

La technologie est là...

Les injections haute pression des nouveaux moteurs permettent de réduire la masse de particules à tel point que les filtres ne s'avèrent plus indispensables, mais celles-ci génèrent également de nombreuses microparticules, dont les répercussions sur la santé ne sont pas clairement déterminées. Les politiciens aussi se penchent sur ce qui peut être contenu dans les gaz d'échappement.

Les valeurs limites des gaz d'échappement des moteurs et la politique sont étroitement liées. Deux exigences politiques sont actuellement en suspens: l'une revendique l'exploitation des «meilleures technologies possibles» pour l'ensemble des moteurs en Suisse dans l'optique de réduire les gaz d'échappement. L'autre exigence préconise de renoncer à toute initiative technique individuelle vis-à-vis de l'UE en ce qui concerne les moteurs des tracteurs. Cette dernière exigence n'a pas encore été traitée par le Conseil fédéral. En Suisse, les valeurs limites des gaz d'échappement stipulées par l'UE s'appliquent toujours aux tracteurs. La «meilleure technologie possible» réside actuellement dans le filtre à particules, qui n'est toutefois pas encore utilisé en série par les fabricants, bien que cela soit aisément réalisable sur le plan technique.

Des mesures de particules au centre de formation de l'USM à Aarberg ont démontré que l'on décèle un plus grand nombre de fines particules dans un air ambiant normal que dans les gaz d'échappement d'un moteur diesel après un filtre à particules. Stefan Egger, enseignant spécialisé, a comparé un nouveau moteur Scania Euro 5 et un moteur de tracteur suisse classique. Le tracteur avait été équipé d'un système de filtre à particules. Sans être équipé d'un tel système de filtre, le moteur Scania a néanmoins aisément atteint la valeur limite en termes de masse de particules préconisée par la norme Euro 5 sur les gaz d'échappement.

Une masse infime, de nombreuses particules

En ce qui concerne le poids, la masse de particules mesurée au niveau du nouveau moteur Scania était inférieure à celle du moteur de tracteur avant le filtre à particules. Dans le cadre de cette comparaison, le moteur Euro 5 a gé-

né une masse de particules environ 20 fois moins importante: un excellent résultat. En revanche, les particules mesurées après le système de filtre du tracteur ont démontré un tout autre cas de figure: le nombre de microparticules du tracteur était 600 fois moins élevé qu'au niveau du moteur de camion sans filtre.

Bien qu'étant quasiment indécélables au niveau du moteur de camion, les particules étaient 600 fois plus nombreuses qu'au niveau du «vieux» moteur équipé d'un filtre à particules.

Ces particules sont tellement petites que le terme «fine poussière» serait à vrai dire une description beaucoup trop grossière. Bien que les répercussions de ces fines particules sur la santé ne soient pas encore clairement définies, elles sont en tout cas cancérigènes. Selon Stefan Egger, il s'agit de nanoparticules qui pénètrent dans le corps par la peau et peuvent parvenir jusqu'au cerveau par voie sanguine.

Les valeurs limites des gaz d'échappement définies jusqu'à présent pour les véhicules tels que les tracteurs ne tiennent pas compte du nombre de particules. De même pour le moteur Euro 5: une valeur limite n'est définie que pour la masse et non pas pour le nombre de particules. Grâce à des pressions d'injection élevées à réglage électronique, le moteur parvient à respecter la valeur limite en termes de masse de particules sans être équipé d'un filtre à particules, conformément à la législation en vigueur. Cela pourrait changer à l'avenir, l'autorité responsable de la législation de l'UE abondant depuis peu la question liée au nombre de particules.

Jürg Minger de l'Office fédéral de l'environnement (OFEV) est heureux de constater les efforts du législateur à cet égard. En revanche, quant à savoir si cet aspect sera pris en compte à l'avenir pour la détermination de nouvelles valeurs limites, cela reste encore confus. Par ailleurs, on fait la différence



Mit Hochdruckeinspritzungen an neuen Motoren kann die Partikelmasse soweit reduziert werden, dass ein Filter nicht mehr notwendig ist. Dabei entstehen jedoch viele Kleinstpartikel. Deren Auswirkungen auf die Gesundheit sind nicht klar. Was in Abgasen enthalten sein darf, beschäftigt vor allem auch die Politiker.



