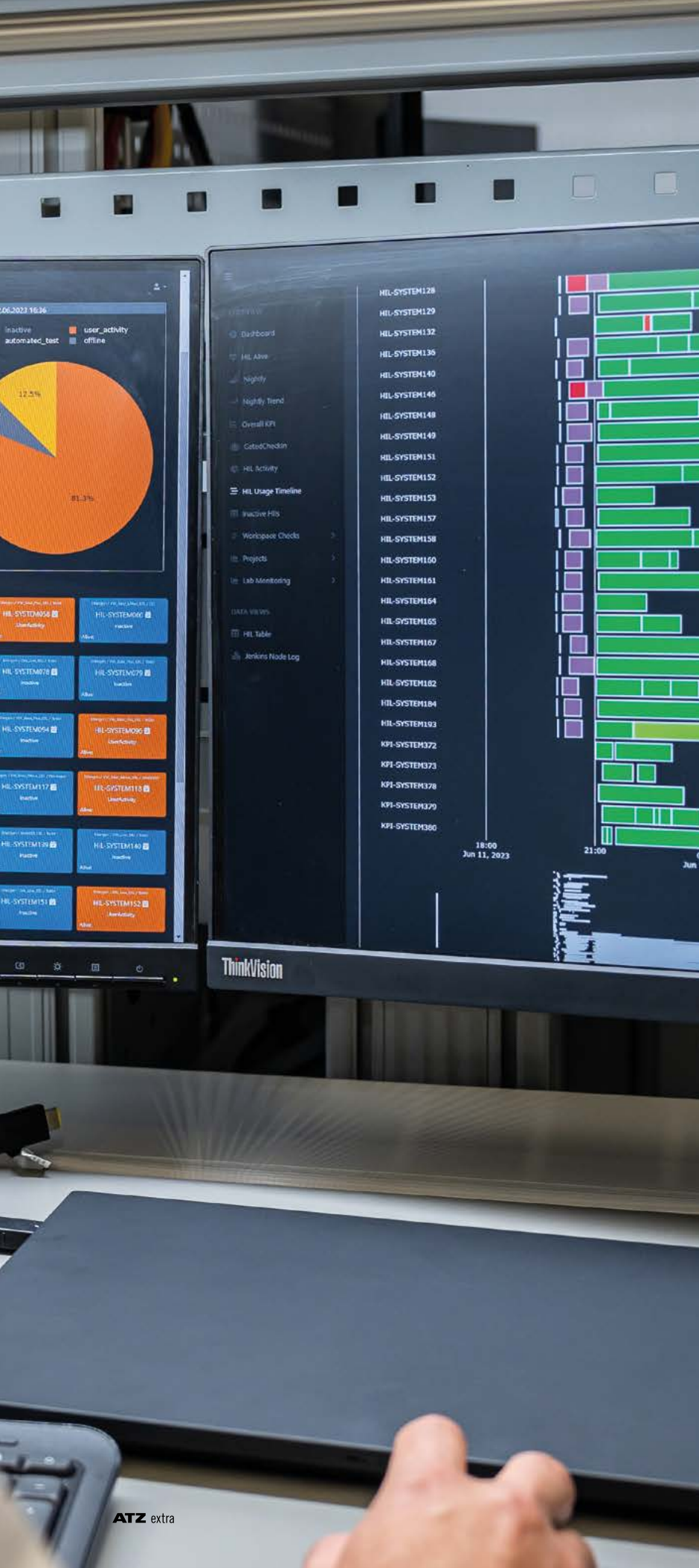




# Kontinuierliche Software- integration und Tests für elektrische Antriebsstränge

Auf dem Weg zur CO<sub>2</sub>-neutralen Mobilität gewinnen innovative Lösungen und Produkte für elektrische Antriebsstränge an Bedeutung. Da die zugrunde liegende Software strenge Anforderungen an Funktions- und Cybersicherheit erfüllen muss, sind kontinuierliche, entwicklungsbegleitende Softwaretests unerlässlich. Das Softwaretestcenter von Valeo ermöglicht dies, indem es den gesamten Testprozess automatisiert und so hohe Softwarequalität bei reduzierten Kosten und kürzerer Markteinführungszeit erreicht.



