

# **Belastungen durch CO-Emissionen beim Einsatz von Glättmaschinen und alternative Antriebe**

*Stefan Merkle, Ulrich Berg, Dr. Reinhold Rühl*

BG BAU - Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft, Deutschland

Baumaschinen mit Verbrennungsmotoren wie Bobcats, Glättmaschinen, Kompressoren, Stromaggregate, Kehrsaugmaschinen, Heißwasserhochdruckreiniger sind ein fester Bestandteil auf Baustellen. Sie werden nicht nur im Freien eingesetzt, sondern auch in Räumen. Gerade dort kommt es immer wieder zu Vergiftungsfällen durch Kohlenmonoxid, kurz CO, das bei unvollständigen Verbrennungsvorgängen entsteht und mit dem Abgas emittiert wird. Häufig müssen die exponierten Beschäftigten stationär im Krankenhaus behandelt werden <sup>1,2</sup>. Aus anderen Ländern werden sogar tödliche Unfälle im Zusammenhang mit zu hohen CO-Belastungen durch Verbrennungsmotoren gemeldet <sup>3</sup>.

Die BG BAU - Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft - hat dieses Thema aufgegriffen und im Rahmen eines INQA-Projektes (Initiative Neue Qualität der Arbeit) die Kohlenmonoxid-Exposition exemplarisch beim Einsatz von benzinbetriebenen Glättmaschinen und Glättmaschinen mit alternativen Antrieben wie Elektromotor, Flüssiggasantrieb und Benzinmotor mit Katalysator untersucht.

## **Kohlenmonoxid-Vergiftungen**

Kohlenmonoxid ist europaweit als giftig beim Einatmen und fruchtschädigend der Kategorie 1 eingestuft. Es liegt gasförmig vor und ist farb-, geruch- und geschmacklos. Beim Einatmen von CO bindet es sich wie der Sauerstoff am Blut-Hämoglobin (Hb). Da das Hämoglobin für den Sauerstofftransport im Körper zuständig ist und sich Kohlenmonoxid ca. 200-mal schneller als Sauerstoff am Hämoglobin bindet, kommt es zu einer Unterversorgung von Sauerstoff im Körper.

Ist die exponierte Person niedrigen Kohlenmonoxid-Konzentrationen ausgesetzt, treten zunächst geringfügige Beschwerden wie Kopfschmerzen, Übelkeit und Unwohlsein auf. Nach den ersten Symptomen kommt es bei höheren Kohlenmonoxid-Konzentrationen zusätzlich zu Antriebsschwäche und Koordinationsschwierigkeiten. Bei sehr hohen CO-Konzentrationen, d.h. ab 50 % am Hämoglobin gebundenes Kohlenmonoxid im Blut, besteht akute Lebensgefahr.

Bei hohen Belastungen durch Kohlenmonoxid können auch Spätfolgen wie z.B. Sprachstörungen, Gedächtnisverlust und Antriebsschwäche auftreten. Exponierte Personen müssen schon bei den ersten Vergiftungsanzeichen an die frische Luft gebracht und notärztlich betreut werden.

## **CO-Grenzwerte am Arbeitsplatz**

In Deutschland gibt es für Kohlenmonoxid einen Arbeitsplatzgrenzwert von 30 ml/m<sup>3</sup> (ppm) (= 35 mg/m<sup>3</sup>), der im Mittel einer Schicht nicht überschritten werden darf. Der 15min-Kurzzeitgrenzwert liegt bei 60 ppm.

Zusätzlich zum CO-Arbeitsplatzgrenzwert gibt es in Deutschland einen biologischen Grenzwert für Kohlenmonoxid. Als Analyseparameter wird der Kohlenmonoxid-Hämoglobin-Komplex (CO-Hb) im Blut nach

Schichtende bestimmt. Er beträgt für CO-Hb 5%. Das ist die Konzentration des CO-Hb im Blut, bei der im Allgemeinen die Gesundheit der Arbeitnehmer nicht beeinträchtigt wird. Dabei ist zu berücksichtigen, dass der CO-Hb-Wert bei Nicht-Rauchern normalerweise unter 1% liegt und der CO-Hb-Wert bei Rauchern bis 10% und in Ausnahmefällen auch darüber liegen kann.

