

Grenzwerte und rechtliche Vorgaben für den Arbeits- und Gesundheitsschutz bei Gleisbauarbeiten in Tunnelbauwerken: Gefährdungen, Vermeidung, Entstaubung, Praxisbeispiel

Arbeitsplätze im Untertagebau und in Tunnelbauwerken gehören allgemein zu den gefährdetsten hinsichtlich der Entstehung von Unfällen und gesundheitlicher Langzeitfolgen aufgrund von Schadstoffbelastungen. Der Schutz der Beschäftigten vor gesundheitsschädlichen Stäuben, Abgasen oder Gefahrstoffen hat während der Sanierung von Tunneln eine zentrale Bedeutung. Die rechtlichen Vorgaben für den Arbeits- und Gesundheitsschutz wurden auf unterschiedlichen Gesetzesebenen der EU und des Bundes formuliert. Die Richtlinien der EU zum Arbeitsschutz werden durch verschiedene Gesetze und Verordnungen auf nationaler Ebene umgesetzt, wobei diese den Arbeitsschutz zunächst relativ allgemein und abstrakt regeln. Diese allgemeinen Vorgaben werden auf Vollzugsebene und für die Praxis insbesondere durch Technische Regeln konkretisiert. Für die Maßnahmen gegen gesundheitsgefährdende Stoffe sind hier insbesondere die Technischen Regeln Gefahrstoffe (TRGS) zu nennen. Die Technischen Regeln geben den Stand der Technik, der Arbeitsmedizin und sonstiger wissenschaftlich gesicherter Erkenntnisse wieder. Bei Einhaltung der Technischen Regeln kann der Arbeitgeber davon ausgehen, dass die erforderlichen Maßnahmen für den Arbeitsschutz der Beschäftigten erfüllt sind. Im Folgenden werden mögliche Gefährdungen für Beschäftigte während einer Tunnelsanierung sowie Verfahren zur Vermeidung und Bekämpfung von Schadstoffen vorgestellt. Im Speziellen wird am Beispiel der Schnellfahrstrecke Mannheim-Stuttgart (SFS 4080) die neuartige Entstaubung von zwei Bettungsreinigungsmaschinen näher erläutert. Die Schnellfahrstrecke zwischen Mannheim und Stuttgart ist mit rund 24 Mio. Fahrgästen pro Jahr eine der wichtigsten Verkehrsverbindungen in der Region Rhein-Neckar. Ihrer zeiteffizienten Sanierung nach inzwischen annähernd 30 Jahren Betrieb kam daher eine hohe Bedeutung zu.

Occupational Health and Safety During Track Construction Work in Tunnels – Limit Values and Legal Requirements: Hazards, Avoidance, Dust Removal, Practical Example

Underground workplaces, such as in mining and tunnel construction, are generally among the most at risk with regard to the occurrence of accidents and long-term health consequences due to pollution. The protection of employees against harmful effects, such as dust, exhaust gases or hazardous substances, is of central importance during the refurbishment of tunnels. The legal requirements for occupational health and safety have been formulated at various EU and federal legislative levels. The EU directives on occupational health and safety are implemented by various laws and ordinances at the national level, whereby the laws and ordinances initially regulate occupational health and safety in a relatively general and abstract manner. These general requirements are substantiated at the enforcement level and for practical application, in particular through technical regulations. For the measures against substances hazardous to health, the Technical Regulations on Hazardous Substances (TRGS) should be mentioned. The technical regulations reflect the state of the art, occupational medicine and other scientifically proven findings. If the technical regulations are complied with, the employer can assume that the necessary measures for the occupational safety of the employees are fulfilled. Possible hazards for employees during tunnel refurbishments and associated procedures for the avoidance/control of pollutants will be presented. Specifically, the new type of dust removal from two ballast cleaning machines will be explained in more detail using the Mannheim-Stuttgart high-speed line (SFS 4080) as an example. The high-speed line between Mannheim and Stuttgart is one of the most important transport links in the Rhine-Neckar region with around 24 million passengers every year. Its timely refurbishment after almost 30 years of operation was therefore of great importance.