VERFASST VON



**Harish-Kumar Nibbagandla, B. Eng.**  
ist Softwaretestarchitekt bei der  
Valeo eAutomotive Germany GmbH  
in Erlangen.



**Dipl.-Ing. (FH) Rico Kleist**  
ist Systemingenieur bei der  
tracetrone GmbH in Dresden.



**Eike Heimbach, B. Sc.**  
ist Abteilungsleiter bei der Valeo  
eAutomotive Germany GmbH  
in Erlangen.



**Dipl.-Ing. (Univ.)  
Johannes Weickert**  
ist Global Software Development  
Director – Software Development  
Environment bei der Valeo eAuto-  
motive Germany GmbH in Erlangen.

Die Herausforderung bei der Entwicklung eingebetteter Automobilsoftware (Embedded Automotive Software) für den elektrischen Antriebsstrang liegt darin, dass sie auf die Verfügbarkeit der Hardware angewiesen ist. Bereits kurz nach Bereitstellung der Hardware muss die entwickelte Software lauffähig sein, um Softwaretests realitätsnah durchführen zu können und so frühzeitig wie möglich Fehler erkennen zu können. Das stellt Entwicklungsteams vor die große Herausforderung, trotz enger Zeitpläne qualitativ hochwertige Software bereitzustellen. Um dem gerecht zu werden, muss die Effizienz des Softwaretestprozesses gesteigert werden. Hierfür hat

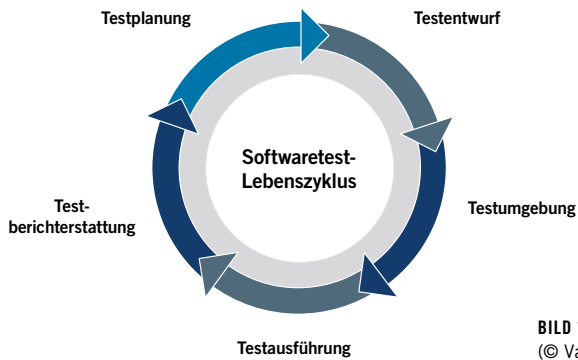


BILD 1 Lebenszyklus von Softwaretests (© Valeo)

Valeo ein modernes Softwaretestcenter entwickelt, das maximale Flexibilität und Skalierbarkeit bei der Softwaretestinfrastruktur bietet. In Kombination mit einem vollständig automatisierten Softwaretestprozess liefert das Unternehmen schnell, effizient und mit hoher Qualität innovative Softwarelösungen für elektrische Antriebsstränge.

**KONTINUITÄT ALS ERFOLGSFAKTOR**

Um dauerhaft funktionierende und qualitativ hochwertige Software für Valeo-Produkte zu gewährleisten, sind kontinuierliche Softwaretests unerlässlich. Kurze Freigabezyklen werden durch eine kosteneffiziente, skalierbare und flexible Softwaretestinfrastruktur ermöglicht, die auch kontinuierliche Integrationen und Tests umfasst. So erhalten alle Beteiligten umgehend Rückmeldung zur Funktionalität. Neu implementierter oder geänderter Code kann sofort

auf verschiedenen Validierungsstufen, einschließlich der finalen Zielhardware, bewertet werden.

Der Softwaretestprozess umfasst dabei alle Aktivitäten des in BILD 1 dargestellten Testlebenszyklus – von der initialen Testplanung und -spezifikation über die Testfallentwicklung und -durchführung bis hin zum umfassenden Reporting und der Integration in das sogenannte Application-Lifecycle-Management(ALM)-System. Die Vorteile dieser Ansätze reichen von der frühzeitigen Erkennung kritischer Probleme in der Entwicklungsphase bis hin zur lückenlosen Validierung der Software – und damit zur Kostenersparnis durch die Vermeidung späterer Fehlerbehebungen.

