



Trends im Bremsenbereich

Rekuperation und Feinstaub

In rund zwei Jahren tritt die Euro-7-Emissionsvorgabe der EU in Kraft. Diese betrifft nicht nur Verbrennerfahrzeuge, sondern neu auch batterieelektrische Fahrzeuge BEV. Der Grund: Ab 2025 will der Gesetzgeber auch den Reifen- und Bremsenabrieb limitieren und damit die Feinstaubemissionen reduzieren. **Andreas Senger**

Die Radbremsen wird es auch künftig geben. Die EU-Gesetzgebung sieht auch bei Fahrzeugen mit alternativen Antrieben mit der Verzögerungsmöglichkeit Rekuperation weiterhin Brems Scheiben oder Trommeln vor. Einzige neue Hürde: Mit der Einführung der Euro-7-Emissionswerte wird die Anzahl der Bremsfeinstaubpartikel limitiert. Foto: Continental

Die Einführung der Euro-7-Abgasgrenzwerte für Personewagen ist auf das Jahr 2025 geplant. Für Nutzfahrzeuge ist die Einführung zwei Jahre später terminiert. Für die Verbrennungsmotoren werden nur noch moderate Anpassungen bei den Schadstofflimiten eingeführt und Otto- wie Dieseltriebwerke gleichbehandelt. Die überraschende und für die Automobilindustrie einschneidendere Neuerung der geplanten Euro-7-Grenzwerte ist die Einführung von maximalen Emissionen beim Reifenabrieb und beim Feinstaub durch Bremsenabrieb. Diese Neuerung betrifft nicht nur Verbrennerfahrzeuge, sondern auch batterieelektrische Autos (BEV). Die oft stark motorisierten BEV emittieren eine nicht unerhebliche Menge an Reifenabrieb, weil beim Beschleu-

nigen durch den Radschlupf ein erhöhter Reifenverschleiss spürbar ist. Bei sehr sportlichen Derivaten ist es nicht verwunderlich, dass ein Reifensatz durch das hohe Eigengewicht gepaart mit hohen Antriebsdrehmomenten zum Teil deutlich weniger als 10 000 km hält und häufigere Reifenwechsel nötig sind. Der Gummiabrieb gelangt dabei in die Umwelt und setzt sich via Transmission in der Natur ab.

Bei den Bremsanlagen ist die Auswirkung gegenläufig: Nutzt die Kundin/der Kunde das Potenzial des Rekuperierens konsequent aus, steigt die Standzeit der Bremsbeläge und der Brems Scheiben oder -trommeln. Insbesondere bei BEV ist deshalb die Zusatzfunktion Brake disk wiping (BDW), also das Brems Scheiben-

wischen, per Software im ABS-/ESP-Hydroaggregat-Steuergerät implementiert worden. Wird die Brems Scheibe praktisch nie per Betriebsbremse betätigt, weil die Verzögerung rein über das induktive Abbremsen geschieht, setzt die Brems Scheibe insbesondere bei Salzwasser wie im Winter rasch Oberflächenkorrosion an. Durch periodisches Anlegen der Bremsbeläge wird diese Verschmutzung abrasiert und die Oberfläche sauber gehalten. Dies bewirkt nicht nur die Lebensverlängerung der Scheiben, sondern auch das Ansprechen, wenn eine höhere Verzögerung abgerufen wird. Nur flugrostfreie Brems Scheiben haben einen hohen Reibwert und können die Anpresskraft der Beläge optimal in Reibkraft am Umfang der Scheibe umwandeln. Die Auslösung des BDW erfolgt je nach Aussentemperatur, Regensensorinformation oder einfach periodisch nach einer gewissen Anzahl gefahrener Kilometer und wird beim Fahren unbemerkt vollzogen.

