

## Waldschutz – Infomeldung Nr. 5 / 2023 vom 21.06.2023

### Klimamessstationen – erste Daten und Aufnahme von Multispektral- und Thermaldaten mit der Drohne

Von 2018 bis 2022 fielen durch Trockenheit, Hitze und vor allem durch eine nie dagewesene Borkenkäferkalamität in ganz NRW große, zusammenhängende Fichtenkomplexe zum Opfer. Insgesamt sind aktuell 145.000 ha des Wald stark geschädigt. Davon müssen ca. 80 % aktiv wieder aufgeforstet werden. Hierbei handelt es sich in erster Linie um Kahlflächen. Solche Freiflächen waren auch bisher wegen Witterungsextremen (Trockenheit, Hitze, Fröste, Stauwasser) hinsichtlich der Waldneubegründungen schon problematisch. Angesichts des menschengemachten Klimawandels wurden und werden weiterhin solche Extremwitterungen, bei denen man immer wieder mit Ausfällen der Jungkulturen rechnen muss, häufiger. Hier stellt sich die Frage, ob man bereits zum Zeitpunkt der Holzernte die Weichen für eine stabilere Bestandesneubegründung stellen kann. Als Bestandteil des Waldvitalitäts-Monitorings\* wurden Ende 2022 auf drei Kalamitätsflächen in NRW Klimamessstationen\*\* aufgebaut, die nun verschiedene Parameter zu Luft- und Bodenklima aufzeichnen.

\* unter „Waldvitalitätsmonitoring“ ist grundsätzlich neben den Erhebungen von Nadel- und Blattverlusten, das Messen des Holzzuwachses, die Überwachung von „Schadorganismen“ und den Untersuchungen zur Entwicklung von Wirts-Parasit-Interaktionen, auch ein Monitoring der Entwicklung des Einflusses von Waldrändern und Blühstreifen (natürliche Gegenspieler der „Schadorganismen“) bei verschiedenen Waldbewirtschaftungsformen auf die Vitalität verschiedener Waldökosysteme zu verstehen. Neben diesen biotischen Kenngrößen ist auch die in dieser Infomeldung prominent dargestellte Überwachung abiotischer Einflussfaktoren mittels Klimamessstationen von entscheidender Bedeutung zum Verständnis der ökologischen Vitalitätszusammenhänge. Darüber hinaus sollen weitere ergänzende Untersuchungen zur Biodiversitätsentwicklung in einer Kosten-Wirksamkeitsanalyse einfließen um Entscheidungshilfen für eine Optimierung klimaangepasster Wälder zu liefern.

\*\* = durch das Ministerium für Landwirtschaft und Verbraucherschutz NRW gefördert.



Abb. 1: Geräumte Kahlfläche im Arnberger Wald.



Abb. 2: Dürrständer, die an Südhang stehen und mit Schlagschatten Mikroklima begünstigen sollen.



Abb.3: Ansicht einer geernteten Kalamitätsfläche. Im Hintergrund sind Hochstubben zu sehen.

## Hintergrund

Große, voll geerntete Kalamitätsflächen muten auf den ersten Blick wie Savannen an. Vor allem auf südlich ausgerichteten Hängen bestrahlt im Sommer die Sonne den kahlen, einst beschatteten Waldboden. Es bilden sich extreme Temperaturen auf der Oberfläche, da keine Baumkrone, kein Stamm oder Strauch die Sonnenstrahlen abschirmen und die Temperaturen abpuffern kann. Die Feuchtigkeit im Boden verdunstet<sup>\*\*\*</sup> und der Oberboden mit allen Mikroorganismen wird zersetzt und geht verloren. Hier haben

es kleine Pflanzen und junge Bäume besonders schwer, zu überleben. Macht es da nicht Sinn, ein paar Dürrständer auf der Fläche zu belassen, die Schatten spenden und im sich langsam zersetzenden Stamm Feuchtigkeit halten, die bei Verdunstung die Luft um ein paar Grad abkühlt? Da diese Frage oft nur nach Bauchgefühl beantwortet werden kann, sollen die Klimamessstationen auf wissenschaftlicher Ebene Daten liefern und somit Klarheit zum Einfluss von Totholz auf Kalamitätsflächen in Bezug auf das Mikroklima und den Wasserhaushalt liefern.

