



—satzversuche  
—geringe Manipulierbarkeit der Ergebnisse  
—jederzeit an fast allen Bauteilen, beim CAPO-Test sogar ohne Vorplanung ein-

setzbar  
—bei wesentlich geringeren Kosten als z.B. die Untersuchung von Bohrkernen verursacht, nur geringfügig höhere Standardabweichungen.

**Hauptnachteil** der Versuche:  
—noch wenig eingeführt und daher noch nicht Bestandteil von vom Bauherrn oder den ÖNORMEN geforderten Festigkeitsuntersuchungen.

## Katalysator ermöglicht Abgasreduktion bei Benzinstaplern

Mag. Hubert GREIER, Allgemeine Unfallversicherungsanstalt, Abteilung HUB

Im Hinblick auf das stärker werdende Umweltbewußtsein wird zunehmend auch darüber diskutiert, inwieweit Stapler mit Benzinmotor abgasentgiftet betrieben werden können, obwohl sie nicht unter die strengen Abgasnormen des Bundes fallen.

Grundsätzlich fallen bei der Verbrennung im Benzinmotor (Ottomotor) folgende schädliche Stoffe an:

- Kohlenmonoxid: Dieses kann beim Menschen zu einer Sauerstoffunterversorgung führen, was Kopfschmerzen, Bewußtlosigkeit und sogar den Tod nach sich ziehen kann.
- Kohlenwasserstoffe: Diese erzeugen Geruchsbelästigung, narkotische Effekte sowie Reizungen der Schleimhäute und können zu Lungenentzündung führen.
- Stickoxide: Diese treten bei höheren Fahrgeschwindigkeiten auf. Durch Umwandlung in der Atmosphäre entsteht Salpetersäure, die beim Menschen Reizhusten und Erstickengefühle auslösen können.

Beeinflußt wird der Schadstoffausstoß in erster Linie durch das Benzin/Luft-Gemisch. Eine vollständige und schnelle Verbrennung erfolgt bei einem Mischungsverhältnis von 1:15. Eine dabei wichtige Kennzahl ist die Luftzahl ( $\lambda$ ). Im Idealfall beträgt diese

$$\frac{\text{angesaugte Luftmenge}}{\text{theoretischer Luftbedarf}} = 1.$$

Ist die angesaugte Luftmenge zu groß ( $\lambda > 1$ ), spricht man von einem Magergemisch. Ein relativ hoher Benzinverbrauch sowie Umweltverschmutzung sind die Folgen. Ein fettes Gemisch wird dann beobachtet, wenn die angesaugte Luftmenge zu gering ist ( $\lambda < 1$ ). In diesem Fall ist die Verbrennung relativ langsam. Schlechter Wirkungsgrad, Überhitzung des Motors sowie Umweltverschmutzung resultieren daraus. Da in concreto Idealzustände nicht erreichbar sind, muß das Benzin/Luft-Gemisch durch Vergaser bzw. Einspritzvorrichtungen den alternativen Betriebszuständen (Leerlauf, Vollast etc.) angepaßt werden. Die Bandbreite der Abgasreduktion ist jedoch relativ gering: Wird zu stark abgemagert, gibt es Fehlzündungen und einen relativ hohen Ausstoß von Kohlenwasserstoffen (HC). Bei einer zu starken Gemischanreicherung steigen hingegen Kohlenmonoxid (CO) und Kohlenwasserstoffe (HC).

### Abgasreduktion durch Dreiwegkatalysator

Voraussetzung für die gewünschte Abgasminderung durch Katalysatoren ist ein optimales Benzin/Luft-Gemisch. Mit Hilfe einer Sauerstoffsonde vor dem Katalysator wird der Sauerstoffgehalt im Abgas festgelegt und an ein elektronisches Steuergerät weitergeleitet, das die Benzinzufuhr regelt. Der eigentliche katalytische Prozeß erfolgt durch ein Edelmetall (vorwiegend Platin), das auf wabenartig ausgebildetem Keramikkörper fein verteilt ist (siehe Abbildung 1).

