



Ein Kran im Zentrum der Hölsteiner Versuchsfläche bringt die Forschenden für ihre Messungen bis in die Baumwipfel.

Foto: Uni Basel

Baselbieter Wald als Freiluftlabor für Klimawandelforschungen

Ob Mischwald im Kanton Basel-Landschaft oder Steineichenwälder Südfrankreich – alle kämpfen mit dem Klimawandel. Forschergruppen nutzen sie als riesige Freiluftlabore, um herauszufinden, welche Folgen der Temperaturanstieg für die Wälder haben wird.

Von **Alexandra von Ascheraden*** | Schon von Weitem ist der Kran zu sehen, der die Bäume auf dem Hügel bei Hölstein (BL) um gut 15 Meter überragt. Er steht im Zentrum einer 1,6 Hektaren grossen Fläche, die Teil des interkantonalen Netzwerks von Waldbeobachtungsflächen ist – und gleichzeitig ein überdimensionales Labor der Uni Basel darstellt. Der Kran ist eine Spezialanfertigung mit Personengondel. Er bringt Forschende bis zu den Baumwipfeln, wo sie Messgeräte

installieren und deren Messwerte ablesen oder Materialproben nehmen. Mit dem langfristigen Experiment möchten die Forschenden um Ansgar Kahmen von der Uni Basel unter anderem klären, welche Baumarten besonders empfindlich auf den Klimawandel reagieren, welche Baumarten besonders empfindlich auf Trockenheit reagieren, wie weit ausgewachsene Bäume in der Lage sind, ihren Stoffwechsel an Klimaveränderungen anzupassen und wie sich der Wassermangel auf biogeochemische Kreisläufe im Wald auswirkt. Das Amt für Wald beider Basel hat bei der Auswahl

des Geländes tatkräftig unterstützt. Es sollte artenreicher Mischwald mit einem Baumbestand sein, der mehrheitlich zwischen 50 und 80 Jahren alt ist. Die Hauptschwierigkeit lag darin, eine Fläche ohne Einfluss von Grundwasser, Quellen oder Flüssen zu finden.

Ueli Meier, Leiter des Amts für Wald beider Basel, erklärt: «Die Forschenden wollen einen Teil der Fläche von Regenwasser abschirmen und so eine der Auswirkungen des Klimawandels schon heute sozusagen vorab studieren. Das geht nur, wenn die Bäume ihr Wasser ausschliesslich über

*Alexandra von Ascheraden ist freie Wissenschaftsjournalistin.

Niederschläge beziehen können.» Man geht davon aus, dass die Niederschlagsmengen bis zum Ende des Jahrhunderts gegenüber heute um 20 bis 30 Prozent abnehmen und gleichzeitig auch die Luftfeuchte abnimmt. «Es ist uns gelungen, in Hölstein eine solche Fläche zu finden. Sie enthält ausserdem 15 verschiedene Baumarten», sagt Meier. «Davon sind 7 so häufig vorhanden, dass die Wissenschaftler ausreichend Material für ihre Vergleichsstudien finden.» Für die Vergleichsstudie sollen gewissen Waldparzellen durch ein Dach Teile des Niederschlags entzogen werden und ihre Entwicklung mit unüberdachten Parzellen verglichen werden.

Fichten sterben plötzlich und unaufhaltsam

Seit dem Projektstart 2018 hat Forscher Ansgar Kahmen schon eine Menge Vorarbeit geleistet. Dafür hat er mit seinen Mitarbeitenden zahlreiche Bäume auf dem Versuchsgelände von der Wurzel bis zum Wipfel mit Messinstrumenten gespickt, um den Istzustand zu erheben. Auch der Waldboden ist von Messgeräten durchzogen. Gemessen werden unter anderem

Bodenfeuchte, Luftfeuchte und Temperatur, Wasserversorgung und Dickenzuwachs der Bäume, das Schwellen und Schrumpfen der Stämme im Tag- und Nachrhythmus.

Diese und zahlreiche weitere Messdaten sollen über mindestens 20 Jahre kontinuierlich gesammelt werden. «Dabei haben uns die extremen Trockensommer 2018, 2019 und 2020 unerwartet bereits einen Ahnung davon gegeben, was uns wohl erwarten wird», sagt Kahmen beim Rundgang auf dem Gelände.

