

Landtech

Emissionsminderung bei kleinen Viertakt-Benzinmotoren

Edwin Stadler, Ulrich Wolfensberger und Isidor Schiess, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik (FAT), CH-8356 Tänikon

Auskünfte: Edwin Stadler, e-mail: edwin.stadler@fat.admin.ch, Fax +41 (0)52 365 11 90, Tel. +41 (0)52 368 31 31

Kleine Viertakt-Benzinmotoren im Leistungsbereich von 5 bis 10 kW, wie sie unter anderem in landwirtschaftlichen Kleingeräten zum Einsatz kommen, sind in ihrer Konstruktion robust und einfach in der Handhabung. Sie weisen jedoch ausserordentlich hohe Abgasemissionen auf. Durch den Einsatz eines geregelten Dreiwegen-Katalysators konnten die unverbrannten Kohlenwasserstoffe (HC) um 92 % und das Kohlenmonoxid (CO) um 94 % der ursprünglichen Werte gesenkt werden. Gleichzeitig verbesserte sich der Treibstoffverbrauch um etwa 10 %. Der Einsatz des sogenannten Gerätebenzins (Alkylatbenzin) reduzierte die flüchtigen organischen Verbindungen, beispielsweise Benzol, auf unter 2 %.

Abb. 1. Der Abgaskatalysator mit eingeschraubter Lambdasonde ist dem serienmässigen Schalldämpfer vorgeschaltet. Die Abgase sollen den Katalysator möglichst direkt ohne vorherige Abkühlung passieren.



Kleine Viertakt-Ottomotoren sind als anspruchslose und leistungsfähige Antriebe aus dem Bereich der Landwirtschaft nicht mehr wegzudenken. Die Antriebe reichen heute vom Motormäher über die Motorhacke bis zur Heuraupe im Berggebiet.

Ungefähr 82'000 Motormäher weist die letzte Betriebszählung nach, Tendenz fallend. Jährlich kommen etwa 1'200 bis 1'500 neue Maschinen dazu, beziehungsweise alte werden durch neue ersetzt. Diese handgeführten Geräte sind typischerweise mit einem Viertakt-Benzinmotor im Leistungsbereich zwischen 5 und maximal 10 kW ausgerüstet. Nach unseren Schätzungen kann man mit jährlich etwa 100 Betriebsstunden pro Gerät rechnen. Geht man - gemäss einigen Einzelerhebungen - von etwa 1,5 Liter Benzinverbrauch pro Betriebsstunde aus, so ergibt sich in der Schweiz ein jährlicher Gesamtverbrauch für die landwirtschaftlichen Motormäher von zirka 12,3 Mio Liter Benzin. Diese Menge macht zwar nur etwa

0,25 % des Gesamtbenzinbedarfs aus. Aber das Abgasverhalten dieser Motoren ist vergleichsweise sehr schlecht und belastet damit die Gesundheit der Bedienungsperson und die Umwelt unnötig stark.

Aus diesen Gründen veranlasste das Bundesamt für Umwelt, Land und Landschaft (BUWAL) eine Untersuchung der Möglichkeiten und Wirkungen von verschiedenen Massnahmen zur Emissionsminderung von kleinen Viertakt-Benzinmotoren am Beispiel der landwirtschaftlichen Motormäher. Unter der Projektleitung des Ingenieurbüros TTM arbeiteten die FAT und die Eidgenössische Materialprüfungsanstalt (EMPA) bei den gasförmigen Emissionen sowie die Ingenieurschule Biel (AFHB) und die Eidgenössische Technische Hochschule (ETH) bei den Partikeln eng zusammen. Die Firmen RAPID, Klaus-Häberlin (Briggs & Stratton), HJS und ASPEN (Elektrolux) stellten die benötigten Maschinen und Materialien sowie Wissen und Erfahrung zur Verfügung.

Tab. 1. Die Versuchsgegenstände

Motormäher

Maschinenhersteller: RAPID Maschinen und Fahrzeuge AG, CH-8953 Dietikon

Motor

Motorlieferant: Kalus-Häberlin AG, Industriestrasse 6, CH-8610 Uster
Fabrikat: BRIGGS & STRATTON
Modell: 294446 OHV
Anzahl Zylinder: 2 in V-Stellung
Hubraum: 479 cm³
Leistung: 10 kW (14 PS) bei 3600 min⁻¹ (Herstellerangabe)



Die untersuchten Treibstoffe

A) Benzin bleifrei 95, EMPA-Bericht Nr. 171090/03. Das verwendete Benzin bleifrei 95 wurde von der anstaltseigenen Benzintankstelle bezogen und darf als handelsüblich bezeichnet werden (Tab. 2).

