

# BREMSBASIERTE ASSISTENZFUNKTIONEN

-

## FAHRDYNAMIKREGELSYSTEME

(ABS, ASR, ESP<sup>®</sup> - **APPLIKATION**)

ROBERT BOSCH GMBH  
DIPL.-ING. ALBERT LUTZ



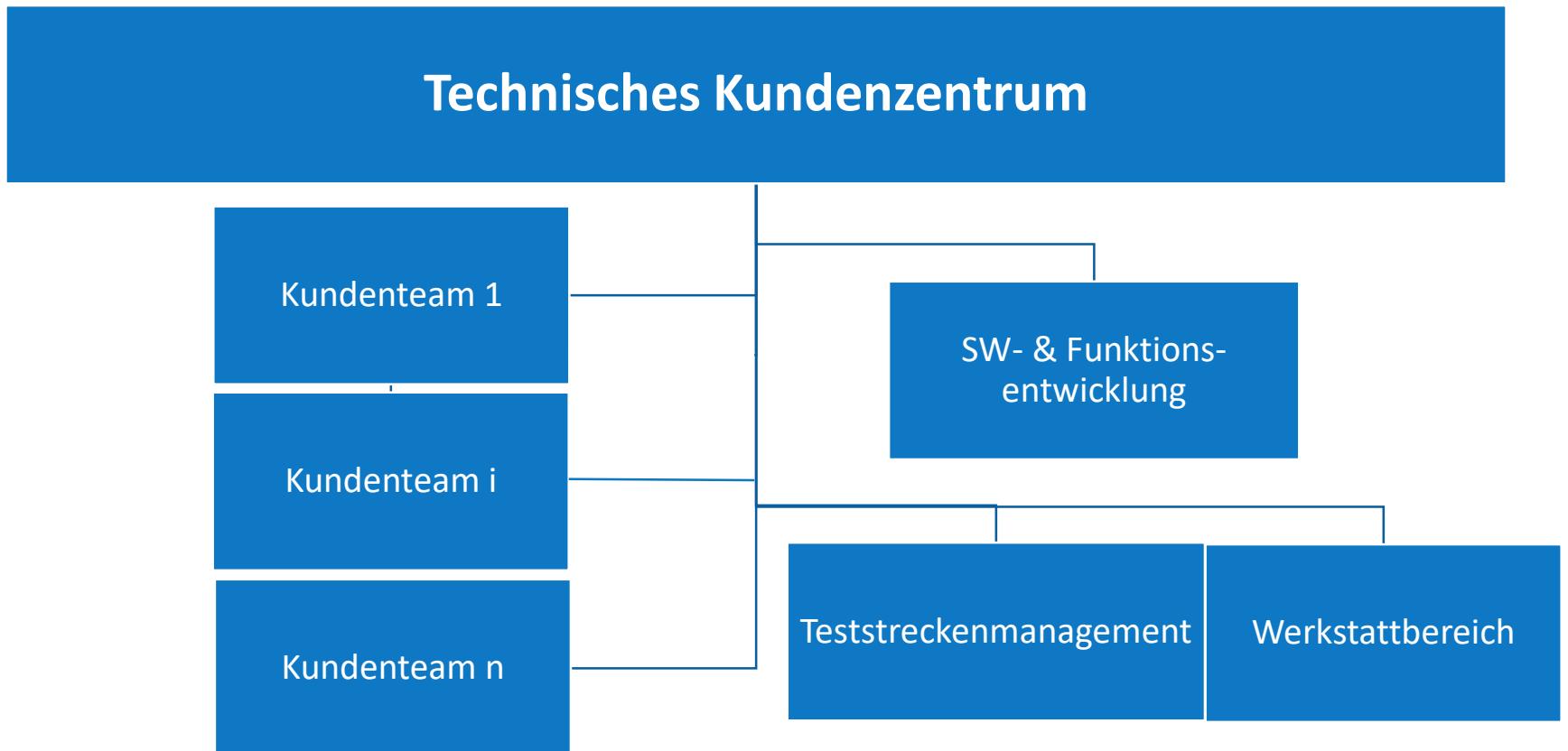
# Fahrdynamikregelsysteme

## Übersicht

- ▶ Aufgaben u. Organisation der Applikation
- ▶ Applikationsprozess
  - ▶ Projekt- & Systemdefinition
  - ▶ Systemauf und -einbau
  - ▶ Basisapplikation
  - ▶ Robustheits- und Performancetuning
  - ▶ Systemvalidierung u. Freigabe
  - ▶ Teststreckenmanagement
- ▶ Virtueller Fahrversuch (Simulation mit generischem Fzg- u. ESP®-Modell)
  - ▶ ESP® Funktions-Check
    - Bidirektionale Lenksprünge
    - ESP® aktiv/inaktiv
    - Variation Sollwert

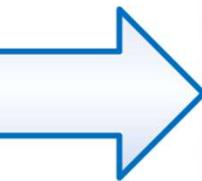
# Fahrdynamikregelsysteme

## Applikation – Struktur & Aufgaben



# Fahrdynamikregelsysteme

## Applikation – Struktur & Aufgaben

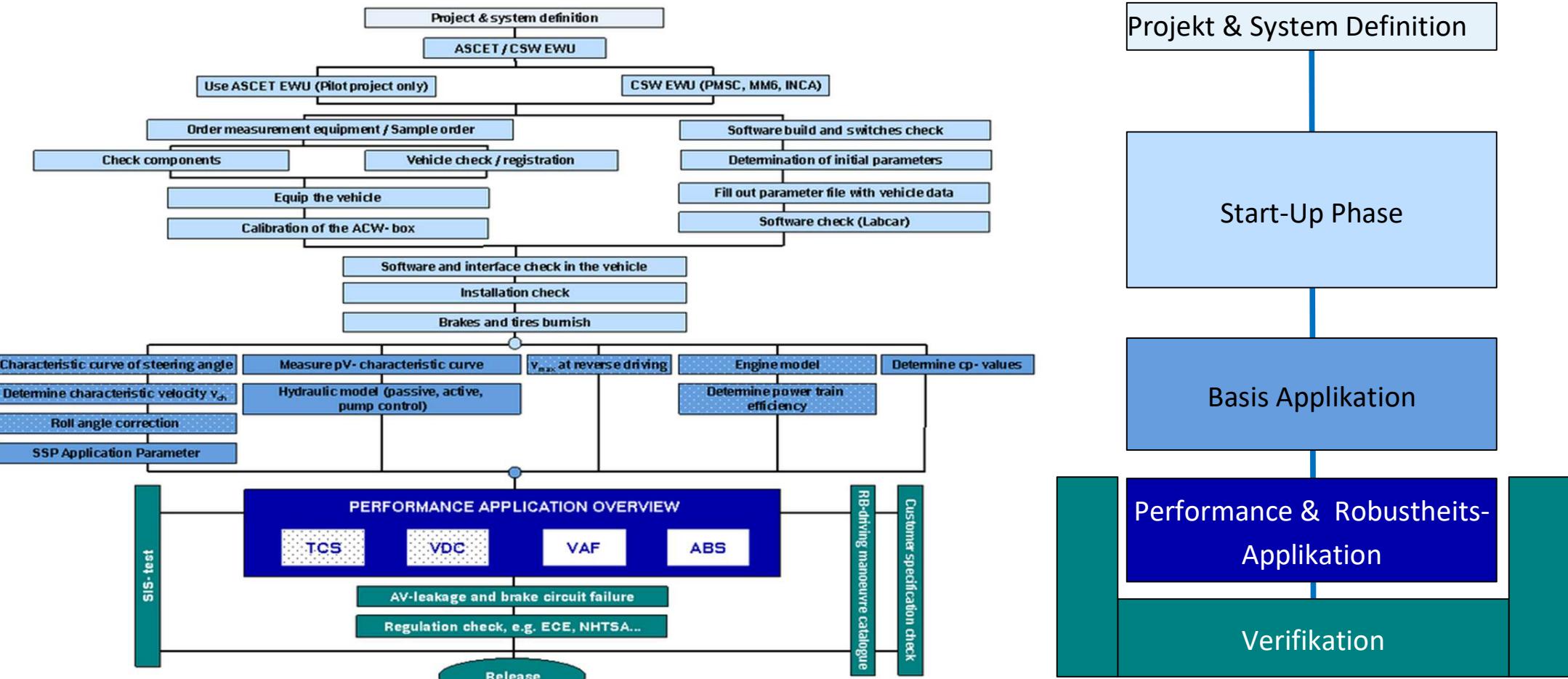


### Aufgabe der Kundenteams:

- ▶ Technisches Projektmanagement
- ▶ SW Engineering in enger Kooperation mit Funktions- & SW-Entwicklern
- ▶ Koordination und Umsetzung der Systemanpassungen an die Kundenanforderungen
- ▶ Fahrzeugtest und Applikation
- ▶ Systemvalidierung auf Fahrzeugebene
- ▶ Unterstützung der Angebotserstellung und Studien

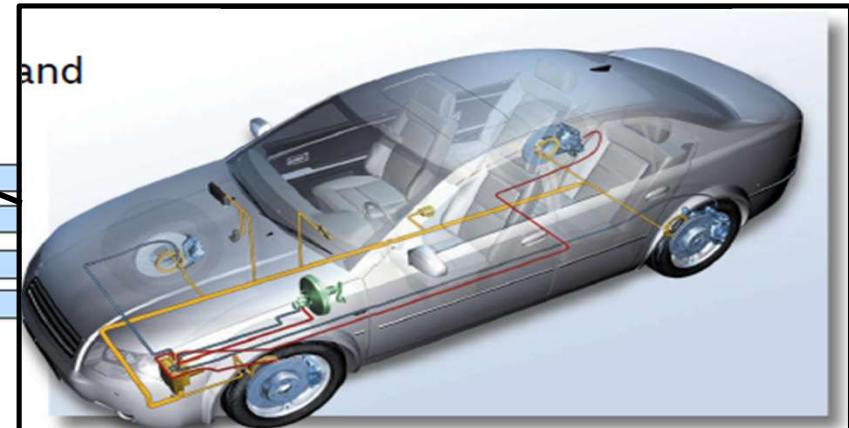
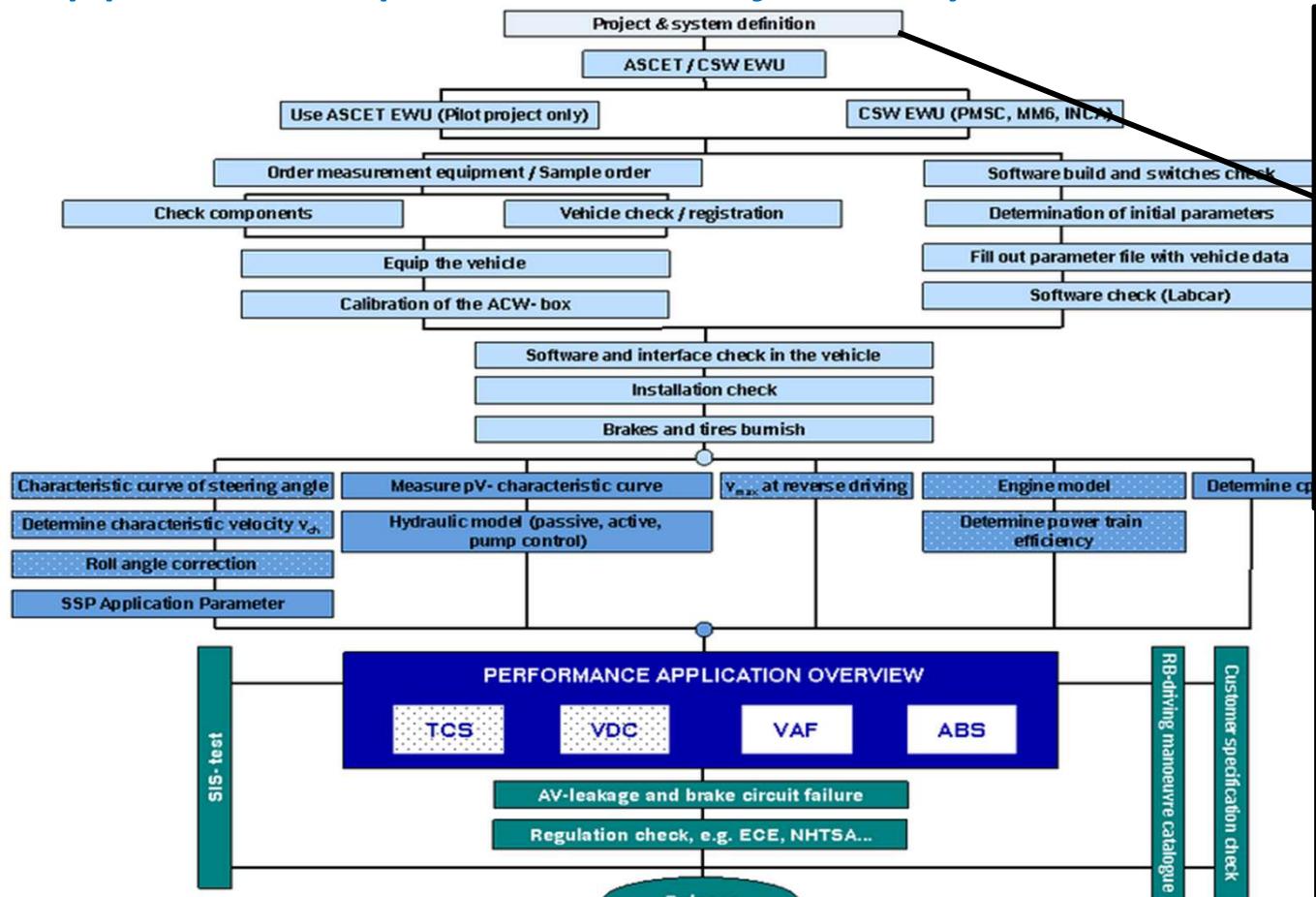
# Fahrdynamikregelsysteme

