

Unfallrekonstruktion

Die Computersimulation in der Unfallrekonstruktion

von Dipl.-Ing. André Schrickel, Münster

Computersimulationen gewinnen im Bereich der Unfallrekonstruktion zunehmend an Bedeutung. Mit diesem Beitrag soll ein kurzer Überblick gegeben werden. Es wird verdeutlicht, welche neuen Möglichkeiten sich für die Präsentation ergeben. Dabei soll aber auch gezeigt werden, wie eine kritische Bewertung der Simulation auch von einem technischen Laien vorgenommen werden kann. Dafür ist die Offenlegung der Vorgehensweise und aller Eingabedaten und Ergebnisse von entscheidender Bedeutung.

I. Begriff

Simulation ist eine Vorgehensweise zur Analyse dynamischer Systeme. Bei der Simulation werden **Experimente** an einem Modell der Realität **durchgeführt**, um Erkenntnisse über die reale Situation zu gewinnen. Dabei konzentriert man sich auf die Aspekte, die für die Erkenntnisgewinnung von besonderem Interesse sind. Im Zusammenhang mit Simulation spricht man von dem zu simulieren-

den System und von einem Simulationsmodell, welches eine Abstraktion des realen Systems darstellt.

II. Software

In der Unfallrekonstruktion stehen im deutschsprachigen Raum die folgenden Computerprogramme zur Verfügung:

- PC-Crash (Dr. Steffan Datentechnik GmbH DSD, Linz),
- CARAT (Ingenieur-Büro Jürgen Burg lbB, Wiesbaden),
- Analyzer Pro (Dr. Werner Gratzler DWG, Oberndorf [Österreich]).

Computerprogramme

III. Grundprinzip

Die Realität wird als ein System von Modellen **nachgebildet**. Es kann dabei eine Unterteilung in die Umwelt und die Unfallbeteiligten (Fahrzeuge, Menschen) vorgenommen werden. Diese Modelle können zunächst für sich definiert werden.

Nachbildung der Realität

Die einzelnen Modelle lassen sich miteinander in **Interaktion** bringen. Die Unfallbeteiligten werden in die nachgebildete Umwelt eingebunden. Es werden Anfangszustände vorgegeben. Ausgehend von der Anfangssituation können dann die Folgezustände in kurzen Intervallen berechnet werden. Auch hierbei werden physikalische Gesetzmäßigkeiten mathematisch beschrieben. Es sind hierfür komplexe Gleichungssysteme erforderlich, die praktisch nur durch den Einsatz von Computern gelöst werden können.

Interaktion

Je nach Feinheit des Modells wird die Realität mehr oder weniger genau abgebildet. Trotz der Vereinfachungen müssen die Modelle aber die wesentlichen Eigenschaften des realen Systems für eine bestimmte Aufgabenstellung hinreichend genau wiedergeben.

Für die Simulation kann ein beliebiger Startpunkt gewählt werden. Die Berechnungen können dann sowohl vorwärts als auch rückwärts erfolgen. D.h., es lassen sich sowohl die Annäherung an den Startpunkt als auch der weitere Verlauf ausgehend vom Startpunkt berechnen. Das Ende der Berechnungen wird ebenfalls vom Anwender selbst vorgegeben.

In den Simulationsprogrammen sind fertige Modelle integriert. Geometrische Daten und Massen sowie Interaktionen können dem jeweiligen Fall angepasst werden.

Mit der Simulation können alle **Problemstellungen** der Unfallrekonstruktion **bearbeitet** werden. Es lassen sich reine Fahrvorgänge (z.B. Einbiegen) oder Alleinunfälle (z.B. Überschlag) ebenso betrachten wie Kollisionen zwischen den unterschiedlichsten Kontrahenten (Fahrzeug-Fahrzeug-Kollision, Fußgängerunfall u.Ä.). Dabei können die Bewegungsvorgänge mehrerer Fahrzeuge simultan berechnet und miteinander verknüpft werden.

Bearbeitung von Problemstellungen

IV. Präsentation

Eine Stärke der Computersimulation liegt in der Möglichkeit, auch komplizierte Vorgänge allgemein verständlich zu präsentieren. Ein gesamter **Unfallablauf** kann von der Entstehung bis zum Ende in sehr anschaulicher Form sowohl zwei- als auch dreidimensional **dargestellt** werden. Die Präsentation kann außerdem durch Videosequenzen erfolgen.

