

WHITEPAPER-SERIE AUTONOMES FAHREN

# #05 Fahrzeugentwicklung der Zukunft



## Inhaltsübersicht

<b>1. Grußwort von Jens-Uwe Holz, Head of Automotive NTT DATA Deutschland</b> .....	5
<b>2. Innovationen zur Entwicklung automatisierter Fahrfunktionen</b> .....	6
2.1 Digitalisierung beeinflusst Fahrzeugentwicklung .....	6
2.2 Neue Fahrzeugkomponenten sorgen für neue Herausforderungen .....	6
<b>3. Neuer Entwicklungsprozess für ADAS</b> .....	7
3.1 Ein neues V-Modell .....	7
3.2 Agile Produktentwicklung .....	8
3.3 Model-Based Systems Engineering (MBSE) .....	10
3.4 Datengetriebener Entwicklungsprozess .....	13
3.5 Neue Wege zur Absicherung erforderlich .....	15
<b>4. Ausblick</b> .....	16
<b>5. NTT DATA – neue Technologien für die Fahrzeuge der Zukunft</b> .....	17
<b>6. Autoren</b> .....	18
<b>7. Anhang</b> .....	19





## 1. Grußwort von Jens-Uwe Holz, Head of Automotive NTT DATA Deutschland

Liebe Leserinnen und Leser,

die Vorläufer der autonomen, also vollautomatisierten Fahrzeuge rollen bereits heute auf unseren Straßen: teilautomatisierte Connected Cars, die im Prinzip nichts anderes sind als »Computer auf vier Rädern«. Gewiss sind deutsche Automobile weltweit für ihre hochwertige Technik bekannt, jedoch verlagert sich der Fokus von der Hardware immer mehr in Richtung Software. Das Gleiche gilt für die Technik: Teil- oder vollautomatisiertes Fahren erfordert neben einer ausgefeilten Sensorik, also hochmodernen Kameras, Radar, Laser und GPS-Karten sowie leistungsfähigen Fahrerassistenzsystemen (ADAS), vor allem das intelligente Sammeln und Auswerten riesiger Datenmengen.



Damit geht es bei der Entwicklung eines Fahrzeugs immer mehr um die Frage, wie sich enorme Datenmengen speichern, strukturieren und dann optimal nutzen lassen, und zwar sicher! Mit anderen Worten: Die Entwicklung heutiger teilautomatisierter und später vollautomatisierter Fahrzeuge erfordert eine fundierte IT-Kompetenz. So werden IT-Komponenten bald über die Hälfte der gesamten Ausstattung eines Autos ausmachen. Sie werden genauso zentral für das Fahrzeug sein wie heutzutage zum Beispiel der Antriebsstrang.

Und nicht nur das: Software wird ein wesentliches Differenzierungsmerkmal der Fahrzeuge sein. Nicht mehr das Fahrerlebnis steht im Vordergrund, sondern der Komfort, also die digitale Ausstattung und die Vernetzung der Fahrzeuge. Gleichzeitig wächst der Bedarf nach flexiblen Schnittstellen zum Fahrgast. Das hat Auswirkungen auf die Fahrzeugentwicklung, bei der es nicht mehr nur um das Fahrzeug selbst, sondern seine Vernetzung geht – mit der Lebenswelt des Fahrers ebenso wie mit seiner Umwelt während der Fahrt.

Wie die Fahrzeugentwicklung von Morgen aussieht, ja aussehen muss, darauf will dieses Whitepaper Antwort geben. Denn eines ist klar: Heutige Verfahren der Systementwicklung und der notwendigen Tests können bei Weitem nicht alle Anforderungsfälle abdecken. Erfahren Sie hier also mehr über:

**Innovationen zur Entwicklung automatisierter Fahrfunktionen – mit Erweiterungen des sogenannten V-Modells, skalierten agilen Methoden, Model-Based Systems Engineering und einem datengetriebenen Entwicklungsprozess.**

Ich wünsche Ihnen eine anregende Lektüre!

Jens-Uwe Holz



## 2. Innovationen zur Entwicklung automatisierter Fahrfunktionen

### 2.1 Digitalisierung beeinflusst Fahrzeugentwicklung

**Flexibler und schneller auf wachsende Kundenwünsche reagieren.** Die Digitalisierung hat längst auch in der Automobilbranche Einzug gehalten. Sie sorgt jetzt bereits dafür, dass Autofahren für die Kunden zu einem völlig neuen Erlebnis wird. Assistenzsysteme übernehmen selbstständig verschiedene Fahrfunktionen, über die Informationssysteme können die Fahrer im Internet surfen oder ihre E-Mails beantworten. Ständig kommen neue Funktionen dazu. Die Ansprüche der Kunden wachsen, Vernetzung und Funktionsumfang werden zu einem immer wichtigeren Kaufargument. Bringt ein anderer Hersteller eine Innovation auf den Markt, sind Automobilhersteller heutzutage mehr denn je gefragt, schnell nachzuziehen, um nicht von der Konkurrenz abgehängt zu werden. Anders als früher treten Innovationen heute jedoch immer häufiger auf, und zwar in kürzeren zeitlichen Abständen. Damit beeinflusst die Digitalisierung auch die Art und Weise, wie Automobilhersteller ihre Fahrzeuge entwickeln. Prozesse müssen heutzutage um ein Vielfaches flexibler sein und zügig angepasst werden können.

Insbesondere die IT-Infrastruktur der Entwicklungsabteilungen wird vor große Herausforderungen gestellt: Riesige Datenmengen und komplexe Systeme sorgen für Probleme, die von Fachleuten gelöst werden müssen. In diesem Whitepaper werden eine Reihe von Innovationen vorgestellt, die zur Entwicklung und Absicherung automatisierter Fahrfunktionen notwendig sind.

### 2.2 Neue Fahrzeugkomponenten sorgen für neue Herausforderungen

**Sehen und Hören mit Sensoren.** Der Weg zum autonomen Fahrzeug beginnt mit den zum Teil bereits heute eingesetzten Fahrerassistenzsystemen (Advanced Driver Assistance Systems, kurz ADAS). Sie erfordern die Integration zahlreicher neuer Komponenten

in das Fahrzeug – allen voran Sensoren: Die Augen und Ohren eines menschlichen Fahrers werden im autonomen Fahrzeug durch Sensorik ersetzt. Sensoren ermöglichen dem Fahrzeug, ein Bild der Umgebung zu generieren. Um auch bei Defekten und ungünstigen Umweltbedingungen wie Regen und Schnee eine Abbildung des Fahrzeugumfelds zu erhalten, ist eine redundante Auslegung der Sensoren erforderlich. Mit der Kombination mehrerer Sensortypen (Lidar, Radar, Kameras, Ultraschall) und der Fusion der erzeugten Sensordaten wird es möglich, das Umfeld sehr zuverlässig zu erfassen und entsprechend das Fahrverhalten des autonomen Fahrzeugs daraus abzuleiten.

**Verarbeitung der Sensordaten.** Die Verarbeitung der Sensordaten umfasst neben der Datenfusion insbesondere das Erkennen der Umwelt und die Ableitung entsprechender Fahrentscheidungen. Dazu werden leistungsfähige Rechner mit Artificial Intelligence (AI) genutzt, das heißt vorab trainierte neuronale Netze (Machine Learning). Die Sensordaten können an ein IT-Backend-System übertragen, dort verarbeitet und dann wieder an das Fahrzeug zurückgesendet werden. Dies eröffnet neue Möglichkeiten, zum Beispiel die Zusammenführung der generierten Daten mit zusätzlichen, zeitgleich gesammelten Daten durch weitere Fahrzeuge in der Umgebung.

