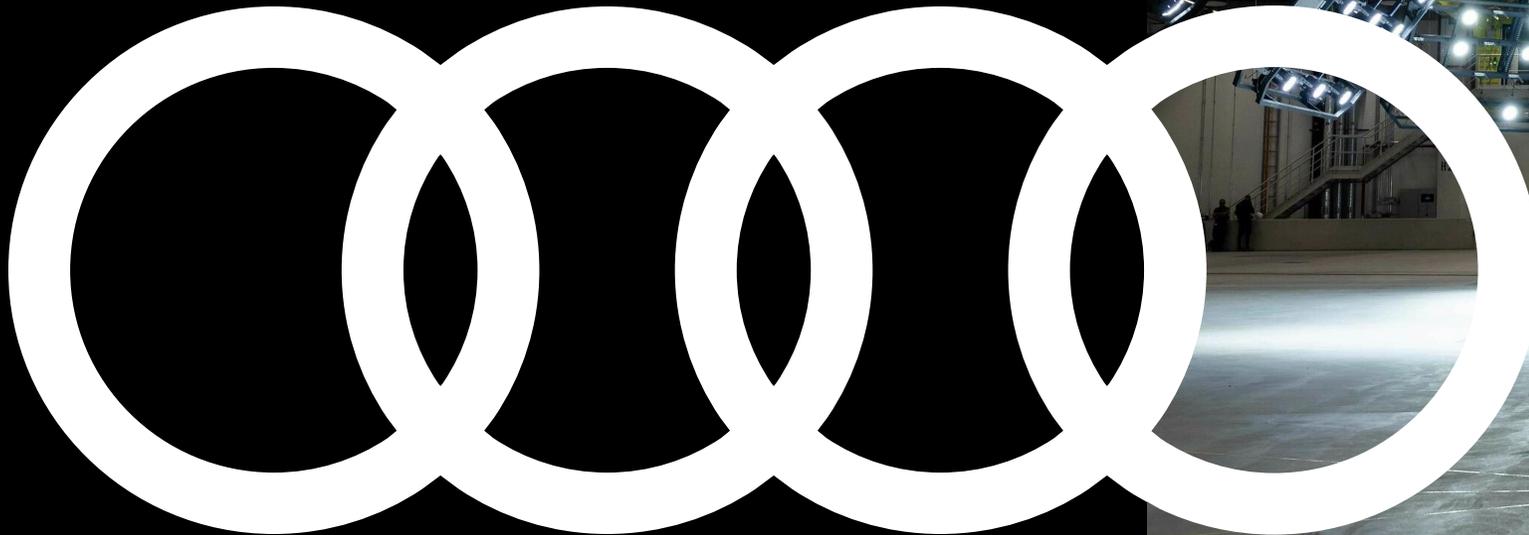


Systems Engineering im Bereich Fahrzeugsicherheit der AUDI AG: Von digitaler Zettelwirtschaft zu digitaler Transparenz

Baden-Baden | 19.11.2024

M. Van den Hove (Audi AG), P. - P. Mueller (Audi AG),
M. Liebscher (SCALE GmbH)





Agenda

01

Motivation

Motivation für Systems-Engineering in Kombination mit digitaler Datenverarbeitung

02

Systemverbund

Überblick über IT-Landschaft und Schnittstellen im Fachbereich

03

Methode

Maschinelle Verarbeitung von Daten ermöglichen

04

Digitaler Transparenz visualisieren

Anwendung ReLex und SCALE.sdm in Action

05

Zusammenfassung und Ausblick

Digitale Transparenz erreicht



Motivation für Systems-Engineering in Kombination mit digitaler Datenverarbeitung

Stakeholder Anforderungen:

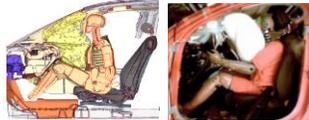
- Gesetzlich
- Verbraucherschutz
- Intern

System



Anforderungen

Sub-System



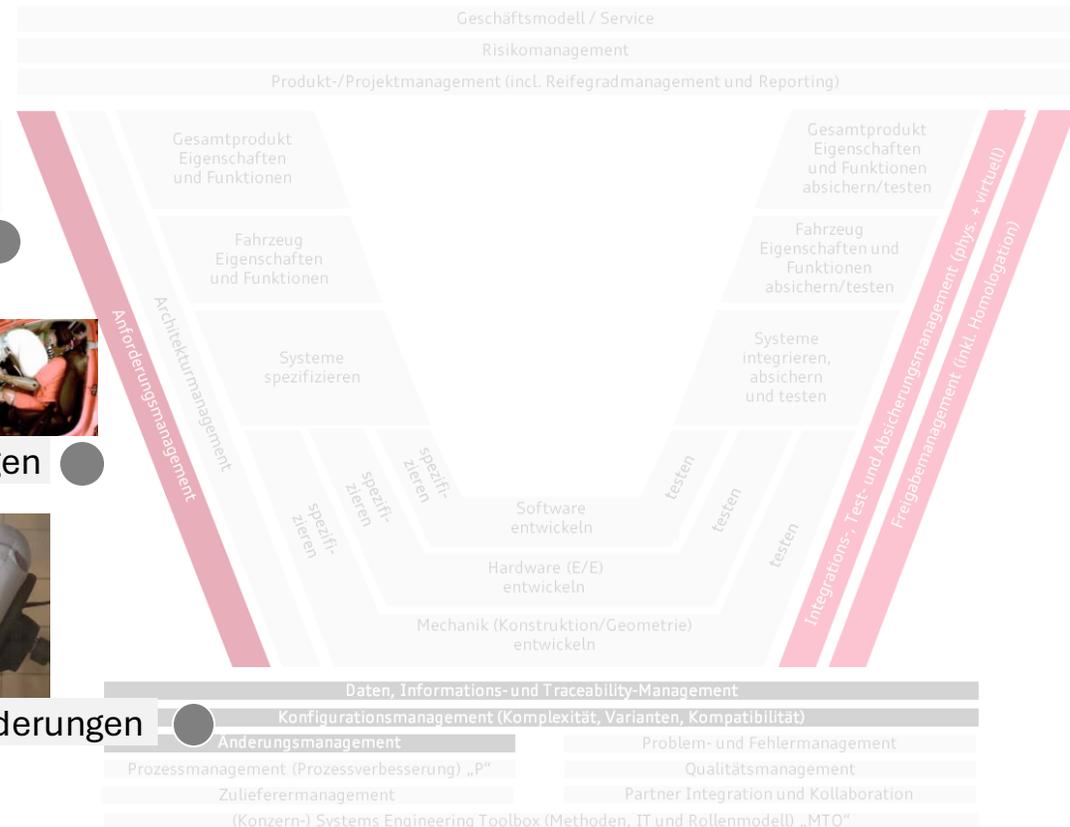
Anforderungen

Komponent



Anforderungen

Ableitung





Motivation für Systems-Engineering in Kombination mit digitaler Datenverarbeitung