So konnte er manchen der mit Messgeräten versehenen Fichten im Detail beim Absterben durch den Wassermangel zusehen. Und das läuft anders, als man bisher dachte. Kahmen erklärt: «Natürlich schliesst der Baum bei Wassermangel die Spaltöffnungen seiner Nadeln. Etwas Wasser verdunstet trotzdem. Verliert der Baum über längere Perioden mehr Wasser, als die Wurzeln nachholen können, bricht an einem bestimmten Punkt der Wasserhaushalt zusammen.»

An Nährstoffmangel litten diese Bäume allesamt nicht. Sie sind einfach verdurstet. «Reisst die Saugspannung einmal ab, ist die

Fichte innerhalb von drei Tagen tot», konnte der Biologe nachweisen. Die Messungen konnten gleich noch eine weitverbreitete Annahme widerlegen. «Wir gingen davon aus, dass auch die überlebenden Fichten im Folgejahr leichte Beute für den Borkenkäfer sein würden, da sie vorgeschädigt sind. Weit gefehlt – als es 2021 wieder ausreichend geregnet hat, haben sie sich vollständig regeneriert.»

Buchen verenden langsam

Dieses Frühjahr konnte Kahmens Forschungsgruppe in der wissenschaftlichen Fachzeitschrift «New Phytologist» ausserdem einen Forschungsbericht über die Buchen und deren Umgang mit Trockenheit veröffentlichen. Sie gelten ja allgemein als widerstandsfähig. Die Messungen in Hölstein konnten zeigen, dass ihr Absterben anders als das der Fichten verläuft. Bei ihnen bricht der Wasserhaushalt nicht vollständig zusammen, sondern nimmt Schritt für Schritt Schaden. Das liess sich mit Färbeversuchen belegen. Von diesen Schäden können sich Buchen aber nur schwer erholen, sodass auch Jahre nach der



Sieben Dächer halten Teile des Regens ab und müssen die Baumstämme integrieren. Hier in geöffnetem Zustand.

Foto: Alexandra von Ascheraden

Trockenheit noch Schäden in den Kronen zu sehen sind.

«Buchen sterben einen langsamen Tod», sagt Kahmen. «Erst trifft es einzelne Äste, dann die ganze Krone. Wenn die Leitbahnen kaputt sind, dann bleiben sie es auch. Die Buchen hier auf dem Gelände sind allesamt deutlich schütterer als zu Beginn der Messungen.» Seine Prognose: «Die Buche wird aber nicht verschwinden. Sie wird in unseren Wäldern weniger dominant sein.»

Dach als forstlicher Bau zonenkonform

Nach langer Vorbereitung startet jetzt Schritt zwei des Freiluftexperiments. Drei Monate lang wurden sieben Dächer mit insgesamt gut 3000 Quadratmetern auf der Waldversuchsfläche errichtet. Sie sind etwas mehr als mannshoch und fangen Niederschlag ab, der den Bäumen so entzogen



Gespickt mit Messgeräten: Datenlogger, Saftflussensoren (Mitte) und Banddendrometer liefern detaillierte Daten. Foto: A. von Ascheraden

wird. Ihnen sind für die Messungen sieben unüberdachte Flächen mit ähnlichem Baumbestand zugewiesen, die die Vergleichswerte liefern werden. Kosten für das Dach: etwa eine Million Franken. Das Dach wird auf den Flächen die Hälfte des Niederschlags abhalten. So kann Kahmen messen, welche Folgen trockenere Bedingungen bei den Bäumen haben.

Ueli Meier erklärt, dass man das Bewilligungsverfahren sehr transparent gestaltet und alle Betroffenen mit ins Boot geholt habe. «Bauten im Wald sind natürlich nur möglich, wenn ein direkter Zusammenhang mit der Waldwirtschaft besteht. Hier handelt es sich um einen <forstlichen Zweckbau>, der zonenkonform ist, weil man Waldforschung nun einmal nur dort betreiben kann, wo auch Wald ist», so Meier. «Eine der Auflagen war dennoch, dass der gesamte Bau reversibel gestaltet ist. Das war für die Wissenschaftler auch gar kein Problem.» Sein Amt habe sich auf die Moderation beschränkt, für die nötige Transparenz gesorgt und beispielsweise geholfen, Fragen zur Zufahrt zu klären, erklärt Meier. «Man kann sagen, dass die Hölsteiner sehr stolz darauf sind, dass so etwas in ihrem Forst steht.»