**Fahren nach Echtzeit-Karten.** Eine weitere Komponente sind hochpräzise, dynamische Echtzeit-Karten. Sie steuern das Fahrzeug mit einer Genauigkeit im Dezimeter-Bereich und sind unverzichtbar für das autonome Fahren, da sie eine Vorhersage der Steuerung über die Reichweite der Sensoren hinaus erlauben. Ein Beispiel dafür wäre eine Kurve hinter einer Kuppe. Echtzeit-Karten finden die bestmögliche Route und enthalten aktuelle Daten über Verkehrsregeln, Straßenschilder, mögliche Hindernisse oder Straßenverhältnisse.

Die zahlreichen neuen Systeme sorgen dafür, dass die Entwicklung neuer Fahrzeuge aufwendiger und komplizierter wird.

## 3. Neuer Entwicklungsprozess für ADAS

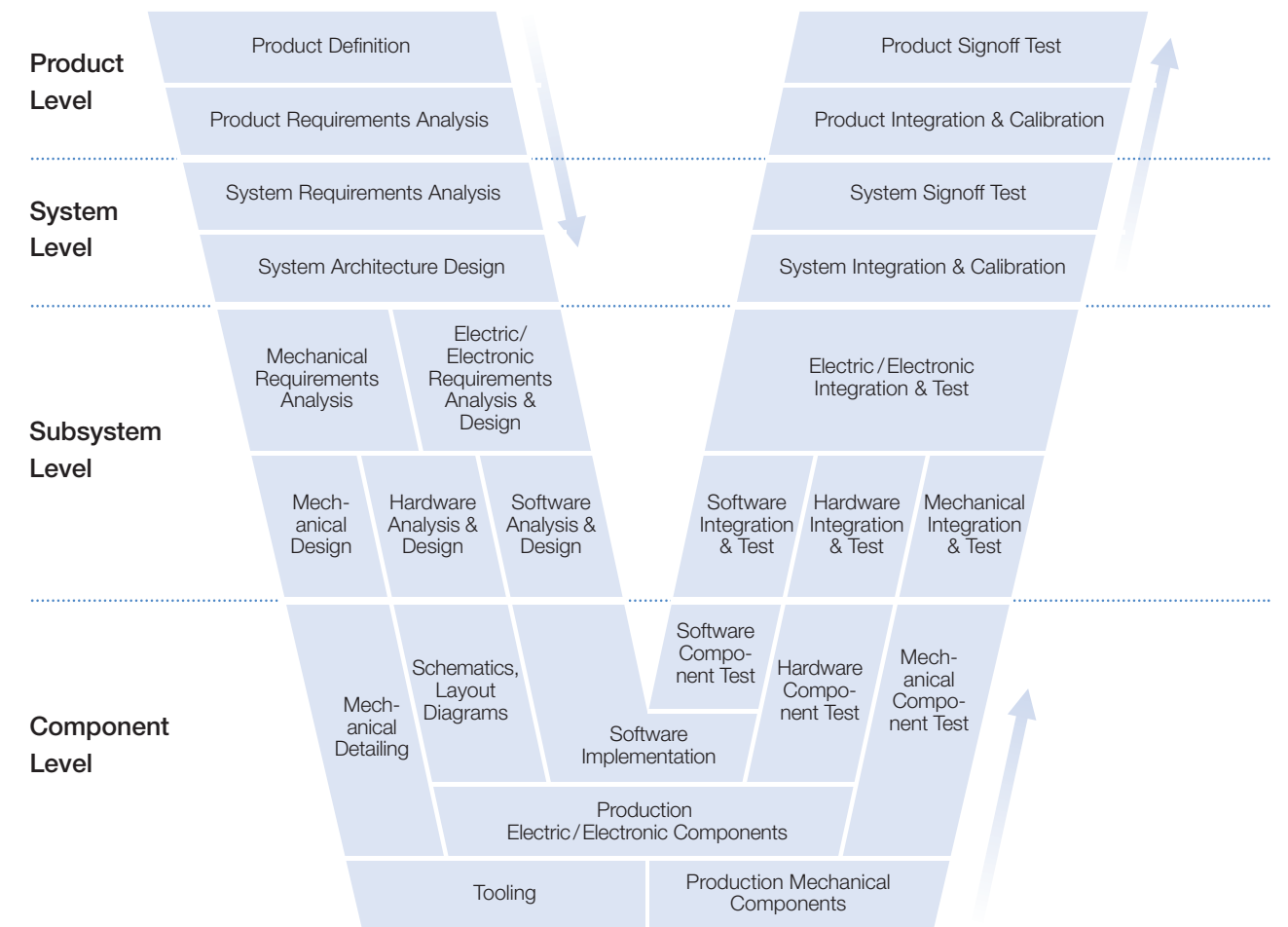
Die Entwicklung von komplexen mechatronischen Systemen in der Automobilindustrie basiert normalerweise auf Methoden aus dem Systems Engineering und wird als V-Modell dargestellt. Die Entwicklung vernetzter, AI-basierter Systeme erfordert allerdings einige Änderungen und Erweiterungen im Entwicklungsprozess:

### 3.1 Ein neues V-Modell

**Klassisches V-Modell.** Das klassische V-Modell gemäß VDI-Richtlinie 2206 beschreibt im linken Ast die Entwicklungstätigkeiten von der Produkt-Ebene über die System-Ebene bis hin zur Komponenten-Ebene. Für die Komponenten-Entwicklung gibt es die Disziplinen Mechanik, Elektrik/Elektronik und Software.

Im rechten Ast finden sich die entsprechenden Integrations- und Verifikations-/Validierungstätigkeiten auf diesen drei Ebenen.

**Neue Disziplin im V-Modell.** Schon die Definition des Produkts ist bei der ADAS-Entwicklung nicht einfach: Hier geht es nicht nur um das einzelne Fahrzeug, sondern um ganze Fahrzeugflotten sowie die Vernetzung zwischen Fahrzeugen mit dem Connected Services Backend. Entsprechend muss die Entwicklung der digitalen Services in den Entwicklungsprozess integriert werden. Nur so lässt sich deren Verfügbarkeit und Funktionalität bei der Markteinführung sicherstellen. Das heißt konkret: Die Entwicklung von Services ist eine neue Disziplin im V-Modell.



V-Modell (Quelle: prostep ivip – Smart Systems Engineering)

### 3.2 Agile Produktentwicklung

**Komplexere Fahrzeugentwicklung.** Die zunehmende Integration von Connectivity- und Fahrerassistenzsystemen bis hin zu autonomen Autos sorgt für enormen Druck bei den Automobilherstellern. Einerseits müssen die Entwicklungen schneller verlaufen, andererseits müssen die Entwicklungskosten reduziert werden. Hinzu kommt, dass durch die vielen unterschiedlichen Systeme die Fahrzeugentwicklung deutlich komplexer wird.

