

Anforderungen an Mess- und Prüftechnik im Bereich des modernen Bremsenemissionsprüfstandes



Kurzvorstellung:



Michael KRÜGER

Senior Technical Sales Specialist

AVL Deutschland GmbH

Mainz Kastel

michael.krueger@avl.com

Zuständigkeitsbereich:

- Brake Wear Emissions
- Partikelmessstechnik PKW / LKW / NRMM
- Portable Abgasmesstechnik “PEMS”
- Partikelmessstechnik Aviation

Agenda

1

Übersicht

Bremsenemissions-PST

Messtechnik GTR Anforderungen

2

Vorstellung

Messtechnik PM (Partikelmasse)

Anforderungen / Aufbau / Arbeitsweise

3

Vorstellung

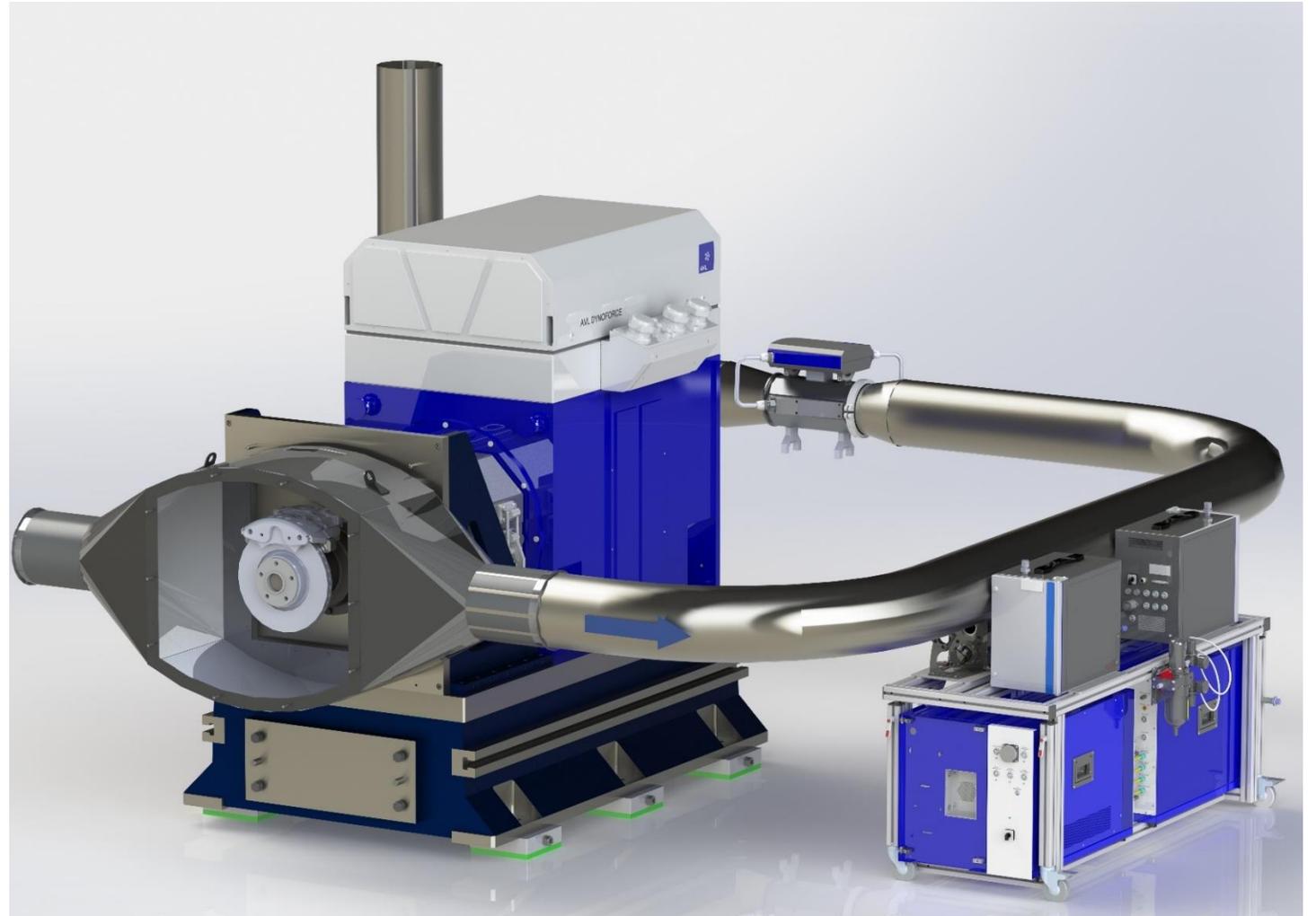
Messtechnik PN (Partikelanzahl)