Dadurch gelingt eine Umwandlung der Stickoxide ( $\text{NO}_x$ ) in ungiftigen Stickstoff und Sauerstoff. Letzterer wiederum begünstigt die Verbrennung der Kohlenwasserstoffe und des Kohlenmonoxids.

Wie eindeutig die Wirkungen von Dreiwegkatalysatoren bei Benzinstaplern (1 bis 1,5

und Stickoxid 26,1%. Einen Vergleich prozentuell gemessener Schadstoffwerte bietet Tabelle 2.

### Ökonomische Aspekte

Der betriebswirtschaftliche Anreiz, Stapler mit 3-Weg-Katalysator auszurüsten, muß in seiner Mehrdimensionalität gesehen werden. Zunächst ist festzuhalten, daß eine Ausrüstung mit Katalysator zu höheren Investitionsausgaben führt (rund 10 — 15 Prozent vom Anschaffungswert). Dies hat wiederum zur Folge, daß sich die Kosten (z.B. kalkulatorische Abschreibung) während der Nutzungsdauer erhöhen. Eine Betrachtung des Kostenbildes zeigt somit, daß der Betrieb in seiner Produktpreiskalkulation einen höheren Prozentsatz anwenden muß, als es bei Staplern ohne Katalysator der Fall wäre. Um jedoch eine ökonomi-

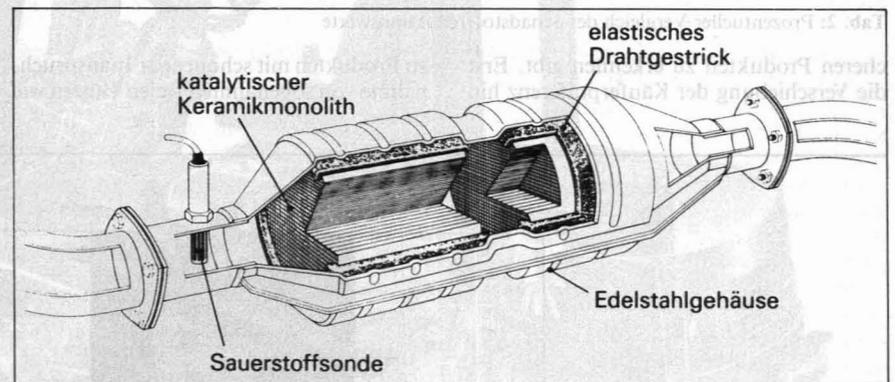


Abb. 1: Aufbau eines Drei-Weg-Katalysators

tonnen Tragkraft) sind, zeigen nachstehende Meßergebnisse der Ingenieurschule Biel-Schweiz:

Benzinbetriebene Stapler weisen mit einem 3-Weg-Katalysator erheblich geringere Schadstoffwerte im Abgas auf als Fahrzeuge gleichen Typs ohne Katalysator. So gelingt beim Kohlenmonoxid eine Reduktion um 90,7%, bei Kohlenwasserstoffen eine Verringerung um 92,5% und bei Stickoxiden eine Herabsetzung von 97,1%. Werden Stapler mit 2-Weg-Katalysatoren ausgerüstet, ergeben die gemessenen Reduktionen in Relation zu Fahrzeugen ohne Katalysatoren folgende Werte: Kohlenmonoxid 79,5%, Kohlenwasserstoffe 67,5%

sche Investitionsentscheidung treffen zu können, ist die Erlösseite miteinzubeziehen. Anders formuliert: Honoriert der Markt die Zusatzausrüstung Katalysator? Wird von der Annahme ausgegangen, daß es sich um keinen Monopolmarkt (Anbieter- bzw. Nachfragermonopol) handelt, stellt der herrschende Marktpreis eine kaum beeinflussbare Größe dar. D.h. die Kosten müssen aus dem betrieblichen Gewinnpolster getragen werden. Diese Tatsache alleine verleitet jedoch keinen Betriebswirt, vom Grundsatz der Kostenminimierung abzuweichen. Einzelwirtschaftlich wird dies solange der Fall sein, bis der Konsument seine Neigung zu umweltfreundli-



