

Integrations-Debt im SDV

KI und Orchestrierung beschleunigen die Umsetzung von SDVs

Fragmentierte Tools und Datensilos verzögern die Entwicklung neuer SDVs. Cloud-native Plattformen können Abhilfe schaffen: Sie verbinden verteilte Organisationen, sparen Personalaufwand, reduzieren Kosten und ermöglichen durchgängige Integrations- und Validierungsprozesse mit transparenten, datenbasierten Entscheidungsgrundlagen.

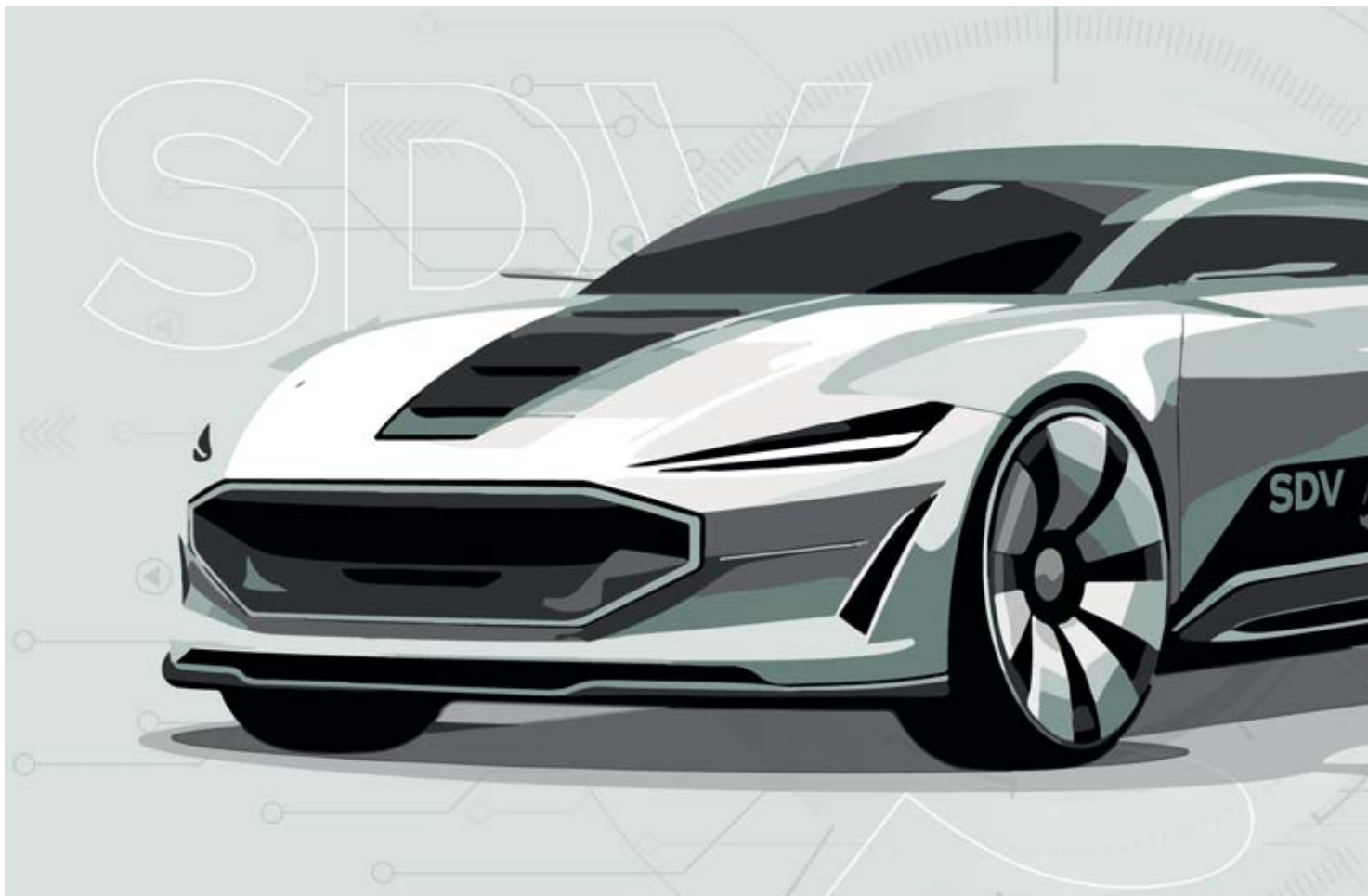
Mit der Transformation hin zum Software-Defined Vehicle geraten klassische Integrations- und Validierungsprozesse unter massiven Druck. Neue Funktionen entstehen in immer kürzeren Iterationszyklen, Testumfänge steigen stark, und Updates werden in engeren Abständen Over-the-Air verteilt. Gleichzeitig bleiben die Anforderungen an funktionale Sicherheit, Cybersecurity und Homologation unverändert hoch.