B) Gerätebenzin (Alkylatbenzin) ASPEN, EMPA-Bericht Nr. 175015/01. Lieferant: Electrolux AG, Industriestrasse 10, CH-5506 Mägenwil.

Dieser Sondertreibstoff wurde in Schweden von der Firma ASPEN entwickelt, um die Abgassituation für Benutzer von Motorsägen und anderen benzinmotorbetriebenen Handgeräten zu verbessern. Es handelt sich wie beim gewöhnlichen Benzin um ein Erdölprodukt, jedoch ist der Benzolgehalt von durchschnittlich 2,6 % auf unter 0,1 % und der Aromatengehalt von 33 % auf unter 0,2 % abgesenkt (Tab. 2). Auch der Gehalt an Olefinen ist stark reduziert. Das neue Gerätebenzin ist ein Spezialprodukt, dessen Herstellung und Verteilung in kleinen Mengen die Kosten erhöht, so dass für den Verbraucher ein hoher Literpreis von Fr. 3,20 bis Fr. 3,50 resultiert. In der Schweiz gilt seit 1998 für diesen neuen Treibstoff die Norm SN 181 163 «Qualitätsrichtlinie für Gerätebenzin».

Der Abgaskatalysator

Die katalytische Abgasreinigung: Die Wissenschaft bezeichnet mit «Katalysator» einen Stoff, welcher chemische Reaktionen

herbeiführt, ohne sich selbst zu verändern. In der Motortechnik soll der Katalysator im Abgas enthaltene schädliche Komponenten in unschädliche umwandeln und dadurch besonders den Ausstoss von Kohlenmonoxid (CO), Kohlenwasserstoffen (HC) und Stickoxiden (NO_x) nachhaltig absenken. Als Träger für den Katalysator dient ein zylindrischer, wabenartiger Metallkörper. Als Katalysatormaterial kommen überwiegend Platin, Rhodium und Palladium in Frage. Je nach Abgastemperatur und Motorbetriebspunkt können mit dieser Methode bis zu 90 % und mehr der drei Schadstoffkomponenten umgewandelt werden. Voraussetzung hierfür sind zum einen Abgastemperaturen von etwa 250 °C und mehr, zum anderen der für diese chemische Reaktion jeweils richtige Sauerstoffanteil im Abgas.

Ein geregeltes Dreibege-Katalysatorsystem: Lieferant: HJS Fahrzeugtechnik GmbH & Co, D-58706 Mendern.

Das von der Firma HJS entwickelte Dreibege-Katalysatorsystem mit Lambda-Regelung eignet sich speziell für den Einsatz bei kleinen Viertakt-Benzinmotoren mit Vergaser-Gemischauflbereitung (Abb. 2). Die Lambda-Sonde misst ständig den Sauerstoffanteil der Abgase am Motoraustrag. Sie ist mit der digitalen Regelautomatik (Steuergerät) verbunden, die das Luftventil betätigt und so viel Luft unterhalb des Vergasers dem (zu fetten) Gemisch zuführt, dass Lambda =

Tab. 2. Die Analysen der verwendeten Treibstoffe

		Benzin bleifrei 95	Gerätebenzin (ASPEN)
Dichte	kg/m ³	754	694
Oktanzahl (ROZ)		95,8	94,8
C/H - Gehalt		87 / 13	84 / 16
Bleigehalt	mg/l	< 2	< 2
Schwefelgehalt	m-%	0,017	< 0,001
Benzol	Vol.-%	3,7	< 0,1
Aromaten	Vol.-%	32,5*	0,2
Olefine	Vol.-%	7,5*	< 0,1

*Mittelwert der 1998 an der EMPA untersuchten handelsüblichen Benzine bleifrei 95.

