

Modellbildung und Simulation

„Simulieren“ ist umgangssprachlich nicht wissenschaftlich belegt, sondern negativ mit einer Vorstellung von jemand, der uns etwas vormacht, also beispielsweise so tut, als hätte er eine schwere Erkrankung, die er in Wahrheit aber gar nicht hat. Für unseren wissenschaftlichen Gebrauch ist es daher passend, ihn unmittelbar mit dem zu einer guten Simulation zwingend gehörenden Modellbildungsprozess zu koppeln. Dennoch bezeichnen wir etwas als Simulation, wenn wir gerade nicht eine reale Anwendung durchführen, sondern nur so tun als ob. Daher bleibt die Frage:

Warum Modellbildung und Simulation?

Bei einer Simulation machen wir uns ein Abbild einer realen Situation, arbeiten also nicht mit der realen Situation selbst. Diese Mühe machen wir uns aber natürlich nicht grundlos. Begründungen für den Einsatz von Simulationen gibt es viele, von denen hier einige angeführt werden.

Begründungen für Simulation

Zeitliche Begründung: Vorhersage

Eine zeitliche Begründung für eine Simulation liegt vor, wenn der Zustand des Systems, das wir simulieren wollen, in der Zukunft liegt. Wir versuchen in dem Fall also eine Vorhersage für die Zukunft zu machen. Klimamodelle sind ein typisches Beispiel für diese Situation.

Finanzielle Begründung

Diese zeitliche Begründung kann mit einer finanziellen verknüpft sein. Wird ein neues Flugzeug entwickelt, wird man in Computerexperimenten und ein Modell des Flugzeugs in Windkanalexperimenten untersuchen, lange bevor mit der Fertigung des Flugzeug begonnen wird.

Zeitliche Begründung: Dauer

Eine andere zeitliche Begründung liegt vor, wenn wir einen Ablauf simulieren wollen, der sehr lange dauert. Sterne können wir heute am Himmel beobachten, die Entwicklung eines Sterns von einer kollabierenden Gaswolke hin zu dem heutigen Zustand können wir aber nicht beobachten, da er möglicherweise viele Milliarden Jahre dauert.

Systemische Begründung: Größe

Am vorigen Beispiel erkennen wir auch einen weiteren Anwendungsbereich, der sich aus der Größe des Systems ergibt. Einmal sind wir nicht in der Lage, mit unserer Erde, einem Stern oder gar dem ganzen Weltall Experimente durchzuführen. Auf der anderen Seite geschehen manche chemischen und physikalischen Vorgänge in Größenordnungen, die sich einer direkten Untersuchung entziehen.

Erkenntnistheoretische Begründung

Eine erkenntnistheoretische Begründung liegt bei Systemen vor, deren theoretischen Grundlagen wir nicht oder nur unvollständig kennen oder deren formelmäßige Behandlung zu kompliziert ist. Zu diesen sehr komplizierten Systemen gehört unsere Atmosphäre mit ihren Wetterphänomenen.

Systemische Begründung: Gefahren

Eine wichtige Klasse von Begründungen ergibt sich aus den Anwendungsbereichen selbst. Man untersucht zwar in realen Crashtests das Verhalten von Fahrzeugen in Unfallsituationen, das Verhalten eines Flugzeugs bei einem Absturz wird man aber – nicht nur aus Kostengründen – sicher nicht mit einem realen Experiment untersuchen. Und wo es hinführen kann, wenn man Experimente zur Sicherheit an einem realen Reaktor durchführt, hat der Reaktorunfall von Tschernobyl gezeigt.

Ethische Begründung

Eine wichtige weitere Begründung sind ethische Aspekte. Experimente an Menschen sind in der Nazizeit tatsächlich durchgeführt worden, werden heute aber allgemein als menschenverachtend abgelehnt. Versuche an Embryonen sind sehr umstritten. Selbst Tierversuche sind immer wieder in der öffentlichen Diskussion. Es ist eine ethische Frage von grundlegender Bedeutung, ob man solche Experimente real durchführen sollte oder nicht.

Modellarten

Für Modelle können grafische Darstellungen genutzt werden, also z.B. verkleinerte realistische Darstellung des Originals, Schnittzeichnungen, Funktions- und Flussdiagramme. Sie können aber auch in (nicht nur mathematischen) Formeln ausgedrückt sein. Natürlich sind auch Modelleisenbahnen Modelle und dass die modellierte Situation nicht trivial sein muss, zeigt die berühmte Modelleisenbahnanlage in der Hamburger Speicherstadt.

Für uns ist aber wichtig, dass Computer schnell und genau jede mathematische oder logische Beschreibung verarbeiten können. Das Modell kann daher auch in einem speziellen Programm bestehen. Das ermöglicht Modellbildung und Simulation für alles, was sich formal beschreiben lässt und berechenbar ist.

dynamische Systeme

Aus diesem Bereich interessiert uns in unserem Kurs vor allem die Modellierung und Simulation dynamischer Systeme. Auch wenn wir dabei nicht selbst an unüberschaubar komplexen dynamischen Systemen arbeiten, lernen wir dabei die Grundlagen kennen, mit denen man auch solche Systeme in ihren Entwicklungen modellieren und ihr Verhalten simulieren kann. Dies geschieht mit dem Ziel, sie besser zu verstehen und passender mit ihnen umzugehen.

Grenzen der Simulation

Wir kennen das Problem des Zusammenhangs von Möglichkeiten und Grenzen des Einsatzes von Computern aus dem Bereich der KI. Auch Simulationen sind natürlich Grenzen gesetzt.

Berechenbarkeit

Die Grenze der begrenzten Rechenzeit und des Speicherplatzes kennen wir aus dem Bereich der Intelligenten Suchverfahren. Klimasimulationen beispielsweise erfordern nicht nur einen hohen Aufwand an Rechenzeit, sondern setzen auch besonders leistungsfähige Computersysteme voraus, die weit über die von uns verwendeten Einzelplatzsysteme hinaus gehen.

Kosten

Daneben tritt auch hier die Grenze der Entwicklungskosten von Software auf: Aufwand und Ertrag müssen in einem vernünftigen Verhältnis zu einander stehen.

Das führt in der Regel dazu, dass ein Modell möglichst einfach sein muss und es stellt sich die Frage, ob bei dieser Vereinfachung nicht wesentliche Eigenschaften der Realität verloren gegangen sind. Simulationsergebnisse sind nur auf dieser Basis bewertbar, sie sind eben keine Wirklichkeit, sondern nur ein Versuch, Wirklichkeit zu beschreiben, der zwangsläufig fehlerhaft sein muss.

Misstrauen Sie allen Aussagen, die mit dem Satz beginnen „Untersuchungen haben gezeigt, dass ...“

Ein Modell ist nicht die Realität, sondern nur ein Bild eines kleinen Ausschnittes von ihr.

Anmerkung:

Auf den Modellierungsprozess wird später eingegangen.