Stakeholder Anforderungen:

- Gesetzlich
- Verbraucherschutz
- Intern

✓ Stakeholder Anforderungen:

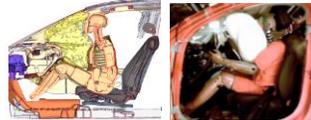
- Gesetzlich
- Verbraucherschutz
- Intern

System



Anforderungen

Sub-System



Anforderungen

Komponent



Anforderungen



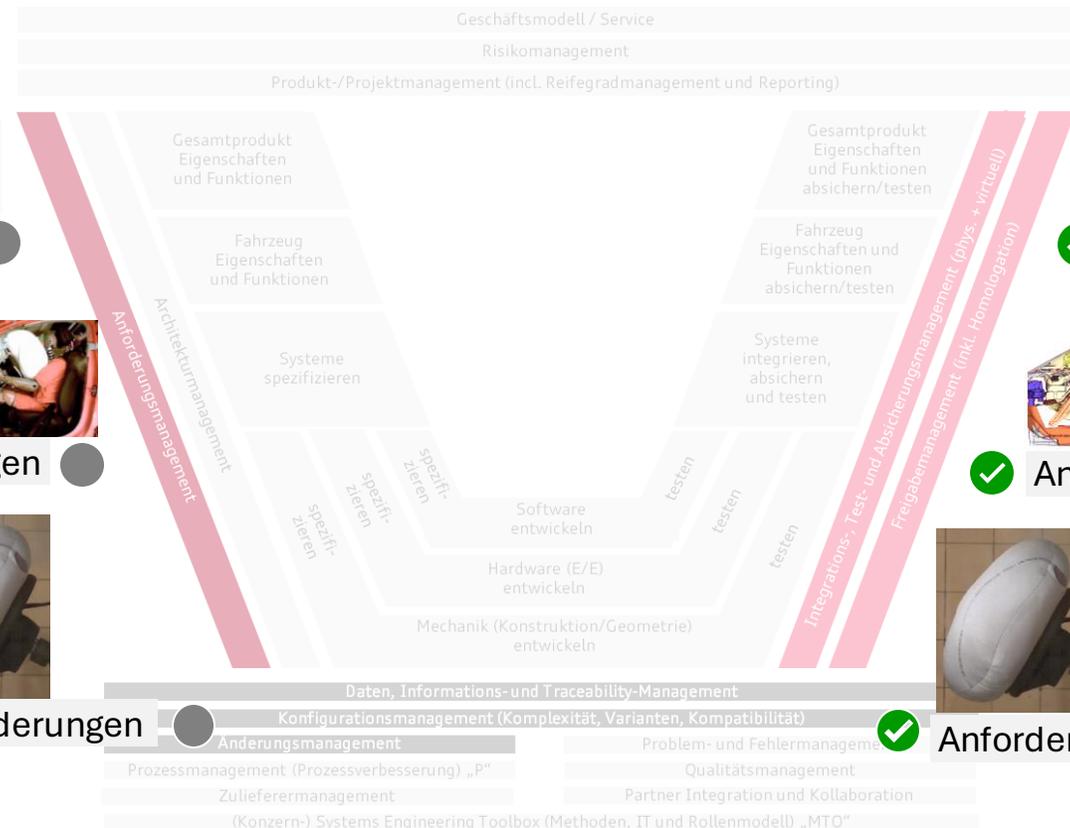
✓ Anforderungen



✓ Anforderungen



✓ Anforderungen



Ableitung

Verifikation & Validierung



Methode: Durchgängige Anforderung (Traceability im Systemverbund)

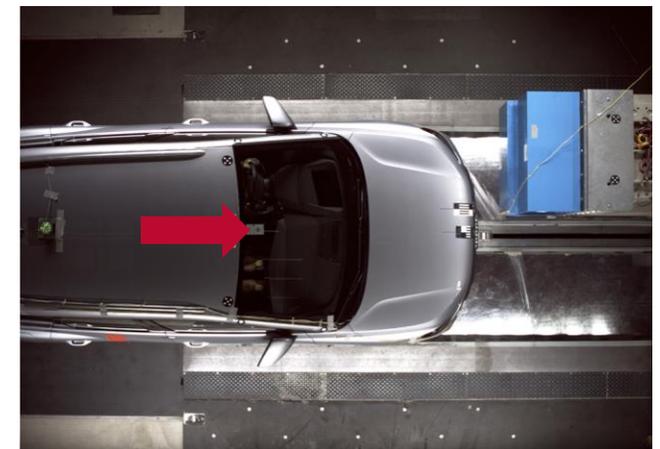
› Methode:

- Erfassung der Anforderungen zusammen mit der Verifikationsspezifikation, so dass diese digital verarbeitbar werden (zerlegt in einzelne Merkmale)
- Bei der Verifikation können die Test-Ergebnisse automatisiert den Anforderungen zugeordnet und bewertet werden

Anforderung: Gurtschlossöffnungskraft nach Versuch < 60N.		
Merkmale		
TYP	Name	WERT
Stakeholder	Richtline Protokol Version	ECE-R_94_02(Final-2016-06)
Testkriterien	Barriere	ODB
Testkriterien	Aufprallwinkel	0°
Testkriterien	Fahrzeuggeschwindigkeit	56 km/h -0/+1 km/h
Komponente	Komponente	Gurtschloss
Zielgröße	Gurtschlossöffnungskraft	<60 N