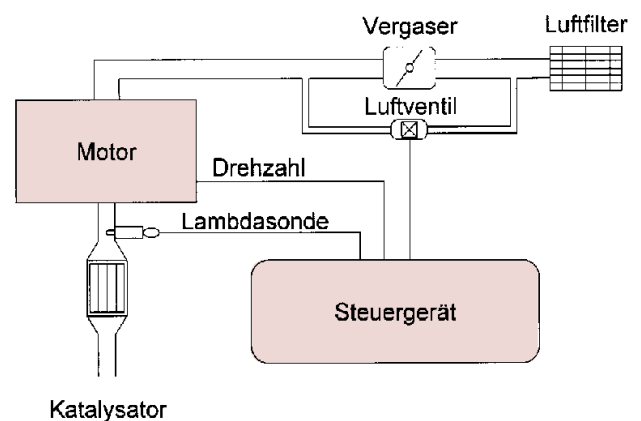
1 erreicht wird. Bei dieser Gemischeinstellung ist die Wirkung des Katalysators am grössten. Der Nachrüstsatz besteht aus Katalysator, Lambdasonde, Luftventil, Steuerelektronik und Verbindungsteile, und kostet etwa Fr. 400.- (ohne Montage).

Untersuchte Massnahmen zur Abgasreduktion

Als Massnahmen standen drei Möglichkeiten im Vordergrund:

■ Der Betrieb der Motoren mit einem neuartigen Gerätebenzin im Vergleich zu Normalbenzin.

Abb. 2. Geregeltes Dreibege-Katalysatorsystem für Benzinmotoren mit Vergaser-Gemischauflbereitung.



■ Der Einsatz eines optimierten Dreiwege-Katalysatorsystems.

■ Der Einsatz eines optimierten Dreiwege-Katalysatorsystems zusammen mit dem Gerätebenzin.

Messmethode, Abgasberechnung und Prüfzyklus ISO 8178-G1

Die vom Verbrennungsmotor emittierte Abgasmenge und deren Zusammensetzung hängen in starkem Mass von Motordrehzahl und Belastung ab. Für die Beurteilung der vom Motor im Betrieb emittierten Abgase ist also der Verwendungszweck des Motors zu berücksichtigen. Der weltweit anerkannte und in der

Norm ISO 8178-G1 fest geschriebene Prüfzyklus (Abb. 3) dient der Messung und Auswertung der gas- und partikelförmigen Abgasemissionen von Verbrennungsmotoren, die im Einsatz von Gartengeräten und Mähmaschinen stehen. Er besteht aus sechs einzelnen Prüfstufen, von denen jede durch die Drehzahl und das Drehmoment des Motors festgelegt sind. Der Test läuft bei zwei Drehzahlen ab, beginnend mit fünf Lastpunkten bei der Zwischendrehzahl, die in der Norm als 85 % der Nenndrehzahl definiert ist und bei der unteren Leerlaufdrehzahl. Mit Blick auf den Motoreinsatz als Motormäher haben wir die Zwischendrehzahl generell auf 2800 pro Minute festgelegt. Die Dauer der einzelnen Prüfstufen betrug zehn Minuten, dabei wurden die Konzentrationswerte der Abgase in den letzten zwei Minuten aufgezeichnet. Aus den gemessenen Abgaskonzentrationen lassen sich unter Berücksichtigung der Massenströme von Ansaugluft und Treibstoff die Abgasmenge der sechs Laststufen in g/h errechnen. Für die Analyse der flüchtigen organischen Verbindungen (VOC, volatile organic compounds) und der polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAK) wurden am Prüfstand Abgasproben entnommen und anschliessend durch die EMPA nach dem GC-MS-Verfahren (Gas-Chromatographie/Massenspektroskopie) durchgeführt.

stufen: Das Abgasverhalten, die Abgasmenge und Abgaszusammensetzung eines Verbrennungsmotors hängen einerseits vom verwendeten Treibstoff, andererseits aber stark von der Motordrehzahl- und Motorbelastung ab. Ebenso beeinflussen die Abgaszusammensetzung und Abgastemperatur die Umsetzungsrate und damit die Wirksamkeit des Katalysatorsystems in grossem Mass. Abbildung 5 zeigt den Einfluss von Treibstoff und Katalysator auf das Abgasverhalten in den sechs Lastpunkten im ISO 8178-G1 Messzyklus.

