

Differenziert: Im Fahr-
simulator kann zum
Beispiel Muskelspan-
nung gemessen werden.



MUSKEL- SPIEL IM CRASH- TEST

Für Lehre und Forschung:
Der Fahr Simulator wurde
am ITM entwickelt.



TEXT: Michael Vogel
FOTOS: Uli Regenscheit

Simulationen zur Unfallsicherheit stellen einen entscheidenden Faktor unzureichend dar: den Menschen. Mit besseren digitalen Menschmodellen lässt sich das ändern.

Ein Crashtest ist ein eindruckliches Erlebnis. Wenn da ein Fahrzeug gegen die Wand knallt, schüttelt es auch die sensorbepackten Dummies im Fahrzeuginneren ziemlich durch. Schon lange finden solche Tests nicht nur real statt, sondern auch als Simulation im Computer, virtueller Dummy inklusive. Zusammenstöße mit Fahrzeugen aus Bits und Bytes sparen viel Zeit und Geld. Doch während die Fahrzeuge in diesen Simulationen sehr realistisch nachgebaut sind, bleiben die virtuellen Dummies das, was sie schon im realen Crash sind – unvollständige Annäherungen an einen menschlichen Körper. Soll heißen: Gewicht, Dimensionen und Steifheit der einzelnen Körperteile stimmen zwar mit der Realität im Bevölkerungsdurchschnitt überein, doch an die Komplexität des menschlichen Bewegungsapparats reichen sie nicht heran – weder in realen noch in virtuellen Tests. Platt gesagt: Dummies haben keine Muskeln.

„So lassen sich Fahrzeuge nicht menschenzentriert entwickeln“, findet Prof. Syn Schmitt, Leiter des Instituts für Modellierung und Simulation Biomechanischer Systeme (IMSB) sowie Forscher im Exzellenzcluster „Daten-integrierte Simulationswissenschaft“ (SimTech) der Universität Stuttgart. Dabei gibt es für eine Fahrzeugentwicklung mit dem Menschen im Mittelpunkt gleich drei gute Gründe: Erstens sollen künftige Sicherheitssysteme die Insassen eines Fahrzeugs noch besser schützen, vor allem auch bereits in der Phase →



Keine Frage der Haltung: Das digitale Menschmodell kann alles simulieren.

→ unmittelbar vor einem Zusammenstoß und mit Blick auf Verletzungen, die nicht lebensgefährlich sind. Dabei spielt zum Beispiel die konkrete Statur eines Menschen eine maßgebliche Rolle, weil es einen Unterschied macht, ob da ein Leichtgewicht von 50 Kilogramm oder ein 150-Kilo-Mensch sitzt. Zweitens werden diese Insassen in einem autonomen Fahrzeug nicht mehr zwangsläufig die klassische Sitzposition innehaben, wenn es zu einer Notbremsung kommt. Vielleicht dösen sie mit zurückgeklappter Lehne oder sitzen mit dem Rücken zur Fahrtrichtung. Drittens muss so ein autonomes Auto bei einem Fußgänger erkennen, ob er womöglich abrupt die Straße überqueren möchte. Derzeit ist diese Person für die Bordsysteme nicht viel mehr als eine Silhouette, aus der die intendierte Bewegung nur schwer abzuleiten ist.

DEN REALEN BEWEGUNGEN NAHEKOMMEN

Das alles ist keine graue Theorie, wie zum Beispiel die realen Crashtests verdeutlichen, deren Ergebnisse der ADAC im Frühjahr veröffentlicht hat. Demnach schützen heutige Drei-Punkt-Gurte nicht bei einer rückwärtsgewandten oder liegenden Position; auch eine seitliche Sitzposition kann zu Verletzungen führen, sogar durch den Gurt.

„Für die Risikobeurteilung künftiger Fahrsituationen brauchen wir bessere digitale Menschmodelle“, sagt Schmitt. „Besser“ bedeutet: Modelle, die nicht nur Knochen und die richtige Massenverteilung haben, sondern auch Muskeln und Sehnen, denn diese bestimmen maßgeblich Haltung und Bewegung. Solche Menschmodelle entwickeln Schmitt und sein Team. Ein Menschmodell ist, wie alle Modelle in einer Simulation, zunächst ein Satz mathematischer Gleichungen. In diesem Fall beschreiben sie die Wechselwirkungen im Bewegungsapparat. Ein Mensch hat 656 Muskel-Sehnen-Einheiten, Schmitts komplexestes Modell berücksichtigt 580 davon und damit „alle, außer denen für Gesicht, Finger und Hand“. Solche Menschmodelle sind im Grundsatz nicht nur für die Automobilindustrie interessant, sondern zum Beispiel auch für Medizin und Medizintechnik.