Für OEMs ergibt sich daraus ein klarer wirtschaftlicher und technischer Zielkonflikt: Integrationskosten müssen spürbar sinken, um wettbewerbsfähig zu bleiben, ohne dass der wachsende Softwareanteil zu Lasten von Qualität, Sicherheit oder Nutzererlebnis geht. Entscheidend ist daher nicht, einfach immer mehr Tests

durchzuführen, sondern Integrations- und Freigabeprozesse so zu gestalten, dass sie effizient skalieren und unter hohem Takt belastbar bleiben.

In der Praxis zeigt sich: Nicht einzelne Teams sind zu langsam, sondern die Übergänge zwischen Organisationen, Domänen, Integrationsstufen und Testumgebungen. Dort entstehen Brüche, Datensilos und manuelle Abstimmungsschleifen, die Zeit kosten und Risiken verschleppen.

Hybrid betreibbare Plattformen wie one:cx adressieren diesen Engpass als Release Control Board für Integration und Validierung. Sie verbinden bestehende Tools, schaffen einen zentralen Daten-Hub und orchestrieren den gesamten Integrations- und Validierungsprozess über alle Testumgebungen sowie über die Integrations-



stufen von Unit und Komponenten über Subsysteme bis hin zum Gesamtsystem. So lassen sich Integrationskosten reduzieren, während Qualität und Nutzererlebnis über reproduzierbare Freigaben systematisch abgesichert werden.

Das Integrationsproblem im SDV-Zeitalter

In SDV-Projekten entsteht häufig ein Widerspruch: Einzelne Teams liefern schnell und wirken lokal effizient, dennoch stockt der Gesamtfluss. Der Grund liegt in den Übergängen zwischen Integrationsstufen. Was auf Unit-Ebene stabil erscheint, verhält sich auf Komponentenebene anders. Was auf Komponentenebene funktioniert, zeigt auf Subsystem-Ebene neue Konflikte. Und auf Systemebene treten Effekte auf, die vorher nicht sichtbar oder nicht eindeutig zuzuordnen waren.

Gründe dafür sind z. B. unterschiedliche Toolketten, separate Datenhaltung, abweichende Konfigurationen oder verteilte Rollen und Verantwortlichkeiten. Diese Problemkette setzt sich mit zunehmender Integration fort, kostet Zeit und gefährdet den SOP.

Die Ursache ist strukturell bedingt, denn jede Testumgebung operiert als isoliertes Silo mit eigener Infrastruktur und Datenhaltung. Ergebnisse müssen aufwändig manuell gesammelt, konsolidiert und bewertet werden, was bei exponentiell steigendem Softwareumfang im SDV kaum noch beherrschbar ist. Daraus entsteht eine sogenannte Integration Debt: Diese Schuld wächst an den Übergängen zwischen Integrationsstufen, Teams,

Domänen und Systemwelten. Also überall dort, wo Ergebnisse nicht durchgängig nachweisbar sind und Softwarequalität nur durch manuelles Aggregieren verteilter Daten ermittelt werden kann.

