

WENN SOFTWARE-ENTWICKLUNG (FAST) VERSCHWINDET

Vollständig KI-integrierte Werkzeugketten revolutionieren die Entwicklung softwaredefinierter Fahrzeuge

Das Fahrzeug wird zur langlebigen Softwareplattform. Zukünftig liegt der Engpass nicht mehr im Schreiben einzelner Codezeilen, sondern in der Übersetzung von Anforderungsspezifikationen, Architekturmodellen, Sicherheitsanforderungen, Tests und Freigaben in eine durchgängige Logik. Werden diese Bausteine maschinenlesbar und damit direkt für Rechenprozesse zugänglich, kann KI künftig große Teile der Fahrzeugsoftware in nahezu Echtzeit erzeugen, prüfen und dokumentieren.

Im Zielbild eines vollständig KI-integrierten Entwicklungsprozesses entsteht die Software auf der Basis korrekter Spezifikationen ohne weiteres menschliches Zutun.



PROF. DR ALOIS KNOLL
Technische Universität
München

Die Zeit von der Konzepterstellung bis zum fertigen Produkt hängt dann nur noch von der bereitgestellten Rechenleistung ab.

KERNAUSSAGE

Es geht nicht um »Code aus dem Nichts«. Entscheidend ist eine industrielle Werkzeugkette, in der KI tief integriert ist und auf der Grundlage widerspruchsfreier Spezifikationen und geprüfter Modelle arbeitet, Arbeitsergebnisse sofort überprüft und die Nachweise für Freigaben automatisch mitliefert. Dann hängt der Entwicklungszyklus nur noch von der verfügbaren Rechenleistung ab und benötigt im Idealfall nur noch verschwindend kurze Zeit.

WARUM DIE ALTEN PROZESSE NICHT MEHR TRAGEN

Softwaredefinierte Fahrzeuge sind nicht einfach »digitaler« als traditionelle. Sie entwickeln sich rasant zu verteilten, sicherheitsgerichteten Systemen, die permanent neue Funktionen, Varianten und Updates aufnehmen müssen. In ihrem Umfeld wächst die Software-Komplexität schneller als es die klassische Entwicklungsorganisation bewältigen kann [Bild 1].

THE AUTOMOTIVE INDUSTRY IS CONFRONTING A WIDENING AND UNSUSTAINABLE GAP BETWEEN SOFTWARE COMPLEXITY AND PRODUCTIVITY LEVELS.

Relative growth over time, for automotive,¹ indexed, 1 = 2008

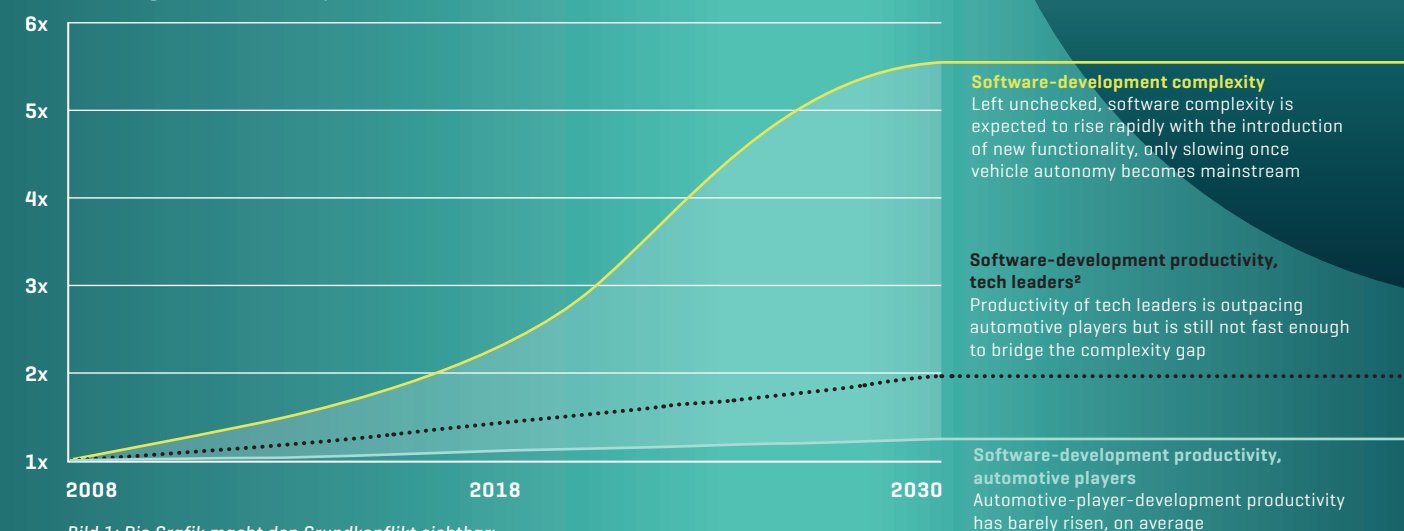


Bild 1: Die Grafik macht den Grundkonflikt sichtbar: Softwarekomplexität wächst schneller als die Entwicklungsproduktivität.