## Arbeitsplatzmessungen und Biomonitoring

Bei Maschinenführern von Glättmaschinen wurde die CO-Belastung durch Arbeitsplatzmessungen in Räumen wie z.B. in Hallen, im Wohnungsbau, in eingehausten Baustellen bestimmt. Glättmaschinen werden zum Glätten und Verdichten von Betonflächen, Estrichen, Spezial- und Verbundestrichen, Industrieböden, Asphalt und anderen Spezialböden eingesetzt. Zum Einsatz kommen Einfachflügelglätter, die von dem Benutzer geschoben werden und Doppelglättmaschinen mit Sitz, auf denen der Anwender fährt. In größeren Hallen werden oft beide Gerätetypen parallel eingesetzt. Meistens werden benzinbetriebene Geräte verwendet.

Die Kohlenmonoxid-Konzentrationen beim Einsatz von benzinbetriebenen Glättmaschinen wurden personenbezogen bestimmt. Die Messergebnisse zeigen, dass der CO-Arbeitsplatzgrenzwert überschritten ist und dies trotz der teilweise kurzen Einsatzzeiten der Geräte. Auch in großen Hallen mit gleichzeitig eingesetzten Einfachflügelglättern und Doppelglättmaschinen kommt es zu hohen CO-Konzentrationen. Bei 32 Messungen wurden 95%-Werte von  $193 \text{ mg/m}^3$  für den Schichtmittelwert und  $399 \text{ mg/m}^3$  für den Kurzzeitwert bestimmt. Der maximal gemessene Schichtwert liegt bei  $652 \text{ mg/m}^3$  (Abbildung 1). Diese Messwerte liegen weit über den in Deutschland gültigen Arbeitsplatzgrenzwerten.

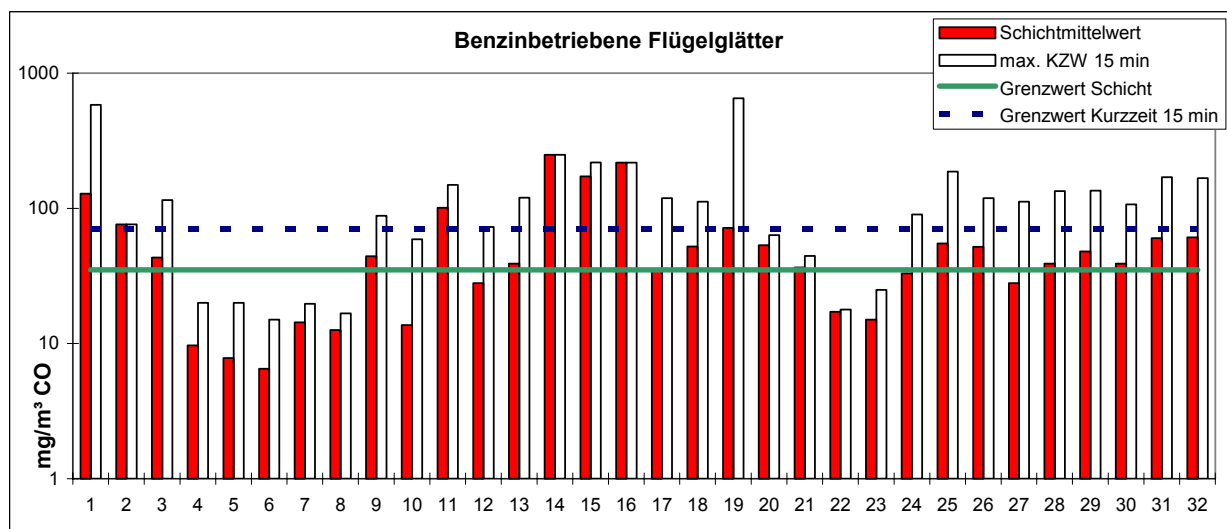


Abbildung 1: Messwerte von 32 personenbezogenen CO-Messungen bei benzinbetriebenen Glättmaschinen, halblogarithmisch aufgetragen<sup>4</sup>

Parallel zu den Arbeitsplatzmessungen wurden bei einigen Beschäftigten im Rahmen eines Biomonitorings Blutproben vor und nach einer Schicht entnommen und auf Kohlenmonoxidbelastung untersucht. Auch hier war ein Anstieg von CO-Hb, dem Messparameter für Kohlenmonoxid im Blut, im Laufe einer Schicht zu beobachten. Bei 13 von 17 Personen war der biologische Grenzwert von CO überschritten (Abbildung 2).