**SOFTWARETESTINFRASTRUKTUR**

Die Basis des automatisierten Testprozesses bildet eine leistungsfähige, skalierbare und flexible Softwaretestinfrastruktur,

die unter anderem im hauseigenen Rechenzentrum von Valeo in Erlangen betrieben wird. Dort wird eine Vielzahl von Hardware-in-the-Loop(HiL)- und Real-Time-Processor-in-the-Loop(RT-PiL)-Systemen (zusammengefasst als XiL) betrieben. In diesen XiL-Systemen führen dedizierte Echtzeitprozessoren mathematische Modelle aus, die unter anderem die Motordynamik emulieren. Zudem können Fahrzeugsensoren und -aktoren an die XiL-Systeme angeschlossen werden, da diese üblicherweise einen hohen Grad an Nichtlinearität aufweisen. So kann die Software für das finale Produkt getestet werden, ohne dass diese für Tests modifiziert werden muss.

Standardisierte XiL-Systeme, BILD 2, gewährleisten Flexibilität und Skalierbarkeit, die für schnelle Anpassungen nötig sind. So kann Valeo-Produkthardware getauscht werden, ohne die Mess- und Simulationshardware anpassen zu müssen. Um einen Dauerbetrieb der XiL-Systeme sicherzustellen, die weltweit von unterschiedlichen Valeo-Standorten remote verfügbar sind, wird die komplette Infrastruktur kontinuierlich überwacht. Die gesammelten Daten werden genutzt, um potenzielle Probleme frühzeitig zu identifizieren, die Systemstabilität zu gewährleisten und die Effizienz der Systemnutzung zu erhöhen. Zusammen mit den Ergebnissen der Durchläufe der kontinuierlichen Integration (Continuous Integration, CI) und des kontinuierlichen Testens (Continuous Testing, CT) werden diese Daten auf zentralen Echtzeit-Datenanzeigen visualisiert. Das schafft Transparenz für alle Beteiligten und erlaubt jederzeit einen klaren Überblick.

**TESTAUTOMATISIERUNG**

Voraussetzung für CT ist ein Werkzeug zur Implementierung und Ausführung von automatisierten Testfällen. Valeo setzt hierfür bereits seit 2014 das Testautomatisierungswerkzeug `ecu.test` von `tracetronic` ein. Damit können strukturierte, modulare und wiederverwendbare Testfälle mithilfe eines grafischen Editors erstellt werden.

Um die Implementierung von Testabläufen zu vereinfachen, wurde eine umfangreiche Bibliothek wiederverwendbarer Funktionen für den elektrischen Antriebsstrang aufgebaut. Alle zur Testausführung notwendigen Dateien werden in einem abgeschlosse-



BILD 2 Standardisierter, modularer Aufbau der XiL-Systeme (© Valeo)