Von sequenzieller Integration zu kontinuierlichen Prozessen

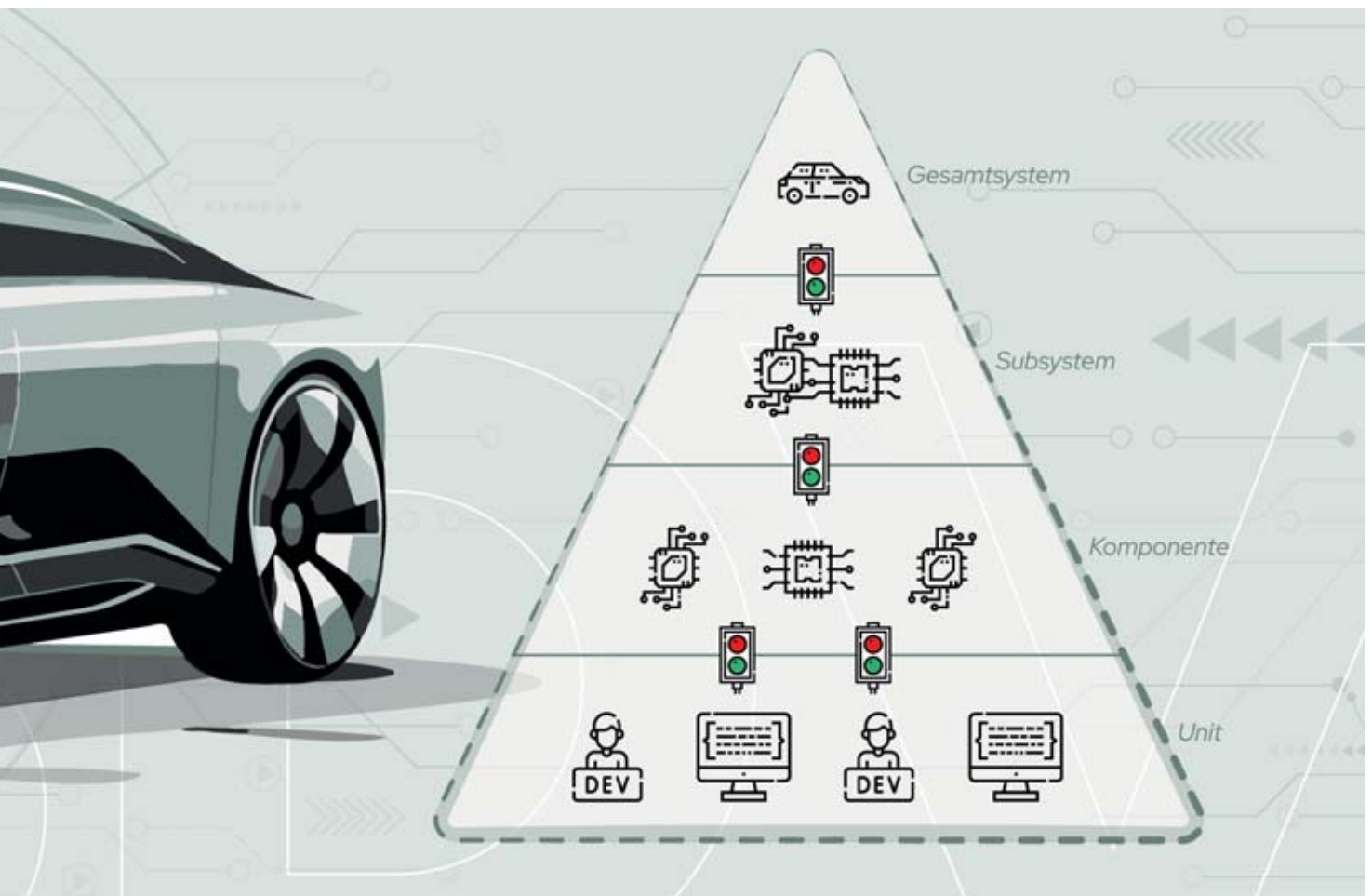
Das klassische V-Modell entwickelt sich durch Continuous Testing (CT) und Continuous Integration (CI) gerade weiter. Doch trotz Shift-Left-Ansätzen bleiben die Probleme bei der Integration bestehen. Die Folgen sind zu spät erkannte Fehler, risikoreiche Releases mit teuren Rückrufaktionen und hoher manueller Aufwand. Um der steigenden Komplexität und Entwicklungsfrequenz bei SDVs gerecht zu werden, braucht es deshalb eine strategische Neuausrichtung mit kontinuierlicher Qualitätssicherung:

