# Experiment for Moving Burning Ember Releases (EMBER)

Maximilian Weisbecker[1], Kira Piechnik[1], Andrea Klippel[1]
[1] Institut für Apparate und Umwelttechnik, Fakultät für Verfahrens- und Systemtechnik, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

## Motivation

Die Bekämpfung von Wald- und Vegetationsbränden stellt Einsatzkräfte weltweit vor Herausforderungen. Insbesondere Spotfeuer – durch Funkenflug und Flugfeuer ausgelöste Sekundärbrände – erhöhen die Dynamik und Gefährlichkeit für die Einsatzkräfte und die Bevölkerung zusätzlich.
Spotfeuer zählen zu den charakteristischen Merkmalen extremen Brandverhaltens, da sie erhebliche Distanzen – auch über natürliche oder künstliche Barrieren hinweg – überwinden können und so Brandbekämpfungsmaßnahmen erschweren. [1,2]
Die Entstehungs- und Transportprozesse von Flugfeuer sind gut erforscht. Der Entzündungsprozess auf Waldboden, welcher ein Spotfeuer verursacht, offenbart gegenwärtig noch Forschungslücken. [3,4] Die hier vorgestellte EMBER-Apparatur wurde zur weiteren Untersuchung des Entzündungsverhaltens entwickelt.