Die Thematik Bremsstaub betrifft also künftig alle Fahrzeuge unabhängig des Antriebes. Um die Feinstaubemissionen einzugrenzen, sind grundsätzlich drei Strategien zielführend: Es werden Scheiben- und Belagsmate-

riallen eingesetzt, die weniger Staub erzeugen oder der Staub wird an der Scheibe mittels passiven oder aktiven Filterns zurückgehalten oder drittens wird auf historische Technik gesetzt. Bereits gibt es erste Prototypen für Filteranlagen. Der Zulieferer Mann+Hummel, ein Spezialist für Filtriertechnologien, hat einen passiven Filter vorgestellt, der die Scheibe am ganzen Umfang ausser beim Sattel umschliesst und den Bremsstaub aufnimmt. Wie bei anderen Filtersystemen muss dieser Bremsstaubfilter periodisch getauscht oder gereinigt werden. Eine aktive Variante saugt den Staub auf. Dabei wird in Drehrichtung nach dem Sattel ein umschliessendes Gehäuse um die Scheibe montiert. Via Vakuumsauger wird über einen Schlauch der Bremsstaub aktiv während des Bremsvorganges aufgesaugt. Auch dieser Auffangbehälter muss periodisch geleert und gereinigt werden. Wenn sich diese Systeme durchsetzen, werden in der Werkstatt also zusätzliche Wartungsarbeiten auf die Mitarbeitenden zukommen.

Die staubarme Paarung von Scheibe und Belag wird bereits in Serie verbaut. Porsche hat zusammen mit Zulieferern das Produkt so verbessert, dass die oberflächenoptimierte Brems Scheibe sehr hart ist und ein Belagsmaterial zum Einsatz kommt, das fast keine Staubemissionen generiert. Die Graugussbrems Scheibe wird dabei mit einer harten Wolframcarbidschicht versehen, deren Aufbringen sehr aufwendig ist. Die Porschemo-



Aufgrund der Limitation der maximalen Bremsstaubemissionen erlebt die Trommelbremse eine Wiedergeburt. Durch die geschlossene Ausführung werden im Betrieb deutlich weniger Feinstaubpartikel emittiert. Foto: Continental

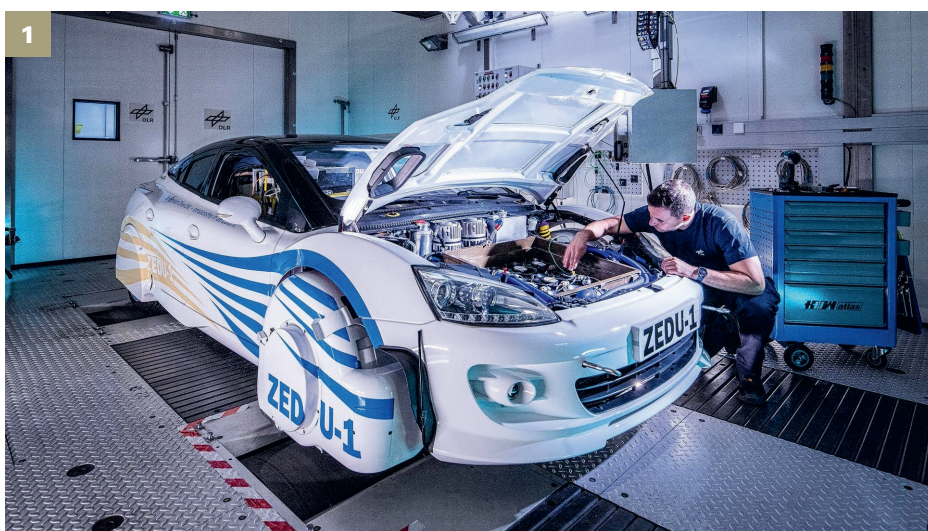
delle mit der staubarmen Bremsanlage sind erkennbar an den weissen Bremssätteln.

Die Messung der Brems Scheibenemissionen ist eine weitere Herausforderung. Das DLR (deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt) und das Automobilunternehmen HWA haben einen Prototypen gebaut, dessen Feinstaubemissionen der Bremsen wie auch der Reifen sowohl auf dem Prüfstand wie auch im Strassenverkehr gemessen werden können. Die vollverschalteten Reifen erlauben das Absaugen der Feinstäube beider Emittenten und damit das Herausfinden, welche Reifen- aber auch

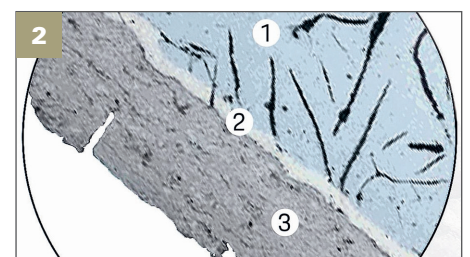
Bremsbelags-/Scheibenpaarungen in Zukunft die Euro-7-Norm erfüllen können. Aufgrund des aufwendigen Messprozederes werden die Emissionsvorgaben nur bei der Typengenehmigung/Homologation geprüft.