Nicht-Raucher zeigten einen deutlichen Anstieg der Kohlenmonoxid-Konzentration im Blut nach den Arbeiten mit den Glättmaschinen, aber auch im Blut der Raucher war ein CO-Hb-Anstieg zu beobachten.

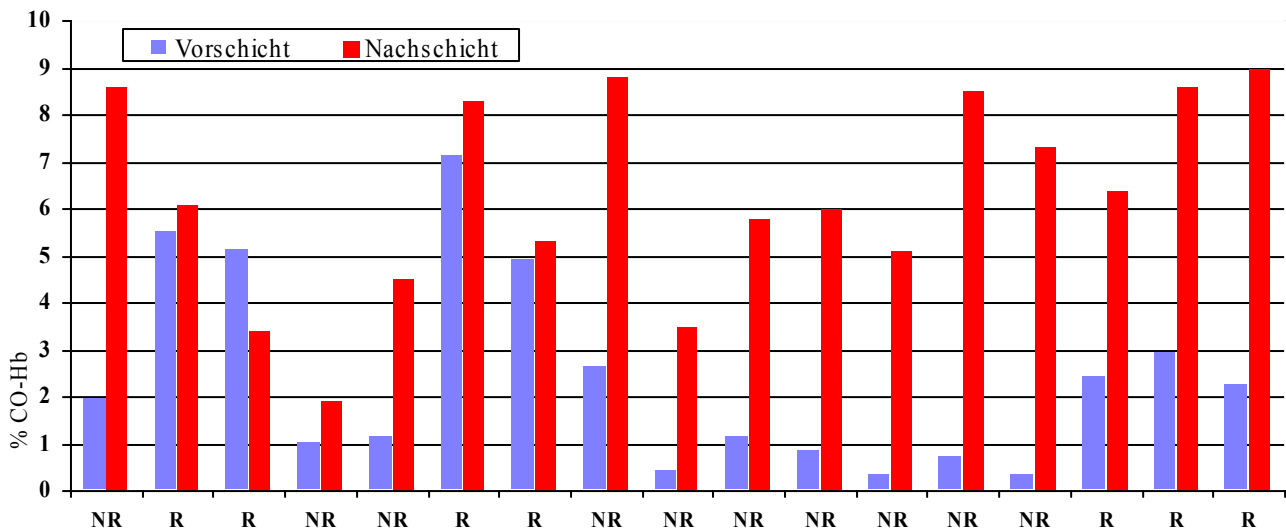


Abbildung 2: Ermittelte Vor- und Nachschicht-CO-Hb-Werte beim Einsatz von Estrichglättern (R: Raucher; NR: Nichtraucher) <sup>5</sup>

## Modell zur Berechnung der Exposition

Die messtechnische Erfassung der CO-Exposition bei allen Baustellensituationen ist auf Grund der Vielzahl der in Räumen eingesetzten benzinbetriebenen Maschinen sowie der Vielfalt der Baustellen nicht möglich. Daher wurde ein vom BGIA (Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitsschutz) beschriebenes ‚Berechnungsverfahren und Modellbildung in der Arbeitsbereichsanalyse‘ angewandt (BIA-Report 3/2001).

Berechnet man aus den motorabhängigen CO-Emissionsraten den Schadstoffstrom, erhält man als stündlichen Emissionswert für Kohlenmonoxid CO/h-Werte zwischen 100 g/h und 750 g/h, mit einem Mittelwert von ca. 425 g CO/h. Eine Abgasmessung an einem benzinbetriebenen Flügelglätter bestätigte diesen berechneten Wert in der Praxis.

Die CO-Expositionen wurden unter der Annahme berechnet, dass in einem Wohnraum eine relativ gute Lüftung von ca. 150 m<sup>3</sup>/h vorliegt und sich der Bediener eines Estrichglätters relativ langsam bewegt. Bei einem mittleren Wert von 425 g CO/h ergeben sich theoretische CO-Expositionswerte bis 3.700 mg/m<sup>3</sup>, also dem 100-fachen des Arbeitsplatzgrenzwertes. Diese berechneten Werte müssen in der Praxis nicht immer an den Arbeitsplätzen auftreten. Jedoch dauern Estrichglättarbeiten dauern oft relativ lange. Eine Überschreitung des Arbeitsplatzgrenzwertes wird somit auch rechnerisch bestätigt <sup>7</sup>.

