

für Mitglieder und Partner

aus der umfassenden Kompetenz der Technischen Kommission der SSM

Antriebstechnologien

Reglemente & Politik

Treib- und Schmierstoffe

Infos aus der SSM

Der Diesel-„Skandal“ geht in die nächste Runde

Christian Bach, Empa

Hamburg hat per Ende Mai als erste Stadt in Deutschland ein Diesel-Verbot erlassen. Diesem Verbot vorangegangen ist ein Entscheid des Bundesverwaltungsgerichts (BVG), wonach Dieselverbote bei NO₂-Grenzwertüberschreitungen in Betracht zu ziehen sind. Gemäss BVG muss allerdings sichergestellt werden, dass der Grundsatz der Verhältnismässigkeit gewahrt bleibt und für Handwerker und Anwohner hinreichende Ausnahmen gewährt werden.

In Hamburg führte dies zur Teilsperrung der Max-Brauer-Allee (rund 600 m) für alle nicht-Euro 6 Dieselfahrzeuge und der Stresemannstrasse (1'600 m) für alle nicht-Euro 6-LKW. Die NO₂-Werte lagen dort 2017 mit 46 bis 48 µg/m³ zwar über dem Grenzwert von 40 µg/m³, aber beide Strassen wiesen keine Überschreitungen des Stundengrenzwerts von 200 µg/m³ auf, der max. 18 mal pro Jahr überschritten werden darf. In Deutschland gibt es landesweit rund 40 Messstationen in rund 20 Städten, die höhere NO₂-Belastungen aufweisen.

Die Sperrungen in Hamburg betreffen nur zwei Abschnitte auf Strassen mit Messstationen. Es besteht zumindest der Verdacht, dass damit nur Umwege um diese beiden Messstationen resultieren, was lediglich auf eine Verschiebung der Emissionen, nicht aber zu einer Reduktion führen könnte.

Grundsätzlich sachlich korrekt ist, mit dem Verbot ältere Dieselfahrzeuge (nicht-Euro 6) auszuschliessen, da diese aufgrund des Partikelfilters in der Regel einen deutlich höheren NO₂-Anteil aufweisen als Dieselfahrzeuge mit SCR-System. Wie wir heute allerdings wissen, sind teilweise auch Euro 6b-PWs nur wenig sauberer als Euro 5-Fahrzeuge.

Sind solche Verbote auch in der Schweiz zu erwarten? – Wahrscheinlich nicht: aufgrund weitergehender Luftreinemassnahmen und eines niedrigeren Dieselanteils sind die NO_x-Emissionen in der Schweiz niedriger als in Deutschland. Allerdings zeigt sich auch hierzulande, dass zumindest der politische Wille zur schulterzuckenden Akzeptanz von Grenzwert Überschreitungen abnimmt.

Weitere Informationen:

- <https://www.bverwg.de/pm/2018/9>

- <https://www.hamburg.de/pressearchiv-fhh/8675696/2017-04-26-bue-luftreinhalteplan/>

Wie es zum Diesel-Gate kommen konnte

Christian Bach, Empa

Stickoxide entstehen primär thermisch: bei hohen Temperaturen, wie sie in Verbrennungsmotoren auftreten, verbinden sich Stickstoff (N_2) und Sauerstoff (O_2), die Hauptbestandteile der Luft, und bilden primär Stickstoffmonoxid (NO). NO wird teilweise noch zu Stickstoffdioxid (NO_2) oxidiert. Die Summe von NO und NO_2 wird als Stickoxide (NO_x) bezeichnet.

Der Reaktionsmechanismus der thermischen NO_x -Bildung wurde in den 1940er-Jahren erstmals vom sowjetischen Physiker Jakow Borissowitsch Seldowitsch beschrieben und fortan als „Zeldovich-Mechanismus“ bezeichnet. Dieser Mechanismus zeigt, dass die NO -Bildung exponentiell von der Temperatur abhängig ist. Eigentlich würden die thermisch gebildete NO_x bei einer Abkühlung auf Umgebungsbedingungen wieder in molekularen Sauerstoff und Stickstoff zerfallen, nur geschieht die Abkühlung der Abgase im Verbrennungsmotor so schnell, dass die NO_x im chemischen Ungleichgewicht erhalten bleiben. NO_x kann dann nur katalytisch in einer Abgasnachbehandlung wieder aufgebrochen werden.