Anforderungen / Aufbau / Arbeitsweise

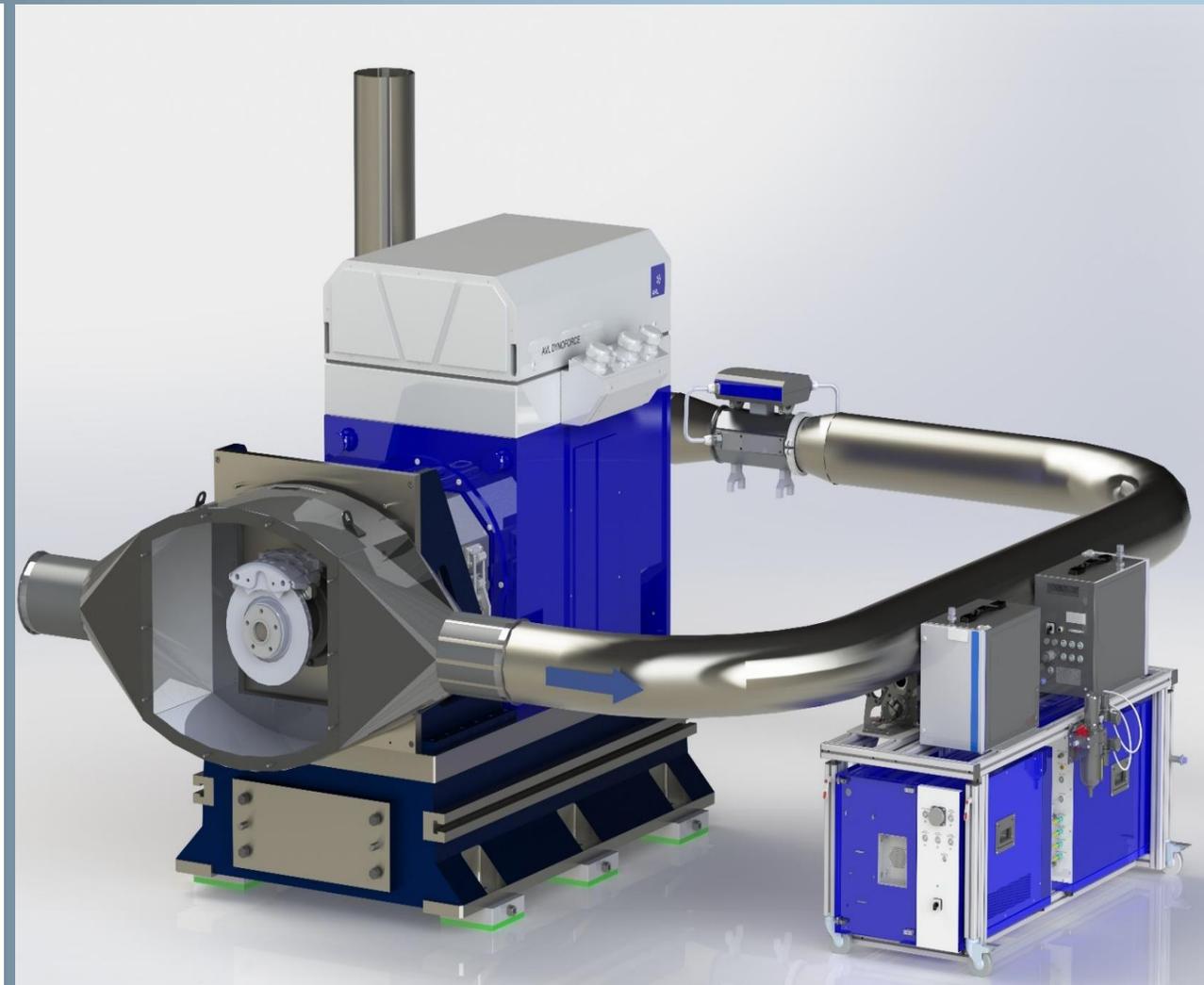
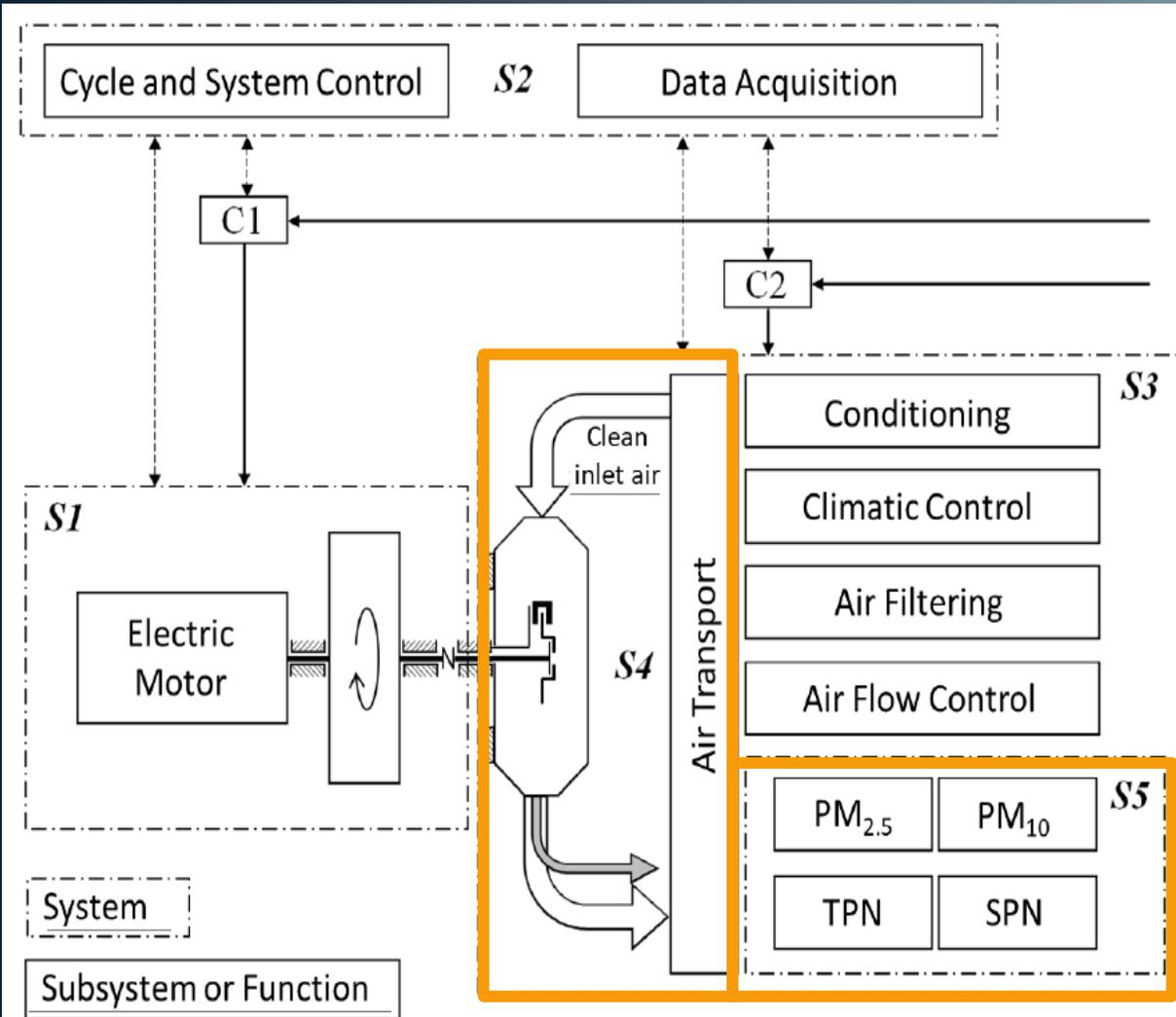
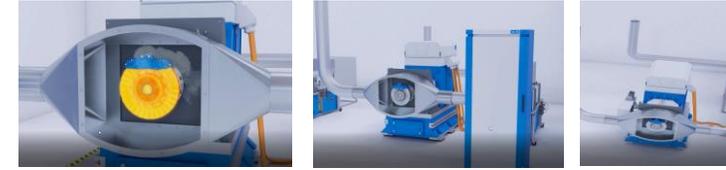
4

