



Die Auswirkungen der digitalen Transformation auf die Fahrzeugentwicklung

Prof. Dr.-Ing. Eric Sax, Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

Am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) waren Henning Kemper und Jan Stehle von IPG Automotive im Gespräch mit Prof. Dr.-Ing. Eric Sax. Als Direktor am Institut für Technik der Informationsverarbeitung (ITIV) und am Forschungszentrum für Informatik (FZI) konnte er zahlreiche interessante Einblicke in die aktuellen Herausforderungen der Forschungsarbeit, den Einsatz von Systems-Engineering und die Rolle der Simulation geben.

Es freut uns sehr, dass Sie sich Zeit für dieses Gespräch nehmen. Könnten Sie sich und Ihr Tätigkeitsfeld bitte kurz vorstellen?

Sax: Gerne. Unter anderem verantwortete ich das Thema Systems-Engineering an der Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik, wo sich derzeit über 50 Doktorand*innen in meiner Arbeitsgruppe mit Systems-Engineering im Automotive-Bereich beschäftigen. Bis vor etwa acht Jahren war ich weltweit für die Elektrik und Elektronik bei einem großen Automobil- und Nutzfahrzeughersteller verantwortlich und bin somit nicht nur rein akademisch ausgerichtet.

Welche Ziele werden in Ihrem Institut verfolgt?

Sax: Natürlich ist es die vorrangige Aufgabe eines Universitätsinstituts, wissenschaftliche Themen voranzutreiben. Hierbei handelt es sich bei uns um Themen wie die Absicherung und den Test von Fahrfunktionen, die modellbasierte Entwicklung sowie den Einsatz von Simulationswerkzeugen und E/E-Architekturen. Wir beschäftigen uns auch damit, wie aus den Datenmengen, die wir im Fahrzeug gewinnen, ein Mehrwert gezogen werden kann.

In der anwendungs- und forschungsorientierten Lehre ist es unsere Aufgabe, Studierenden hochintegrierte Themen verständlich zu vermitteln. Unsere Lehre spielt eine bedeutende Rolle sowohl für Absolvent*innen, die gerade frisch ihr Abitur abgeschlossen haben, als auch für Menschen, die bereits im Beruf stehen. Dafür haben wir bereits ein Masterprogramm an unserer Business School – dem International Department – etabliert und erarbeiten nun kompaktere Kurse in Ergänzung. Zunehmend legen wir Wert auf die Qualifizierung auf akademischem Niveau. Gerade bei jungen wissenschaftlichen Mitarbeiter*innen ist es mir wichtig, dass nicht nur ihre

fachliche Qualifikation, sondern auch ihre Persönlichkeitsentwicklung gefördert wird, um sie auf verantwortungsvolle Positionen in der Industrie vorzubereiten.

Das ITIV ist im Forschungsbereich einer der Vorreiter auf dem Gebiet der Prozesse und Methoden für automatisiertes Fahren. Wie hat sich Ihre Arbeit in diesem dynamischen Feld in den vergangenen Jahren verändert?

Sax: Das ist eine sehr gute Frage. Um ein Zeitgefühl zu bekommen: Es ist jetzt schon 10* Jahre her, dass die berühmte hochautomatisiert fahrende Mercedes S-Klasse auf der Bertha-Benz-Memorial-Route gefahren ist – die Zeit vergeht wie im Flug. Wenn man es rückblickend ganz nüchtern betrachtet, war das damals ein Showcase, der unheimliche Erwartungen geschürt hat.

Die gesamte Thematik rund um das automatisierte Fahren verlagert sich stark. Unter guten Witterungsbedingungen stellen derartige Fahrfunktionen beispielsweise nur eine geringe Herausforderung dar. Bereits Assistenzsysteme wie ein Lane Keeping Assist können ein Fahrzeug auf der Autobahn in der Spur halten, so lange keine außergewöhnlichen Situationen auftreten. Extreme Witterungsbedingungen und anspruchsvolle Verkehrssituationen hingegen bringen gänzlich andere Anforderungen mit sich. Und wenn wir dann in Bereiche vordringen, in denen der menschliche Fahrer komplett entfällt, ist Sicherheit nach wie vor ein kritischer Faktor.

