

DIGITAL INDUSTRIES SOFTWARE

Entwicklungs-Workflows für autonome Fahrzeuge

Kurzdarstellung

Das vorliegende Dokument gibt einen kurzen Überblick über die Entwicklungs-Workflows autonomer Fahrzeuge in Übereinstimmung mit der aktuellen Gesetzgebung und den einschlägigen Normen. Autonome Fahrzeuge sind sicherheitskritische Systeme, bei denen die Einhaltung klar definierter Workflows während ihrer Entwicklung aus Sicherheitssicht unerlässlich ist, da die Sicherheit durch die Art und Weise gewährleistet wird, wie das System definiert, entworfen, entwickelt und eingesetzt wird. Zunächst erörtern wir den Workflow für die Fahrzeugentwicklung, wobei wir berücksichtigen, dass er im Falle autonomer Fahrzeuge durch den Workflow für die Überwachung und Berichterstattung während des Betriebs fortgesetzt wird. Als nächstes konzentrieren wir uns innerhalb des Fahrzeugentwicklungs-Workflows auf den Softwareentwicklungs-Workflow. Schließlich konzentrieren wir uns innerhalb des Softwareentwicklungs-Workflows auf virtuelles Testen, insbesondere auf szenariobasiertes Testen nach Standards wie ISO 21448 und ISO 34502. Darüber hinaus diskutieren wir die Validität von virtuellen Tests und heben die Relevanz der Bewertung der Glaubwürdigkeit von Simulationen nach der UN-ECE New Assessment and Test Method (NATM) hervor.

Dr. Alexandru Forrai

Inhalt

1. Herausforderungen im Zusammenhang mit der AV-Entwicklung	3
2. Workflow der Fahrzeugentwicklung	4
3. Szenariobasiertes Testen von autonomen Fahrzeuge und szenariobasierte Test-Workflows	8
4. Workflow für die Bewertung der Glaubwürdigkeit von Simulationen	14
Referenzen	15

1. Herausforderungen im Zusammenhang mit der AV-Entwicklung

Die Zukunft des Verkehrs verspricht, das Leben für alle sicherer und mobiler zu machen, mit positiven wirtschaftlichen Ergebnissen. Um dieses Versprechen zu halten, ist es jedoch notwendig, neue Fahrzeuge und jedes Subsystem ihrer Architektur zu testen, zumal die Subsysteme immer intelligenter und komplexer werden.

Die gestiegene Komplexität erfordert eine radikale Änderung der Testmethoden und neue Konzepte für eine umfassende Fahrzeugverifikation und -validierung sowohl in der physischen als auch in der virtuellen Welt, was in neuen Vorschriften erfasst wird.

In diesem Sinne hat die UN-ECE (Wirtschaftskommission der Vereinten Nationen für Europa) im Februar 2021 die New Assessment/Test Method for Automated Driving (NATM)^{1,2} vorgestellt – ein Rahmenwerk, das einen Mehrsäulenansatz für die Sicherheitsvalidierung automatisierter Fahrsysteme einführt (Abbildung 1).

Die mehrstufige Sicherheitsvalidierung automatisierter Fahrzeuge spezifiziert fünf Zertifizierungssäulen, die die Sicherheitsargumentation unterstützen. Zusätzlich zu den drei bekannten Säulen (Streckentest, Tests unter realen Bedingungen und Audit) erwähnt die Verordnung *virtuelle Tests* und *die Überwachung während des Betriebs*

Virtuelle Tests, Streckentests und Tests in der realen Welt sind alle szenariobasiert, daher sehen wir in Abbildung 1 den erwähnten Szenariokatalog. Hiermit weisen wir darauf hin, dass die Szenariokataloge bei virtuellen Tests, Streckentests und realen Tests nicht identisch sind. Mit dem Übergang von virtuellen Tests zu Tests in der realen Welt nimmt die Anzahl der Szenarien ab, und der Realismus der Szenarien nimmt zu. Darüber hinaus stoßen wir bei virtuellen Tests und Streckentests auf eine größere Anzahl kritischer Szenarien als bei Tests in der realen Welt, bei denen kritische Szenarien selten sind.

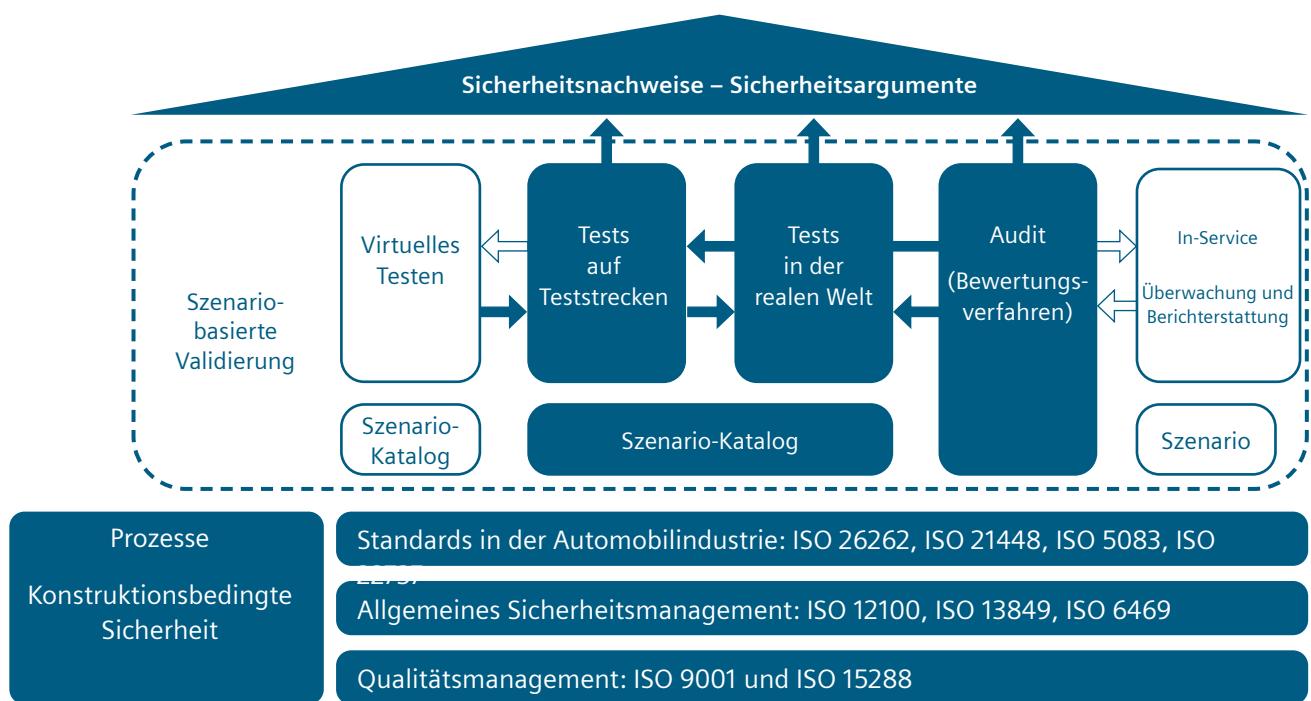


Abbildung 1: Mehrsäulen-Sicherheitsvalidierung automatisierter Fahrsysteme – UN-ECE NATM.

Nach der Bereitstellung werden in der Überwachungs- und Berichtsphase die relevanten Szenarien aufgezeichnet und nach der Szenarioextraktion und Szenarioauswahl in virtuelle Tests, Teststreckentests und Tests in der realen Welt zurückgeführt. Die Erfassung und Extraktion neuer Szenarien ermöglicht die Entdeckung unbekannter unsicherer Szenarien und die kontinuierliche Verbesserung des automatisierten Fahrsystems.