Auf die unbehandelten Abgase CO und HC hat der Treibstoffwechsel kaum Einfluss, die Kurven decken sich (Bleifrei ohne Katalysator und Gerätebenzin ohne Katalysator). Die Verdoppelung der HC auf 38 g/h mit Benzin bleifrei 95 gegenüber 18 g/h mit Gerätebenzin im Lastpunkt sechs zeigt lediglich den Streubereich in diesem sehr instabilen Leerlaufbereich an. Die Wirkung des Katalysators auf die Schadstoffe CO und HC ist in den für die Praxis besonders interessanten Lastpunkten zwei bis sechs, mit einer Umsetzungsrate von 92 bis über 99 % ausgesprochen gut. Im Lastpunkt eins (Volllast) ist die Umsetzungsrate des Katalysators beim CO wie auch beim HC mit rund 65 % etwas ungünstiger. Der Grund liegt beim Luftbypasssystem, das das Treibstoff-Luftgemisch nicht exakt auf $\lambda = 1$ auszugleichen vermag.

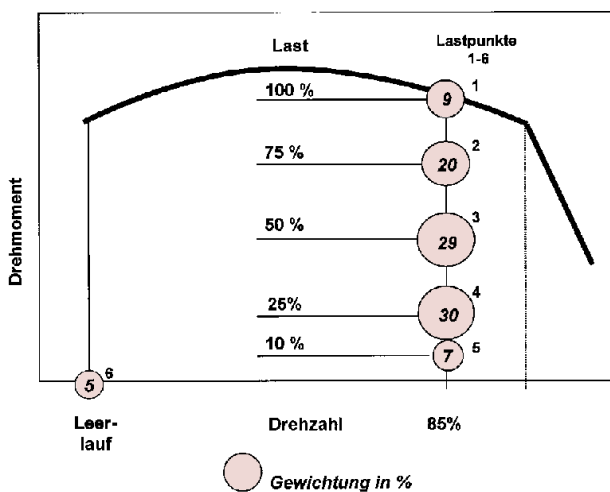
Gute Katalysatorwirkung
Die Motorleistung (Volllastkennlinie): Weder die unterschiedlichen Treibstoffe noch der zusätzliche Katalysatoreinbau beeinflussen das Leistungsverhalten des Motors signifikant. Die gemessenen Volllastkurven decken sich weitestgehend (Abb. 4).

Beim Schadstoff NO_x bewirkt die Umstellung von Benzin bleifrei 95 auf das Gerätebenzin unabhängig der Motorbelastung eine Reduktion von etwa einem Drittel. Mit eingebautem Katalysatorsystem entsteht ein gegenteiliges Bild. Wegen der in Zusammenhang mit der Lambda-Regelung gewollten Abmagerung des Treibstoff-Luftgemisches und der daraus resultie-

Abb. 3. International gültiger Prüfzyklus zur Messung von Motorabgasen an Gartengeräten und Mähmaschinen. Die Lastpunkte eins bis sechs wurden am Prüfstand im 10-Minuten-Intervall gefahren.

Prüfzyklus für Emissionsmessungen

Messpunkte und Gewichtung im Test ISO 8178, Typ G1 (Rasen- und Gartengeräte)



● Gewichtung in %

Motorleistung (gemessen an der Zapfwelle)