Handarbeit statt Motorsteuerung

Das Dach entstand in Gerüstbauweise und ist voll reversibel, will heißen, es kann abgebaut werden, ohne langfristig Spuren zu hinterlassen. Das war die Voraussetzung, um überhaupt mitten im Naturschutzgebiet bauen zu dürfen. Es ist lediglich mit 50 Zentimeter langen Erdschrauben im Boden verankert. Diese bestehen, wie das ganze Traggestell, aus Aluminium. So lässt sich das Material später recyceln. Die transparenten Dachlamellen sind aus Polycarbonat und so robust, dass ihnen auch ein abgebrochener Ast nichts anhaben kann. Sie können mit bis zu einem Meter Nassschnee belastet werden. Das Wasser, das aufs Dach fällt, wird über Regenrinnen auf ein Gebiet ausserhalb des Versuchsgeländes geleitet. Allein dafür waren 1,2 Kilometer Regenrinnen nötig. Der ursprüngliche Plan war, die einzelnen Dachlamellen mit einzeln ansteuerbaren Motoren auszurüsten. So hätte man sie bei Regenereignissen zu einem genau definierten Prozentsatz automatisch schliessen können. Ein entsprechender Prototyp wurde 2017 in Dauertest genommen und hat sich auch bewährt. Die automatisierten Lamellen hielten Stürmen ebenso stand wie abgestürzten Ästen.

Nur stellte sich irgendwann heraus, dass die präzise Steuerung nicht nötig ist.

Die insgesamt 2700 Lamellen mit Motoren auszurüsten, hätte wegen des geplanten Betriebs während einer Zeitspanne von 20 Jahren zu unvorhersehbarem Wartungsaufwand geführt. Nun sollen durch die Dächer fix einfach 50 Prozent Niederschlag abgehalten werden. Im Februar, zu Beginn der Wachstumsperiode, werden die Dachlamellen von Hand geschlossen. Zum Laubfall vor dem Winter werden sie wieder geöffnet, damit die Streu ungehindert auf den Boden gelangen kann.

Rollende Planung

«Wald und Holz» traf die Monteure bei den letzten Aufbauarbeiten. «Das Ganze basiert durchgehend auf rollender Planung», sagte Techniker Sebastian Lorenz von der UGT, einer Brandenburger Spezialfirma für Messtechnik, der über das Gelände führt. «Die für die Messungen besonders wichtigen Referenzbäume sind alle exakt in den Plänen eingezeichnet. Allerdings müssen wir mit

«Die Fichte ist innerhalb von drei Tagen tot.»

Ansgahr Kamen

den sechs Meter langen Streben jeweils exakt geradeaus zwischen den Bäumen durch. Wenn dann ein Baum krumm gewachsen ist und daher doch im Weg steht, müssen wir die Lage des Daches anpassen. Wir setzten also durchgehend auf rollende Planung.»

Die Pläne zeigen alle Bäume. Trotzdem staunten die Monteure, als sie feststellten, dass der gewaltige Grundballast des Krans auf ihren Plänen nicht eingezeichnet war. Die Betonblöcke standen aber einem der Dächer im Weg. Also wurde improvisiert und die nötige Dachfläche angefügt. Die Forschenden bewegen sich genau wie die Wissenschaftler, nach Möglichkeit auf immer denselben Wegen mit Trittschutzmatten und benutzen den Kran für den Materialtransport. Es wird getan was möglich ist, um Bodenverdichtung zu vermeiden.

Falls Ansgar Kahmen in den kommenden Jahren noch eine Stufe weitergehen will, ist bereits vorgesorgt. Alle Dachträger wurden mit zusätzlichen Bohrungen geliefert. So lassen sich im Bedarfsfall einfach weitere Polycarbonatplatten in den Lücken einfügen und bis zu 90 Prozent der Dachfläche schliessen. ■

EUROPAS ÄLTESTES WALDLANGZEITEXPERIMENT IM FRANZÖSISCHEN PUÉCHABON

Während die Schweiz noch relativ gut dasteht, sieht es im Mittelmeerraum schon anders aus. In den Wäldern von Puéchabon, etwa 40 Kilometer südöstlich von Montpellier, wachsen fast nur die extrem robusten Steineichen. «Wald und Holz» hat sich vor Ort angesehen, was die Wissenschaft über das Überleben des Waldes unter wirklich harten Bedingungen herausgefunden hat. Die Steineichen dienten traditionell als Brennholzlieferantinnen oder wurden zu Holzkohle verarbeitet. «Die Bewirtschaftung war einfach: Alle 15 bis 20 Jahre gab es einen Kahlschlag. Nach dem ersten Weltkrieg wurde die Steinkohle so billig, dass man die Holzkohle aufgegeben hat», erläutert Jean-Marc Ourcival, wissenschaftlicher Leiter des Forschungsprojekts in Puéchabon. Der letzte Baum wurde hier 1942 gefällt. Seitdem wird der Wald nicht mehr bewirtschaftet.

