

Gefahrstoffbelastung beim Straßenbau im untertägigen Bereich (Tunnelbau)

1 Einführung

Für die Arbeitsschutzbehörden war und bleibt die Betreuung der Firmen beim Bau der Autobahnen in Thüringen ein Schwerpunkt in der Erfüllung ihrer Tätigkeit, insbesondere bei der Errichtung von Bauwerken wie Brücken und Tunneln. Nach dem vorläufig letzten Tunneldurchschlag am 05.02.2001 im Tunnel Berg Bock war eine wichtige Etappe im Autobahnbau zurückgelegt.

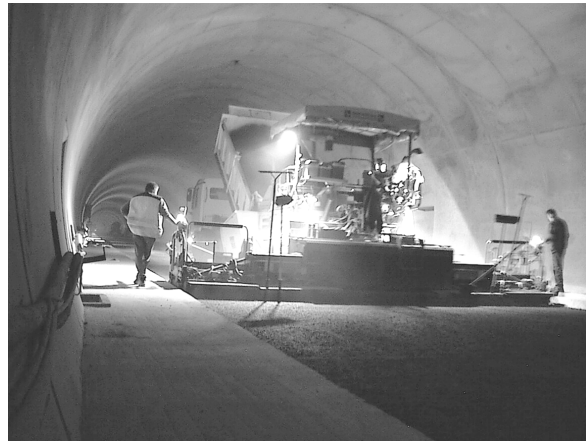


Bild 1 Aufbringen der bituminösen Fahrbahn-decke im Tunnel

Nach den weiterführenden Maßnahmen, wie die Sperrung des Gewölbes gegen das Eindringen von Wasser durch das Anbringen einer wasserdichten Folie, das Verlegen der Drainageelemente und das Herstellen der Innenschale mit insgesamt geringer Gefahrstoffbelastung, bildet das Aufbringen einer Fahrbahndecke den gestalterischen Abschluss des Tunnels. Bei der Entscheidung über die Art der Ausführung der Fahrbahn wurde dem Einbringen einer Fahrbahn aus Asphalt der Vorzug vor einer Fahrbahndecke aus Beton gegeben. Auf Grund der beim Asphaltieren auftretenden Gefahrstoffbelastung sahen die Arbeitsschutzbehörden einen erneuten Aufklärungs- und Beratungsbedarf für die durchführenden Firmen.

2 Technologie

Der Einbau des Asphalts erfolgt mit Hilfe eines selbstfahrenden so genannten Fertigers, der den mit Lkw angelieferten Asphalt in einer Annahmewanne aufnimmt und gleichmäßig über die eingestellte Breite in der gewünschten Höhe verteilt. Es wird möglichst kontinuierlich gearbeitet. In aller Regel stehen mehrere beladene Lkw in Arbeitsrichtung bereit, um die Unterbrechung der Asphaltierarbeiten beim notwendigen Fahrzeugwechsel so kurz wie möglich zu halten. Ein Arbeitnehmer bedient den Fertiger, mindestens zwei weitere Arbeitnehmer bessern kleine Fehler in der entstandenen Decke manuell mit einer Schaufel aus. Hinter dem Fertiger glätten und verdichten zwei Straßenwalzen den eingebrachten Asphalt.



Bild 2 Fertiger und Walze bei der Arbeit



Für den kompletten Aufbau der Fahrbahn muss der Fertiger mindestens vier Mal die gleiche Stelle an verschiedenen Tagen passieren (2 x Tragschicht, Binderschicht, Deckschicht).

Die durchschnittliche täglich eingebrachte Asphaltmenge betrug ca. 1 600 Tonnen. Für die Tragschicht entspricht dies bei voller Fahrbahnbreite einer Länge von ca. 800 m, die Länge der Binderschicht beträgt bei dieser Menge ca. 1 100 m, für die Deckschicht reicht diese Menge zur Fertigung von ca. 2 200 m.