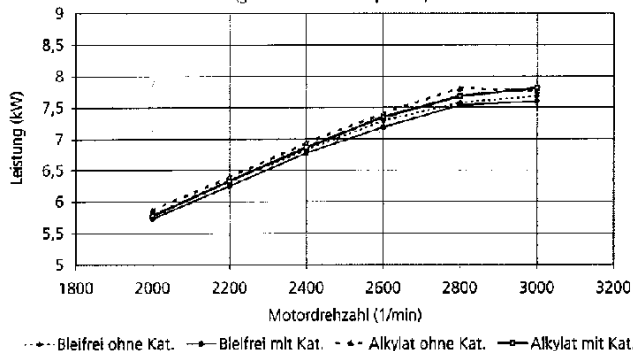
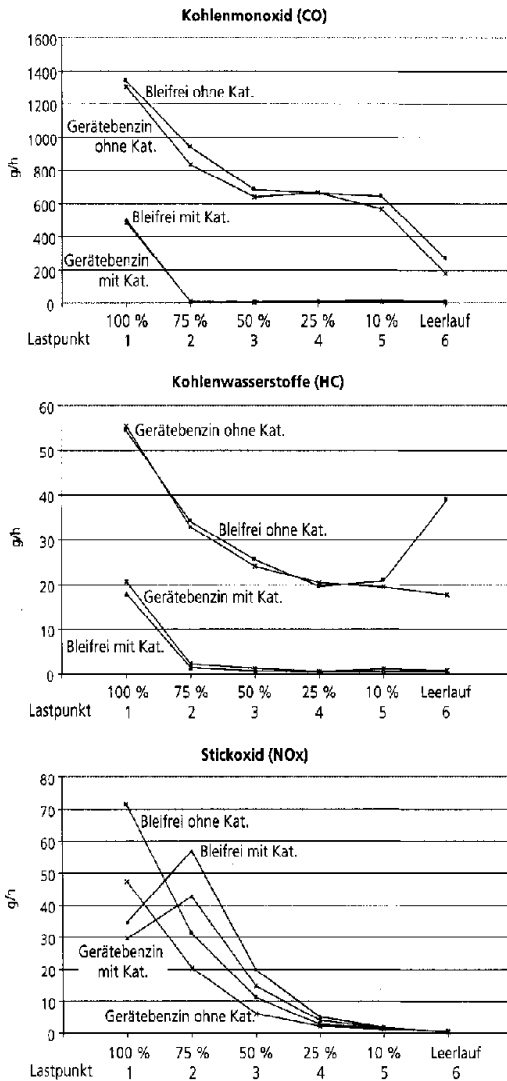


Abb. 4. Die verschiedenen Massnahmen zur Verbesserung der Abgase beeinflussen die Motorleistung nur wenig.

Die emittierten Motorabgase CO, HC und NO_x in den Last-

Einfluss der Motorbetriebspunkte auf das Abgasverhalten



Motorabgase im Messzyklus ISO 8178-G1

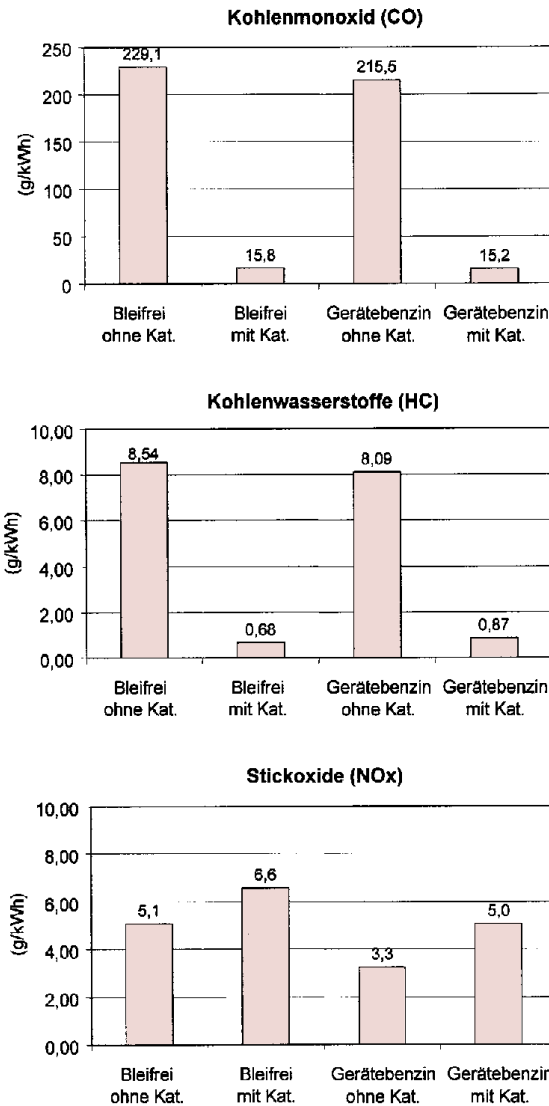


Abb. 5. Die Wirkung verschiedener Massnahmen auf die emittierten Motorabgase hängt auch sehr vom Motorbetriebspunkt ab.