#### Aktuell eingesetzte agile Entwicklungsmethoden

**SCRUM & Co.** In der Software-Entwicklung für Business-Applikationen werden mittlerweile überwiegend agile Methoden wie SCRUM eingesetzt. Die Vorteile im Hinblick auf Flexibilität, Geschwindigkeit und auch Mitarbeitermotivation überwiegen mögliche Nachteile wie Kommunikationsaufwand und fehlende Projektplanung. Insbesondere die schnellen Zyklen von Spezifikation, Entwicklung und Test in den Sprints führen zu einem sichtbaren Projektfortschritt und bieten Gelegenheit, die Planung flexibel anzupassen.

#### 3 gute Gründe für interdisziplinäre Entwicklungslösungen in der Automobilindustrie

##### 1. Bedarf nach kundenorientiertem Design.

In digitalen, autonomen Fahrzeugen kommt es nicht mehr auf das Fahrerlebnis an, sondern auf die User Experience.

**2. Geschwindigkeit.** Sich schnell verändernde Technologietrends sorgen für eine steigende Komplexität. Produkteinführungszeiten müssen kürzer und Entwicklungskosten geringer werden, um im Wettbewerb bestehen zu können.

**3. Fokus Service.** Servicedienstleistungen für die Fahrer/Insassen werden ein elementarer Bestandteil der künftigen Geschäftsmodelle der Automobilhersteller. Dafür wird eine zuverlässige und innovative IT-Infrastruktur benötigt.

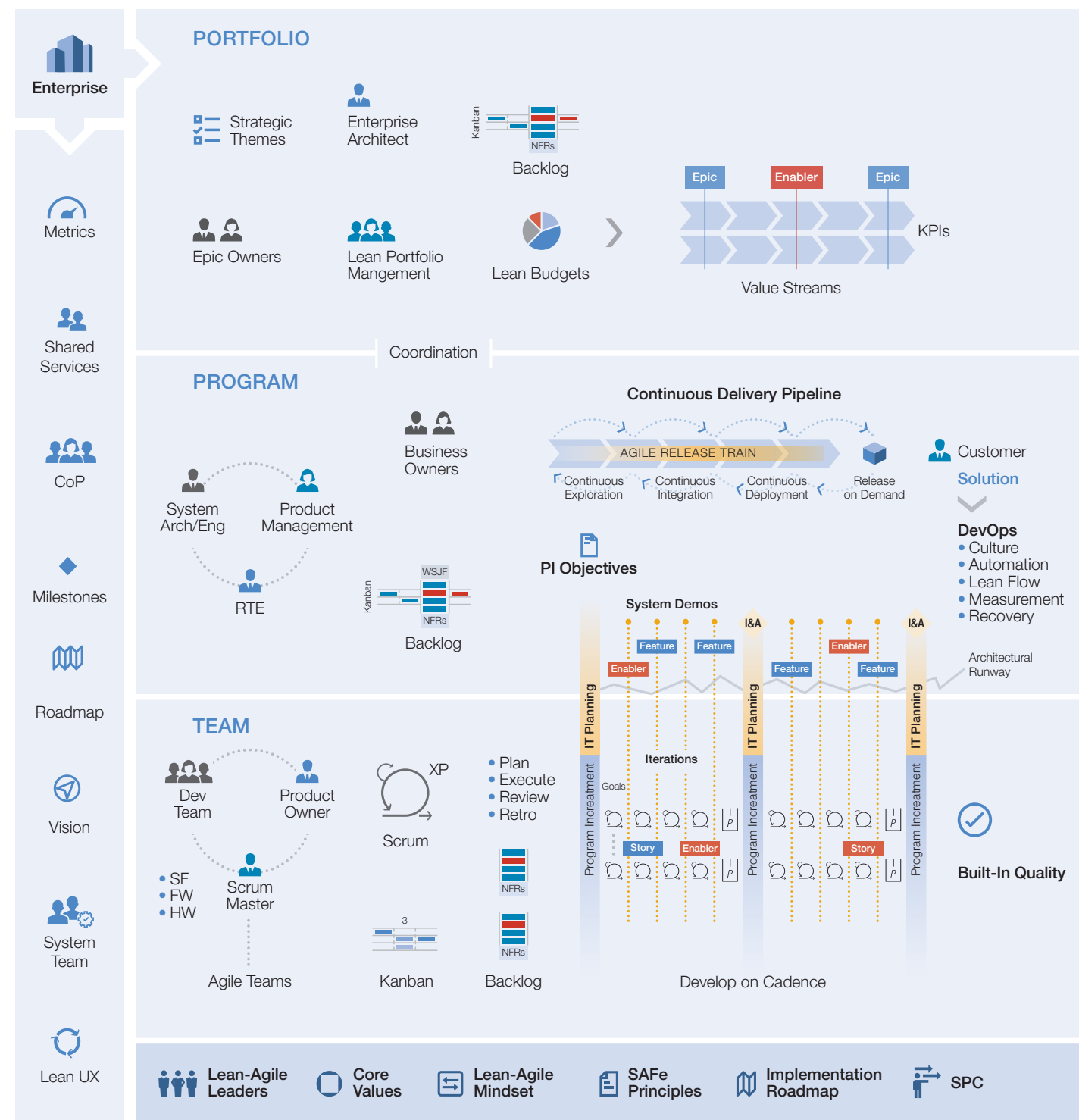
**W-Modell.** Entsprechende Überlegungen fließen auch in Verbesserungen des V-Modells ein. So gibt es zum Beispiel das W-Modell, in dem die Integration der digitalen Modelle aus den einzelnen Teildisziplinen schon während der Entwicklung erfolgt. Dadurch werden späte, teure Änderungen vermieden, die sonst in der Integrationsphase des klassischen V-Modells zu erwarten sind.

#### Herausforderungen bei agilen Methoden

In der Software-Entwicklung für sicherheitskritische Fahrfunktionen gibt es allerdings weitere Herausforderungen im Hinblick auf den Einsatz agiler Methoden, nämlich die Sicherheitsnorm ISO 26262 und die Skalierung der agilen Methoden auf Programm-Ebene.

**ISO 26262 „Functional Safety“.** Dies ist eine Norm für sicherheitskritische E/E-Systeme und Software-Komponenten in der Fahrzeugentwicklung. Sie nutzt ein Prozessmodell mit Phasen auf Basis des V-Modells, das zunächst im Widerspruch zu agilem Vorgehen steht. Mit einem Fokus auf die Arbeitsergebnisse wie Operational Situations, Hazards, Safety Goals und Safety Requirements sowie auf die Priorisierung dieser Themen im Backlog lassen sich auch agile Methoden für sicherheitskritische Themen nutzen.

**Skalierung auf Programm-Ebene.** Die optimale Größe von Arbeitsteams wird oft mit „7 +/- 2 Personen“ angegeben. Jedoch werden für das autonome Fahren mit Level 3 bereits mehrere hundert Millionen Zeilen Software Code benötigt, für Level 5 über eine Milliarde Zeilen Code. Es werden also Wege zur Skalierung agiler Methoden benötigt, mit denen Teams von mehreren hundert Personen in einem Programm agil zusammenarbeiten können. Zwei gängige Frameworks sind das Scaled Agile Framework (SAFe) und Large-Scale Scrum (LeSS). Damit können mehrere agile Teams auf Team-Ebene effizient arbeiten und auf Programm-Ebene effektiv synchronisiert werden.



Scaled Agile Framework (Scaled Agile, Inc.)