Überwinden der Silos: Durchgängige Orchestrierung und zentrale Datenhaltung reduzieren Reibungsverluste zwischen heterogenen Umgebungen (SiL, HiL, ViL) und Domänen.

Wirtschaftlichkeit durch Durchgängigkeit: CI/CD-Pipelines automatisieren den Testprozess. KI-Agenten unterstützen bei Testspezifikationen, Testfällen und Analysen und reduzieren manuelle Aufwände.

Effiziente Ressourcennutzung: Weltweite Testressourcen der Organisation werden automatisiert koordiniert und rund um die Uhr genutzt, um die Auslastung, vor allem auch in der Nacht, zu optimieren.

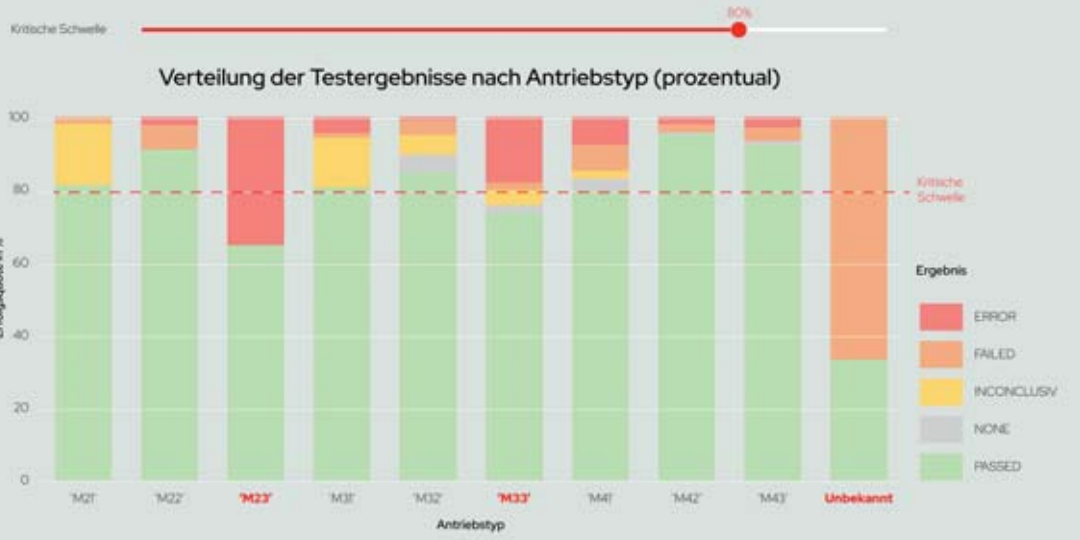
Wie überwinden KI und Orchestrierung die Integrations-Debt in der SDV-Entwicklung und beschleunigen sichere Releases?



Ich brauche alle Testergebnisse nach Antriebstyp aufgeschlüsselt. Stelle sie als gestapelte Balken prozentual dar und sortiere sie alphabetisch. Die kritische Schwelle soll einstellbar sein, Default auf 80%.