## Applikationsprozess



# Fahrdynamikregelsysteme

## Applikationsprozess – Projekt&Systemdefinition



### Technisches Projektmanagement sowie Regelsystem- und Komponentendefinition

- ▶ Technische Schnittstelle zu Kunden und internen Abteilungen (System-, Komponenten-entwicklung, ...)
- ▶ Projektplanung ( Spezifikationen, Arbeitspakete, Zeitpläne, ...)
- ▶ Projektverantwortlichkeit – vom Start bis SOP
- ▶ Definition der Bremssystemkomponenten und deren Bestellung

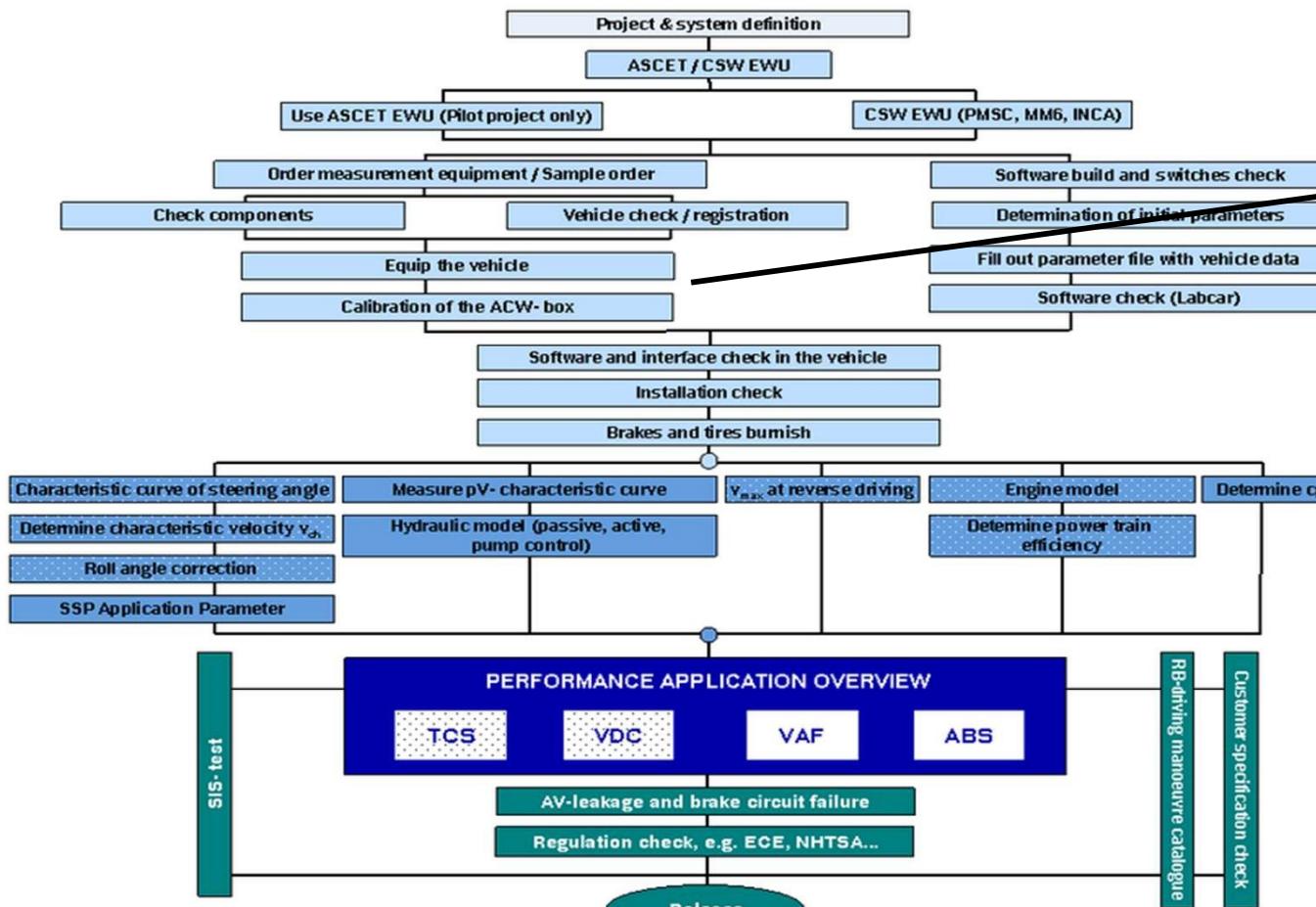
# Fahrdynamikregelsysteme

## Applikation – Struktur & Aufgaben

- ▶ Die Reglerkonfiguration (d.h. Regler- und Zusatzfunktionen) wird über SW-Schalter ausgewählt
- ▶ Anpassung des ESP® an das Fahrzeug
  - ▶ zunächst nur über Parametereinstellung
  - ▶ wenn nicht ausreichend, auch über SW-Anpassungen.
- ▶ Für jedes Fahrzeug wird eine Anzahl von Fahrmanöver aus einem Fahrmanöverkatalog (<500) gewählt
  - ▶ zur Bestimmung der Streuung der Ergebnisse, mehrmals absolviert werden.
  - ▶ open loop Manöver zur Beurteilung der Reglerleistung
  - ▶ closed loop Manöver zur Beurteilung des Systems im täglichen Gebrauch unter realen Bedingungen
- ▶ Großen Einfluss auf den Applikationsaufwand haben Änderungen in
  - ▶ Fahrwerk (Elastokinematik)
  - ▶ Bremshydraulik,
  - ▶ Räder/Reifen
  - ▶ Motor
- ▶ Das System muss auf Erfüllung der gesetzlichen Bestimmungen (ECE) geprüft werden

# Fahrdynamikregelsysteme

## Applikationsprozess – Fahrzeugausstattung



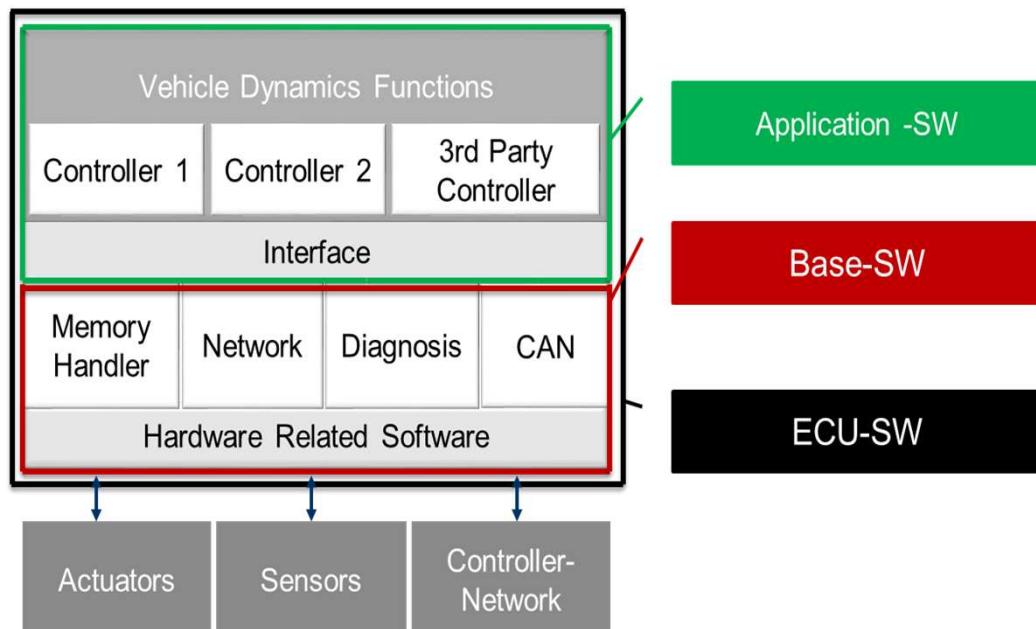
### Systemeinbau und Fuhrparkmanagement

- ▶ Koordination der Verfügbarkeit und des Einsatzes von Prototypen
- ▶ Wartung und Update der Prototypen
- ▶ Einbau von Systemkomponenten und Messtechnik in Versuchsfahrzeuge

# Fahrdynamikregelsysteme

## Fzg-Ausrüstung – SW-Erstellung

### Erstellen und Testen einer ersten ECU-SW gemäß Spezifikation



- ▶ SW-Build u. Check der SW-Schalter
  - ▶ ASW – Fahrdynamische Funktionen
    - ▶ ABS, ASR, VDC, VAJs
    - ▶ 3.-SW (APB, ...) von OEMs, Zulieferern
  - ▶ PSW – Hardware nahe SW
    - ▶ EEPROM (Offsets, identifizierte Parameter, ...)
    - ▶ Diagnose
    - ▶ CAN/FlexRay
    - ▶ Treiber, Signalaufbereitung
  - ▶ Initiale Parameter aus Vorgängerprojekt
  - ▶ Projektspezifische Grundbedatung
  - ▶ Freigabekontrollen der ECU-SW per HiL-Simulation

# Fahrdynamikregelsysteme

## Fzg-Ausrüstung – SW-Erstellung

### Projektspezifische Bedatung

Parameter Name	Unit	Description	origin
Anhaengelast_ungebremst	kg	towing capacity for non-braked trailer	OEM
Fahrzeugmasse_EBD	kg	vehicle weight for EBD braking	OEM for startup, later application parameter
Jz_Vehicle	Nms^2 or kg*m^2	inertia torque vehicle	OEM
lx_CenterOfGravity2FrontAxe	m	distance between front axle and center of gravity, x-direction	OEM
lx_CenterOfGravity2RearAxe	m	distance between rear axle and center of gravity, x-direction	OEM
lx_WheelBase	m	distance between front and rear axle	OEM
ly_WheelTrack_FA	m	distance between left and right wheel at front axle	OEM
ly_WheelTrack_RA	m	distance between left and right wheel at rear axle	OEM
lz_CenterOfGravity	m	center of gravity, z-direction	OEM
m_Vehicle	kg	vehicle mass	OEM or measure
v_VehicleCharacteristicLower	m/s	characteristic vehicle speed (vch), lower limit	measure or take over from previous model
v_VehicleCharacteristicUpper	m/s	characteristic vehicle speed (vch), upper limit	measure or take over from previous model
vGiInMax	1/s	maximum yaw rate	measure or take over from previous model
WendeRadius?	m	turn radius	OEM
Wind	N/(m*s^2)	aerodynamic resistance (cw*A)	OEM
Zul_Achslast_HA	kg	maximum load of rear axle	OEM
Zul_Achslast_VA	kg	maximum load of rear axle	OEM

- Fahrzeug
- Bremsanlage
- Antriebsstrang
- Lenkung
- Räder
- Sensorposition

# Fahrdynamikregelsysteme

## Fzg-Ausrüstung Komponenteneinbau

### Komponenteneinbau gemäß Spezifikation

- hydraulische Einheit / elektronische Steuereinheit (HU/ECU)
- Sensoren (DF, LWS, DRS,...)\*

- HU/ECU, o.
- Airbag-ECU
- Fahrgastzelle

- Impulsräder
- Stecker (2-48 polig)
- Kabelbaum
- Sondermesstechnik →



Speed / Acceleration  
RaceLogic VBox III

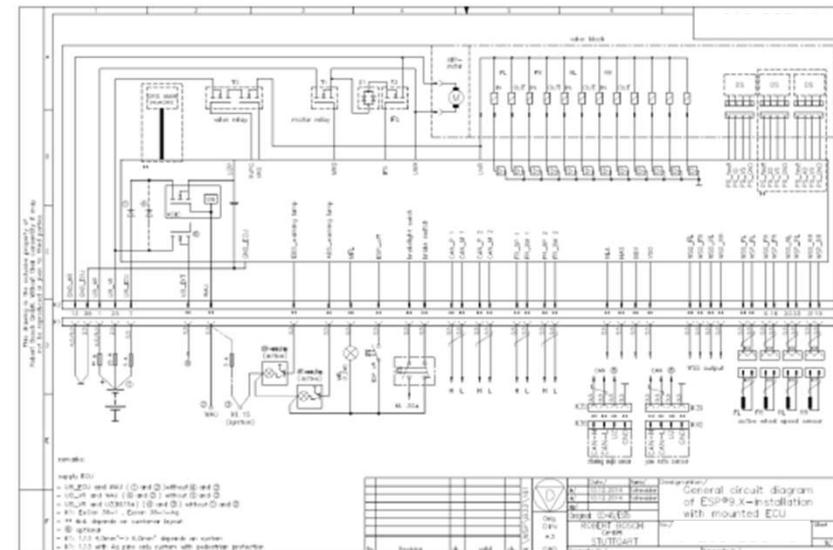
Slip angle  
RaceLogic VB20SL3

Slip angle  
OXTS RT2500

DRS 3.10  
(CAN output)