„Unser Menschmodell ist in einer Datenbank hinterlegt“, erklärt Schmitt. „Bei einer konkreten Fragestellung nutzen wir dann häufig nur den Teil des Modells, der für die zu untersuchende Bewegung besonders relevant ist, etwa einen Arm oder die Beine.“ Die menschliche Bewegung ist ein Produkt des Zusammenspiels aus Gehirn und Nervensystem mit Muskeln und Bewegungsapparat. Im digitalen Menschmodell lässt sich dieses Zusammenspiel nicht eins zu eins abbilden, weil es viel zu komplex und auch noch nicht vollständig verstanden ist. Daher entwickelt Schmitts Team mathematische Beschreibungen, die den realen Bewegungen möglichst nahekommen.

Unter anderem im Rahmen des EU-Projekts OSCCAR schaffen die Stuttgarter Forschenden die Grundlagen, um solche digitalen Menschmodelle künftig in Systeme für die Crashsimulation zu integrieren. An OSCCAR wirken rund 20 Partner aus Industrie und Forschung mit, darunter Bosch, Daimler, Siemens, Toyota, Volkswagen und Volvo. Das auf drei Jahre angelegte Projekt mit einem Budget von knapp 7,7 Millionen Euro endet im Juni 2021. Die digitalen Menschmodelle im Projekt sollen spezifische Eigenschaften berücksichtigen, die sich zum Beispiel aus Geschlecht oder Alter ergeben – bis hin zu verbesserten Materialeigenschaften. Und es sollen sich mit ihnen bei einer Gefahrensituation muskelgetreue Bewegungen für Fußgänger, Fahrer und Beifahrer simulieren lassen. →

Einzelne Teile des Körpers können ebenso dargestellt werden wie der ganze Mensch.



Rechts: Prof. Jörg Fehr (hinten) erforscht im Team Methoden zur Validierung von Menschmodellen.

Unten: Prof. Syn Schmitt entwirft Menschmodelle, die hunderte Muskel-Sehnen-Einheiten erfassen.



Prof. Syn Schmitt

„Für die Risikobeurteilung künftiger Fahrsituationen brauchen wir bessere digitale Menschmodelle.“

→ „Das betrifft die Körperhaltungen wie Stehen und Sitzen, aber auch die Bewegungen beim Bremsen, Lenken und Ausweichen“, sagt Schmitt. „Kommerziell verfügbare Menschmodelle können das bislang nicht, sie sind praktisch statisch.“

VALIDIERUNG IST ESSENZIELL

Neben der Entwicklung von digitalen Menschmodellen ist deren Validierung essenziell, um das reale Vorbild möglichst gut zu repräsentieren. Das geschieht zum Beispiel anhand von Realdaten, die in Versuchen mit Freiwilligen gewonnen werden. Hier kommt Prof. Jörg Fehr ins Spiel. Er ist stellvertretender Leiter des Instituts für Technische und Numerische Mechanik (ITM) an der Universität Stuttgart und forscht wie Schmitt im Exzellenzcluster SimTech. Fehr hat am ITM im Rahmen einer Promotion einen Fahr Simulator mit geeigneter Messkette entwickelt und aufbauen lassen. „Es gibt sehr viel leistungsfähigere Fahr Simulatoren, auch an unserer Universität“, sagt Fehr. „Aber mit unserem Simulator können wir Methoden aufzeigen, um digitale Menschmodelle sehr kostengünstig zu validieren. So können wir auch Studierende an komplexe wissenschaftliche Fragestellungen heranführen.“ Für die Tests arbeitet sein Team mit Prof. Tobias Siebert und Privatdozent Norman Stutzig vom Institut für Sport- und Bewegungswissenschaft (INSPO) zusammen. →



→ Ein Fokus ihrer Forschung ist die Weiterentwicklung von Muskelmodellen, um die Muskelkräfte gerade in hochdynamischen Unfallsituationen besser abbilden zu können als bisher. „Das INSPO-Team misst bei den Probanden im Fahrsimulator die Muskelanspannung, während wir diese Probanden verschiedenen Verkehrssituationen aussetzen und ihr Bewegungsverhalten analysieren“, erklärt Fehr.