### ■ 3.3 Model-Based Systems Engineering (MBSE)

#### Fahrzeugentwicklung heute: System von Systemen.

Insbesondere die Kombination von immer aufwendigeren Software-Komponenten mit der Hardware führt in der Fahrzeugentwicklung dazu, dass das Fahrzeugentwicklungstechnisch als ein System von Systemen anzusehen ist – mit unterschiedlichen Lebenszyklen in der Entwicklung der einzelnen Module. Die Integration von Fahrerassistenzsystemen bedeutet zum Beispiel, dass in einem Fahrzeug heutzutage mehr als 100 elektronische Steuergeräte eingebaut sind, die unzählige elektronische Bauteile steuern und Signale auslesen, verbunden durch Kabel von einer Gesamtlänge bis zu acht Kilometern. Dazu kommt, dass heutige Fahrzeuge circa 200 Systeme, über 300 Komponenten mit 3.000 Funktionen und 8.000 Abhängigkeiten in einem IT-System verwalten und die Abhängigkeiten wiederum in einer Vielzahl von Workshops mit den Stakeholdern erarbeitet werden müssen. Diese stark zunehmende Komplexität in der Automobilindustrie erfordert eine „Right First Time“-Mentalität durch die Integration von Systems Engineering (SE) in den Entwicklungslebenszyklus.

**Mit Systems Engineering und Modellen das ganze System im Blick.** Um derart komplexe Produkte entwickeln zu können, sind entsprechende, dieser Komplexität angepasste Entwicklungsprozesse erforderlich. Ein Weg, mit der Komplexität erfolgreich umzugehen, ist Systems Engineering. Ein wesentliches Prinzip von SE besteht darin, das Produkt mit seinen miteinander verbundenen Teilen als ein Gesamtsystem zu betrachten, das dann funktioniert, wenn die Komponenten effektiv zusammenarbeiten. Diese Gesamtanschauung eines Systems lässt sich durch Modelle visualisieren. Bei dieser Variante des SE spricht man von Model-Based Systems Engineering (MBSE). Diese SE-Standardmethode hilft, sowohl zu entwickelnde Systeme in ihrer Komplexität zu veranschaulichen als auch bestehende Systeme zu analysieren und zu verbessern.

#### ■ Integration von MBSE in bestehende Entwicklungsprozesse

**Neue Denkweise.** Obwohl MBSE in der Industrie nichts Neues ist, wird dieses Konzept in der Automobilbranche gerade erst entdeckt. MBSE ist nicht nur eine Methode, um SE-Prozesse wie Erstellung und Konsolidierung von fachlichen und technischen Anforderungen oder die Konzeption der Systemarchitektur zu organisieren. Darüber hinaus bringt es eine andere Denkweise über Systeme und die Wechselbeziehungen der Subsysteme mit sich.

**Bessere Teamarbeit, höhere Transparenz.** Der Kernaspekt von MBSE ist, dass es ein Produkt mit allen dazugehörigen Teilen, die untereinander verbunden sind, nicht als einzelne Teile, sondern als ganzes System sieht. Das Ziel von MBSE ist dabei, die einzelnen Komponenten so effektiv wie möglich zusammenarbeiten zu lassen. Durch die Einführung eines gemeinsamen Modells wird die Teamarbeit verbessert und die Transparenz der Arbeit erhöht.

**Mehr Entwicklungsqualität, weniger Fehler.** MBSE verbindet auch die verschiedenen Teile der Systementwicklung miteinander, nämlich den Benutzer, seine Anforderungen, die Systemarchitektur, den Entwicklungsprozess, die Integration der vielen Komponenten und Subsysteme, Verifikation und Validierung. Die Anwendung von MBSE ermöglicht nicht zuletzt eine zuverlässige Rückverfolgbarkeit über alle Phasen des Entwicklungs-Lebenszyklus. So erhöht MBSE die Entwicklungsqualität, unterstützt die Entscheidungsfindung aller Projektbeteiligten und reduziert durch frühzeitige Fehlererkennung spürbar Entwicklungszeit und -kosten.

#### ■ Integration von MBSE – Anforderungen

Die Anwendung von MBSE in der Produktentwicklung hat folgende Anforderungen:

■ **Anpassung der Methode** mit Rücksicht auf spezifische Gegebenheiten des Produkts, der Organisation des Unternehmens, der Teams, der Unternehmensphilosophie hinsichtlich der Produktentwicklung (etwa Endkundenorientierung, Produktorientierung, Innovationslastigkeit).

■ **Tool-Plattform** mit implementierten Methoden, um die Rückverfolgbarkeit und die durchgängige Information aller Projektbeteiligten zur Vereinbarung der Anforderungen zu gewährleisten.

■ **Integrationsstrategie** mit Schulungsplänen.

■ **Migrationsplan**, um den Übergang zu MBSE zu erleichtern.

**Zudem oft nicht einfach:** Bestehende Systemarchitektur. Erschwert wird die Einführung von MBSE oftmals durch eine bestehende Produktdatenstruktur bzw. -architektur mit unübersichtlich vielen Verbindungen und Abhängigkeiten der Einzelteile untereinander und voneinander ohne klar definierte Schnittstellen. Der Aufwand, unter solchen Gegebenheiten MBSE einzuführen, erhöht sich dadurch beträchtlich.

#### ■ Herausforderung: Modelle anstelle von Fließtext-Spezifikationen

Methoden wie Anforderungs- und Konfigurationsmanagement können zu umfangreichen Dokumenten führen: Hunderte von Komponenten-Lastenheften, die in System-Lastenheften referenziert werden. Auch mit Best Practices aus dem Requirements Engineering wird eine Komplexität erreicht, die von Menschen nur schwer beherrschbar ist. Daher geht man zur Nutzung formaler Modelle anstelle von Fließtext-Spezifikationen über. Die Vorteile liegen in der möglichen Automatisierung, zum Beispiel der Validierung von Modellen gegenüber vorgegebenen Regeln, der automatischen Optimierung von Modellen sowie der Generierung von ausführbarem Code für Steuergeräte.

**Analyse und Definition der funktionalen Systemarchitektur.** Die Anwendung von MBSE bedeutet, Fließtext-Spezifikationen durch Modelle zu ersetzen. Dies erfordert zum einen die Analyse und Definition der funktionalen Systemarchitektur als Grundlage für MBSE, also einen Arbeitsschritt, der bei der herkömmlichen Erstellung von Fließtext-Spezifikationen meistens außer Acht gelassen wird.

**Gefahr unleserlicher Modelle.** Zum anderen muss darauf geachtet werden, keine unleserlichen Modelle zu erstellen. Denn der Versuch, alle Anforderungen, alle Schnittstellen darzustellen, kann zu einer derart komplizierten Veranschaulichung führen, dass diese kaum noch lesbar ist. Hinzu kommt, dass die Modellierungssprache mit eigenen Bezeichnungen operiert, an die man sich erst gewöhnen muss. Von daher sollten Leitfäden für die neue Begrifflichkeit erstellt und eine Balance zwischen textlicher und Modell-Darstellung gefunden werden.

**Zu zeitintensiv?** Des Weiteren kostet die Entwicklung von Modellen viel Zeit und erfordert Modellierungsfähigkeiten von den Beteiligten. Auch sind die Vorteile von MBSE langfristiger Natur und lassen sich nicht in kurzer Zeit realisieren. Doch die meisten Projektbeteiligten stehen unter Zeitdruck und scheuen den Zeitaufwand für die Einführung neuer Entwicklungsmethoden. Jedoch wird die Fahrzeugentwicklung der Zukunft nicht ohne neue Entwicklungsmethoden auskommen. Somit ist der Zeiteinsatz für MBSE durchaus lohnenswert. Von daher ist entscheidend, dass das Management die Einführung von MBSE unterstützt und vorantreibt.