Darüber hinaus ist es wichtig anzumerken, dass die AV-Zertifizierung nach EU-Rechtsvorschriften^{3,4} und UN-ECE NATM implizit – siehe die Säule *In-Service* und *Überwachung und Berichterstattung* – einen Workflow für kontinuierliche Integration und Bereitstellung einführt (Abbildung 2). Ein solcher Workflow für kontinuierliche Integration und Bereitstellung ist aus der Softwarebranche bekannt (siehe *DevOps – Entwicklung und Betrieb*).



Abbildung 2: Kontinuierliche Integration und kontinuierliche Bereitstellung – gemäß UN-ECE NATM.

2. Workflow der Fahrzeugentwicklung

Wenn wir uns die linke Seite des Workflows ansehen, stellen wir fest, dass wir einen Workflow oder Prozess für die Fahrzeugentwicklung haben. In diesem Dokument haben **Workflows oder Prozesse** die gleiche Bedeutung und sind definiert als: **Aktivitäten, die zum Abschließen einer Aufgabe erforderlich sind.**

Wir stellen fest, dass sich der Workflow der Fahrzeugentwicklung gut mit dem ISO 26262-5-Workflow beschreiben lässt, bei dem wir getrennte Prozesse für Systems Engineering, Safety Engineering, Software Engineering und Hardware Engineering haben (Abbildung 3).

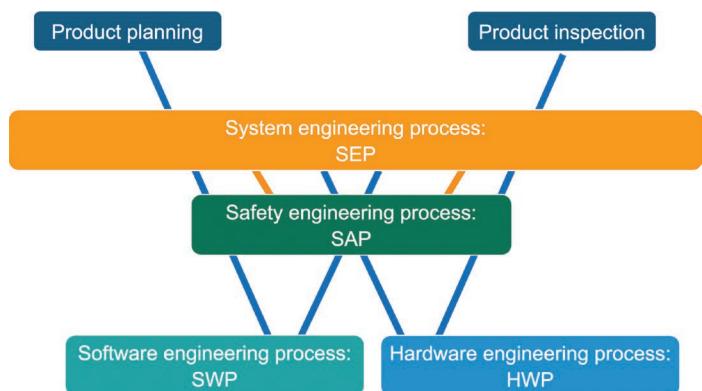


Abbildung 3: Workflows in der Fahrzeugentwicklung nach ISO 26262.

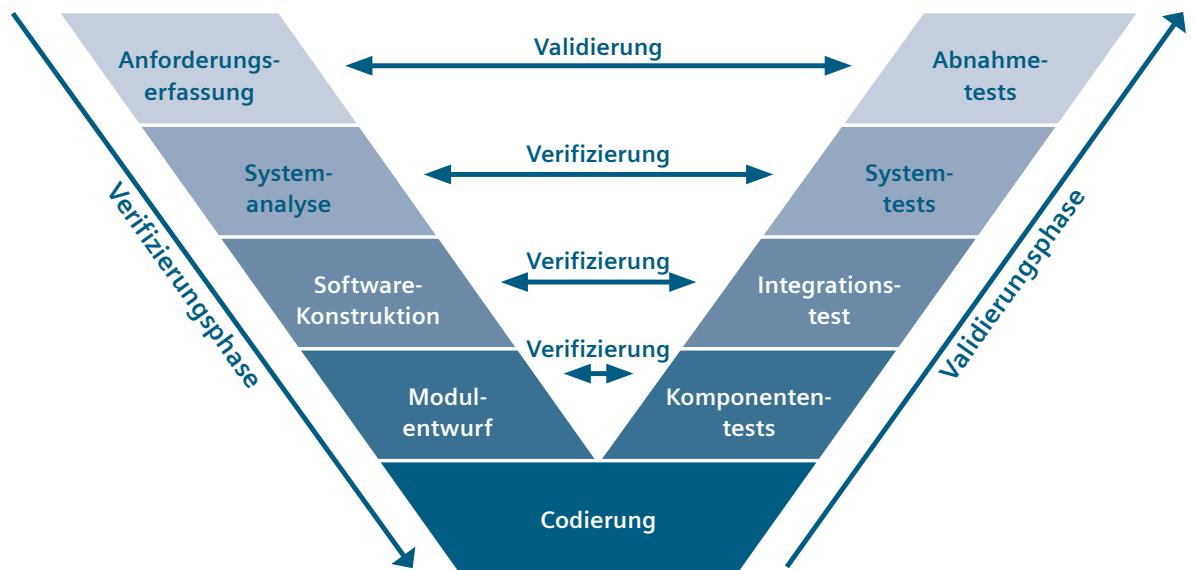


Abbildung 4: Softwareentwicklungs-Workflow nach ISO 26262.

Da unser Fokus auf der Entwicklung des AV-Stacks liegt, werden wir uns hauptsächlich auf den Softwareentwicklungs-Workflow konzentrieren, der nach ISO 26262 wie in Abbildung 4 aussieht und im Falle der sicherheitsgerichteten Softwareentwicklung integraler Bestandteil des Fahrzeugentwicklungs-Workflows ist. Wir werden nicht jeden Schritt des Softwareentwicklungs-Workflows detailliert beschreiben, da er den meisten Lesern bekannt ist.

Wir werden jedoch einige Begriffe klären, die oft für Verwirrung sorgen. In diesem Dokument werden die Verifizierung, Validierung, Zertifizierung und Sicherung wie folgt definiert/beschrieben:

- **Verifizierung:** ist eine Aktivität, die bestimmt, ob ein System die Anforderungen erfüllt, und die folgende Frage beantwortet: „Haben wir das System richtig gebaut?“
- **Validierung:** bewertet, ob das System die Anforderungen der Endbenutzer erfüllt, und beantwortet die Frage: „Haben wir das richtige System gebaut?“ Auf der anderen Seite wird bei der **Modellvalidierung** bewertet, wie gut das Modell die Realität abbildet.
- **Sicherheit:** ist das begründete Vertrauen, dass das System wie beabsichtigt funktioniert.
- **Zertifizierung:** **Bestimmt**, ob ein System einer Reihe von Kriterien oder Standards entspricht.

Virtuelles Testen automatisierter Fahrsysteme

Im Falle autonomer Fahrzeuge hat die wissenschaftliche Gemeinschaft früh erkannt, dass aus wirtschaftlicher, technischer und sicherheitstechnischer Sicht nur reale Tests – mit kilometerbasierter Abdeckung – nicht durchführbar sind.

Einer der Hauptgründe dafür ist, dass es bei Realtests nur sehr selten zu sicherheitsrelevanten Ereignissen kommt. Daher wurde deutlich, dass das virtuelle Testen eine Schlüsselrolle bei der Zertifizierung automatisierter Fahrsysteme spielen wird. Das Ergebnis der virtuellen Tests kann nur dann zur Sicherheitsargumentation beitragen, wenn die Simulationen glaubwürdig sind.

Innerhalb des Softwareentwicklungs-Workflows (Abbildung 4) findet virtuelles Testen bei Integrationstests und Tests auf Systemebene statt. Grundsätzlich ersetzen wir beim virtuellen Testen ein oder mehrere physische Elemente durch ein Simulationsmodell. Bekannte virtuelle Testmethoden in der Software-/Automobilindustrie – unter Berücksichtigung eines modellbasierten Ansatzes – sind MiL, SiL, PiL, HiL usw., wie in Abbildung 5 dargestellt. Da es sich hierbei um bekannte Testmethoden handelt, werden sie hier nicht näher erläutert.