Die Technik wäre bereit...

Abgasgrenzwerte von Motoren und Politik sind eng miteinander verbunden. So stehen zurzeit gleich zwei politische Forderungen im Raum: Die eine fordert für alle Motoren in der Schweiz den Einsatz der sogenannten «bestmöglichen Technik» für weniger Abgase. Die andere Forderung will bei Traktoren keinen motorentechnischen Alleingang gegenüber der EU. Die letztere Forderung ist vom Bundesrat noch nicht behandelt worden. In der Schweiz gelten für Traktoren nach wie vor die Abgasgrenzwerte, welche die EU bestimmt.

Die «bestmögliche Technik» ist momentan der Partikelfilter, welcher aber von Herstellerseite noch nicht

serienmässig eingesetzt wird, obschon das technisch ohne weiteres machbar wäre.

Partikelmessungen im Bildungszentrum der SMU in Aarberg zeigten, dass in normaler Umgebungsluft mehr Feinstoffpartikel nachgewiesen werden können als in den Abgasen eines Dieselmotors nach einem Partikelfilter. Fachlehrer Stefan Egger, hat einen neuen Euro 5 Scania-Motor mit einem Motor verglichen, wie er in der Schweiz in einem durchschnittlichen Traktor zum Einsatz kommt. Dabei war der Traktor mit einem Partikelfiltersystem nachgerüstet. Obschon der Scania-Motor über kein solches Filtersystem verfügte, erreichte dieser den Grenzwert der Partikelmasse

für die Abgasnorm Euro 5 problemlos.

Wenig Masse, viele Partikel

Gewichtsmässig war beim neusten Scania-Motor weniger Partikelmasse zu messen als beim Traktormotor vor dem Partikelfilter. Bei diesem Vergleich produzierte der Euro 5-Motor rund 20-mal weniger Partikelmasse. Das ist ein super Ergebnis. Wurden aber beim Traktor die Partikel nach dem Filtersystem gemessen, zeigte sich ein anderes Bild: Der Traktor hatte, gemessen nach Partikelanzahl, 600-mal weniger Feinstoffpartikel als der Lastwagen-Motor ohne Filter.

Trotz kaum nachweisbarem Partikelvolumen beim Lastwagen-Motor,

**Interview mit Stefan Egger,
Ausbilder im SMU Bildungszentrum Landtechnik in Aarberg**

**Interview avec Stefan Egger, enseignant au Centre
de formation technique agricole USM à Aarberg**



Est-on sur la bonne voie avec les moteurs diesel à 4 temps courants ? Ou bien y aurait-il d'autres solutions techniques permettant d'aborder à la source la problématique liée aux valeurs limites des gaz d'échappement ?

Oui, il y en aurait une, en effet. Par exemple, des blocs moteurs sans pistons constitueraient une solution intéressante. La technologie actuelle des moteurs à 4 temps est extrêmement complexe et empêche notamment une bonne combustion du carburant, le piston devant être ralenti avant chaque cycle moteur, afin d'accélérer ensuite dans l'autre sens. Il faut comprendre le principe de fonctionnement: combustion dans le cylindre, puis refroidissement, ensuite nouvelle combustion... Cela empêche une bonne combustion comme c'est le cas par exemple dans un poêle à mazout, où il n'y a qu'une combustion. Les défis sont donc conséquents. Aucune évolution de la technologie de base n'est donc prévisible pour le moment. Mais en laissant libre cours à mon imagination, je pourrais concevoir une turbine qui fonctionnerait à plein régime et actionnerait un générateur. L'entraînement serait alors électrique.

Comment se comparent les phases régissant les gaz d'échappement en tant que norme européenne (camions) pour les véhicules routiers et phase UE (tracteurs) pour les véhicules non routiers ?

Les véhicules ont des cycles moteurs complètement différents. Un moteur de camion fonctionne généralement en charge partielle, quasiment jamais en pleine charge. Un tracteur, en revanche, fonctionne souvent en pleine charge. Les normes viennent soutenir cette différence, une comparaison directe s'avérant impossible. Pourtant, on dit que la phase IIIb de la norme UE correspond à peu près à la norme Euro 4.