Ich erstelle ein gestapeltes Balkendiagramm mit prozentualer Darstellung der Testergebnisse nach Antriebstyp, alphabetisch sortiert mit einstellbarer kritischer Schwelle (Standard: 80%).

data.app agent



Ein KI-gestützter Agent hilft bei der Analyse und Kommunikation des Status und erzeugt auf Basis der vorhandenen Evidenz kontextbezogene Sichten und Visualisierungen per natürlicher Sprache.

Bild: Tracetric

Orchestrierungsplattform statt Tool-Sammlung

In vielen Organisationen existiert bereits ein leistungsfähiges Ökosystem aus CI, Management-Systemen, Testframeworks, HiL-Landschaften und kundenspezifischem Tooling. Was fehlt, ist eine übergeordnete Ebene, die beteiligte Systeme verbindet und steuert. Genau hier setzt one:cx an: Eine Enterprise-Plattform, die Werkzeuge, Infrastrukturen und Workflows organisationsübergreifend integriert und überwacht, Ergebnisse konsolidiert und die Freigabeentscheidungen datenbasiert ermöglicht.

Kernfunktionen von one:cx

- **Prozessautomatisierung:** Die Prozess- und Workflowautomatisierung mit Quality Gates und Flows sorgt für eine durchgängige CI/CD-Pipeline.

- **Single Source of Truth:** Ein zentraler Daten-Hub eliminiert Silos und stellt konsistente Informationen bereit: Testergebnisse und Logs aus SiL-, HiL-, und Fahrzeug-szenarien, Konfigurationen, Anforderungen aus ALM-Systemen, Software-Builds, Versionen, etc. Die Platt-

form schafft so eine vertrauenswürdige Datengrundlage für alle Beteiligten.

- **Cross-Domain Traceability:** Normen wie ISO 26262 oder ASPICE erfordern eine lückenlose Rückverfolgbarkeit. Mit one:cx ist jedes Testergebnis eindeutig einem Szenario, Softwarestand, einer Fahrzeugvariante oder den relevanten Anforderungen zugeordnet. Jede Änderung an jeder Stelle im Prozess wird selbstständig dokumentiert und unterstützt dabei direkt beim Debugging.

- **Integration bestehender Toolandschaften:** One:cx ist für nahtlose Integration konzipiert und nutzt standardisierte Schnittstellen. Bestehende Tools und Lösungen werden nicht ersetzt, sondern angebunden und zentral or-

chestriert: Systeme wie Software-Repositories, Requirements-Tools, Ticketing-Systeme, XiL-Plattformen, sowie kundenspezifische Testframeworks und Prüfstände.

- **Intelligente Testplanung und -ausführung:** Dank vollständiger Testorchestrierung und intelligentem Scheduling werden Tests automatisch auf passende XiL-Systeme, Motorenprüfstände oder bis in die Flotte verteilt und parallel ausgeführt.

- **KI-Agenten:** KI-Services reduzieren den Engpass in der Bewertung und Nachweisführung. Auf Basis der automatisierten Workflows und konsistenten Daten in one:cx unterstützen KI-Agenten bei der Ableitung von Testspezifikationen und Testfällen, clustern und priorisieren Fehlbilder über Releases und Varianten hinweg und erkennen Anomalien sowie instabile Tests. Dadurch werden Review- und Analyseaufwände deutlich verkürzt, während Freigaben weiterhin deterministisch über Quality Gates und Traceability abgesichert bleiben.

Beschleunigte Freigaben

Künstliche Intelligenz entfaltet ihren Mehrwert im SDV-Validierungsprozess dort, wo klassische Automatisierung an ihre Grenzen stößt. Automatisierung liefert konsistente, vorhersehbare Ergebnisse, solange Prozess und Eingangsdaten klar definiert sind. Mit wachsendem SDV-Takt verschiebt sich der Engpass jedoch von der Ausführung zur Bewertung: Tausende Ergebnisse müssen eingeordnet, verdichtet und in eine Freigabeentscheidung übersetzt werden. Genau an dieser Stelle ergänzt KI, ohne den deterministischen Charakter von Quality Gates zu ersetzen.