<sup>\*\*\*</sup> neben dem Verlust an Feuchtigkeit werden solche Waldflächen, die vormals CO<sub>2</sub> neutralisierten und C im Holz einlagerten, darüber hinaus zu CO<sub>2</sub> – Quellen

## Versuchsaufbau

Für das Monitoring mit Klimamessstationen und Drohrendaten wurden drei Standorte in NRW gewählt. Diese befinden sich im Kurkölnischen Sauerland im Forstbezirk Einsiedelei und im Arnsberger Wald im Lehr- und Versuchsrevier Hirschberg. Hier stehen eine Vielzahl von Behandlungsmethoden von Kalamitätsflächen zur Verfügung. Klimamessstation sind auf Kahlfächen (Abb. 1), unter Dürrständern (Abb. 2), im Schlagschatten von Dürrständern, auf Flächen mit liegenden mittleren und starkem Baumholz, auf Flächen mit Hochstubben mit einer Höhe von 3 bis 4 m (Abb. 3), höhere Stubben mit rund 80 cm Höhe, und auf bepflanzten und der Naturverjüngung überlassenen Flächen aufgebaut worden. Weiter wurde als Referenz unter einem alten Douglasienbestand eine Klimamessstation



Abb. 4: Klimamessstation auf Kahlfäche. Im kleinen Bild sind die Bodensensoren zu sehen.

zur Erfassung des Bestandesinnenklimas im Bestand errichtet. Zudem ist geplant, eine nicht geräumte Windwurffläche mit einer Klimamessstation zu versehen.

Auf jedem dieser Standorte werden nun Wetterdaten erhoben (Lufttemperatur in 2 m Höhe, Niederschlag, Luftfeuchtigkeit, Windrichtung und -geschwindigkeit), die Lufttemperatur bodennah in 50 cm Höhe (Abb. 4). Auch im Boden befinden sich Messsensoren, die die Bodentemperatur, -feuchtigkeit und den Bodenwärmestrom in 10 cm und 30 cm Tiefe aufzeichnen. Drei Stationen können auch die Bodentemperatur und -feuchtigkeit in 50 cm Tiefe messen. Zwei optische Sensoren zeichnen die Sonnenstrahlung und reflektierte Bodenstrahlung auf. Alle aufgezeichneten Daten werden per LTE-Verbindung im 15-Minutentakt in einer Cloud gespeichert und sind ständig aktuell abrufbar.

### Erster Datenauszug

Die Datenaufzeichnungen seit Dezember 2022 zeigen erste Ergebnisse (Abb. 5). Der direkte Vergleich benachbarter Klimamessstationen auf unterschiedlich behandelten Kalamitätsflächen zeigt ein deutliches Bild bezüglich des Wasserhaushalts im Oberboden. In einer Tiefe von 30 cm kann die Bodenfeuchtigkeit auf Flächen mit hohem Totholzanteil um bis zu 9 % höher sein, als auf Flächen, die vollständig gerentet wurden. Beide Flächen mit Totholzanteilen sind im Boden immer feuchter, verglichen mit den totholzfreen Flächen. Eine Bepflanzung der totholzfreen Flächen spielt hier zunächst nur eine untergeordnete Rolle. Wie sich im kommenden Sommer heiße Temperaturen und Totholz auf die Bodenfeuchte auswirken, zum Beispiel durch Verdunstungskühle und Beschattung, bleibt abzuwarten.