## Glättmaschinen mit alternativen Antrieben

Die Arbeitsplatzmessungen und das Biomonitoring belegen eindeutig, dass Benzinmotoren so hohe Konzentrationen an Kohlenmonoxid emittieren, dass ihr Einsatz auch in größeren und teilweise offenen Räumen nicht zulässig ist. Übliche Lüftungsmaßnahmen wie z.B. offene Türen und Fenster oder Lüftungsschächte sind nicht ausreichend, um den Anwender zu schützen. Selbst viele Hersteller von

Glättmaschinen weisen in den Prospekten oder Bedienungsanleitungen der benzinbetriebenen Maschinen auf die Gefahr der Kohlenmonoxid-Vergiftung beim Einsatz in Räumen hin.

Eine zusätzliche Belastung des Maschinenführers durch Kohlenmonoxid besteht bei Einfachflügelglättmaschinen, deren Auspuff so am Gerät angebracht ist, dass die Abgase direkt auf die Person geleitet werden. Daher ist bei diesen Einfachflügelglättern davon auszugehen, dass auch bei Arbeiten im Freien bei Windstille der Arbeitsplatzgrenzwert überschritten ist.

Es gibt Alternativen zu den benzinbetriebenen Glättmaschinen. Einfachflügelglättmaschinen sind mit Elektromotoren, Doppelglättmaschinen mit Flüssiggasmotoren auf dem deutschen Markt erhältlich. Seit 2004 gibt es in Deutschland Katalysatoren für Glättmaschinen.

Elektromotoren sind emissionsfreie Antriebe, d.h. sie setzen kein Abgas frei. Sie können nur bei Einfachflügelglättern eingesetzt werden. Von vielen Anwendern wird bemängelt, dass bei diesen Geräten das Starkstromkabel nachgeführt werden muss. Dies ist in kleineren Räumen wie im Wohnungsbau überhaupt kein Problem. In großen Hallen wie im Industriebodenbereich, in denen mehrere Maschinen gleichzeitig im Einsatz sind, muss darauf geachtet werden, dass das Kabel nicht durchtrennt wird.

Motoren mit Flüssiggasantrieb können nur in Doppelglättmaschinen installiert werden. Die Gasflaschen sind für Einfachflügelglätter zu groß und zu schwer. Es können auch Benzinmotoren nachträglich auf Flüssiggasbetrieb umgerüstet werden. Die Verbrennung verläuft mit Treibgas sauberer als beim Benzinmotor und fast rückstandsfrei. Es wird immer noch Kohlenmonoxid emittiert, aber die Konzentrationen liegen unter den Kohlenmonoxidemissionen der benzinbetriebenen Geräte. Von der BG BAU - Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft - durchgeführte Messungen haben beim Einsatz neuer gasbetriebener Doppelflügelglätter CO-Schichtmittelwerte zwischen 3 und 22 mg/m<sup>3</sup> ergeben (Abbildung 3). Vergleichsmessungen zwischen benzinbetriebenen und flüssiggasbetriebenen Glättmaschinen unter örtlich und hinsichtlich Lüftung nahezu identischen Bedingungen (Abfahren derselben Glättstrecke im Abstand von einer Stunde mit unterschiedlichen Geräten) ergaben eine Reduktion der CO-Belastung durch die Verwendung von Maschinen mit Flüssiggasantrieb gegenüber Benzinantrieb etwa um den Faktor 5.

Eine andere Alternative sowohl für Doppelglättmaschinen als auch in großen Räumen/Hallen für Einfachflügelglätter ist der Katalysator für den Benzinmotor. Durch nachträgliche Verbrennung der Abgase werden die Kohlenmonoxidemissionen deutlich gesenkt.

Die BG BAU - Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft - hat im Jahr 2005 Kohlenmonoxid-Messungen beim Einsatz von benzinbetriebenen Glättmaschinen mit Katalysator in verschiedenen großen Hallen mit einer Deckenhöhe über 5 m durchgeführt. Die Katalysatoren auf drei gleichzeitig laufenden älteren Einfachflügelglättern bewirkten auf einer Baustelle eine Reduktion der CO-Konzentration von ca. 80%. Auf einer anderen Baustelle wurden bei Einfachflügelglättern mit Katalysator CO-Schichtwerte von 7 und 10 mg/m<sup>3</sup>, und bei Doppelflügelglättern mit Katalysator von 6 und 7 mg/m<sup>3</sup> ermittelt. Die Messergebnisse zeigen, dass der Arbeitsplatzgrenzwert für CO sowie der CO-Kurzzeitgrenzwert eingehalten werden (Abbildung 3).