Zusammenfassung

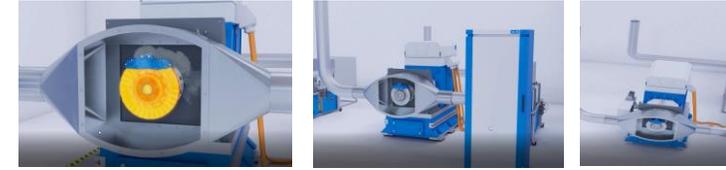
Messtechnik für Brake Wear



Bremsenprüfstand & Automatisierungssystem im Gesamtestlayout gemäß GTR



Bremsenemissions-PST



Platzbedarf zur Installation der Messtechnik

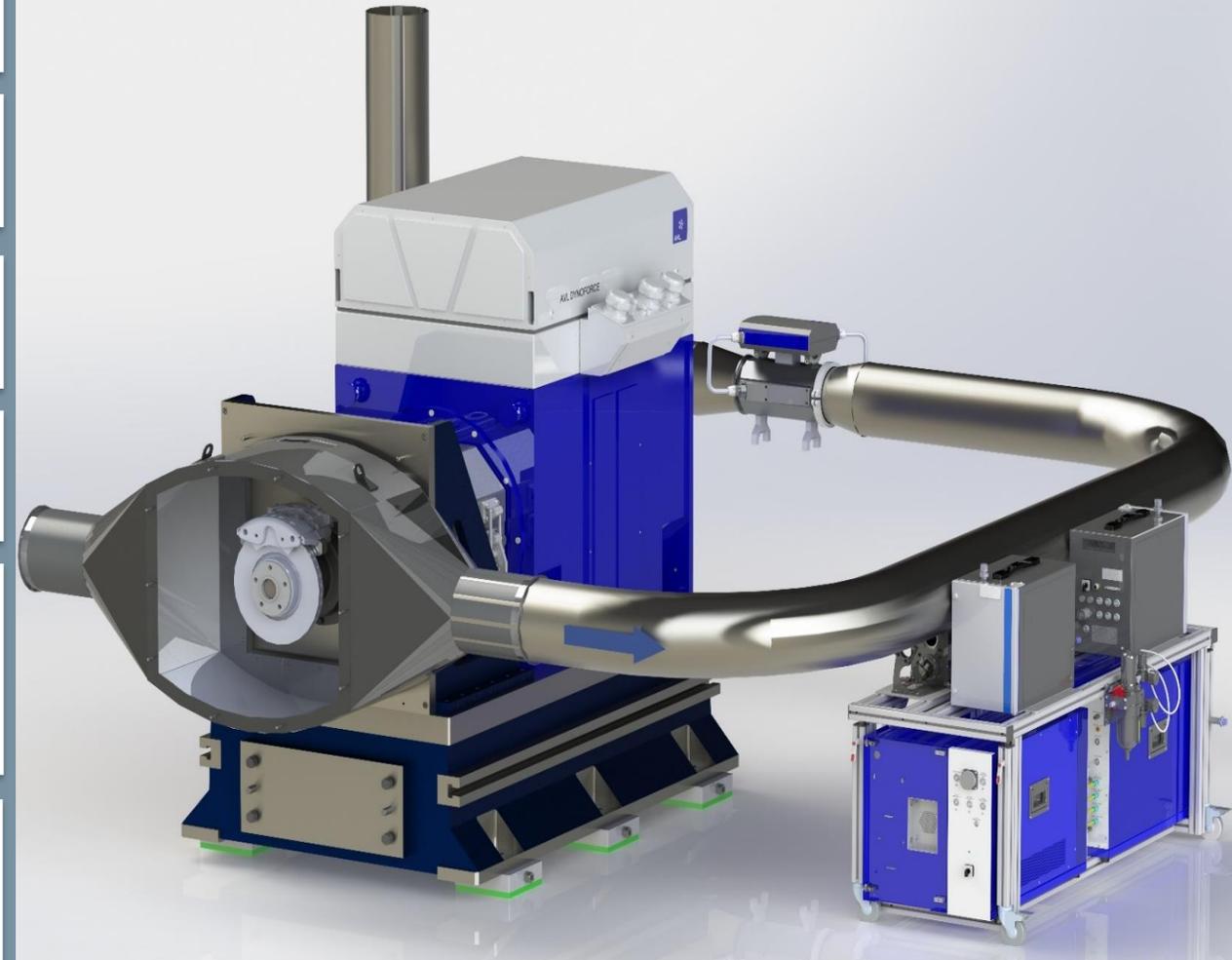
Geräusentwicklung / Sicherheit

Konditionierung & Antrieb & Automatisierung & Auswertung

Konformität zur angestrebten Gesetzgebung „LDV,.....“

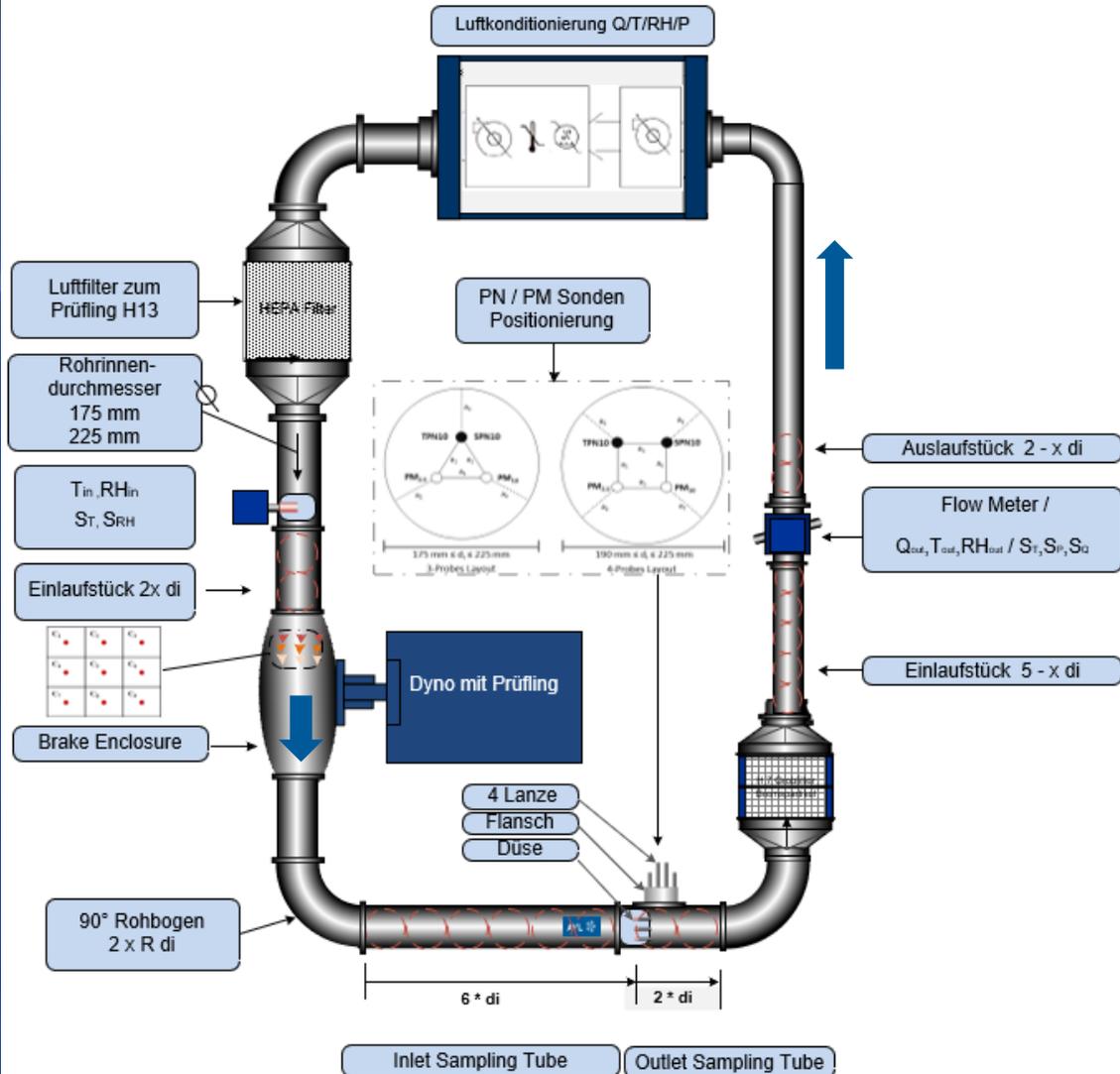
Zugänglichkeit - für regelmäßige Tätigkeiten bzgl.
Ergonomie / Montage / Wartung / Entnahme PM Filter /
PN Betriebsmittelbefüllung,.....

GTR konforme Komponenten z.B. Brake-Enclosure / PN und
PM Entnahmeposition



Messtechnik GTR Anforderungen

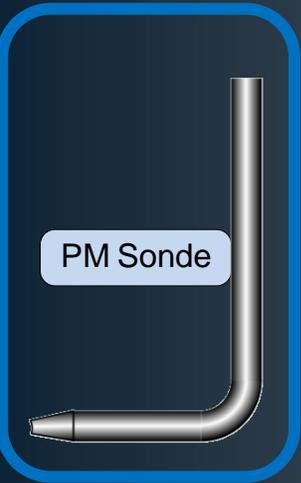
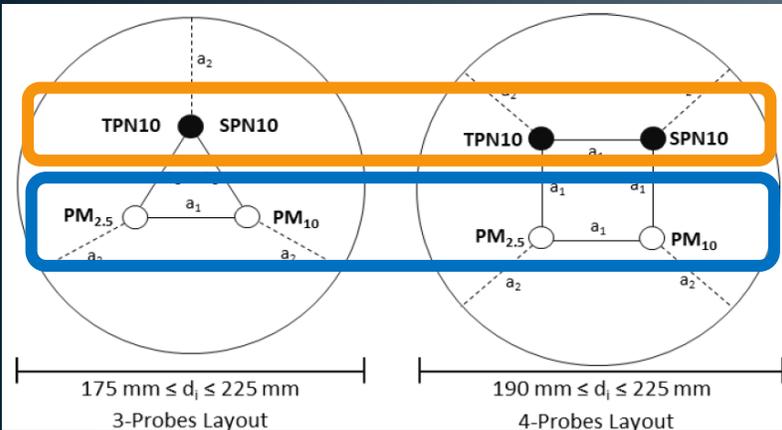
Brake Emission Sampling System & Enclosure



- Oberflächen elektropoliert oder gleichwertig
- Rohrquerschnitt Sampling Systems von $175 \text{ mm} \leq d_i \leq 225$
- Max. 3 (<190 mm) bzw. 4 Sonden in Abhängigkeit von Rohrdurchmesser
- Min. Biegeradien $2 \cdot d_i$ nach Bremseneinhausung „Enclosure“
- Min. $6 \cdot d_i$ Einlaufstrecke nach Umlenkung hinter „Enclosure“ vor Entnahmepunkt & Min. $2 \cdot d_i$ Auslauf hinter den Entnahmepunkt
- PM Sonden Pos. im unteren Bereich des Tunnels auf gleicher Achse