Emittenten	Emissionen		Arbeitsplatzgrenzwert
Diverse Staubquellen	Einatembarer Staubanteil (E-Staubfraktion)		10 mg/m ³
	Alveolengängiger Staubanteil (A-Staubfraktion) *1)		125 mg/m ³
	Stäube mit Quarzanteil > 5%		0,05 mg/m ³
Dieselmotoren	Dieselmotoremissionen (elementarer Kohlenstoff EC im Feinstaub)	DME	0,05 mg/m ³
	Kohlenmonoxid	CO	30 ppm
Sprengstoff	Kohlendioxid	CO ₂	5.000 ppm
	Stickstoffmonoxid	NO	2,0 ppm
Natürlich auftretende Gase	Stickstoffdioxid	NO ₂	0,5 ppm

*1) Bei Staumdichte 2,5 g/cm³

Bild 1 Übersicht Arbeitsplatzgrenzwerte gemäß aktueller Regeln
 Overview of occupational exposure limits according to current regulations

1 Gefährdungen durch emissionsbehaftete Arbeiten in (teilweise) geschlossenen Bauwerken

Arbeitsplätze im Untertagebau und in Tunnelbauwerken gehören allgemein zu den gefährdetsten hinsichtlich der Entstehung von Unfällen und gesundheitlichen Langzeitfolgen aufgrund von Schadstoffbelastungen. Vor der Aufnahme einer Tätigkeit mit Gefahrstoffen hat der Arbeitsgeber gemäß TRGS 400, Punkt 4 zunächst grundsätzlich eine Gefährdungsbeurteilung durchzuführen, auf deren Basis Schutzmaßnahmen für die Sicherheit und Gesundheit der im Wirkungsbereich der Gefahrstoffe tätigen Arbeiter festgelegt werden [1]. Durch den Einsatz dieselbetriebener Baumaschinen in Tunnelbauwerken, beispielsweise bei Gleisbauarbeiten oder vergleichbaren Sanierungsarbeiten, werden Gefahrstoffe freigesetzt, welche ein Gesundheitsrisiko für die Beschäftigten vor Ort darstellen. Daraus resultierend sind für den Einsatz derartiger Baumaschinen in ganz oder teilweise geschlossenen Räumen Schutzmaßnahmen zu treffen. Abgase von Dieselmotoren beinhalten neben gasförmigen Gefahrstoffen wie Stickstoffmonoxid (NO), Stickstoffdioxid (NO₂), Kohlenstoffmonoxid (CO) und Kohlenstoffdioxid (CO₂) auch partikelförmige Gefahrstoffe, sogenannte Dieselrußpartikel [2].

Neben den Abgasen von Dieselmotoren gefährden partikelförmige Gefahrstoffe aus Stäuben mechanischer Arbeitsverfahren den Arbeits- und Gesundheitsschutz in Tunnelbau-

werken. Bei Arbeiten in Eisenbahntunneln entstehen Stäube im Wesentlichen im Rahmen von Arbeiten mit Schotter, bei Schleifarbeiten an der Schiene oder bei der Sanierung des Tunnelbauwerks.

2 Erzielen eines erforderlichen Schutzniveaus durch Planung und Umsetzung von Schutzmaßnahmen

Bei der Planung von Schutzmaßnahmen ist zunächst zu prüfen, ob durch Substitution der eingesetzten Baumaschinen eine Eliminierung oder zumindest eine Minimierung der Gefahrstoffe möglich ist. Bei der Auswahl der benötigten Baumaschinen ist beispielsweise zu prüfen, ob geeignete batteriebetriebene Arbeitsmaschinen für die Durchführung der Arbeiten zur Verfügung stehen. Da gemäß derzeitigem Stand der Technik für einen Großteil der Arbeitsverfahren im Gleisbau keine batteriebetriebenen Baumaschinen verfügbar sind, ist die Gewährleistung des Arbeits- und Gesundheitsschutzes in einem weitergehenden Schritt durch technische Schutzmaßnahmen zu erzielen. Beim Einsatz von dieselbetriebenen Baumaschinen werden die technischen Optimierungsmaßnahmen an den Verbrennungsmotoren (Abgasnachbehandlungssysteme, Partikelfilter und/oder DeNOx-Systeme) durch lufttechnische Maßnahmen ergänzt. Das Ziel einer technischen Bewetterung ist eine planbare und gesicherte Verdünnung bzw. Abführung

der gas- und partikelförmigen Schadstoffe. Insbesondere die jüngsten Absenkungen der Arbeitsplatzgrenzwerte für Stickstoffmonoxid und Stickstoffdioxid haben zu einer Verstärkung technischer Arbeitsschutzmaßnahmen geführt.