Est-ce que les systèmes de post-traitement des gaz d'échappement seront indispensables à l'avenir, ou bien les ingénieurs mettront-ils au point de nouvelles technologies ?

Ce ne sera pas possible sans post-traitement des gaz d'échappement. Mais les systèmes seront plus simples que les solutions connues jusqu'à présent. L'injection d'urée (AdBlue®) pour neutraliser les oxydes d'azote n'est vraisemblablement qu'une solution provisoire pour pouvoir continuer à utiliser les moteurs actuels. Les dernières évolutions en matière de moteurs permettront une réduction interne des oxydes d'azote. Les systèmes électroniques commanderont d'innombrables paramètres de combustion, de telle sorte qu'un filtre à particules supplémentaire s'avérera finalement suffisant. Un tel moteur doit être entièrement conçu de A à Z, des ajouts ultérieurs étant insignifiants à ce niveau.

Est-ce que le diesel pourrait être traité de manière à réduire les valeurs des gaz d'échappement ? Un peu comme c'est le cas pour l'essence avec l'essence alkylée ?

Dans l'état actuel des choses, aucun substitut n'est prévu pour le diesel. Le diesel actuel a déjà été optimisé en réduisant la teneur en soufre.

Avec la norme sur les gaz d'échappement phase IIIb de l'UE, de nouvelles prescriptions sont en train d'être instaurées et la phase IV entrera en vigueur à partir de 2013. Les agriculteurs doivent-ils par conséquent attendre avant d'acheter afin de bénéficier ultérieurement d'un tracteur encore plus propre ?

La technologie évoluant constamment, il faudrait systématiquement attendre. Les tracteurs sont conçus pour durer. Il faudra un certain temps avant qu'un tracteur acheté aujourd'hui devienne obsolète. Et il est inutile de craindre de recevoir une amende parce que l'on utilise un vieux tracteur. Cela ne sert donc à rien de retarder un éventuel achat.

Ist man mit den gängigen 4-Takt-Dieselmotoren überhaupt auf dem richtigen Weg? Oder gäbe es andere technische Lösungen, womit die Abgasproblematik wirklich an der Wurzel gepackt werden könnte?

Ja, die gäbe es in der Tat. Beispielsweise wären Triebwerke ohne Kolben gut. Die heutige Motorentechnik mit 4 Takten ist sehr komplex und vor allem wirkt sie einer guten Treibstoffverbrennung entgegen, da vor jedem Arbeitstakt der Kolben abgebremst werden muss um ihn danach in die andere Richtung wieder zu beschleunigen. Man muss sich vorstellen was beim Betrieb abläuft: im Zylinder brennt es, dann kühlt es ab, dann brennt es wieder... Dies verunmöglicht eine gute Verbrennung wie beispielsweise in einem Ölofen, in welchem es nur brennt. Die Herausforderungen sind also hoch. Eine Änderung der Grundtechnik ist deshalb auch noch nicht absehbar. Ich lass jetzt aber meiner Fantasie mal freien Lauf und könnte mir eine Turbine vorstellen welche im optimalen Drehzahlbereich läuft und einen Generator antreibt. Gefahren wird dann elektrisch.

Wie lassen sich die Abgasstufen für Strassenfahrzeuge als Euro-norm (Lastwagen) und bei Nicht-Strassenfahrzeugen als EU-Stufe (Traktoren) vergleichen?

Die Fahrzeuge haben ganz andere Betriebszyklen. Ein Lastwagenmotor befindet sich meistens im Teillastbereich, fast nie unter Vollast. Ein Traktor läuft dagegen häufig unter Vollast. Diesem Unterschied werden die Normen gerecht, weshalb ein direkter Vergleich nicht möglich ist. Dennoch lässt sich sagen, dass die EU-Stufe IIIb in etwa der Euro 4-Norm entspricht.

Werden Abgasnachbehandlungssysteme in Zukunft unumgänglich sein oder werden die Ingenieure neue Techniken entwickeln?

