

## Fahrwerk und Feinstaub

Da besteht ein Zusammenhang? Ja, doch, neben den Radaufhängungen sind auch Reifen und Bremsen Bestandteil des Fahrwerks Ihres Autos.

### Reifen:

Reifenabrieb ist einer der Bestandteile des lungengängigen Feinstaubs – und viele Partikel des Reifenabriebs sind nicht wirklich gesund.

Zusammensetzung des Reifen-Laufstreifens:

<https://www.goodyear.eu/corporate/de/about-tires/produktion/reifenmischung.jsp>

[http://www.dgengineering.de/download/open/Studie\\_Best-Practice\\_Altreifen.pdf](http://www.dgengineering.de/download/open/Studie_Best-Practice_Altreifen.pdf)

[https://www.welt.de/welt\\_print/wissen/article5343077/Winterreifen-Zeit-fuer-Haerte.html](https://www.welt.de/welt_print/wissen/article5343077/Winterreifen-Zeit-fuer-Haerte.html)

Abrieb entsteht im Bereich der Gleitreibung, also bei mehr als ca 8% Schlupf zwischen Reifen und Straße.

$\mu$ -Schlupf-Kurve:

<http://www.cbcity.de/langsdynamik-eines-reifens>

Kaum aber im Bereich der Haftreibung (unterhalb des Peaks in der im Link gezeigten Kurve). Wenn Ihre Reifen quietschen, sind Sie schon deutlich darüber, also deutlich im Bereich der Gleitreibung. Erfahrene Fahrer/innen hören diesen Übergang an einem ganz leisen Wimmern der Reifen. Mein sehr geschätzter Fahrlehrer und Kollege Hans Beck, immerhin sehr erfolgreicher Rallye-Fahrer in den 60ern, Vorbild der Rallye-Legende Walter Röhrl und Begründer des Rallye-Engagements der Firma Opel, predigte uns Fahrwerksingenieuren immer wieder: „*Wenn's in der Kurve quietscht, werft Ihr die Übertragungsfähigkeit eurer Reifen weg, die ihr dafür braucht, um nach vorne zu fahren.*“ Er fuhr Bestzeiten fast ohne irgendein Reifengeräusch. Fragt mal die erfolgreichsten Rennfahrer: die pflegen fast durchweg einen extrem „weichen“ Fahrstil. Schnell kann sogar umweltfreundlich sein ;)

Leider entsteht aber der meiste Schlupf, ganz ungehört, bei Geradeausfahrt: bei hoher Geschwindigkeit. Unsere Versuche des Reifenverschleißes (ja, in den 80er Jahren haben das viele Autohersteller noch selbst gemacht) zeigten sehr eindeutig: der Autobahn-„Raser“ verschleißt seine Reifen wesentlich schneller als der Taxifahrer, der zwar meist recht zügig um die Ecken fährt, aber doch meist im niedrigen Geschwindigkeitsbereich, weil innerstädtisch.

→ Feinstaub vermeiden kann man folglich, wenn man weich um die Kurven und nicht unnötig schnell und aggressiv fährt. Eine Begrenzung der Höchstgeschwindigkeit auf 130 km/h würde nicht nur den Spritverbrauch und somit Abgase reduzieren, sondern auch Feinstaub.

### Bremsen:

Ein zweiter, in vielen Bestandteilen gefährlicher, weil lungengängiger, Feinstaub kommt aus dem Verschleiß der Bremsbeläge.

Graphik: Bestandteile des Bremsbelags

<https://de.wikipedia.org/wiki/Bremsbelag>

Insbesondere nicht gekapselte Bremsen (Scheibenbremsen) blasen ihren Abrieb unvermittelt ab. Da Autos seit Jahren immer schwerer und schneller werden und der

Anteil des Motorbremsmoments dank auf verbrauchsgünstige Reibungsarmut optimierter Verbrennungsmotore und Getriebe immer weniger zur Verzögerung des Fahrzeugs beitragen kann, braucht es bei der Mehrzahl der PKW inzwischen auch an der Hinterachse Scheibenbremsen. Was die Gesamtmenge des Bremsstaubs in unserer Atemluft überproportional ansteigen hat lassen.