Sanierungsbedürftige Tunnel sind anders als neu aufzufahrende Tunnel bereits vollständig durchschlägig und somit kein geschlossenes System, welches nach bewährter Vorgehensweise durch künstliche Frischluftzufuhr versorgt werden kann. Das offene System wird von einigen zusätzlichen Parametern beeinflusst. So entstehen durch verschiedene Temperaturen und Luftdichten an den Portalen und im Gebirge natürliche thermische Luftbewegungen. Wind erzeugt eine gleichmäßige Druckverteilung auf den Querschnitt und in der Folge einen sich bewegenden Luftkolben durch den Tunnel. Diese Einflüsse sind je nach Jahreszeit unterschiedlich ausgeprägt und können gegensätzlich auftreten. Dies macht die Planung der Bewetterung wesentlich aufwändiger, da sämtliche Einflüsse jederzeit voll abgedeckt sein müssen.

Ein typisches Merkmal von Gleisbaustellen sind kurze Zeitfenster für die Montage und Demontage der baubegleitenden Bewetterung. Dies erfordert eine im Vorfeld der Baumaßnahme detailliert durchgeführte Planung, bei der neben den lufttechnischen Planungen auch projektspezifische Logistikkonzepte für die Montage- und Demontagephase der Anlagen erarbeitet werden. Ferner ist im Rahmen der Planungen darauf zu achten, dass das im Tunnel aufgestellte Bewetterungsequipment keinen negativen Einfluss auf die Logistik der eigentlichen Baumaßnahme hat sowie die erforderlichen Arbeitsräume nach Möglichkeit nicht eingeschränkt werden. Neben den betrieblichen Anforderungen sind insbesondere auch die Themen „Brandfall“ und „Entfluchtung“ wesentliche Einflussfaktoren bei der Erstellung des Bewetterungskonzepts.

Für die Auslegung der Bewetterungsanlage sind Windinflüsse auf das ausziehende Portal anzunehmen sowie eine der technischen Bewetterung entgegenwirkende Thermik im Tunnel. Die Definition konkreter Lastfälle, die in der Technik praktisch immer durchgeführt wird, hat bei der Auslegung der Bewetterung keine Bedeutung, da der Maximalfall während der Baumaßnahme jederzeit eintreten kann. Das Ergebnis der Planungen ist ein Bewetterungssystem, welches dem natürlichen Auftrieb und den Windlasten entgegenwirken kann sowie die freigegebenen Schadstoffe im Tunnel ausreichend verdünnt.

Organisatorische Maßnahmen ergänzen die zuvor genannten technischen Schutzmaßnahmen in einem weitergehenden Schritt. Die Planung der Bewetterung ist eng verknüpft mit der Bauablaufplanung. Um den Gesundheitsschutz zu gewährleisten dürfen arbeitsorganisatorisch im Abwetterbereich der Emittenten keine weiteren Arbeitsplätze eingerichtet werden. Deshalb ist die Festlegung der Bewetterungs- und Arbeitsrichtung ein wesentlicher Bestandteil des Schutzkonzepts. Dieser Sachverhalt zeigt auch, dass eine natürliche Luftbewegung im Tunnel ohne Einsatz einer technischen Bewetterung keinen ausreichenden Arbeitsschutz gewährleistet, da nicht sichergestellt werden kann, dass ein durchgängiger Luftstrom vorhanden ist. Außerdem könnte sich die Richtung des natürlichen Luftstroms jederzeit ändern, wodurch Arbeitsbereiche somit im Abwetterstrom von Hauptemittenten liegen könnten.

