

# Sicher und gesund bei Verdichtungsarbeiten in Gräben

Gesundheitsgefährdung durch Motorabgase beim Einsatz von handgeführten Verdichtungsgeräten in Gräben vermeiden oder verringern

Dipl.-Ing. (FH) Corinne Ziegler



Bild: © BGR BAU

Verdichtungsarbeiten in einem tiefen Graben

Bei Verdichtungsarbeiten in mehr als schulertiefen Gräben mit Stampfern oder Rüttelplatten mit Verbrennungsmotoren können die Bedienerinnen und Bediener der Geräte durch gesundheits-schädliche Abgase gefährdet werden. Es gibt aber Möglichkeiten, wie Verdichtungsarbeiten in solchen Gräben – auch durch neueste Motorenentwicklungen – sicher durchgeführt werden können.

→ Stampfer und Rüttelplatten werden auf vielen Baustellen zum Verdichten von verschiedenen Materialien (z. B. Erdreich, Splitt, Kies, Asphalt) im Erd-, Straßen-, Rohrleitungs- und Kanalbau oder zur Hinterfüllung von Fundamenten und Baugruben von Bauwerken sowie bei Ausbesserungsarbeiten auf Asphalt eingesetzt. Die Verdichtungsarbeiten werden sowohl ebenerdig im Freien als auch in tiefen Gräben sowie in weiteren ganz oder teilweise geschlossenen Arbeitsbereichen (z. B. Hallen, Tiefgaragen, Tunneln) durchgeführt.

## Antriebsarten von handgeführten Verdichtungsgeräten

Stampfer und Rüttelplatten gibt es mittlerweile mit folgenden Antrieben: Elektromotor mit Akku, Benzinmotor, Dieselmotor und Gasmotor. Nur beim Einsatz akkubetriebener Verdichtungsgeräte entstehen keine Abgase.

Abgase von Verbrennungsmotoren bestehen aus gasförmigen Anteilen wie Kohlenmonoxid (CO), Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>), Stickstoffmonoxid (NO) und Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>), auch Stickoxide (NO<sub>x</sub>) genannt. Bei Dieselmotoren wird zusätzlich ein partikelförmiger Anteil, die Dieselerußpartikel – früher Dieselmotoremissionen (kurz DME) genannt – freigesetzt.

## Gesundheitsgefährdungen durch Abgase von Verbrennungsmotoren

Die Gesundheitsgefährdung geht bei Benzin- und Gasmotoren überwiegend vom CO und bei Dieselmotoren von Dieselerußpartikeln und Stickoxiden aus.

### Gefährdung durch Kohlenmonoxid (CO) bei Benzin- und Gasmotoren

CO ist farb-, geruch- und geschmacklos und kann daher nicht über die Sinnesorgane wahrgenommen werden. Es verhindert zudem die Sauerstoffaufnahme im Blut. Je nach Konzentration führt CO zu Kopfschmerzen, Übelkeit, Bewusstlosigkeit bis hin zum Erstickungstod. CO kann auch zu Folgeschäden wie Persönlichkeitsveränderung, Gedächtnis- und Sprachstörung führen. Die Hersteller verweisen deswegen in den Betriebsanleitungen der Verdichtungsgeräte mit Verbrennungsmotoren auf die CO-Vergiftungsgefahr insbesondere in geschlossenen Arbeitsbereichen hin.

### Arbeitsplatzgrenzwert für CO

Der Arbeitsplatzgrenzwert (AGW) für CO liegt derzeit bei 35 mg/m<sup>3</sup> (30 ppm) [1]. Die EU hat am 09.03.2022 neue verbindliche Grenzwerte – u. a. auch für CO von 23 mg/m<sup>3</sup> (20 ppm) – verabschiedet [2]. Die EU-Staaten müssen diese Grenzwerte bis zum 05.04.2024 übernehmen.

### Gefährdung durch Stickoxide und Dieselerußpartikel bei Dieselmotoren

Stickoxide aus Abgasen von Dieselmotoren reizen die Atemwege, was zu Husten und tränenden Augen führen kann.

### Arbeitsplatzgrenzwert für Stickoxide

Für die Stickoxide wurden ein AGW von 2,5 mg/m<sup>3</sup> (2 ppm) für NO und ein AGW von 0,95 mg/m<sup>3</sup> (0,5 ppm) für NO<sub>2</sub> [1] festgelegt.

### Arbeitsplatzgrenzwert für Dieselerußpartikel

Das Einatmen von Dieselerußpartikeln kann Lungenkrebs erzeugen. Der AGW für Dieselerußpartikel beträgt 0,05 mg/m<sup>3</sup> [1]. Bei Einhaltung des Grenzwerts liegt keine krebserzeugende Wirkung vor.