**Integrations-Schnittstellen.** Und schließlich ist der Übergang von Text zu Modell in der Praxis fließend. Was es dazu braucht, sind vor allem standardisierte Integrationsschnittstellen. Denn das Schreiben von Fließtext-Spezifikationen und die Erstellung von Modellen erfolgt mit verschiedenen Tools.

#### ■ Herausforderungen für die Projektbeteiligten

**Change your mind!** Die Einführung von MBSE erfordert von allen Projektbeteiligten ein Umdenken. Gewöhnlich werden Anforderungen geschrieben, die System-Architektur vernachlässigt und Fehler erst relativ spät beim Testen entdeckt. Damit die Vorteile von MBSE wirksam werden können, ist es wichtig, zunächst die SE-Methodik zu implementieren, das heißt insbesondere einen Top-Down-Ansatz bei der Systemdokumentation und die Definition einer funktionalen Systemarchitektur.



Über den eigenen »Tellerrand« hinaus. Erschwerend hinzu kommt die weitverbreitete Ansicht, SE und MBSE seien nur im Software-Engineering anwendbar. Zwar sind diese Methoden in der Software-Entwicklung entstanden, aber sie können in allen möglichen Industrien, Branchen und Entwicklungsbereichen eingesetzt werden. Denn es handelt sich, wie bereits gesagt, um einen Ansatz für die Entwicklung komplexer Systeme: Ein System wird mitsamt seiner mechanischen, elektrischen, elektronischen und Software-Teile als ein Ganzes betrachtet. Nur so ist größtmöglicher Überblick und größtmögliche Transparenz im Entwicklungsprozess sichergestellt. Dies verlangt jedoch von allen Projektbeteiligten, ihre auf ihren jeweiligen Aufgabenbereich begrenzte Systemsicht zu erweitern.

■ **MBSE in der Automobilindustrie**

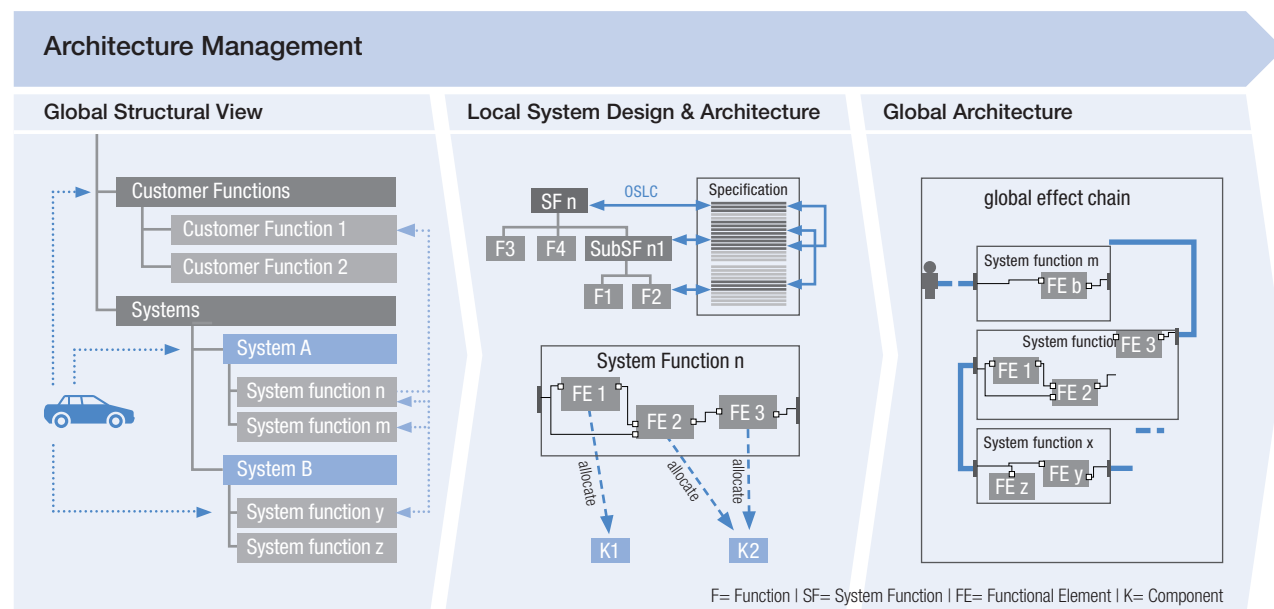
Die Automobilunternehmen sehen sich mit einer Reihe von Herausforderungen konfrontiert, die für den Einsatz von MBSE in der Fahrzeugentwicklung sprechen:

- **Individuelle Kundenwünsche.** Das Erfordernis, die individuellen Designwünsche der Kunden zu erfüllen, um im Markt bestehen zu können.
- **Neue Trends.** Die sehr schnelle Weiterentwicklung technologischer Trends.

- **Digitalisierung.** Die zunehmende Orientierung der Produkte in Richtung IT und digitale Services.
- **Schnelligkeit.** Time to Market wird ein verschärft entscheidender Wettbewerbsfaktor.

Diese Herausforderungen legen es nahe, dass Automobilunternehmen vermehrt MBSE als Entwicklungsmethode in ihre bestehenden Entwicklungsprozesse integrieren, um die weiter zunehmende Produkt-Komplexität zu beherrschen und eine Plattform für agile Entwicklung bereitzustellen, die es ermöglicht, bestehende Systeme um neue Funktionen zu ergänzen, kundenorientierte Entwicklungen zu gewährleisten, Time to Market zu reduzieren und die Integration neuer Technologien zu erleichtern.

Sie planen, die zunehmende Produkt-Komplexität mit MBSE besser zu bewältigen? Sie fragen sich, wie sich MBSE konkret in Ihre Entwicklungsprozesse integrieren lässt? Wenden Sie sich an die Systems-Engineering-Spezialisten von NTT DATA! Die Grafik zeigt ein Konzeptbeispiel für eine bewährte systematische Integration von MBSE, das NTT DATA design hat.



MBSE Architecture

■ **3.4 Datengetriebener Entwicklungsprozess**

**Herausforderung virtuelle Tests.** Für die Fusion der Sensordaten, das Erkennen der Umwelt und anderer Verkehrsteilnehmer sowie für die Steuerung des autonomen Fahrzeugs wird AI eingesetzt, insbesondere Deep-Learning-Verfahren. Dabei bestimmen die Menge und Qualität der Trainingsdaten die Qualität der resultierenden neuronalen Netze. Daten sind in diesem Kontext ähnlich wie Anforderungen zu sehen. Zur Absicherung und Zulassung der ADAS müssen Millionen von Testszenarien und virtuellen Testkilometern simuliert werden.