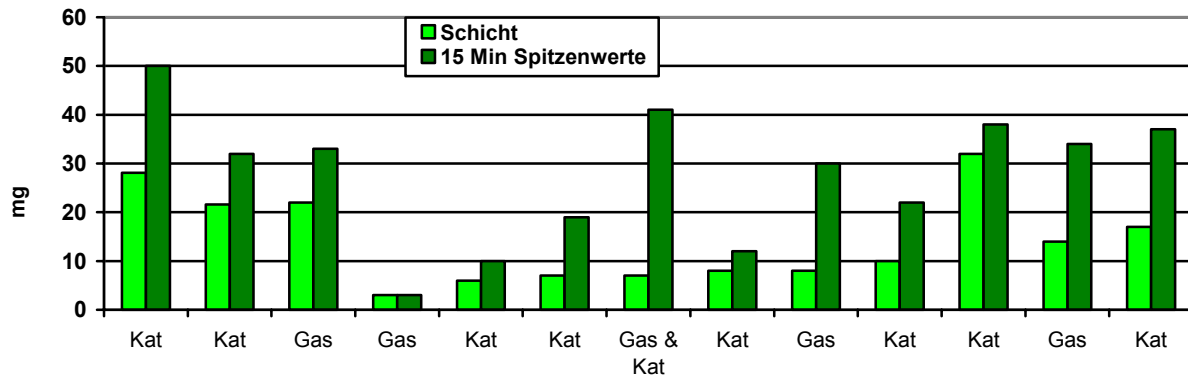


Abbildung 3: CO-Schichtkonzentrationen (Grenzwert 35mg/m<sup>3</sup>) und 15-Minuten-Spitzenwerte (Grenzwert 70mg/m<sup>3</sup>) beim Betrieb von gasbetriebenen und/oder benzinbetriebenen Glättern mit Katalysator<sup>4</sup>

## Ausblick

Die hier beschriebenen Arbeiten haben deutlich gemacht, dass beim Einsatz benzinbetriebener Maschinen in Räumen hohe CO-Konzentrationen auftreten können. Insbesondere für benzinbetriebene Glättmaschinen konnte durch Arbeitsplatz-Messungen der CO-Konzentration in der Luft, durch Ermittlung der Belastung der Beschäftigten mittels Biomonitoring und schließlich durch Anwendung eines Berechnungsmodells belegt werden, dass die CO-Belastung die Arbeitsplatzgrenzwerte übersteigt. Der 95%-Wert der vorliegenden Messungen liegt beim Sechsfachen des Luftgrenzwertes.

Kohlenmonoxid-Vergiftungen in Räumen aufgrund benzinbetriebener Glättmaschinen können vermieden werden. In kleinen Räumen wie im Wohnungsbau können Elektroglätter eingesetzt werden, bei denen kein Kohlenmonoxid freigesetzt wird. In großen Hallen wie im Industriebodenbereich können alternativ Doppelglättmaschinen mit Flüssiggasantrieb oder benzinbetriebene Doppel- und Einfachglättmaschinen mit Katalysator verwendet werden. Weitere Messungen in niedrigen großen Räumen wie z.B. in Tiefgaragen sowie Langzeittests bei Maschinen mit Katalysator sind noch nicht abgeschlossen.

## Literatur

1. Opara, Detlev; Bau BG Aktuell Nr. 2 (2000) S.6 - 8
2. Lofgren, Don J.; Applied Occupational and Environmental Hygiene Nr. 17 (2002) S.286 - 295
3. Accart, Régis; Chantiers BTP Nr. 20 (2000)
4. Rühl, Reinhold, Fritz, Markus, Merkle, Stefan; Sicher ist sicher 9 (2005) S.364 – 369
5. Safari, Nilda; Käfferlein, Heiko; Rathmann, Kerstin; Höber, Dieter; Eickmann, Udo und Rühl, Reinhold; Arbeitsmed.Sozialmed.Umweltmed. 39 (2004) S. 240
6. BIA-Report 3/2001, Hrsg. Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften, August 2001
7. Liesche, Annett; BGW Mitteilungen, 1/2005, S. 16 – 17