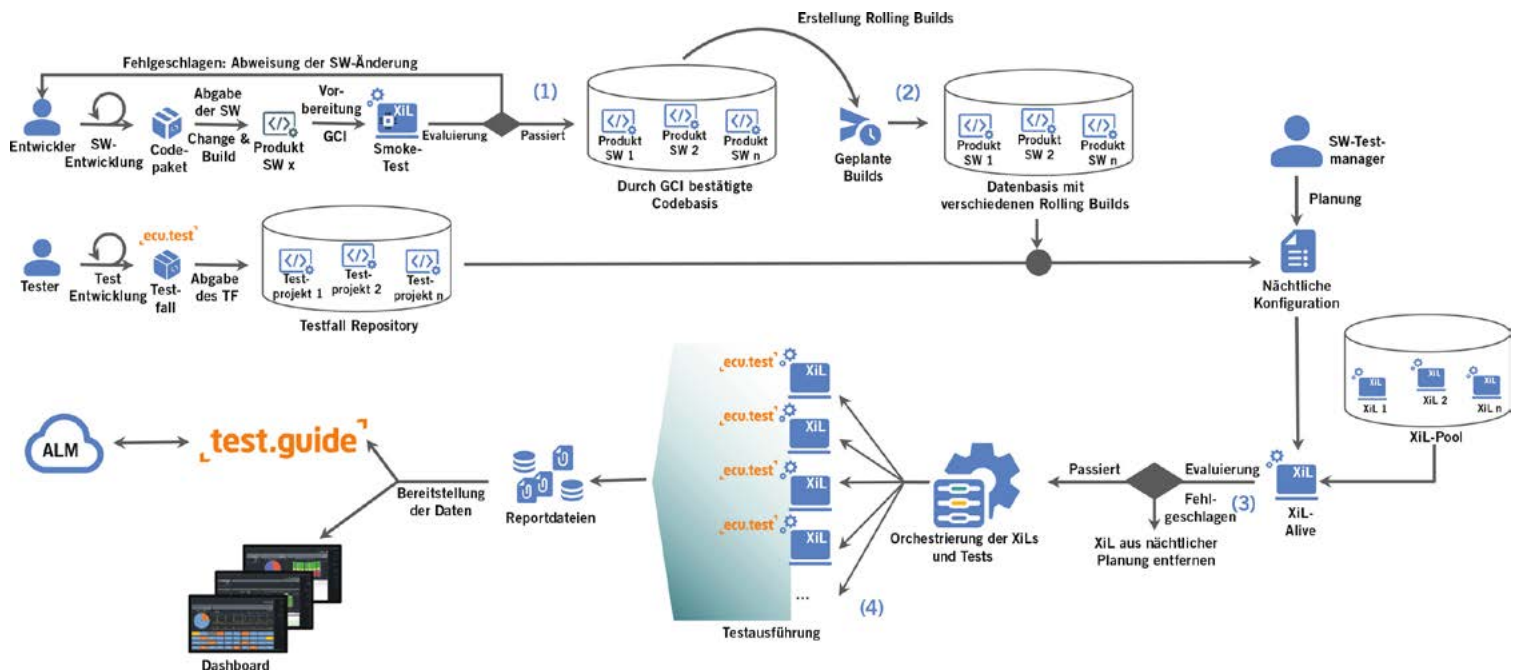


BILD 3 CI/CT-Prozess des Softwaretestcenters von Valeo (© Valeo)

nen Arbeitsbereich bereitgestellt und in einer Quellcodeverwaltung versioniert. Da ecu.test Schnittstellen zu einer Vielzahl von in der Automobilindustrie verbreiteten Softwarewerkzeugen bietet, kann es über alle Kundenprojekte hinweg eingesetzt werden. Im Softwaretestcenter von Valeo wurde ecu.test mit eigenen Skripten erweitert, um kundenspezifische Werkzeuge zu unterstützen und eine umgebungsspezifische Automatisierung zu realisieren. So konnte, neben der eigentlichen Testausführung, auch der gesamte Testeinrichtungsprozess automatisiert werden. Dazu zählen die Vorbereitung der Testumgebung, die Initialisierung von Messwerkzeugen, die Konfiguration des Zielsystems, das Flashen der zu testenden Software und die Verwaltung der Testdaten. Diese umfassende Automatisierung minimiert manuelle Eingriffe, reduziert das Risiko menschlicher Fehler und gewährleistet eine konsistente Testausführung. Der Einsatz von sogenannten Traceanalysen erlaubt darüber hinaus die eingehende Untersuchung des Systemverhaltens während der Testausführung, auch um zeitkritisches Verhalten zu validieren.

Alle erzeugten Testresultate werden automatisch in ein einheitliches Format übernommen und einschließlich der zugehörigen Messdaten zentral für die Weiterverarbeitung abgelegt. Dieses Vor-

gehen gewährleistet die Wiederholbarkeit und Rückverfolgbarkeit von Tests, die für strenge Validierungs- und Zertifizierungsprozesse unerlässlich sind.