Karst und extrem steiniger Boden

Holzöfen kamen aus der Mode und für anderes ist das Holz kaum geeignet, was unter anderem auch am Standort liegt. «Die Stammumfänge sind gering. Was kein Wunder ist, wir haben hier Karstgebiet und zudem 65 bis 80 Prozent Steine im Boden», so Ourcival. Wasserspeicherkapazität hat ein solcher Boden ebenfalls nicht. An Stellen, an denen noch etwas mehr Wasser im Boden ist, gibt es auch Flaumeichen [*Quercus pubescens*]. Die Steineichen müssen ein extrem grosses Wurzelwerk entwickeln, um überhaupt überleben zu können. Alle Ritzen zwischen den Steinen sind durchwurzelt, da kommt nichts anderes auf.

Bereits seit 1984 forscht man im Wald von Puéchabon daran, wie die Bäume mit diesen extremen Umständen zurechtkommen. Ourcival: «Wir haben Messstürme, die aufzeichnen, wie viel Kohlenstoff die Bäume pro halbe Stunde umsetzen. Aufgrund der Langzeitdaten wissen wir, dass unsere Wälder 2,5 Tonnen Kohlenstoff pro Hektar und Jahr speichern.» Produktivere Wälder unter besseren Bedingungen schaffen mehr als das Doppelte.

2003 wurde auf dem Gelände zusätzlich noch ein Langzeitexperiment gestartet, das untersucht, wie die Bäume reagieren, wenn es weniger Niederschlag gibt. Damit gehört das Experiment zu den ältesten in Europa. Der Ansatz ist aber anders als der in Hölstein. Auf ausgewählten Untersuchungsflächen nehmen die Wissenschaftler ein Drittel

ein Drittel der Niederschläge über ein System aus Regenrinnen weg. «Im Jahr 2000 war der wissenschaftliche Konsens noch, dass in 100 Jahren etwa ein Drittel weniger Niederschläge fallen würde», sagt Ourcival. «Wir wollten das simulieren, um Voraussagen über die Auswirkungen treffen zu können. Neue Studien sagen, dass das Drittel weniger Regen bereits 2035 der Fall sein wird. Die Forschung ist der Zeit wohl deutlich weniger voraus als erhofft.»

Kurzes Wachstum gleich geringe Blattmasse

Den Steineichen setzen die steigenden Temperaturen mehr zu als weniger Niederschlag. Ourcival erklärt: «Je wärmer es ist, desto schneller verdunstet das Wasser.» Unter den künftigen Klimabedingungen werden die Eichen früher im Jahr wachsen müssen und kürzere Zeiträume dafür zur Verfügung haben. Im Winter ist es zu kalt für Wachstum, im Sommer extrem heiss.

Nach 20 Jahren halten es die Forschenden für belegt, dass der Niederschlagsman-

gel den Bäumen nicht guttut. Je kürzer die Wachstumsperiode, desto geringer ist auch die neue Blattmasse.

Für ihre Untersuchungen haben die Forschenden einen Steg installiert, der ihnen Zugang zu den Baumwipfeln in vier Meter Höhe gewährt. Gesammelt werden Eicheln und abgeworfene Blätter in Netzen und zählen Blätter an den Neuaustrieben speziell markierter Bäume. «Die Bäume in den Gebieten mit Regenrinnen produzieren zwischen einem Fünftel und einem Viertel weniger Blätter», sagt Jean-Marc Limousin, Projektmitarbeiter. Das sei nicht die Reaktion, die man erwartet habe. «Wir gingen davon aus, dass sie kleinere Blätter ausbilden würden. Die Grösse blieb gleich. Es sind einfach weniger», sagt Ourcival.

Für ihn ist das ein Beweis, wie wichtig es ist, Theorien mit Experimenten zu überprüfen. «Weniger Blätter bedeuten weniger Wasserverlust, aber auch weniger Photosynthese und somit weniger Kohlenstoffbindung.»

[Alexandra von Ascheraden]



2,5 Tonnen Kohlenstoff speichern diese südfranzösischen Eichenwälder pro Hektare und Jahr. Das haben Forscher dank einer Station im Wald herausgefunden.

Foto: zVg