## Der Spotting-Mechanismus

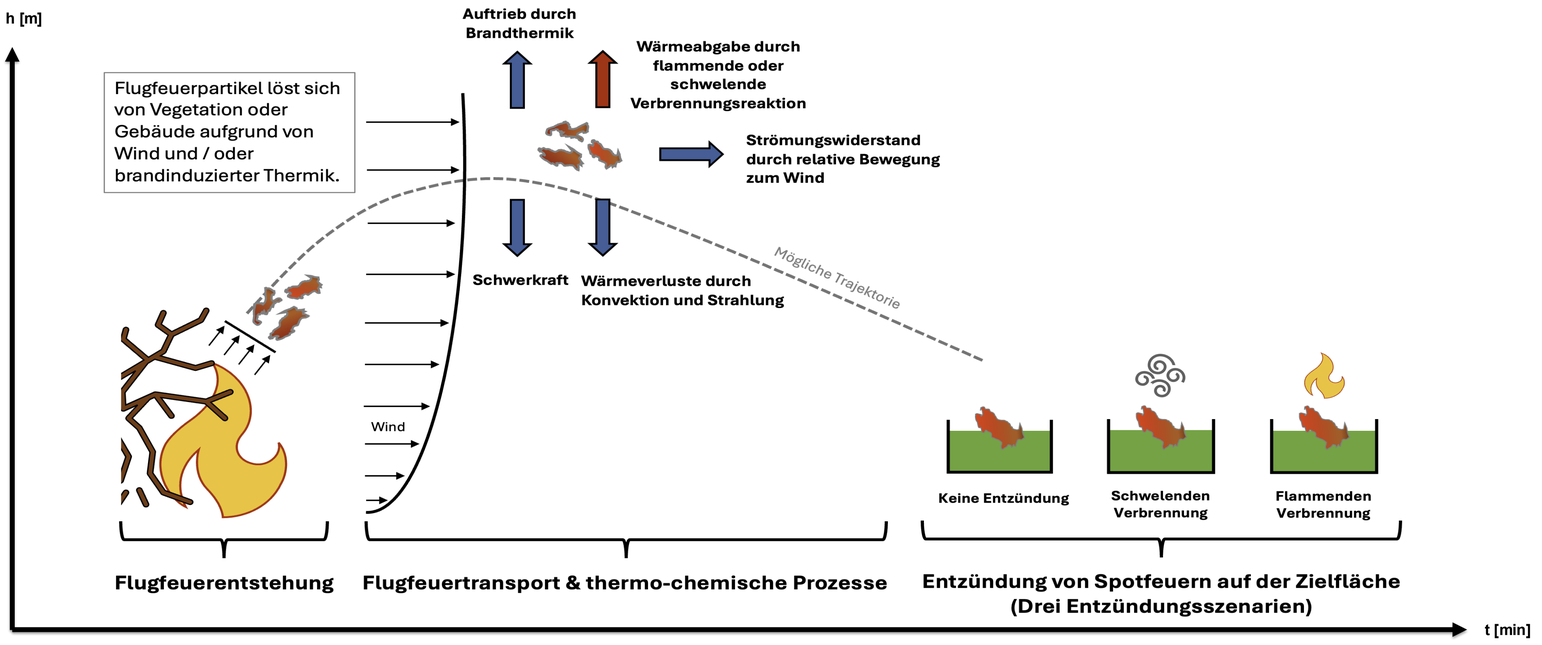



**Abb. 1:** Spotting-Mechanismus in Anlehnung an Manzello [2]

## Methodik und Apparatur

- Pneumatisches System zum Ausbringen von Flugfeuerobjekten auf einem Brennstoffbett
- Primär- und Sekundärvolumenstrom $\dot{V}_i$
- Sekundärvolumenstrom (Verbrennungsluft) stützt Verbrennungsprozess des Brennstoffs in der Apparatur vor dem Abschuss in Anlehnung an [5].
- Steuerung via Microcontroller mittels Web-App
- Brennstoffbett auf 100 cm x 50 cm vor dem Auslass
- 55 Vorversuche zur Ermittlung der Probenstreuung, insg. 23 Entzündungsversuche, jeweils zehn Thermoelemente
- Versuchsdauer: 10 Minuten; bei starkem Schwelverhalten weitere 5 Minuten