Fahrzeugausführung	Stapler ohne Katalysator	Still 85 mit regeltem 3-Weg-Kat.	Stapler mit 2-Weg-Katalys.
Schadstoffe (bei warmem Motor)			
Kohlenmonoxid CO gr/Stunde	598,76	55,87	122,98
Kohlenwasserstoffe HC gr/Stunde	71,0	5,33	23,04
Stickoxide NO <sub>x</sub> gr/Stunde	132,91	3,89	98,35
Schadstoffe total gr/Stunde	802,67	65,09	244,37
Index	100	8,10	30,44

Tab. 1: Schadstoffe im Abgas von Benzinstapler 1 — 1,5 t Tragkraft

Fahrzeugausführung	Stapler ohne Katalysator	Still 85 mit regeltem 3-Weg-Kat.	Stapler mit 2-Weg-Katalys.
Schadstoffe (bei warmem Motor)			
Kohlenmonoxid	100%	9,3%	20,5%
Kohlenwasserstoffe	100%	7,5%	32,5%
Stickoxide	100%	2,9%	73,9%

Tab. 2: Prozentueller Vergleich der Schadstoffreduktionswerte

cheren Produkten zu erkennen gibt. Erst die Verschiebung der Käuferpräferenz hin

zu Produkten mit schonender Inanspruchnahme von sogenannten freien Gütern wie

Luft ermöglicht es dem Erzeuger, höhere Investitionsausgaben wirtschaftlich zu rechtfertigen. Denn: die höhere Nachfrage erlaubt bei relativ gleicher Kostenstruktur einen höheren Gewinn und somit die relative Kostenerhöhung aufzufangen.

Derzeit jedoch ist die Bereitschaft von Investoren, 3-Weg-Katalysatoren anzuschaffen, in erster Linie auf unternehmensphilosophische Elemente gestützt.

Volkswirtschaftlich gesehen, sind Investitionen in umweltfreundliche Produktionsverfahren heute schon rentabel, wenn auch kaum meßbar, saubere Luft und — damit verbunden — Gesundheit der Menschen am Arbeitsplatz bzw. in der Freizeit werden als Knappheitsfaktoren bereits weitgehend akzeptiert.

Sollen Unternehmer abgasarme Produktionsmittel einsetzen, sind Kostenvorteile bzw. -nachteile auf alle Investitionswilligen gleich zu verteilen, um die Marktchancen nicht negativ zu beeinflussen. Ein Ansatzpunkt wäre z.B. die Einführung einer vorzeitigen Abschreibung für katalysatorbetriebene Fahrzeuge. Damit soll nicht nur für alle in Frage kommenden Betriebe eine Kostensenkung erreicht werden, sondern auch die Verringerung von negativen externen Effekten.

#### Literatur:

HÄUSERMANN, H.: Abgasentgiftung bei Staplern mit Benzinmotor, in: Technische Rundschau, Nr. 12/1986.

Firmenberichte der STILL GmbH, D-2000 Hamburg 74, Februar 1987.

Durchschrift der Firmengruppe EBERSPÄCHER, D-7300 Eßlingen, März 1985.

Kisuaheli neumix dok barcmof  
hofella queju vinrey. Esni uz be  
loar, Neukifa in lenim dade sal.  
ron wubei, hayalta es schekra  
Holla gefeph luss mek jary a k

*für Insider*

WERNER MORTH Ges.m.b.H.  
WERBEAGENTUR

A-8041 Graz, Raiffeisenstraße 118-120 Tel. (0316) 44 5 19-44 6 14, Telex 31-2662

A-1190 Wien, Pressehaus, Muthgasse 2 Tel. (0222) 36 01-491