



Waldbrandfrüherkennung

Wenn Drohnen Rauchzeichen lesen

Waldbrände breiten sich nicht nur in Südeuropa aus, sondern auch in Deutschland. Das Projekt Evolonic der FAU und des Fraunhofer-IISB entwickelt effektive Lösungen zur Früherkennung von Waldbränden. In Kooperation mit den Feuerwehren Erlangen und Nürnberg werden Langstrecken-Drohnen zur autonomen Überwachung von Waldgebieten erprobt. VON ULRIKE NIKOLA

Der Bayerische Innenminister Joachim Herrmann zeigte sich im vergangenen Jahr von dem Forschungsprojekt begeistert

Die jüngsten Ergebnisse haben eine beeindruckende Trefferquote erzielt und das freut die Forscherinnen und Forscher in Erlangen: Denn die vom wissenschaftlichen Team *Evolonic* entwickelte Langstreckendrohne kann während des Fluges ihre Umgebung mit einer Kamera überwachen und das Bild lokal über eine Recheneinheit an Bord auswerten. In den Versuchen konnte die Drohne bereits eindeutig Rauch beispielswei-

se von Nebel unterscheiden. Eine kleine Einschränkung gibt es allerdings noch, „denn die Stichprobe ist noch relativ klein und wir müssen die Waldbrandfrüherkennung per Drohne über einen längeren Zeitraum testen“, sagt *Tobias Raczok* vom Forschungsteam *Evolonic* am *Fraunhofer IISB* in Erlangen.

Werden Rauch oder Anzeichen eines Brandes erkannt, löst die Drohne über eine Webseite einen Alarm aus. Ähnlich wie die *nora* Notruf-

App der Bundesländer arbeitet die Webseite bisher autark von der übrigen Leitstellensoftware, um möglichst universell in unterschiedlich ausgestatteten Leitstellen eingesetzt werden zu können. Über die Webseite kann der Leitstellendisponent die Bilder der Drohne einsehen und auswerten. Neben dem Bildmaterial und den Koordinaten des Brandortes erhält der Disponent zusätzlich Informationen über die Vegetation, Anfahrtswege und mögliche Schutzziele in der Umgebung. Somit ist eine fundierte Lagebeurteilung möglich, um das benötigte Kräftekontingent anzufordern und einzuteilen. „Die Informationen stehen darüber hinaus auch der Einsatzleitung zur Verfügung, die sich bereits während der Anfahrt mit Hilfe der gesammelten Informationen zur Lage vertraut machen kann. Hinzu kommen von der Drohne lokal ermittelte meteorologische Informationen wie Wind, Luftfeuchtigkeit und Temperatur. Diese



Bild: Sven Nicolas; Bild u.l.: FAU



sollen bei der Beurteilung der Branddynamik helfen“, erklärt Tobias Raczok. Nach der Alarmierung soll die Drohne zudem noch für mindestens 30 Minuten vor Ort verweilen können, um in der Anfangsphase des Einsatzes einen Überblick über die Einsatzstelle aus der Luft zu liefern. Bei einer Reichweite von rund 100 km kann die Drohne zwischen den Kontrollflügen automatisch an den Basisstationen landen, um wieder aufzuladen und anschließend ihre Überflüge fortzusetzen.

Vorteile von Drohnen

Schon heute gibt es diverse Methoden zur frühzeitigen Detektion von Wald- und Vegetationsbränden. In den stark waldbrandgefährdeten Regionen im Osten Deutschlands wird überwiegend das auf den Feuerwachtürmen der ehemaligen DDR montierte System IQ FireWatch eingesetzt. Bei dieser Überwachungstechnik wird das Bild von stationären Kameras mittels KI ausgewertet. In Bayern und Niedersachsen setzt man hingegen auf ehrenamtliche Piloten und Luftbeobachter in Flugzeugen zur Überwachung der Wälder in Zeiten hoher Waldbrandgefahr. Das Münchner Start-Up *OroraTec* verwendet hierzu Satellitenbilder zur Detektion von Waldbränden. „Diese und weitere Verfahren haben dabei jeweils ihre eigenen Vor- und Nachteile. Abgesehen vom Luftrisiko der Drohnen, welches durch Technik auf gleicher Sendefrequenz weitestgehend reduziert werden kann, bieten Drohnen den großen Vorteil, dass sie unkompliziert in ihrer Frequenz erweiterbar sind und ebenfalls bei Bewölkung oder hügeligem Terrain