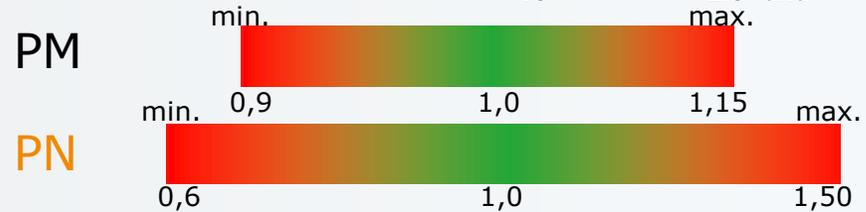
Messtechnik GTR Anforderungen

Brake Emission **PM-Sampler / Sonde**



- Getrennte Probennahme für PM 2,5 μm und PM10 μm

- Anforderung “Isokinetic sampling” PM₁₀ and PM_{2.5} und PN - Partikelanzahl



- Edelstahlsonden elektropoliert oder gleichwertige Oberflächen

- Vorgabe der PM Sondengeometrie d_p min. 10mm/max. 18 mm

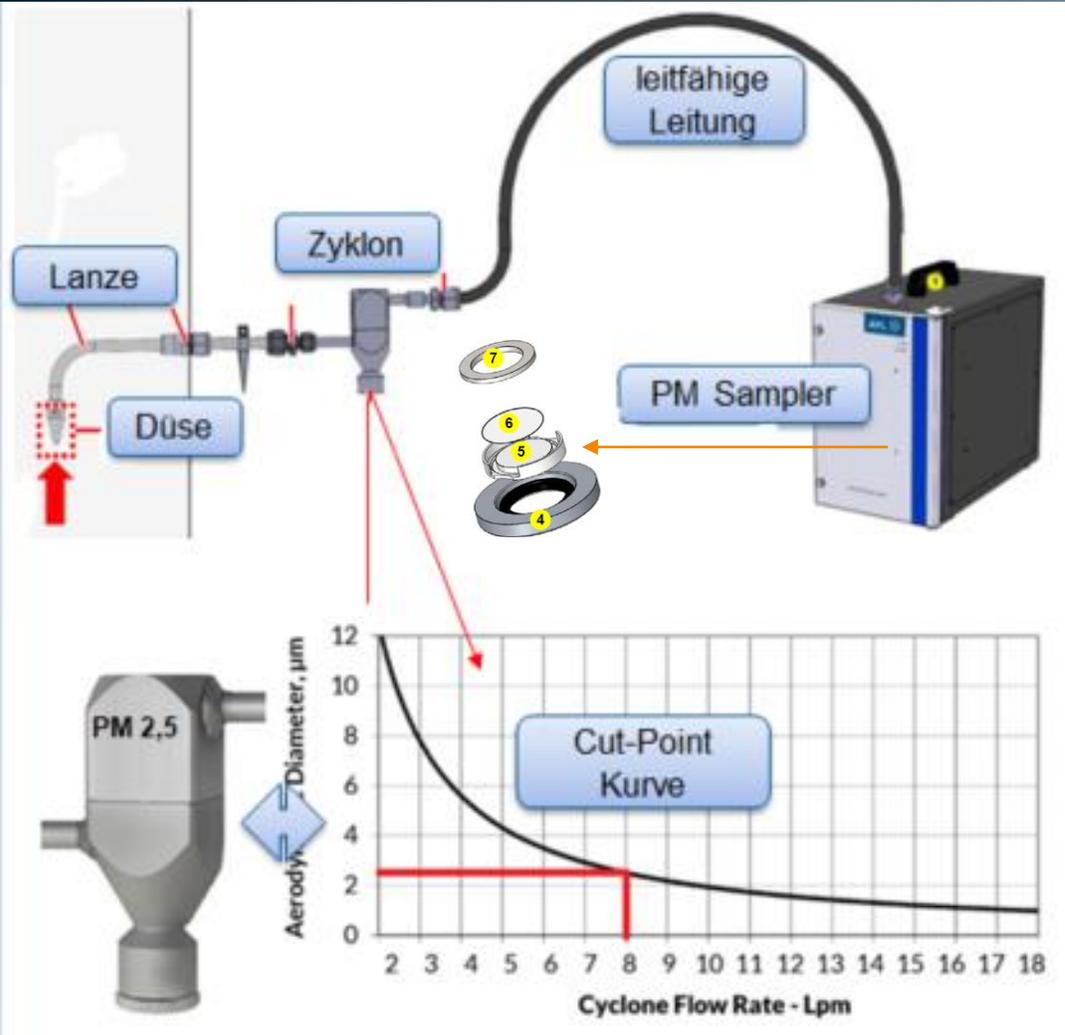
- Max. 1m Länge vom Düsen Eintritt (d_{in} 4mm und größer) bis Eintritt Zyklon (bei Sonden mit 90° Bögen gilt $r_p=4x d_{pi}$)

- Sondenreinigungsintervall laut Hersteller oder min. alle 2 Monate

- Düsenreinigungsintervall laut Hersteller oder vor jedem Emissionstest (Empfehlung GTR)

Messtechnik GTR Anforderungen

Brake Emission **PM-Sampler Filter-Beladungseinheit**



- Zyklon Trenneffizienz (gilt für PM Sampler)

PM 10				
Partikelgröße	4 µm	8 µm	12,5 µm	20 µm
Sammelgrad	< 20%	< 50%	> 60%	> 90 %
PM 2,5				
Partikelgröße	1,5 µm	2 µm	3 µm	4 µm
Sammelgrad	< 20%	< 50%	> 60%	> 90 %

- PM Entnahmeleitung aus Edelstahl oder leitfähigem Werkstoff antistatischem PTFE / max. 1 m Ausgang-Zyklon bis Filterhalter (IN)

- Entnahmeleitungsinne Durchmesser $10 \text{ mm} \leq d_i \leq 20 \text{ mm}$

- Vorgabe Filterdurchfluss Genauigkeit $\pm 2.5\%$ vom Messwert oder $\pm 1.5\%$ FS

- Vakuum Leaklimit max. 2% vom eingestellten Volumenstrom (jährlich bzw. nach Reparaturen/Wartung)

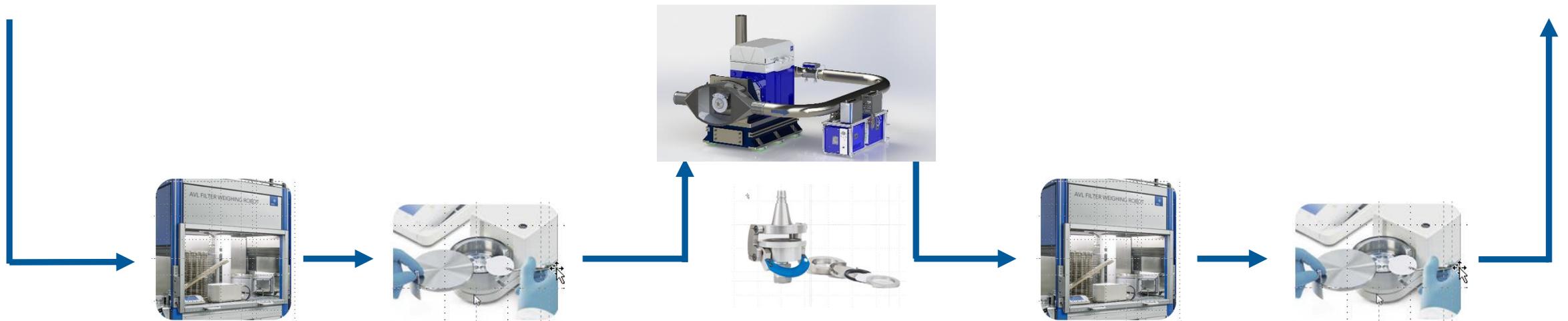
- Filterhalter aus Edelstahl oder einem nicht korrodierendem Material

- Filter Durchmesser 47mm (PTFE Filter o. Membranfilter)