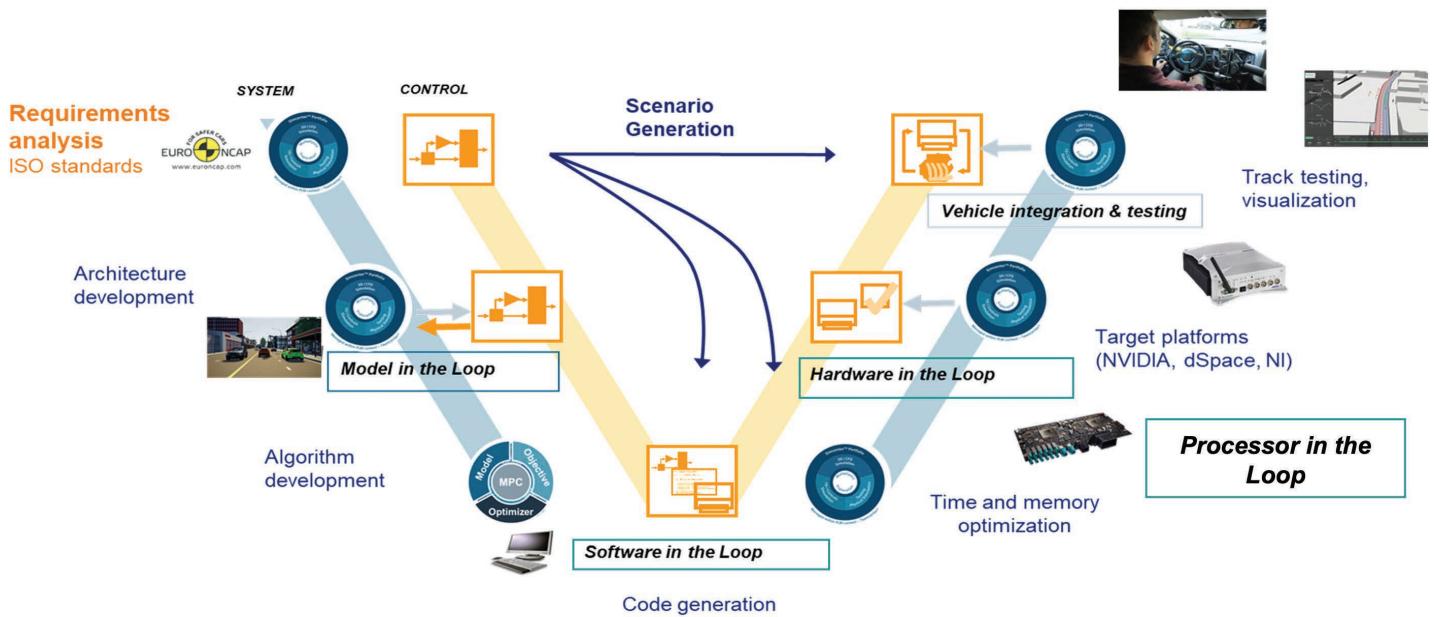


Abbildung 5: Software-Tests X-in-the-Loop.

Beginnend mit Model-in-the-Loop gehen wir durch die Generierung von Code zu Software-in-the-Loop-Tests über, die nicht in Echtzeit durchgeführt werden. Im nächsten Schritt – wie in Abbildung 6 dargestellt – beginnen wir mit der Durchführung von Tests in Echtzeit. Zu diesem Zweck sollen die verwendeten

Modelle so angepasst werden, dass sie in Echtzeit laufen, der generierte Code so modifiziert wird, dass er unter einem Echtzeitbetriebssystem läuft, wenn die Zielhardware nicht verfügbar ist, kann sie virtualisiert und auf einer FPGA-Plattform ausgeführt werden (Pre-Silicon Processor-in-the-Loop Testing).

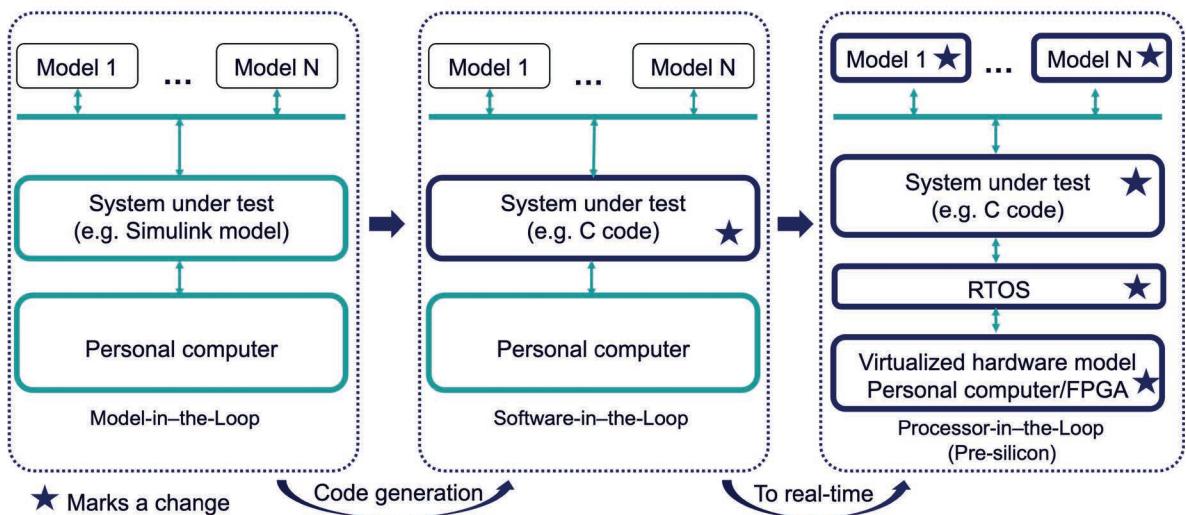


Abbildung 6: Von Model-in-the-Loop zu Processor-in-the-Loop.

In Abbildung 7 zeigen wir, wie wir von Pre-Silicon-Prozessor-in-der-Loop-Tests nach Silizium-Prozessor-in-der-Loop-Tests vorgehen – in diesem Fall könnte das zu testende System auf einem Evaluierungsboard laufen. Abschließend wird das Evaluierungsboard durch das elektronische Steuergerät ersetzt und Hardware-in-the-Loop-Tests durchgeführt.

Darüber hinaus können die Verifikation und Validierung, die sich auf virtuelle Tests konzentrieren, die für automatisierte Fahrsysteme (ADS) verwendet werden, je nach der allgemeinen Validierungsstrategie und der Genauigkeit der zugrunde liegenden Simulationsmodelle unterschiedliche Ziele erreichen. Einige der Ziele könnten sein:

- Qualitatives oder statistisches Vertrauen in die Sicherheit des gesamten Systems.

- Qualitatives oder statistisches Vertrauen in die Leistung bestimmter Subsysteme/Komponenten.

Im Gegensatz zu all seinen potenziellen Vorteilen liegt eine Einschränkung dieses Ansatzes in seiner intrinsisch begrenzten Genauigkeit der Modelle. Da Modelle nur eine grobe Darstellung der Realität liefern können, muss die Eignung eines Modells, die reale Welt zur Validierung der Sicherheit von ADS zufriedenstellend zu ersetzen, sorgfältig bewertet werden.

Eine der etablierten und weithin akzeptierten Testmethoden in der Automobilindustrie ist das szenariobasierte Testen, auf das im nächsten Abschnitt unter Beschreibung des damit verbundene Workflows kurz eingegangen wird.