Beispielsweise wird dies aktuell im Bereich der Nutzfahrzeuge intensiv diskutiert, denn dort verändert sich die Ausgangsbasis für eine Validierung grundlegend. Ich habe das Gefühl, dass allmählich erkannt wird, dass speziell dieser Bereich ein enormes Automatisierungspotenzial aufweist. Es besteht ein erheblicher Mangel an qualifizierten Fahrern und es gibt noch dazu ein enormes Nachwuchsproblem.

Inzwischen führt eine Grippewelle schnell dazu, dass Busse nicht mehr fahren und der ÖPNV stark beeinträchtigt wird.

Sie haben vorhin die Absicherung angesprochen – gab es in den vergangenen Jahren auch hier nennenswerte Änderungen?

Sax: Ja, meiner Meinung nach aber noch viel zu wenige. Bei den HIL-Systemen, die vor vielen Jahren eingeführt wurden, hieß es damals: keine Anforderung ohne Test und kein Test ohne Anforderung. Durch die Thematik der Sensorfusion befinden wir uns jetzt aber auf einer ganz anderen Systemebene: auf der logischen Ebene. Da stehen wir vor der Herausforderung, in Szenarien denken zu müssen. Die unglaubliche Variantenvielfalt im urbanen Umfeld führt dazu, dass die Testkilometer nicht mehr ausschließlich auf der Straße gefahren werden können. Enorm hilfreich sind dabei natürlich die Simulation und das szenarienbasierte Testen, vor allem in Kombination mit neuen und innovativen Werkzeuglandschaften.

Obwohl der Software-Anteil in modernen Fahrzeugen rapide steigt, müssen gleichzeitig immer kürzere Entwicklungszyklen eingehalten werden. Wie wirkt sich diese digitale Transformation auf Ihre tägliche Arbeit aus?

Sax: Zum einen merkt man es dadurch, dass sich die Nachfragen von Industriepartnern wandeln. Sie fragen jetzt viel mehr nach, wie eine Software in Verkehr gebracht werden kann und wie man mit Over-the-Air-Updates umgehen sollte. Da diese Themen in Deutschland zertifiziert und minutiös abgesichert werden, während andere Länder da möglicherweise etwas weniger streng mit umgehen, erreichen uns entsprechend viele Nachfragen.

Wenn etwa ein automatisiertes Fahrzeug erkennen soll, ob ein

* Anmerkung der Redaktion: Durchführung des Interviews Ende 2023



Abb. 01: Im Gespräch mit Prof. Dr.-Ing. Eric Sax

Passant über einen Zebrastreifen gehen will, besteht eine Methode darin, eine Art „Blickkontakt“ herzustellen. In diesem Fall spielt die DSGVO eine große Rolle. Wir haben zum Beispiel Doktorarbeiten, die sich mit der Kommunikation anhand von Lichtquellen, Texten und Pfeilen auf dem Fahrzeug beschäftigen. Dabei besteht ein erheblicher Aufwand darin, nachzuweisen, dass die Gesichter der Passanten nicht zur Identifikation verwendet und somit keine Persönlichkeitsrechte verletzt werden. Diese ganzen Neuentwicklungen in Verkehr zu bringen, erfordert noch sehr viel Arbeit.

Um aber noch einmal auf die Ausgangsfrage zurückzukommen: Generell bin ich der Meinung, dass je Software-orientierter die Arbeit wird und je weiter wir uns vom eigentlichen Fahrzeug entfernen, desto mehr Möglichkeiten haben wir, agil zu arbeiten und einen inkrementellen Funktionsaufbau zu betreiben.

In diesem Zusammenhang spielt auch der virtuelle Fahrversuch eine entscheidende Rolle. Bei Ihnen kommt dafür die offene Integrations- und Testplattform CarMaker zum Einsatz. Wie setzen Sie diese ein und welche Vorteile können Sie damit erzielen?