Ablauf des Filter Wägeprozesses

STEP 1 - Konditionieren

- Filterkonditionierung min. 2 h vor Wägung



Clean Work Bench – Varianten (GTR konform)

kompakt Variante

XL Variante

vollautomatisierte Variante



Messtechnik GTR Anforderungen AVL Brake Emission PM Filter / Wägung

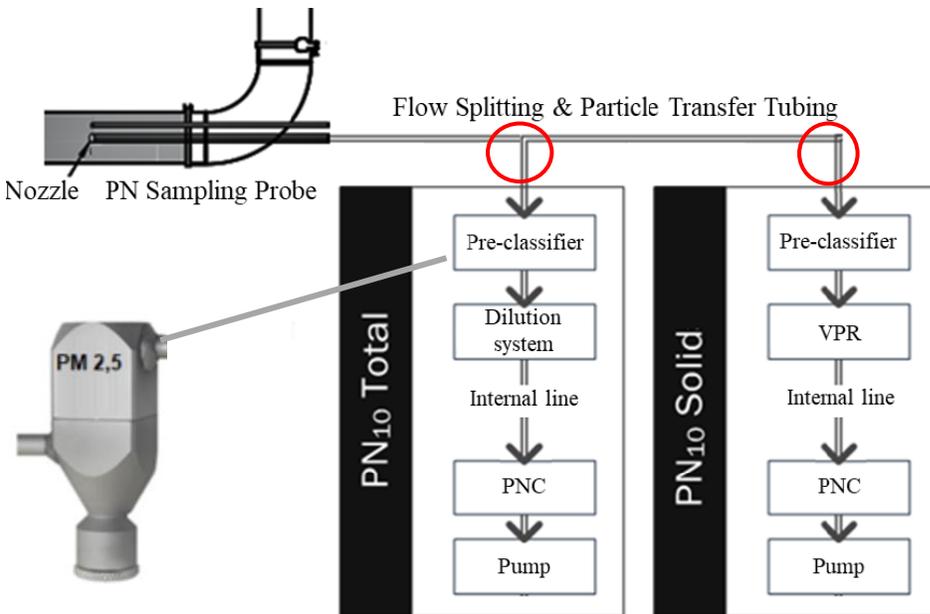


- Filterkonditionierung $22\pm 2^{\circ}\text{C}/45\pm 8\% \text{ RH}$ / min. 2 h vor der Wägung
- PM Filter Neutralisator auf Basis einer HV-Elektrode oder Poloniumquelle 
- Rückwägung nach Filterbeladung, spätestens 8 h nach Testende
- mind. 2 stündige Konditionierphase vor der Wägung
- Es gelten die gleichen Anforderungen hinsichtlich Filter-Neutralisierung, Auftriebskorrektur aus bestehenden Emissionsgesetzgebungen.(EU / US)
- Auflösungsanforderung Mikrowaage **PM Filter** +/-1 μg und einer Präzision +/-2 μg
- Auflösungsanforderung Mikrowaage **Barke Parts** +/- 0,1 g und einer Präzision +/-1 g
- PM Filter 2 x vermessen (bei Abw. < 30 μg von $F1_1$ zu $F1_2$) $F1$ Mittelwert
- Ref. Filter Methode $\pm 10 \mu\text{g}$ mit max. Abw. zum Mittelwert / bei jeder Filter-Wäge-Serie /Abweichung des gleitenden Mittelw. min. 1–15 Tage innerhalb $\pm 10 \mu\text{g}$ (alle 30 Tage Referenz-Filter erneuern)

Messtechnik GTR Anforderungen Brake Emission **PN-Sampler**

UN GTR

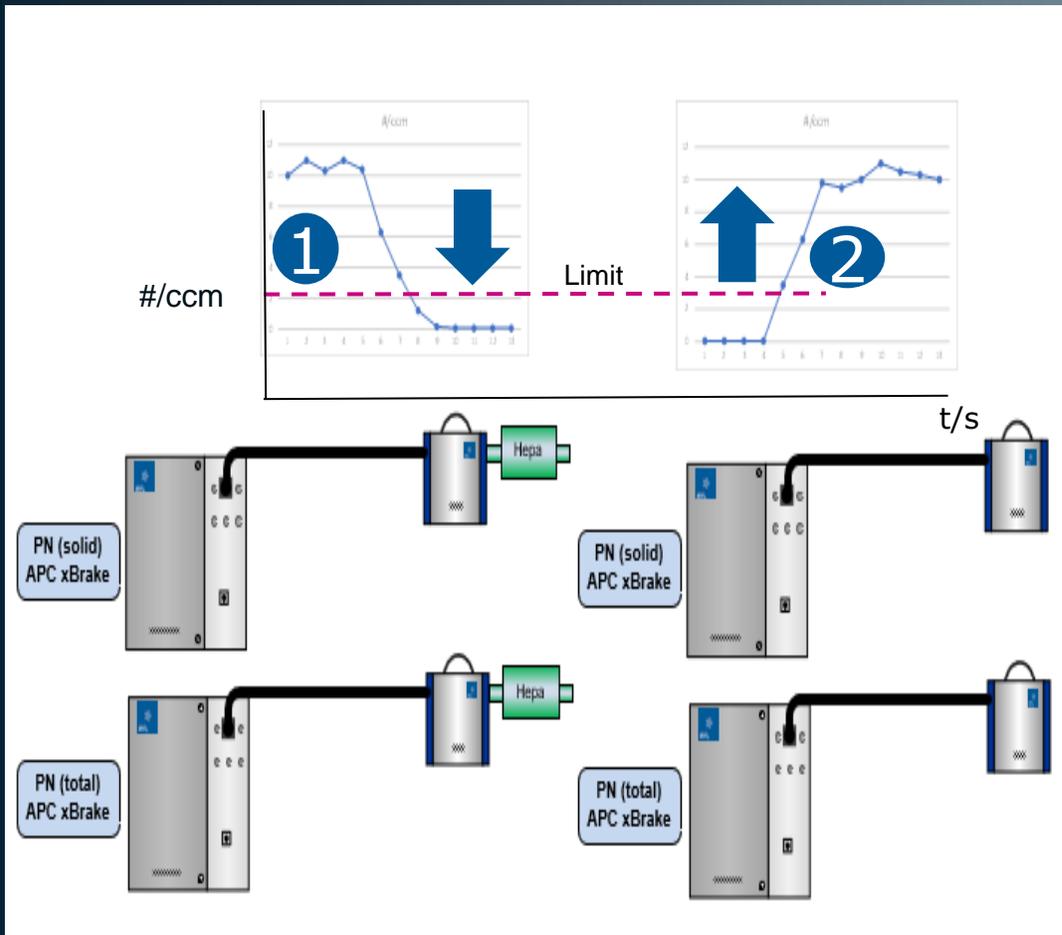
12.2. Measurement of Particle Number (PN) Concentration



- Vorgabe der PM Sondengeometrie d_p min. 10mm/max. 18 mm
- Flow Splitter $<20^\circ$ je Ausgang (Edelstahl elektropolierte Oberfläche)
 - Abweichung der Strömungsgeschwindigkeit je Outlet $< \pm 5\%$
- Aerosol-Messung mit und ohne Splitter empfohlen (15nm – 1,5 μ m)
- Verdünnungsrate min. 10:1
- TPN Verdünnungsgastemperatur $\leq 38^\circ\text{C}$
- SPN Verdünnungsgastemperatur $150^\circ\text{C} \leq 350^\circ\text{C}$ /
- SPN Evaporation Tube Temp. $350^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$
- PNC Auflösung 0,1 #/ccm / Ansprechzeit ≤ 5 Sekunden
- PNC Genauigkeit $\pm 10\%$ von 1 #/ccm bis zum Ende SC - Mode
- Vorgabe PNC Zähleffizienz
 - 10 nm [65% \pm 15%]
 - 15 nm [$> 90\%$]

Messtechnik GTR Anforderungen

Brake Emission PN-Sampler Zero-/Flow-Test auf Geräteebene



- Zerotest PNC $\leq 0,2 \text{ \#/ccm}$
- Zerotest PND+VPR+PNC $\leq 0,5 \text{ \#/ccm}$

- **Zero PN PNC-Limit** $< 0,2 \text{ \#/ccm}$ bei niedrigster Verdünnungsrate mit Hepafilter am Geräteeingang (**täglich bzw. vor WLTP_{PN Test}**)
- **Zero PN Gerätelimit** $< 0,5 \text{ \#/ccm}$ bei niedrigster Verdünnungsrate mit Hepafilter am Geräteeingang (**s.o.**)