### Einbaubereiche:

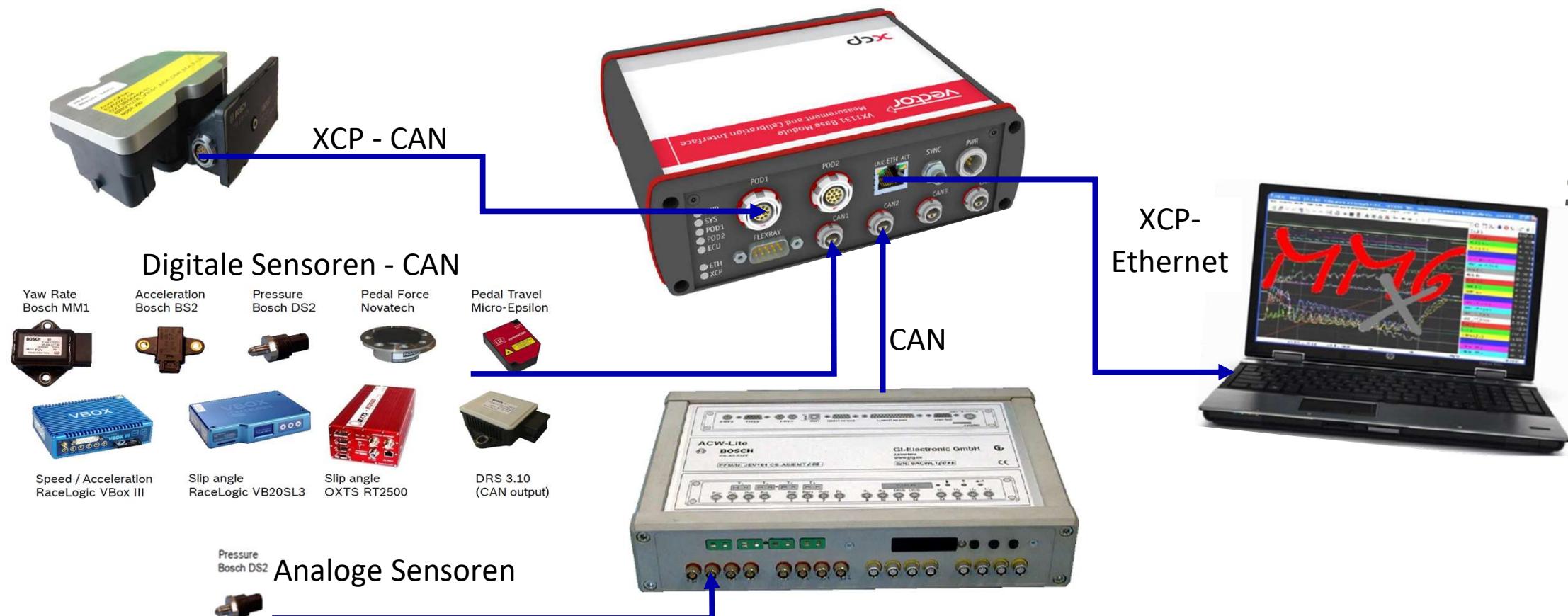
- Motorraum
- Fahrgastzelle
- Radhaus
- Achsschenkel / Achse



Wire / Conn. No.	Wire	Designation	Current		max. permissible wire resistance $R_w$ (mΩ)	min. leakage Resistance $R_L$ (kΩ)
			max	min		
13	ground	K1/13	ground for pump motor	20..30A *	10A *	10
38	ground	K1/38	ground for solenoid valves and ECU	5...16A *	2.8A *	10
1	battery	K1/1	voltage supply for pump motor	20..30A *	10A *	200
25	battery	K1/25	voltage supply for solenoid valves	5...15A *	2A *	10
7	battery	K1/7	voltage supply for ECU	1A	800mA	60
35	WAU	K1/35	wake up function	100mA	50mA	150
32	K1/32	K35,K38/**	voltage supply for SAS and YRS (by use of separate YRS)	300mA	150mA	100
**6,20	wheel sp. connector	K1/**,6,20,31	signal wheel speed sensor FL,FR,RL,RR	16mA	6mA	250
31						200 to ground 1.5MΩ to battery
**18,33	wheel sp. connector	K1/**,18,33,19	voltage supply for active wheel speed sensor FL,FR,RL,RR	16mA	6mA	250
19						200 to ground 1.5MΩ to battery
**	other ECU	K1/**	wheel speed sensor output	20mA	10mA	250
**	other ECU	K1/**	vehicle speed output	50mA	30mA	200
**	EBD-warning lamp	K1/**	EBD warning lamp	30mA	5mA	250
						200

# Fahrdynamikregelsysteme

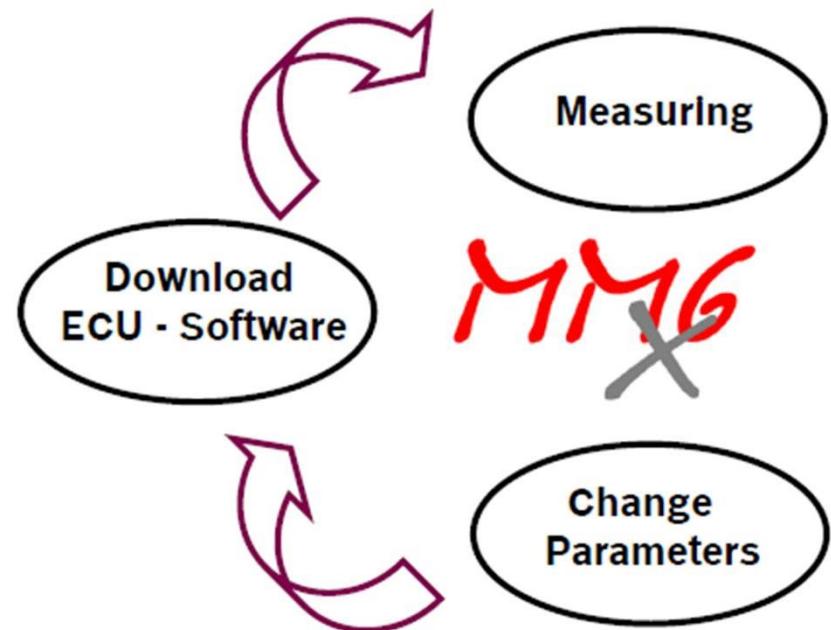
## Fzg-Ausrüstung - Mess-&Kalibrierungstools



# Fahrdynamikregelsysteme

## Fzg-Ausrüstung – Mess-&Kalibrierungstools

Basic idea: “*read + write access to ECU internal data by different physical layers*”



- ▶ XCP = “Universal Measurement & Calibration Protocol”
  - ▶ “X” stands for variable transport layer
- ▶ physical transport layers:
  - ▶ Ethernet ( TCP/IP, UDP) >> “XCPonEthernet”
  - ▶ CAN >> “XCPonCAN”
  - ▶ Flexray >> “XCPonFlexray”
- ▶ Protocol definition by international ASAM working group (2003)
- ▶ standardized A2L files for ECU signal description *(common A2L file for all physical layers)*
- ▶ XCP-Tools: Vector (Canape), ETAS (INCA), ...

# Fahrdynamikregelsysteme

## Fzg-Ausrüstung - Mess-&Kalibrierungstools

### Kurze Historie:

- ▶ **1982:** Honeywell analog recorder (ABS / ASR) >> *16 analog channels*
- ▶ **1986:** Kayser-Threde & HP1000 >> *48 analog channels & 16 digital channels*
- ▶ **1990:** MIIF/MIIIF/IDA (KR card - intel 8096 ABS/ASR) >> *16 digital channels*
- ▶ **1997:** DASDA2 card (gen05 intel 8096 ESP<sup>®</sup>) >> *2 kB / 20 msec (100 kB/sec datarate)*
- ▶ **2003:** **XCP** on Ethernet (EKtronic XCP modules - TI ECU's) >> *500 kB/sec datarate (~ 3.000 sign.)*
- ▶ **2007:** **XCP** on Ethernet (Vector VX1121 Box – TI ECU's) >> *5 MB/sec specified datarate (~ 40.000 signals)*
- ▶ **2017ff:** **XCP** on Ethernet (Vector VX1135 Box – Renesas ECU's) >> *100 MB/sec specified datarate (> 100.000 signals)*