Abb. 6. Einfluss der Benzinart und des geregelten Dreiwege-Katalysators auf die Emissionsfaktoren im Prüfzyklus ISO 8178-G1.

renden zirka 50 bis 70 °C höheren Verbrennungstemperatur steigen in den Lastpunkten zwei bis sechs die Rohemissionen von NOx stark an. Diese können vom Katalysator nur mehr teilweise reduziert werden, so dass eine gewisse Verschlechterung der NOx-Werte gegenüber ohne Katalysatorsystem bleibt. Anders sieht es bei Lastpunkt eins aus (Volllast). Das Luftbypasssystem kann das Gemisch nicht genügend abmagern, die NOx-Werte steigen weniger an. Da die reduzierende Wirkung des Katalysators bei fettem Gemisch, also bei Sauerstoffmangel, noch verbessert wird, resul-

tiert schliesslich eine NOx-Reduktion.

Abgase und Treibstoffverbrauch

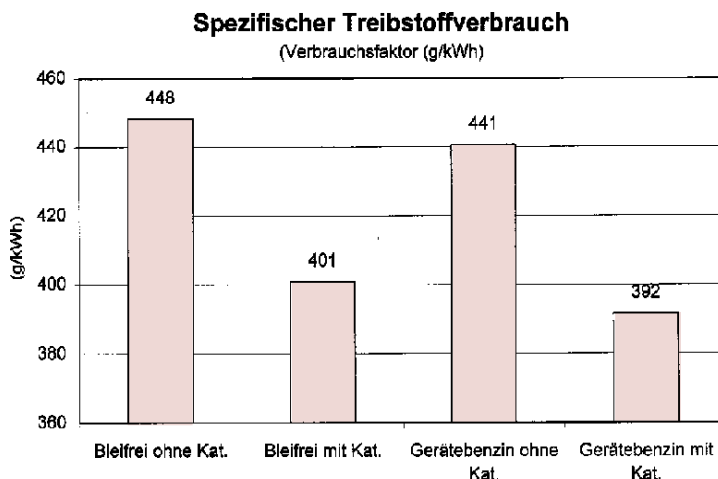
Die Motorabgase CO, HC, NOx im Messzyklus ISO 8178-G1: Die gewichteten Abgaswerte gemessen und berechnet nach der Norm ISO 8178-G1 ergaben folgende Ergebnisse (Abb. 6):

Kohlenmonoxid (CO): Durch den Treibstoffwechsel von Bleifrei 95 zum Gerätebenzin (ohne Katalysator) reduzierten sich die Schadstoffe CO geringfügig von 229,1 auf 215,5 g/kWh beziehungsweise um 6 %. Der Einbau

des Katalysatorsystems brachte dagegen eine Absenkung auf 15,8 g/kWh beziehungsweise um 90 %. Gerätebenzin plus Katalysator konnten CO auf 15,2 g/kWh beziehungsweise um 93 % absenken.

Kohlenwasserstoff (HC): Der Treibstoffwechsel von Bleifrei 95 zum Gerätebenzin (ohne Katalysator) bewirkt nur eine Verringerung der HC um 5 % beziehungsweise von 8,54 g/kWh auf 8,09 g/kWh. Der Katalysator senkt dagegen die HC um etwa 90 % auf 0,68 g/kWh mit Bleifrei 95 und die Kombination Gerätebenzin und Katalysator auf etwa vergleichbar gute 0,87 g/kWh ab.

Abb. 7. Der spezifische Treibstoffverbrauch sinkt hauptsächlich wegen der Lambda-Regelung des Katalysatorsystems.



Stickoxide (NOx): Der Wechsel von Benzin bleifrei 95 auf Gerätebenzin bewirkt eine Reduktion der NOx um 35 % von 5,1 auf 3,3 g/kWh. Durch den Katalysatoreinbau (Lambda-Regelung) steigen die NOx dagegen um 29 % beim Bleifrei 95 und um 51 % beim Gerätebenzin an. Dabei darf aber festgehalten werden, dass auch die erhöhten Werte mit 6,6 g/kWh beim Bleifrei 95 und 5,0 g/kWh beim Gerätebenzin vergleichsweise (zum Beispiel zu Traktormotoren) gute Werte darstellen, die so akzeptiert werden können. Die Erhöhung der NOx ist eine direkte Folge des Magerbetriebes, der wiederum für die gewollte,

starke Absenkung von CO und HC Emissionen mitverantwortlich ist.