- PNC Sample Flow Rate $\pm 5\%$ vom Vorgabewert (monatliche wiederkehrende Prüfung durch den Betreiber)



Detaillierte Vorstellung

- Messtechnik PM
- Anforderungen / Aufbau / Arbeitsweise



AVL Brake Emission PM-Sampler

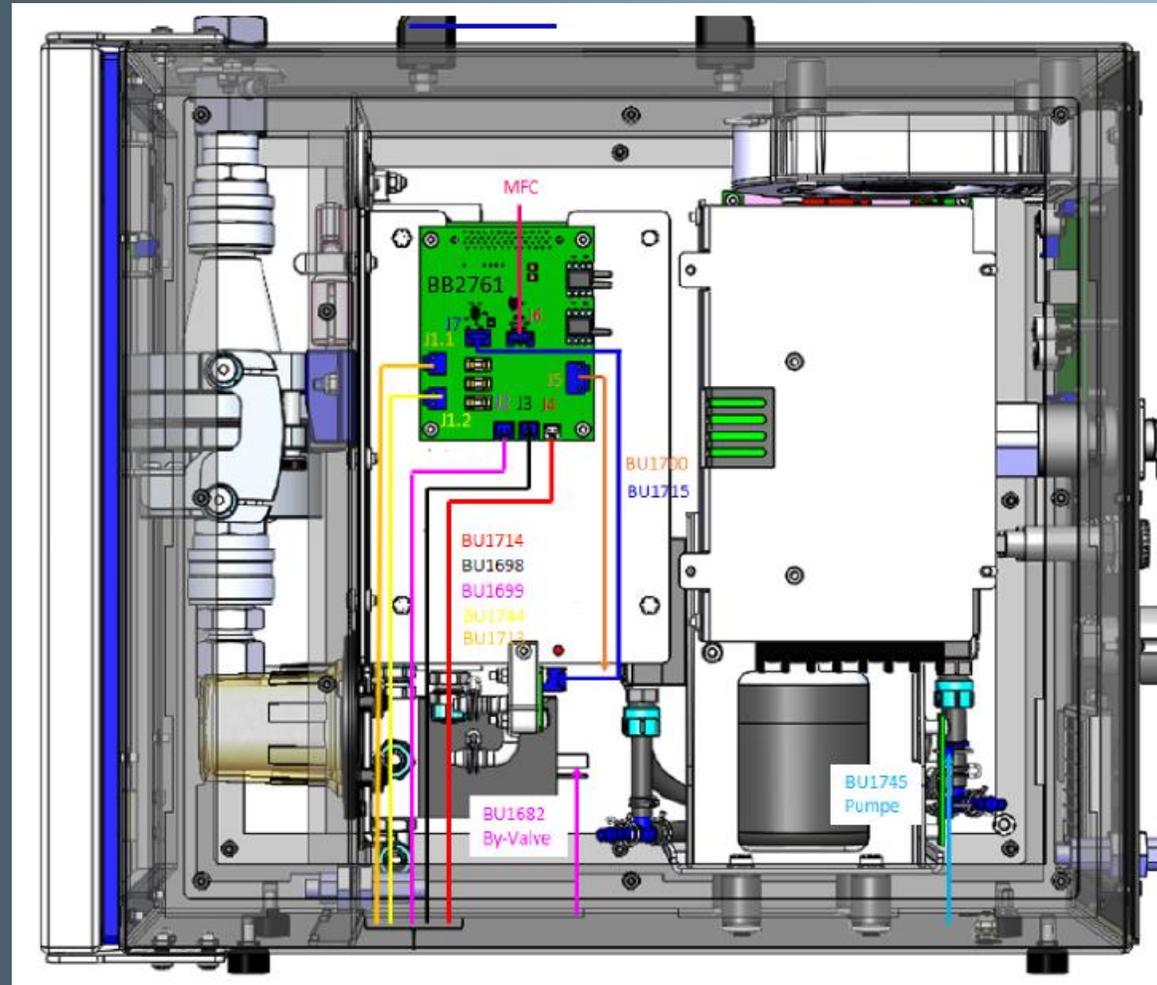


- Kostenoptimiertes & Kompaktes Design
- Für Brake Wear Applikation optimierter PM Sampler 2,5 & PM 10 μm .
- Speziell für die Charakteristika von Bremspartikeln neu entwickelt
- Leichte Integrierbarkeit in Fremdautomatisierung aufgrund einer Vielzahl an Schnittstellen
- Zur Filter Wägung empfiehlt AVL die Reinraum Klima Werkbank

AVL Brake Emission PM-Sampler (Details zum Aufbau)

Filterhalter
(manuell bedienbar)

Bypass Filter
(zur Flusstabilisierung)

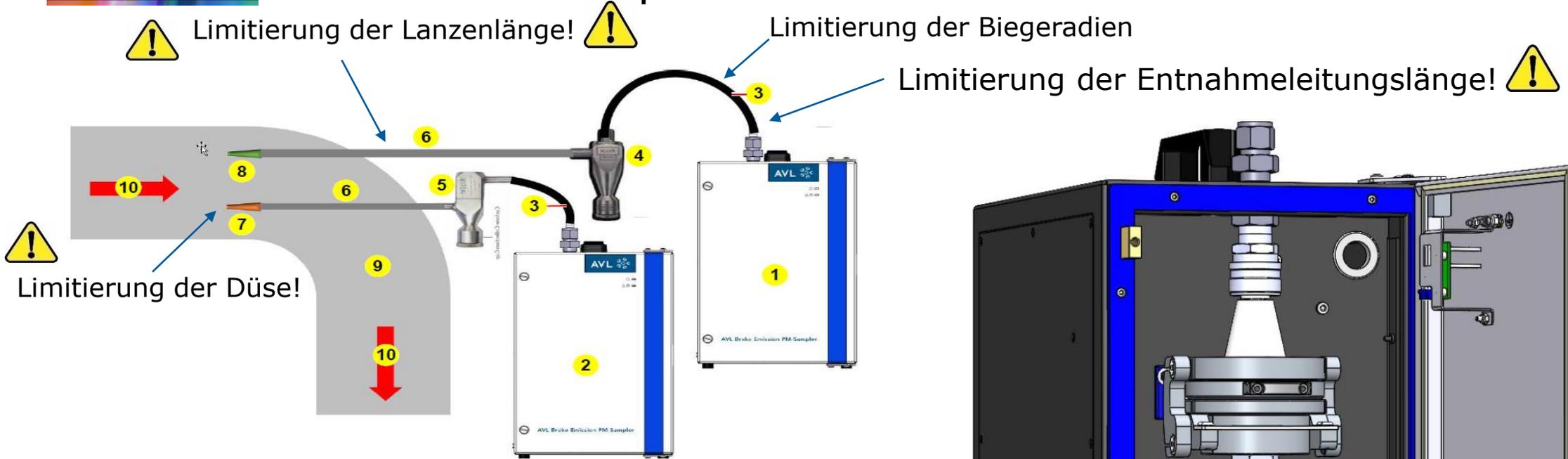


TCPIP Port /
CAN / RS232 /
Analog-IN/ OUT
Digital-IN/ OUT

Sensor IN (T/RH/P)