Die exponentielle Temperaturabhängigkeit der NO_x -Bildung führt dazu, dass bereits eine vergleichsweise geringe Temperaturreduktion in der Dieselverbrennung zu einer deutlichen Reduktion der NO_x -Emissionen führt. Solche Temperaturreduktionen können beispielsweise durch eine Abgasrückführung (AGR) oder Abweichungen vom idealen Dieseleinspritzbeginn realisiert werden, was aber in der Regel mit höherer Partikelbildung, Wirkungsgradverlust oder schlechterem Motorrundlauf verbunden ist. Deshalb werden diese Massnahmen nur „wo nötig“ eingesetzt.

Und eben: dieses „wo nötig“ wird durch die Abgasgesetzgebung definiert. Das bis Herbst 2017 geltende Abgasmessverfahren stammt

aus den 70er-Jahren mit Anpassungen in den 90er-Jahren. Es beinhaltete – neben der Einhaltung der Abgasgrenzwerte im offiziellen Fahrprofil – keine weiteren Anforderungen an die Motorsteuerung, deren Mächtigkeit aber ab den 00er-Jahren stark zunahm und ein sehr selektives Steuern innermotorischer Massnahmen wie der AGR oder des Einspritzzeitpunkts erlaubte. Diese Massnahmen wurden von den Motorenentwicklern offensichtlich zunehmend auf Betriebsbereiche begrenzt, die in der offiziellen Abgasprüfung vorkommen, während sie ausserhalb vermehrt abgeschaltet wurden.

Die unselige Kombination von veralteter Abgasgesetzgebung und technisch einfach machbaren Abschaltungen von NO_x -Reduktionsmassnahmen ausserhalb der Laborbedingungen wurde erst entdeckt, als Mitte der 10er-Jahre kompakte Abgasmessgeräte für Strassenmessungen erhältlich waren. Bis dato wurden die bekannten höheren NO_x -Emissionen in realen Fahrprofilen durch technische Limitierungen begründet. Solche Strassenmessungen haben dann auch im September 2015 den Diesel-Gate ausgelöst.

Wie sieht die Situation heute aus? – In den letzten Jahren wurde viel in die SCR-Technologie investiert. Man versteht heute die AdBlue-Einspritzung, das Wandfilmverhalten, die Zersetzungsprozesse und Zwischenprodukte sowie die Katalyse sehr viel besser als noch vor ein paar Jahren. Zudem hat es auch bei der Hardware (z.B. Injektoren, Abgasmischstrecken, Katalysatoren) deutliche Verbesserungen gegeben. Jüngste Testberichte z.B. des ADAC zeigen denn auch, dass die Euro 6d-temp-zertifizierten Dieselfahrzeuge deutlich sauberer geworden sind. Technisch zumindest scheint der Diesel-Gate überwunden zu sein.

Weitere Informationen:

- <https://de.wikipedia.org/wiki/Zeldovich-Mechanismus>

Dieselaabgase bei schweren Nutzfahrzeugen – die Hausaufgaben sind gemacht

Meinrad Signer, msco

Aus dem Bericht 'Luftschadstoffemissionen der Schweiz 1990-2050' vom 24.11.2017:

«Bei den Schweren Motorwagen, ebenfalls relevante Verursacher von NO_x- und Partikel-Emissionen, haben die gesetzlichen Begrenzungen später eingesetzt als bei den leichten Motorwagen – die entsprechenden Massnahmen zur Abgasnachbehandlung wurden jedoch von den Herstellern im Allgemeinen wirksamer umgesetzt, so dass die Grenzwerte im realen Betrieb auf der Strasse besser eingehalten werden als von den PW».

Anders als bei den PKWs wurde bei den Nutzfahrzeugen schon im Jahre 2002 im Einvernehmen von Herstellern und Behörden die Initiative zur Messung der Emissionen im realen Strassenbetrieb ergriffen. Stetige Grenzwertverschärfungen kosten sehr viel Geld, deshalb war man bestrebt, dass diese kostenintensiven Investitionen auch positive Resultate zeigen. Für Euro VI wurden deshalb langfristige Vorbereitungen getroffen: ein neuer Emissionstest (WHTC), eine griffige off-cycle-emission Regelung (OCE) und die in-service-conformity Vorschriften (ISC, PEMS). Dieses Paket wurde in allen Schritten von den Herstellern gefördert und mitgetragen.