Anforderung erfassen

Verifikation durchführen

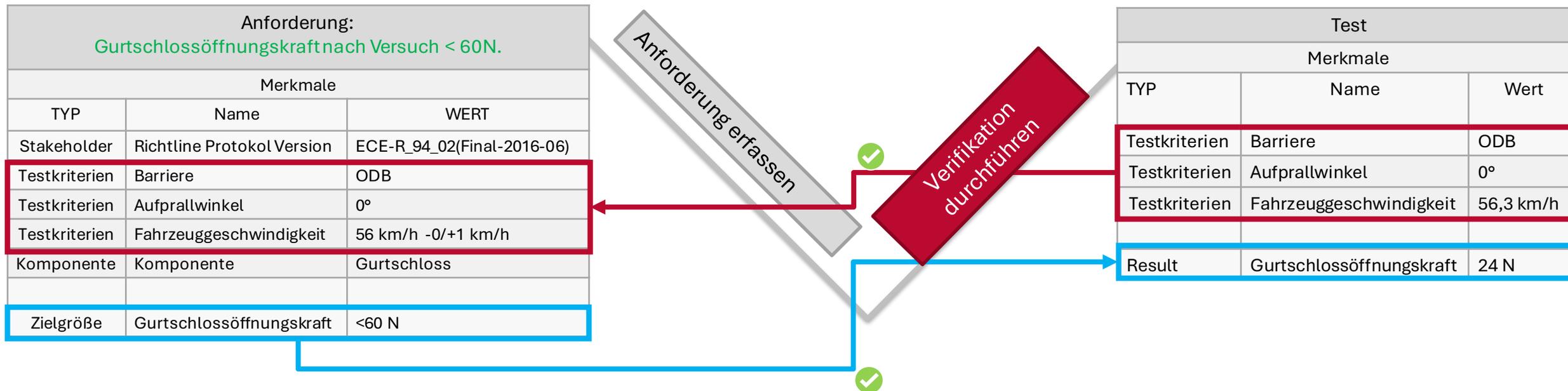




Methode: Durchgängige Anforderung (Traceability im Systemverbund)

› Methode:

- Erfassung der Anforderungen zusammen mit der Verifikationsspezifikation, so dass diese digital verarbeitbar werden (zerlegt in einzelne Merkmale)
- Bei der Verifikation können die Test-Ergebnisse automatisch den Anforderungen zugeordnet und bewertet werden



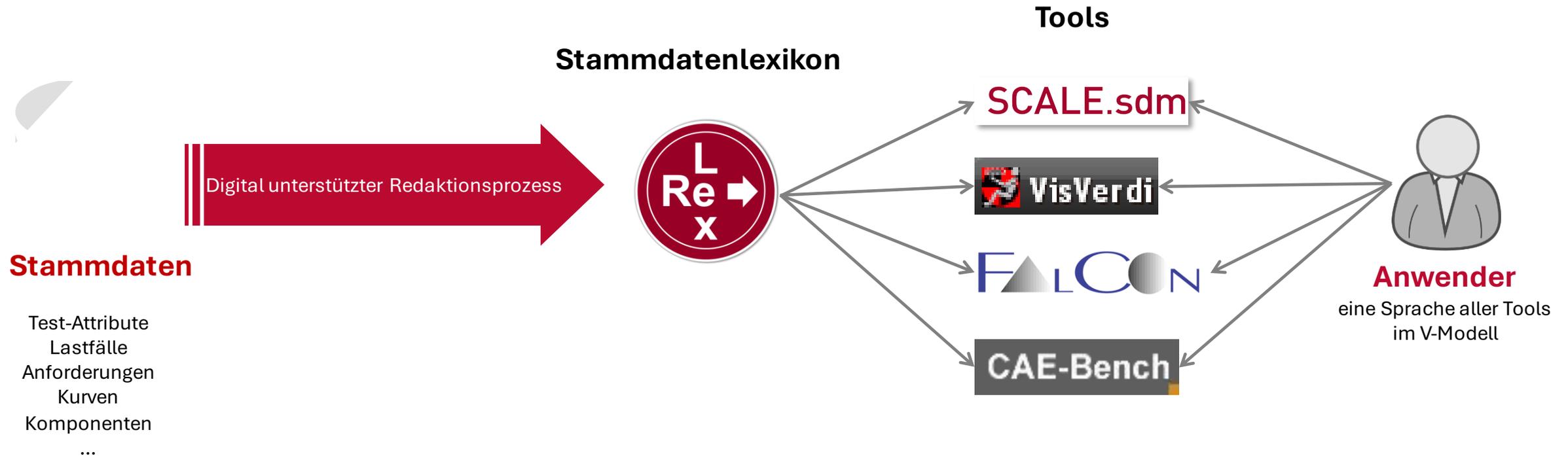
› Was haben wir davon:

- Echte maschinelle digitale Datenverarbeitung -> tausende Anforderungen in Sekunden ohne Fehler prüf- und verifizierbar
- Digitale/durchgängige Verifikationsstatusübersicht von den Anforderungen über Testdaten bis zur Freigabe



Methode: Grundvoraussetzung Zusammenarbeit verteilter IT-Systeme:

- › Normierung und Standardisierung der Informationsadressen und Informationsinhalte.



- › Anhand vom Stammdatenlexikon werden die notwendigen Expertentools miteinander verbunden. Hiermit ist eine Kommunikation zwischen den Tools ohne mapping möglich.

Stammdatentypen: Merkmalsset
 Stammdaten/Vorschläge: Suche
 Freigabestatus: Kein Filter
 Veraltet: Nein
 Suchbegriff(e): frontal

Merkmalsset (560)