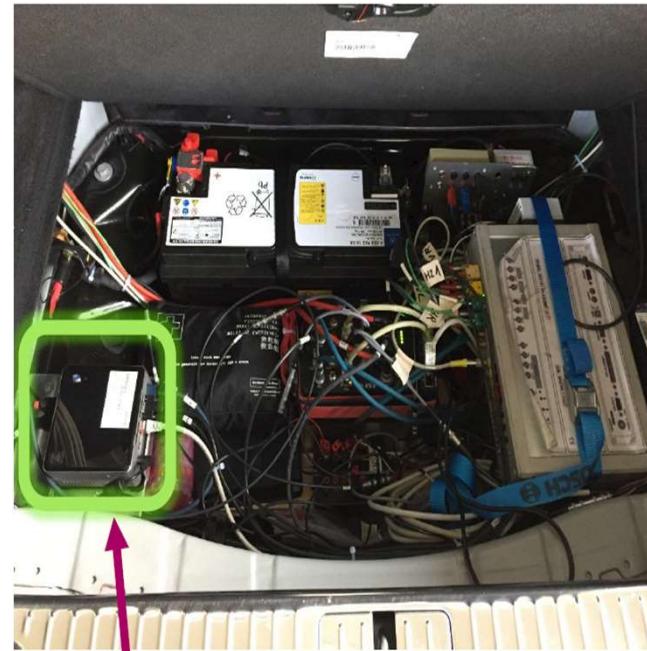
# Fahrdynamikregelsysteme

## Fzg-Ausrüstung - Mess-&Kalibrierungstools



Variables Messtechnikrack

Messtechnik für Applikationsfahrzeu



Fahrzeugrechner

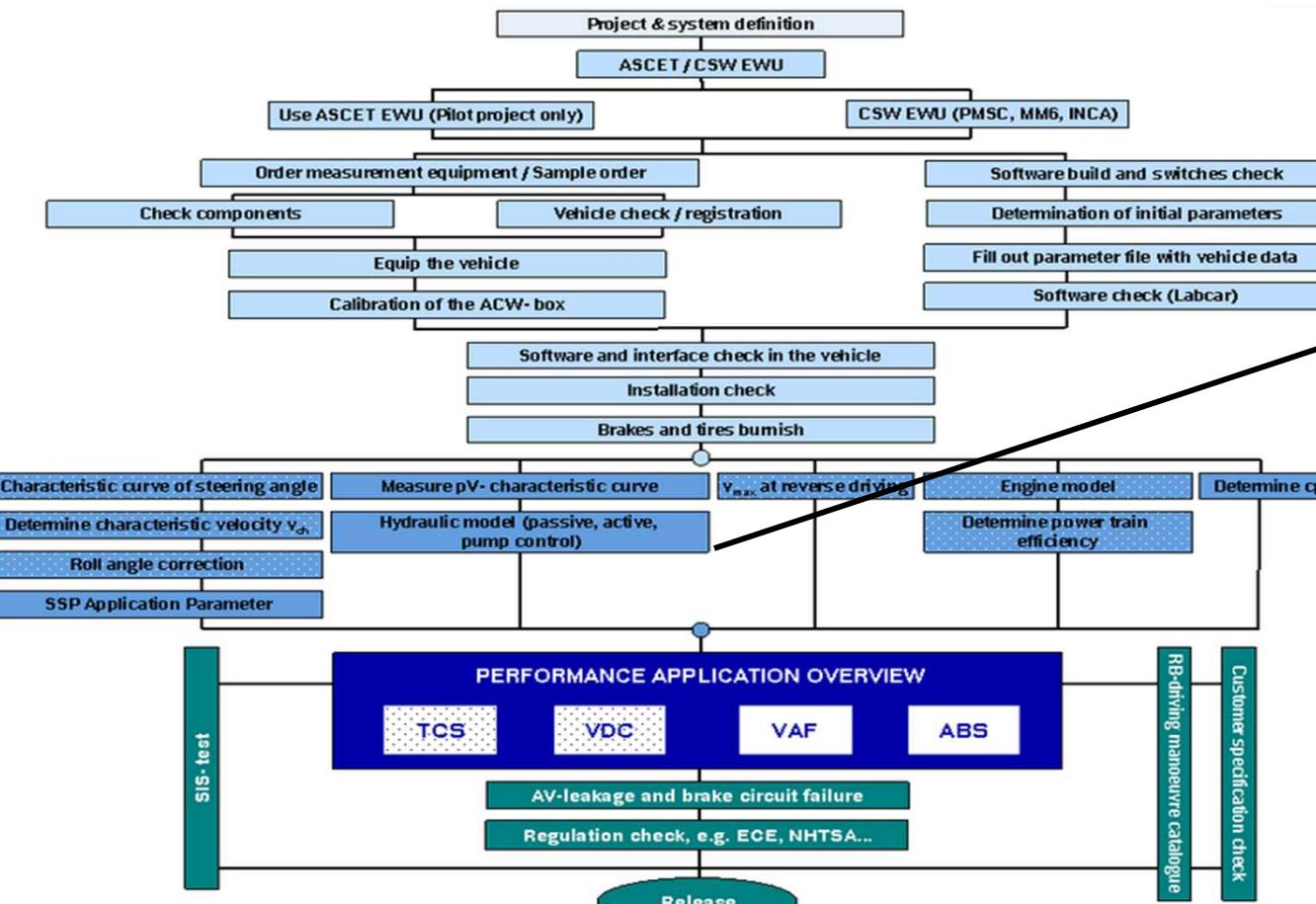
Messtechnik für Entwicklungsfahrzeug



Bedieneinheit

# Fahrdynamikregelsysteme

## Applikationsprozess – Parameter-Tuning u. Optimierung

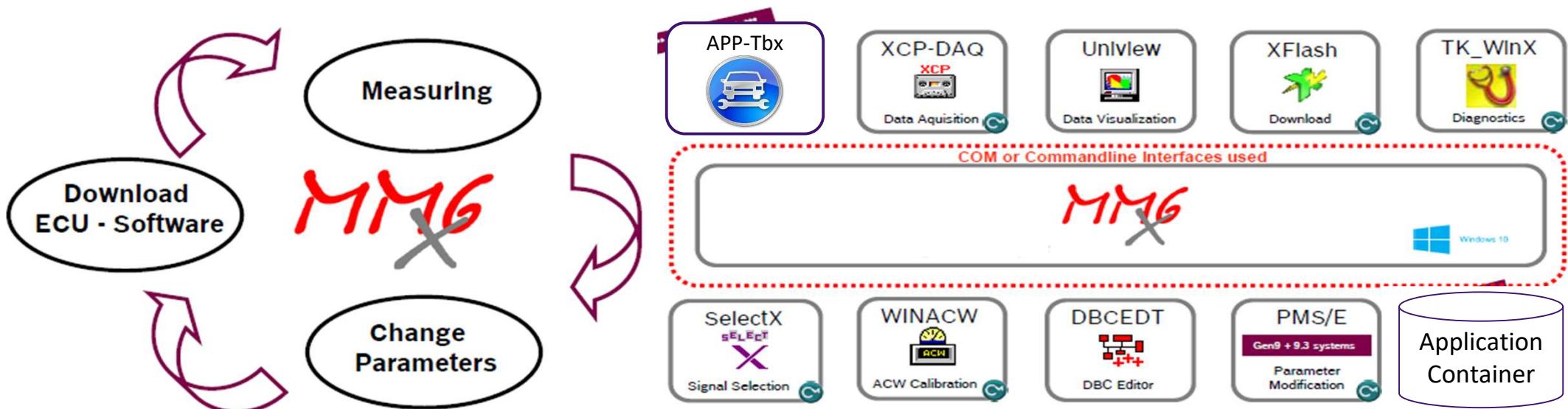


### Parameter-Tuning und -Optimierung

- ▶ Durchführung von Fahrversuchen und Analyse der Ergebnisse
- ▶ Sicherstellung der Systemleistung u. SW-Reife
- ▶ Parametertuning
  - ▶ Basis Applikation
  - ▶ Robustheits- und Performance Tuning
- ▶ Optimierung der Systemleistung gemäss BOSCH/Kunden-Spezifikation

# Fahrdynamikregelsysteme

## Applikationsschritte u. -Tools



- ▶ WW einheitlicher Applikationsstandard
  - ▶ Manöver, Auswertung, Reporting, ...
- ▶ Sicherstellung, der erforderlichen Randbedingungen (linear, Signale, ...)
- ▶ Effizienzsteigerung
  - ▶ Automatisierung, Einheitliche Weiterentwicklung & Wartung & Dokumentation
- ▶ Schnittstelle zum virtuellen Fahrversuch (aVTD)

# Fahrdynamikregelsysteme

## Basis-Applikation

- ▶ Ein erster Applikationsstand wird erreicht durch Eingabe von physikalischen Daten:
  - ▶ Gefederte/ungefederte Massen, Fahrwerk, Lenkung, Räder, Reifen, Bremsen, Motor, Antriebsstrang, Hydraulik, Sensoreinbauten.
- ▶ Ermittlung der Lenkwinkelkennlinie
- ▶ Ermittlung der charakteristischen Geschwindigkeit
  - ▶  $V_{ch_U}$  u. davon abgeleitet  $V_{ch_0}$
- ▶ Wankkompensation:
  - ▶ hohe Querbeschleunigungen sind abhängig vom Wankwinkel zu kompensieren
- ▶ Charakteristik der Bremshydraulik
- ▶ Charakteristik von Motor und Antriebsstrang

# Fahrdynamikregelsysteme

## Basis-Applikation: $S_{ch}$ – Steering Characteristic

### Purpose

The steering angle characteristic curve provides both quantities for the steering angle at the wheels and for steering angle at the steering wheel. Thereby, differences between the curves-inner and the curves-exterior wheel are to be considered. While the characteristic curve for the curves-exterior wheel (LwKIA) behaves rather linear, the characteristic curve for the curves-inner wheel (LwKII) runs progressively for steering kinematics that are common today.

### Maneuvers

- Increasing the steering angle to maximum
- Free rolling with low speed / lat-acc
- Turn steering wheel slowly back to 0
- Do this for clock and counterclockwise turning

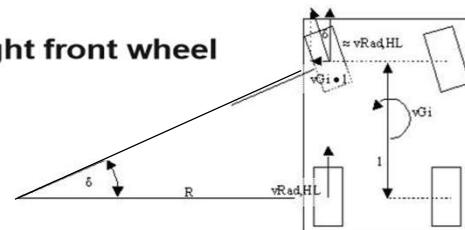
### Determination

#### Calculation of steering angle at left front wheel

$$\delta_{VL} = \arctan \left( \frac{vG_i \cdot l}{vRad_{HL}} \right)$$

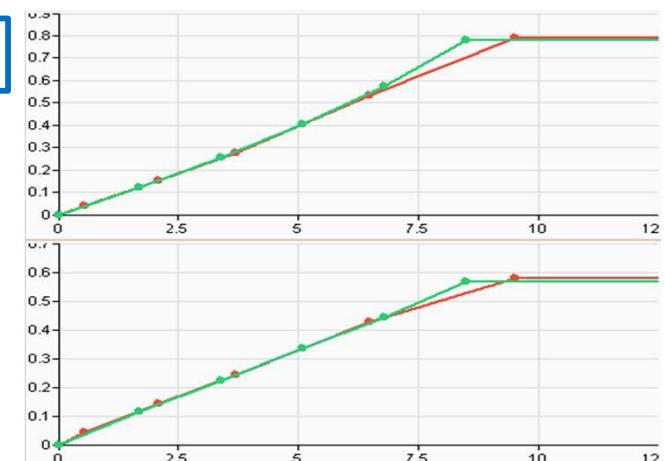
#### Calculation of steering angle at right front wheel

$$\delta_{VR} = \arctan \left( \frac{vG_i \cdot l}{vRad_{HR}} \right)$$

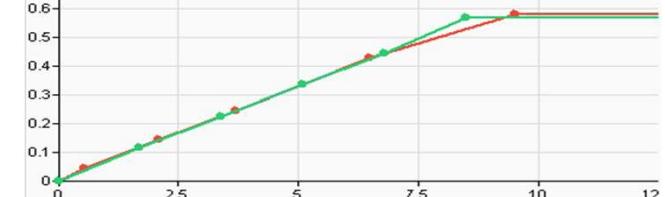


### Reporting

Inner  
wheel



Outer  
wheel



# Fahrdynamikregelsysteme

## Basis-Applikation: $V_{ch}$ – Characteristic Speed

### Purpose

The characteristic velocity ( $V_{ch}$ ) is needed for the yaw-rate controller (VDC) as well as for model-supported sensor monitoring (SMO) for applying the Ackermann equation.

### Maneuvers

Measuremen- t (no.)	Speed (km/h)	Direction
1	90	Right-hand curve
2	90	Left-hand curve
3	100	Right-hand curve
4	100	Left-hand curve
5	110	Right-hand curve
6	110	Left-hand curve

- vFzRef\_20
- ayToF\_20
- axToF\_20
- LwFine\_20 (only for FZR)
- LwKorr\_40 (only for SMO)
- LwInOfsFine\_40 (Unit: [Grad\_am\_LR])
- vGiF\_20
- GuelModb\_40

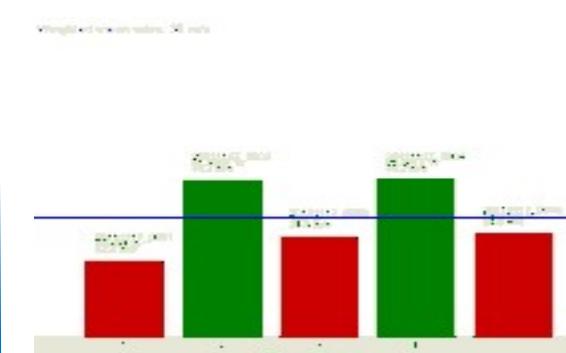
### Determination

#### Ackermann equation

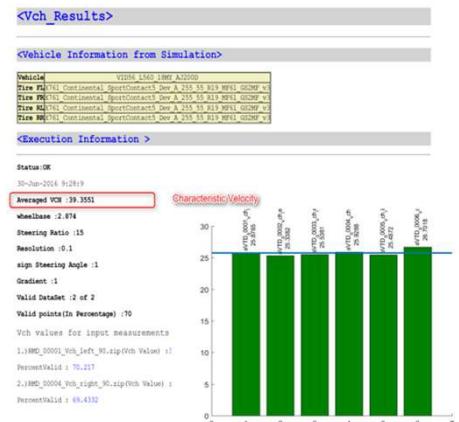
$$\dot{\psi} = \frac{v}{l \cdot \left(1 + \frac{v^2}{v_{ch}^2}\right)} \cdot \delta$$

- $\dot{\psi}$  (DOT!) is the yaw rate of the vehicle
- $v$  the velocity of the vehicle
- $v_{ch}$  the characteristic velocity
- $\delta$  the steering angle
- $l$  the wheelbase