¹ Analysis of >200 software-development projects from OEMs and from tier-1 and tier-2 suppliers.

² Top-performing quartile of technology companies.
Source: Numetrics by McKinsey

Der Engpass liegt nicht nur in der Erstellung des Programmcodes, denn alle Schritte der Kette – von der Definition der Anforderungen über die Schnittstellenabstimmung, die Sicherheitsanalyse, die Testfallbildung, die Integration bis hin zur Nachweisführung – sind zeitaufwendig. Jeder manuelle Übergabepunkt erzeugt Wartezeit, Interpretationsverluste und neue Schleifen mit immer denselben lähmenden Wartezeiten.

Solange die Anforderungen an Software-Defined Vehicles [SDV] in Textdokumenten aus natürlicher Sprache stecken, das Architekturwissen in den Köpfen der Ingenieure und die Testerwartungen in deren implizitem Erfahrungswissen, kann KI vor allem assistieren. Autonom agieren und liefern kann sie erst, wenn das technische und regulatorische Wissen als maschinenlesbarer Entwicklungs-Datenraum vorliegt.

DIE EIGENTLICHE LÜCKE

Entscheidend ist nicht die Geschwindigkeit einzelner Entwickler, sondern die Fähigkeit der Organisation, Engineering-Wissen formal darstellbar, wiederverwendbar und prüfbar zu machen. Dadurch verändert sich die Rolle der Menschen: Sie kümmern sich weniger um Implementierungsdetails, sondern vielmehr um Spezifikationsprozesse, die Modellierung von Plattformen, die Koordination über Plattformgrenzen hinweg, die Pflege von Referenzarchitekturen und um Freigabeentscheidungen.

DAS ZIELBILD: EINE VOLLSTÄNDIG KI-INTEGRIERTE WERKZEUGKETTE

Die Informatik verfolgt seit jeher das Ziel, immer mächtigere Programmierwerkzeuge zu entwickeln, die mit wenigen Programmzeilen immer komplexere und umfangreichere Rechenprozesse auslösen, deren Ablauf steuern und hochwertigere Ergebnisse produzieren. Mit der generativen KI, die Ende 2022 durch ChatGPT einer breiten Öffentlichkeit bekannt wurde, hat die Informatik nun eine entscheidende Schwelle überschritten: Große Rechenanlagen können ohne Vorkenntnisse über Kommandos in natürlicher Sprache genutzt werden. Es ist keine Programmierung mehr erforderlich, sondern jeder kann mit geläufigen Wörtern und Sätzen »prompten«. Dadurch wird aber auch für Neueinsteiger die Komplexität der Softwareentwicklung für Automobile als Markteintrittsbarriere überwindbar. Nur wer KI am intensivsten und als Erster für sich nutzt, wird überleben.

Die künftige Referenz-Werkzeugkette für die SDV-Softwareentwicklung ist kein einzelnes KI-Modell wie ChatGPT, sondern ein geschlossener Engineering-Kreislauf. Anforderungen werden formalisiert, zertifizierbare Signal- und Schnittstellenräume werden abgerufen, spezialisierte Agenten erzeugen Software sowie Tests. Digitale Zwillinge schließen den Zyklus über Simulationsläufe. Die Codeerzeugung ist nur ein Schritt in einer größeren Kette. Ebenso wichtig sind Definition von Kontext, Regeln, Gegenprüfung, Simulation und automatische Nachweisführung.

Ausgehend von den Spezifikationen des gewünschten Verhaltens eines SDV, der Beschreibung der Regularien des Straßenverkehrs mit den begleitenden Vorschriften für Fahrzeuge sowie einer Modellierung der Rechner im Auto, werden die eigentlichen Entwicklungsschritte hin zum fertigen, ausführbaren Code durch KI vorgenommen.

Bei der Einführung dieser Ablauflogik in das Unternehmen assistiert die KI den Entwicklern zunächst, übernimmt dann immer mehr Aufgaben und erhält schließlich die volle Autonomie.

Dabei gilt es unter anderem zu beachten:

- **Natürlichsprachlich formulierte Anforderungen** sind häufig mehrdeutig. Deshalb werden sie in formale, d. h. mathematisch klare Anforderungsgraphen, Sicherheitsanforderungen und Testbeschreibungen übersetzt.
- **Eingaberäume müssen begrenzt werden:** KI greift nur auf intern freigegebene Signal-, API- und Komponentenmodelle zu, anstatt sie im Zweifelsfall frei zu erfinden.
- **Nachweise laufen mit:** Testfälle und Dokumentationen mit den geforderten Freigabeunterlagen entstehen nicht nachträglich, sondern parallel zur Software-Generierung.
- **Tests schließen kleinteilig die Schleife:** Simulation auf der Basis realitätsnaher digitaler Zwillinge und Integrationsumgebungen prüfen jede relevante Ausgabe.
- **Varianten werden selbstverwaltet:** Agenten erzeugen pro Fahrzeugvariante oder auch pro Einzelfahrzeug den passenden Softwarestand und verwalten das Ausrollen auf die Flotte automatisch.