Der unangenehme Geruch von erwärmtem Bitumen suggeriert bei vielen eine Gefahr für die Gesundheit durch die beim Aufbringen der Straßendecke aufsteigenden weißen Schwaden. In der Tat enthielten in früheren Zeiten Straßenbeläge auf Teerbasis polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) mit der Leitkomponente Benzo[a]pyren, das in die Kanzerogenitäts-Kategorie 2 der krebserzeugenden Stoffe eingestuft wurde. Glücklicherweise werden heute Asphalte auf der Basis von Bitumen eingebaut, der PAK nur noch in geringsten, technisch nicht vermeidbaren Spuren enthält. Der Bitumen wird diesbezüglich ständig in einem beauftragten Labor kontrolliert. Nach TRGS 551 besteht für den Straßenbau ein Verwendungsverbot von Bitumen mit einem Gehalt von mehr als 50 ppm (mg/kg) Benzo[a]pyren, der allgemein anerkannten Leitkomponente für das Auftreten von PAK.

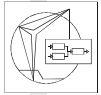


Bild 3 Individueller Schutz vor den Gefahrstoffen

Der im Tunnelbau eingesetzte Asphalt ist ein Gemisch aus mineralischem Material mit einem Bitumenanteil von etwas über 7 %. Bei Temperaturen von über 130 °C ist dieses Gemisch schütffähig, verarbeitungs- und verdichtungsfähig. Geringere Temperaturen führen durch die steigende Viskosität des Bitumens zu Problemen bei der Verarbeitung und wirken sich nachteilig auf die geforderte Qualität der künftigen Straße aus. Die Einbautemperatur von ca. 140 °C stellt einen Kompromiss zwischen der Verarbeitbarkeit des Asphalts und einer übermäßigen Aerosolbildung durch zu stark erhitztes Bitumen dar. Aus dem erwärmten Asphalt entweicht ein Gemisch von höher siedenden Kohlenwasserstoffen, die als Aerosol den weißen Rauch bilden. Der Gesetzgeber hat in der TRGS 900 als tolerierbare Obergrenze für Bitumenaerosole einen Wert von 10 mg/m³ definiert. Entsprechende Untersuchungen zeigen, dass übertägig unter ungünstigen Bedingungen, z. B. bei Windstille, der für Bitumen festgelegte Grenzwert im Bereich der Asphaltiermaschinen erreicht werden kann (TRGS 901). Wie aber sieht es beim Tunnelbau aus, wenn die Arbeitsbereiche durch den Tunnelquerschnitt begrenzt sind?

Die Abmessungen einer Tunnelröhre betragen nach der Fertigstellung 9,5 m in der größten Breite und 4,5 m in der Höhe. Je nach den meteorologischen Bedingungen bildet sich in dem über die gesamte Länge eröffneten Querschnitt eine mehr oder weniger starke natürliche Luftbewegung aus, die nach den hier geführten Untersuchungen 0 bis über 3 m/s betragen kann. Die Luftströmung kann je nach der Wetterlage von einem Tag auf den anderen ihre Richtung wechseln.

Aus früheren Erfahrungen beim Tunnelvortrieb sowie im Laufe der messtechnischen Begleitung des Straßenbaus wurde klar, dass die Aerosole aus dem Bitumen nur einen Teil der Belastung der Arbeitnehmer durch luftgetragene Gefahrstoffe ausmachen. Während der Asphaltierarbeiten läuft der Motor des Fertigers auf Hochtouren. Mehrere LKW stehen mit laufendem Motor für die Entladung bereit. Hinzu kommen die Abgase der zwei Straßenwalzen. In aller Regel sind die genannten Maschinen nicht mit einem Dieselpartikelfilter ausgerüstet. Sie arbeiten normalerweise im Freien. Für die ausführenden Unternehmen stellt das Arbeiten unter Tage eine zeitweilige Ausnahme dar. Ihre Technik ist deshalb nicht entsprechend ausgerüstet. Neben der Erfassung der Konzentrationen von Bitumenaerosolen war es deshalb erforderlich, zusätzlich Überprüfungen hinsichtlich der Expositionen gegenüber Kohlenmonoxid und Dieselmotoremissionen vorzunehmen.



Folgende luftgetragenen Gefahrstoffe wurden erfasst:

- alveolengängiger Staub und Dieselmotoremissionen,
- Bitumenaerosole und -dämpfe (einschließlich Bestimmung von polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen),
- Kohlenmonoxid und Kohlendioxid,
- Konzentrationen flüchtiger organischer Verbindungen.