■ **Riesige Datenmengen**

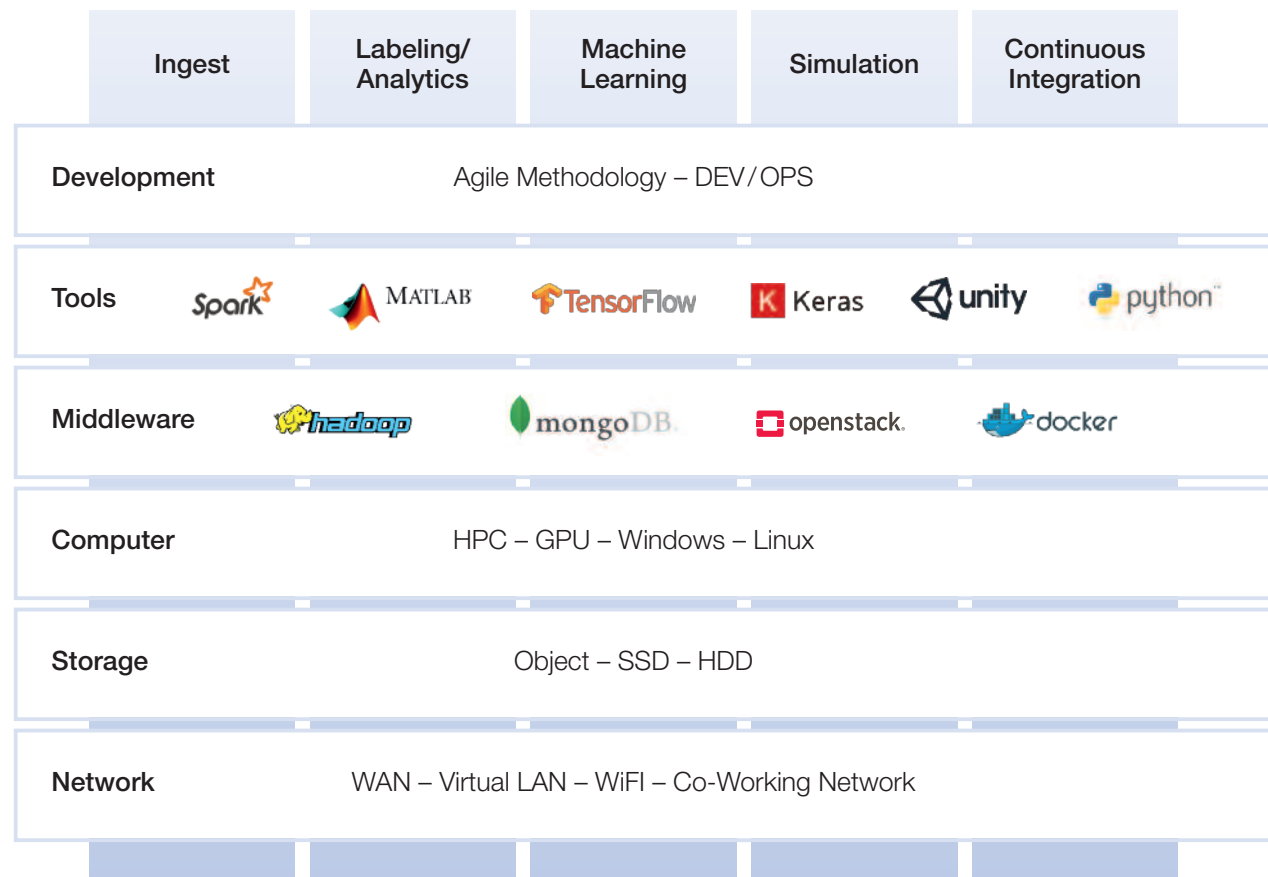
**500 Petabyte über den gesamten Entwicklungszyklus.** Diese Testverfahren stellen die IT-Infrastruktur vor nie dagewesene Herausforderungen. Nach gerade einmal acht Stunden sammelt ein Fahrzeug etwa 100 Terabyte Daten. Allein diese Menge vom Fahrzeug herunterzuladen ist bereits eine große Herausforderung. Über den gesamten Entwicklungszyklus eines Fahrzeuges fallen so etwa 500 Petabyte Daten an. Dies ist eine außerordentlich große Datenmenge. Zur Veranschaulichung: Für die Speicherung von einem Petabyte wird die Kapazität eines ganzen Serverschranks in einem Datenzentrum benötigt. Für die Einführung eines einzelnen Fahrzeuges wird somit ein ganzes Serverzentrum mit 500 Serverschränken benötigt.

■ **Virtuelle Tests allein reichen nicht**

**Herausforderung realer Straßenverkehr.** Für Automobilhersteller ist es sinnvoll, eine solche Infrastruktur vor Ort aufzubauen, um virtuelle Testszenarien durchzuführen. Bei virtuellen Tests werden die Fahrzeuge durch eine Simulation des echten Straßenverkehrs geschickt. Das spart einerseits Kosten und andererseits Zeit, da die Simulationen schneller als in Echtzeit erfolgen können. Eine virtuelle Simulation kann jedoch

nicht alle Variablen der realen Welt abbilden, weshalb die Fahrzeuge ebenfalls im richtigen Straßenverkehr getestet werden müssen. Hier wird es kompliziert. Sobald die Fahrzeuge sich physisch von den Serverzentren entfernen, muss eine mobile Datenübertragung erfolgen. Derzeit werden dafür meist öffentliche Clouds genutzt. Das ist jedoch aufwendig und gleichzeitig teuer. Die Entfernung kann dabei mehrere tausend Kilometer betragen. Denn autonome Fahrzeuge müssen auf der ganzen Welt getestet werden, da sich der Straßenverkehr in Asien zum Teil enorm von dem in Deutschland oder in Südamerika unterscheidet.

<b>1 Petabyte =</b>	
<b>1.000.000.000.000 Bytes =</b>	
<b>10<sup>15</sup> Bytes =</b>	
<b>Kapazität eines Serverschranks</b>	
<b>250 Milliarden beschriebene DIN A4-Schreibmaschinenseiten</b>	
(gestapelt etwa 25.000 Kilometer hoch):	
<b>1 Petabyte</b> .....	<b>1 x</b> 
<b>Speichervolumen eines menschlichen Gehirns:</b>	
<b>2,5 Petabyte</b> .....	<b>2,5 x</b> 
<b>Speicherkapazität von 10 Millionen 1GB-USB-Sticks:</b>	
<b>10 Petabyte</b> .....	<b>10 x</b> 
<b>Gesamtvolumen der transferierten Daten des weltgrößten Telekommunikationsanbieters AT&amp;T am 1. März 2018:</b>	
<b>197 Petabyte</b> .....	<b>200 x</b> 
<b>Entwicklung eines autonomen Fahrzeuges</b>	
<b>500 Petabyte</b> .....	<b>500 x</b> 