HIN ZUM INDIVIDUELLEREN SCHUTZ

Eine Frage ist dabei, was sich im Bewegungsapparat eines Probanden verändert, wenn er abrupt bremsen muss. Man weiß, dass Menschen, die einen Zusammenstoß kommen sehen, ihre Muskulatur reflexhaft anspannen, um den Körper zu schützen. In virtuellen Crashtestsimulationen wird das noch nicht berücksichtigt. Schon gar nicht, dass eine durchtrainierte 20-Jährige sich so womöglich besser schützt als ein gebrechlicher 80-Jähriger. „Heutige Sicherheitssysteme schützen eben nur den durchschnittlichen Insassen, noch nicht den einzelnen Menschen, dessen Statur, Muskulatur und Reaktionsverhalten individuell sind“, sagt Fehr. Die Streuung im Verhalten realer Menschen lässt sich im Simulator untersuchen und dann in die digitalen Menschmodelle integrieren.

Der nächste Schritt sind umfangreiche Tests mit einigen Dutzend Freiwilligen im Simulator. „Die digitalen Menschmodelle liefern sehr viele Parameter und damit Möglichkeiten, um Bewegungen zu beschreiben“, erläutert Fehr das Grundproblem, das er durch die Validierung lösen will. Oft ist unklar, wie die Muskeln dabei genau angesteuert werden, weil die Ansteuerung häufig nichtlinear geschieht. Kurz gesagt: Winzige Steuersignale lösen große Veränderungen aus – und lassen sich in der Gesamtheit einer Bewegung nicht mehr kausal isoliert identifizieren. Das Zustandekommen der Bewegung bleibt so zum Teil unverstanden. Vor allem aber kann man gar nicht alle denkbaren Szenarien durchspielen, weil es schlicht zu viele wären. „Die Realdaten aus dem Fahrsimulator helfen dagegen, die Parameter zur Bewegungsbeschreibung im Menschmodell einzugrenzen“, sagt Fehr.

Das versuchen Schmitt und sein Team auch noch auf anderen Wegen. Ein neuer Ansatz, dessen prinzipielle Machbarkeit sie kürzlich belegen konnten, beruht auf Künstlicher Intelligenz. „Dabei müssen wir nicht mehr ursächlich verstehen, wie die Bewegung in einer Muskelgruppe genau abläuft, sondern nutzen einfach das Maschinelle Lernen, um Muster zu erkennen“, sagt Schmitt. Zum Beispiel könnte beim digitalen Modell des Arms ein Algorithmus sämtliche Parameter für die Regelung der Bewegung durchspielen. Der Algorithmus bekäme dann jeweils eine Rückmeldung, ob sein Ergebnis korrekt ist – und würde nach und nach lernen, welche Werte die Parameter haben müssen. „So ließen sich irgendwann auch komplexe Bewegungsabläufe in Simulationen einbinden, die die digitalen Menschmodelle zuvor selbst erlernt hätten“, so Schmitts Vision. Künstliche Intelligenz und digitale Muskeln würden dann reale Bewegungen fast perfekt simulieren. →



Prof. Jörg Fehr

„Mit unserem Simulator können wir Methoden aufzeigen, um digitale Menschmodelle sehr kostengünstig zu validieren.“

KONTAKT

PROF. SYN SCHMITT Mail: schmitt@simtech.uni-stuttgart.de
Telefon: +49 711 685 60484

PROF. JÖRG FEHR Mail: joerg.fehr@itm.uni-stuttgart.de
Telefon: +49 711 685 66392

Fotos: Universität Stuttgart/SimTech

Beste Perspektiven für Visionäre der Digitalisierung

Anna Lena Fetzer hat an der Hochschule für Technik und Wirtschaft in Karlsruhe ihren Master in Elektro- und Informationstechnik mit der Vertiefung Automatisierungstechnik abgeschlossen. Über ein Stipendium hat sie den Direkteinstieg bei Festo geschafft. Heute arbeitet sie im Bereich Digital Pneumatics an modellbasierten Testmethoden, wie beispielsweise an einem Hardware-in-the-Loop-System (kurz: HiL-System).



Anna Lena Fetzer (rechts) mit ihrer Kollegin Lena Hägele.