### KONTINUIERLICHE INTEGRATION UND KONTINUIERLICHES TESTEN

BILD 3 zeigt den automatisierten Softwaretestprozess von Valeo, der eng mit der CI verzahnt ist und das Rückgrat des CT bildet. Jede Codeänderung löst einen automatischen Build-Prozess aus, gefolgt von einer Reihe automatisierter Tests. Dies beginnt mit statischen Codeanalysen, die einzelne Softwarekomponenten isoliert überprüfen. Anschließend werden für jede Änderung grundlegende Integrationstests zur Ressourcennutzung (Resource Consumption) und sogenannte Smoke-Tests durchgeführt, für die je nach Projektstatus RT-PiL- oder HiL-Systeme herangezogen werden. Erst nach erfolgreichem Durchlauf der Testsequenz wird der Gated Check-in auf dem Branch akzeptiert und mit der Codebase zusammengeführt, BILD 3 (1). Für jedes Projekt werden nachts alle Änderungen des Tages neu gebaut, BILD 3 (2), es entsteht der sogenannte Rolling Build, der die Basis für die nächtlichen automatisierten Tests darstellt. Zur Prüfung der Verlässlichkeit der Testsysteme wird jedes verfügbare XiL-System mit einem qualifi-

zierten Software Build im sogenannten XiL-Alive, BILD 3 (3), auf korrekte Funktionsweise getestet und automatisch für die Testausführung eingeplant. Basierend auf den Änderungen und weiteren Prioritäten des Projekts werden Testsuites und Regressionen auf allen Softwareteststufen, von Unittest über Integrationstest bis zum funktionalen Softwaretest, in der Nacht durchgeführt, BILD 3 (4). Dieser stufenweise Ansatz liefert schnell Rückmeldungen an die Entwickler. Probleme werden so frühzeitig erkannt und behoben, wodurch sich die Kosten und der Aufwand für die Fehlerbehebung im späteren Entwicklungszyklus erheblich reduzieren lassen.

Der Einsatz des Softwaresystems Jenkins als CI-Plattform orchestriert diesen komplexen Prozess und automatisiert den Build, die Testausführung und das Reporting. Die in der Jenkins-Pipeline abgebildete Arbeitslogik verteilt die Tests auf die verfügbaren XiL-Systeme, optimiert die Auslastung und minimiert die Gesamtlaufzeit der Tests. Die CI-Plattform ist vollständig konfigurierbar, sodass die einzelnen Teams die Jenkins-Pipelines an ihre Bedürfnisse anpassen können. Valeo nutzt diese Flexibilität, um sicherzustellen, dass für jedes Projekt der entsprechende Testumfang effizient durchgeführt wird, um kurze Freigabezyklen zu realisieren. Wie in



BILD 4 Qualitätsprüfpunkte im Softwaretestprozess (© Valeo)

**BILD 4** visualisiert, wird die Qualität der Software durch die in den Testprozess integrierten Qualitätsprüfpunkte (Quality Gates) sichergestellt. Dabei wird ein Software-Build nur für die weiteren Prozessschritte freigegeben, wenn vorgegebene Qualitätskriterien erfüllt wurden. Ist dies nicht der Fall, erhalten die jeweiligen Beteiligten eine automatische Rückmeldung.

**TESTMANAGEMENT**

Die Serveranwendung test.guide stellt einen weiteren wichtigen Baustein der entwickelten CI/CT-Lösung dar. So werden alle durch ecu.test erzeugten Testergebnisse einschließlich aller Mess- und Metadaten automatisch nach test.guide hochgeladen und in der zugehörigen Datenbank abgelegt. Mithilfe des Testreportmanagement-Moduls und der damit verbundenen Filtermöglichkeiten lässt sich ein umfassender Überblick über den aktuellen Testfortschritt im jeweiligen Projekt gewinnen. Die Testplanung wird durch automatisch erzeugte Freigaben unterstützt, deren Anforderungen über das vorhandene Interface direkt aus dem genutzten ALM-System importiert werden. So wird ein permanenter Zielabgleich mit der definierten Testabdeckung realisiert. Bei Erreichen einer vollständigen Testabdeckung für einen getesteten Software-Build wird ein finales Release-Ergebnis aggregiert und zur Archivierung in das ALM-System exportiert.