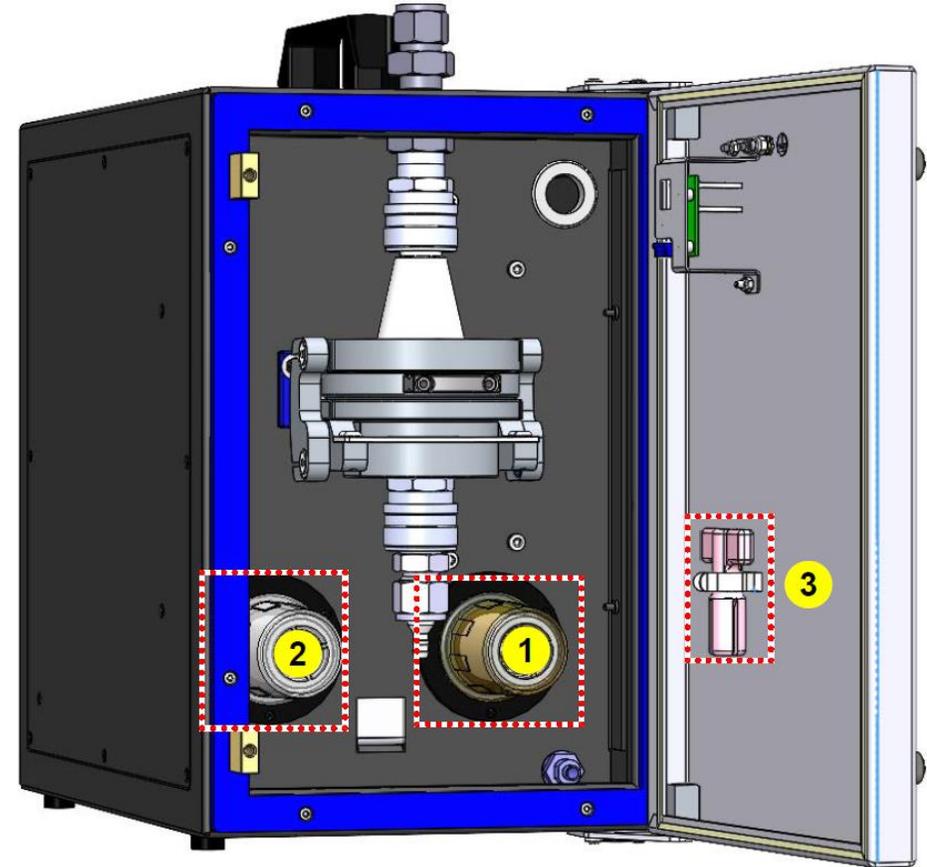
Messgaspumpe

AVL Brake Emission PM-Sampler



Legend for figure:

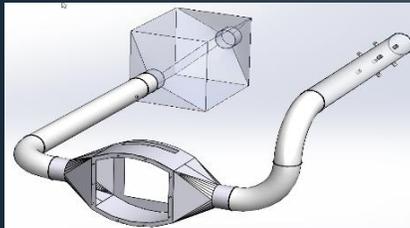
- | | | | |
|---|--|----|------------------------|
| 1 | BW PM Sampler main device for sampling PM10 | 6 | Sample line |
| 2 | BW PM Sampler main device for sampling PM2.5 | 7 | Inlet nozzle for PM10 |
| 3 | Transfer line to the PM Sampler | 8 | Inlet nozzle for PM2.5 |
| 4 | Cyclone for PM10 | 9 | Duct |
| 5 | Cyclone for PM2.5 | 10 | Duct flow |



Brake Wear Sampling System (Enclosure inkl. Probennahme & Verrohrung)



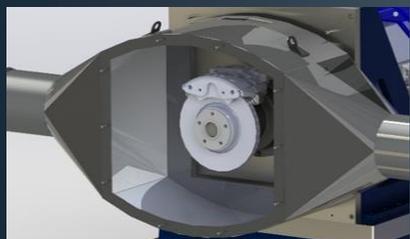
2017



2021

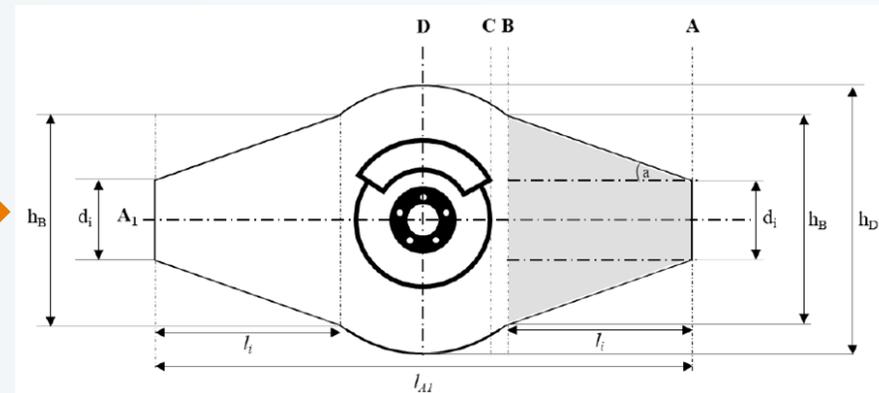


2022



2023

- Das Sampling System ist hinsichtlich minimaler Partikelverluste optimiert und übertrifft die Anforderungen des GTR
- Minimale Backgroundemission durch den Einsatz von Hepa 13
- Strömungsgleichrichter im Eintrittsbereich „Enclosure“
- Isokinetische Entnahme via Lanzen & Düsen-Set, geeignet für ein breites Volumenstromspektrum
- Optimierter Entnahmebereich mit homogener Konzentrationsverteilung
- Hohe Flexibilität für Ihre Applikationen





