dwh simulation services

TECHNISCHE UNIVERSITÄT WIEN Vienna University of Technology

Gruppenexperiment: Grippewelle - Hintergründe

Der Weltuntergang und seine Folgen

Je nach dem wie hart uns der Weltuntergang trifft: Wenn viele Menschen vorerst überleben, kommt es zu Krankheiten und Epidemien. Diese müssen geeignet behandelt werden und welche Strategien hier am besten eingesetzt werden können, kann auch simuliert werden. Dabei geht es vor allem darum zu analysieren welche Entscheidungen am besten getroffen werden (müssen) – ein heikles Thema: Viele Faktoren beeinflussen solche Epidemien: Die Art der Erreger, die Übertragungsart, die Art und die Anzahl unterschiedlicher Erkrankungen die durch den Erreger ausgelöst werden, die Struktur und Dichte der Bevölkerung, die möglichen Präventionsmaßnahmen, wie Impfungen und welche im Falle einer Katastrophe zur Verfügung stehen, die möglichen und vorhandenen Behandlungsmöglichkeiten und zu guter Letzt: die Kosten. Selbst der Weltuntergang ist ja nicht gratis.

In der Not greift man zur Mathematik ...

In diesem Beispiel entwickelt sich aus sehr einfachen Regeln ein komplexes Verhalten des Gesamtsystems. Dabei können die Besucher selbst sehen, dass aus Ihrem Verhalten in der Gruppe eine komplexe mathematische Gleichung entsteht, die eine Epidemie beschreibt. Modelliert wird die Epidemie durch einen sogenannten zellulären Automaten.

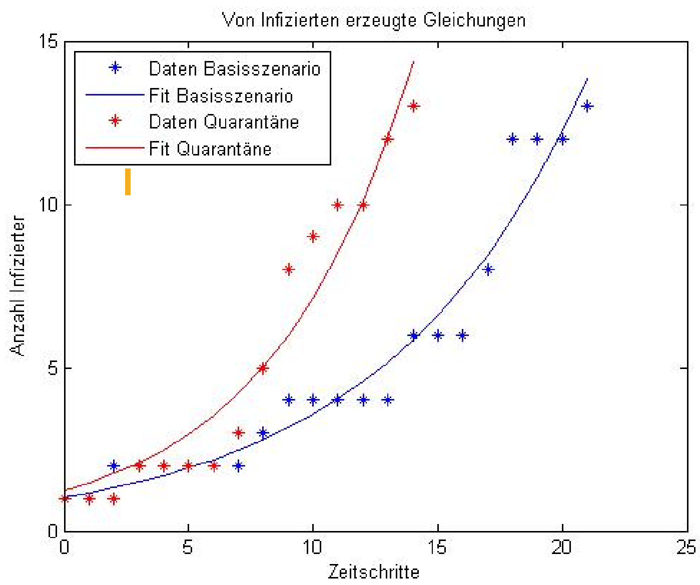
Zellulärer Automat
Ein zellulärer Automat ist ein **raum- und zeitdiskreter Prozess**, der auf mehreren abgeschlossenen, gleichartigen und gleichmässig angeordneten Einheiten (Zellen) operiert. Auf diesen sind Nachbarschaften definiert (hier die Moore-nachbarschaft) und jede Zelle ist in einem von n **Zuständen**.

Epidemiemodell
Das Epidemiemodell ist ein klassisches SI-Modell mit zwei Zuständen, "suzeptible" (S, gesund) und "infected" (I, infiziert). Es kann durch folgendes System von zwei Differentialgleichungen und der Erhaltungsgleichung beschrieben werden:

$$\frac{dS}{dt} = -cIS \quad , \quad \frac{dI}{dt} = cIS \quad , \quad N = I + S$$

Die erste Gleichung beschreibt die Veränderung der Gesamtanzahl der Gesunden (S), die abhängig ist von der Anzahl der bereits Infizierten (I) und der Anzahl der noch möglichen Infizierbaren, also den Gesunden (S) und einer Konstante c. Die zweite Gleichung beschreibt die Veränderung der Gesamtanzahl der Infizierten. Die Anzahl der Neuinfizierten (cIS) wird in jedem Zeitschritt von den Gesunden abgezogen und zu den bereits Infizierten hinzugefügt. Die Erhaltungsgleichung gibt an, dass die Summe der Infizierten und der Gesunden immer gleich bleibt.

Welche Gleichungen erschaffen wir nun?



In einem Experiment wird die Epidemie mit 13 Teilnehmern nachgespielt, bei der im Zeitschritt 0 nur eine Person infiziert ist. In jedem Zeitschritt werden die Infizierten gezählt. Daraus ergeben sich Datenpunkte (blaue Sterne), also die Anzahl der Infizierten. In einem zweiten Experiment wird eine Quarantäne (Schaumstoffmauer) mit einem kleinen Durchgang aufgestellt und wieder simuliert, was zu anderen Messwerten führt (rote Sterne). Anschließend wird über die beiden Datensätze eine von der Zeit t abhängige Exponentialgleichung (mit zwei Parametern a und b) der Form:

$$I(t) = a \cdot e^{b \cdot t}$$

gelegt und durch die Messwerte gefittet, wodurch a und b bestimmt werden. Man erhält:

$$I\_Basis(t) = 1{,}238 \cdot e^{0{,}175 \cdot t}$$

$$I\_Quarantäne(t) = 1{,}044 \cdot e^{0{,}123 \cdot t}$$

Fazit
In beiden Fällen erkennt man exponentielles Wachstum der Krankheitsausbreitung. Bei einer Quarantäne-Maßnahme wird die Epidemie nicht aufgehalten, sondern nur verzögert.
Der Vergleich zwischen Realexperiment und Computersimulation zeigt, dass es notwendig ist mit einem hinreichend großen Raster zu simulieren um Ungenauigkeiten aus dem Ergebnis filtern zu können.