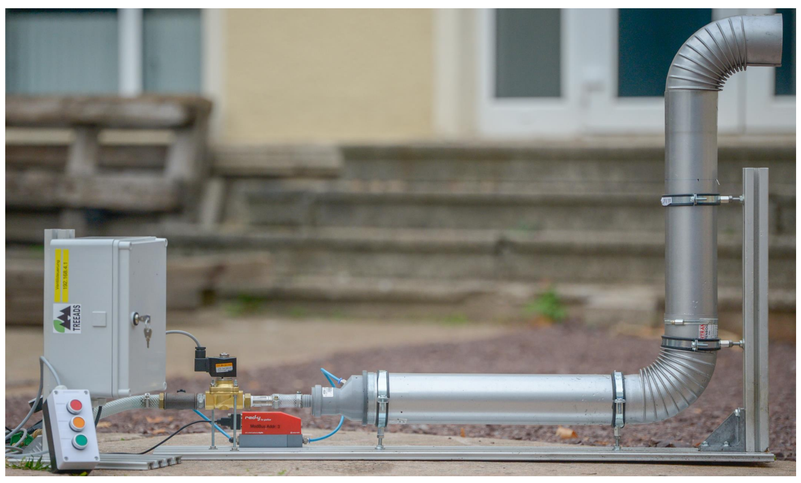


**Abb. 2:** EMBER-Apparatur mit Zubehör

**Abb. 3:** Ausbringen von Flugfeuerobjekten

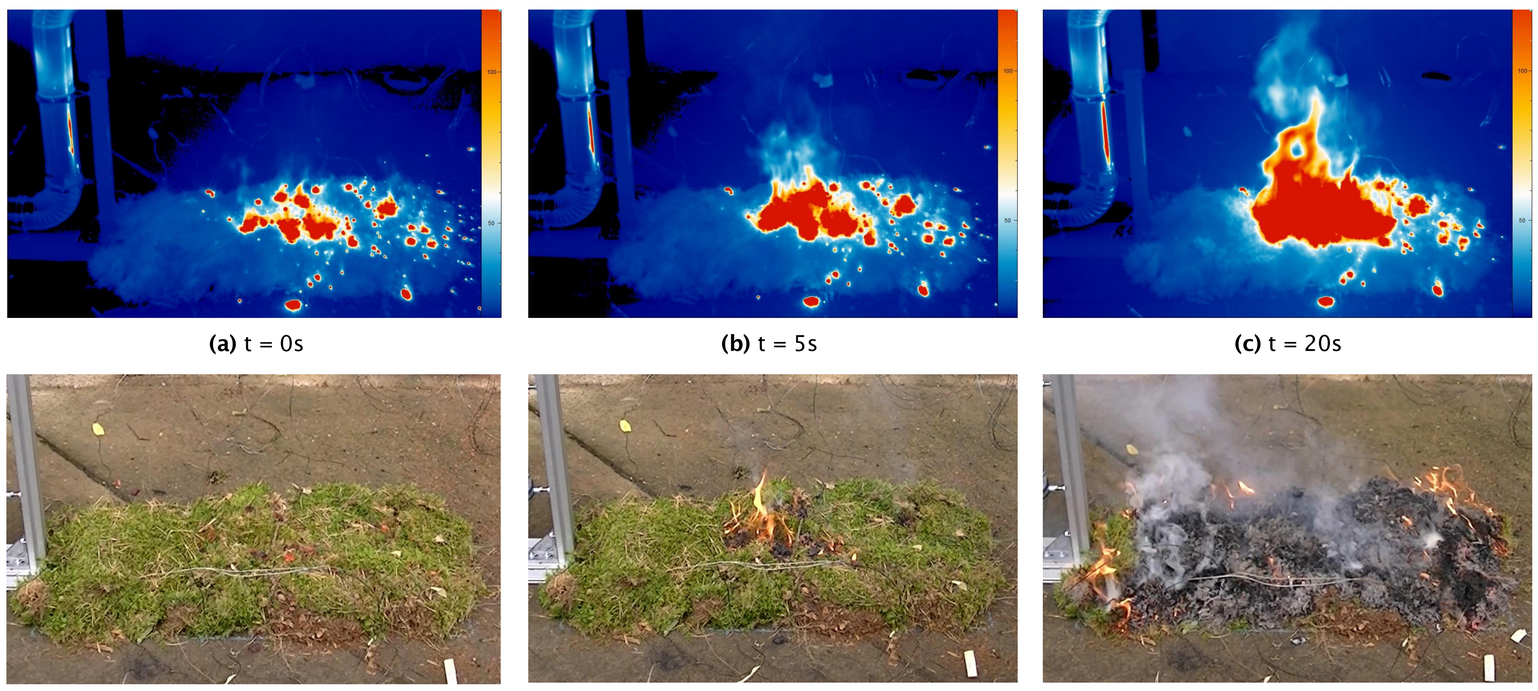
## Ergebnisse

**Brandszenarien**
- Flammenbrand: 48 %
- Keine Verbrennung: 26 %
- Schwelbrand: 17 %
- Flammenbrand nach Schwelbrand: 9 %

**Weitere Beobachtungen**
Vierwöchige Probentrocknung:
- Flammenbrand in 87,5 % der Brandversuche
- Durchschnittliche Zeit zur Entzündung: 03:32 Min.

Einwöchige Probentrocknung:
- Flammenbrand in 40 % der Brandversuche
- Durchschnittliche Zeit zur Entzündung: 07:19 Min.

## Brandversuche



**(a)** t = 0s **(b)** t = 5s **(c)** t = 20s

**(d)** t = 5s **(e)** t = 10s **(f)** t = 123s

**Abb. 4:** Brandversuch 1, Flammenbrand bereits nach 4 Sekunden, Versuchsende nach 02:12 Min. [6]

## Zusammenfassung

- Entwicklung einer funktionsfähigen Web-App zur Steuerung der Apparatur via W-LAN
- Erarbeitung einer aufwuchsfähigen Messstrategie für Temperaturmessungen auf der Zielfläche
- Durchführung und Auswertung von 23 Brandversuchen
- Bodenfeuchte hat maßgeblichen Einfluss auf das Entzündungsverhalten von Bodenproben
- Formulierung von Eingabeparametern für die numerische Simulation
- Entwicklung eines Logos für die Wissenschafts-kommunikation

## Forschungsbedarfe

- Durchführung weiterer experimenteller Studien zum Erreichen statistischer Signifikanz.
- Weiterentwicklung der Versuchsapparatur hinsichtlich der Heizquelle
- Numerische Simulation der Teilprozesse des Spotting-Mechanismus, insbesondere aber der Entzündung von Spotfeuern

## Referenzen

[1 V. Babrauskas, „Firebrands and Embers“, in Encyclopedia of Wildfires and Wildland-Urban Interface (WUI) Fires, S. L. Manzello, Hrsg., Cham: Springer International Publishing, 2018.
[2] S. L. Manzello und S. Suzuki, „The world is burning: What exactly are firebrands and why should anyone care?“, Front. Mech. Eng., Bd. 8, S. 1072214, Jan. 2023, doi: 10.3389/fmech.2022.1072214.
[3] A. Tohidi und N. B. Kaye, „Firebrands“, in Wildland Fire Dynamics, 1. Aufl., K. Speer und S. Goodrick, Hrsg., Cambridge University Press, 2022, S. 129–155. doi: 10.1017/9781108683241.005.
[4] S. Suzuki und S. L. Manzello, „On Unraveling Community Ignition Processes: Joint Influences of Firebrand Showers and Radiant Heat Applied to Fuel Beds“, Combustion Science and Technology, Bd. 195, Nr. 13, S. 2989–3002, Okt. 2023, doi: 10.1080/00102202.2021.2019238.
[5] ISO 6021: Firebrand generator, Mai 2024.
[6] M. Weisbecker, „Funkenflug und Brandausbreitung: Experimentelle Untersuchungen zum Entzündungsmechanismus an Wald- und Vegetationsproben (Bachelorarbeit)“. 29. November 2024.