eingesetzt werden können“, erklärt Tobias Raczok: „Zudem können Drohnen als einziges System ein Live-Bild der Lage aus der Luft übermitteln. Viele Feuerwehren haben den Mehrwert von Luftbildern bereits in den letzten Jahren erkannt und eigene Drohnen beschafft, die jedoch meist erst zeitverzögert verfügbar sind.“ Das automatisierte System könnte gleich nach der Detektion der Brandstelle zur genaueren Lageerkundung an die Brandstelle heranfliegen und ein genaues Luftbild der Lage übermitteln. Dies ist darüber hinaus auch bei anderen Einsatzlagen möglich.

In allen Phasen haben sich die Studierenden und Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der FAU und des Fraunhofer Instituts für Integrierte Systeme mit vielen Beteiligten ausgetauscht, sowohl seitens der Feuerwehr und ILS als auch mit Piloten der Hubschrauberstaffeln der Polizei und Vertretern der Forstbetriebe. Die gesammelten Erfahrungen und Expertisen konnten somit gezielt in das Projekt einfließen. „Damit soll sichergestellt werden, dass das System reibungslos in den Regelbetrieb übernommen werden kann“, ist Tobias Raczok überzeugt.

Testphasen erfolgreich

Seit Frühjahr 2022 arbeiten die Forscherinnen und Forscher in Erlangen an der Früherkennung von Waldbränden mit Hilfe von Langstreckendrohnen und künstlicher Intelligenz. Nach dem Projektstart fanden erste Tests des Systems im Rahmen von Übungen der Feuerwehr Erlangen statt. Bis zum Sommer 2023 wurde das System bis zur Anwendungsreife weiterent-

wickelt, so dass erste Pilotversuche gestartet werden konnten. Von Ende Juli bis Mitte September fanden Testflüge statt, bei denen die Drohne von einem Feld nördlich von Möhrendorf im Landkreis Erlangen-Höchstadt aus startete und Teile des Staatsforstes Mark überwachte. Während der Erprobung hatten die Feuerwehren Erlangen und Möhrendorf sowie die Integrierte Leitstelle der Feuerwehr Nürnberg Zugriff auf das System. Das Fluggebiet für die Testflüge in Möhrendorf war in Absprache mit Feuerwehr und Forstverwaltung sorgfältig ausgewählt worden, um die Gefährdung des Luftverkehrs sowie Unbeteiligter auszuschließen. Neben dem Pilotprojekt in Möhrendorf haben Studierende an der FAU im Rahmen eines Realbrandversuchs in Sachsen-Anhalt zudem die Detektionsgenauigkeit des Systems getestet. Dort konnte die in der Drohne installierte KI bei einem echten Feuer unter Beweis stellen, was sie zuvor anhand von Bildern gelernt hatte.

Blick in die Zukunft

Einer der wichtigsten Aspekte beim Betrieb des Systems ist die

Die Drohne von Evolonik kann während des Fluges ihre Umgebung mit einer Kamera überwachen und das Bild lokal auswerten

Birgit Süßner unterstützt durch Ihre Kenntnisse in der Einsatzplanung und -vorbereitung





Der Bayerische Innenminister Joachim Herrmann bei Evolonic

Sicherheit nach außen, da durch die Überwachung keine zusätzlichen Gefahren entstehen dürfen. Um dies zu gewährleisten, sind wichtige Teile der Sensorik des Antriebsstrangs

sowie die Kommunikationswege redundant ausgelegt. Zur Vermeidung von Kollisionen mit anderen Luftfahrzeugen werden zusätzlich technische Systeme eingesetzt. Diese ermöglichen das Erkennen und das Erkantwerden von anderen Luftfahrtteilnehmern. Hierzu werden ADS-B und FLARM Signale von der Drohne empfangen und ausgesendet. Darüber hinaus wird eine Bilderkennungs-KI entwickelt, die es der Drohne ermöglicht, auch andere Luftverkehrsteilnehmer ohne entsprechende Sender zu erkennen. Nachdem das System nun weitestgehend entwickelt worden ist, fehlt noch eine längere Testphase in einem größeren Gebiet. Dafür suchen die Projekt-Verantwortlichen nach Kooperationspartnern. Langfristig gesehen soll das System definierte

