

Gesamtheitlicher Bremsenentwicklungsansatz unter dem Einfluss von EU7



Kurzvorstellung:



Dipl. Ing. Christof Danner
Project Manager Chassis Integration
AVL List GmbH
Graz
christof.danner@avl.com

Zuständigkeitsbereich:

- Chassis Projekte
- Elektromechanische Bremse
- Bremsencontroller (ABS/ASR/ESP)
- Bremsemissionen
- Objektivierung Off Road

Agenda

1

Hintergrund und Randbedingungen

2

Messungen am Prüfstand

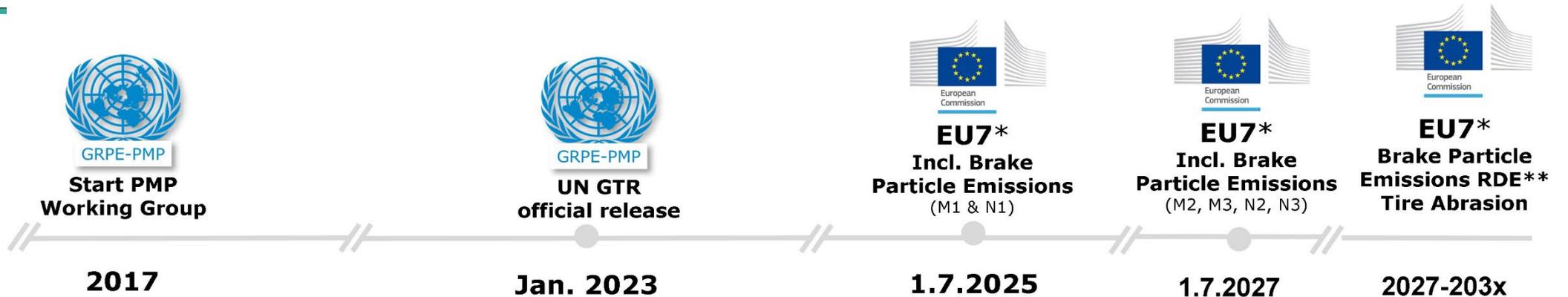
3

Emission Engineering / Bremsenentwicklung

4

Zusammenfassung, Outlook

Brake Emission Hintergrund, Limits, Road map



First Recuperation approach



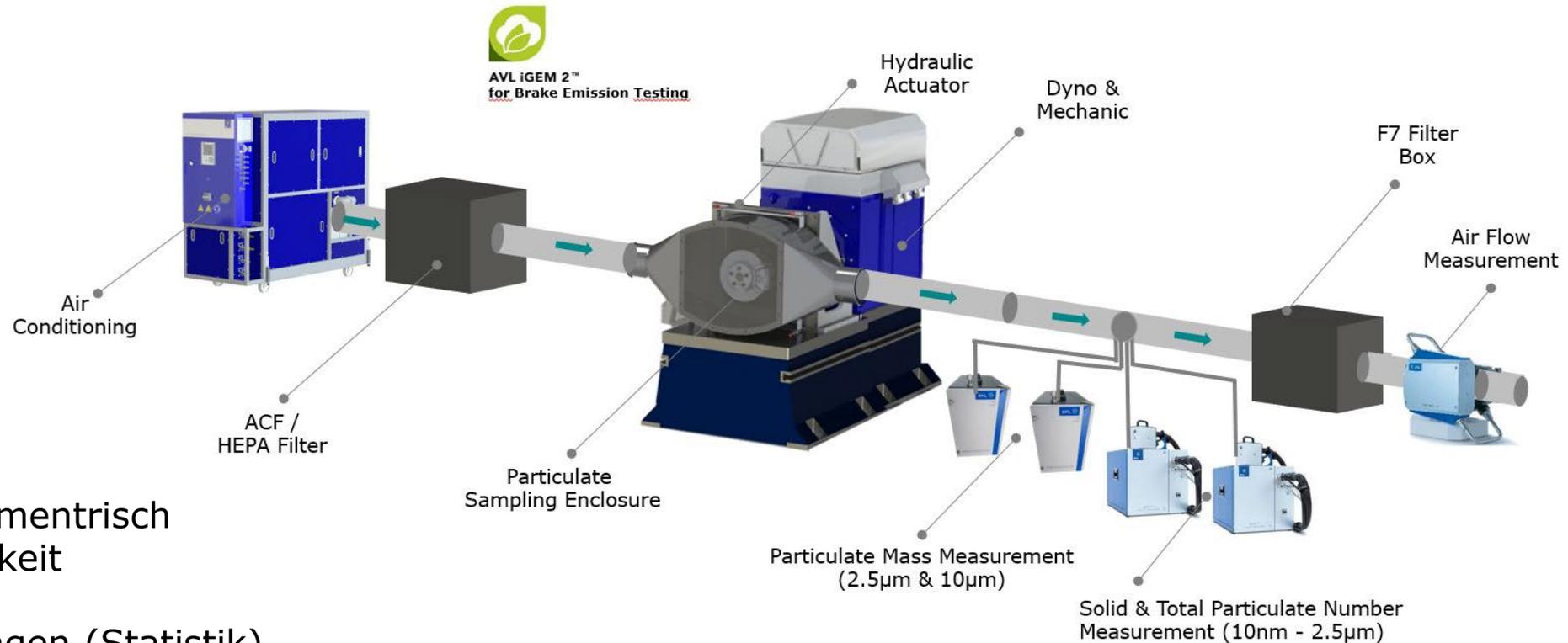
Table 5.1.
Friction braking share coefficients for all vehicle types

