



Praxistest eines Waldbrand-Frühwarnsystems

Je früher ein Waldbrand erkannt wird, desto größer ist die Chance, dass er in einem eng umgrenzten Bereich gehalten werden kann und nicht außer Kontrolle gerät. Moderne Sensorik in Kombination mit einer Infrastruktur zur großflächigen Funkanbindung der Sensoreinheiten eröffnet die Möglichkeit, sowohl präventiv als auch auf bereits gelöschten Flächen eine Rauchentwicklung sicher zu detektieren und diese direkt in die Einsatzzentrale zu melden.

TEXT: AXEL GÖTTLEIN, ROMAN LANIEWSKI, CARSTEN BRINKSCHULTE, HEIKO SCHWICHTENBERG

Mit zunehmender Sommertrockenheit im Zuge des Klimawandels steigt auch das Waldbrandrisiko. In Bayern sind diesbezüglich neben dem Alpenraum auch die Kiefernwälder Mittelfrankens besonders kritisch [1]. Um eine für die Kiefernwälder des Nürnberger Raums repräsentative Testfläche zu schaffen, wurde ein kontrollierter Brandversuch angelegt.

Das Experiment

Durch die Forstbetriebe Nürnberg und Allersberg der Bayerischen Staatsforsten (BaySF) wurden 14 potenziell für den Brandversuch geeignete Flächen vorausgewählt. Nach Verschneiden dieser Flächen mit öffentlich verfügbaren



Grafik: A. Göttlein

Abb. 1: Versuchsanlage mit Positionierung der Sensoren; rot: Brandfläche 30 m x 30 m, orange: Fräßstreifen; blau: bewässerter Sicherheitsstreifen, 10 m; Luftbild DOP20 (©Bayerische Vermessungsverwaltung 2018); oben links eingetragen mittlere Windrichtung während der Brandzeit; oben rechts Bild: der verwendeten Brandsensoren [aus [2]]

Schneller ÜBERBLICK

- » **Mit zunehmender Sommertrockenheit** steigt auch das Waldbrandrisiko
- » **Ein kontrollierter Brandversuch** wurde angelegt, um eine für die Kiefernwälder des Nürnberger Raums repräsentative Testfläche zu schaffen
- » **Vier Minuten** nach dem Zünden des Feuers sendeten die Sensoren einen Voralarm
- » **Das Brandmelde-Frühwarnsystem** hat seine Praxistauglichkeit bewiesen

Daten zu Wasserschutzgebieten, Biotopkartierungen etc. kamen fünf Flächen in die engere Wahl.

Nach Prüfung durch die Forstverwaltung und die untere Naturschutzbehörde wurde als Versuchsfläche ein ca. 70-jähriger Kiefernbestand mit geringer Naturverjüngung und ohne nennenswerte Flechtenvorkommen ausgewählt. Der Bestand stockt auf trockenen Sanden des mittleren Keupers im Brunnauer Forst im Bereich der Gemeinde Allersberg.

Die für den Brand vorgesehene Fläche in der Größe von 30 m x 30 m wurde mit einem ca. 1 m breiten Fräßstreifen umrandet, um im Boden eine

Barriere gegen eine unterirdische Ausbreitung des Brands zu erzeugen. Am Vorabend des Brandversuchs wurden der Fräßstreifen und angrenzend an diesen ein bis 10 m breiter Sicherheitsstreifen intensiv bewässert (Abb. 1). Für die Bewässerung des Sicherheitsstreifens und die Löschung des Brands wurde von den beteiligten Feuerwehren (Wehren aus dem Gemeindebereich Allersberg sowie die Wehren Hilpoltstein, Roth und Harrlach, Großschwarzenlohe) an der Forststraße zwei Vorratsbecken mit je 4.000 l Fassungsvermögen aufgebaut und mit Tanklöschfahrzeugen und Güllefässern befüllt bzw. nach-

**„Das Brandmelde-
Frühwarnsystem
hat seine
Praxistauglichkeit
bewiesen.“**

AXEL GÖTTLEIN

gefüllt. Aus diesen Becken heraus wurde der Löscheinsatz mit Wasser versorgt. An dieser Stelle sei Kreisbrandinspektor Egbert Petz für die hervorragende Organisation des Löscheinsatzes und den 50 freiwilligen Helfern der beteiligten Feuerwehren und auch den beteiligten Landwirten gedankt.

Das Frühwarnsystem

Installiert wurde ein Netzwerk aus Gasensoren, die mehrere Rauchgase (Wasserstoff, Kohlenmonoxid und flüchtige Kohlenstoffverbindungen) entdecken und mittels einer eingebauten künstlichen Intelligenz (KI) verlässlich Waldbrände erkennen können [2]. Aufgrund ihres Designs und des energieautarken, batterielosen Betriebs durch integrierte Solarpanels können sie einfach, zuverlässig und unauffällig im Wald betrieben werden.