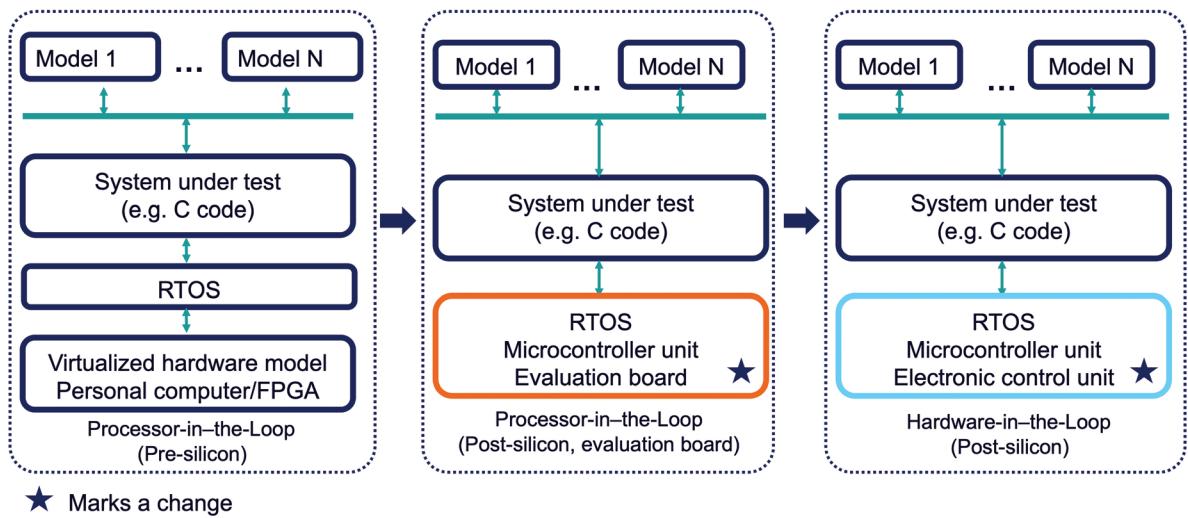


Abbildung 7: Von Processor-in-the-Loop zu Hardware-in-the-Loop.

3. Szenariobasiertes Testen von autonomen Fahrzeuge und szenariobasierte Test-Workflows

In diesem Abschnitt stellen wir zunächst die Schlüsselbegriffe und die Definitionen nach ISO 21448^{6,7} sowie ISO 34502⁸ vor, dann beschreiben wir den szenariobasierten Test-Workflow.

Definitionen:

automatisiertes Fahrsystem (ADS)

Hard- und Software, die gemeinsam in der Lage sind, die gesamte *dynamische Fahraufgabe (DDT)* dauerhaft zu erfüllen, unabhängig davon, ob sie auf eine bestimmte *Operational Design Domain (ODD)* beschränkt ist.

Zu testendes System (SUT)

automatisiertes Fahrsystem (ADS), das mit Testszenarien getestet wird.

Subjekt-Fahrzeug

Ego-Fahrzeug, Host-Fahrzeug, Fahrzeug, das im Test-, Bewertungs- oder Demonstrationsprozess beobachtet wird.

Szenario

Sequenz von Szenen, die in der Regel das/die *automatisierte(n) Fahrsystem(e) (ADS)* bzw. das/die *Subjektfahrzeug(e)* und seine/ihre Interaktionen bei der Ausführung der *dynamischen Fahraufgabe (DDT)* umfassen.

Szene

Momentaufnahme aller *Entitäten*, einschließlich, aber nicht beschränkt auf das *automatisierte Fahrsystem (ADS)*/das *Subjekt-Fahrzeug*, die *Szenerie*, die *dynamische Umgebung* und die *Selbstdarstellungen* aller *Akteure* und *Beobachter* sowie die Beziehungen zwischen diesen *Entitäten*.

Entität

Element von Interesse in einem *Szenario*.

Statische Entität

Entität, die während eines *Szenarios* keine Zustandsänderung(en) erfährt – z. B. ein Verkehrsschild ist eine statische Entität.

Dynamische Entität

Entität, die während eines *Szenarios* Zustandsänderungen erfährt – z. B. eine Ampel ist eine dynamische Entität.

Testszenario

Szenario für die Erprobung und Bewertung *automatisierter Fahrsysteme (ADS)* bzw. *Subjekt-Fahrzeuge*.

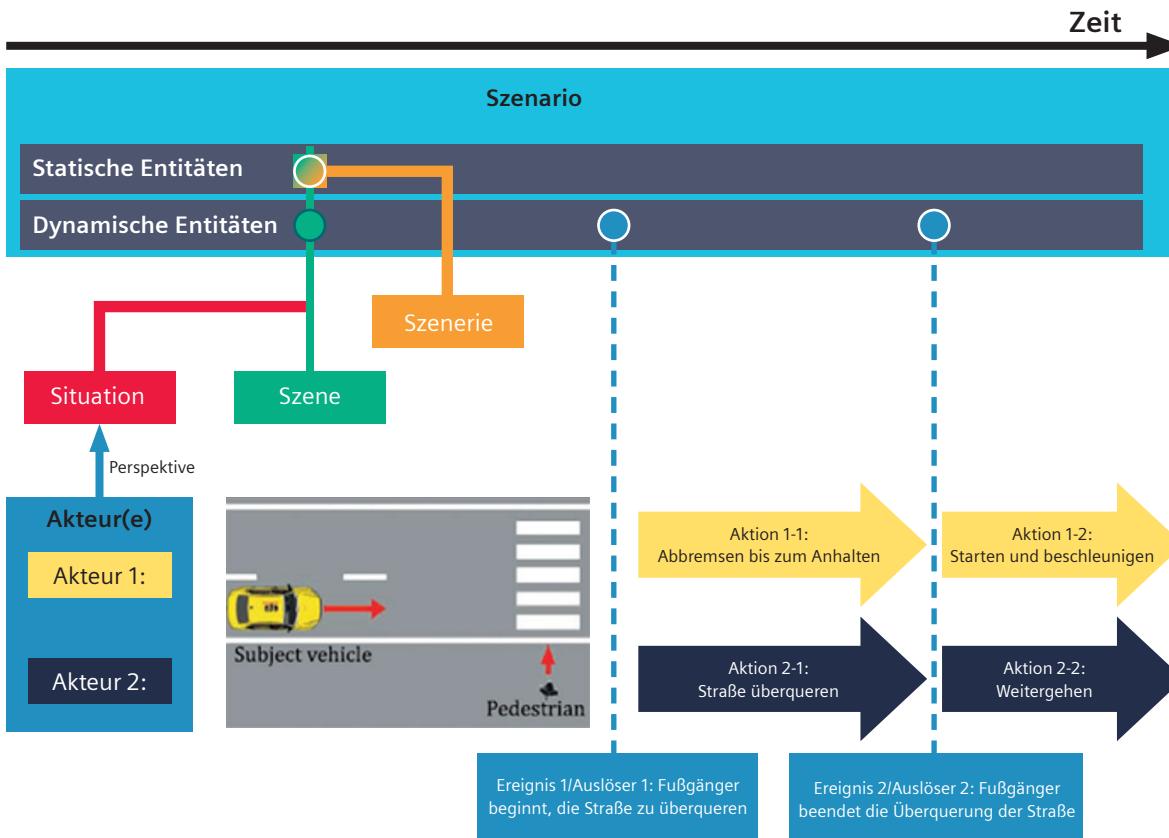


Abbildung 8: Beziehung der relevanten Begriffe eines Szenarios - ISO 34502.

Szenariobasiertes Testen

ist eine Softwaretestaktivität, bei der Testszenarien zur Bewertung von *automatisierten Fahrsystemen (ADS) / Subjektfahrzeugen* verwendet werden.

Die Beziehung zwischen den relevanten Begriffen eines Szenarios ist in Abbildung 8 oben dargestellt.

Nachdem das Konzept des Szenarios und des szenariobasierten Testens klar geworden ist, ist es wichtig, dass wir die Szenarien auf unterschiedliche Weise beschreiben können, wobei die Abstraktionsebene und der Detaillierungsgrad berücksichtigt werden – wie in Abbildung 9 dargestellt. Des Weiteren wird in Abbildung 10 gezeigt, wie diese Szenarien während des Entwicklungsprozesses verwendet werden.