Ohne Abgasnachbehandlung wird es nicht gehen. Aber die Systeme werden einfacher sein als die Lösungen, die man bisher kennt. Vermutlich ist die Harnstoffeinspritzung (AdBlue®), um Stickoxide zu neutralisieren, nur eine Übergangslösung um Motoren der heutigen Generation weiterhin verwenden zu können. Neuste Motorentwicklungen werden die Stickoxide intern reduzieren. Dort wird die Elektronik unzählige Verbrennungseinflüsse regeln, so dass letztlich ein Partikelfilter als Zusatz ausreicht. So ein Motor wird von Grund auf neu zu konzipieren sein. Mit Nachrüstungen ist auf diesem Niveau nichts zu machen.

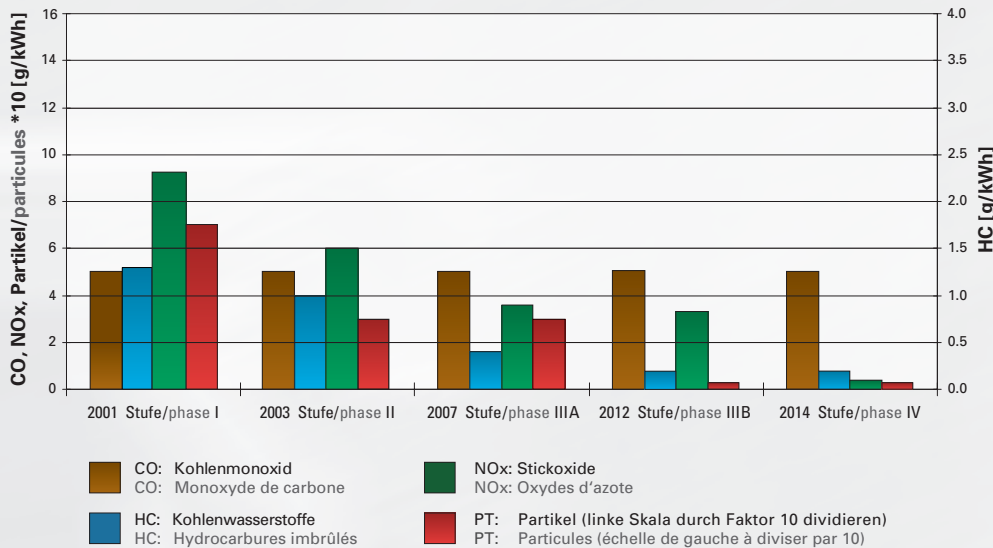
Könnte der Diesel so aufbereitet werden, dass die Abgaswerte geringer ausfallen? Etwa ähnlich, wie man es vom Gerätebenzin her kennt?

Ein Ersatz für Dieseltreibstoff ist nicht in Sicht. Der heutige Diesel wurde bereits optimiert, der Schwefelgehalt wurde herabgesetzt.

Mit der Abgasnorm EU-Stufe IIIb werden derzeit neue Vorschriften eingeführt und ab dem Jahr 2013 kommt bereits die EU-Stufe IV. Sollte der Landwirt deshalb mit einem Kauf zuwarten, um später einen noch saubereren Traktor zu kaufen?

Die Technik entwickelt sich ständig. Von daher müsste man immer zuwarten. Bei Traktoren ist es ja so, dass sie für eine lange Zeit kompatibel sind. Ein heute gekaufter Traktor veraltet nicht so rasch. Und eine Busse aufgrund des Einsatzes eines älteren Traktors muss man auch nicht befürchten. Aus dieser Sicht gibt es sicher keinen Grund, deshalb einen Kauf zu verzögern.

Traktoren und Motorkarren mit Selbstzündungsmotor
Moteurs à auto-allumage des tracteurs et chariots de travail
 75 [kW] ≤ P < 130[kW]



wurden 600-mal mehr einzelne Partikel als beim «alten» Motor mit nachgerüstetem Partikelfilter gezählt.

Dabei sind diese Partikel so klein, dass der Begriff «Feinstaub» eigentlich eine viel zu grobe Beschreibung ist. Die Auswirkungen dieser Kleinstpartikel auf die Gesundheit sind noch nicht klar bestimmt, sind aber in jedem Fall krebserregend. Laut Stefan Egger handelt es sich dabei um Partikel im Nanobereich, welche sogar durch die Haut in den Körper eindringen und via Blutbahn ins Gehirn gelangen können.