→ Feinstaub verringern heißt also: leichte Autos fahren, die Trommelbremsen an der Hinterachse haben. Vorausschauend fahren, damit man weniger oft bremsen muss. Einen Motor mit hohem Bremsmoment verwenden, idealerweise dabei auch noch Antriebsenergie gewinnen -> Elektomotor!

Soweit – so bekannt...

Was aber selbst manche Auto-Fachleute gerne vergessen, ist, dass die Auslegung des Fzg.-Konzepts und der Fahrwerksgeometrie durchaus, wenn auch indirekt, ihren Anteil an der Feinstaubbelastung hat.

Hohe Fahrzeuge, seien es nun Minivans oder SUV, sind die letzten Jahre immer mehr in Mode gekommen. Mit der Aufbauhöhe steigt auch die Höhe des Schwerpunkts, somit entstehen nicht nur größere Luftwiderstände, sondern auch eine stärkere Neigung der Karosserie bei Kurvenfahrt. Dies wird durch Maßnahmen wie dicke Stabilisatoren oder geregelte Luftfedern, Dämpfer und Stablenkungen aufgefangen. All das belastet den Reifen ungleichmäßiger, sodass er innerhalb seiner Kontaktfläche zur Straße sehr ungleich verteilte Reibungsverhältnisse bekommt und dabei eine höhere Walkarbeit leisten muss, was die Temperatur im Gummi erhöht. Wie wir weiter oben schon gelernt haben, ist Abrieb vom Schlupf und von der Temperatur abhängig.

→ Feinstaub verringern heißt also: ein Auto mit weniger Luftwiderstand, mit niedrigem Schwerpunkt und möglichst gleichmäßig verteilter Aufstandskraft auf alle 4 Räder verwenden. Darin Radaufhängungen, die stabile und geometrisch passende Kinematiken zur Radführung haben. Somit eine geringe dynamische Belastung des Reifenlatschs (der Aufstandsfläche) bewirken - das verringert den Reifenabrieb. E-Fahrzeuge bieten zumindest schon mal einen niedrigen Schwerpunkt.

Es gibt noch einen weiteren Aspekt, wo eine ungünstige Fahrwerksgeometrie zur Feinstaubbelastung deutlich beiträgt: der Einsatz des ESP (electronic stability program). Wir erinnern uns sicherlich noch an die Entstehung des ESP, denn das war seinerzeit die Notlösung, die das fehl-konstruierte Fahrwerk des ersten Mercedes A-Klasse und die daraus erfolgten Umfälle („Elchtest“) lösen half. Ein hoher Schwerpunkt, gepaart mit schmaler Spur und ungünstigen Radaufhängungen brachten den GAU. Schlecht konstruierte Vorder- und Hinterradaufhängungen führen die Räder bei diversen dynamischen und auch quasi-statischen Fahr-Vorgängen nicht immer so stabil, wie das sein sollte. Insbesondere die sehr weit verbreitete McPherson Vorderradaufhängung und die in Kleinwagen und auch manchen Mittelklassenautos sehr verbreitete Verbundlenkerachse an der Hinterachse sind gute Beispiele, wie billige Aufhängungen geometrisch sub-optimale Radführung bieten. Der Mini vermeidet an der Hinterachse diese Primitiv-Konstruktion und ersetzt sie durch eine Längslenkerachse, die mit deutlich schräg stehenden Querlenkern letztendlich teurer ist, aber kein besseres Ergebnis abliefert: auch dabei entsteht durch dynamische Verformung ein starkes Compliance-Oversteer (das bedeutet: die bei Kurvenfahrt wirkende Querkraft drückt das kurvenäußere Hinterrad in Nachspur). Da dummerweise im Mini wegen der beengten Motor-Einbaulage die Lenkung zu weit hinten sitzt, dadurch die querführenden Lager der Vorderachs-Dreieckslenker auch zu weit hinten sitzen, ist dessen McPherson-Vorderachse nicht nur McPh-typisch sub-optimal bzgl. des Lenk-Fehlwinkels