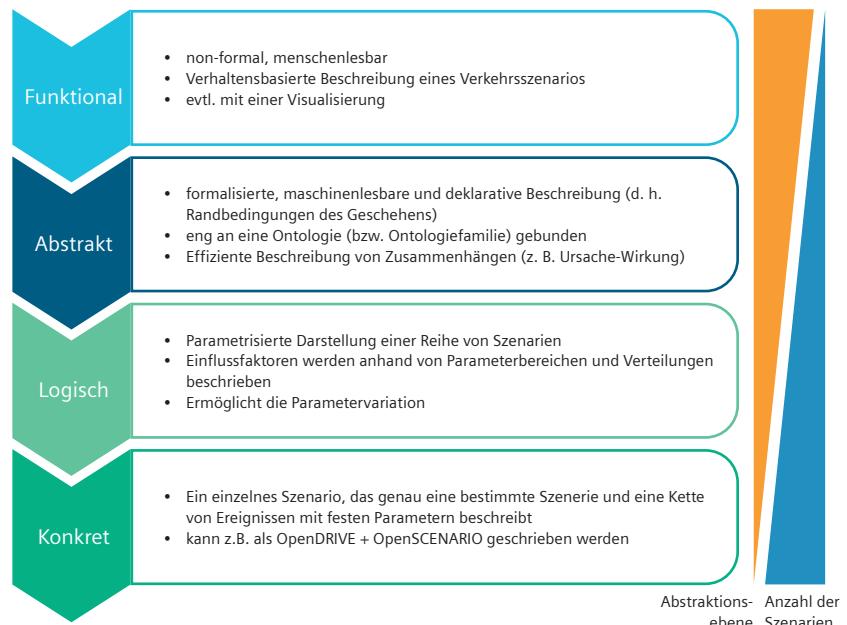


Abbildung 9: Beziehung zwischen funktionalen, abstrakten, logischen und konkreten Szenarien – ISO 34501.

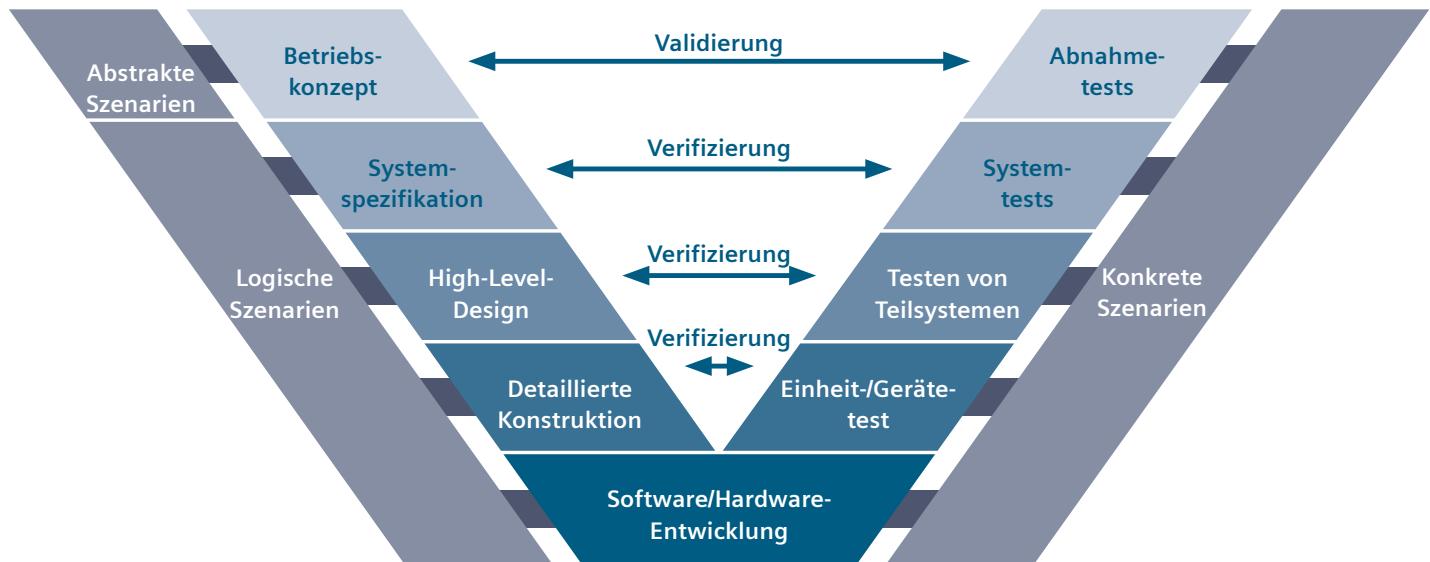


Abbildung 10: Während des Entwicklungsprozesses verwendete Szenarien.

Eines der Hauptziele der ISO 21448 ist die Sicherheitsbewertung des automatisierten Fahrsystems bei eingeschränkter Funktionalität. ISO 21448 definiert einen progressiven Workflow, wie in Abbildung 11 dargestellt, indem der Bereich der bekannten und

sicheren Szenarien (im Szenarioräum) schrittweise vergrößert wird, indem der Bereich der unbekannten und unsicheren Szenarien verringert wird, indem sie zuerst entdeckt und dann – mit geeigneten technischen Maßnahmen – sicher gemacht werden.

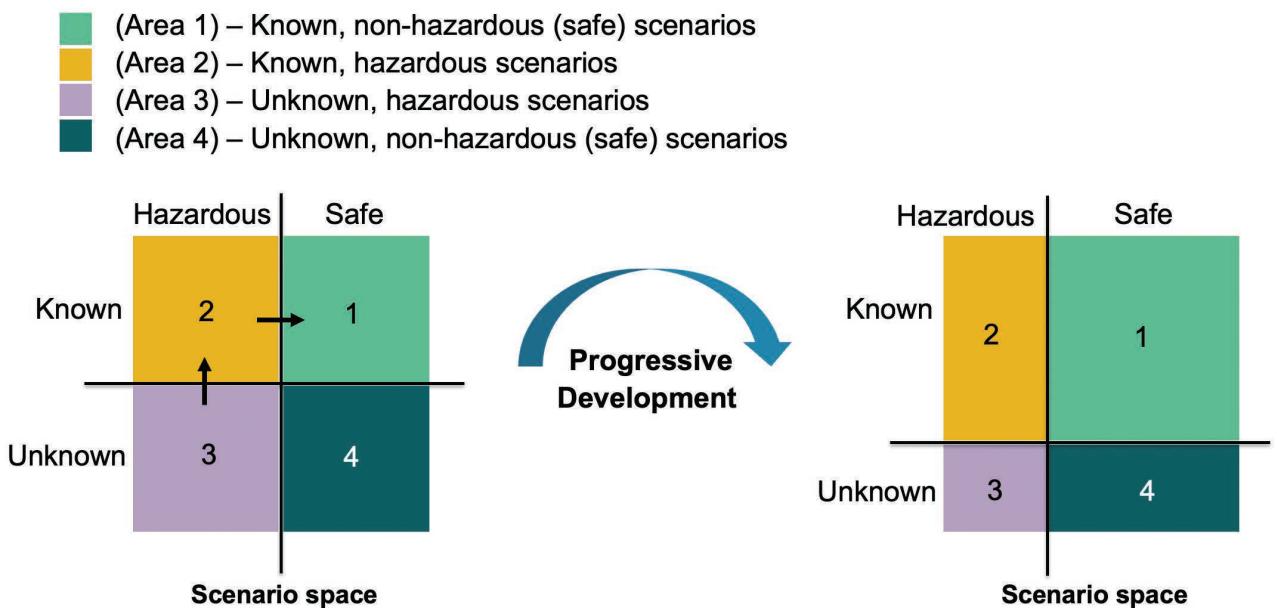


Abbildung 11: Szenariobasierter Test-Workflow nach ISO 21448.