Der spezifische Treibstoffverbrauch: Den Treibstoffverbrauch vergleichen wir anhand des sogenannten Verbrauchsfaktors. Diesem liegt der spezifische Treibstoffverbrauch gemessen und bewertet nach dem Sechsstufen-Normtest ISO 8178-G1 zu Grunde (Abb. 7).

Für das Gerätebenzin ergibt sich mit 441 g/kWh gegenüber 448 g/kWh ein um 1,5 % tieferer Verbrauchsfaktor als beim Benzin bleifrei 95. Dagegen wirkt sich

der Katalysatoreinbau wegen der optimierenden Wirkung der Lambda-Regelung auf die Gemischauflbereitung bei Benzin bleifrei 95 um 10,5 % und bei Gerätebenzin um 11,1 % verbrauchssenkend aus.

Ergänzende Untersuchung durch die EMPA

Für den im Hinblick auf den Praxisinsatz interessanten Betriebspunkt, Zwischendrehzahl 2800 pro Minute bei 75 % Belastung, wurde von der EMPA flüchtige organische Verbindungen (VOC) sowie polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) gesondert untersucht, Tabelle 1.

Flüchtige organische Verbindungen (VOC): Erwartungsgemäss reduzieren sich durch den Einsatz des neuen Gerätebensins die Rohemissionen der Aromate Benzol, Toluol und Xylol sehr stark um über 96 %. Beim Einsatz mit Normalbenzin vermag der Katalysator die Aromate in vergleichbarer Weise zu reduzieren. In der Kombination des Gerätebensins mit dem Katalysator werden diese hochtoxischen, krebsfördernden Komponenten auf nur mehr geringe Spuren, zum Teil unterhalb der Nachweisgrenze vermindert.

Die Werte für Formaldehyd und Acetaldehyd erhöhen sich zwar bei der Verwendung von Gerätebenzin. Sie lassen sich aber in Kombination mit dem Katalysator weitestgehend wiederum auf die Werte wie bei Normalbenzin absenken.

Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK): Die Verminderung der kanzerogenen PAK auf weniger als 10 % der Ausgangswerte zeigt die ausserordentliche Wirksamkeit des Katalysatorsystems. Auch die Verwendung von Gerätebenzin senkt die PAK auf 30 % gegenüber der Werte mit Normalbenzin.

Tab. 3. VOC- und PAK-Analyse für 75 % Teillast

	Normalbenzin bleifrei 95 ohne Katalysator	Normalbenzin bleifrei 95 mit Katalysator	Gerätebenzin (Alkylat) ohne Katalysator	Gerätebenzin (Alkylat) mit Katalysator
VOC mg/h				
Formaldehyd	382	19,9	773	8,1
Acetaldehyd	63	5,2	134	8,9
1,3-Butadien	14	0,26	23,7	0,44
n-Hexan	36	1,51	4,5	0,18
Benzol	186	4,7	7,2	0,53
Toluol	379	5,8	4,4	0,27
Ethylbenzol	56	1,1	nicht messbar	nicht messbar
Xylol	321	5,8	nicht messbar	nicht messbar
PAK µg/h				
Karzinogene EPA	194	12	57	19

VOC = flüchtige organische Verbindungen
PAK = polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe

Mehrkosten für Katalysatorsystem

Auf der Kostenseite ergeben sich Mehrkosten bei Verwendung von Gerätebenzin (Literpreis Fr. 3.20 bis Fr. 3.50) von mindestens Fr. 2.- je Liter Benzin beziehungsweise bei einem stündlichen Benzinverbrauch von 1,5 Liter und 100 jährlichen Betriebsstunden etwa Fr. 300.- pro Jahr. Beim Einbau des Katalysatorsystems HJS fällt eine Investition in der Grösse von Fr. 400.- an. Aus Verzinsung und Abschreibung auf zwölf Jahre gerechnet, ergeben sich daraus jährliche Zusatzkosten von Fr. 45.-. Der Treibstoffverbrauch verringert sich gleichzeitig um rund 10 %, was sich als jährliche Minderausgaben bei 100 Betriebsstunden mit Normalbenzin von etwa Fr. 18.- niederschlägt. Für das Katalysatorsystem resultieren letztlich jährliche Mehrkosten von zirka Fr. 27.-.