(„Ackermann“), sondern zudem sehr empfindlich bzgl. Querkräften, was auch an der VA zu einem „Elastizitäts-Übersteuern“ (hier: Vorspur) führt. Solange der Mini einen tiefen Schwerpunkt hat und recht geringe Federwege dank über-harter Federn und Dämpfer, fällt das nicht allzu sehr ins Gewicht – der Kunde fehlinterpretiert dies „GoCart-artige“ Fahrverhalten auch noch als „sportlich“. Nun hat BMW dies unglücklich konstruierte Fahrwerk aber auch in hochbeinigen Autos, wie dem Mini CountryMan und dem 2er SportsVan verwendet. Mit dem Ergebnis, dass diese Autos den Einsatz von ESP brauchen, um überhaupt sicher fahrbar zu sein, wie es schon Mercedes mit der A-Klasse vorgemacht hatte. Firmen, die ihre Fahrwerkskompetenz mit hinterrad-getriebenen Autos erlernt haben, leisten sich anscheinend beim Erlernen des Frontantriebs grundlegende Fehler.

Was will ich mit diesem Erguss von Fach-Chinesisch sagen? - Nun: fahren Sie mal ein solches Auto zügig (nicht mal subjektiv sportlich) über schön kurvige Nebensträßchen. Ohne dabei viel zu bremsen. Nach 20 – 30 km halten Sie an, steigen aus und schnuppern mal. Das stinkt nach Kupplung/Bremse, gell? Dann fassen Sie mal Ihre Aluräder an – die sind heiß – fühlen Sie mal vorsichtig die Bremsättel an: die sind sehr heiß! Wie das? Sie haben doch so gut wie kaum mal gebremst? Nun, wegen der nicht perfekten Radführung regelt ihr ESP bei zügigem Fahrstil ständig, selbst wenn man meint, weich zu fahren. Es verschleißt dabei Ihre Bremsbeläge und Bremscheiben und bläst ständig gesundheitsschädlichen Staub in die Landschaft. Früher haben Bremscheiben über 100.000 km gehalten – heute? Hätten Sie nicht gedacht? Ja – aber.... ESP ist doch wichtig für die Fahrsicherheit!?... Bremsen verwandelt nun mal zuvor eingebrachte Antriebsenergie ihres Autos und Hitze und Feinstaub! Ist also ineffizient und umweltschädlich.

Immer? Nein – es geht auch viel besser!

Schon vor vielen Jahren dachte ich auf einem aktiven ESP herum, das weitgehend ohne Bremseneingriff auskommt. 2016 schließlich, als ich erst für eine Autofirma in der Nähe von Birmingham und danach für eine andere bedeutende Autofirma in der Nähe von Braunschweig an E-Konzepten arbeitete, schlug ich denen meine Idee des aktiven ESP vor: jedes Rad erhält seinen eigenen E-Motor und die Regelung der E-Motore bringt nicht nur das beste Antriebskonzept dank der individuell an die unterschiedlichen Straßenverhältnisse jedes Rads angepassten Momenteneinleitung. Zudem kann die starke Rekuperation der E-Motore nicht nur beim Bremsen die (entsprechend kleiner zu dimensionierende) Radbremse deutlich entlasten (ganz ohne Feinstaub), sondern sogar alle Räder im dynamischen Betrieb auch einzeln bremsen/antreiben, besser als das mit bisherigem ESP geht, wo nur (verbrauchs-/verschleiß-/umweltschädlich) per Bremseneingriff geregelt wird.

Setzt man die E-Motore dann längs mittig im Paar in ein gemeinsames Gehäuse und lässt sie über einen Kegelradsatz als Untersetzung auf die Antriebswellen wirken, bleibt die ungefederte Masse gering (für guten Abrollkomfort) und die Abstützmomente der beiden Motore im Paar eliminieren sich gegenseitig, was deren Aufhängung und Geräuschisolierung vereinfacht.

Noch warte ich auf einen Geldgeber, der mich das mal aufbauen lässt. Patente sind mir dabei inzwischen egal – ich habe das ja schon seit Jahren vielen Insidern erläutert.

Klaus Methner, Mai 2018

[Die gezeigten Links stammen aus einer Suche im IN und werden von den dort genannten Erstellern verantwortet.](#)