Brake type	Vehicle Type	Friction Braking Share Coefficient (c)
Full-friction braking	ICE and other vehicle types not covered in the non-friction braking categories in this Table	1.0
Non-friction braking	NOVC-HEV Cat.1	0.63
	NOVC-HEV Cat.2	0.45
	OVC-HEV	0.30
	PEV	0.15

Note: A detailed testing methodology to determine vehicle-specific friction braking share coefficients will be included in the first amendment to this UN GTR.

*EU7 Proposal; Proposal for a REGULATION OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL; 10th of November 2022
 Brake Particle Emission: Limit $PM_{10} \leq 7mg/km/Vehicle$
 **RDE...Real Driving Emissions

Standard Messungen Brake Emission (GTR) Entwicklung & Homologation

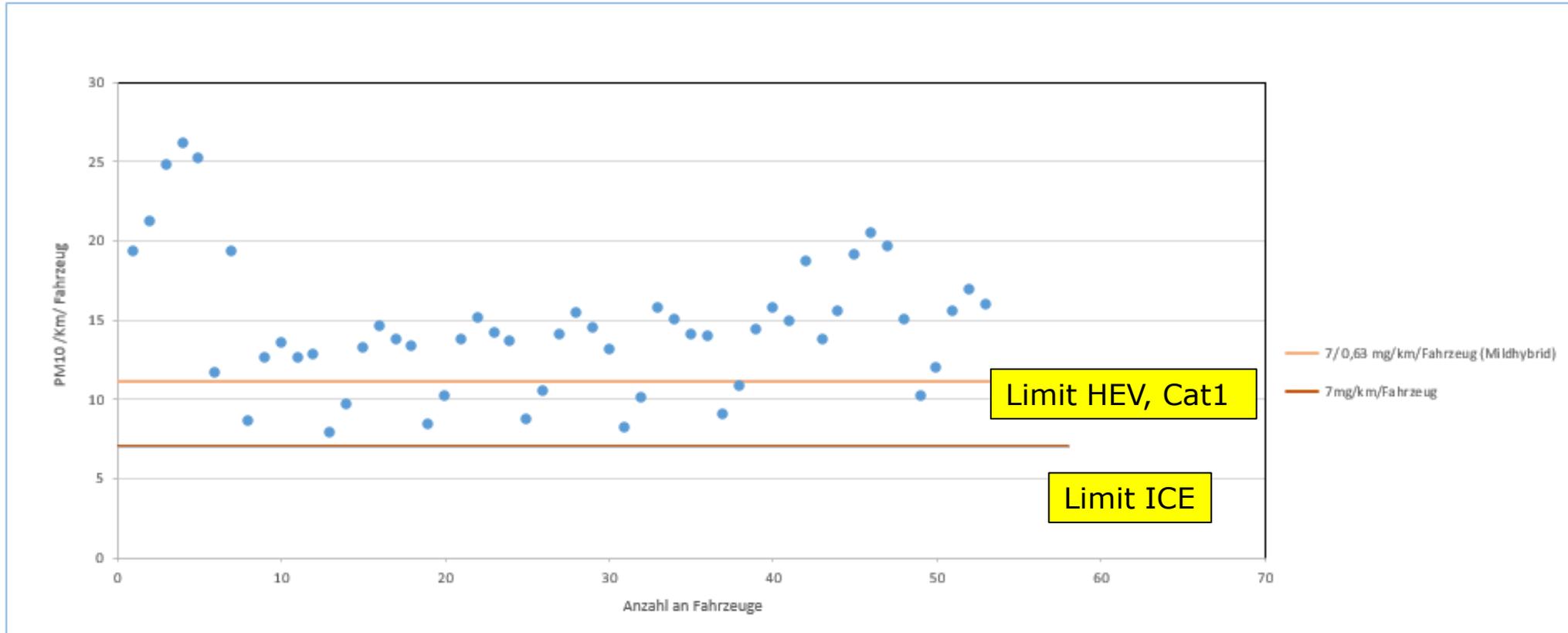


Möglichkeiten / Services

- Doku geometrisch & gravimetric
- Oberfläche Härte / Rauigkeit
- Materialanalysen
- Zusätzliche PM/PN Messungen (Statistik)
- Partikel Größenverteilung
- DTV Messung
- Hochauflösende Restschleifmomentmessung
- Homologationsmessungen