Die Resultate der Emissionsmessungen im praktischen Fahrbetrieb waren von Anfang an sehr gut, viele unabhängige Institutionen

haben solche Messungen durchgeführt und festgestellt, dass die gesteckten Ziele erreicht wurden. Ein 40 Tonnen Nutzfahrzeug emittiert gleich viel oder weniger Stickoxide als ein einziger Pkw. Dank Partikelfilter sind all diese Fahrzeuge auf einem extrem tiefen Partikel-niveau. Normalerweise ist die Feinpartikelkonzentration am Auspuffende geringer als in der Umgebungsluft.

Dieser Sachverhalt beweist, dass es mit der heutigen Technik möglich ist, den Dieselmotor umweltfreundlich zu betreiben. Es ist deshalb bedauerlich, dass als Resultat der Pkw-Schummeleien der Dieselmotor als solcher schlecht gemacht wird, was eben nicht der Tatsache entspricht. Der Sachverhalt der hohen Pkw-Emissionen im praktischen Fahrbetrieb ist übrigens seit Jahrzehnten bekannt, und die Behörden in Brüssel und der EU-Mitgliedstaaten haben nichts unternommen im vollen Wissen, dass die Pkw Emissionsvorschriften sehr mangelhaft sind.

Die viel gerühmten US-Emissionsvorschriften für Nutzfahrzeuge weisen trotz tieferen Grenzwerten wesentlich höhere Emissionen im praktischen Fahrbetrieb auf, insbesondere bei tieferen Geschwindigkeiten. China hat nun auch Euro VI mit einigen zusätzlichen Vorschriften eingeführt.

Ansätze zur neuen periodischen technischen Kontrolle der Personenwagen

Jan Czerwinski, BFH-TI, Biel

Seit dem sogenannten Diesel-Gate 2015 ist es offiziell klarge worden, dass die OBD allein nicht ausreichend ist, um die tiefen Emissionen der Fahrzeuge in Benutzerhand zu garantieren. Nach Messungen des AWEL in der MFK Zürich sind mehr als 10% aller Partikelfilter in Serien-PKWs Euro 6b nicht voll funktionsfähig, d.h. die Emissionen liegen nahe bei der Rohemission (ETH-NPC Juni 2018). Solche Studien liegen auch aus Holland, Belgien und Deutschland vor. Unabhängig voneinander wurde daher in verschiedenen Ländern

beschlossen, die periodische technische Kontrolle, genannt NPTI, wieder einzuführen.

Als Erstes fokussierte man die Aufmerksamkeit auf die modernen Diesel-Personenwagen mit DOC / DPF / deNO_x. Die Kontrolle der DPF mit entsprechenden feldtauglichen Nanopartikel-Messgeräten wurde in der Schweiz schon weit früher für die Baumaschinen erarbeitet, und 2012 wurde bereits eine erste Gerärichtlinie durch das METAS erlassen. Die Testprozedur ist in der Baurichtlinie Luft des BAFU beschrieben.

In einer internationalen Arbeitsgruppe NPTI bestehend aus Vertretern der Behörden, der Forschungsinstitute und der Messgerätehersteller aus CH, DE, NL, BE, AT, FR, GB und JRC hat man die Testprozedur der DPF-Kurzkontrolle bereits zu gesetzlicher Reife erarbeitet (gesetzliche Reife bedeutet: Prozedur, Messinstrumente und Grenzwerte).

Diese Gruppe arbeitet nach dem sogenannten task-sharing Prinzip, wobei jedes Land oder Mitglied die Ergebnisse und Erfahrungen von selbstfinanzierten Projekten beisteuert. Der Schweizer Beitrag erfolgte bis jetzt durch das von BAFU unterstützte und von AFHB ausgeführte Projekt «In-use control Diesel». Der technische Konsens besteht in der Partikel-Anzahl-Messung im Tieflerlauf, was sich als eine sehr robuste, gut wiederholbare Methode herausgestellt hat und die Bereitstellung kostengünstiger und werkstatttauglicher Messgeräte ermöglicht.