Der detaillierte szenariobasierte Test-Workflow ist in Abbildung 12 gemäß ISO 35402 dargestellt.

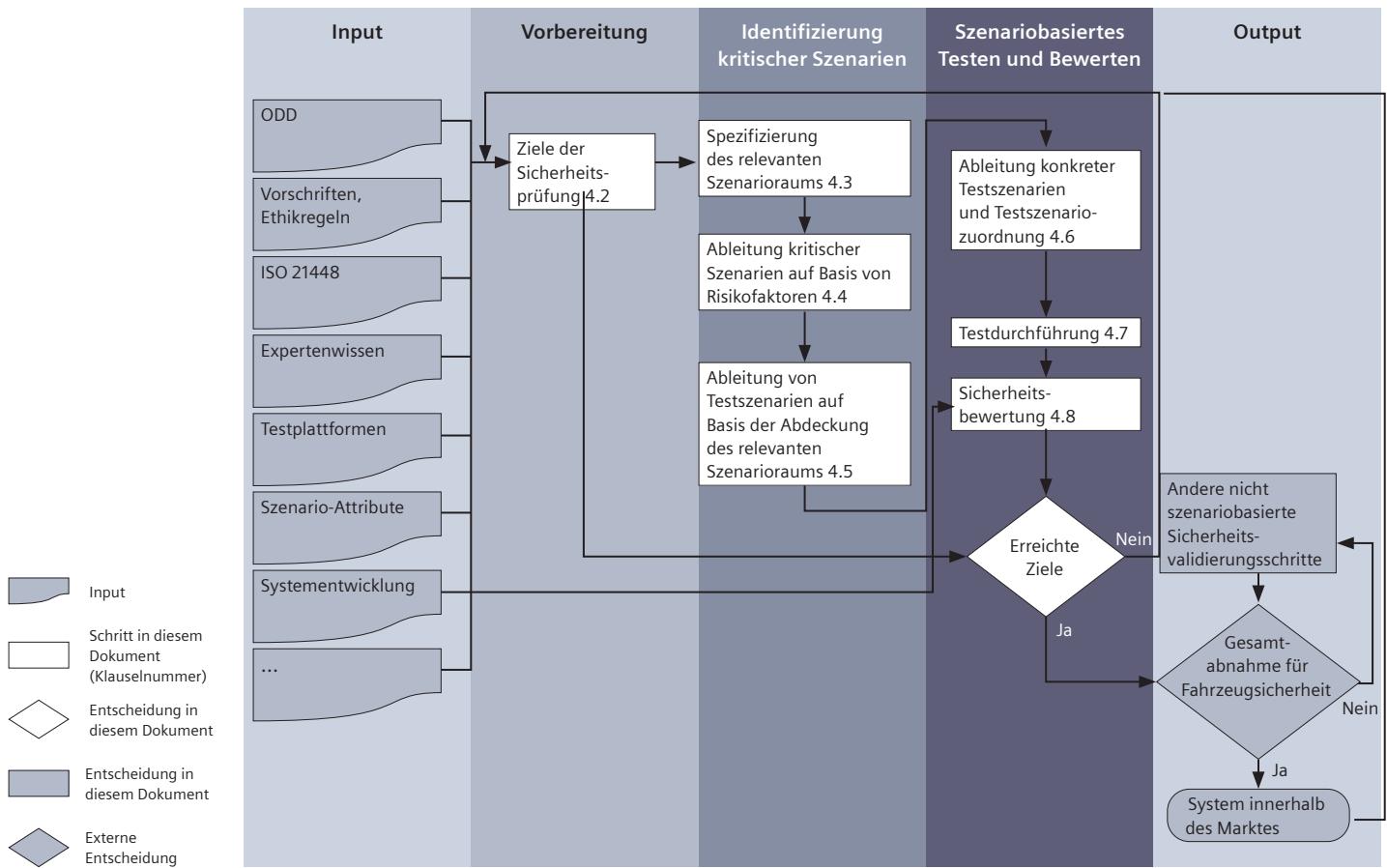


Abbildung 12: Szenariobasierter Test- und Bewertungs-Workflow nach ISO 34502.

Dieser szenariobasierte Test-Workflow ist eng verwandt mit dem in ISO 21448 vorgestellten Workflow und unterstützt diesen, der im Folgenden erläutert wird.

In Abbildung 12 wird in Punkt 4.3 ISO 21448:2022, **Abschnitt 7** (Abbildung 13) spezifiziert, indem vernünftigerweise vorhersehbare Risikofaktoren identifiziert werden, die zu gefährlichen Szenarien führen können. Durch die Strukturierung dieser Risikofaktoren werden kritische Szenarien generiert und zu Testzwecken zu einem Szenariokatalog zusammengestellt. Daher trägt der Ansatz zur Identifizierung und Strukturierung von Risikofaktoren in diesem Dokument dazu bei, die *Abdeckung*

bekannter Gefahrenszenarien in ISO 21448 (SOTIF) zu maximieren. Zum Beispiel könnten solche bekannten Gefährdungsszenarien unter Berücksichtigung von Grenzfällen der Operational Design Domain (ODD)⁹ abgeleitet werden, z. B. wenn das Host-Fahrzeug nachts auf einer Stadtstraße fährt, wenn dichter Nebel herrscht und ein Fußgänger die Straße vor dem Fahrzeug überquert.

In Abbildung 12 trägt Punkt 4.5 dazu bei, ISO 21448:2022, **Abschnitt 9**, (Abbildung 13) zu erfüllen, indem er die konkreten Szenarien, die getestet werden müssen, und die entsprechenden Plattformen definiert, was ein wesentlicher Schritt zur Definition der Verifizierungs- und Validierungsstrategie ist.

Schließlich tragen die Punkte 4.3 bis 4.8 in Abbildung 12 dazu bei, ISO 21448:2022, **Abschnitte 10 und 11** zu erfüllen (Abbildung 13). Durch die Verwendung des bekannten Gefahrenszenarios als zusätzlichen Input für den Sicherheitsbewertungsprozess und die Variation einiger der Eigenschaften/Attribute dieser Szenarien können auch unbekannte Gefahrenszenarien untersucht und *der Platz und die Anzahl unbekannter Szenarien reduziert werden*.

Hinweis: Der szenariobasierte Sicherheitsbewertungsprozess oder Teile davon können neben der Fahrzeugebene auch auf System-, Subsystem- oder Komponentenebene angewendet werden. Entsprechend wird das Verfahren an das entsprechende zu testende ADS angepasst.

Der ISO 21448-Release-Workflow ist in Abbildung 14 als Entscheidungsbaum dargestellt.