Einen anderen Denkansatz verfolgt der Zulieferer Continental und geht die Herausforderung sehr pragmatisch an. Eine geschlossene Trommelbremse emittiert per se deutlich weniger Bremsstaub und kann nicht nur an der

Fortsetzung Seite 38



1 Aufgrund der Euro-7-Emissionsgrenzwerte werden künftig auch Bremsfeinstaubpartikel gemessen. Dies bedingt ein aufwändiges Prüfverfahren, bei dem die Emissionen auf dem Prüfstand abgesogen und gezählt werden können. 2 Die Reduktion der Partikel ist bereits heute durch neue Werkstoffe (Beispiel Porsche PSCB) möglich. Die Brems Scheibe besteht nach wie vor aus einem Grauguss-Grundkörper (1). Eine duktile Zwischenschicht aus Nickel (2) verbindet als galvanisch aufgebrachter Haftvermittler den Grauguss und das Wolframcarbid (3), welches im Hochgeschwindigkeits-Flammspritzverfahren aufgebracht wird. 3 Die Karbidbrems Scheiben weisen eine deutlich geringere Bremsstaubemission auf als konventionelle Brems Scheiben und könnten künftig auch in breiterer Anwendung auf dem Markt zu finden sein. Fotos: DLR (links), Porsche (je rechts).

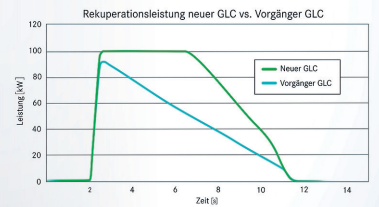
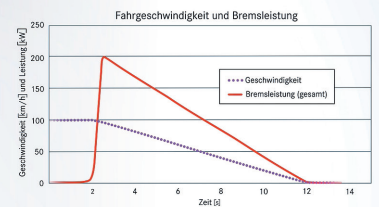
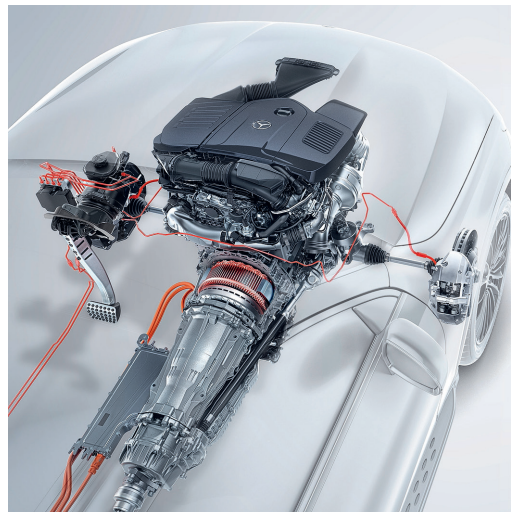


Hinterachse eingesetzt werden (wie bei vielen BEV serienmässig verbaut), sondern auch ein Revival an der Vorderachse erleben. Durch eine adäquate Dimensionierung können die vom Gesetzgeber geforderten Abbremsungen auch mit der Trommelbremse realisiert werden. Der Durchmesser der Trommel wird so vergrössert, dass auch an der Vorderachse durch die Anpresskraft der Beläge ein genügend grosses Bremsmoment entsteht.

Die Kombination von elektrischem Bremsen und dem Einsatz der Radbremsen wird ebenfalls als Optimierungsmöglichkeit angesehen, die Feinstaubpartikelemissionen der Radbremse unter den Limiten zu halten. Die Herausforderung in der Entwicklung ist hierbei, die E-Maschine, den Inverter aber auch das Batteriemangement so zu konfigurieren, dass nicht nur die gewünschten Beschleunigungen oder Reichweiten erzielt werden können, sondern auch die Rekuperationsleistung in jeder Fahrsituation hoch ist. Das sogenannte Bremsblending, also der Übergang vom elektrischen Bremsen via Induktion an der E-Maschine, und das hydraulische Bremsen werden bei neu entwickelten Hybrid-, Plug-in-Hybriden und BEV verfeinert. Für die Kundin resp. den Kunden soll es beim Betätigen der Bremsanlage nicht spürbar sein, ob rekuperiert oder bereits anteilmässig auch über die hydraulische Bremsanlage verzögert wird. Um diese Regelung zu verbessern, setzen die Hersteller elektrohydraulische Bremsanlagen ein. Dabei wird der Bremswunsch wie im