**VORTEILE DES AUTOMATISIERTEN TESTPROZESSES**

Das Erfolgsrezept von Valeo basiert auf einer Kombination aus hochqualitativer,

kundenspezifischer Software, einem umfassenden und automatisierten Testprozess sowie einer flexiblen und skalierbaren Testinfrastruktur. Die Vorteile im Überblick:

- Fokus auf Qualität: Kontinuierliche Tests während des gesamten Entwicklungsprozesses sichern die hohe Qualität der Software und minimieren Fehlerbehebungen im späteren Verlauf.
- Schnelligkeit und Effizienz: Die Automatisierung von Testprozessen, in Kombination mit CI und CT, ermöglicht kürzere Freigabezyklen und effizientes Entwickeln.
- Flexibilität und Skalierbarkeit: Die standardisierte und flexible Testinfrastruktur (HiL, RT-PiL) erlaubt schnelle Anpassungen an unterschiedliche Hardware- und Projektanforderungen.
- Transparenz und Kontrolle: Zentrale Echtzeit-Datenanzeigen und die Integration mit ALM-Systemen gewährleisten die volle Transparenz und Rückverfolgbarkeit von Tests und Testergebnissen.
- Werkzeugunterstützung: Der Einsatz von spezialisierten Softwarewerkzeugen wie ecu.test und test.guide unterstützt die Automatisierung, die Analyse und das Management des Testprozesses.

**ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK**

Der entwickelte Testprozess ist in der Lage, alle Testaktivitäten von der ersten Planung bis zur abschließenden Berichterstattung abzudecken. Valeo setzt dabei auf die Kombination aus flexibler und skalierbarer Softwaretestinfrastruktur,

der Testautomatisierung mit ecu.test sowie auf CI und CT. So kann nicht nur eine hohe Softwarequalität sichergestellt werden, auch die daraus resultierenden kurzen Freigabezyklen sind für den dynamischen Markt der Elektromobilität von entscheidendem Vorteil. Zudem lassen sich dank der standardisierten HiL- und RT-PiL-Systeme Fehler frühzeitig erkennen und beheben, was zusätzlich Kosten und Entwicklungszeit spart. Die zentrale Reportverwaltung und Systemüberwachung durch test.guide gewährleisten Transparenz und Kontrolle über den gesamten Testprozess.

Mit Einführung des vorgestellten Prozesses, kombiniert mit der skalierbaren Softwaretestinfrastruktur, konnte neben der Verkürzung der Entwicklungszeit eine Reduktion der erforderlichen Ressourcen bei gleichzeitiger Erhöhung des Testdurchsatzes realisiert werden. Dies belegt sowohl den Erfolg des entwickelten Ansatzes des kontinuierlichen Testens als auch die gesteigerte Leistung und Qualität der Softwareentwicklung. Dabei soll die Effizienz durch Optimierungen mithilfe des Einsatzes künstlicher Intelligenz zukünftig noch weiter gesteigert werden. Die Entscheidung, Softwareentwicklungsprozesse ganzheitlich zu optimieren, trägt demnach maßgeblich dazu bei, gegenwärtige und zukünftige Herausforderungen in der Branche erfolgreich zu meistern. Die Investition in eine umfassende Testinfrastruktur und die Implementierung eines automatisierten Testprozesses zahlen sich langfristig aus und sichern die Wettbewerbsfähigkeit im Zeitalter der Elektromobilität.

**IMPRESSUM**

Sonderausgabe 2025 in Kooperation mit tracetronic GmbH, Stuttgarter Str. 3, 01189 Dresden; Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, Postfach 1546, 65173 Wiesbaden, Amtsgericht Wiesbaden, HRB 9754, USt-IdNr. DE81148419

**GESCHÄFTSFÜHRER:**

Stefanie Burgmaier | Andreas Funk | Joachim Krieger

**PROJEKTMANAGEMENT:** Anja Trabusch

**TITELBILD:** © photonlampaiphoto | stock.adobe.com