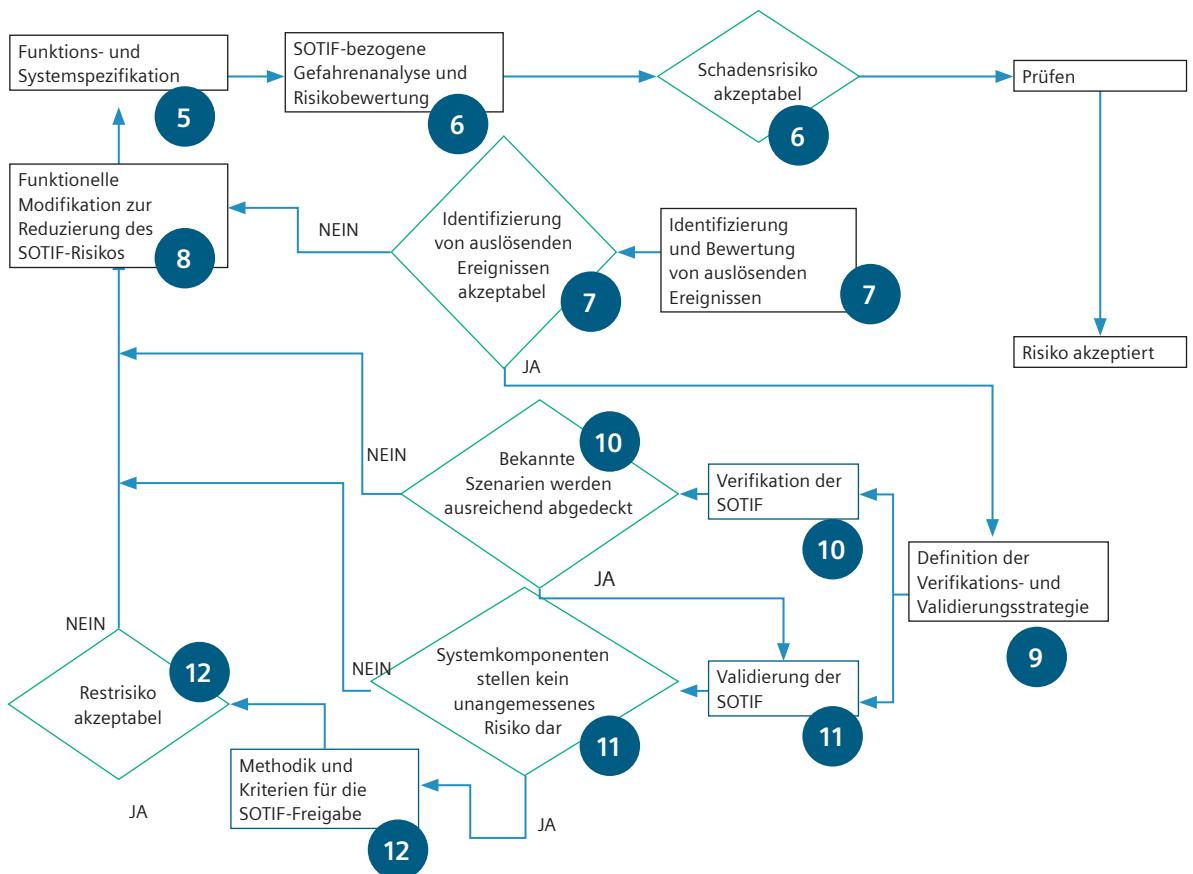


Abbildung 13: Szenariobasierter Test-Workflow – ISO 21448.

- Wurden die **Gefährdungen und Auslösebedingungen der beabsichtigten Funktionalität ausreichend untersucht?**
- Wurden bei der Verifikations- und Validierungsstrategie **alle spezifizierten Szenarien** im Rahmen der vorgesehenen Funktionen berücksichtigt?
- Wird **durch die beabsichtigte Funktionalität bei Bedarf ein minimales Risiko erreicht**, sodass ein Zustand ohne unangemessenes Risiko für die Insassen oder andere Verkehrsteilnehmer gewährleistet ist?
- **Wurde eine ausreichende Verifizierung und Validierung durchgeführt** und die Akzeptanzkriterien erfüllt, um darauf vertrauen zu können, dass das Risiko nicht unangemessen ist?

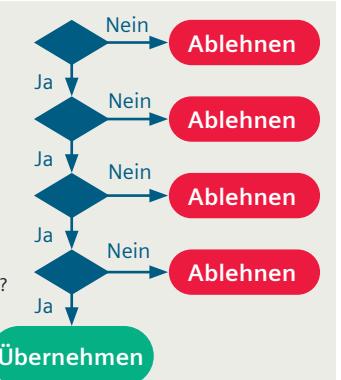


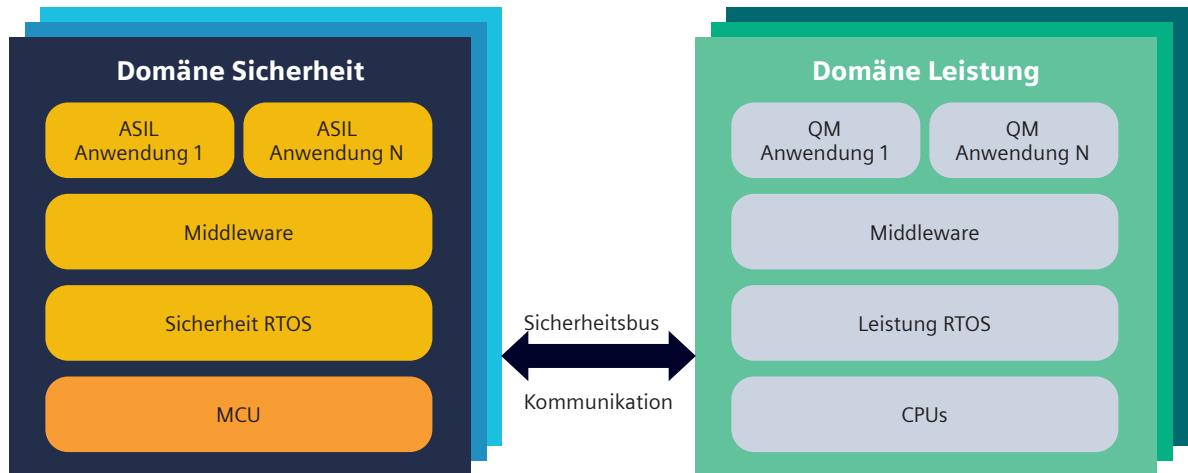
Abbildung 14: Szenariobasiertes Testen – ISO 21448-Release-Workflow.

Bisher haben wir nur den Workflow für die Fahrzeugentwicklung besprochen und uns auf den szenariobasierten Testworkflow konzentriert, der für automatisierte Fahrsysteme angewendet wird. Der *Workflow für die Überwachung und Berichterstellung während des Betriebs* ist zwar relevant, liegt aber außerhalb des Umfangs des aktuellen Dokuments.

Es ist jedoch wichtig zu beachten, dass der *Continuous-Integration- und Continuous-Deployment-Software-Workflow* nicht eins zu eins auf die sicherheitsgerichtete oder sicherheitskritische Softwareentwicklung angewendet werden kann. Der wesentliche Unterschied besteht darin, dass nach der Entwicklung der sicherheitsrelevanten bzw.

sicherheitskritischen Software des ADS – am Ende des *Fahrzeugentwicklungs-Workflows* – die Software von der Behörde (Benannte Stelle) zertifiziert/homologiert werden muss. Erst wenn die Software zertifiziert ist, kann sie eingesetzt werden. Dieser Zwischenschritt – die *Zertifizierung* – der unerlässlich ist und nicht übersprungen werden kann, macht den *Integrations- und Deployment-Workflow* diskontinuierlich.

Darüber hinaus sollten Software-Updates Over-the-Air (OTA) ohne Zertifizierung nur für nicht sicherheitsrelevante Software durchgeführt werden. Daher sind die sicherheitsgerichtete und die nicht sicherheitsrelevante Hard- und Software zu trennen, wie in Abbildung 15 dargestellt.



4. Workflow für die Bewertung der Glaubwürdigkeit von Simulationen

Im letzten Abschnitt dieses Dokuments werden wir kurz auf die Glaubwürdigkeitsbewertung von Simulationen eingehen¹. Wir haben gesehen, dass virtuelle Tests eine der Zertifizierungssäulen sein könnten, was bedeutet, dass der Zertifizierungsprozess auf dem Ergebnis der virtuellen Tests beruht. Da virtuelle Tests auf Modellen basieren, ist es wichtig, die Eignung eines Modells zu bewerten, um die reale Welt während der Sicherheitsvalidierung des automatisierten Fahrsystems zufriedenstellend zu ersetzen.