Quality Gates automatisieren Freigaben

Während KI-gestützte Analysen vor allem den manuellen Bewertungsaufwand einzelner Testergebnisse reduzieren, adressieren Quality Gates die Entscheidungsebene: In der CI/CD-Pipeline werden Freigaben nicht mehr ad hoc oder manuell getroffen, sondern anhand klar definierter und automatisiert geprüfter Kriterien. Mit diesen regelbasierten Freigabeentscheidungen gelangen damit nur Builds mit ausreichender Qualität in nachge-

BORDNETZE
IM AUTOMOBIL

May 5 - 6, 2026, Ludwigsburg

GET YOUR TICKET NOW

10% discount
with Code
PM2026

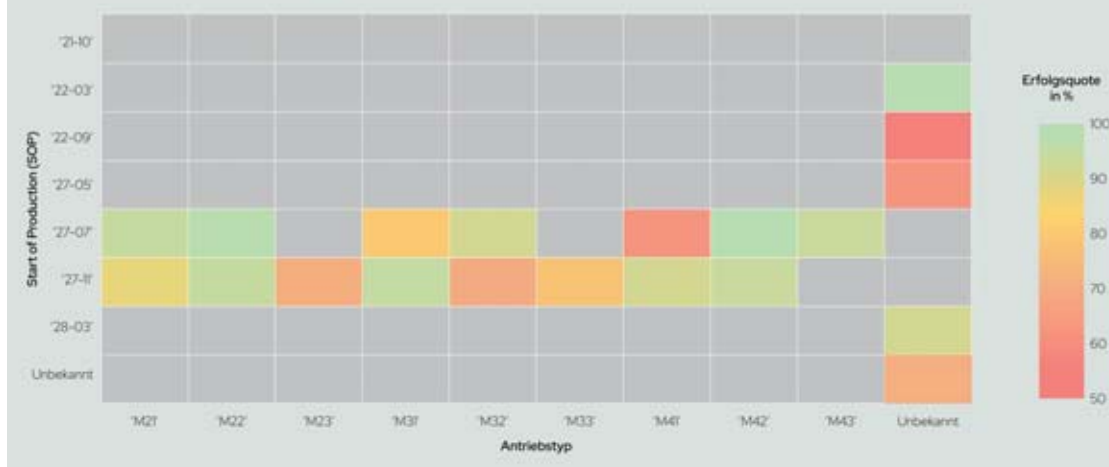
www.bordnetze-kongress.de/

Stelle mir zusätzlich den Bezug zum Start of Production (SOP) dar.
Erstelle dazu eine Heatmap: Testergebnisse nach Antriebstyp und SOP.

data.app^{agent}

Ich erweitere die Darstellung um eine Heatmap, die den Bezug zwischen Antriebstyp und SOP (Start of Production) zeigt.

Heatmap: Testergebnisse nach Antriebstyp und SOP



Testergebnisse lassen sich z. B. nach Antriebstyp aufschlüsseln, Abhängigkeiten als Heatmap darstellen oder Auffälligkeiten gezielt weiter analysieren, ohne dass dafür Spezialwissen in Dashboard- oder BI-Tools erforderlich ist.

Bild: Tracetronic

lagerte Stufen wie Integrations-, Verbundtests oder Fahrversuch. Kernkonzept sind Quality-Gate-Pläne. Sie beschreiben den Freigabeprozess über mehrere Stufen hinweg und legen fest, welche Bedingungen ein Build in welcher Phase erfüllen muss. Die Plattform prüft diese Bedingungen automatisiert und visualisiert den aktuellen Status.