Spalte hier hin ziehen um zu Gruppieren

Anzahl der Ergebnisse pro Seite: 1000

				Assoziationen <							
				Stammdatentyp		Allgemeine Infos		Fahrzeug		H3 50%	
Details	Status	Name	Veraltet	Richtlinie	Richtlinien-Bewertungs-Protokoll-Version	Typ	Versuchsart	Geschwindigkeit	Linkslenker/R...	Sitzposition	
<input type="checkbox"/>		Frontal_ECE-R_094_56km/h_ODB_0°_40%_links_LL_Fahrzeug	Nein	(18) ADI	ECE-R_94_02(Final-2016-06),Audi-FzgSi_Struktur-F...	ODB	Frontal,Front	15.0-16.1	LL		
<input type="checkbox"/>		Frontal_ECE-R_094_56km/h_ODB_0°_40%_rechts_RL_1H3	Nein	ECE-R	ECE-R_94_02(Final-2016-06)	ODB	Frontal,Front	15.0-16.1	RL	1. SR links	
<input type="checkbox"/>		Frontal_ECE-R_094_56km/h_ODB_0°_40%_rechts_RL_3H3	Nein	ECE-R	ECE-R_94_02(Final-2016-06)	ODB	Frontal,Front	15.0-16.1	RL	1. SR rechts	
<input checked="" type="checkbox"/>		Frontal_ECE-R_094_56km/h_ODB_0°_40%_rechts_RL_Fahrzeug	Nein	ECE-R	ECE-R_94_02(Final-2016-06),Audi-FzgSi_Struktur-F...	ODB	Frontal,Front	15.0-16.1	RL		
<input type="checkbox"/>		Frontal_ECE-R_094_JAP_56km/h_ODB_0°_40%_rechts_RL_1H3	Nein	ECE-R	ECE-R_94_02(Final-2016-06)	ODB	Frontal,Front	15.0-16.1	RL	1. SR links	
<input type="checkbox"/>		Frontal_ECE-R_094_JAP_56km/h_ODB_0°_40%_rechts_RL_3H3	Nein	ECE-R	ECE-R_94_02(Final-2016-06)	ODB	Frontal,Front	15.0-16.1	RL	1. SR rechts	
<input type="checkbox"/>		Frontal_ECE-R_094_JAP_56km/h_ODB_0°_40%_rechts_RL_Fahrzeug	Nein	ECE-R	ECE-R_94_02(Final-2016-06),Audi-FzgSi_Struktur-F...	ODB	Frontal,Front	15.0-16.1	RL		
<input type="checkbox"/>		Frontal_ECE-R_137_50km/h_starr_0°_100%_LL_1H3	Nein	ECE-R	ECE-R_137_01(Final-2016-06)	100%,100% Wand	Frontal,Front	13.3-14.4	LL	1. SR links	
<input type="checkbox"/>		Frontal_ECE-R_137_50km/h_starr_0°_100%_LL_1T3	Nein	ECE-R	ECE-R_137_2024-01(BestGuess-2031-09)	100%,100% Wand	Frontal,Front	13.3-14.4	LL		
<input type="checkbox"/>		Frontal_ECE-R_137_50km/h_starr_0°_100%_LL_3HF	Nein	ECE-R	ECE-R_137_01(Final-2016-06)	100%,100% Wand	Frontal,Front	13.3-14.4	LL		
<input type="checkbox"/>		Frontal_ECE-R_137_50km/h_starr_0°_100%_LL_Fahrzeug	Nein	ECE-R	ECE-R_137_01(Final-2016-06),Audi-FzgSi_Struktur-F...	100%,100% Wand	Frontal,Front	13.3-14.4	LL		
<input type="checkbox"/>		Frontal_ECE-R_137_50km/h_starr_0°_100%_RL_1HF	Nein	ECE-R	ECE-R_137_01(Final-2016-06)	100%,100% Wand	Frontal,Front	13.3-14.4	RL		
<input type="checkbox"/>		Frontal_ECE-R_137_50km/h_starr_0°_100%_RL_3H3	Nein	ECE-R	ECE-R_137_01(Final-2016-06)	100%,100% Wand	Frontal,Front	13.3-14.4	RL	1. SR rechts	
<input type="checkbox"/>		Frontal_ECE-R_137_50km/h_starr_0°_100%_RL_3T3	Nein	ECE-R	ECE-R_137_2024-01(BestGuess-2031-09)	100%,100% Wand	Frontal,Front	13.3-14.4	RL		
<input type="checkbox"/>		Frontal_ECE-R_137_50km/h_starr_0°_100%_RL_Fahrzeug	Nein	ECE-R	ECE-R_137_01(Final-2016-06),Audi-FzgSi_Struktur-F...	100%,100% Wand	Frontal,Front	13.3-14.4	RL		
<input type="checkbox"/>		Frontal_ECE-R_137_JAP_50km/h_starr_0°_100%_RL_1HF	Nein	ECE-R	ECE-R_137_01(Final-2016-06)	100%,100% Wand	Frontal,Front	13.3-14.4	RL		
<input type="checkbox"/>		Frontal_ECE-R_137_JAP_50km/h_starr_0°_100%_RL_3H3	Nein	ECE-R	ECE-R_137_01(Final-2016-06)	100%,100% Wand	Frontal,Front	13.3-14.4	RL	1. SR rechts	
<input type="checkbox"/>		Frontal_ECE-R_137_JAP_50km/h_starr_0°_100%_RL_3T3	Nein	ECE-R	ECE-R_137_2024-01(BestGuess-2031-09)	100%,100% Wand	Frontal,Front	13.3-14.4	RL		
<input type="checkbox"/>		Frontal_ECE-R_137_JAP_50km/h_starr_0°_100%_RL_Fahrzeug	Nein	ECE-R	ECE-R_137_01(Final-2016-06),Audi-FzgSi_Struktur-F...	100%,100% Wand	Frontal,Front	13.3-14.4	RL		