### Reporting

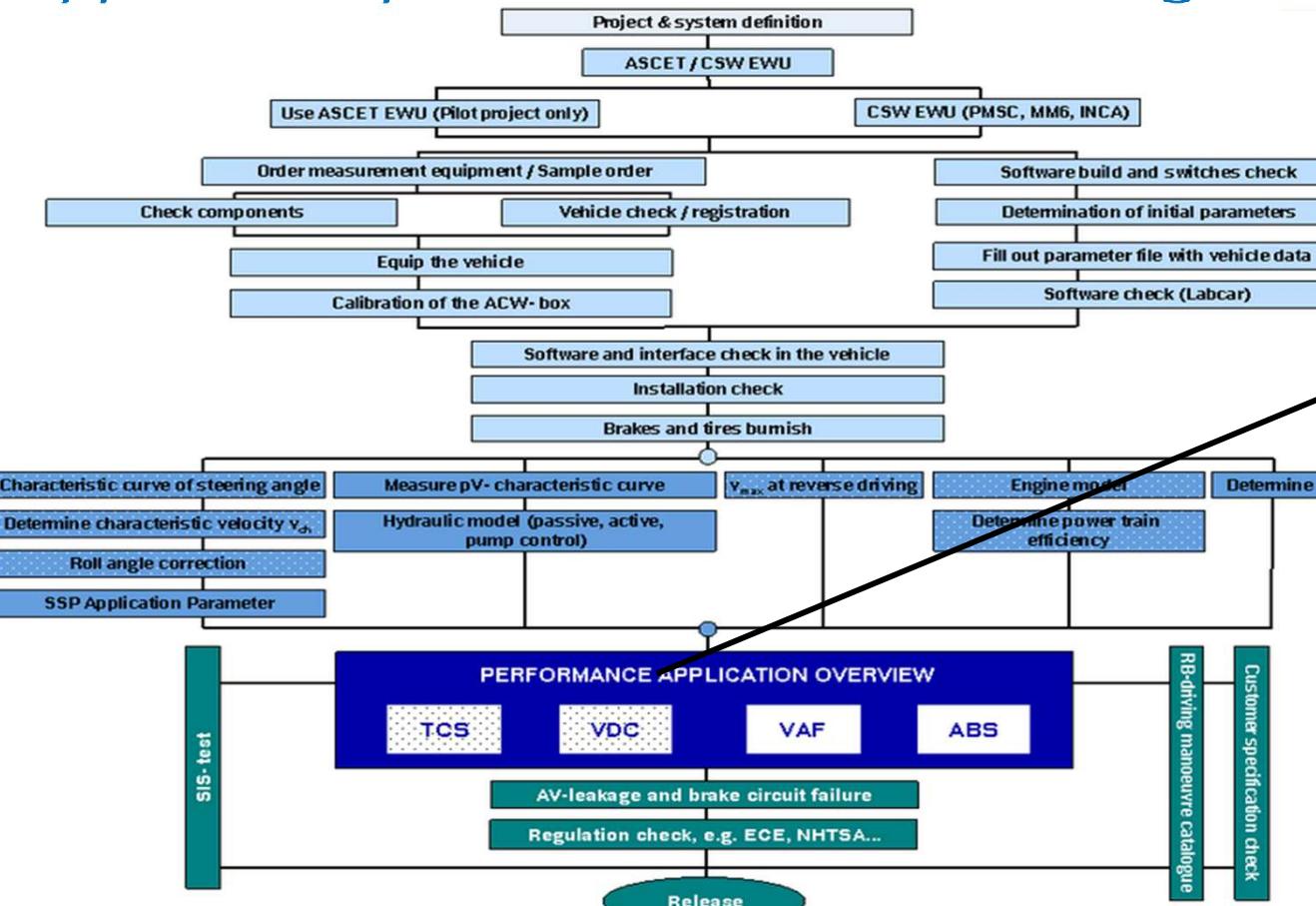


### Simulation Result



# Fahrdynamikregelsysteme

## Applikationsprozess – Parameter-Tuning u. Optimierung

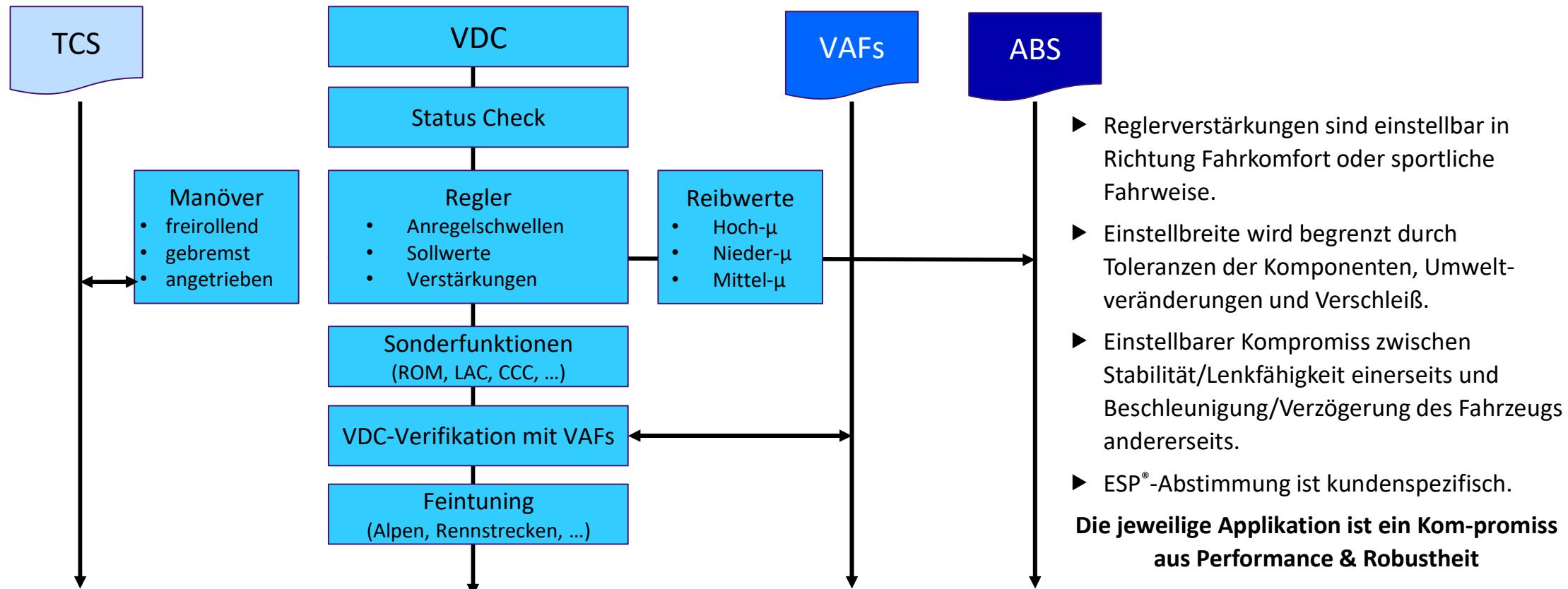


### Parameter-Tuning und -Optimierung

- ▶ Durchführung von Fahrversuchen und Analyse der Ergebnisse
- ▶ Sicherstellung der Systemleistung u. SW-Reife
- ▶ Parametertuning
  - ▶ Basis Applikation
  - ▶ Robustheits- und Performance Tuning
- ▶ Optimierung der Systemleistung gemäss BOSCH/Kunden-Spezifikation

# Fahrdynamikregelsysteme

## Performance&Robustheits Applikation



# Fahrdynamikregelsysteme

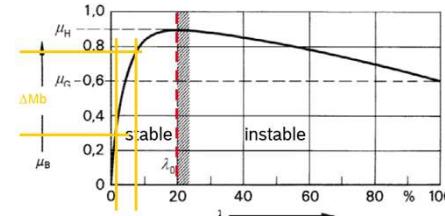
## Performance & Robustheits Applikation

### Initial:

- ▶ Applikation der unterlagerten Reglerteile (Hydraulikmodell, ABS, ASR, ...)
- ▶ Beim ASR der Zielschlupf für die Motorregelung als guter Kompromiss zwischen Traktion und Stabilität (Geradeaus/Kurven, high-/low- $\mu$ )
- ▶ VDC Überprüfung der Sollwertbildung der Giergeschwindigkeit

### Einstellen der Reglerverstärkungen

- ▶ Beim VDC kann die Stärke der Eingriffe über die Reglerverstärkungen beeinflusst werden (Kompromiss zwischen Stabilisierungsgüte und Komfort).
- ▶ Harte Eingriffe geschehen mittels Schlupfvorgabe
- ▶ weichere Eingriffe mittels Momentvorgabe
- ▶ Reglerverstärkungen:
  - ▶ Falls zu große, werden Schwingungen im Reglersystem erzeugt (z.B. ständiger Wechsel zwischen Über- und Untersteuern).
  - ▶ situationsspezifische Reglerverstärkungen und Sollwertbildungen erforderlich (z.B. bei Spurwechsel)



# Fahrdynamikregelsysteme

## Performance & Robustheits Applikation

### Überprüfung von

#### ► Sonderfällen wie

Bremskreisausfall, vertauschte/ausgefallene Radsensoren, Reifenpannen, Dachlast, zulässiges Gesamtgewicht, Systemübergänge, Ausfall CAN, Anhängerbetrieb, einseitig erhitzte Bremsen, etc.

#### ► Sonderfahrbahnen wie

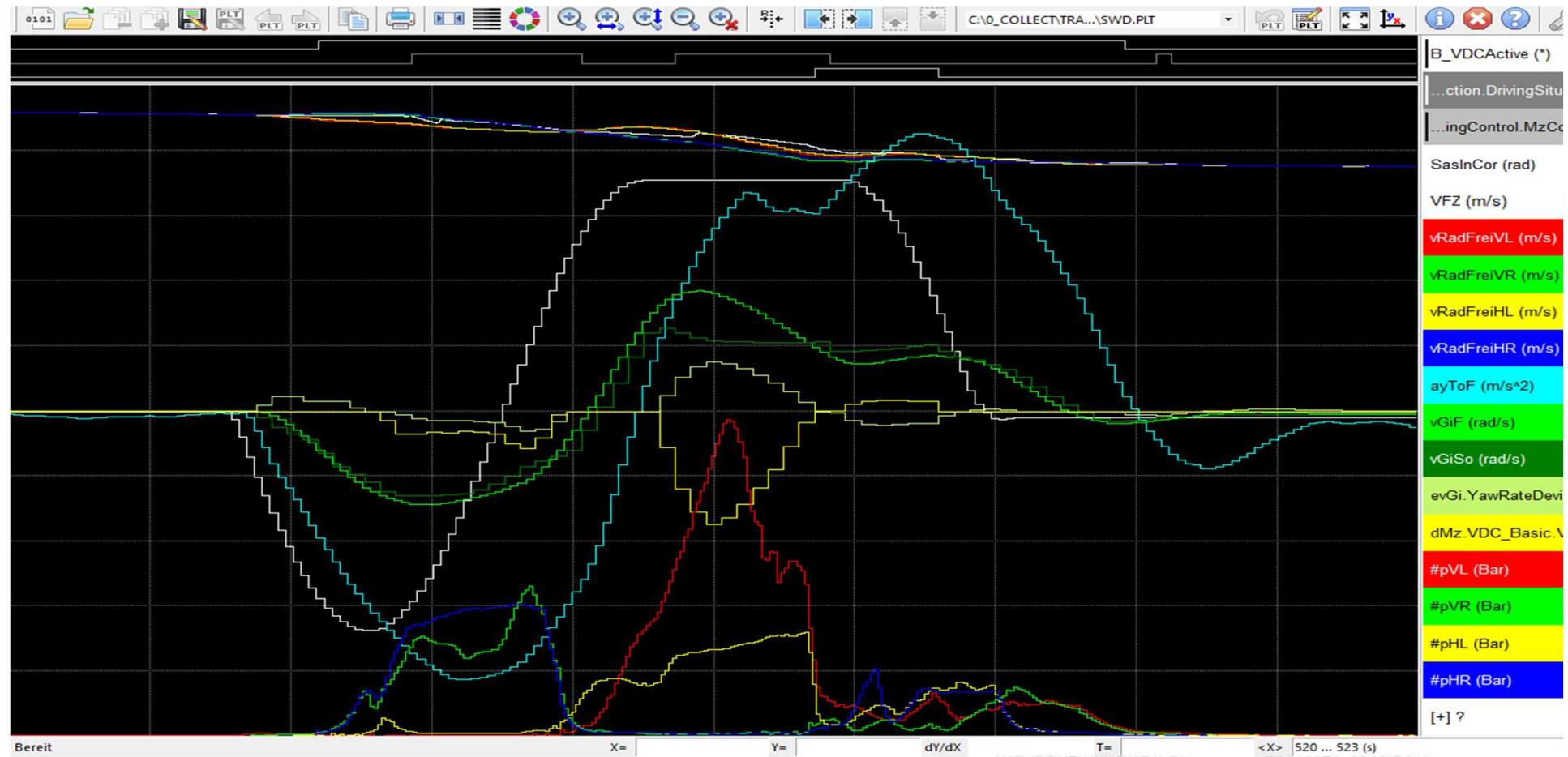
Schotter, Steilwand, Schlechtweg, Sprunghügel, Kanaldeckel, Querfugen, Aquaplaning, Spitzkehren, Spanische Schwellen, Bordsteinkante, Garageneinfahrt, etc.

#### ► Fahrzeug- und Sensor- und Einbautoleranzen wie

(Bremsbelagreibwert, Fahrwerkverschleiß, geringe Fahrwerkänderungen durch Unfall, Reifentypen, Reifentoleranzen, Reifenluftdruck, Notrad, Mischbereifung, Bremsengeräusche, Sensorfehler, Fehler in der Sensorsensorausrichtung, ...)