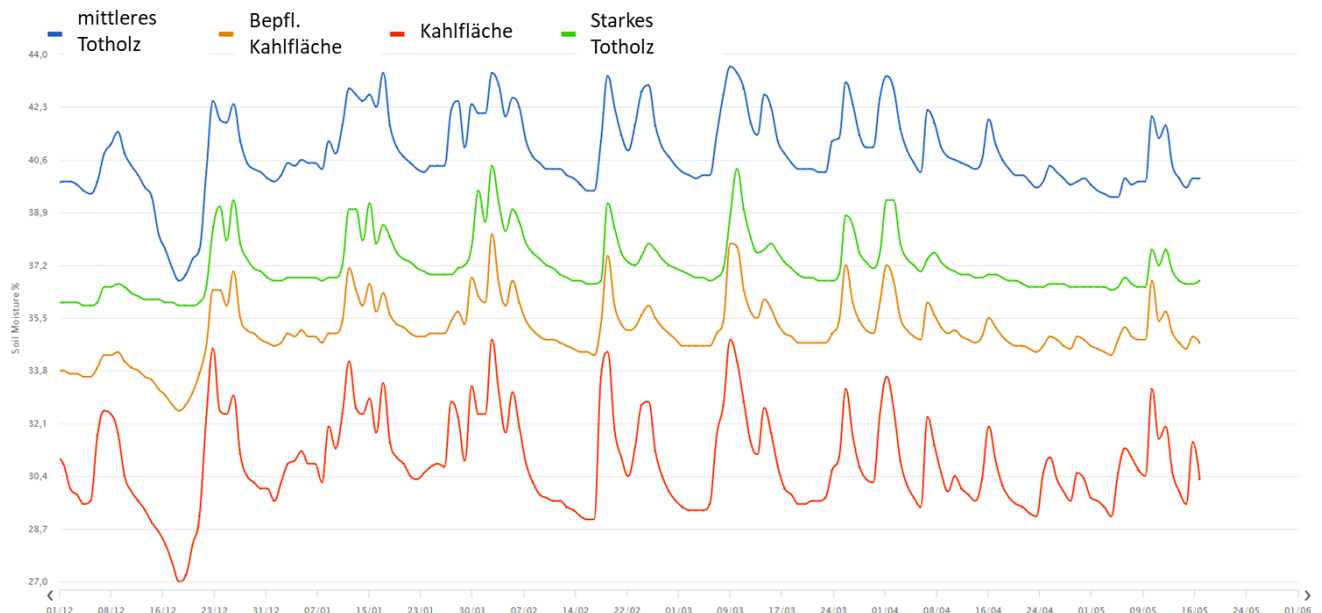


Abb.5: Bodenfeuchtigkeit in 30 cm Tiefe – Zum Vergleich stehen Flächen ohne, bzw. mit unterschiedlichem Totholzanteil. Die Kahlfläche ist bis zu 9 % trockener, als Flächen mit Totholzanteil.

Auf den beiden Drohnenaufnahmen (Abbildung 6) ist *eine* Kalamitätsfläche im kurkölnischen Sauerland abgebildet. Im unteren Bereich befinden sich Dürrständer. Am linken und rechten oberen Bildrand sind sogenannte Hochstubben mit einer Höhe von 3 – 4 m (erkennbar an den langen Schattenwürfen). Im oberen Bildteil ist außerdem eine Freifläche zu erkennen. Beide Aufnahmen stellen den gleichen Flächenausschnitt dar: links im RGB-Foto, rechts im Thermal-Infrarot-Bild. Während der Befliegung betrug die Lufttemperatur 9,4 °C, die Sonne schien und der Himmel war wolkenfrei. In der Nacht zuvor lag die Temperatur knapp unter dem Gefrierpunkt. In der Thermalaufnahme ist zu sehen, dass die Sonnenstrahlen den Oberboden bereits sehr stark erwärmen. Laut Thermalsensor auf 20 bis 30 °C. Die Baumkronen der Dürrständer, sowie die Schattenwürfe der Hochstubben verhindern eine direkte Sonneneinstrahlung auf den Oberboden. Hier liegen die Temperaturen lediglich bei 2 – 4 °C. Die Unterschiede sind enorm und machen bereits sehr deutlich, welche Auswirkung das Fehlen von Totholz als Sonnenbarriere auf das Mikroklima haben kann.

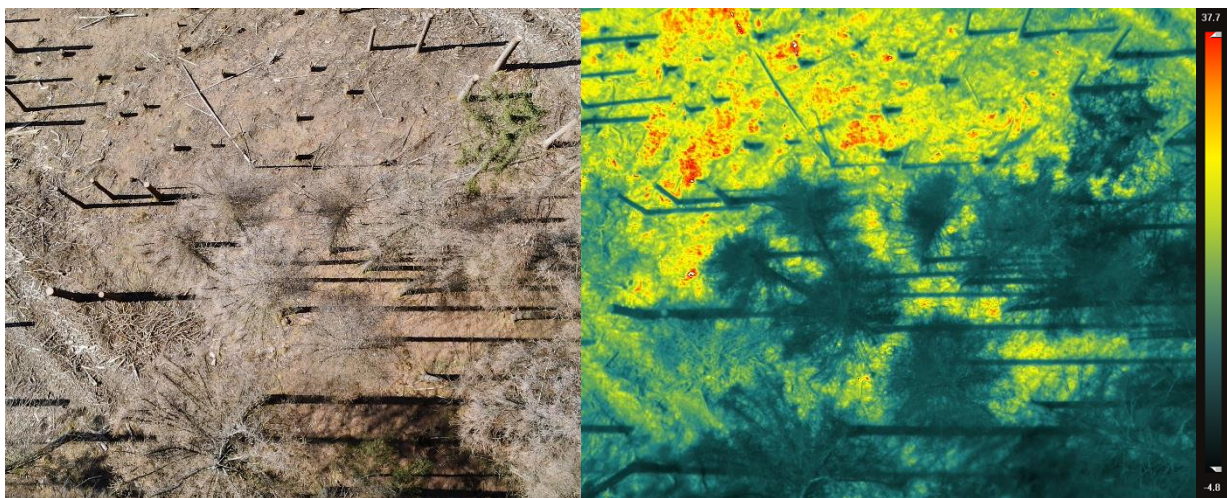


Abb. 6: RGB-Foto (links) und Thermal-Infrarot-Aufnahme (rechts) einer Kalamitätsfläche mit Dürrständern (unterer Bildbereich), Hochstubben (links und rechts oberhalb) und einer Freifläche (oben mittig). Die Thermalaufnahme zeigt einen Temperaturabfall im Bereich der Dürrständer. Auch die schmalen Schlagschatten der Hochstubben sind deutlich kühler.