Sie kommunizieren über eine ebenfalls solarbetriebene Mesh-Netzwerkinfrastruktur (LoRa) und schließlich über 4G/LTE oder Satellitenkommunikation, die eine Verbindung zum BOS-Portal aufbaut (BOS: Behörden und Organe mit Sicherheitsaufgaben, in diesem Falle die Feuerwehr). Das BOS-Portal für die Feuerwehr dient der Zusammenfassung, Überwachung und Analyse der bereitgestellten Daten des Sensornetzwerks. Zusätzliche Informationen wie z. B. Lagekarten, Wegeinformationen, Löschbrunnen, lokale Wetterstationen oder Kameras werden im BOS-Portal ebenfalls bereitgestellt. Sie ermöglichen den Einsatzkräften, eine optimale Einsatzvorbereitung und einen schnellstmöglichen, koordinierten Beginn der Löschmaßnahmen.

Um frühzeitig eine erweiterte Bewertung der Einsatzlage vornehmen zu können, wurde das Frühwarnsystem um eine automatisierte Drohne ergänzt, die im Standardbetrieb auf einer

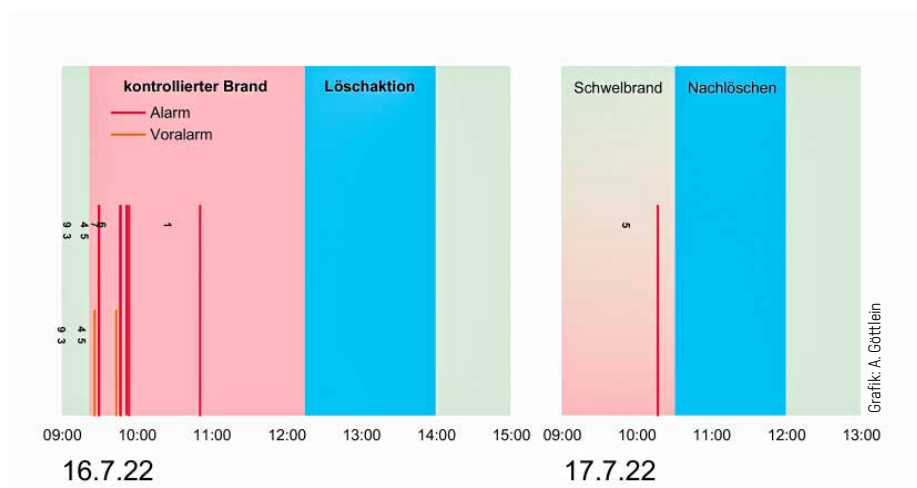


Abb. 2: Zeitverlauf des Experiments mit Angabe der Zeitpunkte, an denen die einzelnen Sensoren Voralarm bzw. Alarm ausgelöst haben



Abb. 3: Momentaufnahme des Drohnen-Statusbildschirms mit Infrarotbild, normalem Bild (kleine Einblendung im Infrarotbild oben rechts) und Flugbahn der Drohne (rechtes Bild) sowie einigen Statusanzeigen.

Feuerwache oder Leitstelle vorgehalten werden kann. An die Drohne wird die GPS-Position des auslösenden Sensors übergeben, der dann von der Drohne automatisiert angeflogen wird. Der Flug kann von einer Leitstelle der Feuerwehr gestartet und überwacht werden. Die Leitstelle erhält hierzu Echtzeitbilder von der optischen und der thermalen Kamera der Drohne. Zukünftig können in das Netzwerk der Früherkennung weitere Sensoren wie z. B. zur Messung der Bodenfeuchte oder des Baumwachstums einfach integriert werden. Diese wertvollen Daten müssen bislang noch manuell erfasst werden.

Das Ergebnis

Bereits vier Minuten nach dem Zünden des Feuers sendeten kurz hintereinan-

der die Sensoren Nr. 9 (direkt auf der Brandfläche) und Nr. 3 (östlich der Brandfläche) einen Voralarm und weitere drei Minuten später eine Brandmeldung. Kurze Zeit später meldeten auch entferntere Sensoren das Brandereignis (siehe Zeitachse in Abb. 2).

Die mit einer Wärmebildkamera ausgestattete Drohne wurde aktiviert und flog von ihrem Stationierungspunkt nach der Brandmeldung automatisch zum Brandort. Sie detektierte schon im Anflug, dass es sich nicht um einen Fehlalarm, sondern aufgrund der Wärmestrahlung um ein echtes Feuer handelt (Abb. 3).

Während des kontrollierten Brands wehte der Wind aus einem Bereich zwischen 270 und 360 Grad, im Mittel aus 319 Grad, was ziemlich genau der Himmelsrichtung Nordwest entspricht. Die



Foto: A. Göttlein

Abb. 4: Löschaktion

Freiland-Windgeschwindigkeit lag zwischen 3,3 und 5,9 m/s, im Mittel bei 4,5 m/s. Diese Daten stammen von der nächstgelegenen Wetterstation des Deutschen Wetterdienstes (DWD) Roth (Stationsnummer 4280, 10-Minuten-Werte aus <https://opendata.dwd.de>), die ca. 7,5 km südwestlich der Brandversuchsfläche liegt. Die Reihenfolge des Anschlagens der Brandsensoren erklärt sich aus der Windrichtung und ihrer Lage relativ zur Brandfläche. Nach den Sensoren Nr. 9 und Nr. 3 meldeten sich mit einer Verzögerung von 15 bis 25 Minuten die nahe der Brandfläche gelegenen Sensoren Nr. 5, 7 und 6 (Abstand zur Brandfläche kleiner 33 m) sowie der in östlicher Richtung in der Rauchfahne liegende Sensor Nr. 4 (Abstand zur Brandfläche 56 m).