Waldgebiete autonom und in hoher Frequenz überfliegen und mit Hilfe von computergestützter Bilderkennung Rauch frühzeitig erkennen. Der Bayerische Innenminister *Joachim Herrmann* zeigte sich bei einer Präsentation im vergangenen Jahr von dem Forschungsprojekt begeistert: „Mit einer Mischung aus traditionellem Feuerwehrhandwerk und modernsten technischen Unterstützungsmöglichkeiten werden wir in den kommenden Jahren den hohen Sicherheitsstandard in Bayern noch weiter ausbauen können. Das ist außerordentlich wichtig. Denn Intensität und Dynamik von Waldbränden nehmen zu. Umso wichtiger ist es daher, Brände schnell zu entdecken, damit unsere Feuerwehren die Flammen bereits in der Entstehungsphase bekämpfen können.“ □

Grundlagen der Detektion stammen aus dem Innovation Lab der FAU



Die Grundlagen für die Waldbranddetektion entstanden im Sommersemester 2022 in einer Kooperation zwischen Evolonic, der Feuerwehr der Stadt Erlangen und des Innovation Labs for Wearable and Ubiquitous Computing, einer Lehrveranstaltung am Lehrstuhl für Machine Learning und Data Analytics der FAU. Ziel des Innovation Labs ist es, gemeinsam mit den Studierenden praxisnahe Fragestellungen des System- und Software-Engineerings in Verbindung mit Wearables und IoT-Geräten auf kreative und innovative Weise zu lösen. Im Rahmen der Lehrveranstaltung entwickelten die Studierenden ein Konzept, Drohnen einzusetzen, sowie ein Sensorsystem, um Waldbrände mittels Bilderkennung frühzeitig zu erkennen. Aufbauend auf den Ergebnissen führten die Studierenden des interdisziplinären Projekts Evolonic von FAU und Fraunhofer IISB

das System zur Anwendungsreife und integrierten es in ihre Drohne. Im Rahmen des Digital Tech Fellows Programm der FAU Digital Tech Academy (DTA) legten die Studierenden zudem erste Grundlagen für eine Ausgründung als Start-up.

Prof. Dr. Martin März, Direktor am Fraunhofer IISB und Inhaber des Lehrstuhls für Leistungselektronik der FAU, verantwortet das Projekt Evolonic seit dessen Anfängen im Jahr 2008: „In all den Jahren haben sich die Studierenden dieses Teams immer wieder aktuellen Zukunftsproblemen gewidmet. Das beeindruckende Engagement und die Begeisterung der Studierenden, die Fähigkeit, ihr Team und die Projekte völlig eigenständig zu managen und hochkomplexe interdisziplinäre Aufgabenstellungen erfolgreich zu lösen – das alles nötigt mir allerhöchsten Respekt ab. Und es freut mich ganz besonders, dass die Studierenden des Evolonic-Teams nicht nur die sportliche Seite im Fokus haben – so konnten sie sich bereits zweimal bei internationalen Wettbewerben als Sieger durchsetzen. Sie möchten mit ihrer Arbeit auch einen gesellschaftlichen Nutzen schaffen, wie das Projekt zur Waldbrandfrüherkennung eindrucksvoll zeigt.“ Bei dem Wettbewerb „New Flying Competition“ (NFC) in Hamburg hatte sich das Erlanger Team gegen Studierende aus der ganzen Welt durchgesetzt und eine besonders effiziente Drohne gebaut. Dabei standen zwar technische Möglichkeiten und Flugmanöver einer Drohne im Vordergrund, doch es ging unter anderem auch darum, Objekte genau zu lokalisieren. Genau dies ist eine gute Grundlage für die Suche nach Waldbränden.



Aus Sicht der Feuerwehr Erlangen

Erlangen liegt in einem Gebiet mit potentiell erhöhter Waldbrandgefährdung. Zudem gab es in den vergangenen Jahren zunehmend Trocken- und Hitzeperioden im Frühjahr und Sommer, die sich negativ auf die Vegetation auswirkten. Daher bereiten sich die Feuerwehr Erlangen mit ihren knapp 90 hauptamtlichen Einsatzkräften der Ständigen Wache und die über 500 ehrenamtlichen Aktiven der 13 Freiwilligen Feuerwehren schon seit einigen Jahren mit spezieller Ausbildung, einsatzvorbereitenden Maßnahmen sowie Anpassung der Ausrüstung und der Fahrzeuge auf diese Situation vor. So soll im Sommer dieses Jahres ein spezielles Waldbrand-Löschfahrzeug nach der neuen bayerischen technischen Baubeschreibung an die Feuerwehr Erlangen ausgeliefert werden.