Produktsetup: SCALE.sdm

SCALE.sdm ⚠ Confidential information

Requirements

Milestones

Region Richtlinien-Test-Protokoll-Versionen Test case Quickfilter

Group	Name	Description	Threshold	Status	Value	Assesm...	Referenc...	Con
> USA	(385)							
> Korea	(38)							
> Japan	(114)							
> Indien	(80)							
∨ ECE RL	(128)							
> None	(76)							
∨ ECE-R_94_2016(Final-2016-06)	(76)							
> FrontaLECE-R_094_56km/h_0...	(18)							
∨ FrontaLECE-R_094_56km/h_OD...	(18)							
	1.0.00.R.O.VEHICLE_Y_DEVIATIO...	Annex 3 "1.3.1. Alignment...	-∞ ≤ x < -20.00 -20.00 ≤ x ≤ 20.00	+ 1				
	Dummy POS1 geborgen ohne Sit...	5.2.5. After the impact, it ...	x = YES x = NO					
	Dummy POS1 geborgen ohne W...	5.2.5. After the impact, it ...	x = YES x = NO					
	Dummy POS3 geborgen ohne Sit...	5.2.5. After the impact, it ...	x = YES x = NO					
	Dummy POS3 geborgen ohne W...	5.2.5. After the impact, it ...	x = YES x = NO					
	Eine oder mehrere Tür(en) verrie...	5.2.4. After the impact, th...	x = NO x = YES x = UNRATEABLE					
	Eine oder merhere Tür(en) währe...	5.2.3. During the test no d...	x = NO x = NEIN	+ 3				
	Elektrolyt in Innenraum	5.2.8.2. Electrolyte spillag...	x = NEIN x = JA					
	Geschwindigkeit ECE-R_094 (Beh...	Annex 3 "4. Test speed" Ve...	-∞ ≤ x < 56.00 56.00 ≤ x ≤ 57.00	+ 1				
	Gurtschlossöffnungskraft	5.2.5.2. To release the du...	-∞ ≤ x ≤ 60,0 60.00 ≤ x < ∞	+ 1				
	Gurtschlossöffnungskraft	5.2.5.2. To release the du...	-∞ ≤ x ≤ 60,0 60.00 ≤ x < ∞	+ 1				



normierte
Daten aus
Stammdatensystem

Fahrzeugprojektkonfiguration
in SCALE.sdm

Produktausstattung



Konfiguration der Projektanforderungen auf Basis der projektunabhängigen Stammdaten in Kombination mit der Produktausstattung



Versuch und Simulation in einem Cockpit: SCALE.sdm

Backend Systeme @AUDI

Versuch



Simulation



Attribute **3D Modelle**

Bilder ...

Videos

Daten aller Back-End-Systeme
werden in SCALE.sdm gemeinsam
normiert dargestellt

SCALE.sdm Result

Confidential Information

Projects and Grid

Projects

Collections

No rows to show

Scenarios

Quickf

Star	Name	Regul...	Y-P... [-	Gurt- schloss- öffnungs- kraft	Bendin... Moment Femur- Upper [N*m]	Bending- Moment Femur- Mid [N*m]	Bendin... Moment Femur- Lower [N*m]	B... M... U... [N...]	Bending- Moment Tibia-Mid- Upper [N*m]	Bending- Moment Tibia-Mid- Lower [N*m]	Bending- Moment Tibia- Lower [N*m]
☆			400	261	352	283	352	283	352	148	352
☆			-200	25.5	332	277	332	277	332	152	332
☆			-200	25.5	332	277	332	277	332	152	332
☆			200	61	322	271	322	271	322	144	322
☆			200	25.9	322	271	321	271	322	144	322
☆			-300	26.7	321	284	321	284	321	139	321
☆			-300	26.7	321	284	321	284	321	139	321
☆			300	26.4	318	283	318	283	318	137	318
☆			300	26.4	318	283	318	283	318	137	318
☆			-600	25.5	303	240	303	240	303	125	303
☆			-600	25.5	303	240	303	240	303	125	303
☆			100	26.3	298	290	298	290	298	142	298
☆			100	26.3	298	290	298	290	298	142	298
☆			600	25.6	294	241	294	241	294	125	294
☆			600	25.6	294	241	294	241	294	125	294
☆			0	26.3	290	283	290	283	290	136	290
☆			0	26.3	290	283	290	283	290	136	290

Selected: 1 Total Items: 38

Attributes Videos Documents Channels Events Measure data Photos

Filter

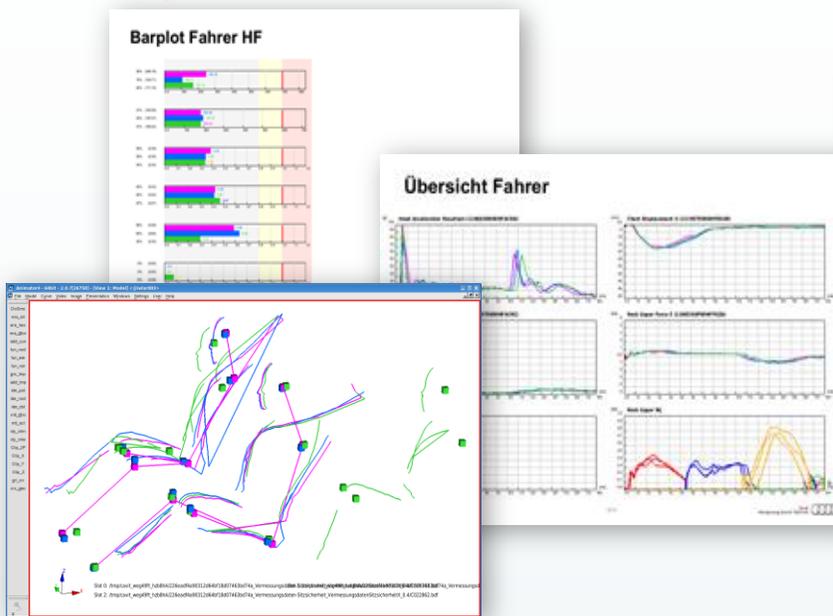


Ergebnisse werden automatisch
entsprechend der
Projektkonfiguration
bewertet/eingefärbt