Die bisher definierten Abgasgrenzwerte für Fahrzeuge wie Traktoren, berücksichtigen die Partikelanzahl nicht. Auch beim Euro 5-Motor ist nur ein Grenzwert für die Partikelmasse, jedoch nicht für die Partikelanzahl bestimmt. Dank hohen elektronisch geregelten Einspritzdrücken, schafft es der Motor ohne Partikelfilter den Grenzwert bezogen auf die Partikelmasse zu erfüllen. Und entspricht so der aktuellen Gesetzgebung. Dies könnte sich in Zukunft ändern, denn neuerdings wird bei der für die Gesetzgebung zuständigen Behörde der EU über die Partikelanzahl diskutiert.

Jürg Minger vom Bundesamt für Umwelt (BAFU), ist froh, dass sich der Gesetzgeber darum bemüht. Ob dieser Aspekt künftig bei der Festlegung neuer Grenzwerte berücksichtigt wird, ist jedoch noch unklar. Zudem unterscheidet man auch zwischen Grenzwerten für «Strassenfahrzeuge» und «Nicht-Strassenfahrzeuge». «Kurzfristig ist mit einem solchen Grenzwert für alle Fahrzeuge nicht zu rechnen», vermutet Jürg Minger.

Saubere Motoren vom Hersteller

Fest steht jedoch, dass der Bundesrat wiederholt festgehalten hat, dass er einen Grenzwert für die Partikelanzahl zum Schutz für Umwelt und Gesundheit für notwendig hält. Dies ginge jedoch über das derzeitige EU-Recht hinaus. Dadurch ist dieser Grenzwert nicht ohne weiteres einführbar, schon nur der vielen internationalen technischen Handelshemmnisse wegen. Einzig für den Schweizer Markt würde wohl kein



entre les valeurs limites pour les «véhicules routiers» et les «véhicules non routiers». «A court terme, une telle valeur limite ne devrait pas s'appliquer à l'ensemble des véhicules», estime Jürg Minger.

Des moteurs plus propres du fabricant

Une chose est sûre en tout cas: le Conseil fédéral a de nouveau constaté qu'une valeur limite applicable au nombre de particules est indispensable pour la protection de l'environnement et la santé, mais dépasserait toutefois le cadre du droit en vigueur au sein de l'UE. Cette valeur limite n'est donc pas importable d'emblée, ne serait-ce qu'en raison des nombreuses restrictions commerciales techniques à l'échelle internationale. Aucun constructeur de moteurs ne lancerait de nouveaux modèles uniquement pour le marché suisse.

Les avantages des technologies de pointe ont été démontrés par des tests réalisés au centre de formation de l'USM. Outre une injection électronique haute pression, le moteur Scania était équipé d'un système de recyclage des gaz d'échappement, d'un turbo variable et de papillons d'étranglement ainsi que d'autres composants reliés électroniquement entre eux. Si le nombre de particules pouvait également être réduit, la technologie liée aux valeurs des gaz d'échappement ferait un grand pas en avant. La position de l'OFEV constitue dans ce cas la solution appropriée, les fabricants devant être invités à exploiter pleinement les capacités techniques. Comme le souligne Jürg Minger, les efforts de l'OFEV ne consistent pas non plus impérativement à équiper quelques vieux tracteurs de filtres, mais plutôt à les équiper dès l'usine des meilleures technologies environnementales possibles. «Cela inclut aussi aujourd'hui des systèmes de filtres à particules efficaces», déclare Jürg Minger.