Persönliche Schutzmaßnahmen – wie beispielsweise der Einsatz von partikelfiltrierenden Masken – sind in der Maßnahmenhierarchie erst nach vorhergehender Prüfung einer möglichen Verfahrenssubstitution sowie nach der Umsetzung jeder möglichen technischen und organisatorischen Maßnahme anzuwenden. Das Erreichen eines geeigneten Schutzniveaus kann dabei eventuell nur durch die Kombination mehrerer Schutzmaßnahmen erzielt werden.

3 Ergänzende technische Arbeitsschutzmaßnahmen bei Gefährdungen durch Staub

Neben den zuvor erläuterten Schutzmaßnahmen gegen Schadstoffe aus Dieselmotoremissionen, die aus technischen Maßnahmen wie Partikelfiltern und Tunnelbewetterung zur Schadstoffabführung bestehen, erfordern stauberzeugende Arbeiten weitergehende Arbeitsschutzmaßnahmen. Die Entstehung und Freisetzung von Stäuben geschieht bei den meisten Arbeitsverfahren in Tunneln zunächst allumfassend im Arbeitsraum. Grundsätzlich lässt sich festhalten, dass die Erfassung bzw. gezielte Absaugung der bei Arbeitsverfahren entstehenden Stäube im Bereich der Entstehungsstelle die effizienteste Form der Schadstoffreduzierung darstellt. Durch den Einsatz hocheffizienter Entstaubungsanlagen kann die erfasste Luft gereinigt und der Tunnelatmosphäre wieder übergeben werden. Diese Form der Stauberfassung ist jedoch nicht für alle Arbeitsverfahren nach dem derzeitigen Stand der Technik umsetzbar. Die technischen Maßnahmen der Bewetterung sind daher beispielsweise bei Schotterarbeiten mit einem Zweiwegebagger durch eine vorherige Benetzung des Schotters zu ergänzen. Im Rahmen diverser Pilotversuche wurde nachgewiesen, dass eine Kombination aus Benetzung und Entstaubung/Bewetterung maßgeblich zu einer Reduktion der Schadstoffbelastungen durch alveolengängige Stäube (A-Stäube), einatembare Stäube (E-Stäube) und Quarz beiträgt und somit zu einer Einhaltung der aktuell gültigen Arbeitsplatzgrenzwerte führt.



Bild 2 Staubentwicklung im Betrieb der Bettungsreinigungsmaschine
Development of dust during operation of the ballast cleaning machine

4 Messtechnische Überwachung der Arbeiten

Gemäß den Anforderungen der TRGS 402 sind im Rahmen der Planungen neben dem zuvor erläuterten Bewetterungskonzept auch projektspezifische Messkonzepte anzufertigen. Diese sind auf Basis der eingesetzten Arbeitsmittel, der Verfahrensweisen, der Arbeitsleistung und -organisation, der Emissionsorte bzw. Arbeitsbereiche, der geplanten Bewetterungsanlage als technische Schutzeinrichtung sowie der räumlichen Bedingungen des Bauwerks anzufertigen [3]. Neben der Nutzung personenbezogener Warngeräte zur Überwachung der Luftqualität hinsichtlich der zuvor im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung ermittelten Gefahrstoffe ist auch eine stationäre messtechnische Bereichsüberwachung (beispielsweise an den Abwetterportalen) im Rahmen des Messkonzepts zu berücksichtigen. Dabei ist im Bereich der stationären Messtechnik neben den Gefahrstoffen auch die Luftgeschwindigkeit im Tunnel zu erfassen, die Auskunft über den Luftaustausch und damit die Abführung der Schadstoffe gibt.

Der Betrieb der Bewetterungsanlage wird durch natürliche Einflüsse wie Winddruck auf das Portal oder Thermik im Tunnel sowie durch den Bauablauf selbst kontinuierlich bestimmt. Ein- und ausfahrende Arbeitszüge führen zu einer Querschnittsveränderung im Tunnel und damit zum Bedarf, die abgerufene Lüfterleistung anzupassen. Aufgrund dieser Einflussfaktoren ist die Steuerung der Bewetterungsanlage auf Basis der messtechnisch ermittelten Luftqualität dauerhaft während der Ausführung der Arbeiten durch eigens dafür zuständiges Fachpersonal sicherzustellen.