Sax: Ich habe ja bereits zuvor erwähnt, dass der Variantenreichtum des automatisierten Fahrens nicht mehr allein durch klassische kilometerbasierte Fahrversuche beherrschbar ist. Für eine Absicherung entsprechender Fahrfunktionen ist es zwingend erforderlich, ganz bewusst kritische Situationen mithilfe einer Virtualisierung herbeiführen. Es ist enorm wichtig, Toleranzen auszureizen, und da unterstützt uns eine Simulationsplattform wie CarMaker ungemein. Neben einer hohen Effizienz kommt noch der enorme Vorteil hinzu, dass ein Unfall in einer Simulationsumgebung keine gravierenden Folgen hat.

Wir sind außerdem davon überzeugt, dass es elementar wichtig ist, Studierende durch den Einsatz entsprechender Software direkt an die etablierten Standards in der Automobilindustrie heranzuführen und optimal auf den Berufsalltag vorzubereiten.

Was genau hat es mit dem eingangs erwähnten Systems-Engineering auf sich und wie kann es dabei unterstützen, die digitale Transformation optimal handzuhaben?

Sax: Für mich teilt sich das Systems-Engineering in zwei große

Elemente auf. Einerseits in das systemische Denken, also die Integration der Komponenten in einen Verbund bestehend aus Systemen und Subsystemen. Und andererseits in das Engineering als klassische Ingenieursmethode. Dazu zählen wir auch die Softwareentwicklung.

Um einen durchgängigen Engineering-Prozess zu gewährleisten, benötigen wir auf jeden Fall ein Verständnis von Übergabepunkten und Schnittstellen. Das heißt, dass wir von Komponenten wegkommen müssen, die eine nach der anderen – ganz salopp gesagt – über den Zaun geworfen werden, sondern dass wir das System auf einer übergeordneten Ebene entwickeln müssen.

Wir können Systems-Engineering auch in der Spezifikation als Beschreibungsmittel verwenden, zum Beispiel mit SysML als Beschreibungssprache. Wenn wir beim klassischen V aus dem V-Modell bleiben und den linken Schenkel sauber durchdeklinieren, dann ist das natürlich auch Systems-Engineering.

Damit wird bereits in frühen Entwicklungsphasen eine hohe Präzision erreicht. Wenn diese Modellierung und Beschreibung dann mit mathematischen und modellbasierten Mitteln so präzise gestaltet wird, dass man simulieren kann, wird durch Systems-Engineering schon in einem frühen Entwicklungsstadium ein hoher Reifegrad und eine hohe Eindeutigkeit erreicht.

Mit der neuen Virtual Vehicle Development Tool Suite VIRTO ist es nun möglich, den virtuellen Fahrversuch und Systems-Engineering einem möglichst breiten Publikum einfach und intuitiv zugänglich zu machen. Warum ist das so grundlegend wichtig?

Sax: Die Virtualisierung beziehungsweise die Simulation spielt für so viele Berufsgruppen

eine Rolle, dass wir nicht davon ausgehen können, dass es überall Spezialist*innen für die Anwendung einer Simulationsumgebung gibt. Die breite Masse kann nur mit einem intuitiven Zugang zur Simulation erreicht werden, der schnell zu Ergebnissen führt.

Aus meiner Sicht ist es ein schöner Vergleich, dass die Bedienung eines solchen Tools so einfach sein muss, wie sich in einen realen Prototyp zu setzen und loszufahren. Das können sehr viele Menschen problemlos leisten, weil sie ja auch handelsübliche Autos fahren können. Und so sollte auch der Einsatz von Simulationswerkzeugen zu einem Standard werden, mit dem man einfach Ergebnisse erzielen kann.

Wir werden damit vermutlich nicht alle Spezialgebiete abdecken können. Aber wir werden eine sehr viel größere Breite erreichen, wenn wir einen niederschweligen Zugang zur Simulation ermöglichen.