Verständliche Präsentation

Praxistipp:

Die Darstellung allein sagt aber nichts über die Güte der Analyse aus! Es gilt nicht immer, dass was man sieht, auch tatsächlich richtig ist!

Sämtliche Vorgaben und Ergebnisse lassen sich als Datensatz und/oder Diagramm ausgeben. Die Simulation wird erst hierdurch transparent!

Für die Präsentation stehen zusätzliche Werkzeuge zur Verfügung, mit denen eine Verschönerung der Simulationsergebnisse erfolgen kann. Wie die Abb. 1 zeigt, kann die Präsentation im Vergleich zum dahinter stehenden Modell dadurch eine vollkommen andere Wirkung auf den Betrachter erzielen.

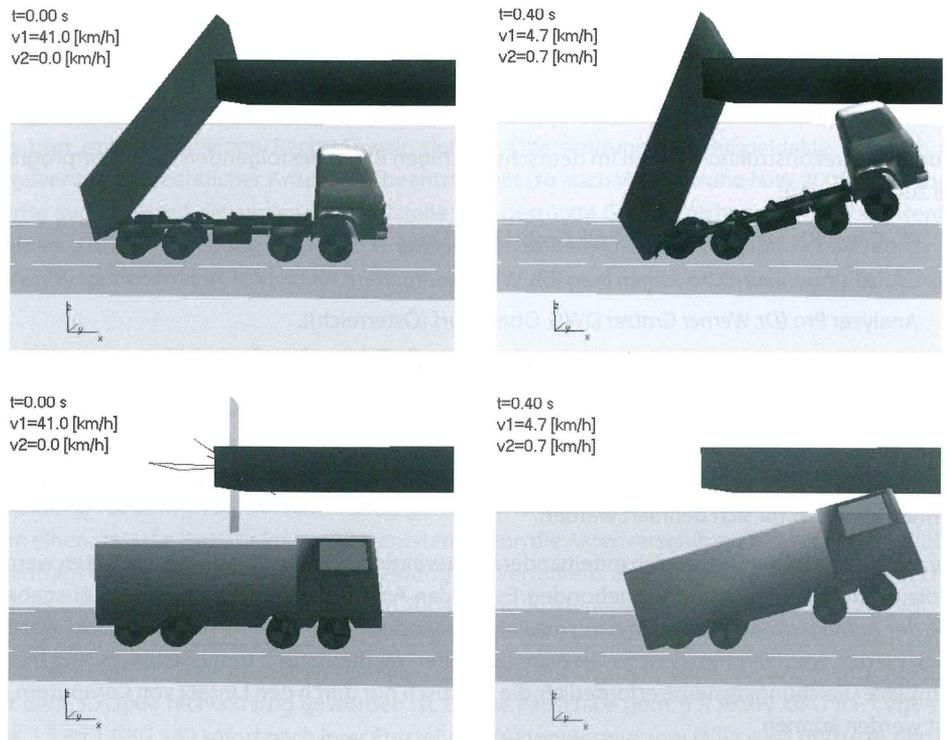


Abb. 1: Brückenanprall, oben die Präsentation, darunter die eigentliche Simulation – die Stoßkontra-
henten haben beim ersten Anstoß gar keinen Kontakt!

V. Wie lässt sich die Güte der Simulation erkennen?

Maßstab der Bewertung

Die **Simulation** stellt ein neues **Hilfsmittel** für den Sachverständigen dar. Aufgrund der einfachen Bedienung ist es im Prinzip jedem möglich, ein Unfallszenario nachzustellen. Dabei muss aber sichergestellt werden, dass die Realität und nicht reine Fiktion wiedergegeben wird. Wie lässt sich hier eine Bewertung vornehmen?

Zunächst muss bei der Ausarbeitung dargelegt werden, **welche Anknüpfungspunkte** zur Verfügung standen. Es ist dabei zwischen objektiven Anhaltspunkten (Spuren, Schäden, Endlagen u.Ä.) und einseitigen Behauptungen (Beteiligte, Zeugen) zu unterscheiden. Die Simulation muss so dokumentiert werden, dass nachvollzogen werden kann, welche Anknüpfungspunkte tatsächlich berücksichtigt wurden.

Praxistipp:

Alle Bearbeitungsschritte und Vorgaben sind – ebenso wie die Ergebnisse – anschaulich dar-
zulegen!