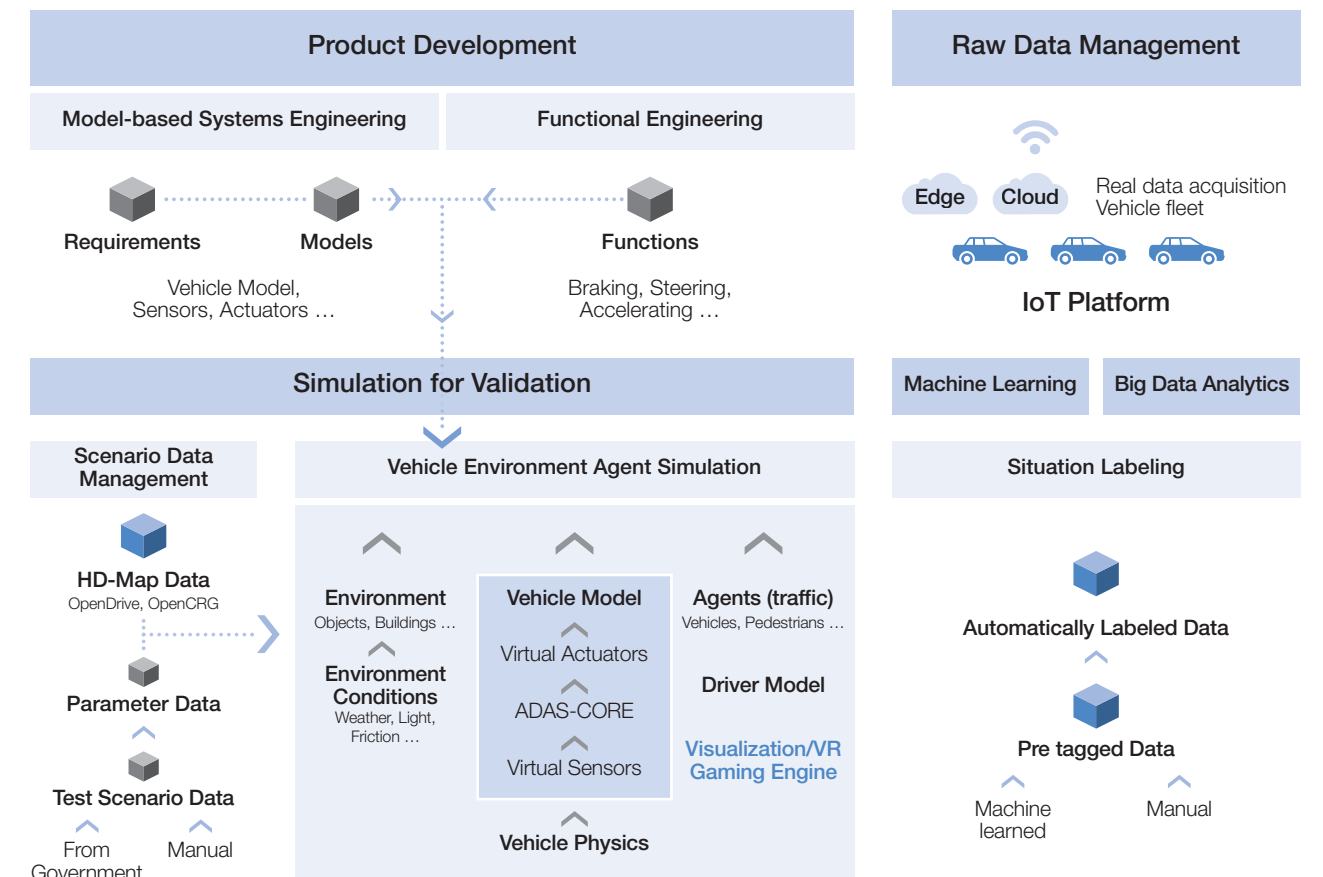
IT-Plattform zur Entwicklung und Absicherung automatisierter Fahrfunktionen

■ **IT-Infrastruktur**

**Hybrid-Cloud-Konzept.** Die Lösung für dieses Problem bietet ein sogenanntes Hybrid-Cloud-Konzept, bei dem die Kostenvorteile einer Vor-Ort-Infrastruktur mit der Flexibilität einer Cloud kombiniert werden. Die Lösung kann bei Bedarf mit lokalen oder mobilen Datacenter ergänzt werden, um den Entwicklern einen schnellen Zugang zu den Daten zu ermöglichen.

■ **Simulationen mit synthetischen Trainingsdaten**

**Viele Vorteile.** Neben teuren Messdaten aus Realfahrten kommen auch synthetisch generierte Trainingsdaten zum Einsatz. Umfangreiche Simulationsumgebungen können Straßen, Umgebung, Wetter, andere Verkehrsteilnehmer und die eigene Fahrzeugphysik simulieren. Durch Variation dieser Teilmodelle lassen sich nicht nur umfangreiche Trainingsdaten generieren. Es können auch die besonders interessanten Grenzfälle untersucht werden, die im realen Verkehr nur selten vorkommen. Ein weiterer Vorteil synthetischer Trainingsdaten besteht darin, dass der aufwendige Labeling-Prozess entfällt, das heißt die Klassifizierung von Objekten in realen Sensordaten als Referenz für das Machine Learning.



Überblick ADAS-Entwicklung

■ **3.5 Neue Wege zur Absicherung erforderlich**

**Probleme im Debugging neuronaler Netze.** Eine Herausforderung in diesem Umfeld ist nicht nur die IT-Infrastruktur, sondern sind auch konzeptionelle Probleme im Debugging von neuronalen Netzen. Nachdem die Ergebnisse nicht mehr hauptsächlich auf beweisbaren Algorithmen, sondern auf umfangreichen, heterogenen Daten basieren, müssen neue Wege zur Absicherung gefunden werden.

Gemäß ISO 26262 werden derzeit Sicherheitskonzepte für Technik, Hardware und Software erstellt. Nach der aktuellen Diskussion ist die Entwicklung eines zusätzlichen Sicherheitskonzeptes für Machine Learning erforderlich. Dieses kann nicht mehr auf einfachen Fehler-Ursache-Wirkungsketten beruhen, sondern muss mit Hypothesen und Wahrscheinlichkeiten in neuronalen Netzen arbeiten.



## 4. Ausblick

### ■ Fahrzeugentwicklung wird komplexer

Die Entwicklung automatisierter Fahrfunktionen erfordert neue Methoden im Systems Engineering. Vor allem die Verarbeitung von unvorstellbar großen Datenmengen und die Neuentwicklung von digitalen Services führen dazu, dass die Fahrzeugentwicklung deutlich komplexer wird als bisher.

### ■ Neue Entwicklungsprozesse- und -methoden erforderlich

Diese neuen Dimensionen von Komplexität werden nur zu bewältigen sein mit Hilfe flexibler Entwicklungsprozesse- und -methoden, zum Beispiel dem hier aufgezeigten Model-Based Systems Engineering

(MBSE). Auch die IT-Infrastruktur muss für die Verarbeitung riesiger Datenmengen gerüstet sein, etwa durch ein ausgefeiltes Hybrid-Cloud-Konzept.

### ■ Mit NTT DATA in die Zukunft der Fahrzeugentwicklung

Kurzum: Die Zukunft der Fahrzeugentwicklung liegt im Bewältigen von Datenmengen im Petabyte-Bereich ( $10^{15}$ !) und einer zunehmenden Komplexität. Setzen Sie hier auf die gebündelte Branchen- und IT-Erfahrung von NTT DATA – Model-Based Systems Engineering und skalierbare Hybrid-Cloud-Infrastrukturen zählen hier beispielsweise zu unseren »Spezialitäten«.

Kontaktieren Sie uns!

## 5. NTT DATA – neue Technologien für die Fahrzeuge der Zukunft

### ■ Stets „State of the Art“

NTT DATA verfügt nicht nur über langjährige Erfahrung mit vernetzten Fahrzeugen. Wir sind zudem in Forschung und Entwicklung für autonomes Fahren aktiv. Ein Beispiel dafür ist PReVENT, ein von der EU unterstütztes Projekt mit Fokus auf präventiver Verkehrssicherheit. Im Rahmen von PReVENT hat NTT DATA an „Wireless Local Danger Warning“ mitgewirkt. Auf Basis dieser Frühwarnsystem-Technologie können Fahrzeuge über WLAN kommunizieren und sich gegenseitig vor Gefahren warnen – ein wichtiger Mosaikstein für eine voll funktionsfähige Vehicle-to-X-Kommunikation.