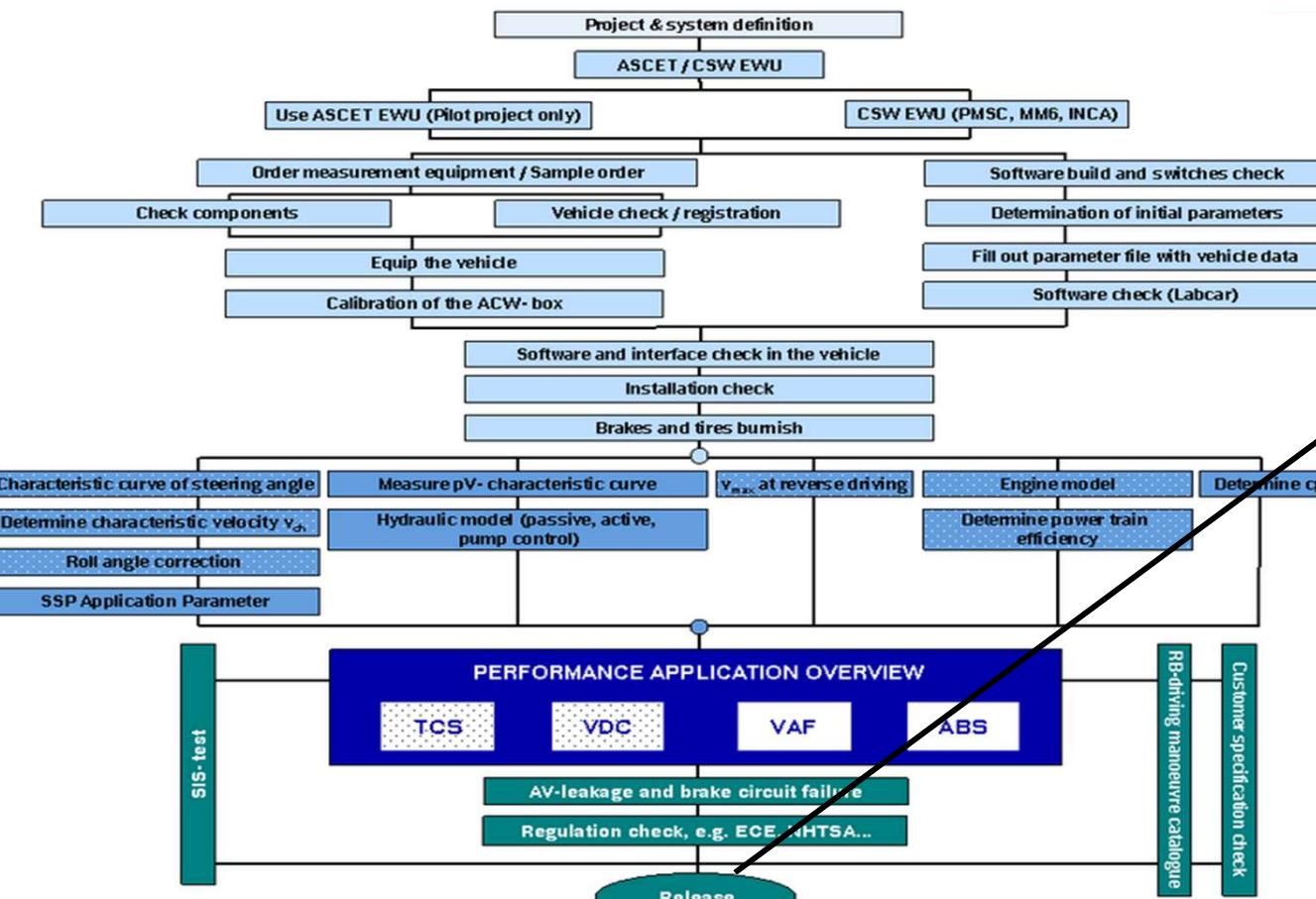
# Fahrdynamikregelsysteme

## Performance&Robustheits Applikation - Messung



# Fahrdynamikregelsysteme

## Applikationsprozess – Validierung & Freigabe



### System-Performance und -Validierung

- ▶ Systemintegrationstests
- ▶ Performancetests (z.B. Bremsweg)
- ▶ Validierungstests
- ▶ Kundenspezifische Tests
- ▶ Finale System Freigabe
- ▶ Sicherstellung der BOSCH Qualitätsziele
- ▶ Vermeidung von Beschwerden aus dem Feld

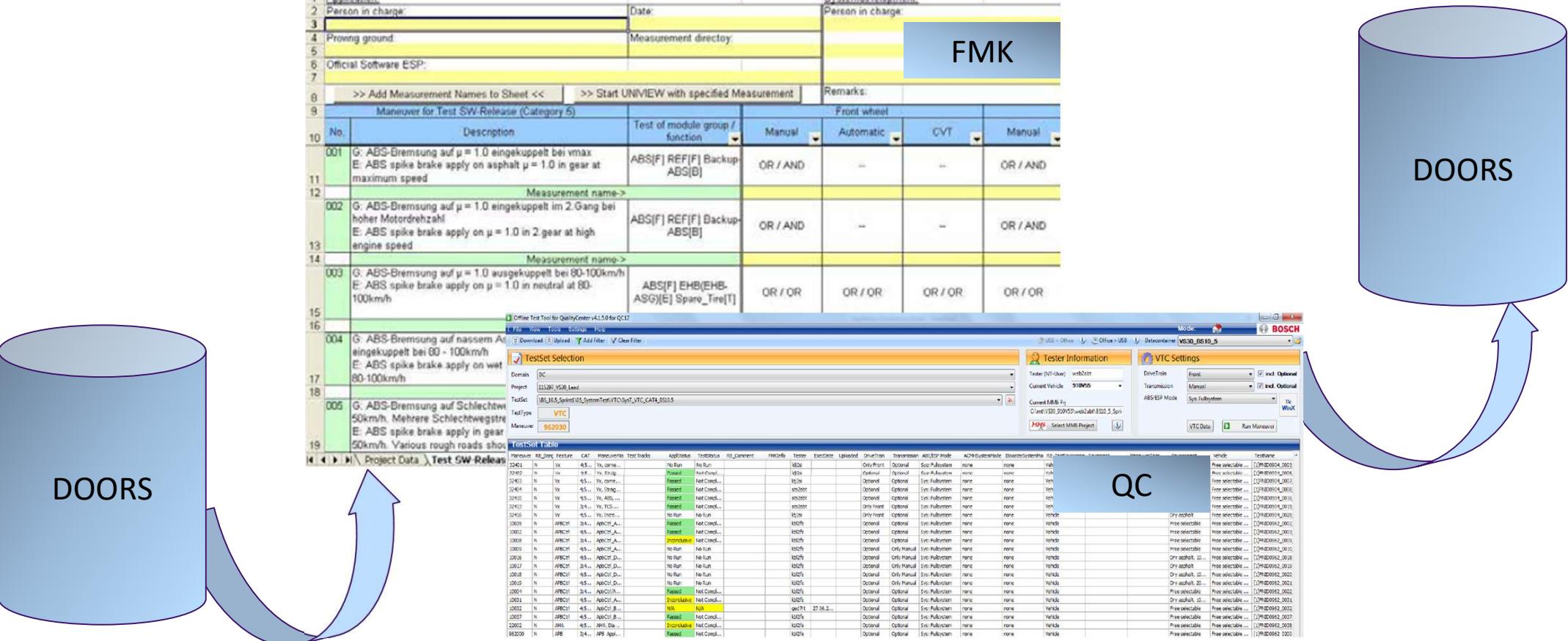
# Fahrdynamikregelsysteme

## Freigabe: Kategorien

Kategorie	Kat 1 Lokal	Kat 2 Intern	Kat 3 Entwick- lungsstand	Kat 4 Funktionsfr eigabe	Kat 5 Projektfrei- gabe
Verifikation	Lokaler Entwickler-stand	Basisfunktionen verifiziert	Funktionen qualitativ validiert	Funktionen validiert – Performance u. Komfort noch eingeschränkt	SW-Freigabe für Serienproduktion
Verfügbar für Kunde	Nein	Nein	Ja	Ja	Ja
Nutzung außerhalb ESP®-Projektteam	Nein	Nein	Trainierte Fahrer	Ja	Ja
Straßenfreigabe	Nein	Nein	Trainierte Fahrer	Ja	Ja
Freigabe Serienproduktion	Nein	Nein	Nein	Nein	Ja

# Fahrdynamikregelsysteme

## Freigabe: Fahrmanöverkatalog & Quality Center



The screenshot displays a software interface for managing vehicle maneuvers and test sets.

**Top Section:**

A	B	C	D	E	F	G	
1 Application:	System development:						
2 Person in charge:	Date:	Person in charge:					
3							
4 Proving ground:	Measurement directory:						
5							
6 Official Software ESP:							
7							
8 >> Add Measurement Names to Sheet <<	>> Start UNIVIEW with specified Measurement						
9	Remarks:						

**Middle Section:**

No.	Description	Test of module group / function	Front wheel			
			Manual	Automatic	CVT	Manual
001	G: ABS-Bremseung auf $\mu = 1.0$ eingekuppelt bei vmax E: ABS spike brake apply on asphalt $\mu = 1.0$ in gear at maximum speed	ABS[F] REF[F] Backup- ABS[B]	OR / AND	--	--	OR / AND
002	G: ABS-Bremseung auf $\mu = 1.0$ eingekuppelt im 2.Gang bei hoher Motordrehzahl E: ABS spike brake apply on $\mu = 1.0$ in 2-gear at high engine speed	ABS[F] REF[F] Backup- ABS[B]	OR / AND	--	--	OR / AND
003	G: ABS-Bremseung auf $\mu = 1.0$ ausgekuppelt bei 80-100km/h E: ABS spike brake apply on $\mu = 1.0$ in neutral at 80-100km/h	ABS[F] EHB(EHB- ASG)[E] Spare_Tire[T]	OR / OR	OR / OR	OR / OR	OR / OR
004	G: ABS-Bremseung auf nassem As eingekuppelt bei 80 - 100km/h E: ABS spike brake apply on wet 80-100km/h					
005	G: ABS-Bremseung auf Schlechtw 50km/h. Mehrere Schlechtwegstre E: ABS spike brake apply in gear 50km/h. Various rough roads sho					

**Bottom Section:**

Office Test Tool for QualityCenter v4.1.5.0 for Q17

TestSet Selection

Domain: DC  
Project: 111309\_VS30\_Lesl  
TestSet: ABS\_M05\_Sprint15\_SystemTest\TC\_Syst\_VTC\_CATE\_BSD.S  
TestType: VTC  
Maneuver: 862030

