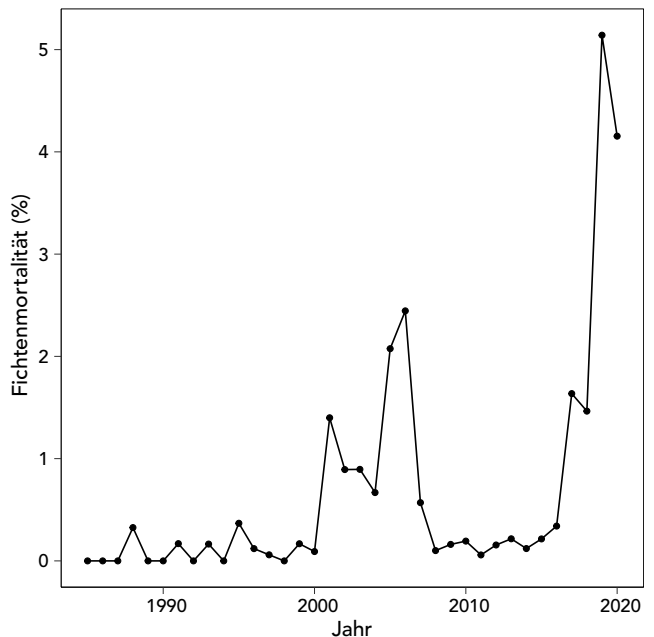


Abb. 3: Mortalität der Fichten in Prozent gemittelt pro Beobachtungsjahr. Anzahl Fichtenflächen im Jahr 2020 = 76. Anzahl Baumbearbeitungen seit 1985 = 131'819.

Mittlere Fichtenmortalität durch Borkenkäfer 2017–2020 (N=81)

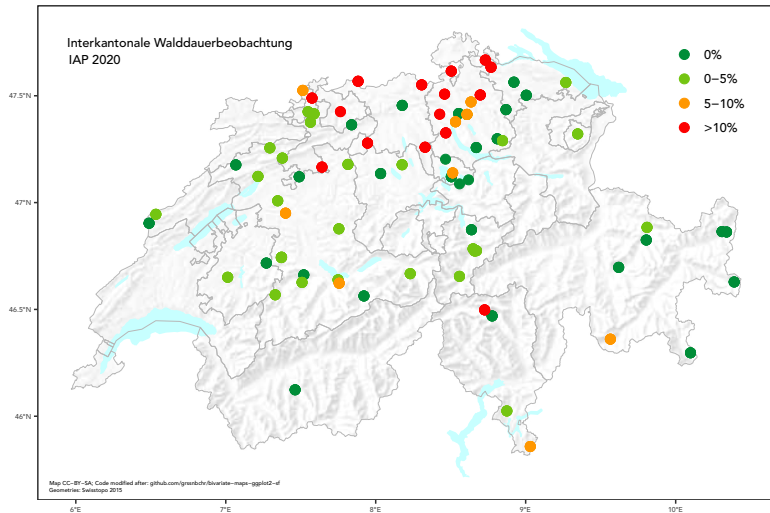


Abb. 4: Räumliche Verteilung der Abgänge durch Borkenkäfer in den Jahren 2017-2020.

Dass bei Waldbäumen das hydraulische System teilweise oder gar völlig zusammenbrechen kann, ist in diesem Ausmass in der Schweiz eine neue Erfahrung.

zigartigen Messnetz der Interkantonalen Walddauerbeobachtung erlaubt es wichtige Aussagen über das Ausmass der extremen Trockenheit und den Gesundheitszustand der Bäume im Schweizer Wald machen zu können. Die beobachteten Baumarten zeigten unterschiedliche Einbussen an Vitalität und Zunahmen der Mortalität. Das ist auf ihre unterschiedlichen physiologischen Reaktionen zurückzuführen. Diese wichtigen Ergebnisse helfen regional angepasste Lösungen für den Schweizer Forst zu finden und mit geeigneten waldbaulichen Massnahmen wie der Förderung

von trockenheitstoleranteren Baumarten und kürzeren Umtriebszeiten den Wald für die Zukunft vorzubereiten.

Verdursten oder Verhungern

Dass bei Waldbäumen das hydraulische System teilweise oder gar völlig zusammenbrechen kann, wie dies im Sommer 2018 mit dem plötzlichen Absterben grosser Kronenbereiche und ganzer Buchen oder z.T. auch Eichen beobachtet wurde, ist in diesem Ausmass in der Schweiz eine neue Erfahrung. Die Ergebnisse der Färbung der aktiven Leitgefässe bei Buchen belegen, dass dies tatsächlich vorgekommen ist. Übereinstimmende Beobachtungen wurden auch in einer Experimentierfläche der Universität Basel in Hölstein (BL) gemacht. Das unterschiedliche Resultat beim Wassergehalt von Buchen- und Eichenästen lässt sich mit bekannten morphologischen Unterschieden zwischen den Artengruppen interpretieren. Bei den Buchen tragen mehrere Jahrgänge (Jahrgänge) zur aktiven Wasserleitung bei, während es bei den Eichen nur der jüngste Jahrgang ist, welcher jedes Jahr neu gebildet wird.