Mit deNO_x (hauptsächlich SCR) ist eine simple Kurzprüfung im Leerlauf nicht möglich, da das System betriebswarm werden muss, um seine

Funktionalität zu entfalten. Die Arbeiten darüber sind im Gange.

Die unabhängigen Kontrollmöglichkeiten der Abgasnachbehandlungssysteme der Benzinfahrzeuge (3-W-Kat und GPF) werden ebenfalls bearbeitet.

Die Meinungen der Behördenvertreter schwanken je nach Land im ganzen Spektrum von «unmöglich» bis «selbstverständlich». Dennoch gibt es in den progressivsten Ländern bereits feste «Fahrpläne»:

In Deutschland wurde die alte Version der PTI („AU“) ab Januar 2017 wieder eingeführt und die Updates (Verschärfungen) mit Berücksichtigung der Partikel-Anzahl-Messtechnik soll gemäss Verordnung des Bundesministeriums für Verkehr 2021 folgen.

In Holland beabsichtigt man, ab 2019 die DPF-Tests stufenweise einzuführen, bis sie 2021 im ganzen Land obligatorisch werden.

In der EU trat am 20.05.2018 eine «Roadworthiness Direktive» in Kraft, welche sich der Problematik der PTI widmet.

Abkürzungen:

AFHB	Abgasprüfstelle Fachhochschule Bern
AU	Abgasuntersuchung
AWEL	Amt für Abfall, Wasser, Energie, Luft
BAFU	Bundesamt für Umwelt
deNO _x	Abscheidung von Stickstoffoxiden
DOC	Diesel Oxidation Catalyst
DPF	Diesel Partikel Filter

TH-NPC	ETH-Conference on Combustion Generated Nanoparticles
GPF	Gasoline Particulate Filter
JRC	Joint Research Centre
METAS	Eidg. Institut für Metrologie
NPTI	New periodical technical inspection on board diagnose
OBD	on board diagnose
PTI	Periodical technical inspection
SCR	Selektive katalytische Reduktion

Weitere Informationen:

- EU-Richtlinie über die regelmäßige technische Überwachung von Kraftfahrzeugen:

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014L0045&from=EN>

- Niederländische Organisation für Angewandte Naturwissenschaftliche Forschung TNO: <https://www.tno.nl/en/focus-areas/traffic-transport/roadmaps/mobility/clean-mobility/overview-of-reports-measuring-the-emissions-of-passenger-cars-and-vans/>

Konsolidierter Bioprozess zur Umwandlung von Lignocellulose in Bio-Treibstoffe für den Luft- und Schwerkverkehr

Michael Studer, HAFL Zollikofen

Biomasse ist die einzige, heute technisch nutzbare erneuerbare Kohlenstoff-Quelle auf der Erde. In der Schweiz steht ein noch nicht genutztes, nachhaltiges Biomassepotential von circa 100 PJ (Primärenergie) zur Verfügung, wobei es sich vornehmlich um Lignocellulose wie Gülle oder Waldholz handelt. Dies ist im Verhältnis zum Energieverbrauch im Bereich Verkehr und Transport von 300 PJ (Endverbrauch) relativ wenig. Es ist daher wichtig, Biomasse zielgerichtet und mit einer hohen Ressourceneffizienz zu nutzen. Sie muss bevorzugt dort eingesetzt werden, wo

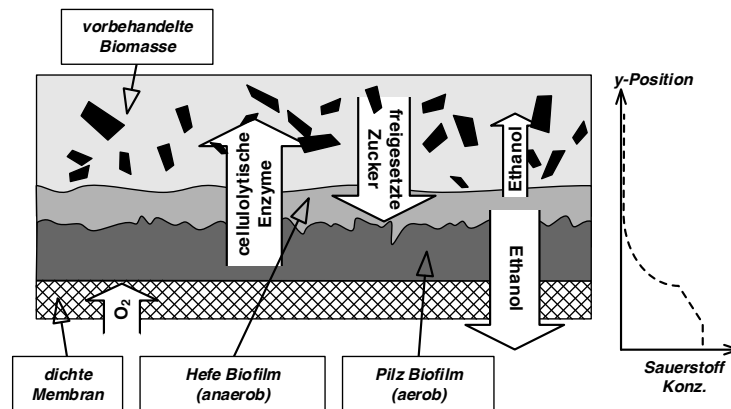
keine anderen erneuerbaren Alternativen zur Verfügung stehen, also zur Produktion von Chemikalien und Bio-Treibstoffen für den Luft- und Schwerkverkehr. Als weitere Rahmenbedingung kommt natürlich hinzu, dass die Biomasse-Umwandlung ökonomisch rentabel sein muss.