Project Data \ Test SW Releases

TestSet Table

Maneuver	Ref_Dir	TestSet	CAT	Procedures	Test Tracks	Applicable	TestStatus	TestComment	NetInfo	Tester	Execute	Uploaded	Duration	Transmission	Alt/ESP Mode	ACM/SysMode	Brake/SysMode	Int.	Vehicle	Vehicle
22401	N	VX	4.5...	1.0, come...	No Run	Optional	Net	Net Compl...	1026	Officer	Optional	None	none	none	none	none	none	Yeh	Yeh	
22402	N	VX	4.5...	1.0, come...	Passed	Optional	Net	Net Compl...	1026	Officer	Optional	Sync FullSystem	none	none	none	none	none	Yeh	Yeh	
22403	N	VX	4.5...	1.0, come...	Passed	Net	Net	Net Compl...	1026	Officer	Optional	Sync FullSystem	none	none	none	none	none	Yeh	Yeh	
22404	N	VX	4.5...	1.0, Stop...	Passed	Net	Net	Net Compl...	1026	Officer	Optional	Sync FullSystem	none	none	none	none	none	Yeh	Yeh	
22405	N	VX	4.5...	1.0, Abs...	Passed	Net	Net	Net Compl...	1026	Officer	Optional	Sync FullSystem	none	none	none	none	none	Yeh	Yeh	
22406	N	VX	4.5...	1.0, TCS...	Passed	Net	Net	Net Compl...	1026	Officer	Optional	Sync FullSystem	none	none	none	none	none	Yeh	Yeh	
22407	N	VX	4.5...	1.0, TCS...	Passed	Net	Net	Net Compl...	1026	Officer	Optional	Sync FullSystem	none	none	none	none	none	Yeh	Yeh	
22408	N	VX	4.5...	1.0, TCS...	Passed	Net	Net	Net Compl...	1026	Officer	Optional	Sync FullSystem	none	none	none	none	none	Yeh	Yeh	
22409	N	VX	4.5...	1.0, TCS...	Passed	Net	Net	Net Compl...	1026	Officer	Optional	Sync FullSystem	none	none	none	none	none	Yeh	Yeh	
22410	N	VX	4.5...	1.0, TCS...	Passed	Net	Net	Net Compl...	1026	Officer	Optional	Sync FullSystem	none	none	none	none	none	Yeh	Yeh	
22411	N	VX	4.5...	1.0, TCS...	Passed	Net	Net	Net Compl...	1026	Officer	Optional	Sync FullSystem	none	none	none	none	none	Yeh	Yeh	
22412	N	VX	4.5...	1.0, TCS...	Passed	Net	Net	Net Compl...	1026	Officer	Optional	Sync FullSystem	none	none	none	none	none	Yeh	Yeh	
22413	N	VX	4.5...	1.0, TCS...	Passed	Net	Net	Net Compl...	1026	Officer	Optional	Sync FullSystem	none	none	none	none	none	Yeh	Yeh	
22414	N	VX	4.5...	1.0, TCS...	Passed	Net	Net	Net Compl...	1026	Officer	Optional	Sync FullSystem	none	none	none	none	none	Yeh	Yeh	
22415	N	VX	4.5...	1.0, TCS...	Passed	Net	Net	Net Compl...	1026	Officer	Optional	Sync FullSystem	none	none	none	none	none	Yeh	Yeh	
22416	N	VX	4.5...	1.0, TCS...	Passed	Net	Net	Net Compl...	1026	Officer	Optional	Sync FullSystem	none	none	none	none	none	Yeh	Yeh	
22417	N	VX	4.5...	1.0, TCS...	Passed	Net	Net	Net Compl...	1026	Officer	Optional	Sync FullSystem	none	none	none	none	none	Yeh	Yeh	
22418	N	VX	4.5...	1.0, TCS...	Passed	Net	Net	Net Compl...	1026	Officer	Optional	Sync FullSystem	none	none	none	none	none	Yeh	Yeh	
22419	N	VX	4.5...	1.0, TCS...	Passed	Net	Net	Net Compl...	1026	Officer	Optional	Sync FullSystem	none	none	none	none	none	Yeh	Yeh	
22420	N	VX	4.5...	1.0, TCS...	Passed	Net	Net	Net Compl...	1026	Officer	Optional	Sync FullSystem	none	none	none	none	none	Yeh	Yeh	
22421	N	VX	4.5...	1.0, TCS...	Passed	Net	Net	Net Compl...	1026	Officer	Optional	Sync FullSystem	none	none	none	none	none	Yeh	Yeh	
22422	N	VX	4.5...	1.0, TCS...	Passed	Net	Net	Net Compl...	1026	Officer	Optional	Sync FullSystem	none	none	none	none	none	Yeh	Yeh	
22423	N	VX	4.5...	1.0, TCS...	Passed	Net	Net	Net Compl...	1026	Officer	Optional	Sync FullSystem	none	none	none	none	none	Yeh	Yeh	
22424	N	VX	4.5...	1.0, TCS...	Passed	Net	Net	Net Compl...	1026	Officer	Optional	Sync FullSystem	none	none	none	none	none	Yeh	Yeh	
22425	N	VX	4.5...	1.0, TCS...	Passed	Net	Net	Net Compl...	1026	Officer	Optional	Sync FullSystem	none	none	none	none	none	Yeh	Yeh	
22426	N	VX	4.5...	1.0, TCS...	Passed	Net	Net	Net Compl...	1026	Officer	Optional	Sync FullSystem	none	none	none	none	none	Yeh	Yeh	
22427	N	VX	4.5...	1.0, TCS...	Passed	Net	Net	Net Compl...	1026	Officer	Optional	Sync FullSystem	none	none	none	none	none	Yeh	Yeh	
22428	N	VX	4.5...	1.0, TCS...	Passed	Net	Net	Net Compl...	1026	Officer	Optional	Sync FullSystem	none	none	none	none	none	Yeh	Yeh	
22429	N	VX	4.5...	1.0, TCS...	Passed	Net	Net	Net Compl...	1026	Officer	Optional	Sync FullSystem	none	none	none	none	none	Yeh	Yeh	
22430	N	VX	4.5...	1.0, TCS...	Passed	Net	Net	Net Compl...	1026	Officer	Optional	Sync FullSystem	none	none	none	none	none	Yeh	Yeh	
22431	N	VX	4.5...	1.0, TCS...	Passed	Net	Net	Net Compl...	1026	Officer	Optional	Sync FullSystem	none	none	none	none	none	Yeh	Yeh	
22432	N	VX	4.5...	1.0, TCS...	Passed	Net	Net	Net Compl...	1026	Officer	Optional	Sync FullSystem	none	none	none	none	none	Yeh	Yeh	
22433	N	VX	4.5...	1.0, TCS...	Passed	Net	Net	Net Compl...	1026	Officer	Optional	Sync FullSystem	none	none	none	none	none	Yeh	Yeh	
22434	N	VX	4.5...	1.0, TCS...	Passed	Net	Net	Net Compl...	1026	Officer	Optional	Sync FullSystem	none	none	none	none	none	Yeh	Yeh	
22435	N	VX	4.5...	1.0, TCS...	Passed	Net	Net	Net Compl...	1026	Officer	Optional	Sync FullSystem	none	none	none	none	none	Yeh	Yeh	
22436	N	VX	4.5...	1.0, TCS...	Passed	Net	Net	Net Compl...	1026	Officer	Optional	Sync FullSystem	none	none	none	none	none	Yeh	Yeh	
22437	N	VX	4.5...	1.0, TCS...	Passed	Net	Net	Net Compl...	1026	Officer	Optional	Sync FullSystem	none	none	none	none	none	Yeh	Yeh	
22438	N	VX	4.5...	1.0, TCS...	Passed	Net	Net	Net Compl...	1026	Officer	Optional	Sync FullSystem	none	none	none	none	none	Yeh	Yeh	
22439	N	VX	4.5...	1.0, TCS...	Passed	Net	Net	Net Compl...	1026	Officer	Optional	Sync FullSystem	none	none	none	none	none	Yeh	Yeh	
22440	N	VX	4.5...	1.0, TCS...	Passed	Net	Net	Net Compl...	1026	Officer	Optional	Sync FullSystem	none	none	none	none	none	Yeh	Yeh	
22441	N	VX	4.5...	1.0, TCS...	Passed	Net	Net	Net Compl...	1026	Officer	Optional	Sync FullSystem	none	none	none	none	none	Yeh	Yeh	
22442	N	VX	4.5...	1.0, TCS...	Passed	Net	Net	Net Compl...	1026	Officer	Optional	Sync FullSystem	none	none	none	none	none	Yeh	Yeh	
22443	N	VX	4.5...	1.0, TCS...	Passed	Net	Net	Net Compl...	1026	Officer	Optional	Sync FullSystem	none	none	none	none	none	Yeh	Yeh	
22444	N	VX	4.5...	1.0, TCS...	Passed	Net	Net	Net Compl...	1026	Officer	Optional	Sync FullSystem	none	none	none	none	none	Yeh	Yeh	
22445	N	VX	4.5...	1.0, TCS...	Passed	Net	Net	Net Compl...	1026	Officer	Optional	Sync FullSystem	none	none	none	none	none	Yeh	Yeh	
22446	N	VX	4.5...	1.0, TCS...	Passed	Net	Net	Net Compl...	1026	Officer	Optional	Sync FullSystem	none	none	none	none	none	Yeh	Yeh	
22447	N	VX	4.5...	1.0, TCS...	Passed	Net	Net	Net Compl...	1026	Officer	Optional	Sync FullSystem	none	none	none	none	none	Yeh	Yeh	
22448	N	VX	4.5...	1.0, TCS...	Passed	Net	Net	Net Compl...	1026	Officer	Optional	Sync FullSystem	none	none	none	none	none	Yeh	Yeh	
22449	N	VX	4.5...	1.0, TCS...	Passed	Net	Net	Net Compl...	1026	Officer	Optional	Sync FullSystem	none	none	none	none	none	Yeh	Yeh	
22450	N	VX	4.5...	1.0, TCS...	Passed	Net	Net	Net Compl...	1026	Officer	Optional	Sync FullSystem	none	none	none	none	none	Yeh	Yeh	
22451	N	VX	4.5...	1.0, TCS...	Passed	Net	Net	Net Compl...	1026	Officer	Optional	Sync FullSystem	none	none	none	none	none	Yeh	Yeh	
22452	N	VX	4.5...	1.0, TCS...	Passed	Net	Net	Net Compl...	1026	Officer	Optional	Sync FullSystem	none	none	none	none	none	Yeh	Yeh	
22453	N	VX	4.5...	1.0, TCS...	Passed	Net	Net	Net Compl...	1026	Officer	Optional	Sync FullSystem	none	none	none	none	none	Yeh	Yeh	
22454	N	VX	4.5...	1.0, TCS...	Passed	Net	Net	Net Compl...	1026	Officer	Optional	Sync FullSystem	none	none	none	none	none	Yeh	Yeh	
22455	N	VX	4.5...	1.0, TCS...	Passed	Net	Net	Net Compl...	1026	Officer	Optional	Sync FullSystem	none	none	none	none	none	Yeh	Yeh	
22456	N	VX	4.5...	1.0, TCS...	Passed	Net	Net	Net Compl...	1026	Officer	Optional	Sync FullSystem	none	none	none	none	none	Yeh	Yeh	
22457	N	VX	4.5...	1.0, TCS...	Passed	Net	Net	Net Compl...	1026	Officer	Optional	Sync FullSystem	none	none	none	none	none	Yeh	Yeh	
22458	N	VX	4.5...	1.0, TCS...	Passed	Net	Net	Net Compl...	1026	Officer	Optional	Sync FullSystem	none	none	none	none	none	Yeh	Yeh	
22459	N	VX	4.5...	1.0, TCS...	Passed	Net	Net	Net Compl...	1026	Officer	Optional	Sync FullSystem	none	none	none	none	none	Yeh	Yeh	
22460	N	VX	4.5...	1.0, TCS...	Passed	Net	Net	Net Compl...	1026	Officer	Optional	Sync FullSystem	none	none	none	none	none	Yeh	Yeh	
22461	N	VX	4.5...	1.0, TCS...	Passed	Net	Net	Net Compl...	1026	Officer	Optional	Sync FullSystem	none	none	none	none	none	Yeh	Yeh	
22462	N	VX	4.5...	1.0, TCS...	Passed	Net	Net	Net Compl...	1026	Officer	Optional	Sync FullSystem	none	none	none	none	none	Yeh	Yeh	
22463	N	VX	4.5...	1.0, TCS...	Passed	Net	Net	Net Compl...	1026	Officer	Optional	Sync FullSystem	none	none	none	none	none	Yeh	Yeh	
22464	N	VX	4.5...	1.0, TCS...	Passed	Net	Net	Net Compl...	1026	Officer	Optional	Sync FullSystem	none	none	none	none	none	Yeh	Yeh	
22465	N	VX	4.5...	1.0, TCS...	Passed	Net	Net	Net Compl...	1026	Officer	Optional	Sync FullSystem	none	none	none	none	none	Yeh	Yeh	
22466	N	VX	4.5...	1.0, TCS...	Passed	Net	Net	Net Compl...	1026	Officer	Optional	Sync FullSystem	none	none	none	none	none	Yeh	Yeh	
22467	N	VX	4.5...	1.0, TCS...	Passed	Net	Net	Net Compl...	1026	Officer	Optional	Sync FullSystem	none	none	none	none	none	Yeh	Yeh	
22468	N	VX	4.5...																	

# Fahrdynamikregelsysteme

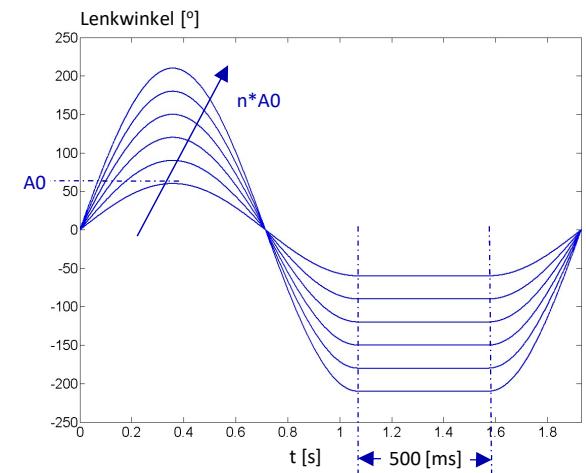
## Freigabe: ESP®-Performance Check

### Zielsetzung:

- ▶ Zunehmende Verbreitung von ESP® erforderte einen Test zum Nachweis der Funktionalität
  - ▶ Weltweit durchführbar
  - ▶ Standardisiert
  - ▶ Repräsentatives Manöver
  - ▶ Nachweis von Stabilität und Lenkfähigkeit
  - ▶ Begrenzter Testaufwand
  - ▶ Differenzierung der Systeme (Yaw Rate Sensor)
- ▶ Realisierung
  - ▶ NA (NHSTA): FMVSS126-Test (2007)
  - ▶ EU: ECE Reg 13H & Euro NCAP ESC Test (2011-2014)
  - ▶ UN/ECE: weitere Länder

### Manöver – Sine with Dwell:

- ▶ Fahrbahn: hoch-mue
- ▶  $80 \pm 2 \text{ km/h}$ , hoher Gang
- ▶ Sinuslenken mit  $0.7 \text{ Hz}$
- ▶ Haltezeit:  $500 \text{ ms}$
- ▶  $A_0$ -Amplitude für  $a_y = 0.3g$
- ▶  $n \cdot A_0 @ 0.3g$  ( $n = 2 \dots 7$ )
- ▶ Max. Amplitude:  $\sim 270^\circ$
- ▶ Ausführung mittels Lenkroboter

