

Auf dem Weg zu hochauflösenden LES-Simulationen von Waldbränden: Vergleichstests mit einem generischen Miniaturbaum

Zur Weiterentwicklung physikalisch basierter Waldbrandmodelle werden Kiefernholz-Modellbäume unter kontrollierten Bedingungen sowohl experimentell als auch numerisch untersucht. Die präzise Gestaltung der Modellbäume und eine standardisierte Zündprozedur im trockenen Zustand ermöglichen reproduzierbare Experimente. Die numerische Simulation basiert auf der Kopplung von thermisch dicken Mesh-Based-Model-Feststoffpartikeln mit einem Steady-Flamelet-Approach für die Gasphase.

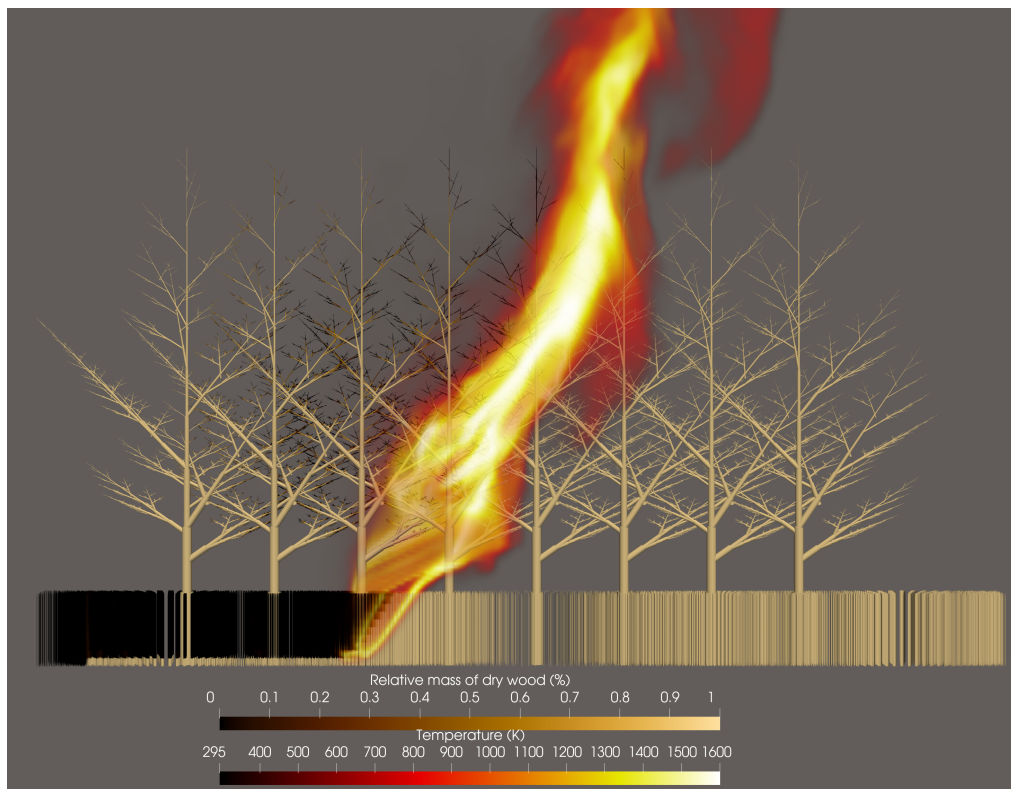


Abbildung 1: Ein simuliertes Feuer breitet sich über Gras und Bäume aus. Die Baumhöhe beträgt etwa 5,3 Meter. Das Bodenfeuer griff auf die Baumkronen über und entzündete die kleineren Zweige.