Active (Bild) wie passive Bremsstaubfilter (rund um die Bremsscheiben) werden eine mögliche Lösung sein, um die Partikel zu absorbieren. Foto: Mann+Hummel



Bei starken Bremsungen deutlich mehr Energierückgewinnung beim neuen GLC

Das Bremsblending sorgt bei Hybridfahrzeugen wie auch bei BEVs dafür, dass die Radbremse wie auch die E-Maschine zur Verzögerung beiträgt. Bei geringen Verzögerungswerten arbeitet die E-Maschine als Generator und rekuperiert. Die meist elektrohydraulische Bremsanlage wird bei stärkeren Bremsungen stufenlos dazu gesteuert. Foto: Mercedes

Bild vom Bremspedalsimulator links über das Bremspedal aufgenommen. Das konventionelle Bremspedalbetätigungsgefühl wird simuliert und der Weg wie auch die Geschwindigkeit der Bremspedalbetätigung vom System gemessen. Die gewünschte Bremskraft wird anschliessend vom Steuergerät berechnet und eingeleitet. Vorzugsweise versucht ein E-Fahrzeug, die Verzögerung einzig via Rekuperation zu erreichen. Reicht die gewünschte Verzögerung nicht aus, leitet das Hydroaggregat einen hydraulischen Druck in die Radbremsen ein. Der Druck in den vier Kanälen wird dabei kontinuierlich vom Hydroaggregat überwacht und nachjustiert. Das benötigte Bremsflüssigkeitsvolumen wird von einem Druckspeicher abgerufen, der von einer elektrisch angetriebenen Hochleistungsflüssigkeitspumpe immer wieder aufgefüllt wird. Nur im Notfall hat der Bremspedalsimulator dank eingebauten Tandemhauptbremszylindern eine direkte hydraulische Verbindung zu den Radbremsen.

Um die Rekuperation in jeder Fahrsituation zu regeln, darf aber die Hochvoltbatterie nicht komplett geladen sein, also nicht den SOC 100% aufweisen. Wird bei einem Steckerfahrzeug nach dem vollständigen Laden eine Berg-

abstrecke gefahren, kann nicht die gewünschte Rekuperationsleistung abgerufen und muss entsprechend mehr hydraulisch gebremst werden. Das Zusammenspiel von elektrischem und hydraulisch-mechanischem Bremsen kann dadurch optimiert werden, dass schon vor dem Laden des Fahrzeuges die nächste Fahrstrecke im Navigationssystem eingegeben wird. Dadurch kann das Fahrzeug selbst bestimmen, wie hoch die Batterieladung sein soll, um auch kurz nach dem Losfahren bereits viel Rekuperationsbremsen zu erlauben. Die Abstimmung der Bremsanlage und das Optimieren des Zusammenspiels beim Bremsblending wird für noch höhere Rekuperationsanteile sorgen.

Um die Bremsfeinstaubanteile zu reduzieren, ist ein Entwicklungshebel das geschickte Aufeinanderabstimmen von Rekuperation und mechanischem Bremsen. Allerdings lohnt sich dieser Aufwand nur bei schweren E-Fahrzeugen, da die Masse beim Verzögern auch eine hohe Rekuperationsleistung bietet. Die sinnvolle Auslegung von leichten Fahrzeugen mit E-Antrieb wird wohl eher auf die historische Bremskonfiguration Trommelbremse zurückgreifen, hohe Standzeiten und Wartungsarmut inklusive. <

Neu: FGS, der Anhänger mit Liftachse und 100%-Achsausgleich
Nutzlast bis 2,9 t



Autotransport-Anhänger und Aufbauten Besuchen Sie unsere Ausstellung oder verlangen Sie eine Vorführung. Auch in Kommunalausführung lieferbar.

T&W Technik
Dammstrasse 16, 8112 Otelfingen
Tel. 044 844 29 62
www.fgs-fahrzeuge.ch

seit 1964 **CORTELLINI & MARCHAND AG** 061 312 40 40
Rheinfelderstrass 6, 4127 Birsfelden

Der umfassendste **Auto-Steuergeräte-Reparatur-Service** von Cortellini & Marchand AG.
www.auto-steuergeraete.ch

Sie suchen, wir finden – Ihr Suchservice für **Auto-Occasionsteile**
www.gebrauchte-fahrzeugteile.ch