Inst. für Angewandte Pflanzenbiologie



Abb. 5: Färbung aktiver Gefässe im Ast einer Buche mit einer Kronenverlichtung von 20% (links) und 70% (rechts).

In der Ökophysiologie werden zwei verschiedene Prozesse beschrieben, die zu

Trockenheitsschäden an Bäumen führen: das «Verdursten» und das «Verhungern». Beim «Verdursten» reissen die Wasserfäden in den Leitgefässen bei extremer Saugspannung. Die Wasserleitung wird dabei unterbrochen, und periphere Äste und Zweige können nicht mehr mit Wasser versorgt werden (Abb. 5). Dieser als Kavitation oder Embolie bezeichnete Prozess spielt in der Trockenempfindlichkeit von Bäumen eine essenzielle Rolle. Der Tod tritt ein, wenn ein bestimmter Prozentsatz der Gefässe ihre Aktivität verloren hat. Ob bereits kavitierte Gefässe wieder aktiv mit Wasser gefüllt werden können, ist Gegenstand von Diskussionen unter Fachleuten. Unserer Ergebnisse unterstützen eher die Hypothese, dass luftgefüllte Gefässe nicht mehr repariert werden und liefern eine Indiz dafür, dass aufeinanderfolgende Trockenjahre stärkere Auswirkungen haben als vereinzelte.

Beim «Verhungern» schliessen die Bäume ihre Spaltöffnungen so stark, dass sie keine Fotosynthese mehr betreiben können. Ist infolge Spaltenschluss zu wenig Energie vorhanden, kann die Oxidation von Chlorophyll durch das Sonnenlicht, das ein normaler Begleitprozess der Fotosynthese ist, nicht mehr genügend repariert werden und es kommt zu Fotooxidation. Vergilbungen aufgrund von Hitze, wie sie im Wald bei der Feldaufnahme beobachtet und an geernteten Ästen in Form von Photobleaching aufgenommen werden konnten, sind ein Hinweis darauf, dass auch dieser Prozess und damit das «Verhungern» 2018 und 2019 eine Rolle gespielt hat.

Einfluss der Nährstoffversorgung

Dass Kalium eine wichtige Rolle bei der Trockenheitsresistenz spielt, ist aus der Pflanzenphysiologie bekannt. Dies kann auch im Wald bei den Folgeschäden der Trockenheit beobachtet werden: der Anteil Buchen mit starker Kronenverlichtung (Verlichtung >60%), die Buchenmortalität, die Fichtenmortalität und die Kavitation in

Inst. für Angewandte Pflanzenbiologie



Abb. 6: Vergilbung von Buchenblätter (Photobleaching) aufgenommen in der Walddauerbeobachtungsfläche Höri (ZH). Die grünere untere Blatthälfte war durch ein benachbartes Blatt beschattet und damit vor Ausbleichung geschützt.

Buchenästen sind alle bei Kalimangel erhöht. Etwas überraschender ist die starke Beziehung, die zwischen der Buchenmortalität und der Phosphor-Versorgung der Buchen gefunden wurde. Da zwischen 2003 und 2015 die P-Versorgung um 9.9% abgenommen hat und heute im akuten Mangelbereich liegt, könnte diese Beziehung bei der starken Reaktion auf die Trockenheit 2018 eine wichtige Rolle gespielt haben. P-Ernährung ist nur in wenigen Studien zusammen mit Trockenheitsresistenz ein Thema. Zum Beispiel fand eine holländische Studie einen Zusammenhang zwischen P-Ernährung und der Kavitationsresistenz von Hybridpappeln.

Beim «Verdursten» reissen die Wasserfäden in den Leitgefässen bei extremer Saugspannung. Die Wasserleitung wird dabei unterbrochen.

Sekundäre Schädlinge

Sekundäre Schädlinge spielen beim Absterbeprozess der Bäume oft eine wichtige Rolle. Vor 2018 waren die Sekundärschädlinge in den Dauerbeobachtungsflächen praktisch ausschliesslich die Ursache für abgestorbene Bäume. Der Buchdrucker ist das klassische Beispiel in dieser Kategorie. Bei den beobachteten Fichten können die durch Trockenheit verursachten Schäden und die Zunahme der Mortalität auf den Befall geschwächter Bäume mit diesem Schwächeparasiten zurückgeführt werden. Die Trockenheit hemmt die Harzbildung

in den Bohrlöchern des Käfers und erleichtert damit seine Ausbreitung. Wie unsere Auswertungen zeigen, wird der Befall mit dem Buchdrucker durch unausgeglichene Ernährung stark begünstigt.