5 Praxisbeispiel – Entstaubung einer Bettungsreinigungsmaschine

Ausschlaggebend für die Entwicklung der innovativen Staubabsaugung einer Bettungsreinigungsmaschine (BRM) war der Umstand, dass die Bettungsreinigung auch innerhalb der Tunnelbauwerke maschinell zu erfolgen hatte. Bislang wurde das Schotterbett in Tunneln vorwiegend konventionell gereinigt. Die notwendigen Arbeitsschutzmaßnahmen betreffen folglich einerseits die Belastungen durch die Abgase der Dieselmotoren, denen durch Bewetterung und Partikelfilter begegnet wird, sowie andererseits die Belastungen durch die während der Arbeitsvorgänge entstehenden Stäube. Mitunter kommt es beim Einsatz einer Bettungsreinigungsmaschine zu einer erheblichen Staubeentwicklung (**Bild 2**). Diese entsteht gleichermaßen bei der mechanischen Räumung des Altschotters aus dem Gleisbett, dem Siebvorgang, dem Transport auf Förderbändern sowie dem Neueinbringen des gereinigten Altschotters.

Zum Schutz des Bedienpersonals ist folglich eine effiziente Staubreduktion erforderlich. Der Einsatz von Bettungsreinigungsmaschinen ohne Entstaubungstechnik innerhalb von Tunneln würde trotz Bewetterung dazu führen, dass die zulässigen Grenzwerte für A-Stäube und E-Stäube überschritten werden und daraus eine Gesundheitsgefahr für anwesende Personen entsteht. Dies liegt insbesondere an der Anzahl und den Örtlichkeiten der verschiedenen Arbeitsbereiche im Umfeld der Bettungsreinigungsmaschine. Maßgeblich für die Bewertung der Situation waren unter anderem die technischen Regeln für Gefahrstoffe (TRGS): TRGS 554 „Abgase von