Auch dem **technischen Laien** ist es dann möglich, eine Simulation grds. zu beurteilen. Er kann erkennen, ob die Unfallbeteiligten korrekt vorgegeben wurden. Dabei ist es aber unerheblich, ob für ein Fahrzeug die genaue Bezeichnung gewählt wurde. Die Kontrolle beschränkt sich auf die geometrischen Maße sowie die Massen, die für die Simulation tatsächlich von Bedeutung sind.

Der Kraftschluss zwischen Reifen und Fahrbahn wird durch einen Reibbeiwert wiedergegeben. Dieser muss mit den tatsächlichen Verhältnissen zum Unfallzeitpunkt korrelieren.

Simulationsort

Die Simulation sollte in der **nachgebildeten Örtlichkeit** stattfinden. Hierzu ist eine entsprechende Skizze bzw. ein Luftbild zu unterlegen. Es können auch dreidimensionale Geländeprofile erstellt werden. Auch die realen Endpositionen und aufgetretenen Spuren sollten hierin vermerkt sein. Der Bezug zur Realität kann wie in der Abb. 2 auch durch zwei getrennte Darstellungen hergestellt werden. Es lässt sich dann direkt überprüfen, inwieweit diese Vorgaben mit der Simulation überhaupt erreicht wurden.

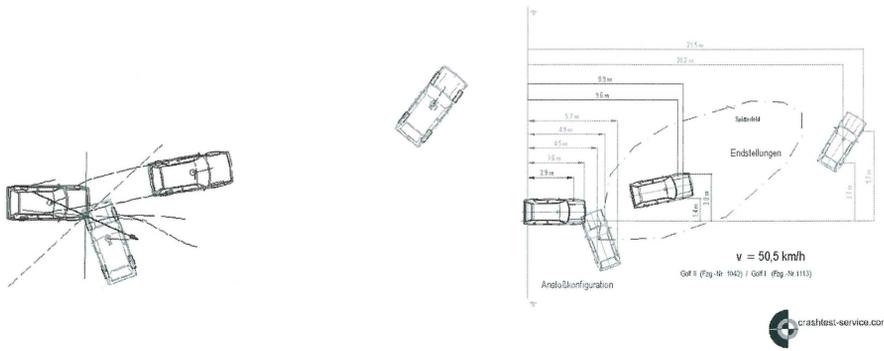


Abb. 2: Simulation in Bezug zur Realität, links Simulation, rechts Versuchsergebnis

Bei **Kollisionsanalysen** spielt aber nicht nur das Erreichen der Endpositionen eine Rolle, sondern auch die aufgetretenen Schadenintensitäten. Die Bestimmung der Kollisionsgeschwindigkeiten wird bei vielen Konstellationen hierdurch erst möglich. Bei einem Gegenverkehrsfall mit voller Überdeckung kommen die Fahrzeuge bspw. in unmittelbarer Nähe zum Kollisionsort zum Stillstand. Bei der Simulation könnten bei gleichem Geschwindigkeitsverhältnis unterschiedlich hohe Kollisionsgeschwindigkeiten der beiden Stoßkontrahenten vorgegeben werden, ohne dass sich die Auslaufbewegungen unterscheiden würden.

Kollisionsanalysen

Die **Schadenintensitäten** werden durch das Programm mit Struktursteifigkeiten in Verbindung mit Eindringtiefen bzw. einem sog. EES-Wert beschrieben. Hier muss der Bezug zur Realität durch Vergleichsversuche hergestellt werden, die für eine visuelle Kontrolle offen gelegt werden müssen.

Mit Sequenzen werden bei der Simulation die Handlungen der Beteiligten hinsichtlich Lenken und Bremsen vorgegeben. Sie können den gesamten Simulationsablauf maßgeblich beeinflussen. Für extreme **Vorgaben** muss es auch entsprechende Anhaltspunkte geben. Durch Vollbremsungen und Schleudern entstehen in der Örtlichkeit bei entsprechenden Fahrbahnverhältnissen u.U. Spuren.