Nouvelles prescriptions de l'UE

De nouvelles valeurs limites des gaz d'échappement sont en train d'être introduites avec la phase IIIb de la norme UE pour les moteurs de tracteurs. D'ici 2013, tous les nouveaux tracteurs dotés d'une puissance supérieure ou égale à 50 ch devront satisfaire à des exigences plus rigoureuses. Par rapport à la phase IIIa de la norme UE en vigueur depuis 2005/06, les nouvelles prescriptions prévoient notamment une réduction

importante de la valeur limite en termes de masse de particules. Afin de satisfaire aux valeurs limites de la phase IIIa de la norme UE régissant les gaz d'échappement en vigueur jusqu'à présent, des modifications internes du moteur étaient suffisantes. Les fabricants ont misé par exemple sur des commandes électroniques, des systèmes d'injection common rail et des systèmes de recyclage des gaz d'échappement. Pour atteindre les nouvelles valeurs limites, on part du principe qu'il faudra un filtre à particules. Stefan Egger souligne cependant qu'un filtre à particules n'est en aucun cas indispensable: «Les filtres à particules ne sont pas obligatoires. Si un fabricant parvient à construire un moteur présentant des valeurs de gaz d'échappement inférieures aux valeurs limites, il n'est en aucun cas tenu de prévoir un filtre». Comme le démontre par exemple le moteur Scania.

Finalement, ce sont les ingénieurs des fabricants de moteurs qui définissent l'état de la technologie de réduction des gaz d'échappement. Les politiciens ne peuvent pas exiger des valeurs limites plus élevées pour les gaz d'échappement que ne le permettent les meilleures solutions techniques. Et à cet égard, la technologie pourrait offrir bien plus; elle attend simplement une loi qui l'y contraigne. Et dans l'idéal avec des solutions d'entreprise. ■

Beat Schmid

Motorbauer neue Modelle auf den Markt bringen.

Was modernste Technik indes hergibt, zeigte der Test im Bildungszentrum der SMU. Der Scania-Motor war nebst elektronischer Hochdruckeinspritzung mit gekühlter Abgasrückführung, variablem Turbo, Drosselklappen mit weiteren untereinander elektronisch geregelten Komponenten ausgerüstet. Wenn nun auch noch die Partikelzahl gesenkt werden kann, macht die Technik betreffend Abgaswerten einen gewaltigen Schritt nach vorne. Die Haltung des BAFU ist in diesem Fall der richtige Weg, indem die Hersteller gefordert werden sollen, die technischen Möglichkeiten voll auszuschöpfen. Wie Jürg Minger festhält, liegen die Bestrebungen des BAFU denn auch nicht unbedingt darin, einzelne alte Traktoren mit Filtern nachzurüsten, sondern zielen auf eine werksmäßige Ausrüstung mit bestmöglicher Umwelttechnik. «Dazu gehören heute auch wirksame Partikelfiltersysteme», sagt Jürg Minger

Neue EU-Vorschriften

Derzeit werden mit der EU-Stufe IIIb neue Abgasgrenzwerte für Traktorenmotoren eingeführt. Bis 2013 werden alle neuen Traktoren mit einer Leistung ab 50 PS die verschärften Anforderungen erfüllen müssen. Gegenüber der seit 2005/06 geltenden EU-Stufe IIIa, wird vor allem der Parti-





kelmassegrenzwert stark gesenkt. Um die Grenzwerte der bisher geltenden Abgasstufe IIIa zu erfüllen, reichten innermotorische Modifizierungen aus. Die Hersteller setzten dabei beispielsweise auf elektronische Steuerungen, Common-Rail-Systeme und Abgasrückführungssysteme. Für das Erreichen der neuen Grenzwerte geht man davon aus, dass es Partikelfilter brauchen wird. Stefan Egger betont jedoch, dass ein Partikelfilter keinesfalls vorgeschrieben sei: «Eine Partikelfilterpflicht gibt es nicht. Schafft es ein Hersteller, einen Motor zu konstruieren, dessen Abgaswerte sich unterhalb der Grenzwerte befinden, kann er natürlich darauf verzichten.» Wie das Beispiel des Scania-Motors zeigt.

Letztlich sind es die Ingenieure der Motorenhersteller, welche den Stand der Abgasvermindertechnik definieren. Politiker können keine strengeren Abgasgrenzwerte fordern als dies die technisch besten Lösungen ermöglichen. Und hier wäre die Technik bereit, mehr zu bieten – sie wartet nur auf das Gesetz das sie dazu herausfordert. Und das am besten gleich mit Werkslösungen. ■

Beat Schmid