Ein wichtiger Einflussfaktor bei der Simulation mit Lagrange-Partikeln oder der Discrete-Element-Methode, mit der sich Festkörper-Biomasse-Partikel darstellen lassen, ist die Kopplung jener mit der Euler-Gasphase. Bei der klassischen Particle-Centroid-Methode führen Partikel, die mehr als 3 % des Volumens einer Gaszelle ausfüllen, zu starken numerischen Fehlern und Gitterabhängigkeiten. Moderne gitterunabhängige Methoden erlauben die Darstellung von Partikeln zwischen vollaufgelöst ($d_p > 10\Delta$) und unaufgelöst ($d_p \ll \Delta$). Unser interner LES-Solver PsiPhi wurde um eine gitterunabhängige Diffusionsmethodik ergänzt, die die moderne MPI-RMA (1-seitige Kommunikation) verwendet. Die Gewichte für die Kopplung sphärischer Partikel mit der Gasphase sind nun abhängig von der integrierten Diffusion, der Gaußfunktion und dem Partikeldurchmesser bzw. dem Gauß-Kernel.

Die im Wald vorhandene Biomasse, bestehend aus Ästen, Zweigen und Grashalmen, wird durch Zylinder repräsentiert. Diese können in unterschiedlichsten Durchmessern und Längen

vorhanden sein, was einer der vielen physikalischen Skalen von Waldbränden entspricht. Daher ist eine gitterunabhängige Interaktion äußerst relevant. Der Gauß-Kernel wurde dementsprechend auf die Zylinder angepasst und auf den generischen Miniaturbaum angewendet. Abbildung 1 links zeigt die verbleibende Kohle nach der Pyrolyse der Biomasse des generischen Miniaturbaums. Die rechte Abbildung zeigt die Massenverlustrate für unterschiedlich abgelängte Zylinder (Slicing) bei einem konstant bleibenden eulerschen Gitter. Die verschiedenen Zylinderlängen zeigen den gleichen Verlauf. Dadurch ist eine Gitterunabhängigkeit gewährleistet.

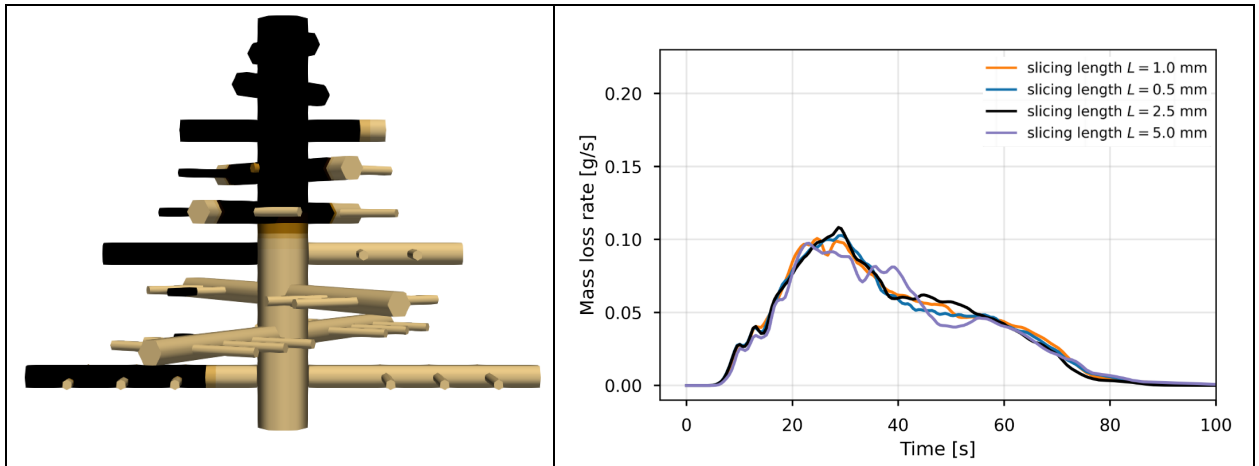


Abbildung 2: Links ist die Verkohlung des generischen Miniaturbaums zu sehen, rechts die Massenverlustrate bei verschiedenen Zylinderlängen.

Auf eine Waldbrand-LES-Simulation angewendet bedeutet dies, dass der Einfluss der vielskaligen Partikelgrößen signifikant reduziert wird. Somit kommen wir unserem Ziel, eine akkurate Waldbrandsimulation zu entwickeln, näher.