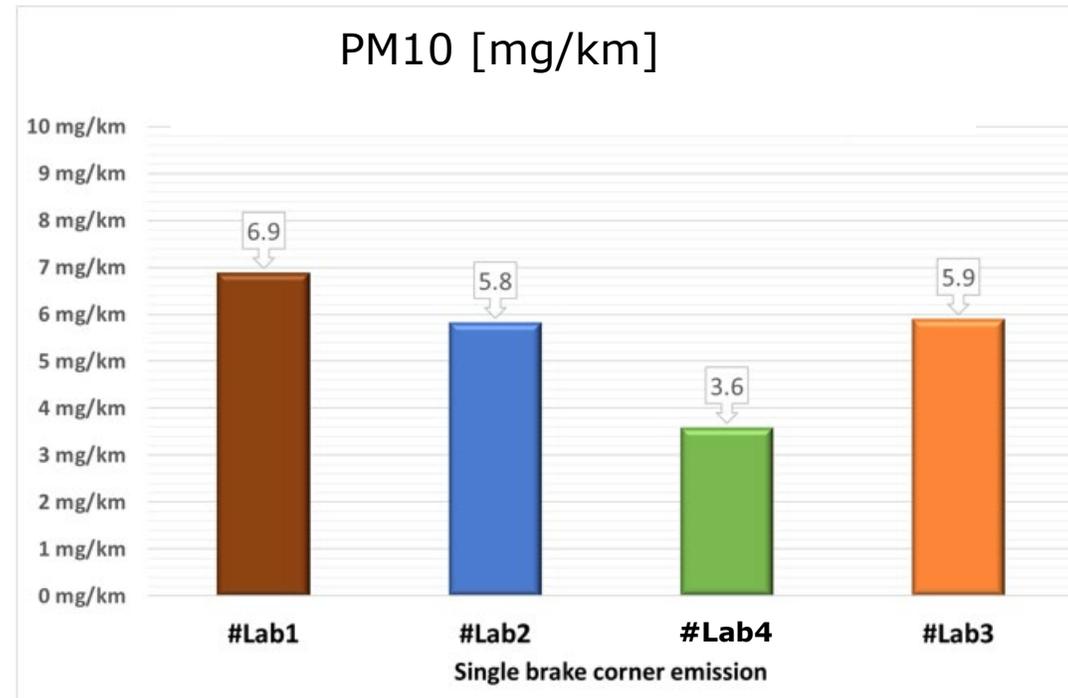
Status Bremsanlagen heute

Verschiedene Fahrzeug- / Bremsenvarianten



Die meisten Bremsen erfüllen derzeit das kommende Limit nicht

Streuung bei PM10 Messungen zwischen Laboren



Fazit: das Entwicklungsziel (pro Fahrzeug) muß deutlich unter 7 mg liegen, um eine Zertifizierung zu gewährleisten!



Brake Emission Familienbildung

Digest from "GRPE-87-40e_clean"

- In chapter 5.2 it is stated that it is possible to create a **brake emissions family**
- Chapter 5.2.1 says that a family can be created when the **brake hardware is identical** for different vehicles
- Chapter 5.2.2 defines **which** of the vehicles with the identical brake hardware **is the parent** („unit to test“)
 - the vehicle with the highest product of **friction braking share coefficient** and **test wheel load** (aka **applied wheel load**) as defined in paragraph 3.1.14. ($WLT \cdot c$) shall be selected as **parent of the brake emissions family**.

Example for M1 vehicle category / applies for front axle (FAF) or rear axle (RAF)

Test Wheel Load = Nominal Wheel Load x 0,87 ($WLT-f = WLN-f \cdot 0,87$), WLT-r and WLN-r for rear axle

Nominal Wheel Load = Vehicle Test Mass x Brake Force Distribution Front ($WLN-f = M_{veh} \cdot FAF$), WLN-r and RAF for rear axle

Vehicle Test Mass = Mass in Running Order + optional fitted equipment ($M_{veh} = MRO + add. equ.$)

Mass in Running Order = Mass of the Vehicle + Mass of the Driver ($MRO = MotV + 75kg$)

Mass of the Vehicle = with > 90% fuel, all liquids, in std. equipment

Remark: For Nx category (carriage of goods) the Test Wheel Load calculation is slightly different

Friction braking share coefficient „c“ is depending on the vehicle type, means:

- ICE $C_{ICE} = 1$
- NOVC-HEV Cat. 1 $C_{NOVC-HEV Cat1} = 0,63$
- NOVC-HEV Cat. 2 $C_{NOVC-HEV Cat2} = 0,45$
- OVC-HEV $C_{OVC-HEV} = 0,30$
- PEV $C_{PEV} = 0,15$

eg. 48V MHEV (<20V and <=60V) (full friction braking)
(>60V) (non friction braking)

(full friction braking)
(non friction braking)
(non friction braking)
(non friction braking)

Test Wheel Load * C. vehicle type

Brake Emission Engineering

Unterschiedliche Szenarien

Neue Fahrzeuge, Freiheiten beim Konzept

- Bewertung / Selektion Bremsenkonzept
 - Scheibe
 - Trommel
 - EMB
 - Integrierte Lamellenbremse
 - Elektrifizierungslevel
- Erstmessung / Dokumentation
- Iterationen aus
 - Emissionsmessung / Gegenmessung
 - NVH Messungen (Komponente)
 - Performance (Simulation, PS)