Die Feuerwehr Erlangen arbeitet bereits seit vielen Jahren mit Drohnentechnik im Einsatz. „Der Schlüssel für eine schnelle, effiziente und kontrollierte Bekämpfung von Waldbränden liegt in der genauen und frühzeitigen Lokalisierung von Brandherden. Gerade beim Vegetationsbrand ist deshalb eine schnelle und umfassende Luftaufklärung entscheidend für die Taktik, aber auch für die Sicherheit der Einsatzkräfte“, sagt Stadtbrandrat Friedhelm Weidinger. Folgende Fragestellungen der Einsatzleitung müssen daher schnell geklärt werden: Wo genau ist das Brandereignis? Wie breitet sich das Brandereignis aus? Handelt es sich um eine oder mehrere Brandstellen? Wie ist die richtige Zuwegung zum Schadensort? Gibt es weitere Zugriffswege? Welche

Wege sind als Rettungswege zu sichern? Gibt es besondere Schutzobjekte im betroffenen Gebiet?

Hubschrauber stehen nicht immer unmittelbar zur Verfügung und die Luftbeobachtung kann auch nur gewisse kritische Zeitfenster abdecken. „Hier im Großraum Nürnberg-Fürth-Erlangen haben wir noch die glückliche Situation, dass über den Tower und die startenden und landenden Flugzeuge am Nürnberger Flughafen eine weitere Waldbrandfrüherkennungsmöglichkeit zur Verfügung steht“, so Weidinger. Die Drohne sei dennoch eine wichtige Ergänzung in der Toolbox zur Waldbrandfrüherkennung, zur Dokumentation und zur Lageerkundung.

Die Feuerwehr Erlangen unterstützt daher das Projekt Evolonic seit Frühjahr 2022 durch die Kenntnisse aus dem Sachgebiet Einsatzplanung/-vorbereitung und der Kollegin Birgit Süssner, die unter anderem durch ihr Studium der Forstwirtschaft und ihre speziellen Kenntnisse im Zusammenhang mit der Vegetations- und Waldbrandbekämpfung wertvolle Tipps geben konnte. Darüber hinaus sind die Belange und Bedürfnisse der Feuerwehr durch den direkten Kontakt in der Entwicklung miteingeflossen. Den Verantwortlichen von Evolonic war es wichtig, ein System für die Praxis zu entwickeln, das Bedürfnisse und Anforderungen der Feuerwehren bedient. Hierzu fanden regelmäßig Meetings mit der Feuerwehr statt. Dabei wurden Anlaufstellen und Kontakte vermittelt, wie z.B. zur zwischenzeitlich ebenfalls mit eingebundenen ILS Nürnberg. Durch das Überfliegen



Stadtbrandrat Friedhelm Weidinger

von kleinen – durch die Feuerwehr überwachten - Übungsfeuern wurde die künstliche Intelligenz der Sensorik „trainiert“. Am Ende soll ein automatisiertes System stehen, das Waldbrände frühzeitig erkennt und die Einsatzkräfte mit allen notwendigen Informationen unterstützt, um das Brandereignis in der Entstehungsphase bekämpfen zu können. Das Fazit der Feuerwehr Erlangen lautet daher: „Wir sehen in diesem Projekt großes Potential für die zukünftige Wald- und Vegetationsbrandfrüherkennung und freuen uns, dass wir unseren Beitrag hierzu leisten durften.“ □

Die Feuerwehr Erlangen unterstützt das Projekt Evolonic seit Frühjahr 2022

IBG FACHKONGRESS 2024
Herausforderung Waldbrand 2.0 

Am **24. April 2024** findet in Erlangen der **IBG Fachkongress 2024** zum Thema **Herausforderung Waldbrand 2.0** statt. Der Schwerpunkt liegt auf den Themenbereichen Ausbildung und Einsatztaktik bei der Vegetationsbrandbekämpfung. Es wird insbesondere aufgezeigt werden, welche Ausbildung, Ausrüstung, Qualifikation und welche taktische Vorgehensweise für die Bekämpfung von großen Waldbränden erforderlich sind. Darüber hinaus beleuchtet der Fachkongress unter anderem die Schnittstellen zwischen Forst und Feuerwehr, da diese insbesondere bei (Groß-) Bränden in Waldgebieten immer Hand-in-Hand arbeiten müssen.