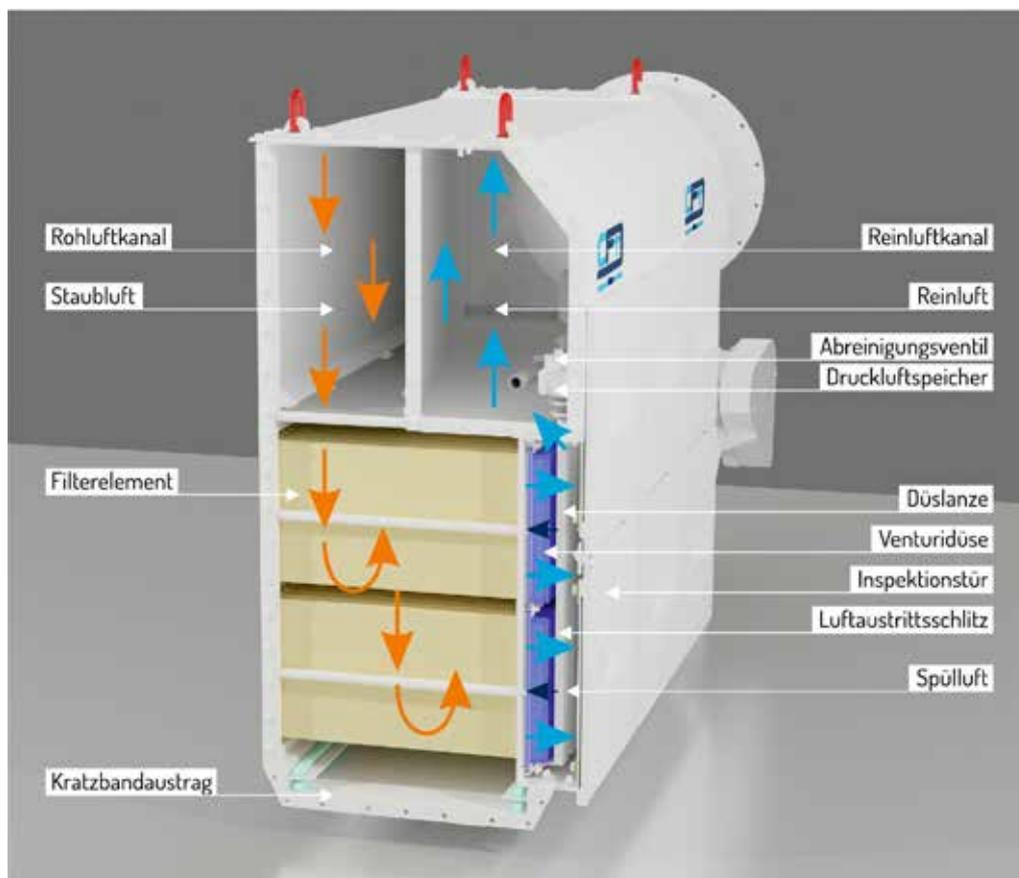


Bild 3 Abreinigungsprinzip mit Kompaktfilterelementen
Cleaning principle with compact filter elements



Bild 4 Filterprobe und Rasterelektronenmikroskop-Aufnahme des Filtermaterials
Filter sample and scanning electron microscope image of the filter material

Dieselmotoren“, TRGS 559 „Mineralischer Staub“ und TRGS 900 „Arbeitsplatzkonzentration“.

Da eine Absaugung mit anschließender Entstaubung das einzige Verfahren zur Minderung des Staubs in der Luft ist, musste eine Lösung zur Staubabsaugung gefunden werden, die unter Wahrung aller gesetzlichen und technischen Anforderungen umgesetzt werden kann. Ihrer Entwicklung gingen mehrere Pilotversuche zur Grundlagenermittlung sowie Pionierarbeit voraus. Der Fokus lag während der Pilotbaustellen auf der Identifizierung der potenziellen Staubquellen auf der kompletten Bettungsreinigungsmaschine sowie weiterer Präventivmaßnahmen zur Staubverminderung.

Um die erforderliche Absaugluftmenge zu begrenzen, musste das System zusätzlich gegen diffuse Luftströme von außen abgegrenzt werden. Dazu wurde im Bereich der Räumkette eine Konstruktion entwickelt, die über der Schienenoberkante stabil und unterhalb flexibel ist, um sich den Oberflächen der Bettung anzupassen. Wichtig hierbei war, dass die Sicht des Maschinenführers auf den Bereich der Räumkette nicht eingeschränkt wurde.

Zur Entstaubung der abgesaugten Luft dienen zwei Trockenentstaubungsanlagen. Ein besonderes Merkmal ist die kompakte Bauweise dieser Entstaubungsanlagen, die eine Integration in den Maschinenverbund ermöglicht (**Bild 3**).

Die von der Bettungsreinigungsmaschine erzeugte Staubluft (Rohluft) wird über ein Rohrleitungs- bzw. Luttensystem an diversen Stauberfassungspunkten angesaugt und dem Trockenentstauber zugeführt. Die staubhaltige Luft durchströmt zuerst einen Vorabscheider mit vorgeschaltetem Abscheide-

gitter. Danach wird die gesamte Staubluftmenge gleichmäßig auf die Kompaktelemente verteilt, wobei der Luftstrom die Filterelemente von außen nach innen durchströmt. Der Staub wird an den Außenwänden der Starrkörperfilter zurückgehalten. Die gereinigte Luft (Reinluft) verlässt den Filter durch den Reinluftstutzen.

Die Staubluft strömt durch den Rohluftkanal und wird durch die beiden Außenseiten der Kompaktfilterelemente geblasen. Die Staubpartikel werden durch das Filtermedium zurückgehalten und die gereinigte Luft strömt durch die Luftaustrittsschlitze in den Reinluftkanal. Bei diesem Vorgang lagert sich der agglomerierte Staub auf dem Filtermedium ab. Der dort entstehende Filterkuchen wird kontinuierlich durch Abblasen der Filterelemente mit kurzen Druckluftstößen entfernt. Hierbei bewegt sich der Staub abwärts und wird in einem Bunkeraustrag bzw. Kratzbandaustrag gesammelt und kann den gesetzlichen Anforderungen entsprechend fachgerecht entsorgt werden.