### Ableitung von Nutzen verschiedener Maßnahmen auf Kalamitätsflächen

Den ersten Datenaufzeichnungen zufolge werden Flächen mit Totholzanteilen in der Wasserbilanz des Oberbodens begünstigt. Die Beziehungen von Luft- und Bodenklima zur Vegetation und der Stabilität von Neubegründeten Beständen kann allerdings erst in den kommenden Jahren näher erschlossen werden. Ein erster Auftakt ist jedoch gemacht und der positive Effekt von Totholz auf Kalamitätsflächen zur Verbesserung der Wasserbilanz wird sichtbar.

### Handlungsempfehlung

Die dargestellten Ergebnisse sind nur erste Aufnahmen in einem langjährigen Projekt. Neben den reinen Datenaufzeichnungen werden auch Verknüpfungen mit anderen Bestandesdaten erstellt. So wird beispielsweise das Totholz genauer aufgenommen und die aufkommende Begleit- und Waldvegetation in regelmäßigen Abständen kartiert. Aus dem Zusammenspiel von Klimadaten

und der Sukzession des Bestandes, egal ob natürlich verjüngt oder durch Anpflanzung begründet, lassen sich dann Handlungsempfehlungen ableiten. Bis es soweit ist, müssen wir uns in Geduld üben.

### Geplante Fortsetzung des Monitorings

Begleitend zu den Klimamessstationen werden wiederholt die gesamten Flächen mit Drohnen befliegen. Multispektralbilder (RGB Bilder und Nahinfrarotaufnahmen) helfen dabei, Pflanzen zu kartieren und die Ausbreitung auf der Fläche genau festzuhalten. Es wird versucht, die Vitalität mit den Nahinfrarotsensoren genauer anzusprechen.

Die Thermalkamera kommt zum Einsatz, um neben den punktuellen Aufnahmen der Klimamessstationen auch Flächeneffekte festzuhalten. Ist beispielsweise im Schlagschatten eines 4 m hohen Stubbens tatsächlich eine geringere Temperatur messbar? Wie warm wird es unter sommerlicher Sonneneinstrahlung auf liegendem Totholz und wie verhält sich die Temperatur im Boden dazu? Sorgt das liegende Holz als Puffer und hat die verdunstende Feuchtigkeit einen Effekt auf das Mikroklima?

Die wiederholt aufgenommenen Drohnenfotos liefern wertvolle Informationen zu solchen Fragestellungen.

Da Waldentwicklung ein sehr langwieriger Prozess ist, wird das Monitoring am Boden und aus der Luft uns mindestens die kommenden 20 Jahre begleiten. Wir sind auf viele Zwischenergebnisse in diesem Zeitraum gespannt.

### Zusammenfassung

*Im Dezember letzten Jahres startete auf Kalamitätsflächen im LVR Hirschberg und FBB Einsiedelei als Teil und in Ergänzung des Waldvitalitäts-Monitorings die Aufzeichnung von Luft- und Bodenklimadaten mit 21 Klimamessstationen. Die Klimamessstationen zeichnen seither Klimadaten auf unterschiedlich behandelten Kalamitätsflächen auf. Das Spektrum ist breit und reicht von geernteten Flächen über Hochstubben, Dürrständer bis hin zu Beständen mit 100 % Totholzanteil. Ersten Datenauswertungen zufolge hat liegendes Totholz einen positiven Einfluss auf die Wasserbilanz des Oberbodens. In Zukunft werden wiederholte Drohnenfotos mit den Klimadaten und anderen Bestandesparametern (Messungen am Totholz, Vegetationsaufnahmen) verknüpft. Aus dem langjährig angelegten Projekt können schließlich Handlungsempfehlungen zum Umgang mit Kalamitätsflächen und dessen Auswirkungen auf die Stabilität der Bestandesbegründung abgeleitet werden, die sich auf tatsächliche Messungen im Bestand und damit auf verlässliche Fakten stützen.*