## Messungen in Versuchsgräben

Die BG BAU hat von 2003 bis 2004 [3] und von 2011 bis 2014 [4, 5, 6, 7] in Kooperation mit führenden Herstellern handgeführter Verdichtungsgeräte Messungen in Versuchsgräben im Freien durchgeführt. Dabei wurde gezeigt, dass beim ebenerdigen Verdichten mit einer Einhaltung der AGW und in mehr als schulertiefen Gräben mit einer Überschreitung der AGW für CO bei Benzinmotoren und für Dieselerußpartikel bei Dieselmotoren zu rechnen ist. Die AGW für die Stickoxide wurden dagegen bei allen Messungen eingehalten. Zudem wurde bei den Messungen festgestellt, dass die Abgaskonzentrationen innerhalb weniger Sekunden nach dem Abschalten des Motors auf null absanken.

## Reduktion von Kohlenmonoxid bei benzin- und gasbetriebenen Motoren

Kohlenmonoxid kann bei benzinbetriebenen Stampfern durch den Einsatz eines Benzinmotors mit Katalysator (Wacker-Neuson WM80) oder eines emissionsgeminderten Benzinmotors (Honda GXR 120) reduziert werden.

### Messungen im Versuchsgraben

Neuere Messungen von 2019 bis 2020 in einem 2 m tiefen Versuchsgraben mit veränderbaren Breiten und Längen (gewählt wurden: 1 m × 4 m, 1 m × 8 m und 1,5 m × 15 m) haben für einige Stampfer mit diesen Motoren eine Einhaltung des AGW für CO gezeigt [7]. Diese Geräte sind mit Nennung der Grabenabmessungen, bei denen der AGW von CO eingehalten wurde, in die „Empfehlungsliste für den Einsatz von Rüttelplatten und Stampfern in mehr als schulertiefen Gräben im Freien“ der BG BAU aufgenommen worden.

Die Messungen von 2011 bis 2014 im 2 m tiefen, 1,5 m breiten und 15 m langen Versuchsgraben haben gezeigt, dass einige

benzinbetriebene Rüttelplatten den AGW für CO einhalten [7]. Diese Geräte sind ebenfalls in der Empfehlungsliste aufgeführt.

Die **Empfehlungsliste** für den Einsatz von Rüttelplatten und Stampfern in mehr als schulertiefen Gräben im Freien kann auf der Themenseite zu „Abgasen von Benzin- und Dieselmotoren“ unter [www.bgbau.de/3087618](http://www.bgbau.de/3087618) heruntergeladen werden.

Als emissionsarm gelten auch die Stampfer mit einem Gasmotor. Messungen im 2 m tiefen, 1 m breiten und 4 m langen Versuchsgraben haben eine Einhaltung des AGW für CO gezeigt [7]. Diese Geräte sind auch in der Empfehlungsliste zu finden. Die gasbetriebenen Stampfer werden seit 2020 nicht mehr hergestellt. Zu gasbetriebenen Rüttelplatten ist aufgrund fehlender Messungen keine Aussage über den Einsatz im mehr als schulertiefen Graben möglich.

Die Verwendung von Alkylatbenzin, auch Gerätebenzin oder Sonderkraftstoff genannt, führt zu keiner messbaren Reduktion von CO [3].

## Reduktion von Dieselerußpartikeln bei Dieselmotoren – neueste Motorenentwicklungen

Dieselmotoren spielen eine Rolle da, wo alternative Antriebe zu wenig Leistung bringen. Eine ausreichende Reduktion der Dieselerußpartikel kann bei Verdichtungsarbeiten gemäß Anhang 1 Nummer 3.2 Absätze 5 und 6 der TRGS 554 „Abgase von Dieselmotoren“ [8] nur durch Einsatz eines geprüften Dieselpartikelfilters (kurz: DPF) erreicht werden. Dies hat zur Folge, dass beim Einsatz von dieselbetriebenen Rüttelplatten ohne DPF in mehr als schulertiefen Gräben die Bedienerinnen und Bediener der Geräte Atemschutz mit Partikelfilter tragen müssen.

Zu den neuesten Entwicklungen im Bereich der handgeführten Verdichtungsgeräte gehören zwei Dieselmotoren (Hatz 1B50E und 1D90E) mit einer Nennleistung unter 19 kW mit optionalem geprüften selbstregenerierenden DPF [9]. Dieser Schritt wurde durch die neue Einzylinder-Motorenentwicklung mit elektronischer Einspritzung ermöglicht. Das Besondere an dieser neuen Motorenentwicklung ist, dass der DPF nicht für die Einhaltung der geforderten Abgaswerte für





Bilder: © Weber Maschinentechnik

Da der DPF am Dieselmotor von außen nicht erkennbar ist, wurde ein Aufkleber „DPF Dieselpartikelfilter“ an der Rüttelplatte angebracht.