Als letzter Sensor schlug mit etwa einer Stunde Verspätung der 29 m in nördlicher Richtung platzierte Sensor Nr. 1 an. Der in 40 m Entfernung auf der windzugewandten Seite platzierte Sensor Nr. 8 und der in nördlicher Richtung in 74 m entfernt platzierte Sensor Nr. 2 haben das Brandereignis nicht detektiert. Obwohl die anwesenden Feuerwehren den Brand sehr intensiv löschten, sodass bei ihrem Abrücken keine

Rauchschwaden mehr aus dem Boden aufstiegen, meldete sich der Brandsensor Nr. 5 am Folgetag erneut (Abb. 2). Zu dieser Zeit kam der Wind mit einer mittleren Freiland-Geschwindigkeit von 2,7 m/s stark wechselnd aus westlicher bis nordöstlicher Richtung. Dies erklärt, warum nicht der direkt auf der Fläche installierte Sensor Nr. 9, sondern der südlich der Fläche installierte Sensor Nr. 5 die Rauchentwicklung detektiert hat. Daraufhin rückten die Feuerwehren Allersberg und Lampersdorf mit acht Einsatzkräften nochmals aus, um das verbliebene und wieder aktiv gewordene Glutnest endgültig zu löschen.

Ausblick

Das Brandmelde-Frühwarnsystem hat seine Praxistauglichkeit bewiesen. Rein finanziell und auch logistisch ist es kaum möglich und auch nicht sinnvoll, so große brandgefährdete Gebiete wie den gesamten Nürnberger Reichswald komplett zu überwachen. Da aber die Mehrzahl der Brände durch den Menschen verursacht werden [1], wäre darüber nachzudenken, ob nicht schwerpunktmäßig die stark von Besuchern frequentierten Waldbereiche mit diesem System überwacht werden könnten. Ferner hat der kontrollierte Brandversuch gezeigt, dass trotz intensiver und gewissenhafter Löscharbeit Glutnester verbleiben können, die auch

PIONIERSAAT als Soforthilfe

Für zwei Regionen wird im Rahmen des vom Bayerischen Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten geförderten Projekts „Notfallmischung“ je eine angepasste Saatgutmischung aus Pionierpflanzen entworfen. Diese soll die initialen Nährstoffverluste nach Katastrophenereignissen, im vorliegenden Fall eine Brandfläche, minimieren (<http://dlv-forst.de/notfallmischung>). Ferner sollen die ausgebrachten Samen von krautigen sowie strauchartigen Pflanzen und Bäumen mit Pioniercharakter eine schnelle, nicht verdämmend und damit nicht verjüngungshemmend wirkende Bodenbedeckung etablieren, in deren Schutz wieder Schlusswald-Baumarten angebaut werden können.

Tage später zu einer erneuten Gefahr werden können. Auf gelöschten Brandflächen kann daher das Frühwarnsystem seine Möglichkeiten voll ausspielen und die Fläche längerfristig und detailliert überwachen. Der Personal- und Zeitaufwand für die Überwachung einer Brandfläche kann so deutlich minimiert werden, was auch die ehrenamtlichen Einsatzkräfte spürbar entlastet. Im Falle eines Wiederaufflammens einzelner Glutnester kann besonders auf größeren Brandflächen durch die Kenntnis der Lage der auslösenden Sensoren eine sehr gezielte Einsatzplanung erfolgen.

Prof. Dr. Dr. Axel Göttlein goettlein@tum.de

leitet das Fachgebiet Waldernährung und Wasserhaushalt der TU München in Freising/Weihenstephan. **Roman Laniewski** bearbeitet dort das vom Bayerischen Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten finanzierte Projekt „Notfallmischung“, im Rahmen dessen der Versuch durchgeführt wurde. **Carsten Brinkschulte** ist Geschäftsführer der Firma Dryad Networks GmbH, die das Brandwarnsystem entwickelt hat. **Heiko Schwichtenberg** ist Mitarbeiter bei der Fa. Bosch Sicherheitssysteme GmbH, welche die Einbindung der Brandsensoren in die Brandmelde-Infrastruktur und den Drohnenflug organisiert hat.

Literaturhinweise:

[1] ZIMMERMANN, L., HOLZAPFEL, K. (2022): Entwicklung der Waldbrandgefahr in Bayern. LWF aktuell 2/2022, 4-8. [2] <https://de.dryad.net/wild-firesensor>; <https://de.dryad.net/whitepaper-2023>.