Können Sie erläutern, welche Vorteile eine durchgängige Simulation bietet, vor allem im Sinne des Systems-Engineerings?

Sax: Ich gebe Ihnen gerne mal ein Beispiel aus meiner beruflichen Erfahrung. Da saß ich zum ersten Mal mit Systemhäusern am Tisch, die mir Modelle und Simulationswerkzeuge am HIL verkauft haben. Und anschließend erfolgte ein nahtloser Übergang und die gleichen Personen haben auch das Thema SIL betreut. Genau das ist für mich der springende Punkt: Wenn man nicht jedes Mal alles neu erfinden muss, spart man viel Zeit und Geld und schafft Synergien, anstatt isolierte Expertisen aufzubauen. Diesen durchgängigen Ansatz und diese Nachverfolgbarkeit zu erleben, das hat mich nachhaltig begeistert.

Auf diese Weise wird auch der Reifegrad quantifizierbar, richtig?

Sax: Ja, ganz genau, das ist mir sehr wichtig: messbare Reifegrade! Ich kenne das nur zu gut, weil ich selbst jahrelang Freigabeverantwortung hatte. Meiner Erfahrung nach ist jeder froh, wenn er eine Metrik hat und messen kann, wie sich die Deltas entwickeln. Voraussetzung ist natürlich nach wie vor, dass die Ergebnisse belastbar und authentisch sind.

Gerne möchten wir mit Ihnen auch über aktuelle Projekte sprechen. Seit einiger Zeit ist das KIT einer der Partner im Projekt TEMPUS beziehungsweise dem Nachfolgeprojekt MINGA. Welches Ziel wird dort verfolgt und wie trägt Ihre Forschung zur erfolgreichen Durchführung bei?

Sax: Es handelt sich dabei um Projekte zur Automatisierung des öffentlichen Nahverkehrs in München. Dort möchte man die Flexibilität im Stadtbusverkehr erhöhen, indem man für die Personenbeförderung zugelassene Anhänger an das Fahrzeug koppelt. Wenn der Bus einen klassischen Dieselmotor hat, funktioniert das auch bereits seit Jahren – die Flexibilität wird dabei durch eine mechanische Deichsel hergestellt.

Wenn wir aber rein elektrifizierte Fahrzeuge betrachten, dann ist so ein Anhänger für die Reichweite natürlich nicht ideal. Jetzt könnte man mit dem Gedanken spielen, stattdessen einfach lange Gelenkzüge zu elektrifizieren. Das nimmt aber die Flexibilität, durch An- und Abkoppeln dynamisch die Transportkapazität anpassen zu können. Eine Elektrifizierung solcher Nischenprodukte ist eine Herausforderung, weil das ganze Fahrzeug optimiert werden muss. Es könnte alternativ auch der Anhänger mit einem separaten Antrieb ausgestattet werden, der mitgesteuert wird und weiterhin mit der Deichsel fährt. Das wäre dann sozusagen eine Nische in der Nische – die Entwicklungskosten bekommt man nicht mehr aufgefangen. Außerdem: Bei einer

Fahrt mit einem Anhänger um eine enge Kurve besteht immer die Gefahr, dass der Anhänger über den Bordstein fährt, weil er über die Deichsel nachzieht.

Stattdessen ist die Idee die folgende: Es hat sich herausgestellt, dass der klassische 12-Meter-Stadtbuss das effizienteste Fahrzeug für die Elektrifizierung in diesem Bereich ist. Um auf stark schwankende Fahrgastzahlen reagieren zu können, brauchen wir außerdem die maximale Flexibilität – also verzichten wir auf Anhänger und Gelenkzüge. In Gesprächen mit dem Vorstand der Münchner Verkehrsbetriebe ist die Idee entstanden, ein Folgefahrgastfahrzeug so zu konzipieren, dass es genau der Trajektorie des Vorderfahrzeuges folgt und gleichermaßen bei Bedarf auch als unabhängiges Vorderfahrzeug eingesetzt werden kann. Das Fahrzeug ist ein eigenständiger Bus und identisch zum vorausfahrenden Fahrzeug.