Auch der Hallimasch ist ein wichtiger Schwächeparasit, der viele Baumarten, darunter die Buche, zum Absterben bringen kann. Bei der Buche wird auch die Buchenrindennekrose als Trockenheitsfolge genannt. Auch wenn die starken Kronenschäden bei den von uns beobachteten Buchen eher auf einen Unterbruch der Wasserleitung und weniger auf das Vorkommen von sekundären Parasiten zurückzuführen sind, tritt die Buchenrindennekrose häufig auch an stark geschädigten Buchen auf. Eine Untersuchung an entwurzelten Buchen in einem Mischwald bei Muttenz (BL) zeigte Schleimflussflecken der Buchenrindennekrose mit Fruchtkörpern von *Neonectria coccinea* an allen betroffenen Bäumen. Des Weiteren wurden grosse Ansammlungen von Wurzelfäulepilzen (Riesenporling, *Meripilus giganteus*), Hallimasch (*Armillaria sp.*) und Goldfell-Schüppling (*Pholiota aurivella*) gefunden, welche die Standfestigkeit der Buchen verminderten.

Die beobachteten Schäden an den sonst trockenheitsresistenten Flaumeichen sind möglicherweise auch auf einen Schwächeparasitenbefall zurückzuführen. In La Sarraz wurde der Pilz *Gymnopus fusipes* (V. Queloz, persönliche Mitteilung) isoliert. Flaumeichen werden an sechs Standorten in der Interkantonalen Walddauerbeobachtung in den Kantonen Neuchâtel, Schaffhausen, Waadt und Tessin beobachtet.

Möglichkeiten der Bewirtschaftung

Bei den Buchen waren in der Nordwestschweiz vor allem die älteren, bestandesbildenden Bäume betroffen. Daher könnten waldbauliche Massnahmen, zum Beispiel eine Verkürzung der Umtriebszeit, die Bestände stärken. Zurzeit wird geprüft, ob die Trockenheitsresistenz von Buchen durch Auswahl von Herkünften aus trockeneren

Gebieten oder durch genetische Selektion verbessert werden kann. Der Umbau von Waldbeständen durch Auswahl trockenheitstoleranterer Baumarten, basierend auf der aktuellen Vegetationszusammensetzung, ist im Gang. Dieser sieht für Fichten in Tieflagen keine Zukunft mehr. Dass Eichen trocken-toleranter sind als Buchen, ist bekannt. Über den Befall von Eichen mit Schwächeparasiten können wegen der kürzeren Beobachtungsdauer noch wenig Aussagen gemacht werden, doch scheint es, dass bei Flaumeichen möglicherweise ein Problem besteht.

Schlussfolgerungen

Während die Trockenheitsempfindlichkeit und der starke Buchdruckerbefall der Fichten in Tieflagen den Erwartungen entspricht, sind die Buchenschäden in ihrem Ausmass überraschend. Die hier vorgestellten Auswertungen haben gezeigt, dass sich die Trockenheit nicht nur im laufenden Jahr, sondern bis zu drei Jahre nach dem Ereignis auf die Vitalität der Buchen auswirkt. Das deutet darauf hin, dass die beobachteten Schäden in den Jahren 2018-2020 wahrscheinlich auf eine Abfolge von mehreren extrem trockenen Sommermonaten zurückzuführen sind. Die Beobachtungen zeigen auch regionale Unterschiede auf, welche klimatisch erklärt werden können. So waren in der Nordwestschweiz die Schäden an Buchen deutlich erhöht. Die Trockenheit besser überstanden haben die Eichen. Bei diesen findet die Wasserleitung hauptsächlich im jüngsten Jahrring statt. Mit Luft gefüllte Leitgefässe werden damit im nächsten Jahr ersetzt. Das ist möglicherweise einer der Gründe, weshalb bei den Eichen keine verzögerten Trockenheitseffekte beobachtet wurden. Der Befall mit sekundären Schwächeparasiten sollte bei den Eichen aber im Auge behalten werden.

Kontakt:

Dr. Sabine Braun, Institut für Angewandte Pflanzenbiologie AG, 4108 Witterswil, www.iap.ch, sabine.braun@iap.ch

Die Trockenheit wirkt sich nicht nur im laufenden Jahr, sondern bis zu drei Jahre nach dem Ereignis auf die Vitalität der Buchen aus.