Detaillierte Vorstellung

- Messtechnik PN
- Anforderungen / Aufbau / Arbeitsweise



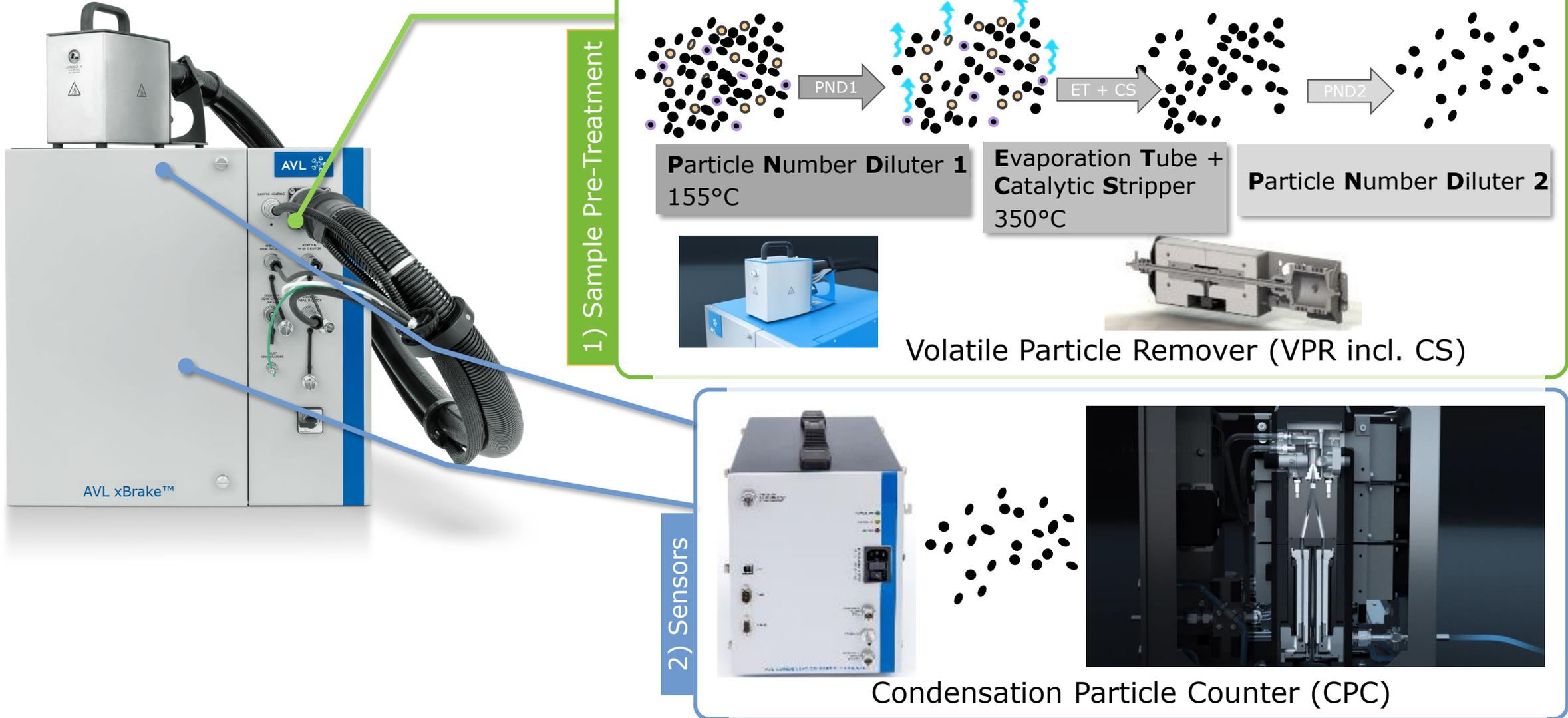
APC xBrake™ Partikelanzahlmesstechnik

modifizierter
Brake Wear
Rotationsverdünner



- Produkte **xBrake**_{SOLID PN} & **xBrake**_{TOTAL PN}
- Charakterisierung von PN10 Brake Wear Partikel
- **Zähleffizienz** (CPC 10nm 65% +/- 15% & 15nm > 90%)
- Einstellbarer Verdünnungsbereich für hohe Freiheitsgrade für F&E Applikationen & Zulassung (kalibrierte PCRF Bereiche 20/100/1000)
- Zyklon 2,5 µm & VPR System garantieren höchste Reproduzierbarkeit
- Isokinetische Entnahme
- CPC Technologie „AVL CPC verbaut“ auf 10 nm Basis (Lin. R2>0,97)
- „Best in Class“ Genauigkeit und Vergleichbarkeit durch den Einsatz des höchsten Kalibrierstandard im Bereich PN Messung

PN Technologie (am Beispiel eines Solid PN Systems) gemäß GTR





xBrake_{Solid PN}

& xBrake_{Total PN} :





Umrüstung von AVL PN Messtechnik auf xBrake_{Solid} oder xBrake_{Total}



Umrüstung bestehender AVL PN Geräte auf xBrake_{Solid}PN & xBrake_{Total}PN

Ausgangszustand	CPC Type PN Größe	Umbau APC xBrake _{solid}	Umbau APC xBrake _{total}
APC Standard 489 APC Advanced 489	TSI CPC / 23 NM TSI CPC / 23 NM	✘	✘
APC _{plus} Certification 489 APC _{plus} Advanced 489 APC _{plus} Sub 23nm	TSI oder AVL CPC 23 NM TSI oder AVL CPC 23 NM AVL CPC 10 NM	Rücknahme Altgerät & Preisnachlass auf Neugerät	Rücknahme Altgerät & Preisnachlass auf Neugerät
APC xApp Certification APC xApp Advanced APC xCert 10 APC xApp 10	AVL CPC 23 NM AVL CPC 23 NM AVL CPC 10 NM AVL CPC 10 NM	✔	✔
		<p>Hardware-Umbausatz-APC-SPN-10</p> <ul style="list-style-type: none"> - Neue Messgaspumpe - SPN Parameter Set (T/P) - Catalytic Stripper - Zyklon 2,5 - FW für isokinetische Regelung - MQTTP - Schnittstelle (Sign. T/P/RH) <p>Dienstleistung:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Umbaudienstleitung - Wartung VPR / CS tauschen / CPC - Kalibrierung VPR / PCRF - Kalibrierung CPC 10 NM 	<p>Hardware-Umbausatz-APC-TPN-10</p> <ul style="list-style-type: none"> - Neue Messgaspumpe - SPN Parameter Set (T/P) - Zyklon 2,5 - FW für isokinetische Regelung - MQTTP - Schnittstelle (Sign. T/P/RH) <p>Dienstleistung:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Umbaudienstleitung - Wartung VPR / CS tauschen / CPC - Kalibrierung VPR / PCRF - Kalibrierung CPC 10 NM

Aktuelle Brake Wear Emissions Messtechnik / Lieferverfügbarkeit

2022

2023

Sept. Okt. Nov. Dez. Jan. Feb. März Apr. Mai Juni Juli Aug. Sept. Okt. Nov. Dez.

Zubehör (Verrohrung/Flansche/Sonden/....)

PM Sampler 2,5

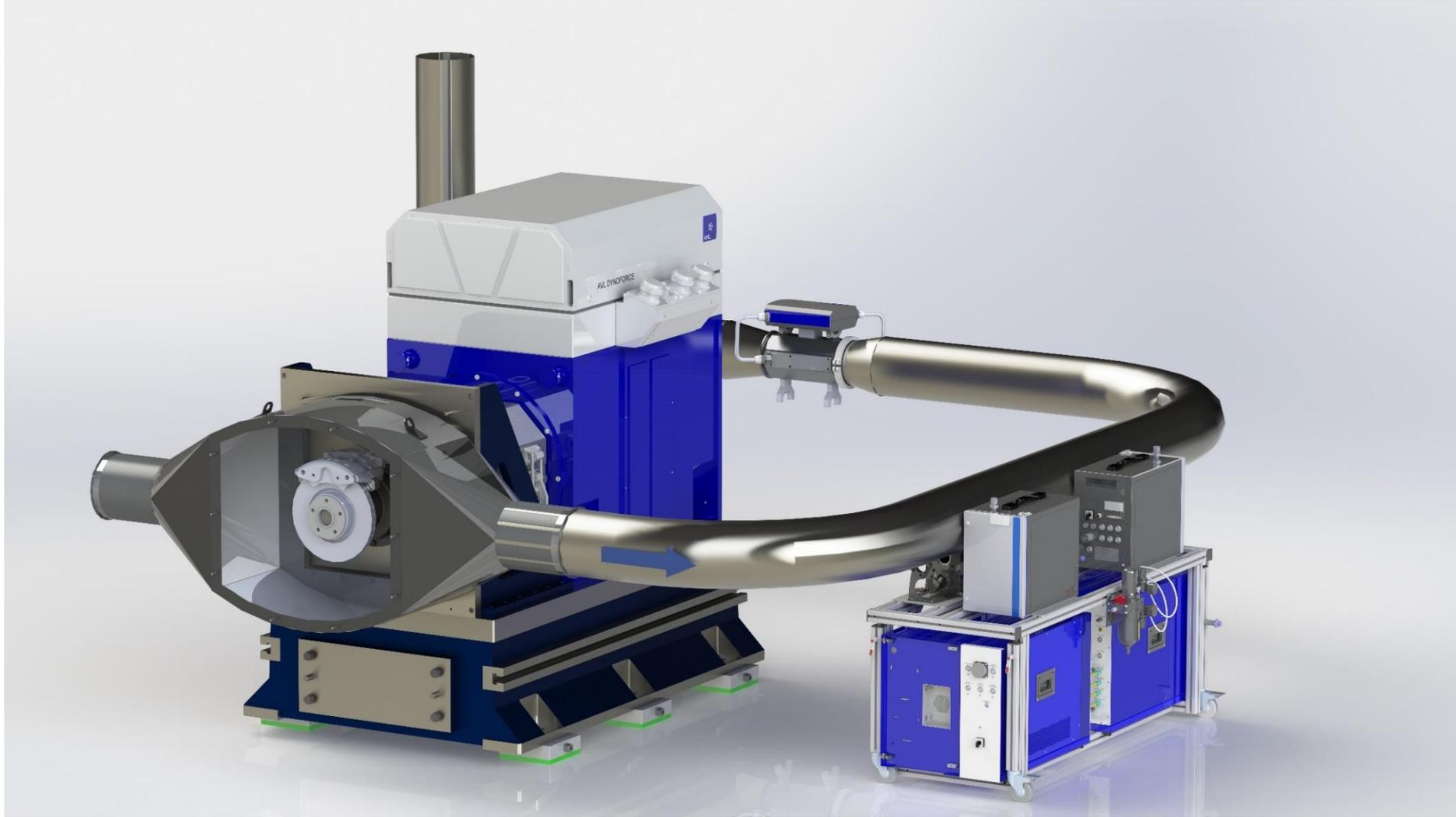
PN Sampler 10

Partikel Zähler xBrake_{Solid}

Brake Enclosure

Partikel Zähler xBrake_{Total}

Zusammenfassung:



Vielen Dank!

www.avl.com

AVL