Versuch und Simulation in einem Cockpit: SCALE.sdm

Reports



Vergleich Versuch und Simulation

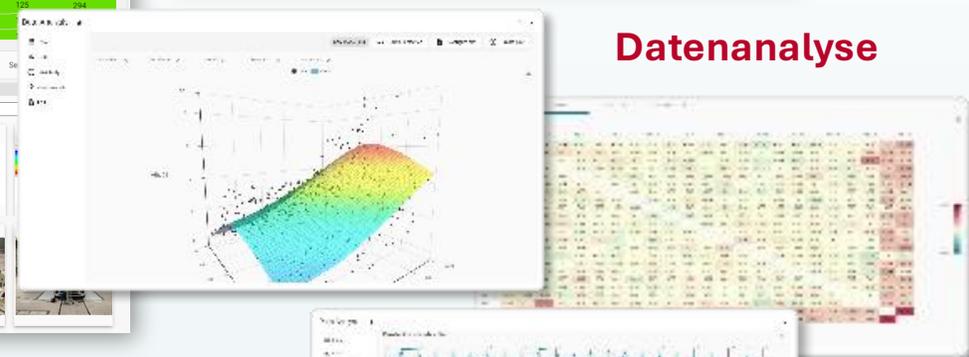


SCALE.sdm

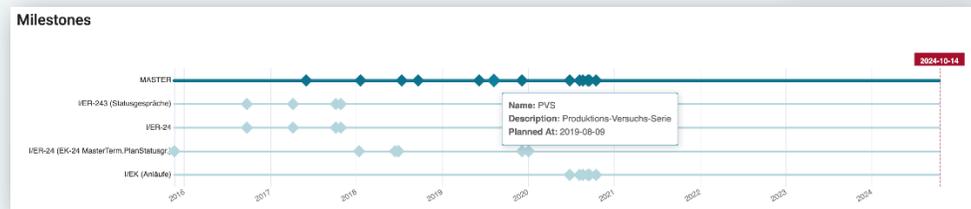
Confidential Information

Star	Name	Regul.	Y. P. [-]	Gurt-schloss-ef-fektiv-koef-fiz	Bending-Moment Femur-Upper [N*m]	Bending-Moment Femur-Mid [N*m]	Bending-Moment Femur-Lower [N*m]	B. M. TL-Mid [N*m]	Bending-Moment Tibia-Mid-Upper [N*m]	Bending-Moment Tibia-Mid-Lower [N*m]	Bending-Moment Tibia-Lower [N*m]
400				261	332	283	332	283	332	144	332
-200				25.5	332	277	332	277	332	152	332
-200				25.5	332	277	332	277	332	152	332
200				61	332	271	322	271	322	144	322
200				25.9	322	271	321	271	322	144	322
-300				26.7	321	284	321	284	321	139	321
-300				26.7	321	284	321	284	321	139	321
300				26.4	318	283	318	283	318	137	318
-400				25.5	303	240	303	240	303	125	303
-400				25.5	303	240	303	240	303	125	303
100				26.3	298	290	298	290	298	142	298
100				26.3	298	290	298	290	298	142	298
600				25.6	294	241	294	241	294	125	294
600				25.6	294	241	294	241	294	125	294
0				26.3	290	283	290	283	290		
0				26.3	290	283	290	283	290		

Datenanalyse

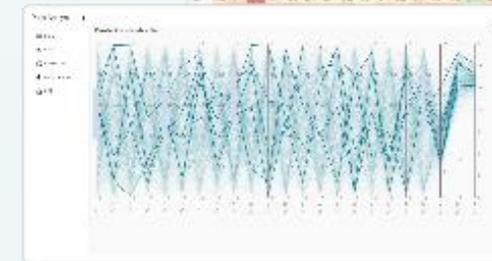


Projektmonitoring



Testbewertung

Zurück an Datenbanken schreiben





Projektstatus schreiben: SCALE.sdm

SCALE.sdm Result

Confidential Information

Projects and Projects Collections

No rows to show

Scenarios X Quickf

Europa

- Euro-NCAP
- ECE-R 137
- ECE-R 94
 - 56 km/h
 - 56 km/h
 - Other
- ECE-R 21
- AZT
- Other
- NAR

Star	Name	Regul...	Y-P... [...]	Gurt-schloss- öffnungs- kraft	Bendin... Moment Femur- Upper [N*m]	Bending- Moment Femur- Mid [N*m]	Bendin... Moment Femur- Lower [N*m]	B... M... Ti... U... [N...]	Bending- Moment Tibia-Mid- Upper [N*m]	Bending- Moment Tibia-Mid- Lower [N*m]	Bending- Moment Tibia- Lower [N*m]
☆			400	261	352	283	352	283	352	148	352
☆			-200	25.5	332	277	332	277	332	152	332
☆			-200	25.5	332	277	332	277	332	152	332
☆			200	61	322	271	322	271	322	144	322
☆			200	25.9	322	271	321	271	322	144	322
☆			-300	26.7	321	284	321	284	321	139	321
☆			-300	26.7	321	284	321	284	321	139	321
☆			300	26.4	318	283	318	283	318	137	318
☆			300	26.4	318	283	318	283	318	137	318
☆			-600	25.5	303	240	303	240	303	125	303
☆			-600	25.5	303	240	303	240	303	125	303
☆			100	26.3	298	290	298				
☆			100	26.3	298	290	298				
☆			600	25.6	294	241	294				
☆			600	25.6	294	241	294				
☆			0	26.3	290	283	290				
☆			0	26.3	290	283	290				

Set as project status (1)

Edit test

Update test from external backend

Add files to test

Clone test

Filter

Projektmonitoring

Verifikation der Anforderungen mittels
Versuchs- oder Simulationsdaten

Dummy POS1 geborgen ohne W...	YES	Kommentar:
Dummy POS3 geborgen ohne Sit...	YES	Kommentar:
Dummy POS3 geborgen ohne W...	YES	Kommentar:
Eine oder mehrere Tür(en) verrie...	YES	Kommentar:
Eine oder merhere Tür(en) währe...	NO	Kommentar:
Elektrolyt in Innenraum	NEIN	Kommentar:
Geschwindigkeit ECE-R_094 (Beh...	56.66 km/h	Kommentar:
Gurtschlossöffnungskraft	61 N	Kommentar:
Gurtschlossöffnungskraft	14.6 N	Kommentar:
Lenkradverschiebung nach Versu...	-9.5 mm	Kommentar:
Lenkradverschiebung nach Versu...	1.3 mm	Kommentar:



Projektmonitoring and Reporting: SCALE.sdm

SCALE.sdm ⚠ Confidential information

Requirements

Milestones

Region Richtlinien-Test-Protokoll-Versionen Test case

Group	Name	Description	Threshold	Status Value	Assessm...	Referenc...
> USA	(385)				green	
> Korea	(38)				green	
> Japan	(114)				green	
> Indien	(80)				green	
▼ ECE RL	(128)				red	
> None	(76)				red	
▼ ECE-R_94_2016(Final-2016-06)	(76)				red	
> FrontaLECE-R_094_56km/h_O...	(18)				green	
▼ FrontaLECE-R_094_56km/h_OD...	(18)				red	
	1.0.00.R.O.VEHICLE_Y_DEVIATIO...	Annex 3 "1.3.1. Alignment...	$-\infty \leq x < -20.00$ $-20.00 \leq x \leq 20.00$ +1	16 mm	green	
	Dummy POS1 geborgen ohne Sit...	5.2.5. After the impact, it ...	x = YES x = NO	YES	green	Test 42
	Dummy POS1 geborgen ohne W...	5.2.5. After the impact, it ...	x = YES x = NO	YES	green	Test 42
	Dummy POS3 geborgen ohne Sit...	5.2.5. After the impact, it ...	x = YES x = NO	YES	green	Test 42
	Dummy POS3 geborgen ohne W...	5.2.5. After the impact, it ...	x = YES x = NO	YES	green	Test 42
	Eine oder mehrere Tür(en) verrie...	5.2.4. After the impact, th...	x = NO x = YES x = UNRATEABLE	YES	green	Test 42
	Eine oder merhere Tür(en) währe...	5.2.3. During the test no d...	x = NO x = NEIN +3	NO	green	Test 42
	Elektrolyt in Innenraum	5.2.8.2. Electrolyte spillag...	x = NEIN x = JA	NEIN	green	Test 42
	Geschwindigkeit ECE-R_094 (Beh...	Annex 3 "4. Test speed" Ve...	$-\infty \leq x < 56.00$ $56.00 \leq x \leq 57.00$ +1	56.66 km/h	green	Test 42
	Gurtschlossöffnungskraft	5.2.5.2. To release the du...	$-\infty \leq x \leq 60.0$ $60.00 \leq x < \infty$ +1	61 N	red	Te
	Gurtschlossöffnungskraft	5.2.5.2. To release the du...	$-\infty \leq x \leq 60.0$ $60.00 \leq x < \infty$ +1	14.6 N	green	Test 42

Unterschiedliche Sichten auf den Daten
(zB. Funktionsverantwortliche Fahrzeugsicherheit)

- ▼ Region
- ▼ Richtlinie
- ▼ Test Case
- Anforderung

Ebenenweise
Bewertung
und
Hochaggregation
(Hierarchische
Daten)

Ist Werte für jede
einzelne Anforderung

Mit Referenz zur Simulation/ Versuch



Projektmonitoring and Reporting: SCALE.sdm

SCALE.sdm ⚠ Confidential information

Requirements

Milestones

Test-Komponente x Richtlinien-Test-Protokoll-Versionen x Test case x

Group	Name	Description	Threshold	Status					
				Value	Assessm...	Referenc...	Comme		
> Tür	(30)								
> Team Prüffeld	(21)				green				
> Lenksäule	(20)				green				
> Kraftstoffsystem	(140)				green				
> Innenraum	(40)				green				
> HV-System	(20)								
> H3 5% Frau	(148)				green				
> H3 50%	(434)				green				
» Gurtverschluss	(20)				red				
> None	(20)				red				
> ECE-R_137_01(2016)	(10)				green				
» ECE-R_94_2016(Final-201...	(10)				red				
> FrontaLECE-R_094_56k...	(2)				green				
» FrontaLECE-R_094_56k...	(2)				red				
	Gurtverschlussöffnungskraft	5.2.5.2. To release the du...	$-\infty \leq x \leq 60.0$	$60.00 \leq x < \infty$	+1	61 N	red	Test 42	Komme
	Gurtverschlussöffnungskraft	5.2.5.2. To release the du...	$-\infty \leq x \leq 60.0$	$60.00 \leq x < \infty$	+1	14.6 N	green	Test 42	Komme
			0				green		
> FrontaLECE-R_094_56k...	(2)				green				
> FrontaLECE-R_094_56k...	(2)				green				
> FrontaLECE-R_094_JAP...	(2)								
> None	(873)						red		

Columns Views

Unterschiedliche Sichten auf den Daten
(zB. Bauteilverantwortliche)