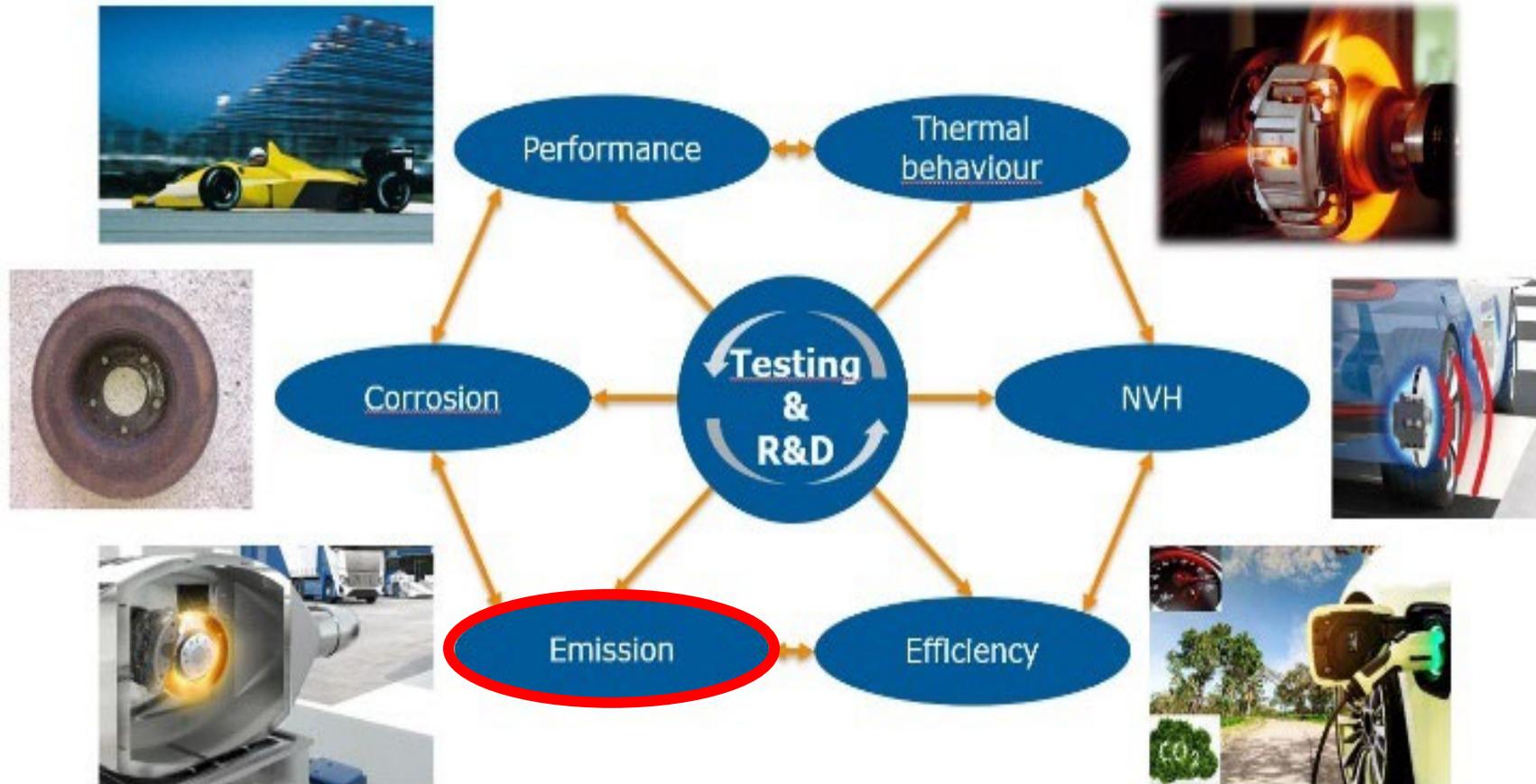
Fertige Konzepte / Bremsen

- Definition des relevanten Fahrzeugs für Zertifizierung (Familienbildung)
- Erstmessung → Größe der Abweichung
- Selektion Maßnahme (Beispiele):
 - Beschichtete Scheibe
 - NAO Belag
 - Filter, ...
- Iterationen aus
 - Emissionsmessung / Gegenmessung
 - NVH Messungen (Komponente oder Fzg)
 - Performance (Simulation, PS oder Fzg)