Beeinflussung des Simulationsablaufs

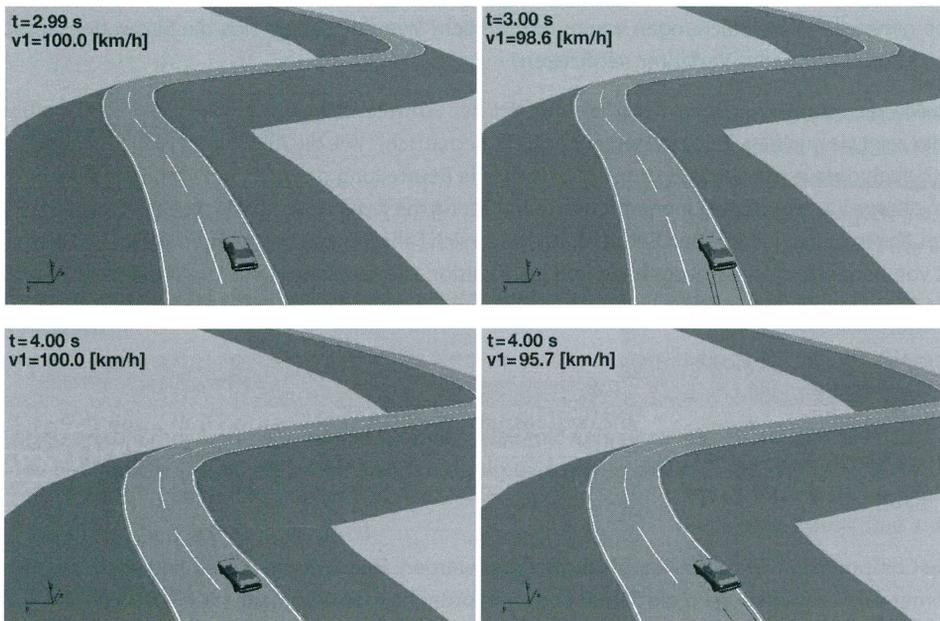
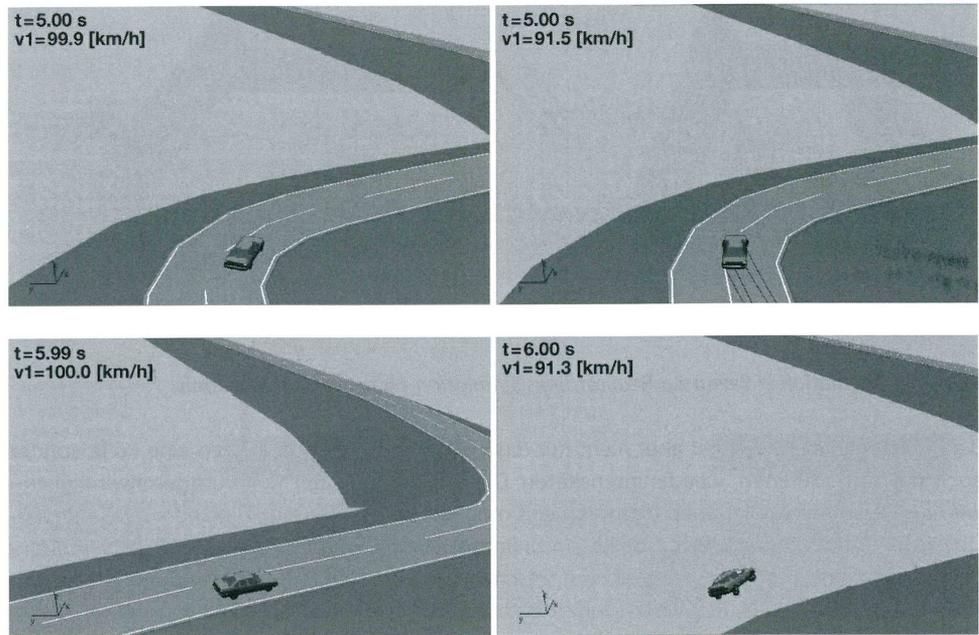


Abb. 3: Fahrvorgang Pkw in dreidimensionalem Gelände, bei der kinematischen Betrachtung (links) durchfährt er die Kurve problemlos, während er bei Berücksichtigung der wirksamen Kräfte (rechts) die Straße verlässt



Praxistipp:

Bei der Simulation lassen sich Spurzeichnungen ebenfalls erzeugen. Sie kennzeichnen aber nur das Erreichen der Haftgrenze. Sie werden auch dann abgebildet, wenn in der Realität keine auftreten (z.B. auf nasser Fahrbahn).

Kritische Hinterfragung der Computersimulation

Es ergibt sich noch eine **Vielzahl weiterer Fragestellungen**. Wurden alle am Fahrzeug vorhandenen Schäden bei der Simulation berücksichtigt? Lässt sich der simulierte Unfallablauf mit den Anstoßstellen (Baum, Leitplanke u.Ä.) am Unfallort vereinbaren? Wurden Besonderheiten in der Örtlichkeit (Gräben, große Steigungen, Flächen mit geringerem Kraftschlussbeiwert u.Ä.) berücksichtigt? Welche generellen Vereinfachungen waren erforderlich? Warum? Lassen sich die Simulationsergebnisse durch alternative Verfahren verifizieren?