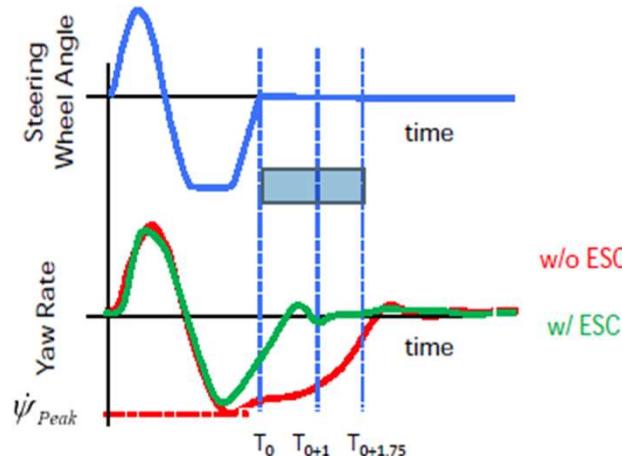


# Fahrdynamikregelsysteme

## Freigabe: ESP®-Performance Check

### Kriterien:

- Abklingen der Drehrate (Stabilität)
- Seitlicher Versatz des Fahrzeugs (Lenkfähigkeit)



$$YRR = 100 * \left( \frac{\dot{\psi}(\text{at time } t)}{\dot{\psi}_{Peak}} \right) \begin{cases} \text{at } T_{0+1} \leq 35\% \\ \text{at } T_{0+1.75} \leq 20\% \end{cases}$$

$$\int_{t_0}^{t_0+1.07} \int_{t_0}^{t_0+1.07} A y_{c.G.}(t) dt \geq 1.83 \text{ m}$$



# Fahrdynamikregelsysteme

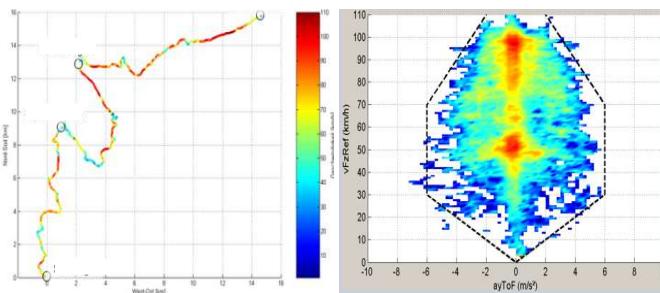
## Freigabe: TC – Threshold Consumption (Robustheit)

### Purpose

Monitoring the behaviour of the ESP® and vehicle under „normal“ conditions in over- and under steering situation on standardized roads by:

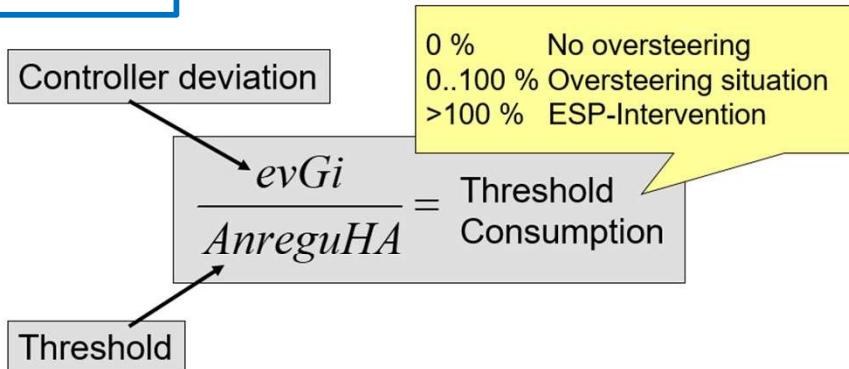
- ▶ a sportive driving style according to StVO
- ▶ on a crosscountry road with varying road conditions
- ▶ with no ESP®-interventions to be expected

### Maneuvers

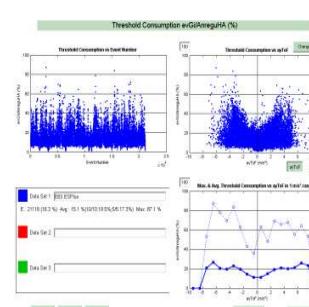


- $V_{max}$ : 100km/h
- Lat-ACC:  $< \pm 6\text{m/s}^2$
- StVO to be considered
- Round trip

### Determination



### Reporting

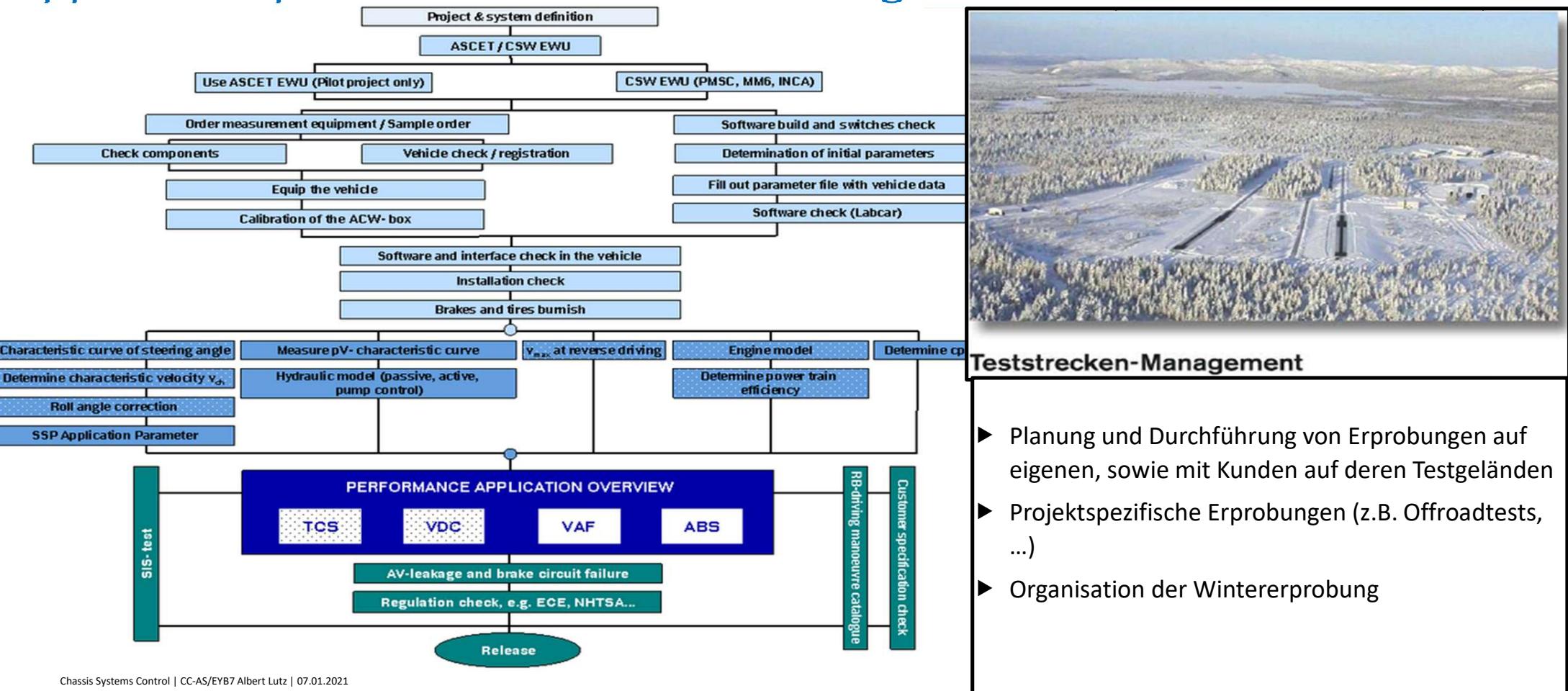


E.: 6011 (4.3%) Avg.: 14.9% (-6/0: 15.7%; 0/6: 11.3%) Max: 73.4%

- Avg. < x%: Calibration ok
- x% < Avg. < y% : Calibration to be checked
- Avg. > y%: Re-Calibration needed

# Fahrdynamikregelsysteme

## Applikationsprozess – Teststrecken Management



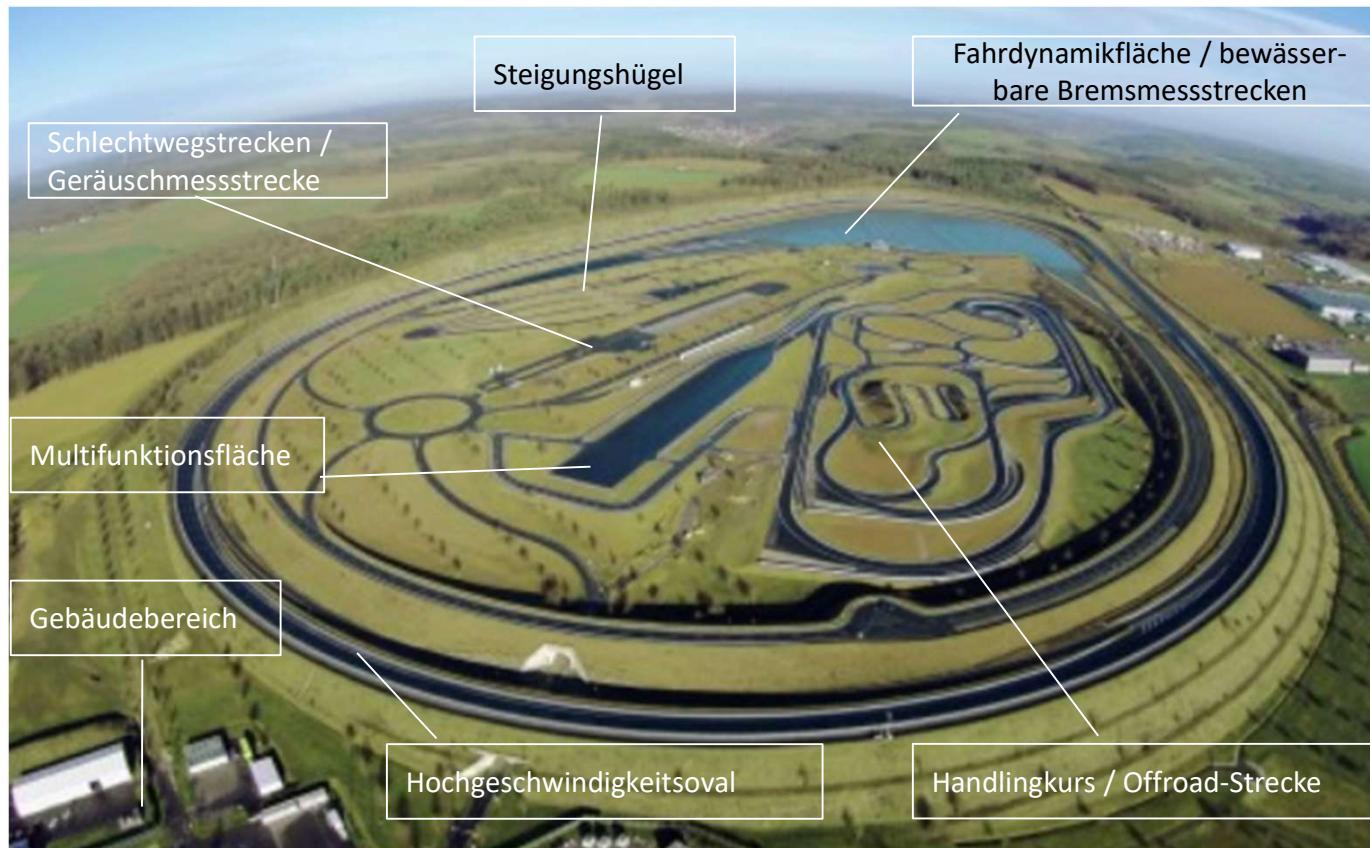
# Fahrdynamikregelsysteme

## CC – Testgelände ww



# Fahrdynamikregelsysteme

## Prüfzentrum Boxberg - PBx



über

15 km



Teststrecken stehen für Testfahrten und Systemerprobungen zur Verfügung.

effiziente

Erprobungen

dank umfangreicher Teststrecken, kompetenter Ansprechpartner und kurzer Wege zwischen Teststrecke und Hauptgebäude. Das spart Zeit im Ablauf.

mehr als

80

Entwicklungseinrichtungen aus dem Automobilbereich liegen im Umkreis von 120 km.

Anzahl Streckenteile

20

Die Vielfalt der Teststrecken bietet ideale Voraussetzungen für alle Kunden und jeden Fahrzeugtyp.



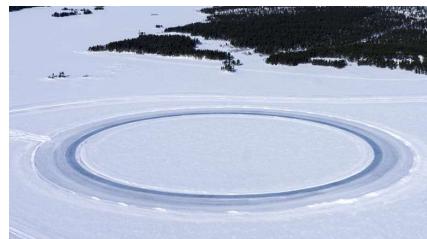
# Fahrdynamikregelsysteme

## Highlights des CC-Wintertestzentrums Vaitoudden

Handlingkurse  
Land / See



Kreise versch.  
Radien



Packed Snow / Schachbrett/Stadtkurs/  
Steigungshügel/ ABS- u. ASR-Strecken/  
 $\mu$ -Split-Kurve



Dynamik-  
fläche



# Fahrdynamikregelsysteme ww Sonderstrecken

Straßenfreigabe: low-mue



Robustheit: Alpen, NNR



ROM/RMI



Seitenwind



Offroad



Wüste/Sand



Schlamm



Fels

 **BOSCH**