### ■ Mit NTT DATA Geschäftsmodelle,

#### Organisation, Prozesse und IT neu ausrichten

Wir bieten integrierte Gesamtlösungen mit einem gut funktionierenden Zusammenspiel von Prozessen und IT-Applikationen. Denn wir wissen: Die nahtlose Integration der „Embedded“-Fahrzeugwelt mit dem Internet of Things und dem Connected Car Backend wird den entscheidenden Wettbewerbsvorteil ausmachen. Zudem gilt es für unsere Kunden, die Grundlagen für neue Geschäftsmodelle, zum Beispiel Carsharing, zu schaffen – nicht nur im Hinblick auf die IT, sondern auch auf Sicherheits- und rechtliche Fragen. Auch hier sind wir für die Automotive-Branche Ansprechpartner Nummer eins.

### ■ Wenden Sie sich an NTT DATA

Wir unterstützen Sie dabei, mit der Entwicklung neuer Fahrzeug- und Mobilitätsmodelle Schritt zu halten, die weltweite Marktführerschaft zu verteidigen und sich differenzierend zu positionieren. Lassen Sie uns dazu ins Gespräch kommen!

### ■ Autonomes Fahren – Whitepaper-Serie von NTT DATA

Lesen Sie mehr zum autonomen Fahren.

In unserer Whitepaper-Serie behandeln wir u. a. die folgenden Themen:

- #01 Entwicklung des autonomen Fahrens
- #02 Rechtliche und gesellschaftliche Voraussetzungen
- #03 Technische Voraussetzungen
- #04 Sicherheit



## 6. Autoren



**Jens Krüger** ist Competence Unit Manager bei NTT DATA Deutschland und Leiter des globalen Center of Excellence für Product Lifecycle Management. Seine Beratungsschwerpunkte sind PLM-Strategie, PLM-Implementierung und Enterprise Architecture Management. Seine Leidenschaft ist die Gestaltung der Produktentwicklungsprozesse für die aktuellen Herausforderungen der Automobilindustrie.

[jens.krueger@nttdata.com](mailto:jens.krueger@nttdata.com)



**Gustavo Filip** ist Vice President Automotive bei NTT DATA Deutschland. Der gebürtige Argentinier verantwortet das Hybrid-Cloud-Geschäft. Er verfügt über mehr als 20 Jahre Erfahrung in der Automobilindustrie mit den Schwerpunkten Consulting, IT Service und IT. Sein Interesse gilt dem Wandel in der Mobilität, der durch die Vernetzung erst möglich geworden ist.

[gustavo.filip@nttdata.com](mailto:gustavo.filip@nttdata.com)



**Dr. Pascal Hofmann** ist Lead Consultant im Bereich Automotive & Manufacturing und hat in Production und Quality Engineering mit Schwerpunkt Systems Engineering und Operations Management promoviert. Aktuell unterstützt er einen Automobilkonzern bei der Einführung von Systems Engineering und als Co Product Owner im Defect- und Testmanagement.

[pascal.hofmann@nttdata.com](mailto:pascal.hofmann@nttdata.com)



**Dr. Imad Sanduka** ist als Managing Consultant im Team Systems Engineering innerhalb der Abteilung Digital Enterprise bei NTT DATA. Seine Schwerpunkte sind Technical Leadership in Systems-Engineering-Methoden und Prozessgestaltung mit Schwerpunkt Model-Based Systems Engineering.

[imad.sanduka@nttdata.com](mailto:imad.sanduka@nttdata.com)



**Gerrit Hornickel** ist als Senior Consultant im Team Digital Engineering innerhalb der Abteilung Digital Enterprise bei NTT DATA tätig. Seine Schwerpunkte sind innovative Entwicklungs- und Fertigungsprozesse sowie die interdisziplinäre Organisations- und Prozessgestaltung im Kontext Smart Factory und Industrie 4.0.

[gerrit.hornickel@nttdata.com](mailto:gerrit.hornickel@nttdata.com)



**Abdo Chahin** arbeitet als Senior Consultant im Team Systems Engineering innerhalb der Abteilung Digital Enterprise bei NTT DATA. Zu seinen Schwerpunkten gehören das Model-Based Systems Engineering und Requirements-Management im Automotive-Umfeld.

[abdo.chahin@nttdata.com](mailto:abdo.chahin@nttdata.com)

## 7. Anhang

### Impressum

NTT DATA Deutschland GmbH  
Hans-Döllgast-Straße 26  
80807 München  
Deutschland  
Telefon +49 89 9936 -0  
de.nttdata.com

### Bilder

Seite 1: Mopic/Shutterstock  
Seite 2: ESB Professional/Shutterstock  
Seite 4: Chesky/Shutterstock  
Seite 16: Mikko Lemola/Shutterstock

### Danksagung

- Dr.-Ing. Torsten Gilz, Systems- und Requirements-Engineering, Daimler AG
- Odine Mansury, Manager Industrie Marketing Automotive & Manufacturing
- Niklas Bielmeier, Industrie Marketing Automotive & Manufacturing

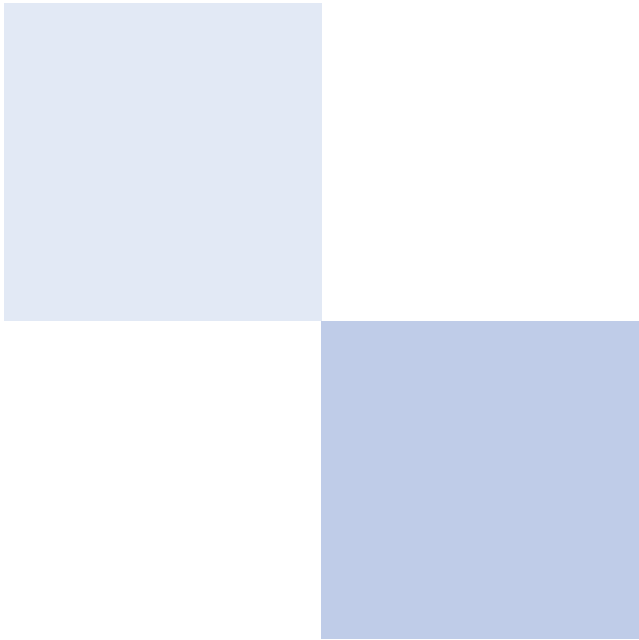
### Über NTT DATA

NTT DATA ist ein führender Anbieter von Business- und IT-Lösungen und globaler Innovationspartner seiner Kunden. Der japanische Konzern mit Hauptsitz in Tokio ist in über 50 Ländern weltweit vertreten.

Der Schwerpunkt liegt auf langfristigen Kundenbeziehungen: Dazu kombiniert NTT DATA globale Präsenz mit lokaler Marktkenntnis und bietet erstklassige, professionelle Dienstleistungen von der Beratung und Systementwicklung bis hin zum Outsourcing.

Weitere Informationen finden Sie auf [de.nttdata.com](http://de.nttdata.com)





NTT DATA Deutschland GmbH  
Hans-Döllgast-Straße 26  
80807 München  
Deutschland  
Telefon +49 89 9936 -0  
de.nttdata.com