Wurde die Simulation unter Berücksichtigung der auftretenden Kräfte (kinetisch) durchgeführt oder zeigt sie nur Weg-Zeit-Zusammenhänge (kinematisch)? Wie die Abb. 3 erkennen lässt, ergeben sich auch daraus gravierende Unterschiede für die Beurteilung des gleichen Vorgangs. Eine beliebige Kurve kann bei einer kinematischen Betrachtung mit jeder Geschwindigkeit durchfahren werden. Nur mit einer kinetischen Betrachtung lassen sich Fahrgrenzen bestimmen! Dieser Sachverhalt ist von Bedeutung, wenn ausgehend von der Kollision, die Annäherung an die Unfallstelle berechnet wird. Diese Berechnungen können nur kinematisch erfolgen.

Praxistipp:

Auch der technische Laie kann eine Simulation kritisch hinterfragen und vorhandene Ungeheimheiten erkennen, indem er einen Vergleich mit den tatsächlichen Anhaltspunkten vornimmt.

Die Computersimulation sollte **stets hinterfragt** werden. Eine kritische Auseinandersetzung muss immer dann erfolgen, wenn die Simulation nicht ordnungsgemäß dokumentiert wurde.

Die Simulation bietet aber grds. eine Vielzahl von Möglichkeiten, auch **verdeckt Vorgaben** zu treffen, die sich maßgeblich auf die Ergebnisse auswirken. Eine ausführliche Kontrolle kann nur durch einen Sachverständigen erfolgen. Hierzu müssen alle Eingabedaten bekannt sein. Diese sind vollständig in der Original-Datei zur Simulation enthalten. Ggf. muss sie vom Vorgutachter angefordert werden.

Auch wenn die Simulation mit der erforderlichen Sorgfalt ausgeführt wurde, bleibt die Einschränkung, dass mit einer einzelnen Simulation auch nur ein einziger möglicher Unfallablauf bearbeitet

und dargestellt werden kann. Die Ausnahme bilden Kollisionsanalysen mit Hilfe eines im Programm integrierten Optimierungsverfahrens. Vom Anwender werden dabei bestimmte Rahmenbedingungen definiert und einzelne Eingabeparameter freigegeben, die dann während der Berechnungen vom Programm selbstständig variiert werden dürfen. So können Kollisionsgeschwindigkeiten mit Toleranzen versehen werden.

Für Grenzbetrachtungen zur Unfallentstehung stehen solche Verfahren nicht zur Verfügung. Hier müssen jeweils neue Simulationen durchgeführt werden. Es entsteht ein erhöhter Arbeitsaufwand. Eine sehr gute Diskussionsgrundlage bietet für Grenzbetrachtungen nach wie vor das bewährte Weg-Zeit-Diagramm.

VI. Fazit

Mit der Computersimulation steht dem Unfallsachverständigen ein **neues Hilfsmittel** zur Verfügung. Mit ihm sind z.T. Berechnungen komplexer Problemstellungen überhaupt erst möglich. Gleichzeitig bietet sie die Möglichkeit, **Lösungen** in sehr anschaulicher Form zu **präsentieren**.

Die Anwendung erfordert technischen Sachverstand und bleibt deshalb dem kompetenten Sachverständigen vorbehalten, der in der Lage ist, die zur Verfügung stehenden Anknüpfungspunkte kritisch zu bewerten und so aufzubereiten, dass sie für das Computerprogramm verwertbar sind. Er muss in der Lage sein, die gewonnenen Ergebnisse auf ihre Plausibilität zu prüfen und kritische Fragen in verständlicher Form zu beantworten. Er muss darüber hinaus die Eingabedaten und Ergebnisse so dokumentieren, dass auch eine nachträgliche Überprüfung erfolgen kann. So kann jeglicher Verdacht der tatsächlich möglichen Manipulationen oder Fehlbedienungen ausgeschlossen werden.

Der **Sachverständige entscheidet** auch darüber, für welche Unfallproblematiken die Anwendung **erforderlich und sinnvoll** ist. ■

**Präsentation von Lösungen
in anschaulicher Form**