Blockiert ein Gate, weil ein Kriterium nicht erfüllt ist, wird dieser Zustand sofort sichtbar und in nachfolgende Stufen propagiert. Weitere Tests werden erst ausgeführt, wenn die Stufe davor die notwendige Qualität bestätigt hat. So werden zum einen Testressourcen gezielt eingesetzt und Probleme früh erkannt, bevor sie auf Subsystem- oder Gesamtsystem-Ebene eskalieren. Quality Gates sind dabei kein starres Steuerungsinstrument, sondern decken die dynamischen Anforderungen ab, jederzeit die notwendige Reife des Builds einzufordern, ohne bei bekannten oder noch anvisierten Baustellen alle weiteren Schritte zu blockieren.

KI verdichtet Evidenz und fokussiert Reviews

Mit steigender Testautomatisierung verschiebt sich der Engpass in die Auswertung. Nicht die Ausführung selbst ist knapp, sondern die Zeit der jeweiligen Experten, tausende Ergebnisse zu sichten, zuzuordnen und zu priorisieren. KI- und Machine-Learning-Services übernehmen die erste, datenbasierte Verdichtung und liefern eine belastbare Vorstrukturierung für die Review-Entscheidung:

- Fehlgeschlagene Tests werden über Releases, Varianten und Integrationsstufen hinweg mit historischen Fehlerbildern abgeglichen und zu Mustern gruppiert.
 - Logs und Signale werden auf Anomalien und wiederkehrende Fehlermuster analysiert.
 - Korrelationen zwischen Fehlern und Rahmenbedingungen wie Konfiguration, Lastprofil oder Zeitfenster werden sichtbar gemacht.
 - Instabile Tests werden erkannt und separat behandelt, damit sie Freigabeentscheidungen nicht verfälschen.
- Der praktische Effekt ist ein Wechsel von flächendeckender Sichtung zu gezielter Priorisierung: Reviews

beginnen nicht mehr bei einer langen Liste roter Tests, sondern bei wenigen, klar abgegrenzten Problemclustern mit hoher Freigaberelevanz. Aggregierte Fehlermuster und deren Beziehungen werden dargestellt. Teams sehen auf einen Blick, welche Cluster dominant sind, wie sie zusammenhängen und wo sich die Analyse lohnt. Dadurch sinkt der Aufwand für unnötige Wiederholungen, Ursachenanalysen werden präziser, und Freigaben werden schneller vorbereitet, weil Evidenz bereits strukturiert und nachvollziehbar verdichtet vorliegt. Die finale Entscheidung bleibt beim Menschen, wird aber durch klare Muster, Prioritäten und Kontext deutlich erleichtert.

Dashboards und KPI

In vielen Entwicklungsorganisationen fehlt eine einheitliche, verlässliche Sicht auf den aktuellen Integrations- und Qualitätsstatus. Die Frage nach dem Stand wird dann über Exporte, manuelle Auswertungen und Meetings beantwortet. Das kostet nicht nur Zeit, sondern erzeugt auch Interpretationsspielräume und ist im SDV-Takt häufig schon veraltet, sobald die Analyse steht, weil täglich hunderte Commits, Builds und Testergebnisse hinzukommen.

Die hybrid betreibbare Plattform one:cx schafft hier eine gemeinsame, jederzeit aktuelle Datengrundlage, die nicht pro Tool oder Team, sondern entlang des Release-Flows konsolidiert ist.

Rollenbasierte Echtzeit-Dashboards machen den Status sowohl messbar als auch vergleichbar. Ergänzend dazu hilft ein KI-gestützter Agent bei der Analyse und Kommunikation des Status. Statt neue Reporting-Silos zu schaffen, erzeugt er auf Basis der vorhandenen Evidenz kontextbezogene Sichten und Visualisierungen per natürlicher Sprache. So wird aus Datenverfügbarkeit operative Entscheidungsfähigkeit, mit konsistenten Key Performance Indicators (KPIs) für Engineering und einer belastbaren Management-Sicht auf Reifegrad, Risiken und Freigabefähigkeit. (na/bs)

■ Autor: Jan Georges, Business Development Solution Lead bei Tracetronic