Die Probenahmegeräte wurden an den mobilen Arbeitsgeräten (Fertiger, Straßenwalze) im Bereich des Bedienpersonals angebracht (personenbezogene Probenahme am Führerstand bzw. in der Fahrerkabine). Zusätzlich erfolgten gleichartige Probenahmen stationär im Tunnel je nach Wettersituation auf der Seite des Fertigers, in welche die Schadstoffe durch den Luftzug getrieben wurden. Die Dauer einer Probenahme betrug zwei bis vier Stunden, wenn die Asphaltierarbeiten nicht durch unvorhersehbare Umstände unterbrochen wurden. Parallel zur Probenahme wurde die durchschnittliche Luftgeschwindigkeit im Tunnelquerschnitt bestimmt.



Bild 4 personenbezogene Probenahme in der Fahrerkabine

3 Ergebnisse

Die nachfolgenden Aussagen beziehen sich auf die personenbezogen ermittelten Messergebnisse am Fertiger. Die Gefahrstoffkonzentrationen an den anderen Messpunkten (Straßenwalze, stationär im Tunnel gewonnene Messwerte) lagen deutlich unter den hier genannten.

Die gewonnenen Ergebnisse wurden den zum Zeitpunkt der Messung jeweils herrschenden Luftgeschwindigkeiten im Tunnel gegenübergestellt. Durch die relativ geringe Streuung der Messwerte unter vergleichbaren Luftgeschwindigkeiten war es möglich, eine Einteilung des Wertepools nach der Luftgeschwindigkeit in drei Klassen mit folgenden Ergebnissen vorzunehmen (Bild 5):

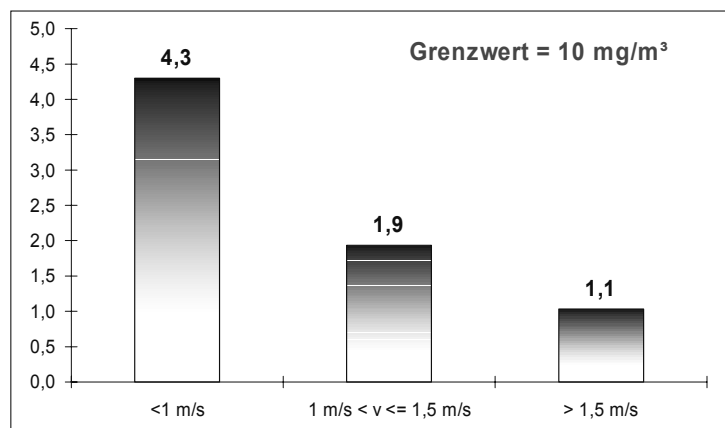


Bild 5 Mittelwerte der Bitumenkonzentration im Atembereich der Beschäftigten am Fertiger in mg/m³

Die Konzentrationen von Bitumenaerosolen und Dämpfen betragen je nach Luftgeschwindigkeit im Tunnel 0,2 mg/m³ bis 4,8 mg/m³ (Grenzwert 10 mg/m³). In keiner der gewonnenen Proben konnte Benzo[a]pyren nachgewiesen werden (Nachweisgrenze: 0,5 µg/m³). Die Konzentrationen flüchtiger organischer Verbindungen sowie die Kohlendioxidkonzentrationen lagen in allen Fällen weit unter den jeweils gemäß TRGS 900 gültigen Grenzwerten (unter 10 % der Grenzwerte). Die Konzentrationen von Dieselmotoremissionen betragen je nach Luftgeschwindigkeit im Tunnel 0,01 mg/m³ bis 0,31 mg/m³ (Grenzwert 0,3 mg/m³), die Kohlenmonoxidkonzentrationen je nach Luftgeschwindigkeit im Tunnel weniger als 1 mg/m³ bis 15 mg/m³ (Grenzwert 35 mg/m³).