▼ Komponente

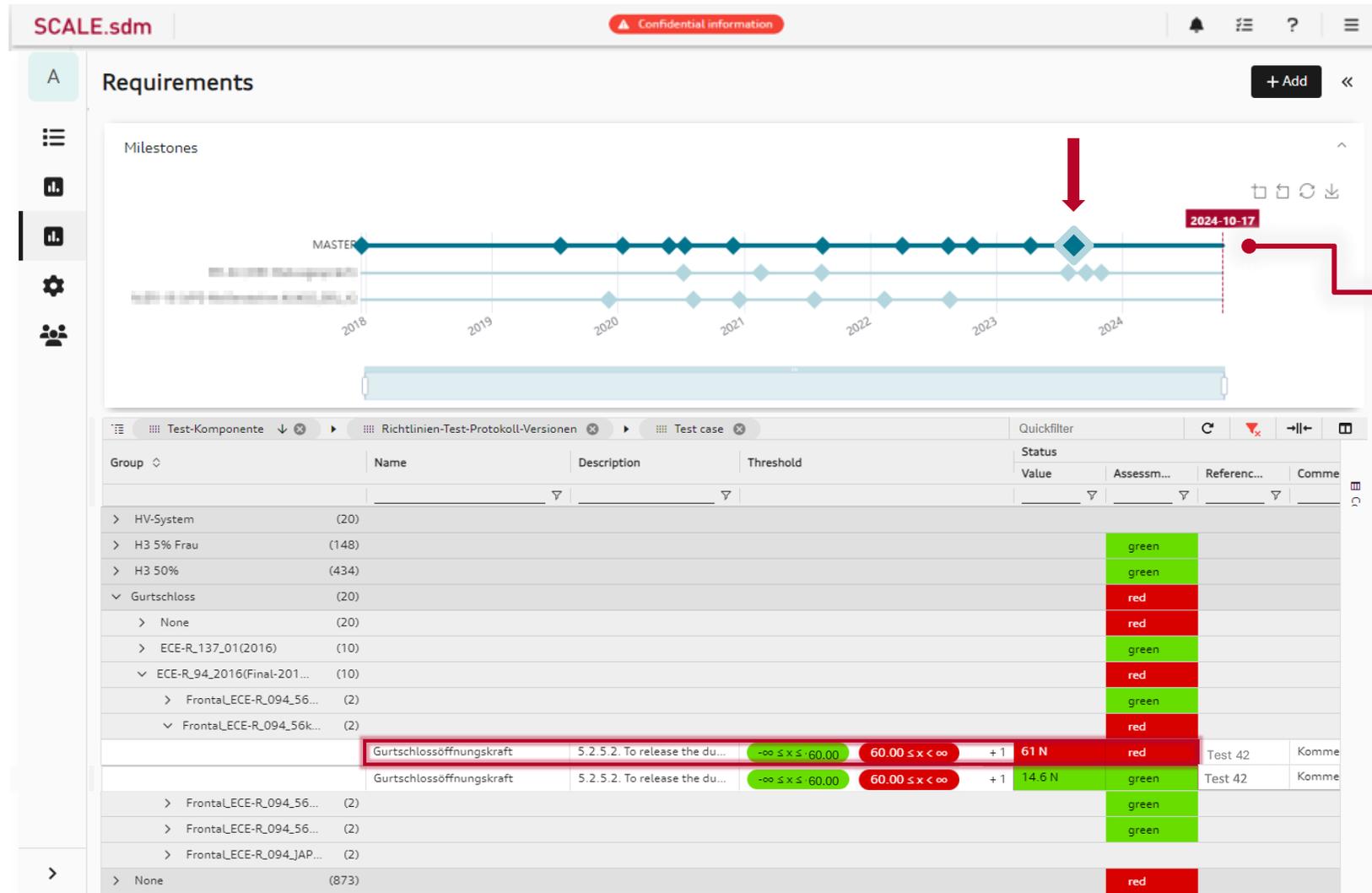
▼ Richtlinie

▼ Test Case

Anforderung

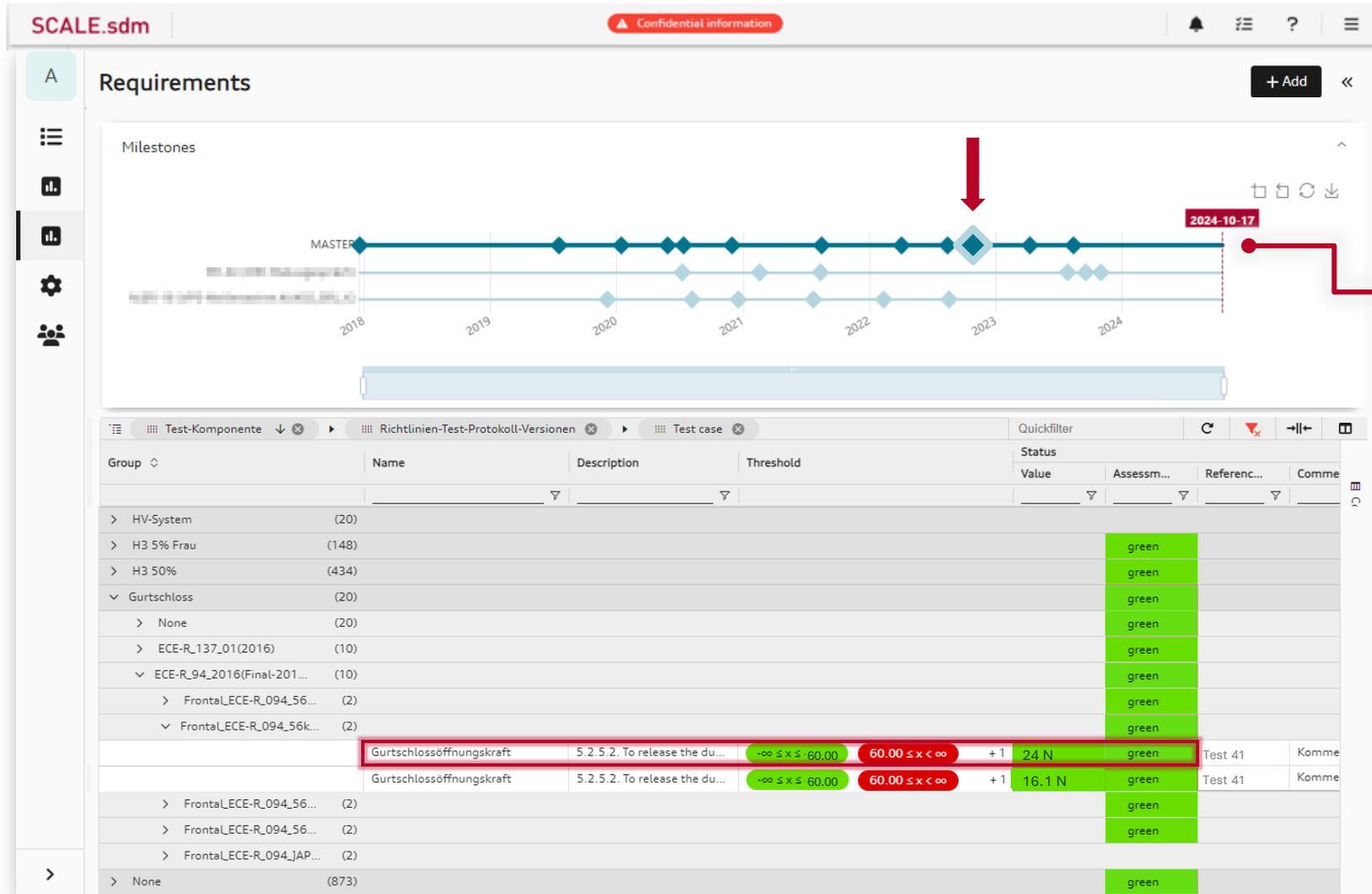


Projektmonitoring and Reporting: SCALE.sdm





Projektmonitoring and Reporting: SCALE.sdm





Zusammenfassung

- › **Digitaler Transparenz erfolgreich umgesetzt**
 - › im gesamten V-Modell
 - › über Toolgrenzen hinaus

- › **Echte maschinelle digitale Datenverarbeitung**
 - › tausende Anforderungen in Sekunden, ohne Fehler, prüf- und verifizierbar

- › **Durch die Referenz der Datenentitäten wird aus „Information“ -> „Wissen“**

Ausblick

„Wissen“ für weitere Anwendungsfälle einsetzen:

- › Kostenersparnis durch Optimierung des Erprobungsplanes ermöglichen
- › Automatisierte Ressourcenplanung (Personen, Anlage, Bauteile,..) auf Basis der Produktdefinition





Thank you!