Daher ist die Glaubwürdigkeit der in Abbildung 16 dargestellten Simulationsmodelle und der Simulationsumgebung zu bewerten, um die Übertragbarkeit und Zuverlässigkeit der Ergebnisse im Vergleich zur realen Leistung zu bestimmen. In Abbildung 16 werden mögliche Siemens-Tools erwähnt, die während des virtuellen Testens verwendet werden, obwohl auch andere Tools verwendet werden können.

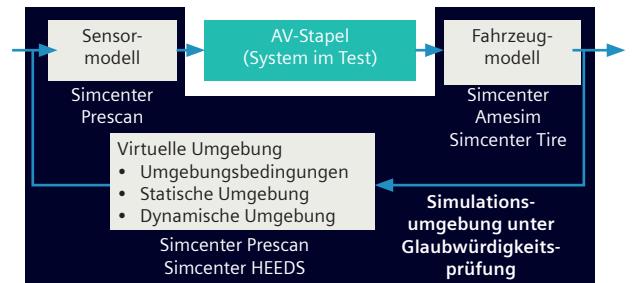


Abbildung 16: Simulationsumgebung unter Glaubwürdigkeitsprüfung.

Neben den Simulationsmodellen und der Simulationsumgebung wird die Glaubwürdigkeitsprüfung auch auf das *Modell- und Simulationsmanagement* ausgeweitet. All diese Aspekte sind in Abbildung 17 dargestellt, die einen simulierten Workflow zur Bewertung der Glaubwürdigkeit gemäß NATM darstellt¹.

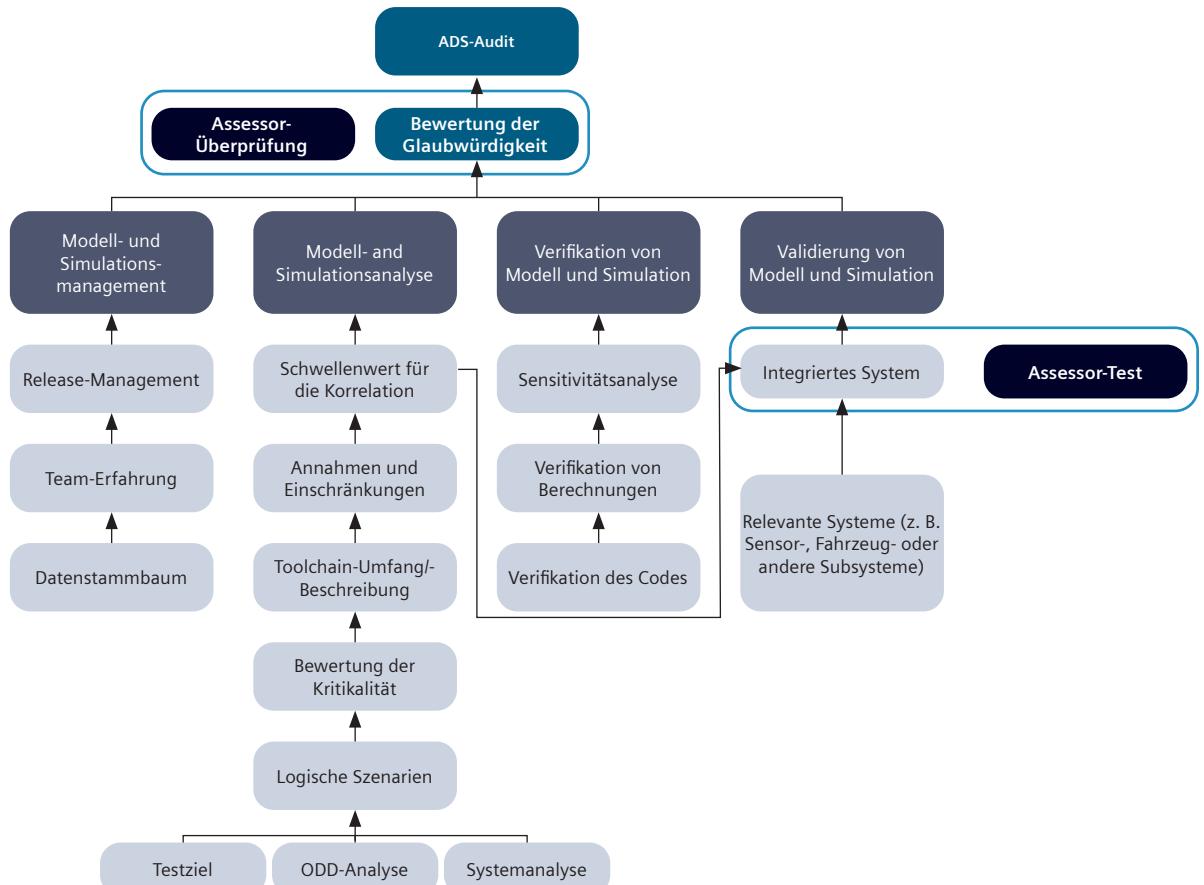


Abbildung 17: Ein möglicher Workflow für die Glaubwürdigkeitsbewertung von Simulationen.

Referenzen

1. UN-ECE (Wirtschaftskommission der Vereinten Nationen für Europa) Die neue Bewertungs-/Prüfmethode für automatisiertes Fahren (NATM), unece.org/sites/default/files/2022-04/ECE-TRANS-WP.29-2022-58.pdf, konsultiert im November 2023.
2. UN-ECE-Leitlinien und -Empfehlungen zu Sicherheitsanforderungen für automatisierte Fahrsysteme [WP.29-187-10e.pdf \(unece.org\)](https://unece.org/WP.29-187-10e.pdf), konsultiert im November 2023.
3. EU-Verordnung (EU) 2019/2144 des Europäischen Parlaments und des Rates, eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019R2144&from=EN, konsultiert im November 2023.
4. EU-2022/1426 – Durchführungsverordnung (EU) 2022/1426 der Kommission, [Amt für Veröffentlichungen \(europa.eu\)](https://europa.eu/rapid/press-release_IP-22-383_en), konsultiert im November 2023.
5. ISO 26262 Straßenfahrzeuge – Funktionale Sicherheit, zweite Ausgabe 2018.
6. ISO 21448 Straßenfahrzeuge – Sicherheit der beabsichtigten Funktion, erste Ausgabe 2022.
7. ISO 22737 Automatisiertes Fahren mit niedriger Geschwindigkeit (LSAD) für vordefinierte Routen, erste Ausgabe 2021.
8. ISO 34502 Straßenfahrzeuge – Testszenarien für automatisierte Fahrsysteme – szenariobasierter Sicherheitsbewertungsrahmen, erste Ausgabe 2022-11.
9. BSI 1883 – Taxonomie der Operational Design Domain (ODD) für ein automatisiertes Fahrsystem (ADS) – Spezifikation, erste Ausgabe, 2020.

Siemens Digital Industries Software

Nord-, Mittel- und Südamerika: 1 800 498 5351

EMEA: 00 800 70002222

Asien-Pazifik: 001 800 03061910

Für weitere Nummern klicken Sie bitte [hier](#).

Siemens Digital Industries Software unterstützt Unternehmen jeder Größe bei der digitalen Transformation mit Software, Hardware und Services der Siemens Xcelerator Business-Plattform. Die Software von Siemens und der umfassende digitale Zwilling ermöglichen es Unternehmen, ihre Entwurfs-, Konstruktions- und Fertigungsprozesse zu optimieren, um die Ideen von heute in nachhaltige Produkte der Zukunft zu verwandeln. Vom Chip bis zum Gesamtsystem, vom Produkt bis zum Prozess, über alle Branchen hinweg. [Siemens Digital Industries Software](#) – Accelerating transformation.