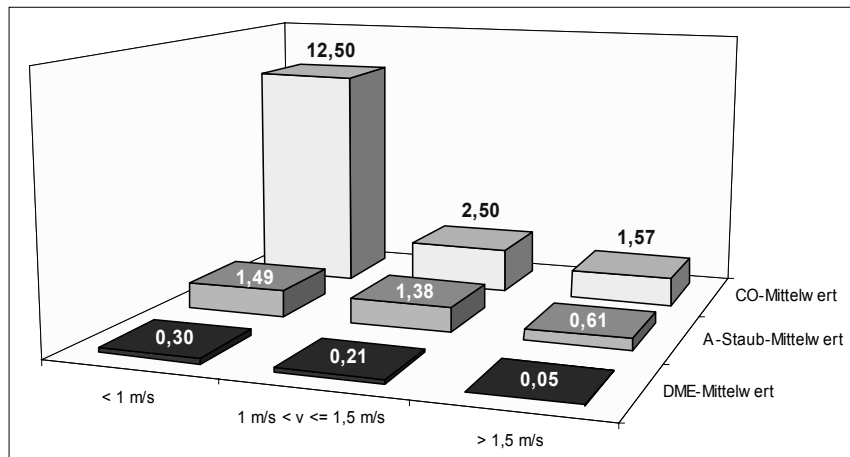


Bild 6 Gefahrstoffkonzentrationen im Atembereich der Beschäftigten am Fertiger in mg/m^3

4 Schlussfolgerung

- ☞ Beträgt die Luftgeschwindigkeit weniger als 1 m/s, ist mit einer Überschreitung der zulässigen Grenzwerte der genannten Einzelstoffe oder in der Summenbewertung zu rechnen.
- ☞ Bei Luftgeschwindigkeiten zwischen 1 m/s und 1,5 m/s können die Messwerte die zulässigen Grenzwerte erreichen.
- ☞ Luftgeschwindigkeiten über 1,5 m/s führen im Regelfall zu einer Unterschreitung der Grenzwerte der in Frage kommenden luftgetragenen Schadstoffe.

5 Lösung

Wie aber ist ein Luftwechsel im Tunnel zu erwirken, wenn die meteorologischen Bedingungen keine oder eine nur unzureichende natürliche Luftströmung erzeugen? Beim Tunnelvortrieb werden mit Axiallüftern vom Portal aus große Luftmengen an die Ortsbrust befördert. Auf Grund der messtechnischen Begleitung und der daraus gewonnenen Erkenntnisse wurde bereits zu Zeiten des Vortriebs ein solcher Lüfter auf einen LKW-Anhänger montiert, um an den kritischen Stellen die Luftbewegung zu erhöhen. Dieses Gerät wurde in Phasen des Straßenbaus eingesetzt, wenn der natürliche Luftzug für den zügigen Abtransport der Luftschadstoffe nicht ausreichte. Der Axiallüfter kann – unterstützend in die Richtung des natürlichen Luftstroms arbeitend – je nach eingespeister Leistung die Luftgeschwindigkeit im Tunnelquerschnitt um mindestens 1 m/s erhöhen. Von Vorteil ist dabei die Mobilität durch die Montage auf einem Anhänger, denn die Asphaltierarbeiten können täglich um mehr als einen Kilometer voranschreiten.

6 Zusammenfassung

Unsere Messergebnisse zeigen, dass mit großer Wahrscheinlichkeit auf einen übergroßen Messaufwand durch die bauausführenden Firmen verzichtet werden kann, wenn sie stattdessen allein ein Messgerät zur Bestimmung der Luftgeschwindigkeit vorhalten und einsetzen. Bei Luftgeschwindigkeiten oberhalb von 1,5 m/s kann von einer Einhaltung der Grenzwerte ausgegangen werden. Bei geringeren Geschwindigkeiten sollte die Zwangsbelüftung eingesetzt werden, denn erst dann ist es möglich, die Asphaltierarbeiten unter Einhaltung der Grenzwerte fortzusetzen.

Vielen Dank der Bauleitung der ARGE Rennsteigtunnel, den Verantwortlichen der Firma BICKHARDT-Bau und den Kollegen vom Amt für Arbeitsschutz Suhl für die gewährte Unterstützung bei der Durchführung der Untersuchungen.