Entscheidend ist es dabei, der Trajektorie der Hinterachse exakt zu folgen. Die passende Sensorik und Überwachung des Zwischenraums befinden sich aktuell im experimentellen Stadium. Die notwendigen Fahrsignale des Vorderfahrzeugs bezüglich Beschleunigung, Lenkwinkel, Bremsen etc. werden redundant nach hinten übertragen.

Sehr interessant und deutlich anspruchsvoller, als man auf Antrieb denken würde...

Sax: ...aber es ist ein Zwischenschritt, der uns vielleicht eines Tages zu SAE-Level vier oder fünf führen wird. Dadurch, dass das vordere Fahrzeug von einem Menschen gesteuert wird und nur das hintere fahrerlos fährt, ist das Ganze weniger anspruchsvoll als ein komplett eigenständiges automatisiertes Shuttle. Das ist für mich wirklich eine sehr charmante Lösung und ein schöner Ausgangspunkt für einen modernen urbanen ÖPNV.

Auch bei der Realisierung dieses Projekts hat uns die Simulation enorm weitergeholfen, wir haben dabei sehr viel mit CarMaker gearbeitet. Die Heckerkennung, die Trajektorienübergabe, der Aufbau des Stadtzenarios – das sind alles Bereiche, die sich ideal für die Simulation eignen.

Können Sie bereits einen kurzen Ausblick auf zukünftige Projekte liefern?

Sax: Zum einen befinden wir uns mitten im Prozess, Funktionen vollständig in das Backend zu verlagern und einzelne, aktuell nicht echtzeitkritische Steuergeräte aus dem Fahrzeug herauszunehmen – insbesondere, wenn es um selbstlernende Funktionen in der Flotte geht. Diese E/E-Architekturen und Infrastrukturen einzubinden, das ist für mich ein ganz starkes Thema für die Zukunft, damit wir auch über echtzeitkritische Fahrfunktionen und Kommunikationen reden können.

Dann stehen wir, glaube ich, noch am Anfang, die großen Datenmengen im Fahrzeug überhaupt in Mehrwerte und Services umzuwandeln, die am Ende in Business Cases resultieren können. Da fehlt an der einen oder anderen Stelle ein bisschen die Fantasie. Ich glaube, wenn das nicht hier im mitteleuropäischen Raum passiert, werden uns andere sehr schnell zeigen, welche Geschäftsmodelle damit möglich sind. Außerdem bin



Abb. 02: Prof. Dr.-Ing. Eric Sax vor dem Modell eines automatisierten Busbetriebshofs

ich überzeugt, dass wir auf dem Weg zur Automatisierung einen inkrementellen Ansatz haben werden, es muss nicht immer gleich ein Business Case dahinterstehen. Wir suchen nach Projekten in der Nische. So reden wir beim automatisierten Fahren immer über die Querverführung, aber auch die Längsverführung kann eine spannende Geschichte sein. Beispielsweise kann dort auch ein energetischer Ansatz hineinspielen, etwa die Reichweitenoptimierung.

Zum Abschluss vielleicht noch eine interessante Anekdote: Wir sind auch im Bereich der Tierbeobachtung tätig, und zwar

beobachten wir Elefanten im Zoo. Das klingt im ersten Moment kurios, aber daraus lassen sich Rückschlüsse auf das Verhalten von Passanten beziehungsweise Vulnerables im Straßenverkehr ziehen, ohne, wie vorhin erwähnt, ständig die DSGVO im Hinterkopf zu haben. Beobachtet man einen Elefanten die ganze Nacht, lassen sich bestimmte Muster ableiten und Anomalien erkennen. Wenn ein Passant hektisch wird, ist das eine ganz ähnliche Verhaltensweise.

Vielen Dank, dass Sie sich die Zeit für dieses aufschlussreiche Gespräch genommen haben.