- Zertifizierung Bremsemissionen (Komponenten, Prüfstand)
- Homologation Bremssystem (Fahrzeug)
- Sicherstellung Life time

Herausforderungen im Gesamtsystem



Schwerpunkt Balancing der wichtigsten Attribute von Fahrzeug und Bremse

Ansätze für Emissionsreduzierung

Technical options	Degree of emission reduction	Catch rates	Cost of component	Integration effort	Packaging requirements	Impact on other components/performance	Serviceability	Operational robustness	Cycle relevant (4/20)	GENERAL EVALUATION
Coated Discs	●	n.a.	●	●	●	●	●	●	Y	●
Friction materials (e.g. brake pads)	●	n.a.	●	●	●	●	●	●	Y	●
Recuperative braking	●	n.a.	●	●	●	●	●	●	Y	●
Reduced drag torque	●	n.a.	●	●	●	●	●	●	Y	●
Active filtering (s. Tallano)	●	●	●	○	○	●	●	●	Y	●
Passive filtering (s. M&H)	●	●	●	●	●	●	●	●	Y	●

Nächster Schritt: Verfeinerung der Bewertung über mathematische Ansätze

Entwicklungsansatz Bremse & Vehicle

Die neuesten Ankündigungen rund um Brake Emission & EU7 erfordern eine Anpassung der Services, die das Ziel haben, trotz Modifikationen zur Erfüllung der EU7 ein kundentaugliches System darzustellen.

Brake Emission „Testing as a Service“



Brake Emission Engineering, Zertifizierung (Komponente)



Brake Attribute Engineering: Performance / - NVH / - Thermal / - ...



Brake system Homologation (Fahrzeug)