Rüttelplatte mit dem neu entwickelten Dieselmotor mit DPF

den Umweltschutz erforderlich ist, sondern zur Erfüllung der Arbeitsschutzanforderungen der TRGS 554 [8] dient. Die Forderungen der Abgasregulierung in der EU für Maschinen mit Dieselmotor und einer Motorleistung bis 19 kW sind nämlich ohne DPF einzuhalten.

Bei einem selbstregenerierenden DPF erfolgt der Abbrand des abgeschiedenen Dieselrußes auf dem DPF selbstständig während des Gerätebetriebs. Im Rahmen der Wartung müssen die DPF gemäß Herstellerangaben nach 500 Stunden Motorlaufzeit extern von den Ascherückständen gereinigt werden. Der wartungsbedingte Ausbau und Wiedereinbau des Filters kann mithilfe einer Montageanleitung durch den Maschinenbetreiber durchgeführt werden. Die Reinigung des Filters kann durch die Inanspruchnahme einer angebotenen Serviceleistung des Motorenherstellers erfolgen.

Messungen im Jahr 2021 in einem 2 m tiefen, 1 m breiten und 10 m langen Versuchsgaben haben eine Einhaltung der AGW für Dieselrußpartikel, Stickstoffmonoxid, Stickstoffdioxid, Kohlendioxid und Kohlenmonoxid gezeigt [7] und zu einer Aufnahme in die Empfehlungsliste geführt. Die Bedienerinnen und Bediener der Geräte müssen daher beim Einsatz dieser Rüttelplatte in mehr als schulertiefen Gräben keinen Atemschutz tragen.

Die dieselbetriebenen Rüttelplatten mit dem neuentwickelten Motor mit DPF können sowohl in tiefen Gräben als auch in anderen, ganz oder teilweise geschlossenen Arbeitsbereichen (z. B. Hallen, Tiefgaragen, Tunnelbaustellen) ohne weitere Schutzmaßnahmen gemäß Anhang 1 Nummer 3.2 der TRGS 554 [8] eingesetzt werden. Da der DPF am Dieselmotor von außen nicht erkennbar ist, wird z. B. ein Aufkleber an dem Gerät angebracht.

Aussagen zum Einsatz von dieselbetriebenen Stampfer in Gräben können aufgrund fehlender Messungen nicht getroffen werden.

### Umsetzung in die Praxis

#### Verdichtungsarbeiten ebenerdig oder in maximal schulertiefen Gräben im Freien

Bei ebenerdigen Verdichtungsarbeiten oder in maximal schulertiefen Gräben im Freien können aufgrund der Einhaltung der Arbeitsplatzgrenzwerte alle Verdichtungsgeräte ohne weitere Schutzmaßnahmen eingesetzt werden (siehe auch Anhang 1 Nummer 3.1 Absatz 2 der TRGS 554 [8]).

#### Verdichtungsarbeiten in mehr als schulertiefen Gräben im Freien

Bei Verdichtungsarbeiten in mehr als schulertiefen Gräben im Freien sind, unter Berücksichtigung der Grabendimension, handgeführte Verdichtungsgeräte mit Verbrennungsmotoren aus der erwähnten Empfehlungsliste einzusetzen. Darüber hinaus stellen die Anbauverdichtungsgeräten am Baggerausleger oder ferngesteuerte Rüttelplatten weitere Alternativen zur handgeführten Verdichtungstechnik dar. Diese Alternativen werden auch in Anhang 1 Nummer 3.2 Absatz 5 der TRGS 554 [8] genannt. Die Verwendung von Flüssigboden bei der Verfüllung von Gräben macht das herkömmliche maschinelle Verdichten sogar überflüssig.

#### Verdichtungsarbeiten in anderen ganz oder teilweise geschlossenen Arbeitsbereichen

Bei Verdichtungsarbeiten in anderen ganz oder teilweise geschlossenen Arbeitsbereichen wie Hallen, Tiefgaragen oder Tunneln sind gemäß Anhang 1 Nummer 3.2 Absatz 2 der TRGS 554 [8] entweder akkubetriebene Verdichtungsgeräte oder dieselbetriebene Rüttelplatten mit geprüften Dieselpartikelfiltern einzusetzen.