In unserer Gruppe erforschen und entwickeln wir ein spezielles biochemisches Umwandlungsverfahren von Lignocellulose in Chemikalien und Treibstoffe. Biochemische Verfahren haben gegenüber chemischen Verfahren verschiedene Vorteile: Wasser kann als Lö-

sungsmittel verwendet werden, die Prozesse laufen praktisch bei Raumtemperatur ab und die Umwandlungen sind hoch selektiv. Nichtsdestotrotz stellt auch hier die Wirtschaftlichkeit bei der Herstellung von Bulk-Chemikalien wie Treibstoffen eine Herausforderung dar. Eine Lösung ist die Prozessintensivierung. Wir haben dazu einen hoch integrierten Bioprozess entwickelt, der alle notwendigen Verfahrensschritte zur Herstellung einer Chemikalie aus Lignocellulose in nur einem Reaktor zusammenfasst. Statt für diese in der wissenschaftlichen Literatur als «consolidated bioprocessing» (CBP) bezeichnete Verfahrensvariante einen einzelnen gentechnisch veränderte Super-Mikroorganismus einzusetzen, verwenden wir ein Konsortium von robusten Industrie-

stämmen. Dies ist möglich, da unser Verfahren simultan aerobe und anaerobe Bedingungen im gleichen Reaktor ermöglicht (vgl. Grafik). Aerobe Pilze produzieren cellulolytische Enzyme zur Spaltung der Polymere Hemi-Cellulose und Cellulose, während anaerobe Hefen oder Bakterien die freigesetzten Zucker zu dem gewünschten Zwischen- oder Endprodukt fermentieren.

Zusammen mit der Industrie arbeiten wir derzeit an der Aufskalierung unseres Cellulose-Ethanol-Prozesses und entwickeln ein Verfahren zur effizienteren Herstellung von Methan aus Gülle. In der Forschung fokussieren wir auf die Herstellung von Intermediaten zur Herstellung von Bio-Diesel (FAME) oder Bio-Kerosin (HEFA, Aromaten).



Konzept des konsolidierten Bioprozesses basierend auf einem mikrobiellen Konsortium. Die aeroben Pilze, verantwortlich für die Produktion der cellulolytischen Enzyme, wachsen direkt auf der Membran durch welche Sauerstoff bereitgestellt wird. Die freigesetzten Enzyme hydrolysieren die polymeren Kohlenhydrate der Lignocellulose zu wasserlöslichen Zuckern, die durch anaerobe Mikroorganismen im anaeroben Teil des Reaktors zum Zielprodukt metabolisiert werden. Das Sauerstoffkonzentrationsprofil im Reaktor ist auf der rechten Seite dargestellt.

Weitere Informationen:

- Biomasse Potentialstudie

<https://www.wsl.ch/de/publikationen/biomassepotenziale-der-schweiz-fuer-die-energetische-nutzung-ergebnisse-des-schweizerischen-energiek.html>

- Zielgerichtete Verwendung von Biomasse

http://www.nfp66.ch/SiteCollectionDocuments/NFP66_Teilsynthese_2_Bioraffinerie_DE.pdf

- Wissenschaftliche Publikation zum konsolidierten Bioprozess

<http://pubs.rsc.org/-/content/articlepdf/2014/ee/c3ee41753k>

Veranstaltungen und Termine

18. Sept. 2018

SSM/SAE Switzerland Vortragstagung, Campus Sursee

Das Kleingedruckte zu den Antriebskonzepten von morgen ...!

<http://www.ssm-studies.ch/vortragstagungen/vortragstagung-ssm-2018>