One Stop Shop

Aktuelle Entwicklungsthemen Materialien



Aluscheibe Floby



Carbonscheibe



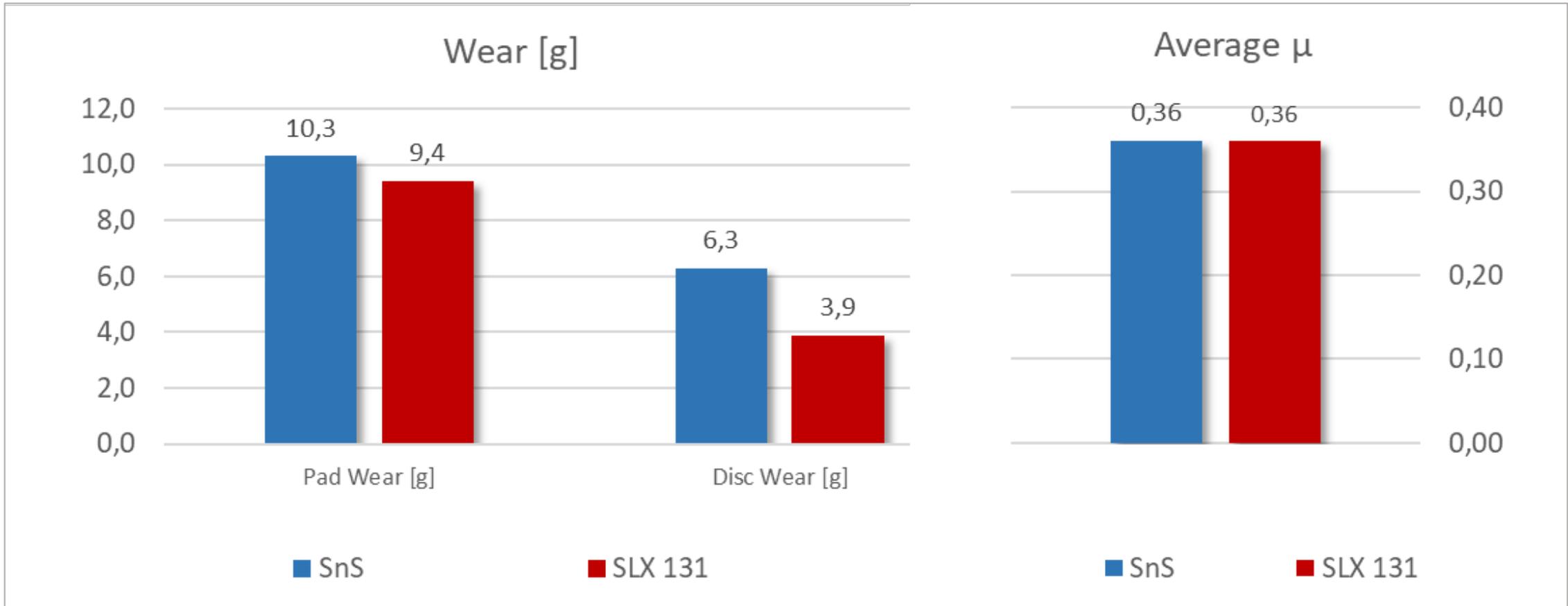
Lifetime beschichtete Gußscheibe



Trommelbremse



Bremsbeläge, Kooperation mit Tribotecc



Pad Wear: -9%

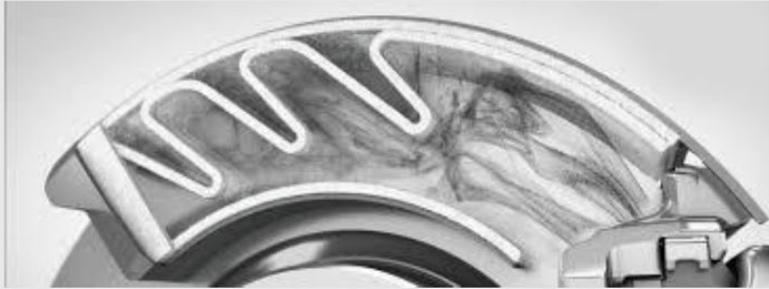
Disc Wear: -38%

Average: equal

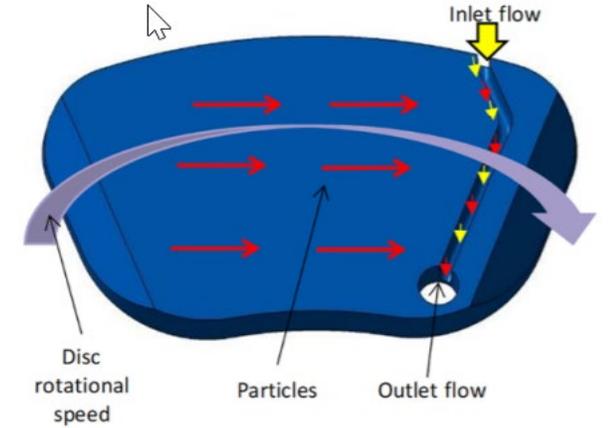
→ Improvement of wear properties

→ Next step Emissionsmessungen bei AVL Graz

Aktuelle Entwicklungsthemen Filtersysteme



Passiver Filter / Mann&Hummel



Aktiver Filter / Tallano



Package of components @ complete axle

Aktuelle Entwicklungsthemen LKW Bremse, Simulation



**Aktuell keine Richtlinien
definiert, Prüfstandsaufbau
in Arbeit, Kooperation mit
OEM**

Simulation:

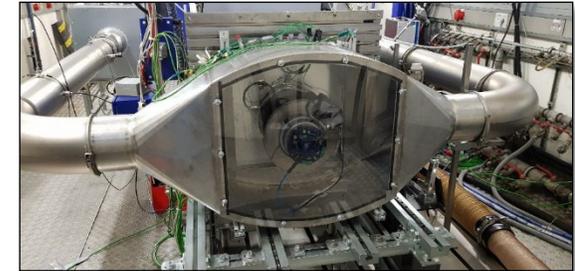
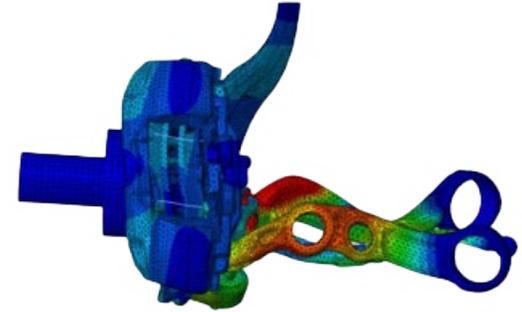
- Fahrzeug / Rekuperation / Fahrstrategien
- CFD / Partikelverteilung
- Bremsleistung
- NVH
- Temperaturverhalten (Pässe, Rundstrecke)
- Belagverschleiß
- Controller (ABS / ASR / ESP)

Bremsen Entwicklung

System & Komponenten Ebene

Virtuelle Entwicklung

- Komponentenauslegung & Design
- Funktionsentwicklung inkl. Rekuperation
- Festigkeits- & Dauerhaltbarkeitssimulation
- 3D Thermal Simulation für Optimierung Kühlung
- Bremssystem Simulation (EBD, ABS, Pedalgefühl)



Kalibrierung & Validierung

- Bremsweg & High-Speed Fading, Downhill Tests
- ABS/ESP Kalibrierung auf allen Reibwerten
- HIL (ESP, EPB, EMB)
- Achs Prüfstand mit Rolle

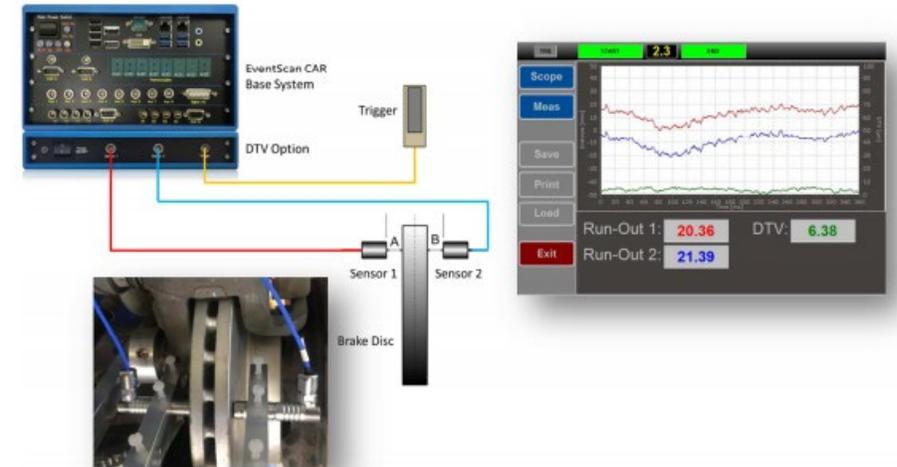


Teststrecke AVL ZALAZONE

Bremsen Entwicklung Fahrzeugmessungen / Homologation

Bremsmesssystem für Performance & NVH

Brems- & Lenkroboter für z.B. ECE R13H



Outlook

- Individuelle Koeffizienten bzgl. Elektrifizierung in Planung
- Erste Definition der Randbedingungen für Trucks → Ende 3/2023
- Genauere Spezifikation der „Life Time“ Anforderung erforderlich
- Real Driving Emissions: „Mobilisierung“ der Messgeräte
- Reifenverschleiß: Bewertung von Methoden in 2023 (Prüfstand vs. Fahrzeug)

Zusammenfassung

- Zeitschiene für M1, N1 knapp bemessen
- Die meisten aktuellen Bremsen erfüllen die Limits nicht
- Niedrigere Entwicklungsziele wegen der Streuungen
- Elektrifizierung aktuell nur mit einem Koeffizienten berücksichtigt
- Effizientes Engineering erfordert hohes Systemverständnis
- Ein breites Spektrum an neuen Technologien ist zu sehen
- Für Trucks ist bisher nur der Einsatztermin bestätigt

Vielen Dank!

www.avl.com

AVL