Ein Unternehmen mit spannenden Perspektiven

Festo als Unternehmen hat mich schon früh unglaublich fasziniert. Daher habe ich mich bereits während des Studiums über das Unternehmen informiert und gesehen, dass Festo für mein Profil viele spannende Bereiche zu bieten hat. Näher mit dem Unternehmen in Kontakt gekommen bin ich dann auf einer Hochschulmesse. Dort habe ich auch von der Möglichkeit eines Stipendiums erfahren. Festo fördert ganz gezielt Frauen im technischen Masterstudium, das hat mich gleich begeistert.

Ein Stipendium der besonderen Art

Neben finanzieller Unterstützung erhielt ich als Stipendiatin auch einen Einblick in die unterschiedlichen Bereiche des Unternehmens. Bei einem Schnuppertag durfte ich vor Ort die Prozessabläufe der Elektronikentwicklung kennenlernen und habe dabei ein tieferes Verständnis für die jeweiligen Arbeitsschritte entwickelt. Das war sehr beeindruckend. Besondere Unterstützung erhielt ich durch meine Mentorin. Bei Fragen bezüglich des Studiums hatte sie immer ein offenes Ohr.

Sie hat mich ebenfalls sehr darin unterstützt ein passendes Thema für meine Masterarbeit zu finden. Mit Erfolg: Im Bereich Research Embedded Systems habe ich ein Konzept entwickelt, wie ein Hardware-in-the-Loop-System auf eigener Hardware umgesetzt werden kann, eine Methode zum Testen und Absichern von Systemen im Entwicklungsbereich.

Vom Konzept in die Anwendung

Nach meinem Studium hatte ich die Chance mein in der Thesis entwickeltes Konzept auf ein reales Produkt anzuwenden und das Thema weiter voranzutreiben. Das war ein tolles Gefühl. Als Ergebnis habe ich ein HiL-System für das Festo Motion Terminal VTEM entwickelt, die erste app-gesteuerte pneumatische Ventilinsel von Festo.

Während im klassischen Versuch Messungen gemacht werden, basiert HiL auf Simulation. Alles was angeschlossen ist, z. B. ein Schlauch, wird simuliert. Die Fragestellung ist, wie genau das Modell sein muss, sodass es noch in Echtzeit simuliert werden kann, aber auch alle notwendigen Effekte enthalten sind, damit das reale Verhalten widerspiegelt wird. Hier ist vor allem ein ständiger Abgleich von realen Messungen und der Simulationsergebnisse wichtig.

Zu Beginn des Projektes habe ich in kurzen Sprints entwickelt, also agile Methoden genutzt. Das war sehr hilfreich. Auch jetzt wird das System stetig weiterentwickelt und Anpassungen gemacht: wenn ein Effekt nicht berücksichtigt ist, der aber entscheidend für das Verhalten ist, muss dieser noch nachmodelliert werden. Besonders schön an meiner Arbeit ist die Abwechslung: Ich bin verantwortlich für die Entwicklung, führe Tests durch, mache den Abgleich und, falls nötig, auch Anpassungen. Hier arbeite ich sowohl im Labor, programmiere aber auch am Rechner, vor allem mit Matlab/Simulink. So wird es nie langweilig und ich habe viele Schnittstellen zu unterschiedlichsten Bereichen.

Freiraum für Erfindergeist

Ich schätze an Festo die Freiräume, die ich in meiner Arbeit habe. Ich organisiere mich weitestgehend selbst und bin hier recht flexibel. Die Basis ist das Vertrauen meiner Führungskraft. Genau das spiegelt für mich auch die Unternehmenskultur wider. Auch wenn wir mit über 20.000 Mitarbeiter ein großes mittelständisches Unternehmen sind, spüre ich immer noch ein „Wir-Gefühl“, v. a. natürlich innerhalb des Teams.

Toll ist auch die Bereitschaft, Wissen zu teilen. Wir haben beispielsweise das interne Format „Entwicklung erleben“ genutzt, bei dem wir unsere Kolleg*innen über modellbasierte Entwicklungsmethoden informieren und über Möglichkeiten sprechen konnten, die ein HiL-System auch für ihre Problemstellungen bietet.

Aktuell beschäftige ich mich mit dem Thema Model-in-the-Loop, um die Entwicklungs- und Testzeiten weiter zu minimieren.

FESTO

KONTAKT
FESTO SE & Co. KG
Ruiter Straße 82
73734 Esslingen
eb@festo.com
www.festo.com/karriere