

Projektvorschlag Modellierung

Modellierung eines Waldbrandes

Matthias Puhr, Robert Trummer

14. Mai 2013

Problemstellung und Ziele

Natürlich auftretende oder vom Menschen verursachte Waldbrände kommen in vielen Regionen der Erde vor. Waldbrände können sich zu Flächenbränden entwickeln und stellen dann auf Grund der hohen Ausbreitungsgeschwindigkeit des Feuers und der Rauchentwicklung eine große Gefahr für Menschen und Tiere dar. Weiters können durch die Zerstörung von Infrastruktur (Häuser, Straßen, ...) und Kulturpflanzen (Bäume, Getreide, Weideland, ...) große finanzielle Schäden entstehen.

Die Vorhersage von Geschwindigkeit und Ausbreitungsrichtung eines Waldbrandes ist daher von großer Bedeutung. Ziel unseres Projektes ist es, ein realistisches Modell eines Waldbrandes zu entwickeln. Es soll untersucht werden, wie sich verschiedene Parameter auf die Entwicklung des Brandes auswirken. Eine wichtige Frage ist, wie die Holzdichte die Ausbreitung des Brandes beeinflusst. Wir werden untersuchen, ob es möglich ist durch gezielte Beeinflussung der Holzdichte (zum Beispiel durch Rodung) die Ausbreitung eines Brandes zu verhindern oder zumindest zu verlangsamen.

Mögliche Erweiterungen des Modells wären zum Beispiel die Berücksichtigung der Windgeschwindigkeit und die Frage wie und ob man den Brand mit gegebenen Ressourcen löschen kann.

Physikalische Grundlagen

Wir werden zur Modellierung eines Waldbrandes den “bottom-up”-Ansatz benutzen und mit der Wärmeleitungsgleichung beginnen. Zu berücksichtigen ist dabei, dass Holz ab einer bestimmten Temperatur zu brennen beginnt und dann zu einer Wärmequelle wird. Nach einiger Zeit ist alles Holz in einem Gebiet verbrannt und die Wärmequelle versiegt. Wir haben es also mit einer zeit- und ortsabhängigen Inhomogenität zu tun. Die allgemeine Wärmeleitungsgleichung für diesen Fall hat die Form:

$$\frac{\partial}{\partial t}u(\vec{x}, t) - a\Delta u(\vec{x}, t) = f(\vec{x}, t; u(\vec{x}, t)) \quad (1)$$

wobei $u(\vec{x}, t)$ die zeit- und ortsabhängige Temperatur bezeichnet, der Koeffizient a die Temperaturleitfähigkeit angibt und die Funktion $f(\vec{x}, t; u(\vec{x}, t))$ die Wärmequellen beschreibt.

Mathematische Formulierung

Gleichung (1) ist eine inhomogene, partielle Differentialgleichung. Es wird im allgemeinen sehr aufwendig und möglicherweise unmöglich sein eine analytische Lösung zu finden. Ein weiteres Problem ist, dass für realistische Anwendungen nicht immer alle benötigten Parameter beliebig genau festzustellen sind. So ist es zum Beispiel nicht möglich, die Holzdichte für jeden Punkt eines Waldes exakt zu bestimmen. Man wird hier mit der mittleren Dichte pro Flächeneinheit oder ähnlichen experimentell bestimmbaren Werten arbeiten müssen.

Wir werden bei der Modellierung daher mit einer Diskretisierung der Wärmeleitungsgleichung arbeiten und das Problem numerisch lösen. Für die Berechnungen soll so weit wie möglich Matlab verwendet werden. Eventuell werden wir für umfangreichere Rechnungen teilweise eigenen Programme in C++ entwickeln.