Bei der umgesetzten Entstaubung werden die Stäube in sogenannten Big Bags gesammelt und können bei Bedarf nach Verlassen des Tunnels oder schon im Tunnel mit einem Zweibegebagger entsorgt werden. Die eingesetzten Filter sind für die Filtration aller gängigen mineralischen Stäube geeignet. Mit einem Flächengewebegewicht von 260 g/m² und einer Luftdurchlässigkeit von 65 l/dm² wird der Druckverlust des Filters so gering wie möglich gehalten, um die benötigte Leistungsaufnahme der zur Unterdruckerzeugung verwendeten Axialventilatoren zu minimieren (**Bild 4**).

Alle Absaugstellen der Entstaubungsanlage wurden zusätzlich zu den Absaughauben mit Planen gekapselt (**Bild 5**), damit eine optimale Stauberfassung gewährleistet ist und die Staubpartikel durch die Bewitterung nicht mitgerissen werden. Für die Stauberfassung ist zu beachten, dass nicht nur die Absaugstellen selbst, sondern auch die staubemittierenden Stellen, an denen aus bautechnischen Gründen nicht abgesaugt werden kann, im Vorfeld eingehaust werden. Hierdurch soll ein Staubausbruch an der Maschine vermieden werden. Zu diesen Stellen zählen ein Großteil der auf der Maschine verbauten Bandanlagen sowie die vorgeschalteten MFS-Wagen der Bettungsreinigungsmaschine.

Ergänzend zu den staubabsaugenden Maßnahmen auf der Bettungsreinigungsmaschine ist der Betrieb einer Tunnelbewitterungsanlage zur gezielten Abführung der Emissionen aus den parallel betriebenen Dieselmotoren erforderlich. Während der Umbauarbeiten im Tunnel werden die Ventilatoren jeweils paarweise gegenüber auf den Randwegen aufgestellt. Durch diese



Bild 5 Beispiel Einhausung der Materialförder- und Silowagen
Example of housing of material conveyor and hopper units



Bild 6 Entstaubungssystem für Schnellfahrstrecke 4080
Dust collection system for high-speed line 4080

Form der Aufstellung können Toträume zwischen Arbeitsmaschinen und der angrenzenden Tunnelwand ausgeschlossen werden.

Das innovative Absaugsystem (**Bild 6**) wurde erstmals bei der Sanierung der Schnellfahrstrecke 4080 zwischen Mannheim und Stuttgart verwendet. Während der gesamten Bauzeit (205 Tage) konnte die Absaugung der Bettungsreinigungsmaschine auf einer Strecke von 31 km Tunnel großartige Ergebnisse nachweisen, welche durch Begleitmessungen der BG Bau belegt wurden.

6 Fazit bisheriger Entstaubungsversuche und umgesetzter Maßnahmen

Durch Integration mitgeführter Entstaubungsanlagen in Bettungsreinigungsmaschinen kann der Schutz des Bedienpersonals vor Staubgefahren gewährleistet werden. Hocheffiziente

Entstaubungsanlagen ermöglichen die Einhaltung von Arbeitsplatzgrenzwerten sogar beim Einsatz von Bettungsreinigungsmaschinen in Tunneln.

Die gegenseitige Beeinflussung von Bauablauf, Baustellenlogistik und projektspezifischer Bewetterung macht die Tunnelbewetterung zu einem komplexen Thema. Deswegen ist eine frühzeitige Planung unabdingbar und führt neben einem reibungslosen Projektablauf auch zu kosteneffizienten Projektlösungen.

Literatur

- [1] TRGS 400, Gefährdungsbeurteilung für Tätigkeiten mit Gefahrstoffen (2017)
- [2] TRGS 554, Abgase von Dieselmotoren (2019)
- [3] TRGS 402, Ermitteln und Beurteilen der Gefährdungen bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen: Inhalative Exposition (2017)