Es wird klar: Die Entwicklung der Entwicklungsprozesse ist selbst eine aufwendige und niemals endende zentrale Aktivität in der Organisation.

WARUM KI ALLEIN NICHT GENÜGT

Autonome Softwareagenten werden schnell leistungsfähiger, doch für sehr langwierige, komplexe und vor allem sicherheitskritische Aufgaben reicht die heutige Stärke der KI-Modelle noch nicht aus. Ohne Leitplanken können falsche Annahmen, ungültige Schnittstellen oder unvollständige Tests entstehen. Die Lösung ist daher nicht »mehr Prompting«, sondern eine Umgebung, die KI konsequent an gültige Modelle, Regeln und Prüfungen bindet.

Safety-Prozesse sind in diesem Zielbild kein Hindernis. Sie werden produktiv, wenn ihre Logik ausführbar wird: Anforderungen, Gefährdungsmodelle, Testorakel und Abnahmeregeln werden zu Objekten, mit denen KI arbeiten kann. Jede Iteration erzeugt dann nicht nur Software, sondern auch nachprüfbare Beweisführungen.

KI ersetzt die Prüfung nicht, solange die Entwickler dies nicht wünschen. Sie macht Prüfung, Rückkopplung und Nachweisführung zum kontinuierlichen Bestandteil jedes Entwicklungslaufs. Der Mensch kann immer eingreifen, alles kann für ihn jederzeit sichtbar gemacht und gut lesbar aufbereitet werden.

WIE DER AUFBAU GELINGT

Der Weg zu voller Autonomie ist kein Big Bang. Zunächst ist ein mathematisch-logisches Fundament für KI-Nutzung aufzubauen: maschinenlesbare Anforderungen, Signalräume, Variantenlogiken und Schnittstellen. Anschließend kommen speziell trainierte und eng kommunizierende KI-Agenten für Anforderungsmanagement, Codierung und Tests.

Danach werden Safety-, Timing- und Security-Prüfungen, Simulationen und digitale Zwillinge integriert. Am Ende steuert eine übergeordnete KI alle KI-Agenten längs des Entwicklungsprozesses vollständig automatisch.

Mit jeder Stufe der Einführung dieser Werkzeugkette sinkt die Reibung. Entwicklungszyklen bewegen sich von langen Abstimmungsfolgen zu kurzen, überprüfbaren Schleifen. Für klar abgegrenzte Funktionen werden aus Wochen Tage, aus Tagen Stunden und im Zielbild schließlich nur noch Minuten.

FAST VERSCHWINDENDE ENTWICKLUNGSZEIT

Im Zielbild wird Fahrzeugsoftware in nahezu null Zeit erstellt: Nicht, weil die Qualitätssicherung wegfällt, sondern weil sie automatisiert mitläuft. Bei konsequenter Formalisierung und vollständiger, widerspruchsfreier Spezifikation des gewünschten Verhaltens, der Umwelt- und Regulierungsvorschriften sowie der Ausführungsplattformen ist das Ergebnis garantiert korrekt!

QUINTESSENZ

Ohne KI wird die SDV-Entwicklung nicht mehr beherrschbar sein. Aber nicht KI-Anwendung allein macht sie extrem schnell, sondern die Übertragung der gesamten Entwicklungslogik in eine KI-fähige Form. Wer nur einzelne KI-Agenten einführt, beschleunigt Teilaufgaben. Zum industriell skalierbaren Softwareproduzenten wird jedoch nur, wer eine durchgängige, zertifizierbare Werkzeugkette mit tiefgehender KI-Integration aufbaut.

Die Investition der Zukunft liegt daher weniger in starren Zielarchitekturen als in Plattformen, Regeln und Logiken für die Verwendung durch spezialisierte KI-Agenten. So kann unsere Automobilindustrie die nötige Software-Kompetenz aufbauen, um Geschwindigkeit zu erreichen, ohne dabei Sicherheit und Nachvollziehbarkeit zu opfern.

FAZIT

Die Zukunft liegt nicht darin, Software nur schneller zu schreiben. Die Zukunft liegt darin, den Entwicklungsprozess so zu formalisieren, dass KI ihn kontinuierlich und fast in Echtzeit ausführen kann. Am Ende dieser Revolution erstellt das Fahrzeug als »Rechenzentrum auf Rädern« seine Software selbst. Falls nötig, jeden Tag aufs Neue!

TCG
2026