## Unterstützung durch die BG BAU: die Arbeitsschutzprämien

Die BG BAU unterstützt ihre Mitgliedsunternehmen im Rahmen der Arbeitsschutzprämien bei der Anschaffung akkubetriebener Stampfer und Rüttelplatten sowie dieselbetriebener Rüttelplatten mit selbstregenerierendem Dieselpartikelfilter. Für die akkubetriebenen Verdichtungsgeräte kann pro Gerät eine Förderung bis zu 800 Euro, für eine dieselbetriebene Rüttelplatte mit Dieselpartikelfilter eine bis zu 2.000 Euro beantragt werden.

### Zusammenfassung

Bei Verdichtungsarbeiten ebenerdig und in maximal schultertiefen Gräben im Freien können alle Verdichtungsgeräte ohne weitere Schutzmaßnahmen eingesetzt werden. In mehr als schultertiefen Gräben im Freien sind die in der Empfehlungsliste der BG BAU aufgeführten Verdichtungsgeräte unter Berücksichtigung der genannten Grabendimensionen einzusetzen.

Die Rüttelplatten mit den neu entwickelten Dieselmotoren mit selbstregenerierendem DPF sind nicht nur in mehr als schultertiefen Gräben, sondern auch in anderen, ganz oder teilweise geschlossenen Arbeitsbereichen wie Tiefgaragen, Hallen oder in Tunneln einsetzbar.

Akkubetriebene Verdichtungsgeräte können in allen Arbeitsbereichen verwendet werden.

Die akkubetriebenen Geräte sowie die dieselbetriebenen Rüttelplatten mit selbstregenerierendem Dieselpartikelfilter werden im Rahmen der Arbeitsschutzprämien von der BG BAU gefördert.

Sobald der neue verbindliche EU-Grenzwert für CO von Deutschland übernommen wird, muss die Empfehlungsliste entsprechend überarbeitet werden. Es werden voraussichtlich zwei Änderungen vorgenommen: Bei zwei benzinbetriebenen Stampfern mit GXR120-Motor werden sich die Mindestgrabendimensionen ändern und der Einsatz benzinbetriebener Rüttelplatten im tiefen Graben wird zeitlich auf 4 × 30 Minuten pro Arbeitsschicht begrenzt.

Autorin:  
Dipl.-Ing. (FH) Corinne Ziegler  
Referat Gefahrstoffe  
BG BAU Prävention



Bild: © H.ZWEI.S. Werbeagentur GmbH

☛ Mit akkubetriebenen Verdichtungsgeräten wird eine Vergiftung durch das Einatmen von Kohlenmonoxid vermieden bzw. durch dieselbetriebene Verdichtungsgeräte mit Dieselpartikelfilter das Risiko einer Lungenkrebserkrankung durch das Einatmen von Dieselpartikeln verringert.

Die Anschaffung solcher Geräte unterstützt die BG BAU mit ihren Arbeitsschutzprämien.

### Literatur:

[1] Technische Regel für Gefahrstoffe: Arbeitsplatzgrenzwerte (TRGS 900). BArBl. Heft 1/2006 S. 41–55, zuletzt geändert und ergänzt: GMBI 2022 S. 161–162 [Nr. 7] (v. 25.02.2022)

[2] EU: RICHTLINIE(EU) 2022/431 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 9. März 2022 zur Änderung der Richtlinie 2004/37/EG über den Schutz der Arbeitnehmer gegen Gefährdung durch Karzinogene oder Mutagene bei der Arbeit

[3] Zoubek, G.; Berges, M.; Berns, U.; Goebel, A.: Belastung durch Motorabgase beim Einsatz handgeführter Verdichtungsgeräte in Gräben; BauPortal 9/2009, S. 518–525

[4] Leisering, H.: Motorabgase beim Einsatz von handgeführten Rüttelplatten und Stampfern in Gräben; BauPortal 11/2012; S. 23–27

[5] Emmel, C.; Hartdegen, R.; Die aktuelle Generation und Neuentwicklungen handgeführter Verdichtungsgeräte im Grabeneinsatz – Ermittlung von Expositionsdaten; BauPortal 6/2015, S. 14–21

[6] Leisering, H.: Motorabgase beim Einsatz von handgeführten Rüttelplatten und Stampfern in Gräben – Neueste Motorentechnik und alternative Antriebs-technologien – Auswirkungen auf die Praxis; BauPortal 6/2015; S. 22–25

[7] Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft: Expositionsbeschreibungen, <https://www.bgbau.de/expositionsbeschreibungen>

[8] Technische Regel für Gefahrstoffe: Abgase von Dieselmotoren (TRGS 554). GMBI 2019, S. 88–104 [Nr. 6] (v. 18.03.2019)

[9] Wohlgemuth, S.; Eder, M.; Restle, J.: Dieselpartikelfilter für Verbrennungsmotoren unter 19 kW; ATZ heavyduty 04/2022, S. 20–25