Folgerungen

Obschon in der Schweiz der landwirtschaftliche Motormäher, gemessen an seinen Stückzahlen (82'000), ein starker Vertreter ist und von seinen emittierten Abgasen her übermässig die Luft verschmutzt, ist sein Anteil an der gesamten Luftverschmut-

zung durch Motorabgase in der Schweiz sehr klein. Da sich aber die Bedienungsperson in relativer Nähe des Auspuffes im Abgasdunst bewegt und das Führen der Maschinen besonders in Hanglagen eine körperlich sehr anstrengende Arbeit ist, sollten die Motorabgase im Interesse der Gesundheit reduziert werden. Um so mehr als, wie die Versuche zeigen, mit dem Katalysatorsystem ein äusserst wirksames und preiswertes Mittel zu deren Reduktion zur Verfügung steht. Bei Neuanschaffungen (die Mehrkosten betragen etwa 3 bis 4 % auf dem Gesamtpreis) sollte auf diese Komfortsteigerung, die ja zudem noch mit einer 10 %igen Treibstoffeinsparung verbunden ist, im Interesse der Gesundheit in Zukunft nicht verzichtet werden.

Die Vorteile des untersuchten Gerätebenszins liegen hauptsächlich in den gesundheitsgefährdenden Emissionen. Die wichtigsten krebsfördernden Emissionen werden drastisch verringert, andere gesundheitsbeeinflussende Wirkungen sind denkbar. Ob der erhebliche Mehrpreis durch diese Vorteile aufgewogen wird, muss jeder Maschinenführer selber entscheiden und hängt sicher

auch von den Einsatzbedingungen und der Relation der Treibstoffkosten zu den übrigen Kosten ab. Es ist zu hoffen, dass sich wie im Bereich der kleinen Zweitakt-Motoren (Kettensägen) eine vermehrte Anwendung dieses Benzins auch preissenkend auswirkt.

Literatur

- Hochschule für Technik, Biel, 1998. Emissionsminderungspotential und Feinpartikelemissionen von 4-Takt-Ottomotoren für kleine Arbeitsmaschinen, Untersuchungen zum Projekt BUWAL/FAT: 3-W-Kat-Nachrüstung und Alkylatbenzin zur Emissionsminderung der 4-Takt-Ottomotoren von Balkenmähern in der Landwirtschaft, 87 S.
- BUWAL, 1996. Schadstoffemissionen und Treibstoffverbrauch des Offroad-Sektors, Umweltmaterialien Nr. 49 Luft, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL) Bern, 243 S.
- BUWAL, 1997, Offroad-Motoren: Abgase vermindern. Sonderdruck BUWAL-Bulletin 1/97, 8 S.
- Umweltbundesamt Berlin, 1997. Stand der Technik bei den Schadstoffemissionen der Motoren von mobilen Maschinen und Geräten (Benzinmotoren), Umweltforschungsplan des Bundesamtes für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, 106 S.



RÉSUMÉ

Réduction des émissions des petits moteurs essence à quatre temps

Les petits moteurs essence à quatre temps de la catégorie de puissance de 5 à 10 kW tels qu'ils sont utilisés dans les petits appareils agricoles se caractérisent par un mode de construction robuste et une haute convivialité. Or, les émissions de gaz d'échappement sont extrêmement élevées. L'utilisation d'un catalyseur trois voies a permis de réduire les hydrocarbures non brûlés (HC) de 92 % et les monoxydes de carbone (CO) de 94 %. Parallèlement, la consommation de carburant a diminué d'environ 10 %. Grâce à l'utilisation de l'essence pour appareils (essence alkylat), les composés organiques volatils (p.ex. benzol) ont chuté en dessous de 2 %.

SUMMARY

Reduction of emission in small 4-stroke SI-engines

Small 4-stroke SI-engines in the power range of 5 to 10 kW, as installed in small agricultural machines, are strongly constructed and easy to handle. However, they produce extraordinarily high exhaust gas emissions. By means of a regulated 3-way-catalytic converter, the non-combusted hydrocarbons (HC) could be reduced by 92 % and carbon monoxide emissions (CO) by 94 % of the original values. At the same time, fuel consumption decreased by approx. 10 %. The use of alkylate petrol curtailed the volatile organic compounds (VOC), e.g. benzene, to less than 2 %.

Key words: emissions, reduction, 4-stroke SI-engine, catalytic converter, alkylate petrol